

UJI KINERJA FREEZER MENGGUNAKAN DIMETHYL ETHER SEBAGAI REFRIGERAN PENGGANTI R134a

Mawaddati Sofwah Utami^{1*)}, Windy Hermawan Mitrakusuma¹, Luga Martin Simbolon¹,
Parisyia Premiera Rosulindo¹

¹Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012, Indonesia

^{*)}E-mail: mawaddati.sofwah.tptu419@polban.ac.id

Abstrak: R134a banyak digunakan sebagai refrigeran pada sistem refrigerasi, namun refrigeran tersebut memiliki dampak terhadap peningkatan pemanasan global. Dampak tersebut dapat dikurangi dengan menggunakan dimethyl ether sebagai refrigeran alternatif pengganti R134a. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kinerja dimethyl ether sebagai refrigeran pengganti R134a pada aplikasi sistem refrigerasi berupa freezer. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kinerja freezer saat menggunakan refrigeran R134a dan menggunakan refrigeran dimethyl ether. Adapun penggunaan dimethyl ether pada pengujian divariasikan berdasarkan massa, yaitu 60 gram, 70 gram, dan 80 gram, atau dalam persentase sebanyak 30%, 46,7%, dan 53,3 % dari jumlah massa R134a. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa nilai COP pada kinerja freezer lebih tinggi saat menggunakan dimethyl ether dibandingkan saat menggunakan R134a dan efisiensi yang lebih tinggi dibanding dengan refrigeran R134a, dan daya kompresor lebih rendah dibanding dengan R134a. Pengujian variasi massa dimethyl ether yang mendekati kondisi R134a adalah pada massa 70 gram, sehingga pengisian jumlah refrigeran dimethyl ether sebagai pengganti R134a berkurang menjadi 46,7% dari jumlah R134a.

Kata kunci: dimethyl ether, freezer, R134a.

Freezer Performance Test Using Dimethyl Ether as A Refrigerant Replacement for R134a

Abstract: R134a is widely used as a refrigerant in refrigeration systems, but this refrigerant has an impact on increasing global warming. This impact can be reduced by using dimethyl ether as an alternative refrigerant to replace R134a. In this research, the performance of dimethyl ether was tested as a substitute refrigerant for R134a in refrigeration system applications in the form of freezers. Tests were carried out by comparing the performance of the freezer when using refrigerant R134a and using dimethyl ether refrigerant. The use of dimethyl ether in the test was varied based on mass, namely 60 grams, 70 grams and 80 grams, or in percentages as much as 30%, 46.7% and 53.3% of the total mass of R134a. The results of this test indicate that the COP value for freezer performance is higher when using dimethyl ether than when using R134a, the efficiency is higher than refrigerant R134a, and the compressor power is lower than R134a. Testing for variations in the mass of dimethyl ether that approached the condition of R134a was at a mass of 70 grams, so that the amount of refrigerant filled with dimethyl ether as a substitute for R134a was reduced to 46,7% of the amount of R134a.

Keywords: dimethyl ether, freezer, R134a.

PENDAHULUAN

Refrigeran merupakan salah satu elemen paling penting dalam suatu sistem refrigerasi. Refrigeran berperan sebagai bahan pendingin untuk mendinginkan atau membekukan bahan dengan cara menyerap kalor dari bahan yang didinginkan atau dibekukan. Di Indonesia

refrigeran yang banyak digunakan adalah refrigeran jenis HFC (hydrofluorocarbons) yang lebih dikenal dengan R134a. Meskipun R134a sudah cukup ramah lingkungan dengan potensi penipisan ozon atau Ozone Depletion Potential (ODP) sebesar nol, yaitu tidak menimbulkan potensi penipisan ozon, namun R134a ini masih dapat menyebabkan pemanasan global dengan nilai Global Warming Potential (GWP) sebesar 1300 (Sumardi et al., 2020).

Sebagaimana pada Keputusan Presiden Republik Indonesia nomor 23 tahun 1992 tentang Pengesahan Protokol Montreal, dan Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1994 tentang Pengesahan United Nations Framework Convention on Climate Change. Indonesia memiliki kewajiban untuk melaksanakan program perlindungan lapisan ozon serta berkomitmen untuk melakukan upaya menurunkan emisi gas rumah kaca dan bergerak aktif mencegah terjadinya perubahan iklim. Pemerintah Indonesia telah melarang penggunaan refrigeran yang mengandung bahan perusak ozon. Indonesia berkomitmen untuk menghapuskan penggunaan senyawa HFC secara bertahap sampai 80% di tahun 2040 untuk membantu memulihkan lapisan ozon (Puspa, 2022).

