



Pengaruh Tekanan Refrigeran R-134a Terhadap Nilai Coefficient of Performance (COP)

Ahmad Imam Rifa'i^{a, *}, Novarini^a

^a Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Jambi, Jln Lingkar Barat 2 Kota Jambi, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 00 Desember 00
Diterima setelah direvisi 00 Januari 00
Disetujui 00 Februari 00

Kata kunci:

COP
Refrigeran
R-134a

Abstract- Refrigeran is a major component in an Air Conditioner (AC) system. AC is a cooling system used as a room temperature conditioning tool, so it is comfortable to use in indoor activities. The refrigeran pressure in the cooling system can reduce the air conditioner's ability to condition the room temperature. The purpose of this study was to determine the coefficient of performance (COP) value of refrigeran R-134a with variations in refrigeran pressure of 100, 125, and 150 psi. The parameters studied were the compressor's energy consumption, the cooling capacity, and the COP value. Energy consumption is calculated based on the compressor power multiplied by the length of time the compressor is operated. The results show that the COP value decreases with an increased operating time of the cooling system; this indicates that energy consumption increases with increasing refrigeran pressure.

Intisari- Refrigeran merupakan komponen utama dalam sistem Air Conditioner (AC). AC merupakan sistem pendingin yang digunakan sebagai alat pengkondisian temperatur ruangan sehingga nyaman untuk digunakan dalam kegiatan dalam ruangan. Tekanan refrigeran didalam sistem pendingin dapat mengakibatkan kemampuan AC berkurang dalam mengkondisikan temperatur ruangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai *coefficient of performance* (COP) dari refrigeran R-134a dengan variasi tekanan refrigeran 100, 125 dan 150 psi. Parameter yang diteliti adalah konsumsi energi oleh kompresor, kapasitas pendingin dan nilai COP. Konsumsi energi dihitung berdasarkan daya kompresor dikalikan dengan lama atau waktu kompresor dioperasikan. Hasil penelitian menunjukan bahwa nilai COP menurun seiring dengan peningkatan waktu pengoperasian sistem pendingin, hal tersebut menunjukkan bahwa konsumsi energi meningkat siring peningkatan tekanan refrigeran.

1. Pendahuluan

Dalam kegiatan atau aktivitas di dalam ruangan memerlukan pengkondisian udara sehingga keadaan di dalam ruangan memiliki temperatur dan kelembapan ruangan lebih nyaman. Untuk mendinginkan suatu ruangan memerlukan suatu mesin pendingin yaitu berupa Air Conditioner (AC). Berdasarkan jenis pendingin ada 2 jenis pendingin, yaitu mesin pendingin dengan sistem refrigerasi mekanik dan non mekanik. Sistem refrigerasi mekanik merupakan sistem refrigerasi yang menggunakan mesin penggerak atau alat mekanik lainnya dalam menjalankan siklusnya, sedangkan sistem refrigerasi non mekanik adalah sistem refrigerasi yang tidak memerlukan mesin penggerak kompresor dalam menjalankan siklusnya.

Mesin pendingin jenis AC merupakan suatu proses pengkondisian udara di mana udara itu didinginkan, dikeringkan, dibersihkan dan disirkulasikan yang selanjutnya jumlah dan kualitas dari udara yang dikondisikan tersebut dikontrol penggunaan sistem AC. Selain digunakan dalam pengkondisian udara ruangan, AC juga digunakan didalam mobil juga bertujuan agar terciptanya temperatur yang nyaman bagi pengendara dan penumpang, untuk mengontrol kelembapan udara, untuk mengontrol dan mensirkulasikan udara. Untuk dapat berkerja secara optimal sistem pendingin memiliki beberapa komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator [1]. Komponen-komponen tersebut memiliki fungsinya masing-masing, sehingga proses pengkondisian udara di dalam kabin berlangsung dengan baik. Proses

* Corresponding Author:

E-mail: imam@politeknijkambi.ac.id

pengkondisian udara di dalam sistem AC mobil juga sangat berpengaruh oleh kinerja kompresor, kondensor, katup ekspansi, evaporator [2].

Untuk dapat mengetahui komponen utama, cara pengisian cairan refrigeran serta siklus kerja AC, Politeknik Jambi membuat rancang bangun dari sistem AC yang berada di bengkel Perawatan Politeknik Jambi. Dalam menunjang aktivitas praktikum untuk mata kuliah refrigerasi dan pengukuran udara, modul laboratorium refrigerasi dan pengukuran udara ini merupakan modul praktek yang bertujuan meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam melakukan praktek refrigerasi dan pengukuran udara karena modul ini akan lebih mendorong kemampuan dalam memahami prinsip kerja komponen mesin pendingin, memahami siklus dan sistem kerja mesin pendingin, serta dapat menganalisa *troubleshooting* dalam sistem kerja mesin pendingin.

