

ANALISA KOMPARASI PENGGUNAAN FLUIDA PENDINGIN PADA UNIT PENGKONDISIAN UDARA (AC) KAPASITAS 19010 – 19080 KJ/H

Koos Sardjono, Ahmad Puji Prasetio

Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jurusan Teknik Mesin

ABSTRAK

Permasalahan yang sampai saat ini masih menjadi buah bibir di halayak ramai adalah isu penyelamatan lingkungan. Bahkan di dalam salah satu standarisasi internasional seperti ISO 14001 merupakan suatu keharusan. Salah satu implementasinya adalah lingkungan harus bebas dari CFC (Chloro-Fluoro-Carbon atau biasa disebut Freon). Oleh karena itu diperlukan fluida pengganti CFC, yaitu Hidrokarbon yang memiliki sifat lebih ramah lingkungan dan lebih hemat energi. Pengendalian udara (AC) sekarang bukanlah menjadi barang mewah yang hanya bias dinikmati oleh masyarakat kalangan tertentu tetapi sudah menjadi kebutuhan masyarakat umum. Berdasarkan studi komparasi yang dilakukan, didapatkan rasio penghematan energi yang terjadi dalam satu bulan adalah sebesar 17.4 %. Maka dapat dikatakan fluida pendingin MC-22 lebih baik dibandingkan fluida pendingin R-22 dari segi refrigerating effect, laju aliran massa refrigeran, tenaga yang dibutuhkan kompresor teoritis maupun dari COP (Coefficient of Performance)-nya.

Kata kunci : komparasi, fluida pendingin, AC, energi

1. PENDAHULUAN

Keberadaan *Room Air Conditioner* (RAC) pada saat ini bukanlah menjadi barang yang mewah, di kalangan masyarakat bawah RAC juga sudah menjamur. Oleh karena pemakaian RAC yang sudah meluas dan umum, diperlukan RAC yang hemat energi, dan ramah lingkungan. AC digunakan sebagai pengondisi udara lingkungan sehingga manusia dapat nyaman berada pada tempat tersebut, tidak kepanasan atau kedinginan. Misalkan suhu luar ruangan mencapai 30 °C maka suhu dalam ruangan yang tidak menggunakan AC bisa saja bertambah panas ketika ventilasi tidak bagus atau banyak beban kalor pada ruangan itu. Oleh karena itu, seperti fungsinya, AC dapat mengondisikan udara dengan suhu antara 16 hingga 26 °C, karena pada suhu tersebut manusia dapat nyaman berada dalam ruangan. Ini tidak terlepas dari kemampuan dari fluida pendingin yang terdapat dalam mesin pendingin (RAC). Alternatif lain yang ditawarkan adalah refrigeran hidrokarbon. Sebenarnya hidrokarbon sebagai refrigeran sudah dikenal masyarakat sejak 1920 di awal teknologi refrigerasi bersama fluida kerja natural lainnya seperti ammonia, dan karbon dioksida. Fluida pendingin yang digunakan pada RAC adalah refrigeran R-22 sebagaimana fungsinya yang hanya digunakan untuk RAC. Namun karena R-22 termasuk refrigeran yang dapat merusak ozon, penggunaan refrigeran Hidrokarbon yang diwakili MC-22 merupakan salah satu solusi dalam menanggulangi masalah tersebut. Sehingga fluida pendingin yang bersifat merusak ozon dapat diganti dengan fluida pendingin yang lebih ramah lingkungan.

