

Perbandingan Uji Kinerja AC Mobil Menggunakan R134a dan RE170 (*Dimethyl-Ether*) terhadap Variasi Putaran Kompresor

Hana Fajriyah^{1,*}, Windy Hermawan Mitrakusuma², Triaji Pangripto Pramudantoro³, Muhammad Akmal⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail: ^{1,*}hana.fajriyah.tptu419@polban.ac.id; ²windyhm@polban.ac.id; ³trijipangripto@polban.ac.id;
⁴muhammad.akmal@polban.ac.id

ABSTRAK

Refrigeran R134a digunakan pada sistem AC mobil karena memiliki sifat termodinamika yang baik dan memiliki nilai ODP nol. Namun, nilai GWP pada R134a cukup besar yaitu 1300 yang dipengaruhi unsur *fluor* (F) yang dikandungnya. Sehingga besarnya nilai GWP yang dimiliki R134a berpotensi menyebabkan pemanasan global. DME (*dimethyl-ether*) dapat menjadi refrigeran alternatif untuk menggantikan R134a pada AC mobil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara putaran RPM kompresor dengan performansi AC mobil menggunakan refrigeran R134a dan DME. Pengujian ini dilakukan dengan cara pengambilan data secara langsung pada AC mobil di Laboratorium Tata Udara Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung. Pengujian dilakukan dengan variasi putaran kompresor sebesar 1000 RPM, 1100 RPM, 1300 RPM dan 1500 RPM pada R134a atau DME. Hasil yang diperoleh adalah perbandingan variasi RPM menggunakan R134a dengan DME. Pada RPM tertinggi, R134a mempunyai nilai rasio kompresi dan daya motor lebih tinggi sebesar 11,78% dan 13,67% dibandingkan dengan DME. Akan tetapi, RE170 (DME) mempunyai nilai COP aktual, efisiensi refrigerasi, efek refrigerasi dan kerja spesifik kompresor yang lebih tinggi berturut-turut sebesar 38,85%, 33,31%, 166,65% dan 139,52% dibandingkan dengan R134a.

Kata Kunci

Dimethyl-Ether, R134a, RPM, Retrofit, AC Mobil

1. PENDAHULUAN

Sampai dengan saat ini refrigeran R134a telah banyak digunakan dalam bidang refrigerasi di bidang transportasi, khususnya pada AC mobil sebagai pengganti R12 karena memiliki nilai ODP yang tinggi yang berdampak pada terjadinya penipisan lapisan ozon. Protokol Montreal (1987) pun melarang produksi dan konsumsi senyawa yang menguras ozon di stratosfer [1]. Refrigeran R134a memiliki sifat termodinamika yang baik dan ODP nol (*ozone depletion potential*) namun masih memiliki nilai GWP (*global warming potential*) yang tinggi yaitu 1430 karena mengandung unsur *fluor* (F). [2]. Potensi terjadinya pemanasan global karena R134a relatif tinggi, dilain sisi juga mahal. Sehingga produksi dan penggunaan R134a akan dihentikan dalam waktu dekat. Maka dari itu sangat penting untuk mengidentifikasi refrigeran

alternatif dengan GWP yang rendah sesuai batasan yang sudah ditetapkan oleh Regulasi EU 517/2004 [3]. GWP refrigeran dihitung selama 20, 100, atau 500 *year time horizon*, dengan 100 *year time horizon* digunakan secara umum [4]. Para ilmuwan bekerja keras untuk menemukan refrigeran GWP rendah untuk sistem HVAC yang secara khusus mengatasi masalah lingkungan penipisan ozon dan pemanasan global [5]. Hidrokarbon adalah refrigeran yang memiliki toksisitas rendah dan mudah terbakar. Hidrokarbon dianggap mampu mengurangi efek GWP dan ODP tetapi juga mampu mengurangi konsumsi energi [6]. DME menarik perhatian industri karena merupakan bahan baku serbaguna dan bahan bakar alternatif yang tidak mencemari lingkungan [7]. M. McInden dan M. Huber [8] melakukan penelitian mengenai refrigeran yang akan terus berkembang di masa depan dan memeriksa pola di sifat-sifat turunan terhalogenasi dari *dimethyl-eter*, *siklopropana*, dan *propane* dan menyarankan alternatif untuk

