

## **Analisis Perbandingan Kinerja Refrigeran R134a dan MC-22 pada AC Split**

**Mastur<sup>1</sup>, Nana supriyana<sup>2</sup>, Warso<sup>3</sup>, Sutarno<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Teknik Mesin STT Wiworotomo Purwokerto

Email : [1masturpwt@gmail.com](mailto:1masturpwt@gmail.com), [2nana.sttw@gmail.com](mailto:2nana.sttw@gmail.com), [3warso.januari@gmail.com](mailto:3warso.januari@gmail.com),  
[4sutarnopas@gmail.com](mailto:4sutarnopas@gmail.com)

### **ABSTRAK**

AC (*Air Conditioner*) termasuk salah satu dari mesin pendingin, yang saat ini pemakaiannya terus menerus meningkat. Salah satu komponen penting yang membantu pendinginan pada AC (*Air Conditioner*) adalah refrigeran. Refrigeran adalah sejenis bahan atau zat berupa cairan dan gas yang biasanya dialirkan di dalam instalasi mesin pendingin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performansi (COP), konsumsi energi listrik, dan laju pendinginan dari pemakaian refrigeran R134a dan MC-22. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu refrigeran R134a dan refrigeran MC-22. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah COP (*Coefficient of Performance*), konsumsi energi listrik, dan laju pendinginan. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah menggunakan variasi waktu. Bahan penelitiannya refrigeran R134a dan MC-22. Hasil penelitian ini diperoleh refrigeran R134a memiliki nilai COP lebih baik dibandingkan dengan refrigeran MC-22, dimana nilai COP pada menit ke 60 untuk refrigeran R134a sebesar 8,6 sedangkan untuk refrigeran MC-22 sebesar 8,0. Pada 60 menit penggunaan refrigeran R134a energi listrik yang digunakan yaitu sebesar 385,00 W.h. Sedangkan 60 menit penggunaan refrigeran MC-22 energi listrik yang digunakan yaitu sebesar 455,40 W.h

**Kata kunci:** COP (*Coefficient of Performance*), konsumsi energi listrik, laju pendinginan.

### **ABSTRACT**

AC (*Air Conditioner*) is one of the cooling machines, whose use is currently increasing. One important component that helps cooling the AC (*Air Conditioner*) is the refrigerant. Refrigerant is a kind of material or substance in the form of liquid and gas which is usually flowed in the refrigeration machine installation. The purpose of this study was to determine the performance (COP), electrical energy consumption, and cooling rate from the use of refrigerants R134a and MC-22. The independent variables in this research are refrigerant R134a and refrigerant MC-22. The dependent variable in this study is COP (*Coefficient of Performance*), electrical energy consumption, and cooling rate. The control variable in this study was using time variations. The research material is refrigerant R134a and MC-22. The results of this study showed that R134a refrigerant has a better COP value than MC-22 refrigerant, where the COP value at 60 minutes for R134a refrigerant is 8.6 while for MC-22 refrigerant is 8.0. At 60 minutes the use of refrigerant R134a, the electrical energy used is 385.00 W.h. Meanwhile, 60 minutes of the use of refrigerant MC-22, the electrical energy used is 455.40 W.h.

**Keywords:** COP (*Coefficient of Performance*), electrical energy consumption, cooling rate

## 1. Pendahuluan

Teknologi di era sekarang mengalami peningkatan yang cukup signifikan khususnya dalam bidang pengetahuan. Teknologi yang ada masa sekarang ini merupakan pengembangan dari teknologi yang ada sebelumnya dan akan terus dikembangkan agar dapat memberikan manfaat yang lebih bagi kehidupan manusia termasuk lebih efisien dan ramah lingkungan. Mesin pendingin merupakan suatu alat pendingin yang dapat menurunkan suhu ruangan, mengawetkan makanan serta untuk keperluan industri.