Dan pada akhirnya tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan sebuah pandangan akan fluida pendingin dari RAC yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan setelah dibandingkan antara fluida pendingin yang digunakan dalam sistem pendingin tersebut. Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini antara lain adalah mengetahui pengaruh pergantian refrigeran golongan Halokarbon R-22 menjadi refrigeran golongan Hidrokarbon MC-22 terhadap efek pendinginan, daya kompresi, daya listrik yang dibutuhkan dan COP-nya, Halokarbon merupakan refrigeran sintetik karena tidak terdapat di alam secara langsung.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Beban Pendingin Melalui Dinding

Besarnya panas yang diserap oleh dinding bangunan karena radiasi matahari dihitung dengan :

$$Q = U \times A \times \Delta T \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- Q = konduksi kelebihan panas ruangan melalui dinding, BTU/hr.
- U = koefisien perpindahan panas secara keseluruhan untuk dinding, BTU/hr-ft²-F.
- A = luas dari dinding, ft².
- ΔT = perbedaan suhu luar dengan dalam (T_o-T_i), °F.

Nilai U didapat melalui persamaan $U = \frac{1}{R}$, dimana nilai R dapat dilihat pada lampiran.

2.2 Beban Pendingin Melalui Lantai

Besarnya panas yang diserap oleh lantai bangunan dari tanah dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = U \times A \times TD \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- Q = rata-rata perpindahan panas yang melalui lantai, BTU/hr.
- U = koefisien perpindahan panas untuk lantai, BTU/hr-ft²-F.
- A = luas dari partisi, lantai, atau langit-langit, ft².
- TD = perbedaan temperatur antara bagian yang tidak terkondisi dengan bagian yang terkondisi, F.

Nilai U didapat melalui persamaan $U = \frac{1}{R}$, dimana nilai R dapat dilihat pada lampiran.

2.3 Radiasi Sinar Matahari Melalui Kaca

Energi panas dari matahari dapat melalui bahan tembus cahaya seperti kaca dan menjadi *heat gain* pada ruangan tersebut. Nilai dari energi panas tersebut tergantung dengan waktu, bayangan dan letaknya. Nilai tersebut didapatkan dari persamaan berikut :

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- Q = *heat gain* dari sinar matahari yang melalui kaca, BTU/hr.
- SHGF = faktor *heat gain* sinar matahari, BTU/hr-ft².
- A = luas kaca, ft².
- SC = koefisien bayangan.

CLF = faktor beban pendingin untuk kaca.

2.4 Beban Pendingin Melalui Ventilasi

Untuk tetap menjaga agar ruangan tetap segar, maka udara luar juga harus dimasukkan ke dalam ruangan yang dikondisikan untuk menghilangkan atau mengurangi kadar konsentrasi dari asap rokok, bau badan, karbon dioksida dan yang lainnya. Udara ventilasi menjadi *cooling load* karena udara tersebut telah dikondisikan di koridor sebelum disuplai ke tiap ruang kantor. Pada lampiran tercantum harga dari udara ventilasi.

Sedangkan rumus untuk menghitung beban kalornya adalah sebagai berikut :

$$Q_{\text{sensibel}} = 1.08 \times cfm \times (t_o - t_r) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Q_{\text{laten}} = 0.68 \times cfm \times (W_o - W_r) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

- $Q_{\text{sensibel}}, Q_{\text{laten}}$ = besarnya kalor, BTU/hr.
- Cfm = ventilasi udara, ft³/min.
- ($t_o - t_r$) = beda suhu luar dan ruangan, °F.
- ($W_o - W_r$) = beda kelembaban udara luar dan ruangan, gr/lb.

2.5 Beban Pendingin dari Lampu

Persamaan *heat gain* dari lampu adalah sebagai berikut :

$$Q = 3.4 \times W \times BF \times CLF \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

- Q = *heat gain* dari lampu, BTU/hr.
- W = daya dari lampu, Watts.
- BF = faktor balas.
- CLF = faktor beban pendingin untuk lampu.

Untuk kondisi nilai W, kapasitas rata-rata yang digunakan tiap satuan Watt. Dalam kehidupan sehari-hari, hampir kebanyakan lampu selalu menyala. Sehingga nilai 3.4 watt dikonversikan ke satuan BTU/hr.