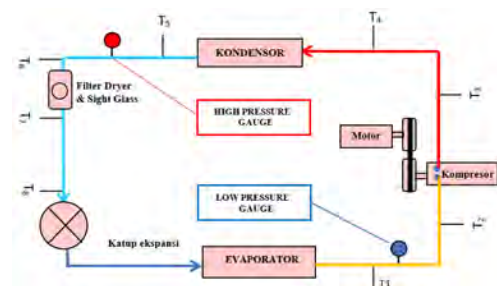
R-11, R-12, R-113, dan R-114. B.M. Adamson [9] melaporkan bahwa DME (*dimethyl-ether*) memiliki *properties* serupa untuk menggantikan R134a. DME memiliki karakteristik perpindahan panas yang lebih baik dari R134a, hubungan tekanan/ suhu sangat dekat dengan R134a, kompatibilitas dengan oli mineral, harga terjangkau dan *multisource*. DME juga sangat ramah lingkungan (ODP = 0; GWP = 1; *atmospheric lifetime* = 6 hari) dan kompatibel dengan sebagian besar bahan yang biasa ditemukan dalam sistem pendingin. Baskaran dkk [10] meneliti performansi sistem refrigerasi pada DME ditemukan menjadi alternatif yang paling cocok diantara refrigeran hidrokarbon lainnya. Refrigeran DME dapat digunakan dengan perpindahan kompresor yang lebih tinggi. Pada percobaan lain, Baskaran dkk [11] melakukan studi yang membahas evaluasi termodinamika penggunaan refrigeran *dimethyl-ether* pada sistem refrigerasi rumah tangga yang memanfaatkan R134a sebagai fluida kerja. Baskaran dkk [12] juga meneliti mengenai penyelidikan teoritis efek *sub-cooled* pada kinerja refrigeran alternatif yang ramah lingkungan (R152a, RE170 (*Dimethyl ether*)) dalam sistem refrigerasi rumah tangga. Adapun penelitian terbaru Baskaran dkk [13] mempertimbangkan DME dan campuran refrigerannya (R429A, R435 dan R510A) dalam analisis kedua penelitian sebagai pengganti potensial untuk R134a menggunakan paket Desain CYCLE D REFPROP 9.0. B. Bolaji dkk [8] melakukan studi mengenai kinerja *dimethyl-ether* (RE170) dan campuran azeotropiknya (R510A dan R511A) dalam sistem refrigerasi dinilai secara teoritis dan dibandingkan dengan refrigeran konvensional. Parashurama Siddegowda dkk [14] melakukan simulasi siklus kompresi uap lemari es domestik 89 watt dan hasilnya kinerja hidrokarbon *propane*, *cyclopropane*, *propene*, *methyl acetylene*, *propadiene* dan *dimethyl-ether* digunakan sebagai refrigeran alternatif R134a. Dalam studi yang dibahas oleh Sursh Kumar [15] mengenai analisis hukum pertama dan kedua dari *dimethyl-ether* (DME) dan refrigeran campurannya (R429A, R435A, R 510A) disajikan sebagai alternatif dari R134a. Untuk memahami perilaku refrigeran ini, Windy H.M dkk [16] melakukan simulasi untuk menentukan pola aliran *dimethyl-ether* sebagai refrigeran pada evaporator horizontal. Dilain sisi, pada sistem AC mobil, puli poros kompresor digerakkan puli poros engkol (*crankshaft*) yang dihubungkan oleh *v-belt*. Kecepatan putaran RPM kompresor berubah-ubah bergantung pada perubahan

kecepatan *crankshaft* [17]. Tinggi rendahnya kecepatan putar kompresor dapat mempengaruhi nilai dari kapasitas pendingin (Q_e) dan koefisien prestasi nyata (COP) yang dihasilkan [18]. Percobaan statis dilakukan oleh D.C.Marindho [19] dengan menguji HFC134a pada sistem AC mobil dengan putaran kompresor pada penelitian ini divariasikan pada 1000 rpm, 1400 rpm, 1800 rpm dan 2000 rpm. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa COP optimal AC sebesar 3,5 dicapai pada putaran kompresor 1400 rpm.

