

## **PENGARUH PUTARAN *FAN* KONDENSOR TERHADAP PERFORMANSI SISTEM REFRIGERASI DENGAN MENGGUNAKAN REFRIGERAN HIDROKARBON**

Hadi Riyanto<sup>1</sup>, Budha Maryanti<sup>2</sup>

### **Abstraksi**

Penggunaan sistem refrigerasi selama ini masih menggunakan refrigeran sintesis seperti R-134a (HFC) dan sekarang sudah banyak beralih menggunakan refrigeran hidrokarbon (HC). Berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menyatakan bahwa pemakaian refrigeran hidrokarbon juga akan meningkatkan nilai performansi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran *fan* kondensor terhadap performansi sistem refrigerasi dengan menggunakan kedua jenis refrigerant tersebut. Penelitian dilakukan di laboratorium mesin pendingin Program Studi Teknik Mesin Universitas Balikpapan dengan menggunakan satu unit alat uji sistem refrigerasi yang telah dimodifikasi dengan menambahkan *fan*/ kipas pada kondensor dan *pressure gauge*. Pengujian dengan variasi kecepatan putaran *fan* kondensor akan terlihat perbedaan nilai *Coefficient of performance* (COP). Penggunaan R-134a pada kecepatan putaran *fan* kondensor 300 rpm sebesar 2,84; pada 700 rpm sebesar 2,91 dan pada 1100 rpm sebesar 2,97 dimana terjadi peningkatan pada setiap variasinya sebesar 2,06% sampai 2,46%. Kemudian untuk hidrokarbon MC-134 pada kecepatan putaran *fan* kondensor 300 rpm sebesar 2,87; pada 700 rpm sebesar 3,01 dan pada 1100 rpm sebesar 3,07 dimana tiap-tiap variasinya terjadi peningkatan nilai COP sebesar 2% sampai 4,87%. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa putaran *fan* kondensor sangat berpengaruh terhadap performansi sistem refrigerasi

**Kata Kunci** : Putaran *Fan* Kondensor, Refrigeran Hidrokarbon, *Coefficient Of Performance* (COP)

### **PENDAHULUAN**

Refrigerasi adalah proses penyerapan panas dari suatu ruangan/kabin sehingga temperaturnya berada di bawah temperatur lingkungan. Pada umumnya komponen utama mesin pendingin adalah kompresor, kondensor, evaporator dan alat ekspansi (Stocker, 1996; Pasek AD, 2007). Kondensor merupakan alat penukar kalor pada sistem refrigerasi yang berfungsi untuk melepaskan kalor ke lingkungan (Arismunandar, 2005). Bagian kondensor biasanya dilengkapi dengan *fan*/kipas untuk meniup/menghisap udara yang melewati celah alat penukar kalor. Penggunaan sistem refrigerasi selama ini menggunakan fluida kerja (refrigeran) sintesis seperti: R-12, R-22, R-134a dan mulai diganti dengan refrigeran hidrokarbon. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya

menyatakan bahwa pemakaian refrigeran hidrokarbon akan meningkatkan nilai performansi.

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh putaran *fan* kondensor terhadap performansi sistem refrigerasi dengan menggunakan refrigerant hidrokarbon?

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh putaran *fan* kondensor terhadap performansi dari sistem refrigerasi apabila menggunakan R-134a dan refrigeran hidrokarbon.

Adapun manfaatnya yaitu sebagai referensi buat masyarakat untuk beralih ke refrigeran hidrokarbon dilihat dari aspek teknis disamping aspek ekonomi maupun lingkungan.

---

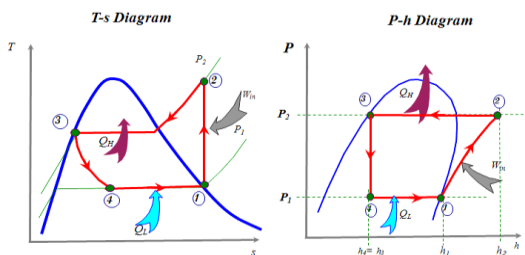
<sup>1</sup> Alumni Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan

**KAJIAN PUSTAKA**

Siklus kompresi uap standar merupakan siklus teoritis, dimana pada siklus tersebut mengasumsikan beberapa proses sebagai berikut :

- 1–2 merupakan proses kompresi, dari uap jenuh bertekanan rendah menuju ke tekanan kondensor.
- 2–3 merupakan proses pelepasan kalor pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan refrigerasi.
- 3–4 merupakan proses ekspansi *unreversibel* pada entalpi konstan, dari fase cair jenuh menuju tekanan evaporator.
- 4–1 merupakan proses penambahan kalor pada tekanan konstan yang menyebabkan terjadinya penguapan menuju uap jenuh.



