

ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN REFRIGERANT R-134a & R-1270 (MC-32) PADA SISTEM AIR CONDITIONING (AC) SPLIT 1 PK

Mohammad Hasan Sahlil^{1*}, M Edi Pujiyanto¹, Muhammad Subri¹, dan Purnomo¹

¹ Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kedungmundu Raya No.18, Semarang, 50273

*E-mail: mohammadhasansahlil@gmail.com

Abstrak

Pendingin udara disebut juga dengan sistem pendingin yang mempunyai fungsi mengatur suhu dan kelembapan udara. Dalam pengoperasiannya, sistem refrigerasi memerlukan zat cair yang mudah menyerap dan melepaskan panas yang disebut dengan refrigeran. Setiap refrigerasi mempunyai sifat berbeda-beda yang mempengaruhi efisiensi pendingin dan COP (*coefficient of performance*) yang dihasilkan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja refrigeran R-1270(MC-32) dibandingkan R-134a dengan mengukur nilai kalor yang dilepas, efek refrigerasi dan COP (*coefficient of performance*). Variasi massa pengisian refrigerant R1270(MC-32) dengan 100% (228,9 gram) dan R134a 90% (496 gram), 100%(551 gram), 110%(606 gram) dari masa R32. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan variasi temperatur masuk kondensor sebesar 28 °C , 30 °C , 32 °C dan 34 °C. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan penggunaan refrigeran pada AC split 1 PK. Berdasarkan data hasil perbandingan menunjukkan bahwa refrigeran R1270(MC-32) dapat menjadi alternatif pengganti R134a karena kalor yang dilepas dari refrigeran R-1270(MC-32) lebih tinggi dari R134a yaitu dengan nilai 335,767 kJ/kg pada temperatur 28°C, nilai paling tinggi efek refrigrasi ada pada R-1270(MC-32) sebesar 323,878 kJ/kg pada temperatur 28°C. Dan nilai COP tertinggi terdapat pada R-1270(MC-32) dengan nilai 31,326 di temperatur 34°C.

Kata kunci: COP , Refrigeran R-1270(MC-32), Refrigeran R-134a

1. Pendahuluan

Sistem pendingin merupakan bagian penting dalam kehidupan manusia saat ini. Perkembangan dan penggunaan sistem pendingin berkembang sangat pesat. Banyak gedung dan kendaraan yang dilengkapi dengan pendingin ruangan (AC) untuk menyegarkan udara ruangan[1]. Namun dalam penggunaan sistem AC (*Air Conditioning*) memiliki potensi dampak negatif bagi lingkungan [2].

Dalam sistem *Air Conditioning* (AC) dikenal beberapa refrigerant salah satu contohnya adalah R- 134a dan R1270 (MC- 32). Refrigerant R- 134a sebagai salah satu refrigerant yang sering dipakai juga memiliki kekurangan yaitu memiliki potensi sebagai zat yang dapat menyebabkan efek pemanasan global yang memiliki nilai *Global Warming Potential* (GWP) yang relatif tinggi [3], oleh karena itu R1270 (MC-32) merupakan salah satu alternatif refrigerant yang ramah lingkungan ditunjukkan dengan nilai *Global Warming Potential* (GWP) yang rendah[4]. Karakteristik refrigerant R134a dan R1270(MC-32) ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Refrigerant R134a dan Breezon MC-32(R1270)

Nama	Karakteristik R134a	Karateristik Breezon MC-32(R1270)
<i>Composition</i>	CH ₂ FCF ₃	CH ₃ CH=CH ₂
<i>Chemical /blend name</i>	<i>Tetrafluoroethane</i>	<i>Propene (Propylan)</i>
Berat Molekul	102,0	42,1
<i>Class</i>	HFC	HC
<i>Safety group</i>	A1	A3
Suhu Kritis (°C)	101,10	91,1
Tekanan Kritis (MPa)	4,06	4,55
ODP (<i>Ozon Depletion Potential</i>)	0	0
GWP (<i>Global Warming Potentials</i>)	1300	1,8

Dari tabel karakteristik diatas R1270(MC-32) lebih unggul dari pada R134a, akan tetapi refrigeran R1270(MC-32) ini masih belum banyak digunakan pada produsen refrigerator dikarenakan sifatnya yang mudah terbakar. Karateristik ini sebenarnya tidak berbahaya selama digunakan dengan prosedur yang tepat[5]. Berdasarkan penjelasan tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengetahui refriegeran yang memiliki performa terbaik dan konsumsi daya yang digunakan.