2.6 Beban Pendingin dari Manusia

Heat gain dari manusia terbagi menjadi dua bagian yakni panas sensibel dan laten berupa keringat. Beberapa panas sensibel biasanya oleh efek dari sumber panas, tetapi tidak demikian halnya dengan panas laten.

Berikut persamaan untuk panas sensibel dan laten pada manusia :

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Q_L = q_L \times n \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

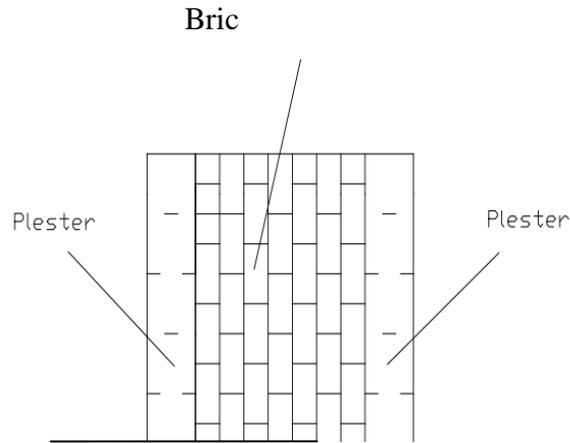
- Q_s, Q_L = *heat gain* sensibel dan laten.
- q_s, q_L = *heat gain* sensibel dan laten tiap manusia.
- n = banyaknya manusia.
- CLF = faktor beban pendingin dari manusia.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Diagram alir

3.1 Beban Pendingin Melalui Dinding :

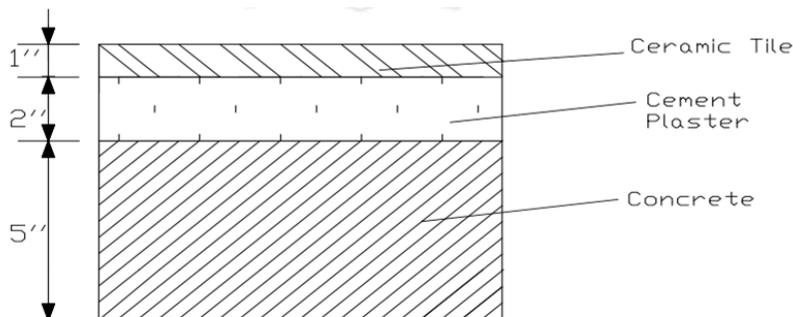


Gambar 2 Konstruksi dinding

- Pada dinding sisi Barat
- $t_{\text{luar}} = 86.9 \text{ } ^\circ\text{F}$; $t_{\text{dalam}} = 71.6 \text{ } ^\circ\text{F}$; $\Delta T = 86.9 - 71.6 = 15.3 \text{ } ^\circ\text{F}$
- Luas kotor (gross) = 146.77 ft^2
- Luas bersih (netto) = 97.97 ft^2
- Di assumsikan dinding terdiri dari :
 - Batu bata setebal 4 inch.
 - Plesteran tebal $\frac{3}{4}$ in (plester dengan pasir)
 - Film udara luar 0.25
 - Film udara kamar (udara diam)
- U dinding dicari dari Resistance (R), sebagai berikut :
 1. R batu bata $t = 4$ in adalah : 0.80
 2. R plester $t = \frac{3}{4}$ in 2 buah adalah : $2 \times 0.15 = 0.30$
 3. R film udara luar 0.25
 4. R film udara kamar 0.68

Total R = 2.03
- Jadi U dinding = $\frac{1}{R} = \frac{1}{2.03} = 0.49 \text{ BTU/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

3.2 Beban Pendingin Melalui Lantai :



Gambar 3 Konstruksi lantai

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas lantai} &= \text{luas ruangan} &= 8\text{m}^2 \times 5.5\text{m}^2 \\
 & &= 86.11 \text{ ft}^2 \times 59.20 \text{ ft}^2 \\
 & &= 473.61 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

- Terdiri dari :