2. METODOLOGI

2.1 Pengaturan Eksperimen

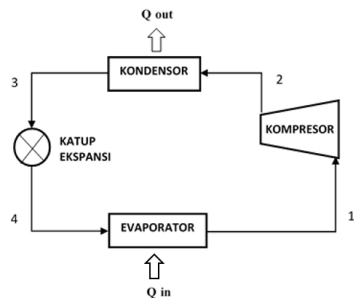
Penelitian ini dilakukan menggunakan unit AC mobil bertenaga listrik di Lab. Tata Udara Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung. Metode yang digunakan adalah kuantitatif yaitu pengambilan data secara langsung pada unit AC mobil. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan putaran kompresor dengan mengatur frekuensi inverter yang sudah terkonversi dalam satuan RPM yang dapat dilihat pada *display* tachometer. Variasi RPM dilakukan sebesar 1000 RPM, 1100 RPM, 1300 RPM dan 1500 RPM menggunakan refrigeran R134a dan RE170. Parameter yang diukur dalam pengujian untuk menentukan performansi kinerja AC mobil adalah tekanan *suction*, tekanan *discharge*, temperatur keluaran evaporator, temperatur *suction*, temperatur *discharge*, temperatur masukan kondensor, temperatur keluaran kondensor, temperatur masukan *filter dryer*, temperatur keluaran *filter dryer*, temperatur masukan alat ekspansi dan kecepatan udara. Mengukur tegangan dan arus untuk menentukan daya motor akibat perbedaan putaran RPM kompresor. Pemasangan sensor temperatur menggunakan *thermocouple* tipe K pada titik-titik yang sudah ditentukan menggunakan insulasi agar tidak terpengaruhi oleh temperatur lingkungan.



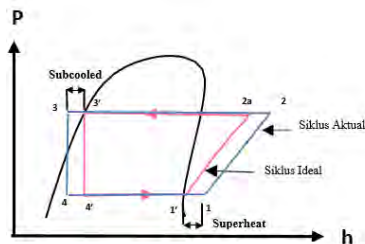
Gambar 1. Skema titik ukur temperatur pada sistem AC mobil

2.2 Siklus Refrigerasi

Sistem AC mobil memiliki 4 komponen utama: kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator. Keempat komponen tersebut membentuk siklus yang berulang-ulang (Gambar 2). Proses Siklus refrigerasi pada AC mobil dimulai dari kompresor yang akan menghisap uap refrigeran melalui suction port yang berasal dari evaporator, kemudian menekan uap refrigeran sehingga tekanan dan temperaturnya pun meningkat. Uap refrigeran selanjutnya mengalir menuju kondensor, pada kondensor terjadi pelepasan kalor dari uap refrigeran ke udara luar yang dibantu dengan fan, selanjutnya temperaturnya lebih rendah sehingga terjadi perubahan fasa refrigeran dari uap menjadi cair. Fasa cair dari keluaran kondensor selanjutnya mengalir ke alat ekspansi. Tekanan refrigeran di alat ekspansi diturunkan dan menyebabkan terjadinya penurunan temperatur, akibatnya fasa refrigeran keluaran alat ekspansi adalah fasa campuran. Refrigeran selanjutnya mengalir menuju evaporator. Pada evaporator terjadi penarikan kalor dari kabin mobil oleh refrigeran yang menyebabkan refrigeran berubah fasa dari campuran menjadi uap sepenuhnya. Kemudian kompresor menghisap uap kembali dan siklus ini akan terus berulang.