**Gambar 1. Siklus Kompresi Uap Standar**  
**(a) Diagram T-s (Temperatur/ Entropi)**  
**(b) Diagram P-h (Tekanan/ Entalpi)**

Parameter-parameter prestasi sistem refrigerasi kompresi uap antara lain: efek/dampak refrigerasi, kerja kompresi, kapasitas refrigerasi, dan koefisien performansi (*coefficient of performance / COP*). Penentuan parameter-parameter tersebut dapat dibantu dengan penggunaan

sketsa proses pada diagram tekanan-entalpi. (Stocker, 1996; Pasek AD, 2007)

Kerja kompresi persatuan massa refrigeran ditentukan oleh perubahan entalpi pada proses 1-2 dan dapat dinyatakan : (Stocker, 1996)

$$w_{in} = \frac{W}{\dot{m}} = h_2 - h_1 \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- $W$  = Daya kompresor [kW]
- $w_{in}$  = Kerja kompresi [kJ/kg]
- $\dot{m}$  = Laju aliran refrigerant [kg/det]
- $h_1$  = Nilai entalpi di titik 1 [kJ/kg]
- $h_2$  = Nilai entalpi di titik 2 [kJ/kg]

Hubungan tersebut diturunkan dari persamaan energi dalam keadaan tunak, pada proses kompresi dengan perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan. Perbedaan entalpinya merupakan besaran negatif yang menunjukkan bahwa kerja diberikan kepada sistem.

Kalor yang dibuang melalui kondensor dari refrigeran ke lingkungan yang lebih rendah temperaturnya terjadi pada proses 2-3, yaitu:

$$q_{out} = \frac{Q_{rj}}{\dot{m}} = h_2 - h_3 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- $Q_{rj}$  = Kapasitas kondensor/pemanasan [kW]
- $q_{out}$  = Kalor yang dibuang melalui kondensor [kJ/kg]
- $\dot{m}$  = laju aliran refrigeran [kg/det]
- $h_2$  = Nilai entalpi di titik 2 [kJ/kg]
- $h_3$  = Nilai entalpi di titik 3 [kJ/kg]

Besaran ini bernilai negatif, karena kalor

dipindahkan dari sistem refrigerasi ke lingkungan.

Pada proses 3-4 merupakan proses ekspansi refrigeran menuju tekanan evaporator. Proses ini biasanya dimodelkan dengan proses cekik tanpa adanya perpindahan kalor dan proses berlangsung tak-reversibel, sehingga diperoleh hubungan :

$$h_3 = h_4$$

Efek refrigerasi adalah kalor yang diterima oleh sistem dari lingkungan melalui evaporator per satuan laju massa refrigeran. Efek refrigerasi merupakan parameter penting, karena merupakan efek yang berguna dan diinginkan dari suatu sistem refrigerasi.

$$q_{in} = \frac{Q_{rc}}{\dot{m}} = h_1 - h_4 \dots \dots \dots (3)$$

Sedangkan kapasitas refrigerasi merupakan perkalian antara laju massa refrigeran dengan efek refrigerasi.

