

STUDI KOMPARASI KINERJA REFRIGERANTR134a DENGAN R600a

Indra Kusuma

SI Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: jnkrefrigeration@gmail.com

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: indra_adsite2006@yahoo.com

Abstrak

Sejak diciptakannya mobil dengan ruang penumpang tertutup, muncul pemikiran bagaimana caranya agar ruangan di dalam mobil tersebut tidak terasa panas dan pengap. Setelah berbagai cara dilakukan, muncullah ide yang paling efektif untuk mengurangi rasa panas, gerah, dan pengap di dalam mobil yakni dengan memasang AC (Air Conditioner). Air Conditioner atau yang lebih dikenal dengan AC adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengatur suhu udara. Secara umum, cara kerja AC sama dengan cara kerja alat pendingin lain yaitu memanfaatkan proses perpindahan panas dan terjadi proses pendinginan. Untuk keperluan pemindahan energi panas tersebut, dibutuhkan suatu fluida penukar kalor yang selanjutnya disebut refrigerant. Refrigerant yang digunakan pada AC mobil saat ini adalah R134a. Namun berdasarkan penelitian, refrigerant R134a memiliki potensi sebagai zat yang dapat menyebabkan efek pemanasan global. Oleh karena itu dalam penelitian ini kami bermaksud melakukan penelitian studi komparasi refrigerant R134a dengan refrigerant R600a. Ini dikarenakan refrigerant R600a sifat termodinamikanya lebih baik dibandingkan dengan Refrigeran 134a.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui COP, tingkat konsumsi energi, dan besar nilai ekonomisasi pada refrigerant R134a dan R600a.

Hasil dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui: (1) COP dari masing-masing refrigerant, (2) pengaruh penggantian refrigerant R134a dengan refrigerant R600a pada tingkat konsumsi energi yang digunakan untuk menjalankan sistem, (3) nilai ekonomisasi pada penggunaan kedua jenis refrigerant tersebut, (4) pengaruh kecepatan blower evaporator pada sistem kerja AC mobil.

Kata kunci: air conditioner, refrigerant, COP

Abstract

Since the creation of a car with the closed passenger space, emerging thinking how can makes room in the car does not feel hot and stuffy. Having done a variety ways, comes the idea that the most effective way to relieve the heat, hot, and stuffy in the car by installing AC (Air Conditioner). Air Conditioner or better known as the AC is a tool that serves to regulate the temperature of the air. In general, the way of working of AC and the other cooling device are same that is utilizes the heat transfer process and cooling process. The purpose of thermal energy transfer, it need a fluid heat exchanger hereinafter referred a refrigerant. Refrigerant that used in a car AC today is R134a. However based on research, R134a refrigerant has potential as substance that cause global warming effects. Therefore in this research we intend doing research with a title performance comparison study R134a with R600a refrigerant. It caused the thermodynamics characteristic of R600a refrigerant better than a R134a refrigerant.

This research is an experimental research. The aims of this research are to find out COP, energy consumption levels, and the value of economizing on R134a and R600a refrigerant.

The result of this research are to explain: (1) COP of each refrigerants, (2) the effect of replacement R134a with R600a refrigerant at the energy consumption level that used to run the system, (3) the value of economizing on using of both types of refrigerant, (4) the effect of the evaporator blower speed on the car AC work system.

Keyword: air conditioner, refrigerant, COP

PENDAHULUAN

Sejak diciptakannya mobil dengan ruang penumpang tertutup, muncul pemikiran bagaimana caranya agar ruangan di dalam mobil tersebut tidak terasa panas dan pengap. Beberapa usaha dilakukan, antara lain dengan memberi ventilasi udara di dalam mobil. Namun cara ini masih belum efektif, maka dicoba alternatif lain dengan memasang kipas angin di dalam mobil. Namun seiring berjalannya waktu penggunaan kipas angin pun ternyata belum efektif. Selanjutnya muncul cara lain yang paling efektif yakni dengan memasang AC (*Air Conditioner*).