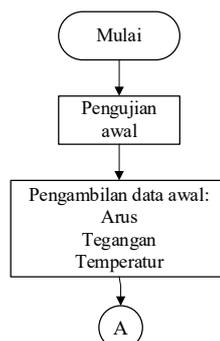
Indonesia mengembangkan dimethyl ether yang diproduksi dari bahan baku batu bara sebagai pengganti bahan bakar LPG. Dengan sumber daya batu bara yang melimpah, potensi untuk terus mengembangkan dimethyl ether sangat tinggi (Gardian, 2022). Dimethyl ether (DME) dapat dimanfaatkan dalam bidang refrigerasi sebagai refrigeran. DME merupakan salah satu senyawa hidrokarbon yang ramah lingkungan dengan nilai ODP sebesar nol dan nilai GWP yang sangat kecil. DME memiliki sifat yang mirip dengan R134a sehingga dapat menjadi refrigeran alternatif pengganti R134a (Baskaran, Manikandan, & Sureshkumar, 2018).

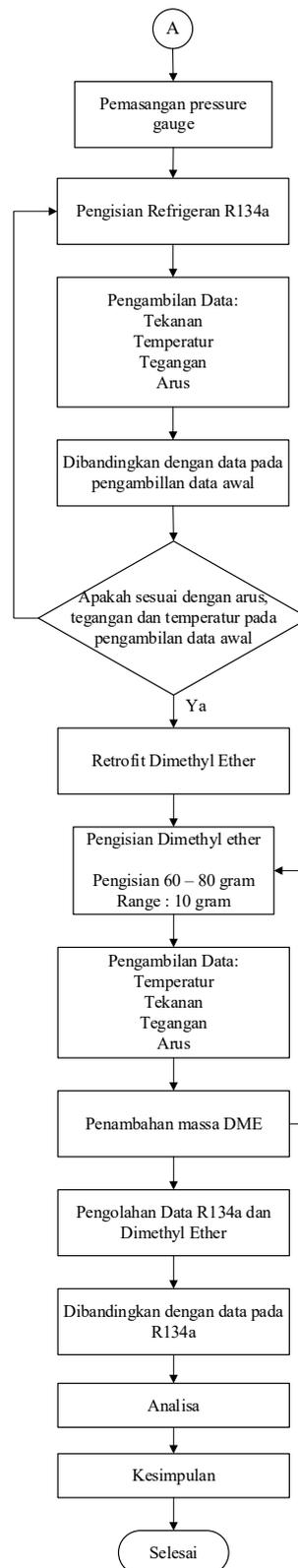
Salah satu aplikasi sistem refrigerasi yang menggunakan R134a sebagai refrigeran adalah freezer. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian kinerja dimethyl ether sebagai refrigeran pada freezer untuk mengetahui jumlah refrigeran DME dengan kinerja yang terbaik dari variasi jumlah refrigerant dan mengetahui perbandingan kinerja freezer menggunakan R134a dan DME. Freezer yang digunakan yaitu freezer chest type dengan refrigeran existing berupa R134a.

METODE

Berdasarkan pertanyaan yang diajukan, penelitian ini dapat dikategorikan sebagai jenis penelitian pengembangan, juga dikenal sebagai penelitian dan pengembangan (R&D). Artinya, pengembangan modul dan RPP menggunakan model pembelajaran kolaboratif tipe Stad dengan tema kelistrikan sepeda motor. Pemeliharaan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Ristek Jaya Jakarta.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yang dilakukan dengan melakukan pengujian dan pengukuran terhadap objek penelitian serta pendekatan analisis kinerja sistem dengan parameter-parameter yang telah ditentukan. Objek pada penelitian ini yaitu sebuah unit freezer chest type dengan sistem kompresi uap. Penelitian dilakukan di laboratorium refrigerasi jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung dengan waktu penelitian selama dua bulan. Berikut merupakan diagram alir pengujian freezer pada penelitian ini pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram alir pengujian freezer