Dimana :

$Q_{rc}$  = Kapasitas refrigerasi [kW]

$q_{in}$  = Efek refrigerasi [KJ/kg]

$\dot{m}$  = Laju aliran refrigerant [kg/det]

$h_1$  = Nilai entalpi di titik 1 [kJ/kg]

$h_4$  = Nilai entalpi di titik 4 [kJ/kg]

Koefisien performansi (COP), adalah besarnya energi yang berguna, yaitu efek refrigerasi, dibagi dengan kerja yang diperlukan sistem, yaitu kerja kompresi.

$$COP = \frac{\text{efek refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots \dots (4)$$

Dimana :

$h_1$  = Nilai entalpi di titik 1 [kJ/kg]

$h_2$  = Nilai entalpi di titik 2 [kJ/kg]

$h_3$  = Nilai entalpi di titik 3 [kJ/kg]

$h_4$  = Nilai entalpi di titik 4 [kJ/kg]

Refrigeran adalah zat yang mengalir dalam mesin refrigerasi dan merupakan fluida kerja yang memindahkan panas dari ruangan / kabin yang didinginkan ke lingkungan.

Pertamina UP III bekerja sama dengan Penelitian & Laboratorium (P&L) Bidang Pengolahan Direktorat Hilir Pertamina Kantor Pusat telah mengembangkan produk refrigeran hidrokarbon Musicool (MC) di antaranya yaitu : MC-12 dan MC-134 sebagai pengganti refrigeran R-12 dan R-134a.

MC-12 dan MC-134 merupakan campuran *propane* dan *i-butane* dengan kandungan butane serendah mungkin agar tidak mengganggu proses kondensasi pada sistem pendingin. Refrigeran ini digunakan pada kendaraan bermotor, kulkas dan dispenser.

Refrigeran hidrokarbon Musicool MC-134 ini dapat *diretrofit* pada sistem R-134a tanpa harus mengganti komponen.

Keunggulan dari refrigeran hidrokarbon Musicool MC-134 dibandingkan dengan R-134a adalah :

1. Mempunyai nilai *Ozon Depletion Potential* (ODP) dan *Global Warming Potential* (GWP) nol
2. Menggunakan jenis pelumas mineral yang sama
3. Tekanan evaporator yang positif
4. Komsumsi daya yang lebih rendah
5. Muatan refrigeran yang lebih kecil dibandingkan dengan R-134a

Kelemahan refrigeran ini:

1. Mudah menyala
2. Tidak cocok untuk kondisi lingkungan yang panas ( $43^{\circ}\text{C}$ )

Sifat fisik dan kimia refrigeran hidrokarbon Musicool:

1. Kenampakan : cairan tidak berwarna, mudah menguap.
2. Bau : agak amis
3. Kelarutan dalam air : tidak larut
4. Sifat bahaya : bahaya, uap lebih berat dari udara
5. Komposisi
  - a. Bahan : bahan pendingin berupa senyawa tunggal atau campuran dari *ethane*, *propane*, *butane*.
  - b. Zat ikutan : tidak mengandung bahan kimia ikutan lainnya yang dapat mempengaruhi klasifikasi produk.

## METODOLOGI

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium mesin pendingin program studi Teknik Mesin Universitas Balikpapan. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan April s/d Juli 2015.

### Bahan dan Alat

Adapun perlengkapan dan alat penelitian yang digunakan adalah:

1. Satu unit alat uji sistem refrigrasi (berupa alat uji yang sudah dimodifikasi dengan menambahkan kipas pada kondensor, dan alat ukur *pressure gauge*).
2. Pompa vakum
3. *Gauge manifold*
4. Timbangan refrigeran (*Digital*)

5. Refrigeran R-134a dan hidrokarbon MC-134
6. *Leak detector* (Alat uji kebocoran refrigeran)
7. *Thermometer*
8. *Tachometer* (Alat ukur kecepatan putaran kipas )
9. *Multimeter (Digital)*
10. *Clamp Meter* (Alat ukur arus listrik/*Ampere*)
11. *Infrared Termometer* (Alat ukur temperatur alat uji)



Gambar 2. Alat Uji Sistem Refrigrasi

### Variabel Penelitian

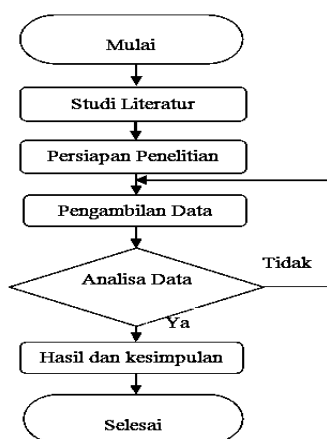
1. Variabel bebas, yaitu variasi kecepatan kipas kondensor yaitu 300 rpm, 700 rpm, 1100 rpm.
2. Variabel terikat meliputi :
  - a. Efek Refrigrasi [kJ/kg]
  - b. Kerja Kompresi [kJ/kg]
  - c. Kalor Keluar Kondensor [kJ/kg]
  - d. Kapasitas kondensasi [kW]
  - e. COP (*Coefisien of Performance*)
3. Variabel kontrolnya adalah temperatur ruang uji  $29-30^{\circ}\text{C}$ .