Air Conditioner atau yang lebih dikenal dengan AC adalah “suatu alat yang berfungsi untuk mengatur suhu udara” (Triyono, 2005). Secara umum, cara kerja AC sama dengan cara kerja alat pendingin lain yaitu memanfaatkan proses perpindahan panas dan terjadi proses pendinginan. Proses pendinginan atau refrigerasi merupakan proses pemindahan energi panas yang terkandung di dalam ruangan tersebut (Widodo dan Hasan, 2008: 99). Menurut hukum kekekalan energi, kita tidak dapat menghilangkan energi tetapi hanya dapat memindahkannya dari bentuk energi yang satu ke bentuk energi lainnya. Panas yang ada di dalam kabin mobil akan dipindahkan ke luar melalui proses penyerapan panas oleh evaporator dan pengeluaran panas oleh kondensor. Untuk keperluan pemindahan energi panas tersebut, dibutuhkan suatu *fluida* penukar kalor yang selanjutnya disebut *refrigerant*.

Refrigerant adalah zat yang digunakan untuk mentransfer panas dalam sistem pendingin. *Refrigerant* mempunyai pengaruh yang besar dalam kerja sistem *Air Conditioner*. Pemilihan *refrigerant* yang tepat menjadi faktor yang penting dalam sistem refrigerasi maupun pendinginan. *Refrigerant* menyerap panas dengan evaporasi pada temperatur dan tekanan rendah, melepas panas dengan kondensasi pada temperatur dan tekanan yang lebih tinggi. *Refrigerant* yang digunakan harus memenuhi syarat diantaranya titik penguapan rendah, panas laten tinggi, mudah mengembun pada suhu ruang, mudah bercampur dengan oli pelumas, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan tidak korosif. Hal ini supaya diperoleh performa mesin refrigerasi yang efisien.

Refrigerant yang digunakan pada AC mobil saat ini adalah R134a (*refrigerant* sintetik). Namun berdasarkan penelitian, *refrigerant* R134a memiliki potensi sebagai zat yang dapat menyebabkan efek pemanasan global. Alternatif *refrigerant* yang dapat menggantikan R134a adalah R600a. *Refrigerant* R600a memiliki karakteristik rasio tekanan yang lebih kecil daripada rasio tekanan *refrigerant* sintetik.

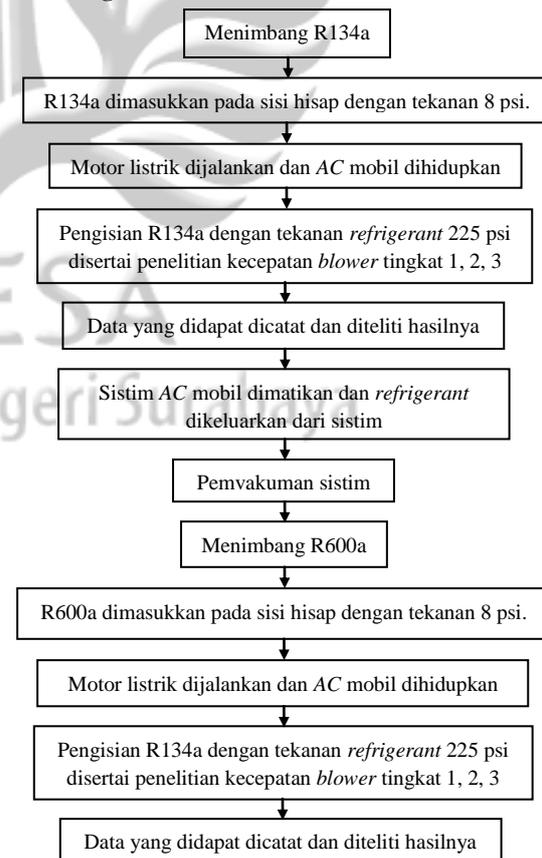
Sehingga kerja kompresor lebih kecil dan menghemat konsumsi energi. Selain itu R600a memiliki kerapatan (*density*) hidrokarbon yang lebih kecil daripada *refrigerant* sintetik sehingga jumlah pemakaian hidrokarbon lebih sedikit yaitu 30% dari berat penggunaan *refrigerant* sintetik untuk volume yang sama. Selanjutnya viskositas R600a lebih kecil daripada *refrigerant* sintetik. Hal ini dapat meringankan beban kompresor dan mengawetkan sistem refrigerasi.