Gambar 2. Siklus Refrigerasi



Gambar 3. Diagram p-h Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

2.3 Perhitungan Rasio Kompresi

Untuk mengetahui besarnya nilai rasio kompresi pada system dapat diperoleh menggunakan persamaan (1)

$$\text{Rasio Kompresi} = \frac{P_{\text{discharge}}}{P_{\text{suction}}} \quad (1)$$

2.4 Perhitungan Untuk Menentukan Kinerja Sistem

Koefisien prestasi dalam sistem refrigerasi disebut juga dengan COP (*Coefficient of Performance*) yang didefinisikan sebagai perbandingan kalor yang dimanfaatkan/ diserap oleh system terhadap kerja yang dilakukan seperti pada persamaan (2).

$$\text{COP} = \frac{\text{Energi termanfaatkan}}{\text{Energi yang digunakan sebagai kerja}} \quad (2)$$

COP aktual merupakan nilai yang menunjukkan performansi sistem pada keadaan yang sebenarnya yang dapat diperoleh dengan persamaan (3) dan COP carnot dapat diperoleh dengan persamaan (4).

$$\text{COP aktual} = \frac{q_e}{q_w} \quad (3)$$

$$\text{COP Carnot} = \frac{T_e}{T_k - T_e} \quad (4)$$

Untuk mengetahui nilai kalor per satuan massa refrigerant yang diserap oleh evaporator dapat dihitung menggunakan persamaan (5).

Untuk mengetahui besarnya kerja kompresi per satuan massa refrigeran dapat dihitung menggunakan persamaan (6).

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (5)$$

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (6)$$

Selanjutnya, untuk menyatakan kinerja efisiensi suatu sistem refrigerasi yang didefinisikan dengan perbandingan nilai COP_{aktual} dan COP_{Carnot} menggunakan persamaan (7).

$$\eta = \frac{\text{COP aktual}}{\text{COP Carnot}} \times 100\% \quad (7)$$

2.5 Perhitungan Daya Motor

Untuk besarnya nilai daya motor dipengaruhi oleh arus dan tegangan. Hal ini dapat dihitung dengan persamaan (8).

$$P = V \times I \times \cos\theta \times \sqrt{3} \quad (8)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini membahas mengenai rasio kompresi, efek refrigerasi, kerja spesifik kompresor, COP aktual, daya motor terhadap putaran RPM kompresor pada R134a dan DME.

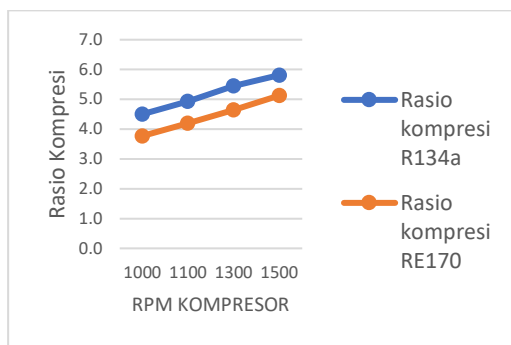
3.1 Perhitungan Rasio Kompresi

Hubungan rasio kompresi terhadap variasi putaran kompresor dapat dilihat pada Gambar 4. Terlihat bahwa rasio kompresi meningkat seiring meningkatnya putaran kompresor. Hal ini disebabkan semakin tinggi putaran kompresor maka tekanan discharge semakin meningkat sedangkan tekanan suction semakin menurun. Sehingga menyebabkan selisih antara kalor yang dilepaskan dan kalor diserap oleh sistem semakin besar.

Tabel 1. Rasio Kompresi terhadap putaran kompresor

RPM	R134a	DME
1000	4,50	3,77
1100	4,93	4,20
1300	5,44	4,64
1500	3,22	5,12

Rasio kompresi pada R134a memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan refrigeran RE170. Terjadi penurunan rasio kompresi jika sistem diretrofit menggunakan DME pada variasi berturut-turut 1000 RPM, 1100 RPM, 1300 RPM dan 1500 RPM adalah 16,24%, 14,92%, 14,55% dan 11,78%. Hal ini terjadi karena refrigeran R134a memiliki tekanan discharge yang lebih tinggi daripada DME.