2. Metodologi

Beberapa langkah dalam pengumpulan data dengan melakukan pengamatan terhadap parameter yang akan dianalisa yaitu tekanan, temperature masuk kompresor, keluar kompresor, masuk katup ekspansi dan keluar katup ekspansi, temperatur lingkungan, temperature pada pembebanan kinerja kondensor, tegangan arus pada kompresor, dan fluida kerja yang digunakan. Pengujian menggunakan variasi masa refrigerant R134a massa (90%,100,110%) dan R1270(MC-32) massa 100%, keduanya menggunakan pembebanan temperatur kondensor (28°C, 30°C, 32°C, 34°C). Entalpy yang diperoleh dari percobaan dihitung mengikuti rumus sebagai berikut:

Konsumsi daya secara aktual menggunakan persamaan [6] :

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos}\theta \quad (1)$$

Dimana :

V = Tegangan Arus (volt)

I = Arus (Ampere)

Cos θ = Konstanta faktor daya (0,85)

Kerja spesifik adalah kerja yang sebanding dengan perubahan entalphy pada proses kerja kompresi. Kerja kompresi dapat dirumuskan pada persamaan [7]:

$$W_c = h_2 - h_1 \quad (2)$$

Dimana :

h₂ = Enthalpy saat keluar kompresor (kJ/Kg)

h₁ = Enthalpy saat masuk kompresor(kJ/Kg)

Laju aliran masa pada refrigerant menggunakan rumus sebagai berikut [8]:

$$\dot{m} = \rho \cdot V_{sw} \cdot f \cdot \eta_v \quad (3)$$

Diamana :

V_{sw} = Swept Volume (m³/s)

ρ = Densitas Refrigerant (Kg)(m³)

f = Frekuensi (Hz)

η_v = Effisiensi Volumetrik (85%)

Daya Kompresor menggunakan rumus :

$$\dot{W}_c = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (4)$$

Dimana :

h₂ = Enthalpy saat keluar kompresor (kJ/Kg)

h₁ = Enthalpy saat masuk kompresi (kJ/Kg)

Persamaan panas (kalor) yang dilepas oleh kondensor menggunakan persamaan [1]:

$$Q_c = h_2 - h_3 \quad (5)$$

Dimana :

h_2 = Enthalpy saat keluar kompresor (kJ/Kg)

h_3 = Enthalpy saat keluar kondensasi (kJ/Kg)

Efek refrigerasi merupakan jumlah kalor per satuan masa yang diserap oleh evaporator, menggunakan rumus [9]:

$$Q_e = h_1 - h_4 \quad (6)$$

Dimana :

h_1 = Enthalpy saat keluar evaporator (kJ/Kg)

h_4 = Enthalpy saat masuk evaporator (kJ/Kg)

Coefisien of performance (COP) menggunakan rumus berikut[2] :

$$COP = \frac{Q_e}{W_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (7)$$

Dimana :

h_1 = Enthalpy saat keluar evaporator (kJ/Kg)

h_4 = Enthalpy saat masuk evaporator (kJ/Kg)

h_2 = Enthalpy saat keluar kompresor (kJ/Kg)

3. Hasil dan pembahasan

Untuk menghitung masa 100% maka perbandingan *liqued density* dari R134a dan R 1270(MC-32) akan dikalikan dengan masa 100% dari refrigerant yang sesuai dengan spesifikasi mesin, maka didapatkan massa refirgerant sebagai berikut pada Tabel 2. Proses pengamatan sistem menggunakan refrigerant R134a dan R1270 (MC-32) dengan aplikasi NIST Refrop mendapatkan nilai entalpy berikut ini pada tabel 3.