Mesin pendingin menggunakan zat refrigerant sebagai media untuk memindahkan panas. *Refrigerant* adalah suatu zat atau fluida gas yang prinsip kerjanya yaitu bersirkulasi didalam siklus refrigerasi melalui komponen-komponen pendinginan sehingga efeknya timbul temperatur rendah. Terdapat berbagai macam jenis *refrigerant* dan setiap refrigerant memiliki karakteristik yang berbeda-beda dimana perbedaan tersebut akan mempengaruhi suhu temperatur yang terjadi dan juga prestasi kerja yang dihasilkan [1]

Penggunaan *air conditioning* atau mesin pendingin semakin tahun terus meningkat. Dimana pada tahun 2015 konsumsi energi tersebut mencapai 81,8 TWh atau setara dengan 41% penjualan listrik nasional. Sektor yang paling besar dalam konsumsi energi tersebut adalah pada sektor peralatan rumah tangga seperti kulkas sebesar 18% dan AC-Split sebesar 56% dari total konsumsi energi sektor. Skenario BAU (*Business as Usual*) memproyeksikan pada tahun 2030 konsumsi energi dari sektor mesin mengalami peningkatan menjadi 149,4 TWh [2]

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka kami ingin melakukan penelitian penggunaan refrigeran R134a dan refrigeran MC-22 pada mesin pendingin untuk mengetahui perbedaan pengaruh pendinginan dan koefisien prestasinya. Hasil penelitian tiyono yaitu penggantian media pendingin dari Freon R22 menjadi smart-trik mendapatkan hasil terjadi penghematan sebesar 19,5% untuk kapasitas AC 1-5 PK tergantung dari lama operasi kerja AC yaitu total waktu jam, hari dan bulan [3].

Penelitian sutrisno mengenai perbandingan kinerja menggunakan refrigeran R13A dan R404A pada mesin bar ice cream manual maker dengan tujuan untuk menganalisa pengaruh koefisien performa pada penggunaan Freon atau refrigerant tersebut. Mendapatkan hasil yaitu nilai COP (*Coefficient Of Performance*) pada refrigerant R134a

sebesar 2,93 pada menit 15 dan waktu seterusnya cenderung konstan. Sedangkan pada refrigerant r404a mendapatkan nilai COP sebesar 2,03 pada menit 15 kemudian untuk performa mengalami kecenderungan konstan [4]

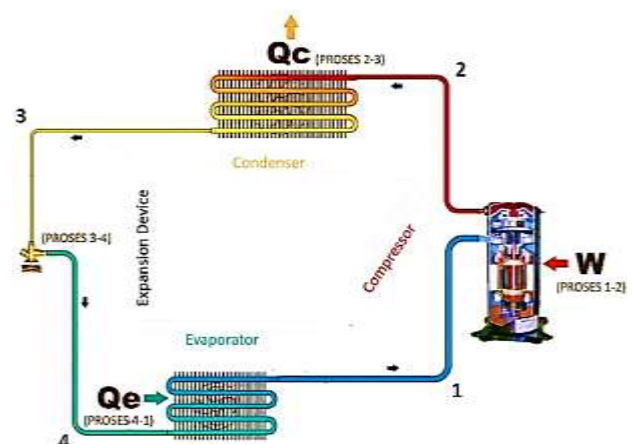
Penelitian oleh haris ramadhan mengenai uji prestasi refrigeran R22 pada mesin kompresi uap dimana tujuan penelitian tersebut untuk mengetahui COP dan mengetahui parameter prestasi mesin pendingin secara actual maupun secara *software* pada kondisi *low fan* dan *high fan*. Mendapatkan hasil terdapat perbedaan data COP secara actual *low fan* 8,42 dan *high fan* 8,52 dan sedangkan pada *software low fan* menunjukkan 1,415 dan *high fan* 2,193. Masa aliran fluida kerja terbesar ada pada *low fan* sebesar 0,031 kg/s [5]

### 1.1 Mesin Pendingin

Mesin pendingin atau *Air Conditioning* (AC) secara umum dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu AC comfort adalah AC yang dipergunakan untuk kenyamanan manusia dan AC industri adalah AC yang dipergunakan untuk kebutuhan-kebutuhan khusus [6].