Dalam melaksanakan praktek ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami setiap langkah kerja serta dapat menganalisis terhadap data yang diperoleh maupun dapat membuat perhitungan dari rumus yang diberikan di teori dan langsung mengaplikasikannya sewaktu praktek. Melihat pentingnya fungsi dari modul refrigerasi, maka masalah yang paling umum dijumpai setelah pemakaian beberapa tahun yaitu adanya penurunan laju perpindahan kalor pada kondensor yang terkait dengan pengaruh perubahan laju aliran massa air pendingin yang berkaitan erat dengan perubahan temperatur kondensasi sehingga akan mempengaruhi koefisien prestasi mesin.[3].

Pengisian massa refrigeran yang melebihi batas optimal juga dapat mengakibatkan kenaikan temperatur pada kondensor sehingga menyebabkan kerja kompresi semakin meningkat [1]. Santosa et al (2017) melaporkan bahwa peningkatan beban pendingin dapat menyebabkan peningkatan temperatur serta tekanan evaporasi. Peningkatan nilai beban pendingin 2 LPM dan 1 LPM menghasilkan nilai COP masing-masing sebesar 4.96 dan 1.98 [4]. Metode peningkatan nilai COP dilakukan oleh Candela (2014) dengan menggunakan injektor yang terpasang pada kondensor dengan tujuan untuk mendinginkan refrigeran pada kondensor dengan fluida yang digunakan adalah air [5].

Cappenberg (2020) menggunakan cairan refrigeran jenis R-134a juga digunakan dalam aplikasi mesin pendingin jenis chiller [6]. Nilai COP sistem pendingin mobil yang menggunakan refrigeran R-134a lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan refrigeran MC-134. Saputro et al melakukan penelitian tentang pengaruh bukaan fan kondensor terhadap nilai COP dengan menggunakan refrigeran HFC R-134a. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembukaan katup fan kondensor ¼ memiliki nilai COP sebesar 3.82 lebih besar dibandingkan dengan bukaan fan kondensor 4/4 dengan nilai COP 3.59 [7]. Prakosa et al (2020) melakukan penelitian pengaruh massa refrigeran terhadap unjuk kerja dari AC mobil. Cairan yang digunakan adalah tipe R-134a dengan variasi massa 400 – 600 gram dengan rentang variasi 50 gram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan massa refrigeran menyebabkan nilai COP semakin menurun. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak massa refrigeran didalam mesin pendingin menyebabkan daya kompresor semakin besar sehingga nilai COP semakin menurun

Pengaruh tekanan refrigeran terhadap nilai COP belum pernah dilaporkan dalam penelitian referensi sebelumnya. Selanjutnya, novelty dari penelitian ini adalah berupa pengujian secara termodinamika dan heat transfer untuk mendapatkan kinerja yang optimum yang dihitung dari nilai COP. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan tekanan refrigeran dengan variasi tekanan 100 psi, 125 psi dan 150 psi.

2. Metodologi Penelitian

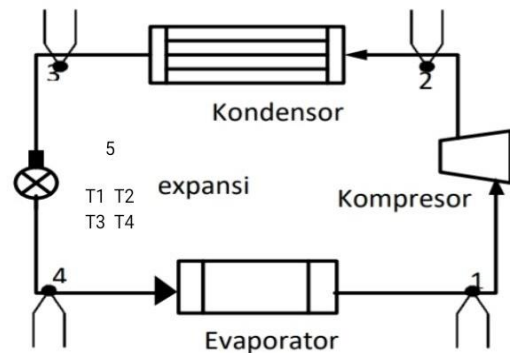
Skematik alat pengujian sistem refrigerasi pada Gambar 1 terdiri dari komponen utama yang terdiri atas kompresor, kondensor, katup ekspansi serta evaporator. Aliran refrigeran dihubungkan dengan menggunakan house AC yang telah disesuaikan dengan ukuran setup eksperimen. Sistem pengukuran tekanan dilakukan dengan menggunakan *manifold double multi starmec*. Tekanan cairan refrigeran divariasikan dengan tekanan 100, 125 dan 150 psi dengan menggunakan refrigeran jenis R-134a.