Dari latar belakang tersebut, untuk melakukan penelitian tentang studi komparasi kinerja *refrigerant* R134a dengan R600a, tujuan penelitian ini adalah mendapatkan *COP* dari R134a dan R600a, pengaruh penggantian *refrigerant* R134a dengan R600a pada tingkat konsumsi energi untuk menjalankan sistem, nilai ekonomisasi pada penggunaan kedua jenis *refrigerant* tersebut, dan pengaruh kecepatan *blower* evaporator pada sistem kerja AC mobil.

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengurangi konsumsi bahan bakar, untuk mendapatkan *COP* yang bisa menggantikan R134a, dan mengurangi dampak *ODP*.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan di laboratorium kelistrikan Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Penelitian dilakukan setelah pelaksanaan seminar proposal skripsi.

Obyek Penelitian

Obyek dalam penelitian ini adalah perbandingan tekanan *refrigerant* pada kerja AC mobil serta *COP* nya.

Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan eksperimen melalui pengujian terhadap obyek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Data yang diperlukan adalah pemakaian jumlah *refrigerant* R600a dalam sistim AC mobil agar dapat bekerja secara maksimal dan bekerja normal seperti pada saat memakai R134a.

Instrumen Penelitian

Instrumen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- **Temperatur Meter**
Temperatur meter dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui temperatur kerja sistim AC mobil.
- **Pressure Gauge**
Pressure gauge digunakan untuk mengukur tekanan kerja *refrigerant* pada saat sistim beroperasi.
- **RPM Meter**
RPM meter digunakan untuk mengetahui putaran kompresor.
- **Vacum Pump**
Vacum pump digunakan untuk mengeluarkan udara yang ada dalam sistim AC mobil.
- **Ampere Meter**
Ampere meter digunakan untuk mengetahui pemakaian konsumsi listrik pada saat sistim bekerja.
- **Timbangan**
Timbangan digunakan untuk mengukur jumlah *refrigerant* yang masuk ke dalam sistim.
- **Sabun Cuci dan Kuas**
Sabun cuci dan kuas digunakan untuk mencari kebocoran pada sistim.
- **Satu Unit Trainer AC Mobil**
Trainer AC mobil terdiri dari:

- Kompresor
Spesifikasinya adalah sebagai berikut:
Merk : SANDEN
Model/Type: SD-507
Refrigerant : R12
Lubricant : Oil Suniso 5 GS
- Kondensor
- Katup Ekspansi
- Evaporator
- Motor Listrik
Spesifikasinya adalah sebagai berikut:
Merk : 3 Phase Induction Motor (Made in China)
Daya : 1,5 kW
Putaran : 1450 rpm
Frekuensi : 50 Hz
Fasa : 3 fasa
Voltage : 380 volt
- Blower
- Ekstra Fan
- *Refrigerant* R134a
- *Refrigerant* R600a

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Tujuan penggunaan metode deskriptif yaitu mendeskripsikan hasil-hasil yang diperoleh setelah dilakukan penelitian. Data yang diperoleh dari kedua jenis *refrigerant* dianalisis dan dibandingkan. *Refrigerant* R600a dikatakan efektif jika:

- Konsumsi energi listrik yang dipakai dalam proses menjadi lebih kecil dibandingkan R134a.
- Tekanan kerja lebih kecil dibandingkan R134a sehingga kerja kompresor menjadi lebih ringan.
- Suhu udara kabin temperturnya sama dengan suhu udara ketika menggunakan R134a.
- *COP* yang dihasilkan oleh *refrigerant* lebih tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

COP dari masing-masing refrigerant

Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil data yang akan menunjukkan nilai dari *COP* sehingga didapat kesimpulan efektivitas kerja AC mobil.