Tabel 1. Sifat Fisika dan Termodinamika refrigeran R-134am dan MC-134

No.	Parameter	R-134a	MC-134
1	Normal boiling point, (°C)	-26,07	-33,98
2	Temperatur kritis, (°C)	101,06	113,8
3	Tekanan kritis, (psia)	588,7	591,8
4	Panas jenis cairan jenuh pada 37,8 °C (Kj/kgk)	1,487	2,717
5	Panas jenis uap jenuh pada 37,8 °C (Kj/kgk)	1,126	2,014
6	Tekanan cairan jenuh pada 37,8 °C (psia)	138,9	139,4
7	Kerapatan cairan jenuh pada 37,8 °C (kg/m <sup>3</sup> )	1156	500,6
8	Kerapatan uap jenuh pada 37,8 °C (kg/m <sup>3</sup> )	47,05	17,76
9	Konduktivitas Termal uap jenuh 37,8 °C, (w/m k)	0,0756	0,0896
10	Konduktivitas Termal cairan jenuh 37,8 °C, (w/m k)	0,0195	0,0195
11	Viskositas cairan jenuh pada 37,8 °C	102,5	101,6
12	Viskositas uap jenuh pada 37,8 °C	8,046	8,0444

Catatan: R-134a adalah jenis refrigeran sintetis (HFC) yang tidak merusak ozon, tetapi masih mengandung *flour* sebagai salah satu penyebab dari pemanasan global. MC-134 adalah jenis refrigeran hidrokarbon (HC) yang diproduksi oleh PT. Pertamina (Persero), yang tidak mengandung *chlour* dan *flour* sehingga ramah terhadap lingkungan.

**Diagram Alir Penelitian**



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Penelitian**

Data hasil penelitian dan pengolahannya disajikan dalam tabel dan dikelompokkan berdasarkan jumlah kecepatan putaran *fan* kondensor. Dari tabel hasil pengolahan data kemudian dibuat grafik untuk setiap variasi kecepatan putaran *fan*.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Pada Kecepatan Putaran *Fan* Kondensor 300 Rpm

No	Jenis Refrigeran	Waktu [menit]	Temperatur [°C]				Tekanan [Psi]	
			T1	T2	T3	T4	P1	P2
1	R-134a	10	31	52	46	-15	-2	130
		20	31	54	47	-16	-1	130
		30	30	55	48	-15	-1	135
		40	30	54	48	-17	-1	128
		50	29	56	47	-18	-1	130
2	MC-134	10	32	53	47	-14	8	145
		20	31	54	48	-15	8	150
		30	30	55	49	-15	8	150
		40	31	55	50	-16	8	150
		50	30	55	50	-16	8	150