1. <i>Ceramic Tile</i> 1 inch	0.08
2. <i>Concrete</i> 5 inch	0.81
3. <i>Cement Plaster</i>	0.40
Total R =	1.29

$$\text{- Jadi } U \text{ lantai} = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.29} = 0.78 \text{ BTU/hr.ft}^2 \cdot \text{°F}$$

$$\text{- } \Delta T = 86.9 - 71.6 = 15.3 \text{ °F}$$

3.3 Beban Pendingin Melalui Partisi :

a. Dinding sisi Utara :

- Jenis : beton
- $U = 0.21 \text{ BTU/hr.ft}^2 \cdot \text{°F}$
- Luas dinding = 146.77 ft^2
- $T_D = 15.3 \text{ °F}$

b. Dinding sisi Selatan :

- Jenis : beton
- $U = 0.21 \text{ BTU/hr.ft}^2 \cdot \text{°F}$
- Luas dinding = 146.77 ft^2
- $T_D = 15.3 \text{ °F}$

3.4 Radiasi Melalui Kaca :

- Pada dinding sisi Barat
- $\text{SHGF} = 214 \text{ BTU/hr.ft}^2$
- Luas kaca = 48.8 ft^2
- $\text{CLF} = 0.29$
- $\text{SC} = 0.40$

3.5 Beban Pendingin dari Pencahayaan :

- Banyaknya Lampu = 8 *Fluorescent* @ 60 Watt
- Besarnya daya lampu = 480 W; BF = 1.25
- CLF = 1

3.6 Beban Pendingin dari Peralatan :

- Peralatan elektronik yang mempunyai *heat gain* pada ruangan hanya komputer (CPU)
- Jumlah CPU = 4 buah @ 150 Watt
- Besarnya daya keseluruhan = 600 Watt

- CLF = 1

3.7 Beban Pendingin dari Manusia :

- n = 4
- CLF = 1
- SHG = 215
- LHG = 235

- RSHG wall conduction : $Q = A \times U \times \Delta t = 97.97 \times 0.49 \times 15.3 = 734.48 \text{ BTU/hr}$
 - RSHG floor : $Q = U \times A \times \Delta t = 0.78 \times 473.61 \times 15.3 = 5652.06 \text{ BTU/hr}$
 - RSHG partition = RSHG wall North + RSHG wall South
 - RSHG South : $Q = U \times A \times T_D = 0.21 \times 146.77 \times 15.3 = 471.57 \text{ BTU/hr}$
 - RSHG North : $Q = U \times A \times T_D = 0.21 \times 146.77 \times 15.3 = 471.57 \text{ BTU/hr}$
 - RSHG solar glass : $Q = SHGF \times A \times CLF \times SC = 214 \times 48.8 \times 0.29 \times 0.40 = 1211.4 \text{ BTU/hr}$
 - RSHG lights : $Q = W \times 1.25 \times 3.4 \times CLF = 480 \times 1.25 \times 3.4 \times 1 = 2040 \text{ BTU/hr}$
 - RSHG electronic equipments : $Q = W \times 3.4 \times CLF = 600 \times 3.4 \times 1 = 2040 \text{ BTU/hr}$
 - RSHG people (sensible) : $Q = SHG \times n \times CLF = 215 \times 4 \times 1 = 860 \text{ BTU/hr}$
 - RLHG people (latent) : $Q = LHG \times n \times CLF = 235 \times 4 \times 1 = 940 \text{ BTU/hr}$
- ❖ Room Heat Gain = RSHG + RLHG = (RSHG wall conduction + RSHG floor + RSHG partition + RSHG solar glass + RSHG lights + RSHG electronic equipments + RSHG people) + RLHG people = 14421.08 BTU/hr