Gambar 1. Foto Setup Eksperimental

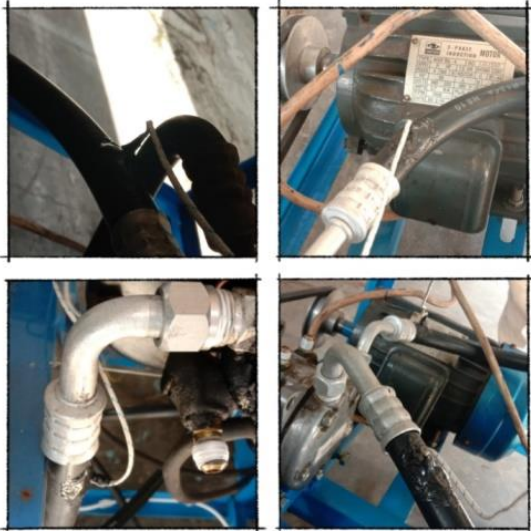
Keterangan :

1. Rangka
2. Evaporator
3. Adaptor
4. Motor listrik
5. V-belt
6. Kompresor
7. Refrigeran
8. Kabin
9. Blower
10. Katup ekspansi
11. Termocouple tipe k
12. Filter
13. Kondensor
14. House



Gambar 2. Lokasi Termocouple

Dalam perhitungan nilai *coefficient of performance* dari sistem pendingin, diperlukan pembacaan temperatur refrigeran pada 4 titik diantaranya temperatur masuk kompresor, temperatur keluar dari kompresor serta temperatur masuk evaporator. Pemasangan *thermocouple* menggunakan lem steal sehingga lebih kuat dan tidak menyebabkan kebocoran akibat tekanan refrigeran yang tinggi. Lokasi dan photograph dari pemasangan *thermocouple* tipe K pada alat sistem pendingin masing-masing dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 3. Foto Lokasi *Thermocouple*

Thermocouple tipe K terpasang pada empat titik bagian selang masuk ke kondensor, selang kondensor ke katup ekspansi, selang katup ekspansi ke evaporator, dan selang evaporator ke kompresor. Pembacaan 4 lokasi dari *thermocouple* yang didapatkan dari pembacaan *Thermocouple* tipe K yang terpasang pada sistem pendingin. Pembacaan pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur thermometer tipe HT-9815 dengan ketelitian 0.1 °C [8]. Hasil pembacaan temperatur selanjutnya digunakan sebagai menentukan nilai entalpi untuk menghitung kerja kompresor dan kapasitas pendingin sehingga dari nilai entalpi tersebut didapatkan nilai COP dari sistem pendingin. Hasil pembacaan temperatur dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran Temperatur Refrigeran

2.1. Reduksi Data

Kerja Kompresor dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$W_{Komp} = \dot{m}(h_2 - h_1) \dots\dots\dots (1)$$

dimana W_{komp} adalah kerja kompresor (watt), \dot{m} adalah laju aliran massa refrigeran (kg/s), h_1 adalah entalpi refrigeran masuk kompresor (kJ/kg), h_2 adalah entalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg).

Kapasitas pendingin sistem refrigerasi dapat dihitung dengan persamaan (2)

$$Q_{Evap} = \dot{m}(h_1 - h_4) \dots\dots\dots (2)$$

dimana Q_{Evap} adalah kapasitas pendinginan (watt), \dot{m} adalah laju aliran massa refrigeran (kg/s), h_1 adalah entalpi refrigeran masuk kompresor (kJ/kg), h_2 adalah entalpi refrigeran masuk evaporator (kJ/kg).

Sehingga *coefficient of performance* dari sistem pendingin dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$COP = \frac{\dot{Q}_{Evap}}{\dot{W}_{Komp}} \dots\dots\dots (3)$$

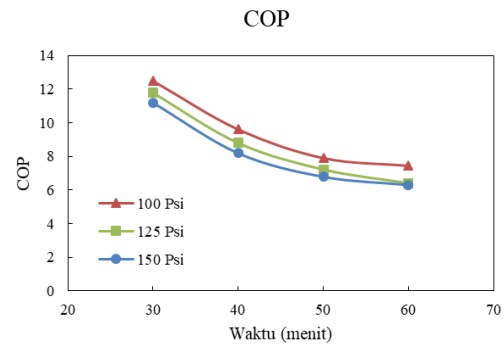
3. Hasil dan Pembahasan

Data penelitian diambil berdasarkan pengaruh tekanan refrigeran pada tekanan 100 psi, 125 psi dan 150 psi. Pengambilan data diambil dengan rentang waktu 30 – 60 menit dengan rentang waktu pengambilan data setiap 10 menit. Hasil pengambilan data dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Coefficient of Performance

Tekanan	Waktu			
	30 menit	40 menit	50 menit	60 menit
100 psi	12,49	9,60	7,90	7,44
125 psi	11,78	8,80	7,23	6,41
150 psi	11,19	8,19	6,79	6,31

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, nilai COP pada tekanan refrigeran 100 psi pada waktu 30, 40, 50, 60 menit masing-masing adalah 12.49, 9.60, 7.90, dan 7.44. Selanjutnya, nilai COP pada tekanan refrigeran 125 psi pada waktu 30, 40, 50, 60 menit masing-masing adalah 11.78, 8.80, 7.23, dan 6.41. Nilai COP pada tekanan refrigeran 150 psi pada waktu 30, 40, 50, 60 menit masing-masing adalah 11.19, 8.19, 6.79, dan 6.31.