Gambar 4. Grafik hubungan rasio kompresi dengan variasi putaran kompresor

3.2 Perhitungan Efek Refrigerasi

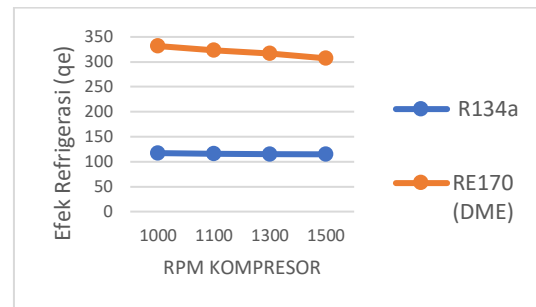
Hubungan efek refrigerasi terhadap variasi putaran kompresor dapat dilihat pada Gambar 5. Terlihat bahwa efek refrigerasi menurun seiring meningkatnya putaran kompresor. Hal ini disebabkan semakin tinggi putaran kompresor

maka nilai temperatur kondensasi semakin besar sedangkan temperatur evaporasi semakin kecil sehingga perbedaan entalpi (Δh) antara sisi masuk dan keluar evaporator semakin kecil yang menyebabkan efek refrigerasi yang dihasilkan semakin menurun.

Tabel 2. Efek refrigerasi terhadap putaran kompresor

RPM	R134a	DME
1000	117,2	331,69
1100	116,0	322,93
1300	115,1	317,02
1500	115,1	307,05

Efek refrigerasi pada DME memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan refrigeran R134a. Terjadi kenaikan efek refrigerasi jika sistem diretrofit menggunakan DME pada variasi berturut-turut 1000 RPM, 1100 RPM, 1300 RPM dan 1500 RPM adalah 183,02%, 178,40%, 175,43% dan 166,65%. Hal ini terjadi karena pada R134a memiliki fase superheating dan subcooled yang lebih kecil daripada DME.



Gambar 5. Grafik hubungan efek refrigerasi dengan variasi putaran kompresor

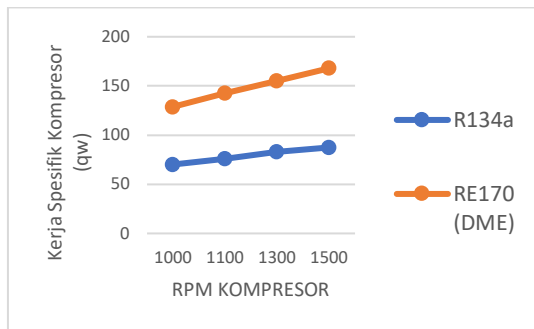
3.3 Perhitungan Kerja Spesifik Kompresor

Hubungan kerja spesifik kompresor terhadap variasi putaran kompresor dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat bahwa kerja spesifik kompresor meningkat seiring meningkatnya putaran kompresor. Hal ini disebabkan oleh temperatur keluaran kompresor (*discharge*). Semakin besar nilai temperatur *discharge*, maka kerja spesifik kompresor yang dihasilkan juga akan meningkat.

Tabel 3. Kerja spesifik kompresor terhadap putaran kompresor

RPM	R134a	DME
1000	70,10	128,78
1100	75,99	142,65
1300	83,20	154,85
1500	87,43	167,90

Kerja spesifik kompresor pada DME memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan refrigeran R134a. Terjadi kenaikan kerja spesifik kompresor jika sistem diretrofit menggunakan DME pada variasi berturut-turut 1000 RPM, 1100 RPM, 1300 RPM dan 1500 RPM adalah 83,71%, 103,50%, 120,90% dan 139,52%. Hal ini terjadi karena pada DME memiliki temperatur discharge yang yang lebih tinggi daripada R134a.



Gambar 6. Grafik hubungan kerja spesifik kompresor dengan variasi putaran kompresor

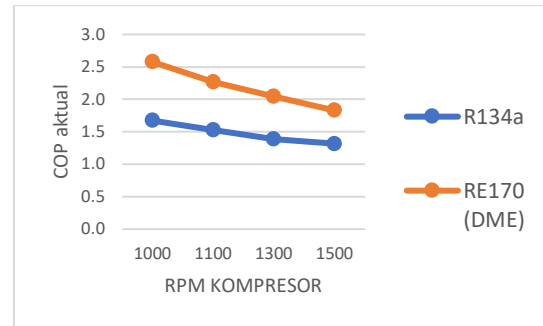
3.4 Perhitungan COP aktual

Hubungan COP aktual terhadap variasi putaran kompresor dapat dilihat pada Gambar 7. Terlihat bahwa COP aktual menurun seiring meningkatnya putaran kompresor. Hal ini disebabkan semakin tinggi putaran kompresor maka nilai efek refrigerasi semakin kecil sedangkan nilai kerja spesifik kompresor semakin besar.