### 1.2. Sistem Refrigerasi

Refrigerasi adalah suatu metode atau proses pengkondisian suhu ruangan agar tetap terjaga dibawah suhu lingkungan [7]. Dengan suhu ruangan terjaga dibawah suhu lingkungan maka suhu ruangan menjadi dingin, sehingga refrigerasi bisa dikatakan juga dengan metode pendinginan. Metode ini sering disebut juga dengan sistem termodinamika seperti terlihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Siklus Refrigerasi kompresi Uap

### 1.3. Siklus Kompresi Uap

Siklus refrigerasi uap adalah suatu sistem dimana uap refrigeran atau freon ditekan oleh kompresor menuju kondensor kemudian dikondensasi sehingga menjadi uap bertekanan tinggi dan diteruskan ke evaporator melalui katup ekspansi, dalam katup ekspansi uap terlebih dahulu diturunkan tekanannya. [8]

### 1.4. COP (Coefficient of Performance)

$COP_{ref}$  (Coefficient of Performance) yaitu perbandingan antara kerja kompresor dan efek refrigerasi, dimana secara sistematis dinyatakan dalam persamaan dibawah ini [9]:

$$COP_{ref} = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresor}} = \frac{Q_e}{W_C} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (1)$$

### 1.5. Konsumsi Energi Listrik

Penggunaan peralatan yang menggunakan arus listrik yang selama ini digunakan oleh masyarakat sering sekali lepas dari perhatian. besarnya energi listrik yang digunakan itu sebanding dengan daya yang digunakan. Sedangkan pengertian daya itu sendiri adalah energi yang digunakan atau dikeluarkan untuk melakukan suatu usaha. Untuk menghitung besarnya konsumsi energi listrik yang digunakan maka bisa dihitung dengan persamaan berikut ini [10]:

$$W = P \cdot t \quad (W \cdot h), \quad (2)$$

$$P = V \cdot I \quad (\text{Watt}) \quad (3)$$

dimana:

$W$  = Energi listrik yang terpakai ( $W \cdot h$ ) (*Watt-hour*)

$P$  = Daya listrik yang terpakai (Watt) atau (J/s)

$V$  = Tegangan pada peralatan listrik (V)

$I$  = Kuat arus yang mengalir (A)

$t$  = Waktu pemakaian listrik (s)

### 1.6. Laju Pendinginan Temperatur Indoor (Evaporator)

Berdasarkan pengukuran temperature atau suhu indoor (evaporator) di titik  $T_1$  (*temperature indoor*) yang telah didapat, maka data tersebut digunakan untuk mengetahui perubahan yang ada pada laju pendinginan di evaporator pada mesin yang menggunakan refrigerant R13a dan refrigerant MC-22 secara statistik.

## 2. Metode Penelitian

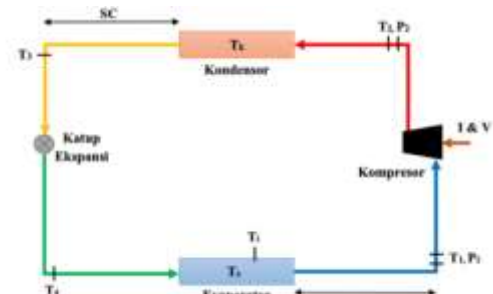
Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan melakukan pengamatan

dan pengukuran secara langsung terhadap perubahan-perubahan yang ada. Serta melakukan eksperimen yaitu membandingkan jenis refrigerant R13a dan refrigerant MC-22. Alat uji yang digunakan untuk menghitung nilai COP (*Coefficien of Performance*), menghitung nilai konsumsi energi listrik dan laju pendinginan refrigerant tersebut. Pada gambar 2. ditunjukkan alat uji yang digunakan



Gambar 2. Alat Uji

Langkah pertama dalam mendapatkan data adalah mempersiapkan kebutuhan penelitian, meliputi: tempat penelitian, alat uji, bahan dan peralatan penunjang serta pengkalibrasian alat ukur untuk memastikan semua alat ukur berfungsi dengan baik. Selanjutnya, menganalisis parameter-parameter pengukuran dengan skema pengukuran seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Parameter Pengukuran