Berikut ini adalah data-data yang diperoleh selama proses penelitian:

Data hasil penelitian pada R134a

Tabel 1. Perbandingan Pressure dan Temperature pada R134a

Kecepatan fan evaporator per 10 menit	Titik 1 Out Comp.		Titik 2 Out Cond.		Titik 3 In Comp.		Titik 4 In Evap.		refrigerant R134a	Temp. (udara)
	P psi	T °C	P psi	T °C	P psi	T °C	P psi	T °C	Jumlah refrigerant (gr)	Cabin (°C)
Speed 1	200	79.2	190	44.2	24	20.2	25	-2	600	13.6
Speed 2	210	79.4	205	44.2	23	20.9	25	-2.5	600	11.8
Speed 3	225	81.1	215	45.3	26	23.0	27	-1.5	600	12.7

Dari data yang diperoleh pada penelitian temperatur dan *pressure* dapat dilihat nilai entropi dengan penunjukan diagram p-h R134a, kemudian dapat dihitung nilai *COP* pada penelitian pertama, kedua, dan ketiga. Setiap penelitian mempunyai langkah yang serupa dengan alokasi waktu masing-masing 10 menit. Penelitian pertama menggunakan kecepatan *fan blower* evaporator ke 1, penelitian kedua dengan *fan blower* evaporator ke 2, dan penelitian ketiga dengan *fan blower* evaporator ke 3.

Rumus untuk menentukan *COP*

$$\text{Dampak Refrigerasi: } h_1 - h_4 \quad (1)$$

$$\text{Laju aliran masa refrigerant: } m = \frac{Q_{\text{evap}}}{h_1 - h_4} \quad (2)$$

$$\text{Kerja Kompresor: } W_{\text{comp}} = m(h_2 - h_1) \quad (3)$$

$$\text{COP: } COP = \frac{\text{lajupendinginan}}{\text{kerjakompresor}} \quad (4)$$

Hasil perhitungan nilai *COP* pada setiap *speed*.

Speed 1: *COP* = 2,8

Speed 2: *COP* = 2,5

Speed 3: *COP* = 2,9

Setelah selesai dilakukan penelitian menggunakan R134a, selanjutnya R134a dikeluarkan dari sistim kemudian dengan perlakuan yang sama sistim diisi lagi dengan menggunakan R600a.

Data hasil penelitian pada R600a

Tabel 2. Perbandingan Pressure dan Temperature pada R600a

Kecepatan fan evaporator per 10 menit	Titik 1 Out Comp.		Titik 2 Out Cond.		Titik 3 In Comp.		Titik 4 In Evap.		Refrigerant R600a	Temp. (udara)
	P psi	T °C	P psi	T °C	P psi	T °C	P psi	T °C	Jumlah refrigerant (gr)	Cabin (°C)
Speed 1	150	81.2	142	48.6	21	15.8	22	-2.5	280	11.6
Speed 2	157	82.9	148	49.9	22	15.9	22	-2.9	280	10.2
Speed 3	163	84.1	150	52.0	24	16.8	25	-1.8	280	10.9

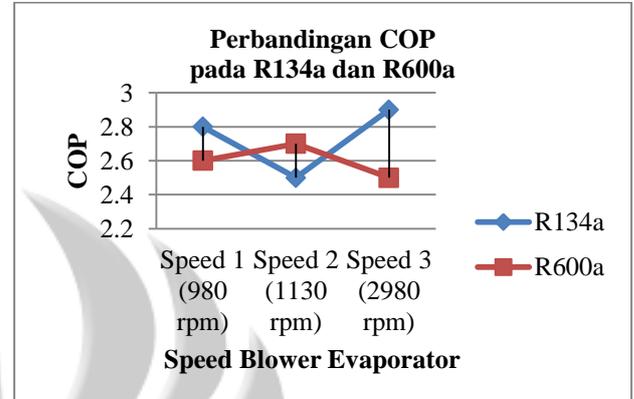
Dengan langkah yang serupa pada penelitian R134a, diperoleh nilai *COP* penelitian R600a sebagai berikut:

Speed 1: *COP* = 2,6

Speed 2: *COP* = 2,7

Speed 3: *COP* = 2,5

Data hasil penelitian *COP* disajikan dalam grafik berikut.



Gambar 2. Grafik Perbandingan *COP* pada R134a dan R600a

Setelah diperoleh hasil perhitungan *COP* dari masing-masing *refrigerant*, hasil perolehan *COP* R134a di *speed* 1 adalah 2,8, *speed* 2 didapat *COP* 2,5 dan *speed* yang ke 3 *COP* nya 2,9. Sehingga hasil rata-rata *COP* pada 3 tingkat *speed blower* evaporator adalah 2,7.