Tabel 4. COP aktual terhadap putaran kompresor

RPM	R134a	DME
1000	1,67	2,58
1100	1,53	2,26
1300	1,38	2,05
1500	1,32	1,83

COP aktual pada DME memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan refrigeran R134a. Terjadi kenaikan COP aktual jika sistem diretrofit menggunakan DME pada variasi berturut-turut 1000 RPM, 1100 RPM, 1300 RPM dan 1500 RPM adalah 54,06%, 48,30%, 48,00% dan 38,85%. Hal ini terjadi karena nilai subcooled dan superheat pada DME yang lebih besar daripada R134a, sehingga memiliki nilai efek refrigerasi yang lebih besar.



Gambar 7. Grafik hubungan kerja spesifik kompresor dengan variasi putaran kompresor

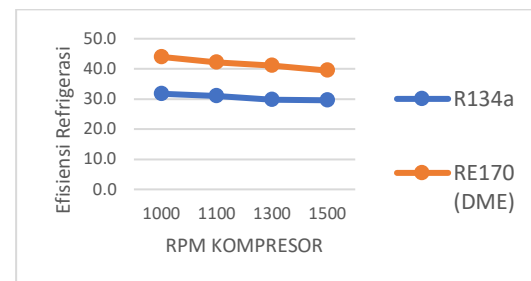
3.5 Perhitungan Efisiensi Refrigerasi

Hubungan kerja spesifik kompresor terhadap variasi putaran kompresor dapat dilihat pada Gambar 8. Terlihat bahwa kerja spesifik kompresor menurun seiring meningkatnya putaran kompresor. Hal ini disebabkan oleh semakin tinggi putaran kompresor maka COP aktual menjadi semakin kecil sehingga nilai efisiensi refrigerasi akan semakin menurun.

Tabel 5. Kerja spesifik kompresor terhadap putaran kompresor

RPM	R134a	DME
1000	70,10	128,78
1100	75,99	142,65
1300	83,20	154,85
1500	87,43	167,90

Terjadi kenaikan efisiensi refrigerasi jika sistem diretrofit menggunakan DME pada variasi berturut-turut 1000 RPM, 1100 RPM, 1300 RPM dan 1500 RPM adalah 38,54%, 36,28%, 38,16% dan 33,31%. Hal ini terjadi karena nilai COP aktual pada RE170 lebih besar daripada R134a. Sehingga dapat dinyatakan bahwa efisiensi pada sistem tersebut, refrigeran RE170 lebih optimal daripada R134a.



Gambar 8. Grafik hubungan efisiensi refrigerasi dengan variasi putaran kompresor

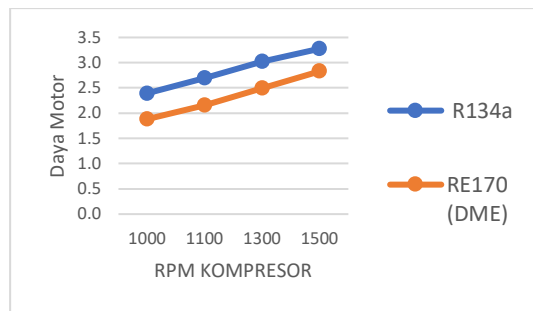
3.6 Perhitungan Daya Motor

Hubungan daya motor terhadap variasi putaran kompresor dapat dilihat pada Gambar 9. Terlihat bahwa COP aktual meningkat seiring meningkatnya putaran kompresor. Hal ini disebabkan oleh arus listrik yang semakin meningkat seiring dengan naiknya putaran kompresor. Besarnya nilai arus listrik dipengaruhi oleh kerja kompresor yang semakin tinggi seiring naiknya putaran kompresor.