- $P_1$  : Tekanan absolut suction (*low side*) (MPa)
- $P_2$  : Tekanan absolut discharge (*high side*) (MPa)
- $T_c$  : Temperatur refrigeran evaporasi ( $^{\circ}C$ ) (hasil konversi  $P_1$ )
- $T_e$  : Temperatur refrigeran kondensasi ( $^{\circ}C$ ) (hasil konversi  $P_2$ )
- $T_1$  : Temperatur pipa akhir evaporator (*suction*) ( $^{\circ}C$ )
- $T_2$  : Temperatur pipa inlet kondensor (*discharge*) ( $^{\circ}C$ )
- $T_3$  : Temperatur pipa akhir kondensor ( $^{\circ}C$ )
- $T_4$  : Temperatur pipa inlet evaporator ( $^{\circ}C$ )
- $I$  : Kuat arus listrik (A)
- $V$  : Tegangan listrik (V)

- SH : Temperatur *superheating* ( $SH=T_1-T_c$ ) dalam K (temp. absolut Celsius)  
 $T_i$  : Temperatur *indoor (evaporator)* ( $^{\circ}C$ )  
 SC : Temperatur *subcooling* ( $SC=T_c-T_3$ ) dalam K (temp. absolut Celsius)

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1 Data Hasil Pengujian

##### a. Data Hasil Pengujian R 134a

Data hasil penelitian terhadap *refrigerant* R134a dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Refrigeran R134a

Menit Ke	Pressure (Mpa)		Temperatur ( $^{\circ}C$ )							Temperatur (K)		Arus (A)	Daya
	P1	P2	Te	Tk	T1	T2	T3	T4	Ti	SH	SC	I	V
1	0,93	1,41	20,73	36,63	35,5	35,1	31,3	29,1	27,0	14,77	5,33	1,20	220
5	0,60	1,47	6,11	38,18	27,5	52,2	36,5	12,9	23,1	21,39	1,68	1,15	220
10	0,60	1,52	6,11	39,68	27,6	53,8	37,3	13,4	22,6	21,49	2,38	1,17	220
15	0,61	1,51	6,48	39,49	27,0	54,8	36,9	13,4	22,0	20,52	2,59	1,17	220
20	0,60	1,50	6,11	39,12	27,0	55,4	36,9	13,4	21,8	20,89	2,22	1,17	220
25	0,61	1,50	6,48	39,12	26,7	56,1	36,4	13,3	21,5	20,22	2,72	1,17	220
30	0,61	1,54	6,48	40,05	26,4	56,1	37,2	13,4	21,3	19,92	2,85	1,20	220
35	0,60	1,52	6,11	39,68	26,3	56,3	37,0	13,2	20,8	20,19	2,68	1,18	220
40	0,60	1,50	5,74	39,12	26,3	56,1	36,6	12,9	20,7	20,56	2,52	1,18	220
45	0,60	1,51	6,11	39,49	26,4	56,4	37,0	13,0	20,5	20,29	2,49	1,19	220
50	0,60	1,52	6,11	39,68	26,5	57,6	37,2	13,0	20,3	20,39	2,48	1,20	220
55	0,60	1,51	5,74	39,49	26,4	56,2	37,0	12,9	20,3	20,66	2,49	1,20	220
60	0,60	1,54	5,74	40,05	26,6	57,9	37,6	12,8	20,2	20,86	2,45	1,20	220

##### b. Data Hasil Pengujian MC-22

Data hasil penelitian terhadap *refrigerant* MC-22 dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Refrigeran MC-22