3.8 Ventilasi :

- CFM = 15
- TC = TD = 15.3 °F
- W = W_o – W_i = 142 – 72 = 70 gr/lb

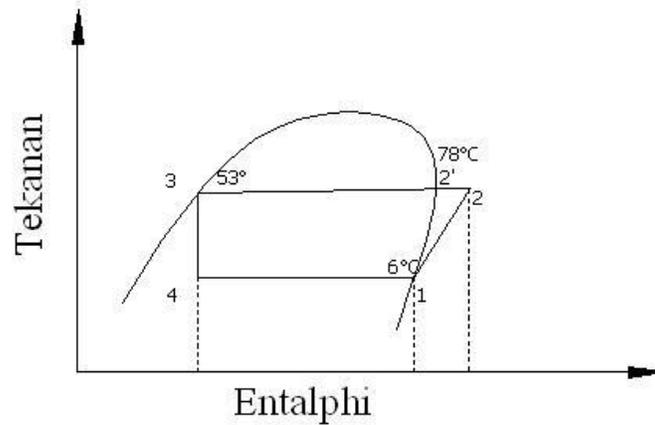
- RSHG ventilation : $Q_s = 1.1 \times n \times CFM \times TC = 1.1 \times 2 \times 15 \times 15.3 = 504.9 \text{ BTU/hr}$
- RLHG ventilation : $Q_L = 0.68 \times n \times CFM \times W = 0.68 \times 2 \times 15 \times 70 = 1428 \text{ BTU/hr}$
- RTHG = RSHG + RLHG = (RSHG room heat gain + RSHG ventilation) + RLHG ventilation = 16353.98 BTU/hr

3.4 PERHITUNGAN TERMODINAMIS

Tabel 1. Dari pengujian mesin AC Panasonic yang dipakai

T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	P ₁ (Psia)	P ₂ (Psia)	P ₃ (Psia)	P ₄ (Psia)	V (volt)	A (Ampere)
6,092	78,259	53,981	53,981	88,218	333,774	313,033	88,218	200,814	8,3185

Dari data hasil pengujian maka dapat dianalisa kondisi kerja mesin tersebut dengan menggunakan diagram, seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4. P-h Digram

3.4.1 Kondisi Tiap Titik Pada R-22 Kondisi Kerja Mesin AC Panasonic

Titik 1: $T_1 = 6^\circ\text{C}$ dan $P = 88,218$ Psia
 $h_1 = 412,9$ kJ/kg = 177.5 BTU/lb

Titik 2: $T_2 = 78^\circ\text{C}$ dan $P = 333,74$ Psia
 $h_2 = 437.4$ kJ/kg = 188.1 BTU/lb

Titik 2': $T_{2'} = 53^\circ\text{C}$ dan $P = 313,033$ Psia
 $h_{2'} = 421.5$ kJ/kg = 181.4 BTU/lb

Titik 3: $T_3 = 53^\circ\text{C}$ dan $P = 313,033$ Psia
 $h_3 = 288.7$ kJ/kg = 124.1 BTU/lb

Titik 4: $T_4 = 53^\circ\text{C}$ dan $P = 88.218$ Psia
 $h_4 = 288.7$ kJ/kg = 124.1 BTU/lb

a) Dampak Refrigrasi

$$\begin{aligned} RE &= h_1 - h_4 \\ &= 177.5 - 124.1 \\ &= 53.4 \text{ BTU/lb} \end{aligned}$$

b) Laju Massa Aliran Refrigeran

Dimana diketahui Q evaporator = 19080 kJ/h = 301.4 BTU/min

$$\begin{aligned} m_r &= \frac{qe}{RE} \\ &= \frac{301.4 \frac{\text{BTU}}{\text{min}}}{53.4 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}} \\ &= 5.644 \text{ lb/min} \end{aligned}$$

c) Tenaga yang Dibutuhkan Kompresor Teoritis

$$\begin{aligned}
P_T &= m_r(h_2-h_1) \\
&= 5.644 \times (188.1 - 177.5) \\
&= 59.826 \text{ BTU/min} \\
&= 1.051 \text{ kW}
\end{aligned}$$

d) COP (Coefficient Of Performance)

COP diperlukan untuk menyatakan unjuk kerja dari siklus refrigerasi

$$\begin{aligned}
\text{COP} &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
&= \frac{177.5 - 124.1}{188.1 - 177.5} = 5.04
\end{aligned}$$

3.4.2 Kondisi Tiap Titik Pada MC-22 Kondisi Kerja Mesin AC Panasonic

Di assumsikan kondisi kerja mesin RAC pada kisaran yang sama dengan RAC berfluida R-22.