Tabel 2. Variasi Massa Refrigeran (gram)

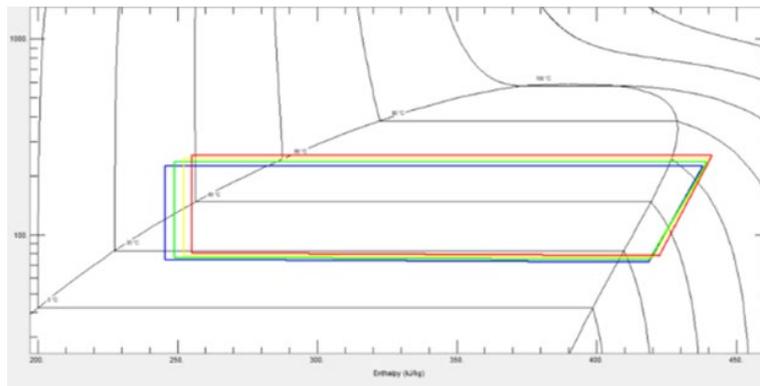
Massa Refrigeran (gram)		
Per%	R-134a	R1270(MC-32)
90%	496	-
Massa Refrigeran (gram)		
100%	551	228,9
110%	606,2	-

Tabel 3. Hasil Perhitungan Enthalpy

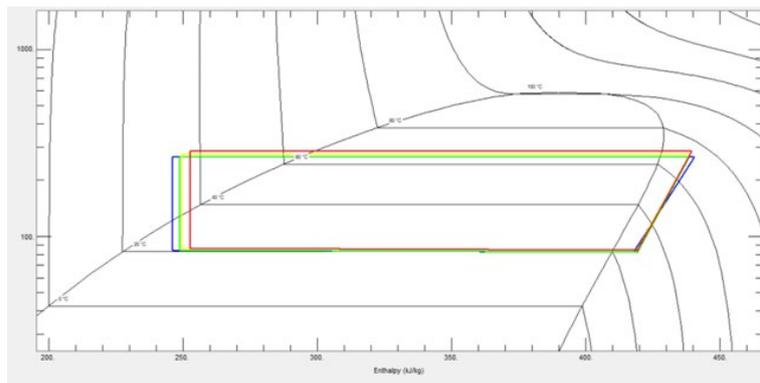
Refrigerant	T	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3 (kJ/kg)	h4 (kJ/kg)
R-1270(MC-32) Massa 100%	28°C	-18.452	-6.5628	-342.33	-342.33
	30°C	-17.347	-4.5225	-339.59	-339.59
	32°C	-16.279	1.1593	-332.05	-332.05
	34°C	-11.412	-1.2835	-328.7	-328.7

Refrigerant	T	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3 (kJ/kg)	h4 (kJ/kg)
R-134A Massa 90%	28°C	416.91	436.08	245.45	245.45
	30°C	417.27	437.66	248.79	248.79
	32°C	418.52	438.9	252.3	252.3
	34°C	420.77	439.59	255.09	255.09
R-134A Massa 100%	28°C	415.93	438.45	246.02	246.02
	30°C	417.44	436.51	248.78	248.78
	32°C	417.31	436.63	249.5	249.5
	34°C	417.51	437.5	252.71	252.71
R-134A Massa 110%	28°C	416.74	435.69	246.89	246.89
	30°C	417.82	440.65	249.21	249.21
	32°C	419.22	442.85	252.85	252.85
	34°C	420.11	444.13	254.6	254.6

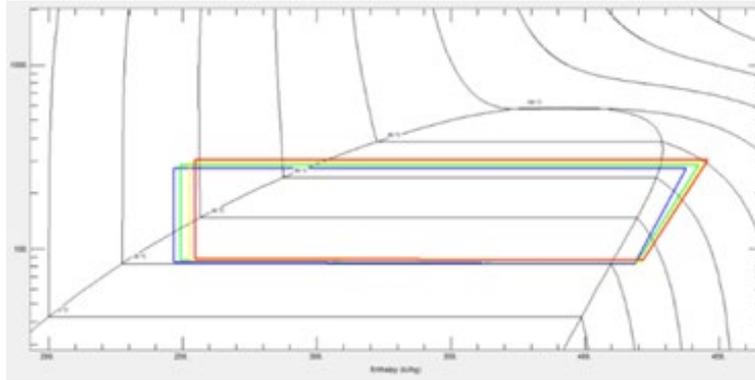
Data pengujian diperoleh menggunakan aplikasi refprop untuk mendapatkan data enthalpy dan ph diagram sebagai perhitungan selanjutnya. Siklus diagram ph refrigerant R-134a pada massa 90% ditunjukkan pada Gambar 1. Siklus diagram ph refrigerant R-134a pada massa 100% ditunjukkan pada Gambar 2. Siklus digaram ph refrigerant R-134a dari massa 110 %. Ditunjukkan pada Gambar 3.