Menit Ke	Pressure (Mpa)		Temperatur ( $^{\circ}C$ )							Temperatur (K)		Arus (A)	Daya
	P1	P2	Te	Tk	T1	T2	T3	T4	Ti	SH	SC	I	V
1	0,85	1,38	20,74	40,23	31,0	38,2	35,6	26,8	26,9	10,26	4,63	0,98	220
5	0,71	1,47	13,81	42,99	27,4	46,3	40,1	18,1	23,7	13,59	2,89	1,09	220
10	0,74	1,54	15,21	45,03	26,7	49,0	41,1	19,6	23,2	11,49	3,93	1,10	220
15	0,74	1,52	15,55	44,63	26,6	50,0	41,1	19,7	22,6	11,05	3,53	1,06	220
20	0,75	1,55	15,89	45,43	26,3	50,2	41,9	20,1	21,8	10,41	3,53	1,06	220
25	0,74	1,51	15,55	44,43	26,3	50,4	41,1	19,8	21,6	10,75	3,33	1,05	220
30	0,74	1,52	15,55	44,63	26,3	50,2	41,4	19,9	21,0	10,75	3,23	1,08	220
35	0,74	1,50	15,55	44,02	26,2	49,9	40,8	19,6	20,8	10,65	3,22	1,04	220
40	0,74	1,50	15,21	44,02	26,3	50,4	41,2	19,6	20,6	11,09	2,82	1,04	220
45	0,74	1,51	15,21	44,43	26,1	50,8	41,0	19,5	20,5	10,89	3,43	1,04	220
50	0,74	1,51	15,21	44,43	25,7	50,4	41,3	19,4	20,3	10,49	3,13	1,03	220
55	0,73	1,50	14,86	44,02	26,1	50,2	41,3	19,2	20,2	11,24	2,72	1,05	220
60	0,74	1,52	15,21	44,63	25,7	50,4	41,0	19,3	19,9	10,49	3,63	1,05	220

#### 3.2 Analisa Data

##### a. Analisa Performansi (COP)

Dari proses pengolahan data didapat data statistik berupa besaran performansi mesin refrigerasi dengan penggunaan refrigeran R134a dan penggunaan refrigeran MC-22 yang disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Performansi (COP) R134a dan MC-22

Menit ke	PERFORMANSI (COP)	
	R134a	MC-22
1	14,4	19,7
5	8,2	7,9
10	8,2	7,9
15	8,1	8,0
20	8,1	8,1
25	8,1	7,9
30	8,1	8,1
35	8,1	8,0
40	8,3	7,9
45	8,3	7,9
50	8,4	7,9
55	8,5	8,0
60	8,6	8,0

## b. Analisis Konsumsi Energi

Dari proses pengolahan data didapat data statistik berupa besaran konsumsi energi pada mesin refrigerasi dengan penggunaan refrigeran R134a dan penggunaan refrigeran MC-22 yang disajikan dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Konsumsi Energi R134a dan MC-22

Menit ke	Konsumsi Energi (W) (W.h)	
	R134a	MC-22
1	6,64	7,66
5	33,00	37,77
10	64,53	75,53
15	96,25	113,85
20	127,60	150,33
25	157,67	188,83
30	191,40	225,50
35	225,87	263,08
40	258,13	302,13
45	288,75	341,55
50	319,00	377,67
55	352,92	415,43
60	385,00	455,40

## c. Analisis Laju Pendinginan

Dari proses pengolahan data didapat data statistik berupa laju pendingin yang terjadi dengan penggunaan refrigeran R134a dan penggunaan refrigeran MC-22 yang disajikan dalam Tabel 5

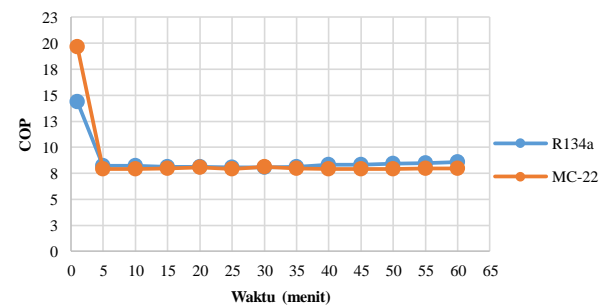
**Tabel 5.** Data Laju Pendinginan R134a dan MC-22

Menit ke	Laju Pendinginan (T) (°C)	
	R134a	MC-22
1	29,30	29,30
5	23,10	26,60
10	21,60	25,60
15	20,70	24,70
20	19,40	23,30
25	17,20	22,60
30	16,00	21,80
35	16,00	21,60
40	16,00	21,20
45	16,00	20,80
50	16,00	20,40
55	16,00	20,40
60	16,00	20,20