Tabel 6. Daya motor terhadap putaran kompresor

RPM	R134a	DME
1000	2,39	1,88
1100	2,69	2,16
1300	3,02	2,49
1500	3,28	2,89

Kerja kompresi pada refrigeran R134a memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan refrigeran DME. Terjadi penurunan daya motor jika sistem diretrofit menggunakan DME pada variasi berturut-turut 1000 RPM, 1100 RPM, 1300 RPM dan 1500 RPM adalah -21,39%, -19,82%, -17,66% dan -13,67%. Hal ini terjadi karena massa jenis pada R134a lebih tinggi daripada DME yang menyebabkan kompresor kerjanya menjadi lebih berat kemudian arus listrik pada motor menjadi tinggi sehingga daya motornya pun meningkat.



Gambar 9. Grafik hubungan kerja spesifik kompresor dengan variasi putaran kompresor

4. KESIMPULAN

1. Refrigeran RE170/DME dapat digunakan sebagai refrigeran alternatif dari R134a, namun perlu adanya penyesuaian bahan pada komponen sistem untuk penggunaan dalam jangka waktu yang panjang.
2. Rasio kompresi akan mengalami kenaikan seiring meningkatnya RPM putaran kompresor. Refrigeran R134a memiliki nilai rasio kompresi yang lebih tinggi daripada refrigeran RE170 (DME).

3. Efek refrigerasi akan mengalami penurunan seiring meningkatnya RPM putaran kompresor. Refrigeran RE170 (DME) memiliki nilai efek refrigerasi yang lebih tinggi daripada refrigeran R134a.
4. Kerja spesifik kompresor akan mengalami kenaikan seiring meningkatnya RPM putaran kompresor. Refrigeran RE170 (DME) memiliki nilai kerja spesifik kompresor yang lebih tinggi daripada refrigeran R134a.
5. COP aktual akan mengalami penurunan seiring meningkatnya RPM putaran kompresor. Refrigeran RE170 (DME) memiliki nilai COP aktual yang lebih tinggi daripada refrigeran R134a.
6. Efisiensi refrigerasi akan mengalami penurunan seiring meningkatnya RPM putaran kompresor. Refrigeran RE170 (DME) memiliki nilai efisiensi refrigerasi yang lebih tinggi daripada refrigeran R134a.
7. Daya motor akan mengalami kenaikan seiring meningkatnya RPM putaran kompresor. Refrigeran RE170 (DME) memiliki daya motor yang lebih tinggi daripada refrigeran R134a.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Politeknik Negeri Bandung dan para pembimbing atas dukungan dalam penyusunan makalah ini. Dan kepada orang-orang terdekat penulis atas motivasi yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haryanto, "Kajian Numerik Variasi R-290 Dan R-600a sebagai Pengganti R-134a Pada Ac Mobil Menggunakan Software Refprop," Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2022.
- [2] K. Sumeru, C. Sunardi, A. Abdul Aziz, H. Nasution, A. M. Abioye, and M. F. Muhamad Said, "Comparative performance between R134a and R152a in an air conditioning system of a passenger car," *J. Teknol.*, vol. 78, no. 10–2, pp. 1–6, 2016, doi: 10.11113/jt.v78.9661.
- [3] M. Schulz and D. Kourkoulas, "Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006," *Off. J. Eur. Union*, vol. 2014, no. 517, p.