Perolehan hasil *COP* pada R600a pada *speed* 1 adalah 2,6, *speed* 2 didapat *COP* 2,7 dan *speed* yang ke 3 *COP* nya 2,5. Sehingga hasil rata-rata *COP* pada 3 tingkat *speed blower* evaporator adalah 2,6

Dapat disimpulkan *COP* R134a sedikit lebih tinggi 0,1 daripada R600a. Sehingga R600a dapat menggantikan kerja dari R134a.

Pengaruh Penggantian R134a dengan R600a pada tingkat konsumsi energi

Pada pemakaian kedua *refrigerant* diperoleh hasil pengukuran dari ampere meter yang diukur pada elektromotor sehingga diperoleh hasil dalam bentuk ampere (A) yang akan dikalikan dengan volt (V) dikalikan $\sqrt{3}$ ($\sqrt{3} = 1,73$) kemudian dikalikan $\cos \phi$ dan menghasilkan nilai watt (W). Perhitungan untuk memperoleh nilai watt:

$$W = A \times V \times \sqrt{3} \times \cos \phi \quad (5)$$

Berikut ini adalah data-data yang diperoleh selama proses penelitian:

Tabel 3. Ampere Kerja Elektromotor pada R134a

Speed	R	S	T	Rata-rata
1	3,24	3,15	3,11	3,167
2	3,28	3,17	3,19	3,213
3	3,29	3,20	3,15	3,213

Pemakaian daya elektromotor R134a pada:

Speed 1: 1769,7 watt

Speed 2: 1795,4 watt

Speed 3: 1795,4 watt

Setelah selesai dilakukan penelitian yang pertama menggunakan R134a, selanjutnya disajikan kerja elektromotor saat menggunakan R600a.

Tabel 4. Ampere Kerja Elektromotor pada R600a

Speed	R	S	T	Rata-rata
1	2,95	2,93	2,92	2,93
2	2,97	2,94	2,96	2,96
3	3,07	3,06	3,09	3,07

Pemakaian daya elektromotor R600a pada:

Speed 1: 1637,3 watt

Speed 2: 1654 watt

Speed 3: 1715,5 watt

Setelah diperoleh hasil perhitungan nilai daya pada elektromotor dari masing-masing *refrigerant*, hasil perolehan untuk R134a di *speed* 1 adalah 1769,7 watt, *speed* 2 didapat 1795,4 watt, dan *speed* 3 adalah 1795,4 watt. Sehingga hasil rata-rata nilai daya elektromotor pada 3 tingkat *speed* adalah 1786,8 watt.

Perolehan hasil perhitungan nilai daya elektromotor pada R600a pada *speed* 1 adalah 1637,3 watt, *speed* 2 didapat 1654 dan *speed* 3 adalah 1715,5. Sehingga hasil rata-rata nilai daya elektromotor pada 3 tingkat *speed* adalah 1668,9 watt.

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa selisih daya R134a dengan R600a adalah 117,9 watt. Sehingga pemakaian daya untuk R 600a lebih kecil daripada R134a.

Nilai ekonomisasi pada penggunaan kedua jenis refrigerant

Berikut ini adalah tabel perbandingan penggunaan jumlah *refrigerant* R134a dan R600a pada sistim AC mobil.

Tabel 5. Daftar Harga dan Jumlah Pemakaian Refrigerant

Jenis Refrigerant	Harga per kg	Pemakaian dalam Sistim (gram)
R134a	Rp 98.000,00	600
R600a	Rp 40.000,00	280

$$\text{Nilai Ekonomisasi} = \frac{\text{Jumlah pemakaian} \times \text{Harga per gram}}{\text{Rp}} \quad (6)$$

Nilai ekonomisasi untuk R134a adalah Rp 58.800,00.

Nilai ekonomisasi untuk R600a adalah Rp 11.200,00.

Dari data yang diperoleh diketahui bahwa jumlah pemakaian R134a lebih banyak daripada R600a, dengan selisih pemakaian 320 gram. Di samping itu harga R134a lebih mahal daripada R600a. Sehingga dapat disimpulkan bahwa R600a lebih irit dalam pemakaian dan lebih murah harganya.