**3.3 Pembahasan**

## a. Perbandingan Performansi (COP)

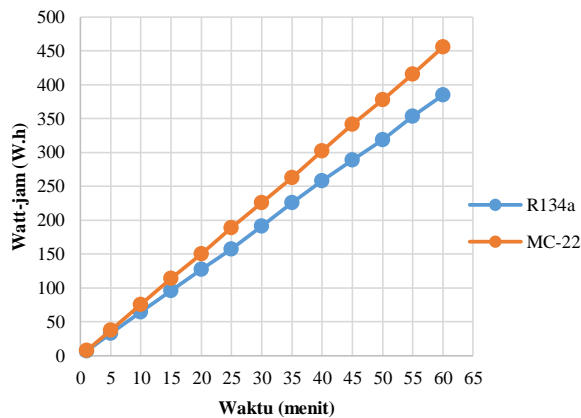
*Coefficient of Performance* merupakan salah satu indikator untuk menentukan kerja dari sistem refrigerasi. Pada Gambar 4. menunjukkan grafik statistik hasil pencapaian nilai *Coefficient of Performance* berdasarkan periode waktu dari penggunaan refrigeran R134a dan penggunaan refrigeran MC-22 pada penelitian ini.

**Gambar 4.** Grafik Statistik COP Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik di atas, menunjukkan nilai COP dari penggunaan refrigeran R134a pada menit ke 60 sebesar 8,6 sementara pada penggunaan refrigeran MC-22 pada menit ke 60 sebesar 8,0. Hasil tersebut menunjukkan bahwa refrigeran R134a sedikit lebih baik jika dibandingkan dengan refrigerant MC-22

## b. Perbandingan Konsumsi Energi

Konsumsi energi merupakan besarnya energi yang terpakai pada mesin refrigerasi. Pada Gambar 6 menunjukkan grafik statistik hasil pencapaian nilai konsumsi energi berdasarkan periode waktu dari penggunaan refrigeran R134a dan penggunaan refrigeran MC-22.



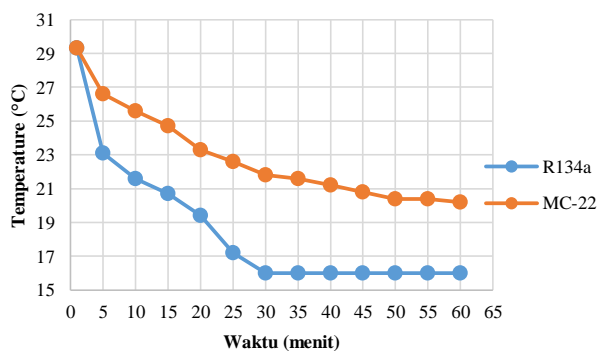
**Gambar 5.** Grafik Statistik Konsumsi Energi Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik di atas pada penggunaan refrigeran R134a sampai menit ke 60 energi listrik yang digunakan yaitu sebesar 385,00 W.h sedangkan pada penggunaan refrigeran MC-22 sampai menit ke 60 energi listrik yang digunakan yaitu sebesar 455,40 W.h.

Menurut analisa penulis, konsumsi energi listrik pada refrigeran R134a bisa lebih hemat dikarenakan tekanan *low pressure* yang digunakan (pada kompresor) lebih rendah dibandingkan pada refrigeran MC-22. Tekanan *low pressure* yang dipakai pada refrigeran R134a adalah 40 Psi, sedangkan pada tekanan *high pressure* yang sama refrigeran MC-22 membutuhkan tekanan *low pressure* 60 Psi.

c. Perbandingan Laju Pendinginan

Laju pendinginan merupakan perubahan temperatur yang terjadi pada indoor (*evaporator*) per satuan waktu. Pada gambar 7 menunjukkan grafik statistik hasil pencapaian laju pendinginan yang terjadi berdasarkan periode waktu dari penggunaan refrigeran R134a dan penggunaan refrigeran MC-22



**Gambar 6.** Grafik Statistik Laju Pendinginan Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik di atas, pada 5 menit awal refrigeran R134a dapat menurunkan temperatur ruangan dengan sangat drastis yaitu dari 29,30 °C ke temperatur 23,10 °C. Pada menit ke 30 refrigeran R134a dapat menurunkan temperatur sampai suhu terendah pada setingan AC Split yaitu 16,00 °C, dan untuk menit selanjutnya temperatur sudah stabil sampai dengan menit ke 60 yaitu pada temperatur 16,00 °C karena memang setingan pada AC split setingan suhu terendahnya hanya sampai temperatur 16,00 °C. Pada temperatur tersebut AC akan mati dengan sendirinya.