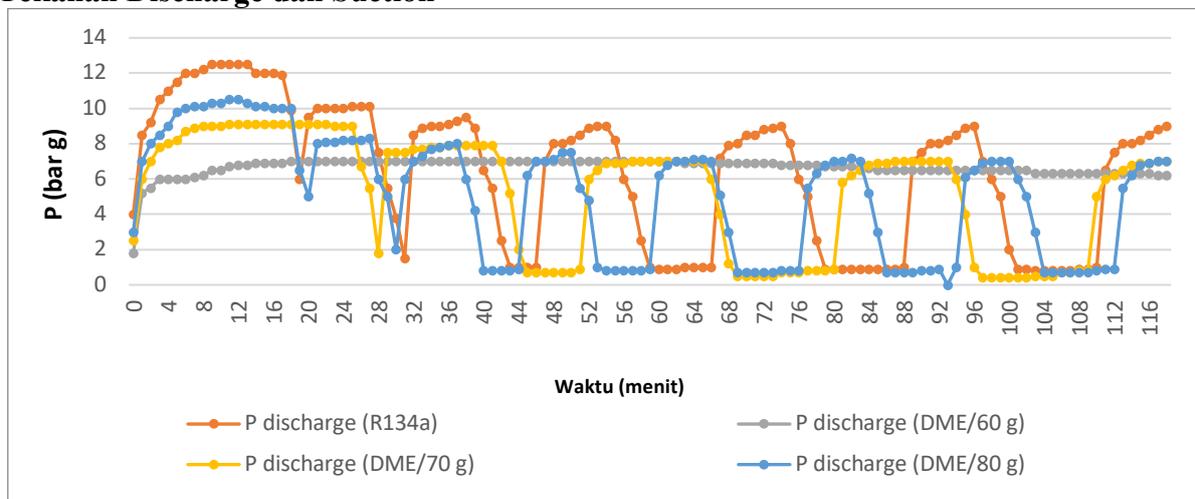
Penelitian dimulai dengan melakukan pengujian dan pengambilan data awal. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui arus, tegangan, dan temperatur pada freezer. Karena diperlukan adanya data tekanan, maka setelah pengujian awal dipasang pressure gauge dan data pengujian awal dijadikan sebagai acuan pada pengambilan data selanjutnya yaitu saat pengambilan data menggunakan R134a. Setelah pressure gauge terpasang, kemudian dilakukan pengisian R134a

pada unit dengan melakukan proses vacum terlebih dahulu. Pengisian R134a dilakukan seraya mengukur massa refrigeran yang diisikan ke dalam sistem. Kemudian dilakukan pengambilan data dengan penambahan data tekanan. Jika data sudah sesuai dengan data pada pengujian awal, dilakukan proses retrofit menggunakan DME. Pengisian pada DME dilakukan dari 60 gram sampai 70 gram massa R134a dengan range pengisian 10 gram. Setiap pengisian tersebut dilakukan pengambilan data dan dibandingkan dengan data pada R134a.