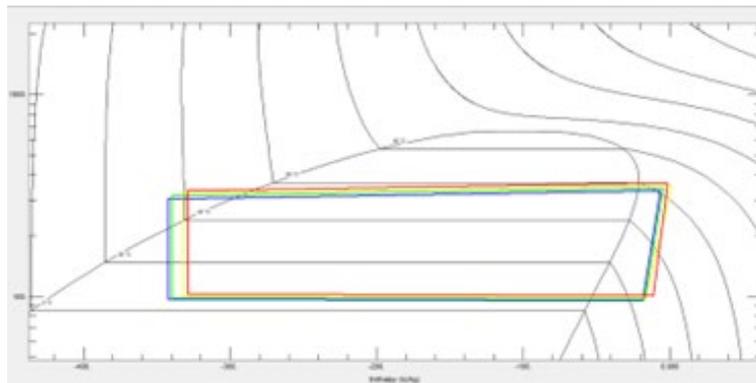
Gambar 1. Diagram Ph R-134a Massa 90%



Gambar 2. Diagram Ph R-134a Masa 100%

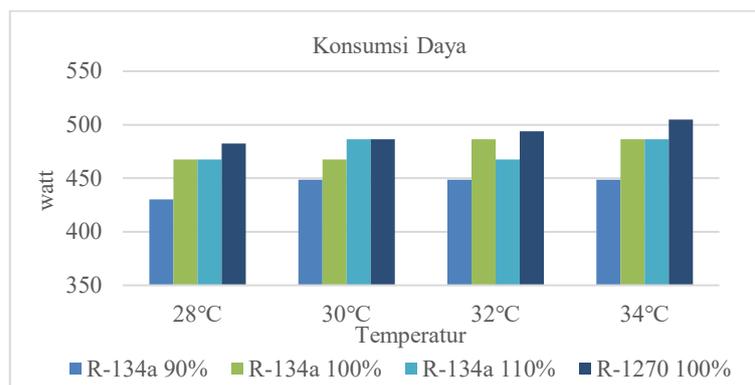


Gambar 3. Diagram Ph R-134a Masa 110%



Gambar 4. Diagram Ph R-1270 Masa 100%

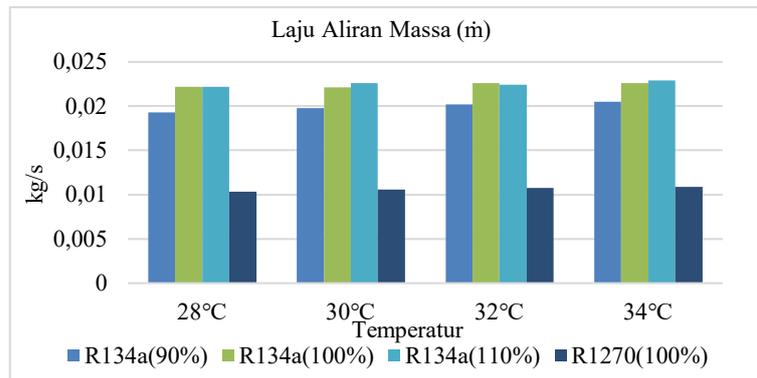
Nilai perbandingan perubahan kosumsi daya refrigeran R-134a terhadap refrigeran R-1270(MC-32) dengan variasi massa 90%, 100% , 110% pada Gambar 5.