Tabel 3. Hasil Pengolahan Data Pada Kecepatan Putaran *Fan* Kondensor 300 Rpm

Jenis Refrigeran	Entalpy [Kj/kg]			$(q_{in}) =$ Efek Refrigerasi [Kj/kg] $h_1 - h_4$	$(w) =$ Kerja Komprosor [Kj/kg] $h_2 - h_1$	$(q_{out}) =$ Kalor Kel. Kondensor [Kj/kg] $h_2 - h_3$	$(m) =$ Laju Aliran Massa Refrigeran [kg/s]	$(Q_{re}) =$ Kapasitas Refrigerasi [kw]	$(Q_{ri}) =$ Kapasitas Kondensasi [kw]	COP = $\frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$
	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$							
R-134a	388,31	429,96	266,77	121,53	41,64	163,19	0,00168	0,20	0,27	2,92
	387,71	430,23	266,77	120,93	42,51	163,45	0,00164	0,19	0,26	2,84
	388,31	430,50	268,31	120,01	42,18	162,18	0,00165	0,19	0,26	2,84
	387,10	431,03	268,31	118,79	43,93	162,72	0,00159	0,18	0,25	2,70
	386,45	431,31	268,31	118,18	44,81	163,01	0,00156	0,18	0,25	2,64
	Rata - Rata			120,01	42,51	163,01	0,00164	0,19	0,26	2,84
MC-134	536,73	609,21	313,01	223,76	72,43	296,20	0,000966	0,21	0,28	3,09
	535,43	609,28	313,59	219,84	74,84	294,69	0,000935	0,20	0,27	2,94
	535,43	611,23	318,19	217,24	75,79	293,04	0,000923	0,20	0,27	2,87
	534,10	612,30	320,79	213,30	78,20	291,51	0,000895	0,19	0,26	2,73
	534,10	612,30	320,79	213,30	78,20	291,51	0,000895	0,19	0,26	2,73
	Rata - Rata			217,24	75,79	293,04	0,000923	0,2	0,27	2,87

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Pada Kecepatan Putaran *Fan* Kondensor 700 Rpm.

No	Jenis Refrigeran	Waktu [menit]	Temperatur [°C]				Tekanan [Psi]	
			T1	T2	T3	T4	P1	P2
1	R-134a	10	30	49	41	-19	-5	125
		20	30	48	41	-19	-5	120
		30	30	46	42	-20	-5	120
		40	29	49	43	-21	-5	128
		50	29	47	43	-22	-10	128
2	MC-134	10	31	52	44	-16	7	142
		20	30	54	45	-16	7	140
		30	29	54	46	-17	6	140
		40	30	53	46	-16	7	142
		50	29	55	47	-18	6	142

Tabel 5. Hasil Pengolahan Data Pada Kecepatan Putaran *Fan* Kondensor 700 Rpm.

Jenis Refrigeran	Entalpy [Kj/kg]			$(q_{in}) =$ Efek Refrigerasi [Kj/kg] $h_1 - h_4$	$(w) =$ Kerja Komprosor [Kj/kg] $h_2 - h_1$	$(q_{out}) =$ Kalor Kel. Kondensor [Kj/kg] $h_2 - h_3$	$(m) =$ Laju Aliran Massa Refrigeran [kg/s]	$(Q_{re}) =$ Kapasitas Refrigerasi [kw]	$(Q_{ri}) =$ Kapasitas Kondensasi [kw]	COP = $\frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$
	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$							
R-134a	381,59	426,36	248,78	128,23	41,84	170,07	0,00167	0,21	0,28	3,06
	385,27	428,01	257,65	127,62	42,73	170,35	0,00163	0,20	0,27	2,99
	385,27	428,58	259,16	126,11	43,30	169,42	0,00161	0,20	0,27	2,91
	384,66	429,43	260,67	126,11	44,77	169,42	0,00156	0,19	0,26	2,77
	384,05	429,74	260,67	123,38	45,68	169,06	0,00153	0,18	0,25	2,70
	Rata - Rata			126,11	43,30	169,42	0,00161	0,20	0,27	2,91
MC-134	534,10	606,53	305,55	228,76	72,43	301,20	0,000996	0,22	0,29	3,16
	534,10	607,51	307,86	226,24	73,41	299,65	0,000956	0,21	0,28	3,08
	532,76	608,63	310,42	222,34	75,86	298,20	0,000922	0,20	0,27	2,93
	534,10	608,49	310,42	223,67	74,38	298,06	0,000941	0,21	0,28	3,01
	531,43	609,75	313,00	281,43	78,31	296,74	0,000893	0,19	0,26	2,79
	Rata - Rata			223,67	74,38	298,2	0,000941	0,21	0,28	3,01

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Pada Kecepatan Putaran Fan Kondensor 1100 Rpm

Waktu [menit]	Temperatur [°C]				Tekanan [Psi]	
	T1	T2	T3	T4	P1	P2
10	30	47	36	-23	-5	125
20	30	49	37	-24	-5	125
30	29	50	37	-23	-5	124
40	29	47	38	-25	-5	120
50	29	46	39	-25	-10	120
10	30	50	40	-19	7	130
20	30	50	41	-19	5	130
30	30	53	42	-19	6	130
40	29	53	42	-20	6	130
50	29	52	41	-20	6	130