Titik 1: $T_1 = 6^\circ\text{C}$ dan $P = 88,218 \text{ Psia}$
 $h_1 = 578.3 \text{ kJ/kg} = 248.67 \text{ BTU/lb}$
Titik 2: $T_2 = 78^\circ\text{C}$ dan $P = 333,74 \text{ Psia}$
 $h_2 = 618.37 \text{ kJ/kg} = 265.9 \text{ BTU/lb}$
Titik 2': $T_{2'} = 53^\circ\text{C}$ dan $P = 313,033 \text{ Psia}$
 $h_{2'} = 612.77 \text{ kJ/kg} = 263.5 \text{ BTU/lb}$
Titik 3: $T_3 = 53^\circ\text{C}$ dan $P = 313,033 \text{ Psia}$
 $h_3 = 373.45 \text{ kJ/kg} = 160.6 \text{ BTU/lb}$
Titik 4: $T_4 = 53^\circ\text{C}$ dan $P = 88.218 \text{ Psia}$
 $h_4 = 373.45 \text{ kJ/kg} = 160.6 \text{ BTU/lb}$

a) Dampak Refrigerasi

$$\begin{aligned}
RE &= h_1 - h_4 \\
&= 248.67 - 160.6 \\
&= 88.07 \text{ BTU/lb}
\end{aligned}$$

b) Laju Massa Aliran Refrigeran

$$\begin{aligned}
m_r &= \frac{qe}{RE} \\
&= \frac{301.4 \frac{\text{BTU}}{\text{min}}}{88.07 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}} \\
&= 3.422 \text{ lb/min}
\end{aligned}$$

c) Tenaga yang dibutuhkan kompresor teoritis

$$\begin{aligned}
P_T &= m_r(h_2-h_1) \\
&= 3.422 \times (265.9 - 248.67)
\end{aligned}$$

$$= 58.96 \text{ BTU/min}$$

$$= 1.036 \text{ kW}$$

d) COP (Coefficient Of Performance)

COP diperlukan untuk menyatakan performansi unjuk kerja dari siklus rerfrigerasi

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

$$= \frac{248.67 - 160.6}{265.9 - 248.67} = 5.11$$

3. 5. PERBANDINGAN DAYA LISTRIK AKTUAL

3.5. 1. Daya Litrik Aktual R-22

Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan *Ampere Clamp* didapatkan : I (arus listrik) = 8.6 Ampere

$$\text{Jadi W (daya listrik)} = V \times I \times T$$

$$= 220 \times 8.6 \times 8$$

$$= 15136 \text{ Wh}$$

$$= 15.136 \text{ KWh}$$

3.5. 2. Daya Listrik Aktual MC-22

Berdasarkan hasil pengukuran : I (arus listrik) = 7.1 Ampere

$$\text{Jadi W (daya listrik)} = V \times I \times T$$

$$= 220 \times 7.1 \times 8$$

$$= 12496 \text{ Wh}$$

$$= 12.496 \text{ KWh}$$

4. DATA DAN ANALISA PENGUJIAN

4.1. DATA HASIL PERHITUNGAN

Berikut adalah data-data yang didapatkan berdasarkan perhitungan:

- Total *Room Heat Gain* : 16353.98 BTU/hr
- Dan hasil perhitungan fluida pendingin dapat dilihat pada tabel berikut ini.
-