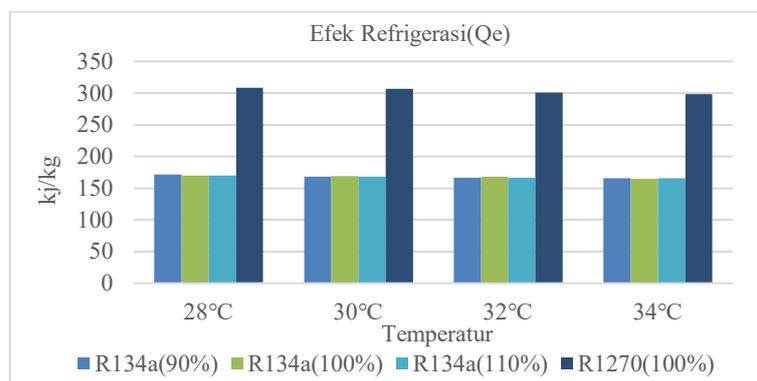
Gambar 5. Konsumsi Daya R134a dan R1270(MC32)

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya temperatur lingkungan maka daya yang dihasilkan semakin tinggi dikarenakan beban yang semakin besar mengakibatkan bertambahnya arus yang dihasilkan oleh mesin pendingin [11]. Disini refrigerant R1270(MC-32) memiliki konsumsi daya yang lebih tinggi daripada refrigerant R134a dan konsumsi daya tertinggi R1270(MC-32) ada pada temperatur 34°C sebesar 504,9 watt. Analisa perubahan laju aliran massa (\dot{m}) terhadap variasi temperatur masuk kondensor dapat dilihat pada Gambar 6. Dilihat dari grafik diatas bahwa laju aliran masa akan semakin meningkat seiring bertambahnya temperatur lingkungan kondensor. Hal ini terjadi jika swep volume yang didapatkan konstan, maka temperatur lingkungan akan mempengaruhi nilai temperatur masuk kompresor sehingga temperatur masuk kompresor akan semakin naik dan nilai densitasnya juga akan

semakin naik[12]. Dari perbandingan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa laju aliran masa tertinggi ada pada refrigerant R134a(110%) pada temperatur 34°C yaitu sebesar 0,0229 dan laju aliran masa R134a lebih tinggi daripada R1270(MC-32) pada masa 100%. Analisa perubahan Efek Refrigerasi(Qe) terhadap variasi temperatur masuk kondensor pada Gambar 7.

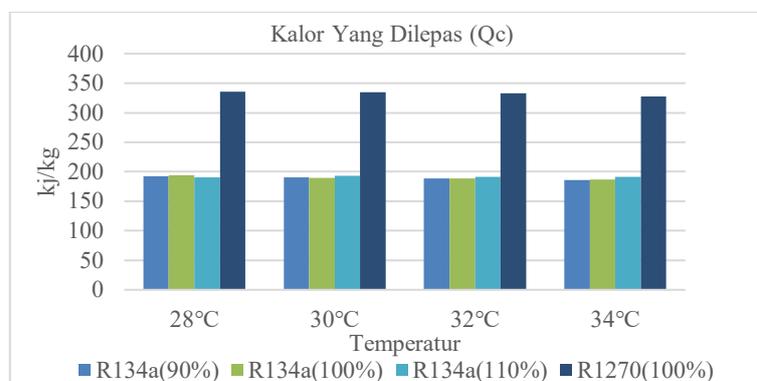


Gambar 6. Grafik Laju Aliran Massa R-134a dan R-1270 (MC-32)



Gambar 1. Grafik Efek Refrigerasi R134a dan R1270(MC32)