Tabel 7. Hasil Pengolahan Data Pada Kecepatan Putaran Fan Kondensor 1100 Rpm

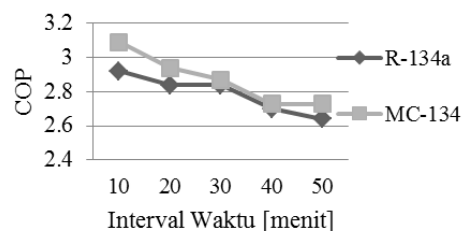
Jenis Refrigeran	Entalpy [Kj/kg]			$(q_{in}) =$ Efek Refrigerasi [Kj/kg] $h_1 - h_4$	$(w) =$ Kerja Komprosor [Kj/kg] $h_2 - h_1$	$(q_{out}) =$ Kalor Kel. Kondensor [Kj/kg] $h_2 - h_3$	$(m) =$ Laju Aliran Massa Refrigeran [kg/s]	$(Q_{rr}) =$ Kapasitas Refrigerasi [kw]	$(Q_c) =$ Kapasitas Kondensasi [kw]	COP = $\frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$
	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$							
R-134a	383,45	426,01	250,22	133,33	42,56	175,78	0,00164	0,21	0,28	3,13
	383,82	426,90	251,69	131,12	44,08	175,21	0,00158	0,20	0,27	2,97
	383,40	426,59	251,69	131,74	43,15	174,90	0,00162	0,21	0,27	3,05
	382,20	427,81	253,15	129,02	45,60	174,63	0,00153	0,19	0,26	2,83
	381,59	426,36	248,74	132,84	44,77	177,61	0,00156	0,20	0,25	2,97
	Rata – Rata			131,74	44,08	175,21	0,00158	0,20	0,27	2,97
MC-134	530,10	603,00	295,18	234,94	72,89	307,82	0,000960	0,22	0,29	3,22
	530,10	604,00	297,70	232,40	73,90	306,30	0,000947	0,22	0,28	3,14
	530,10	605,00	300,24	229,86	74,90	304,77	0,000934	0,21	0,27	3,07
	530,10	605,00	300,24	228,53	76,41	304,95	0,000916	0,20	0,28	2,99
	528,77	604,19	297,70	231,07	75,41	306,48	0,000928	0,21	0,26	3,06
	Rata – Rata			231,07	74,90	306,30	0,000934	0,21	0,28	3,07

Catatan: Nilai entalpi tiap-tiap titik baik saat menggunakan refrigeran R-134a dan MC-134 dapat diperoleh dengan cara manual memakai grafik p-h dan tabel properties atau bisa juga menggunakan program Coolpack.

**Analisa dan Pembahasan**

Pada pengujian variasi kecepatan putaran fan kondensor menggunakan refrigeran R-134a jumlah massa refrigeran yang dimasukan di dalam sistem refrigerasi pada alat uji diisi dengan isian penuh yaitu 28 gram, sedangkan untuk penggunaan refrigeran hidrokarbon musicool MC-134 di dalam sistem refrigerasi lebih sedikit dibandingkan dengan R-134a, hal ini akibat dari kerapatan (*density*) refrigeran hidrokarbon lebih kecil dibandingkan kerapatan refrigeran sistetik R-134a. Penggunaan hidrokarbon musicool MC-134

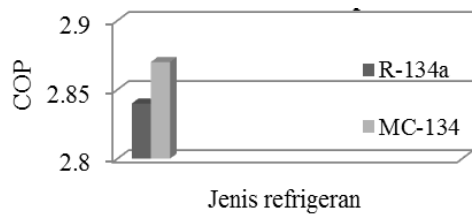
sangat hemat, yaitu sekitar 40% dari penggunaan refrigeran sistetik sebelum diretrofit untuk volume yang sama.