Gambar 5. Nilai *Coefficient of Performance*

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai COP menurun seiring dengan peningkatan waktu pengoperasian sistem pendingin. Hal tersebut mengindikasikan bahwa daya kompresor pada awal dinyalakan lebih besar dibandingkan dengan daya kompresor pada saat temperatur sistem pendingin sudah tercapai sesuai dengan temperatur yang sudah ditetapkan. Nilai COP pada tekanan refrigeran 100 psi memiliki nilai yang paling tinggi diikuti dengan nilai COP pada tekanan refrigeran 125 psi dan 150 psi. Penurunan nilai COP mengindikasikan bahwa peningkatan tekanan refrigeran menyebabkan meningkatnya kinerja kompresor sehingga nilai COP menurun. Apabila tekanan refrigeran yang melebihi batas optimal dari mesin pendingin juga dapat mengakibatkan kenaikan temperatur pada kondensor sehingga kerja kompresi semakin meningkat.

4. Kesimpulan

Pengaruh tekanan refrigeran terhadap nilai *coefficient of performance* (COP) telah dilakukan secara eksperimen, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa peningkatan tekanan refrigeran memiliki pengaruh dalam kondensasi cairan refrigeran dan penambahan tekanan refrigeran pada sistem pendingin menyebabkan penurunan nilai COP.

5. Ucapan terima kasih

Penelitian ini didukung oleh Prodi Teknik Mesin dan LPPM Politeknik Jambi. Serta terimakasih kepada saudara Didik Fardiansyah dan Romi Febriyan yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini melalui Tugas Akhir Mahasiswa.

Referensi

- [1] S. Wahjudi and A. Harijono, "Analisis Kinerja Refrigerator Dengan Kompresor 1 HP Memakai Refrigeran R134a," Prosiding Pro poltek Diseminasi Hasil Penelitian. November, 2015.
- [2] A. Imam *et al.*, "Analysis on Significance of Nanofluids as the Working Fluid for Double Tube Heat Exchanger Applications," 2nd ASEAN - UEC Workshop. no. 5, pp. 2–3.
- [3] D. B. Saputro, Suryadimal and W. Marthiana, "Analisa Perbandingan Performansi Mesin Pendingin Kompresi Uap Menggunakan R22 Dan R134a Dengan Kapasitas Kompresor 1 Pk."
- [4] T. H. A. Santosa, M. Nadjib, Thoharuddin, and M. A. Riza, "Efek Variasi Beban Pendinginan Terhadap Coefficient of Performance (COP) Alat Uji Pengukuran Koefisien Evaporasi Menggunakan Refrigeran R-134A," *Semesta Tek.*, vol. 20, no. 2, pp. 193–203, 2017.
- [5] L. S. Candela and A. G. W., "Peningkatan COP (Coefficient of Performance) Sistem Ac Mobil Dengan Menggunakan Air Kondensasi," *Jtm*, vol. 02, no. 2, pp. 162–171, 2014.
- [6] A. D. Cappenberg, "Analisis Chiller Dengan Penggunaan R123 Dan R134a Pada Kinerja Pendinginan," *Jurnal Kajian Teknik Mesin*. vol. 5, no. 1, pp. 48–57, 2020.
- [7] R. Irawan and I. Y. Basri, "Perbandingan Coefficient Of Performance (COP) Refrigerant R-134a Dengan Refrigerant MC-134," pp. 1–8, 2015.
- [8] B. Kristiawan, A. I. Rifa'i, K. Enoki, A. T. Wijayanta, and T. Miyazaki, "Enhancing the thermal performance of TiO₂/water nanofluids flowing in a helical microfin tube," *Powder Technol.*, vol. 376, pp. 254–262, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.powtec.2020.08.020.
- [9] Prakosa, A. A. Pengaruh Variasi Isian Massa Refrigeran R-134a Terhadap Unjuk Kerja AC Mobil. Sarjana Thesis, Universitas Brawijaya, 2020.