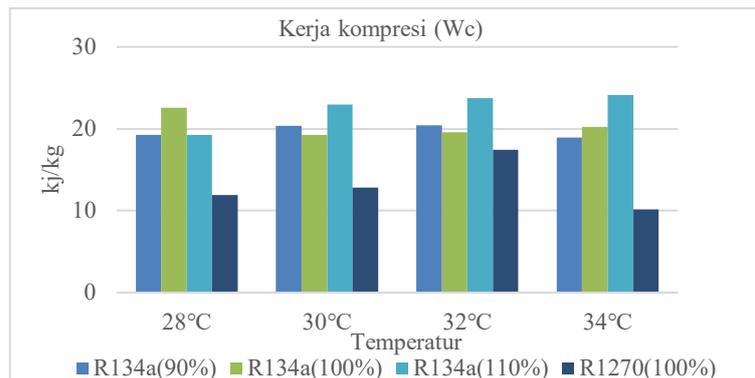
Dari grafik diatas seiring dengan naiknya temperatur lingkungan kondensor akan mengakibatkan penurunan efek refrigerasi[13]. Dari temperatur lingkungan kondensor yang diuji, temperatur 28°C memiliki nilai efek refrigerasi paling tinggi dan refrigerant R1270(MC-32) memiliki nilai efek refrigerasi lebih tinggi dari pada R134a pada masa 100%. Analisa perubahan kalor yang dilepas (Qc) terhadap variasi temperatur masuk kondensor sesuai dengan data grafik berikut pada Gambar 8.



Gambar 2. Grafik Kalor Yang Dilepas R134a dan R1270(MC32)

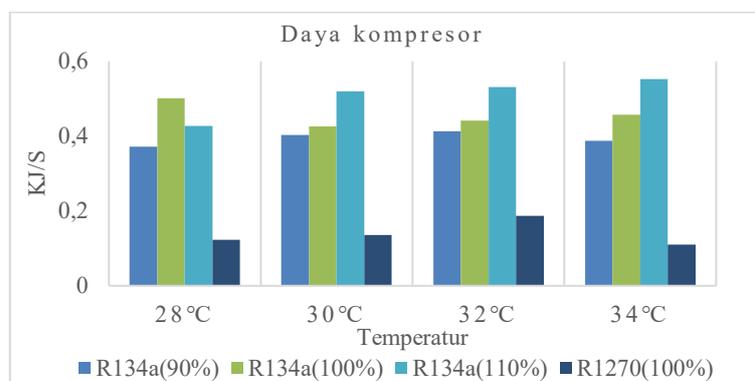
Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa kalor yang dilepas oleh kondensor akan semakin berkurang dikarenakan laju aliran masa refrigerant yang naik seiring kenaikan temperature lingkungan kondensor, sehingga akan berdampak

kepada kalor yang dilepas oleh kondensator akan semakin berkurang[14]. Dan perbandingan nilai kalor yang dilepas dari R1270 (MC-32) lebih tinggi dari pada kalor R134a. Analisa perubahan kerja kompresi (W_c) terhadap variasi temperature masuk kondensator sesuai dengan data grafik berikut pada Gambar 9.



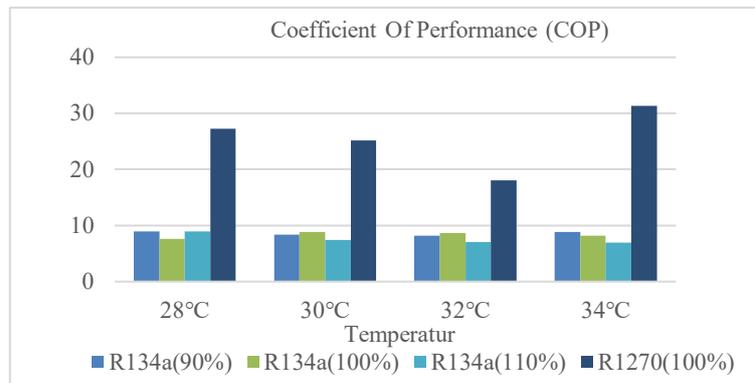
Gambar 3. Grafik Kerja Kompresi R-134a dan R1270 (MC-32)

Dari grafik diatas dilihat kerja kompresor akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya temperature lingkungan kondensator dikarenakan temperature masuk kompresor(T_1) dan temperature keluar kompresor(T_2) akan semakin naik seiring dengan bertambahnya temperature lingkungan kondensator, hal itu mengakibatkan kompresor harus bekerja lebih berat agar bisa mengkompresi lebih baik[15]. Perbandingan kerja kompresi terhadap temperatur lingkungan kondensator R1270(MC-32) memiliki nilai lebih rendah dari pada refrigerant R134a. Analisa perubahan daya kompresor (W_c) terhadap variasi temperature masuk kondensator sesuai dengan data grafik berikut pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Daya Kompresor R134a dan R1270(MC32)