Gambar 4. Grafik Hubungan Interval Waktu Terhadap COP Refrigeran R-134a dan MC-134 Pada Putaran Fan Kondensor 300 rpm

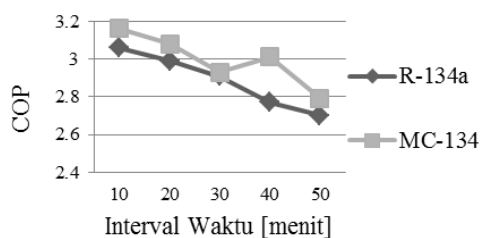
Gambar 4 di atas terlihat bahwa nilai COP akan menurun seiring dengan bertambahnya interval waktu. Nilai COP

tertinggi dari lima kali pengambilan data sampai 50 menit beroperasi pada putaran *fan* kondensor 300 rpm dengan menggunakan refrigeran R-134a yaitu 2,92 sedangkan MC-134 adalah 3,09.



**Gambar 5. Grafik Perbandingan COP Refrigeran R-134a dan MC-134 Pada Putaran *Fan* Kondensor 300 Rpm**

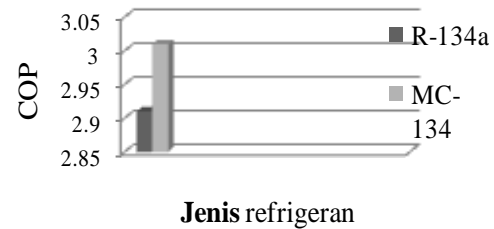
Pada gambar 5 di atas terlihat nilai *Coefficient of performance* (COP) rata-rata pada kondisi *steady state* dengan kecepatan putaran *fan* kondensor 300 rpm selama 50 menit beroperasi menggunakan refrigeran R-134a nilai COP yaitu 2,84 dan setelah proses *retrofit* dengan menggunakan refrigeran MC-134 COP nya meningkat menjadi 2,87 atau sebesar 1,05%. Besarnya nilai COP dipengaruhi oleh perbandingan dari efek refrigerasi dan kerja kompresi.



**Gambar 6. Grafik Hubungan Interval Waktu Terhadap COP Refrigeran R-134a dan MC-134 Pada Kecepatan Putaran *Fan* Kondensor 700 Rpm**

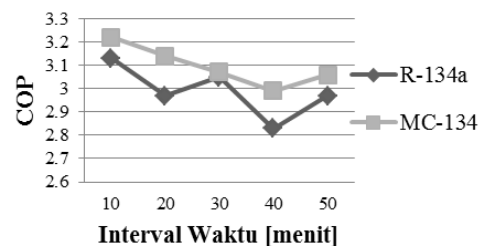
Gambar 6 terlihat bahwa kedua refrigeran memiliki tren yang sama, yaitu nilai COP akan menurun seiring dengan lamanya interval waktu. Nilai COP maksimum pada putaran *fan* kondensor 700

rpm dari lima kali pengambilan data sampai 50 menit beroperasi dengan menggunakan refrigeran R-134a sebesar 3,06 dan MC-134 sebesar 3,13.



**Gambar 7. Grafik Perbandingan COP Refrigeran R-134a dan MC-134 Pada Putaran *Fan* Kondensor 700 Rpm**

Pada gambar 7 terlihat bahwa nilai COP rata-rata dengan kecepatan putaran *fan* kondensor 700 rpm pada kondisi *steady state* sampai 50 menit beroperasi dengan menggunakan refrigeran R-134a sebesar 2,91 dan setelah proses *retrofit* dengan menggunakan refrigeran MC-134 nilai COP nya meningkat menjadi 3,06 atau sebesar 5,15 %.

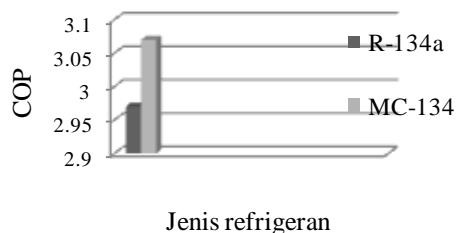


**Gambar 8. Grafik Hubungan Interval Waktu Terhadap COP R-134a dan MC-134 Pada Kecepatan Putaran *Fan* Kondensor 1100 Rpm**