Tabel 2. Hasil perhitungan

Fluida Pendingin	RE (BTU/lb)	m _r (lb/min)	P _T (kW)	COP	W (kWh)
R-22	53.40	5.644	1.051	5.04	15.136
MC-22	88.07	3.422	1.036	5.11	12.496

4.2. ANALISA & PEMBAHASAN

4.2.1. Beban Pendingin (*Cooling Load*)

RAC yang digunakan pada ruangan ini memiliki cooling capacity 19080 kJ/h atau 18084.35 BTU/h. dalam kebiasaan sehari-hari RAC dengan kapasitas tersebut biasa disebut RAC 2 PK.

Saat di lapangan biasanya kita akan menemukan spesifikasi RAC seperti berikut,

½ PK » 5000 btu/h

¾ PK » 7000 btu/h

- 1 PK » 9000 btu/h
- 2 PK » 16.000 btu/h
- 3 PK » 24.000 btu/h

Setelah melalui perhitungan didapatkan hasil 16353.98 BTU/hr. Berarti RAC yang terpasang pada ruangan tersebut sudah tepat atau sudah efektif, karena angka (beban pendingin) yang didapatkan mendekati kapasitas pendingin RAC yang terpasang.

4.2.2. Dampak Refrigerasi (RE)

Banyaknya panas yang diserap oleh setiap kg refrigeran saat melalui evaporator disebut sebagai efek pendinginan. Berdasarkan hasil perhitungan yang dituangkan ke dalam table di atas, terdapat selisih 34.67 BTU/lb antara R-22 dan MC-22. Dimana MC-22 memiliki RE sebesar 88.07 BTU/lb sedangkan R-22 memiliki RE sebesar 53.40 BTU/lb.

Berdasarkan data tersebut MC-22 memiliki efek refrigerasi lebih baik dari R-22. Artinya, MC-22 memiliki kemampuan menyerap kalor lebih baik daripada R-22.

4.2.3. Laju Massa Aliran Refrigeran

Laju massa aliran fluida pendingin R-22 membutuhkan 5.644 lb/min untuk melalui evaporator. Sedangkan MC-22 membutuhkan hanya 3.422 lb/min.

Ini berarti R-22 membutuhkan banyak fluida pendingin untuk mendinginkan suatu ruangan dengan pengaturan suhu yang sama dibandingkan dengan MC-22. Artinya MC-22 lebih unggul karena tidak memerlukan banyak fluida pendingin, dibandingkan dengan R-22, untuk mendinginkan suatu ruangan dengan suhu yang sama.

Jadi dimisalkan massa fluida pendingin R-22 dan MC-22 sama-sama dimasukkan ke dalam RAC sebanyak 950 gr maka dengan demikian RAC yang menggunakan MC-22 akan terasa lebih dingin dengan alasan yang tersebut di atas.

4.2.4. Tenaga yang Dibutuhkan Kompresor

Kompresor memiliki tugas untuk memampatkan fluida pendingin berbentuk gas dari tekanan rendah menjadi bertekanan tinggi. Saat laju aliran massa fluida pendingin yang dipakai lebih banyak dipakai untuk menyerap kalor, maka kompresor akan bekerja lebih ekstra untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Ini berarti daya listrik yang diperlukan untuk kerja kompresor tersebut lebih banyak.

Hal tersebut terjadi pada kompresor dengan fluida pendingin R-22 dimana R-22 membutuhkan 1.051 kW daya untuk bekerja, sebaliknya pada kompresor MC-22 hanya membutuhkan 1.036 kW daya.

4.2.5. COP

COP dari suatu sistem pendingin menunjukkan kualitas unjuk kerja antara yang dapat dinyatakan dengan angka hasil perbandingan antara energi yang diserap dari udara ruang dan energi yang digunakan untuk mengkompresi gas di kompresor.

Semakin besar COP yang dihasilkan maka RAC tersebut semakin bagus. Saat RAC menggunakan R-22 COP-nya adalah 5.04, dan saat menggunakan MC-22 maka COP-nya naik menjadi 5.11.