Dari grafik diatas daya kompresor semakin bertambah seiring bertambahnya temperatur lingkungan kondensator, sehingga kerja kompresi akan semakin berat dan daya yang dibutuhkan oleh kompresor akan semakin besar[16]. Hal ini dikarenakan nilai laju aliran masa semakin bertambah maka akan mempengaruhi nilai daya kompresor yang mengakibatkan kenaikan setiap bertambahnya temperature lingkungan [17]. Perbandingan nilai daya kompresor refrigerant R1270(MC-32) lebih kecil dari refrigerant R134a dikarenakan laju aliran massa yang dimiliki R1270 lebih rendah daripada refrigerant R134a sehingga menjadi salah satu penyebab naiknya daya kompresor. Analisa perubahan *Coefficient Of Performance* (COP) terhadap variasi temperatur masuk kondensator sesuai dengan data pada Gambar 11. Kenaikan temperatur lingkungan mempengaruhi penurunan nilai COP dikarenakan temperatur lingkungan yang tinggi akan mengakibatkan kerja kompresi semakin berat, dimana kerja kompresi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai COP mesin pendingin[18]. Semakin tinggi kerja kompresi maka nilai COP-nya akan semakin rendah dan semakin rendah kerja kompresi maka COP-nya akan semakin tinggi[19]. Dari gambar 11 COP refrigerant R1270(MC-32) lebih tinggi dari pada refrigerant R134a pada massa.



Gambar 11. Grafik COP R134a dan R1270(MC32)

Kesimpulan

Dari hasil analisa penelitian uji performa mesin pendingin menggunakan R-134a dan R1270(MC-32) pada alat uji mesin refrigrasi, dapat disimpulkan bahwa :

1. Refrigerant R1270(MC-32) memiliki keunggulan dibandingkan dengan R-134a, yaitu memiliki potensi kerusakan ozon dan potensi pemanasan global yang lebih rendah jika dibandingkan dengan R-134a. Refrigerant R1270(MC-32) memiliki nilai efek refrigrasi lebih tinggi dari pada R134a pada masa 100%. Nilai coefficient of performance (COP) tertinggi ada pada refrigran R1270(MC-32) temperatur 34°C dengan nilai COP 31,326.
2. Konsumsi daya pada refrigrant R1270(MC-32) lebih besar dari pada refrigrant R-134a. Refrigerant R1270(MC-32) memili rata-rata daya sebesar 491,8 watt dan R134a memiliki rata-rata daya sebesar 476,8 watt, rata-rata tersebut diambil pada masa 100% .

Daftar Pustaka

- [1] M. M. Dwinanto and W. Bunganaen, "Studi Kinerja Teoritis Dan Konsumsi Energi Pengkondisian Udara Menggunakan R22 Dan R290," *LONTAR J. Tek. ...*, vol. 08, no. 01, pp. 91–98, 2021, [Online]. Available: <http://ejurnal.undana.ac.id/index.php/LJTMU/article/view/4966%0Ahttp://ejurnal.undana.ac.id/index.php/LJTMU/article/download/4966/2884>
- [2] W. Fatkur R, "Analisis Penghematan Konsumsi Listrik pada AC Ruangan dengan Menggunakan Refrigeran R-290 (Propane) Sebagai," vol. 290, pp. 119–127, 2014.
- [3] A. Aziz, I. Ali, R. Siregar, R. I. Mainil, and A. Kurniawan Mainil, "Komparasi Kinerja Refrigerator Dengan Refrigeran Hidrokarbon Hcr134a Altenatif Pengganti R134a Pada Panjang Pipa Kapiler 1,25 m," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 19, no. 2, pp. 76–81, 2020.
- [4] D. Sánchez, A. Andreu-Nácher, D. Calleja-Anta, R. Llopis, and R. Cabello, "Energy impact evaluation of different low-GWP alternatives to replace R134a in a beverage cooler. Experimental analysis and optimization for the pure refrigerants R152a, R1234yf, R290, R1270, R600a and R744," *Energy Convers. Manag.*, vol. 256, 2022, doi: 10.1016/j.enconman.2022.115388.
- [5] F. A. Pratama, W. H. Mitrakusuma, Muhamad Anda Falahuddin, and W. S. Ayu, "Kajian kinerja sistem refrigrasi menggunakan refrigran R32, R22 dan R1270 menggunakan REFPROP," *Pros. 12th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 472–477, 2021.
- [6] Muhammad, Y. Wijaya, B. Fajar, K. Rozi, and J. H. Soedarto, "Studi Eksperimental Ac Split Inverter R32 Dan R410a Dengan Refrigeran R1270," *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 9, no. 1, pp. 149–158, 2021.
- [7] W. F. Stoecker and J. W. Jones, "Refrigrasi dan Pengkondisian Udara Edisi Kedua," *Jakarta, Indones. Erlangga*, p.