Gambar 8 terlihat bahwa kedua refrigeran memiliki tren yang sama, yaitu COP akan menurun seiring dengan lamanya interval waktu. Nilai COP maksimum untuk R-134a sebesar 3,13 dan MC-134 sebesar 3,22 dari lima kali pengambilan data pada



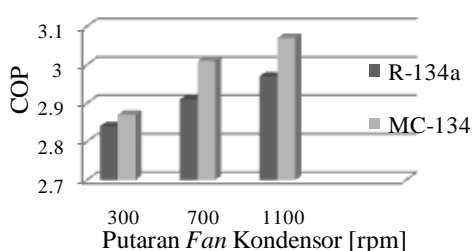
waktu sampai 50 menit operasi pada putaran *fan* kondensor 1100 rpm.



**Gambar 9. Grafik Perbandingan COP Refrigeran R-134a dan MC-134 Pada Kecepatan Putaran *Fan* Kondensor 1100 Rpm**

Pada gambar 9 terlihat nilai COP rata-rata pada kondisi *steady state* sampai waktu 50 menit operasi pada putaran *fan* kondensor 1100 rpm dengan menggunakan refrigeran R-134a yaitu 2,97 dan setelah proses *retrofit* dengan menggunakan refrigeran MC-134 nilai COP nya meningkat menjadi 3,07 atau sebesar 3,36%. Besarnya nilai COP dipengaruhi oleh perbandingan dari efek refrigerasi dan kerja kompresi.

**Perbandingan variasi kecepatan putaran *fan* kondensor terhadap nilai COP pada refrigeran R-134a dan MC-134**



**Gambar 10. Perbandingan Variasi Kecepatan Putaran *Fan* Kondensor Terhadap Nilai COP Pada Refrigeran R-134a dan MC-134**

Pada gambar 10 terlihat bahwa variasi kecepatan putaran *fan* kondensor berpengaruh terhadap nilai COP dari kedua refrigeran, pada refrigeran R-134a terjadi peningkatan tiap-tiap variasinya yaitu sebesar

2,06% sampai 2,46% sedangkan untuk refrigeran MC-134 sebesar 2% sampai 4,87%.

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa putaran *fan* kondensor sangat berpengaruh terhadap performansi sistem refrigerasi dengan menggunakan refrigeran hidrokarbon. Dari variasi kecepatan putaran *fan* kondensor, terlihat perbedaan nilai *Coefficient of performance* (COP) dari kedua refrigeran tersebut, dengan refrigeran R-134a pada kecepatan putaran *fan* kondensor 300 rpm yaitu sebesar 2,84 sedangkan pada kecepatan putaran *fan* kondensor 700 rpm, nilai COP nya 2,91 dan pada kecepatan putaran *fan* kondensor 1100 rpm yaitu sebesar 2,97 dimana terjadi peningkatan di tiap-tiap variasinya yaitu sebesar 2,06% sampai 2,46%. Kemudian untuk refrigeran hidrokarbon MC-134 pada kecepatan putaran *fan* kondensor 300 rpm, nilai COP nya sebesar 2,87 sedangkan pada kecepatan putaran *fan* kondensor 700 rpm yaitu 3,01 dan pada kecepatan putaran *fan* kondensor 1100 rpm yaitu sebesar 3,07 dimana tiap-tiap variasinya terjadi peningkatan nilai COP yaitu sebesar 2% sampai 4,87%.

**DAFTAR PUSTAKA**

Arismunandar, W, 2005, **Penyegaran Udara**, Pradnya Paramita, Jakarta.  
 Herlianika H, 2005, **Eksperimen Dengan Alat Peraga Refrigerasi Dasar**, PT Ardhika Widya Utama, Bandung.

- Holman, JP, Alih bahasa Jasjfy, E. Ir. Msc, 1988, **Perpindahan Kalor**, Erlangga, Jakarta.
- Hundy, GF & Trott, AR Weich, 2008, *Refrigeration & Air Conditioning*, PT. Ardhika Widya Utama, Bandung.
- Pasek, AD, 2007, **Retrofit Sistem Refrigrasi Dan Pengkondisian Udara Ramah Lingkungan**, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Stocker, WF, 1996, **Refrigerasi dan Pengkondisian Udara**, Erlangga, Jakarta.