Sedangkan pada refrigeran MC-22 menunjukkan penurunan temperatur yang lebih lambat. Penurunan temperatur cenderung stabil namun lebih lambat dibandingkan dengan penurunan temperatur pada refrigeran R134a. Sampai dengan menit ke 60 pemakaian refrigeran MC-22 hanya bisa menurunkan temperatur pada angka 20,20 °C. Jadi refrigeran R134a lebih cepat dalam menurunkan temperatur dibandingkan dengan refrigeran MC-22.

#### 4. Kesimpulan

Hasil dari perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian dan perhitungan nilai COP, untuk refrigeran R134a mempunyai nilai COP lebih baik dibandingkan dengan refrigeran MC-22, yaitu pada menit ke 60 untuk refrigeran R134a sebesar 8,6 dan refrigeran MC-22 sebesar 8,0.

Konsumsi energi listrik untuk refrigeran R134a lebih hemat jika dibandingkan dengan MC-22. Yaitu pada menit ke 60 sebesar 385,00 W.h. refrigeran MC-22 sebesar 455,40 W.h.

Pengukuran laju pendinginan untuk refrigeran R134a lebih cepat dalam menurunkan temperatur ruangan uji (*indoor*) dibandingkan dengan MC-22. Pada menit ke 30, refrigeran R134a sudah dapat menurunkan temperatur sampai ke batas temperatur maksimal alat uji yaitu 16,00 °C. dan refrigeran MC-22 sampai dengan menit ke 60 baru dapat menurunkan temperatur sampai suhu 20,20 °C.

**Daftar Pustaka**

- [1] M. A. Firman, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Ujung pandang: Garis Putih Pratama, 2018.
- [2] Rakhma Wardani, "Inventarisasi Gas Rumah Kaca di Sektor Refrigerasi dan Air Conditioning (RAC) di Indonesia," *Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi*, 2017. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2017/11/07/1812/inventarisasi.gas.rumah.kaca.di.sektor.refrigerasi.dan.air.conditioning.rac.di.indonesia>.
- [3] Tiyono, "Perbedaan Konsumsi Energi Listrik antara Media Pendingin Freon R22 dan Smart-trik Pada Sistem Tata Udara AC," *Dep. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, pp. 95–100, 2017.
- [4] Sutrisno, Azharudin, and I. Ferry, "Analisis Perbandingan Kinerja Menggunakan Refrigeran R134A dan Refrigeran R404A pada Mesin Bar Ice Cream Manual Maker," *J. Teknol. Pendingin dan Tata Udar. Politek. Sekayu*, vol. 1, no. 1, pp. 28–43, 2015.
- [5] H. Ramadan and A. D. Cappenberg, "Uji Prestasi Refrigeran R22 Pada Mesin Pendingin Kompresi Uap Dengan Metode Pengujian Aktual Dan Simulasi," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 5, no. 2, pp. 74–81, 2018, doi: 10.21009/jkem.5.2.3.
- [6] S. H. Spto Widodo, "Sistem Refrigerasi dan Tata Udara," Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [7] Indra S. Dalimunthe, "Pengantar Teknik Refrigerasi," *Univ. Sumatera Utara*, pp. 1–33, 2004.
- [8] Kasni Sumeru, *Subcooling Pada Siklus Refrigerasi Kompresi Uap*. Yogyakarta: Deepublish, 2018.
- [9] S. K. Wang, *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. New York: Mc Graw Hill, 2001.
- [10] A. Rifais, *Prediksi Konsumsi Energi Listrik Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent di PLN APJ Salatiga*. Semarang, 2018.