Pengaruh kecepatan blower evaporator pada sistim kerja AC mobil

Setiap proses kenaikan *speed* akan memberikan dampak pada kenaikan temperatur yang menghasilkan nilai pendinginan pada *cabin* mobil.

Rumus untuk menentukan rata-rata temperature per menit:

$$\frac{T_{\text{awal}} - T_{\text{akhir}}}{10} \quad (7)$$

a. Kenaikan Temperatur R134a dan R600a pada Speed 1

R134a

Suhu *Cabin* (Awal): 30°C

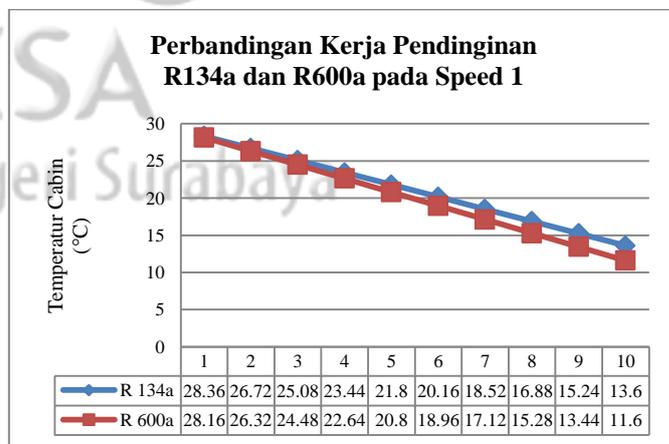
Rata-rata temperatur per menit = 1,64

R600a

Suhu *Cabin* (Awal): 30°C

Rata-rata temperatur per menit = 1,84

Dari hasil perhitungan di atas dapat disajikan dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kerja Pendinginan R134a dan R600a per Menit pada Speed 1

b. Kenaikan Temperatur R134a dan R600a pada Speed 2

R134a

Suhu *Cabin* (Awal): 30°C

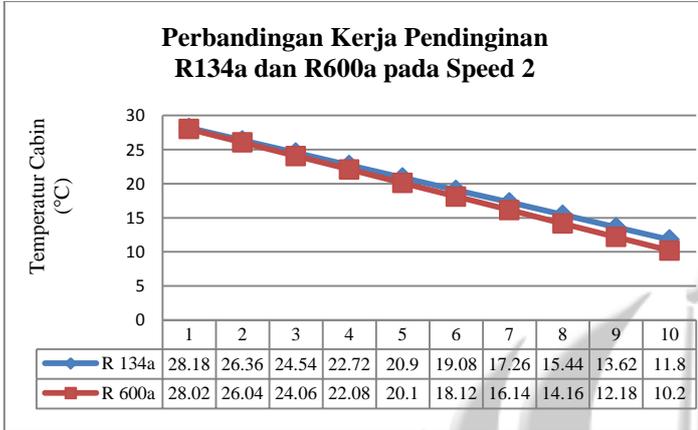
Rata-rata temperatur per menit = 1,82

R600a

Suhu *Cabin* (Awal): 30°C

Rata-rata temperatur per menit = 1,98

Dari hasil perhitungan di atas dapat disajikan dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Kerja Pendinginan R134a dan R600a per Menit pada Speed 2

c. Kenaikan Temperatur R134a dan R600a pada Speed 3

R134a

Suhu *Cabin* (Awal): 30°C

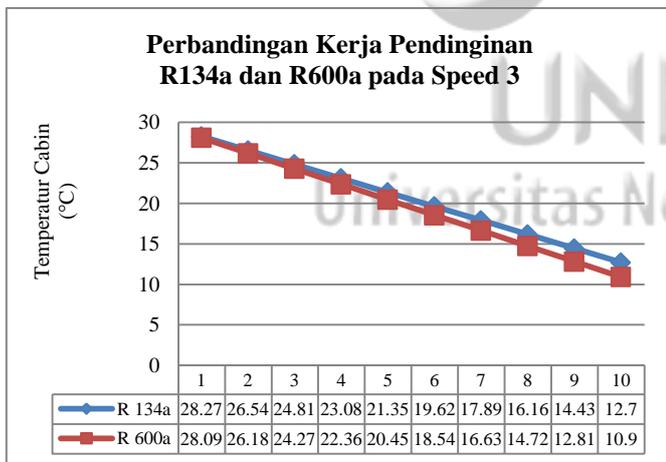
Rata-rata temperatur per menit = 1,73

R600a

Suhu *Cabin* (Awal): 30°C

Rata-rata temperatur per menit = 1,91

Dari hasil perhitungan di atas dapat disajikan dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Kerja Pendinginan R134a dan R600a per Menit pada Speed 3