Ini berarti RAC dengan MC-22 lebih bagus dibandingkan RAC dengan R-22.

4.2.6. Daya Listrik Aktual

Daya listrik aktual RAC menggunakan MC-22 adalah sebesar 12.496 kWh. Sedangkan RAC dengan R-22 sebagai fluida pendingin menghasilkan daya listrik actual sebesar 15.136 kWh. Maka di sini terjadi penghematan sebesar 2.64 kWh oleh MC-22.

Seandainya ruangan tersebut dipakai selama 20 hari kerja @8 jam sehari, dan TDL sebesar Rp. 905,- maka jumlah tarif listrik yang harus dibayarkan dalam satu bulan adalah :

$$\text{R-22} \rightarrow 15.136 \times 20 \times 905 = \text{Rp. } 273961.6,-$$

$$\text{MC-22} \rightarrow 12.496 \times 20 \times 905 = \text{Rp. } 226177.6,-$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka dengan menggunakan MC-22 terjadi penghematan sebesar Rp. 47784,-.

Jika terdapat 5 RAC dalam bangunan tersebut, maka akan terjadi penghematan sebesar $5 \times \text{Rp. } 47784 = \text{Rp. } 238920,-$. Dalam setahun, $12 \times 238920 = \text{Rp. } 2867040,-$

Tabel 3. Penghematan energi listrik yang terjadi dalam satu bulan

Penghematan Energi Listrik	
Jumlah unit AC	10 PK
Daya listrik R-22	302.720 kWh
Daya listrik MC-22	249.920 kWh
Total penghematan	52.8 kWh

Tabel 4. Penghematan biaya listrik yang terjadi dalam satu bulan

Penghematan Biaya Listrik	
Lama pemakaian	8 jam
Hari kerja	20 hari
Tarif dasar listrik	Rp. 905,-
Total penghematan energi listrik	52.8 kWh
Total penghematan biaya listrik	Rp. 238890,-

5. KESIMPULAN

1. Fluida Hidrokarbon lebih baik dibandingkan fluida Halokarbon, dapat dilihat berdasarkan dampak refrigerasi dan COP-nya.
2. RAC dengan fluida pendingin Hidrokarbon lebih hemat energi (dalam hal ini listrik) dibandingkan dengan fluida Halokarbon.
3. Karena terjadi penghematan dalam segi energi yang digunakan, otomatis jumlah tarif yang harus dibayar juga akan mengalami penurunan.
4. Rasio penghematan energi yang terjadi dalam satu bulan adalah sebesar 17.4 %

DAFTAR PUSTAKA

1. Arora, C.P. *“Refrigeration and Air Conditioning, Second Edition”*, 2001, Singapore : McGraw-Hill.
2. Carrier Air Conditioning Company. *“Handbook of Air Conditioning”*, 1965. McGraw-Hill.
3. Holman, Jack P. *“Heat transfer, Tenth Edition”*, 2001, New York : McGraw-Hill.
4. Jordan, Richard C. *“Refrigeration And Air Conditioning”*, Prentice-Hall, 1964, New Jersey.
5. Pita, Edward G. *“Air Conditioning System”*, 1982, New York : McGraw-Hill.
6. Stoeker, Wilbert F., and William C. Jerold. *“Air Conditioning and Refrigeration. Second Edition”*, 1978, New York : McGraw-Hill.
7. Wang, Shan K. *“Handbook of Air Conditioning and Refrigeration”*, 1993 New York : McGraw-Hill.
8. Widodo, Spto. *“Sistem Refrigerasi dan Tata Udara”*, 2008, Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
9. www.anekagas.com
10. www.bp.blogspot.com
11. www.dheimaz.blogspot.com
12. www.energyefficiencyasia.org
13. www.globalindoprima.com
14. www.indonesiasejahtera.wordpress.com