128, 1989.

- [8] J. E. Schreiner, J. R. B. Jr, and C. J. Deschamps, "Theoretical Analysis of the Volumetric Efficiency Reduction in Reciprocating Compressors due to In-Cylinder Thermodynamics," *Int. Compress. Eng. Conf.*, pp. 1–8, 2010.
- [9] H. Wirawan, "Studi Experimental Retrofit Performansi Ac Inverter Berbasis R32 Dan R410a Ke R1270," *Klin. Einkauf*, vol. 05, no. 03, pp. 6–7, 2023, doi: 10.1055/s-0043-1770743.
- [10] S. Siagian, "Analysis Of Condensor Performance Analysis Of A Cooling System Using Freon R-134 A Based On A Cooling Fan Running Variation," *J. BINA Tek.*, vol. II, no. 2, pp. 124–130, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal.upnvj.ac.id/BinaTeknika/article/view/104>
- [11] Mastur, N. Supriyana, Warso, and Sutarno, "Analisis Perbandingan Kinerja Refrigeran R134a dan MC-22 pada AC Split," vol. 03, no. 02, pp. 27–33, 2022, doi: 10.35970/accurate.v3i2.1754.
- [12] R. Cabello, A. Andreu-Nácher, D. Sánchez, R. Llopis, and F. Vidan-Falomir, "Energy comparison based on experimental results of a cascade refrigeration system pairing R744 with R134a, R1234ze(E) and the natural refrigerants R290, R1270, R600a," *Int. J. Refrig.*, vol. 148, no. January, pp. 131–142, 2023, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2023.01.009.
- [13] A. Suardi *et al.*, "Pengaruh Beban Pendingin Terhadap Kinerja Mesin Pendingin Dengan Refrigerant R134a Dan Mc134," No. 4, 2017.
- [14] H. Praseyta, "Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Evaporasi Refrigeran R-134a di dalam Saluran Halus Horizontal dengan Variasi Kualitas Uap.," 2009.
- [15] A. Fauzi, R. Valderama, and A. Abdulah, "Analisis Kinerja Evaporator Pada Vapors Compression Refrigeration System Menggunakan Refrigerant R410a," *J. Teknol.*, vol. 14, no. 1, pp. 127–138, 2022.
- [16] Widodo, B. F. T. Kiono, S. H. Winoto, and T. S. Utomo, "Performance Analysis of Using Hydrocarbon Mixed Refrigerant R32-R290 as an Alternative to R410A in Reducing the GWP Value of Household Split Air Conditioners," *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 107, no. 2, pp. 103–116, 2023, doi: 10.37934/arfmnts.107.2.103116.
- [17] D. A. Nurhaniffah, W. H. Mitrakusuma, T. Pangripto, S. Murniati, and K. Kunci, "Kajian Variasi Campuran R-1270 dan Isobutane Sebagai Pengganti R-22," pp. 4–5, 2021.
- [18] R. Muliawan, A. A. A, T. Sutandi, and N. Nurrohman, "Cooling System Performance Comparison of Refrigerant R-134a and MC-134 on Ice Slush Machine," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.36055/fwl.v0i0.9237.
- [19] A. Syahrani, "Analisa Kerja Kompresor Terhadap Penggunaan Refrigeran R12 Dan Hidrokarbon Jenis Pib (Propane Iso Butane)," *Mektrik*, vol. 8, no. 2, pp. 62–67, 2006.