- L150/195-230, 2014, [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/517/oj>
- [4] E. Hmood, Kamel S; Apostol, Valentin; Pop, Horatiu; badescu, Viorel; Pop, "Performance assessment of an electrolyte-supported and anode-supported planar solid oxide fuel cells hybrid system," *J. Therm. Eng.*, vol. 7, no. 7, pp. 1921–1935, 2021, doi: 10.14744/jten.2021.0006.
- [5] M. I. N. Aisyah, Nyanyu; Alhamid, "Exergy and Exergoenvironmental Assessment and Optimization of Low GWP Refrigerant for Vapor Compression Heat Pump System," *Int. J. Technol.*, pp. 1256–1265, 2018.
- [6] M. I. N. et al Susanto, Edy; Alhamid, "An Experimental Investigation on Mass Effect of Hydrocarbon Refrigerant (R600a) on Household Refrigerator Energy Consumption," *AIP Conf. Proc.*, vol. 020045, no. January, 2019.
- [7] N. Mota, E. M. Ordoñez, B. Pawelec, J. L. G. Fierro, and R. M. Navarro, "Direct Synthesis of Dimethyl Ether from CO₂: Recent Advances in Bifunctional/Hybrid Catalytic Systems," *Catalysts*, vol. 11, no. 4, 2021, doi: 10.3390/catal11040411.
- [8] B. O. Bolaji, O. A. Oyelaran, I. O. Abiala, T. O. Ogundana, and S. T. Amosun, "Energy and Thermal Conductivity Assessment of Dimethyl-Ether and Its Azeotropic Mixtures as Alternative Low Global Warming Potential Refrigerants in a Refrigeration System," *Environ. Clim. Technol.*, vol. 25, no. 1, pp. 12–28, 2021, doi: 10.2478/rtuct-2021-0002.
- [9] B. M. Adamson, "Dimethyl Ether As An R-12 Replacement IIR," *Comm. B E - Oslo, Norw.*, no. October, p. 226765, 1998.
- [10] A. Baskaran and P. Koshy Mathews, "A Performance Comparison of Vapour Compression Refrigeration System Using Eco Friendly Refrigerants of Low Global Warming Potential," *Int. J. Sci. Res. Publ.*, vol. 2, no. 1, pp. 2250–3153, 2012, [Online]. Available: www.ijsrp.org
- [11] A. Baskaran, N. Manikandan, and V. P. Sureshkumar, "Thermodynamic and Thermophysical Assessment of Dimethyl Ether Thermodynamic and Thermophysical Assessment of Dimethyl Ether and Its Blends Application in Household Refrigerator," *Int. J. Sci. Res. Rev.*, vol. 7, no. March, pp. 313–319, 2018.
- [12] A. Baskaran, V. P. Sureshkumar, and N. Manikandan, "Effects of Sub-Cooling on The Performance of R152a and RE170 As," *Glob. J. Res. Anal.*, no. November 2018, 2019.
- [13] A. Baskaran, N. Manikandan, N. Nagaprasad, and K. Ramaswamy, "Second Law Assessment of Di methyl Ether and Its Mixtures in Domestic Refrigeration System," *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-27600-9.
- [14] P. Siddegowda, G. M. Sannappagowda, V. Jain, and S. J. Gowda, "Hydrocarbons as Alternate Refrigerants to Replace R134a in Domestic Refrigerators," *Int. Inf. Eng. Technol. Assoc.*, vol. 29, no. 2, pp. 95–99, 2019.
- [15] S. Kumar, "Thermodynamic Analysis of Di Methyl Ether and Its Blends As Alternative Refrigerants To R134a in a Vapour Compression Refrigeration System," *Sci. J. Impact Factor*, vol. 5, no. 12, 2019.
- [16] W. H. Mirakusuma, A. Setyawan, L. M. Simbolon, M. Arman, and Susilawati, "Effects of Evaporating Temperature on the Flow Pattern of Dimethyl Ether in a Horizontal Evaporator," *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 100, no. 1, pp. 44–52, 2022, doi: 10.37934/arfmts.100.1.4452.
- [17] A. Yuswandi, "Pengujian Unjuk Kerja Sistem AC Mobil Statik Eksperimen Menggunakan Refrigeran CFC-12 dan HFC-134a," *Fak. Tek. Universitas Sebel. Maret*, 2007.
- [18] I. Ferdian, Feri; Sandi, Aji Laksamana; Wahid, "Analisa Pengaruh Jenis Refrigeran 134a pada Mobil 1500 CC dengan Variasi Kecepatan Putaran Kompresor," *Pros. Senakama*, vol. 1, no. September, 2022.
- [19] R. Marindho, Dwi Cahyo; Wibowo, "Pengujian Kinerja HFC-134 Refrigeran Motor Pada AC Mobil (Percobaan Statis) dengan Variasi Kecepatan Putar Kompresor," *Pros. SNATIF*, vol. 3, pp. 2–7, 2016.