Dari hasil perhitungan dan diagram di atas, dapat disimpulkan pada tiap *speed* membawa dampak penurunan temperatur, yakni R134a pada *speed* 1 rata-rata 1,64°C, *speed* 2 rata-rata 1,82°C, dan *speed* 3 rata-rata 1,73°C.

Sedangkan untuk R600a pada *speed* membawa dampak penurunan temperatur, yakni R600a pada *speed* 1 rata-rata 1,84°C, *speed* 2 rata-rata 1,98°C, dan *speed* 3 rata-rata 1,91°C.

Jadi dapat diambil kesimpulan semakin cepat putaran *fan blower* evaporator, maka semakin cepat proses pendinginan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan hasil penelitian disimpulkan bahwa:

- Nilai *COP* R134a sedikit lebih tinggi 0,1 dari R600a, sehingga R600a dapat menggantikan kerja dari R134a.
- Selisih daya R134a dengan R600a adalah 138,6 watt, sehingga pemakaian daya untuk R600a lebih kecil daripada R134a.
- Jumlah pemakaian R134a lebih banyak daripada R600a, dengan selisih pemakaian 320 gram. Di samping itu harga R134a lebih mahal daripada R600a. Sehingga dapat disimpulkan bahwa R600a lebih irit dalam pemakaian dan lebih murah harganya.
- Semakin cepat putaran *fan blower* evaporator, maka semakin cepat proses pendinginan pada *cabin*.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, peneliti memberikan saran sebagai berikut:

- Dalam pemakaian *refrigerant* R600a perlu diperhatikan dari sisi keamanan, karena *refrigerant* jenis ini bersifat *flammable* (mudah terbakar). Jadi harus berhati-hati dalam pengecekan kebocoran.
- *Refrigerant* R600a dapat dijadikan sebagai alternatif karena sifatnya yang hampir sama dengan *refrigerant* sintesis (R134a).
- Karena sifat R600a yang ringan sehingga pengisian cukup 30-40% dari total pengisian R134a.
- Nilai ekonomisasi yang dimiliki oleh R600a membuat *refrigerant* ini menjadi salah satu alternatif pengganti *refrigerant* sintesis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto ; Heizo Saito. 1981. *Penyegaran Udara*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Dipl, E. Karyanto. 2009. *Penuntun Praktikum Perawatan Air Conditioner (Tata Udara)*. Jakarta: Restu Agung
- Domkundwar, S. 1981. *A Course in Refrigeration and Air Conditioning*. New Delhi: D. R. Printing Service.
- Elonka, Steve ; Quaid W. Minich. 1982. *Standard Refrigeration and Air Conditioning*. New Delhi: McGraw-Hill.
- Jordan, Ricard C. ; Gayle B. Priester. 1981. *Refrigeration and Air Conditioning*. New Delhi: Prentice-Hall of India.
- K, Handoko. 2004. *Alat Kontrol Mesin Pendingin*. Jakarta: PT. Ictiar Baru.
- Siregar, Indra Herlamba. 2007. *Mesin Konversi Energi*. Surabaya: Unesa University Press
- Stoecker, Wilbert F. ; Jerold W. Jones. 1992. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Jakarta: Erlangga.
- Tricomi, Ernest. 1976. *ABC's of Air Conditioning*. India: D. B. Taraporevala Sons and CO.
- Triyono, Wahyu. 2005. *Pemeliharaan/Servis Sistem AC (Air Conditioner)*. Bogor: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Widodo, Sapto ; Syamsuri Hasan. 2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid I*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Widodo, Sapto ; Syamsuri Hasan. 2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid II*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan, Nasional.