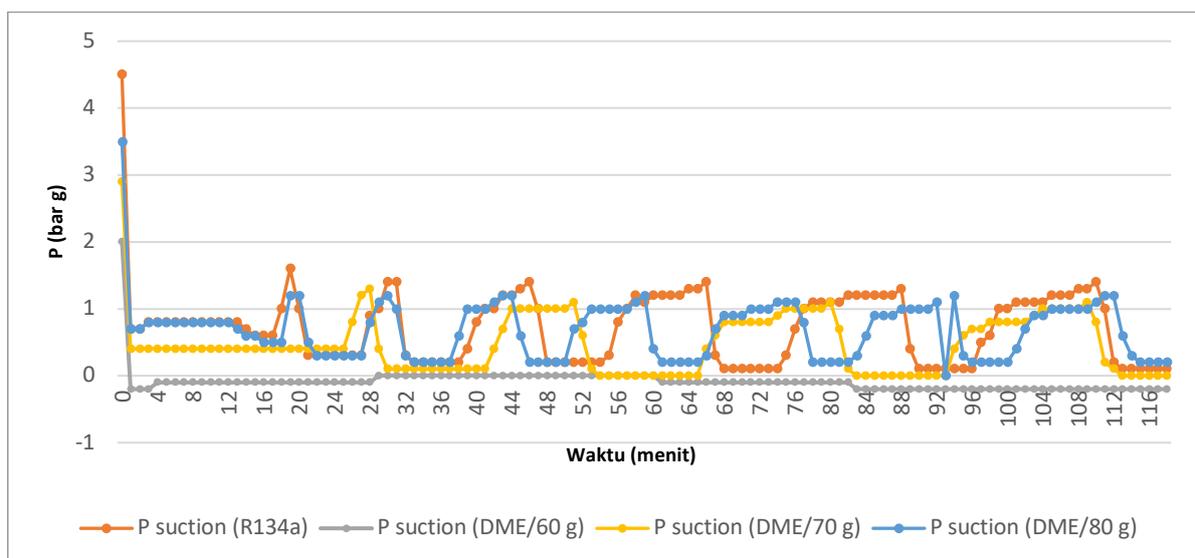
HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter yang akan dianalisis meliputi tekanan, temperatur, COP aktual, COP carnot, kapasitas refrigerasi, dan daya kompresor. Grafik data yang akan ditampilkan merupakan grafik perbandingan antara R134a dengan variasi massa DME. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui persentase DME dengan kinerja terbaik dengan mengacu pada R134a.

Tekanan Discharge dan Suction



Gambar 2. Grafik tekanan discharge terhadap waktu

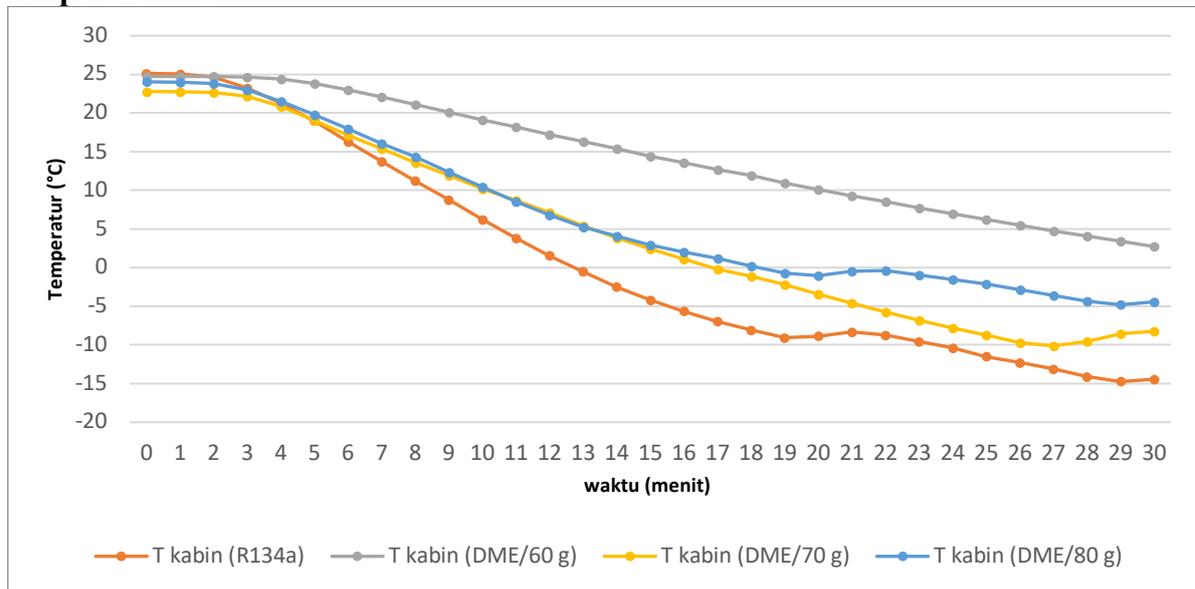


Gambar 3. Grafik tekanan suction terhadap waktu

Nilai tekanan discharge DME lebih rendah dari nilai tekanan discharge R134a. Begitupun dengan tekanan suction, tekanan suction DME lebih rendah dari tekanan suction R134a. DME

memiliki tekanan yang lebih baik. Karena COP saat freezer menggunakan DME lebih besar daripada saat freezer menggunakan R134a.

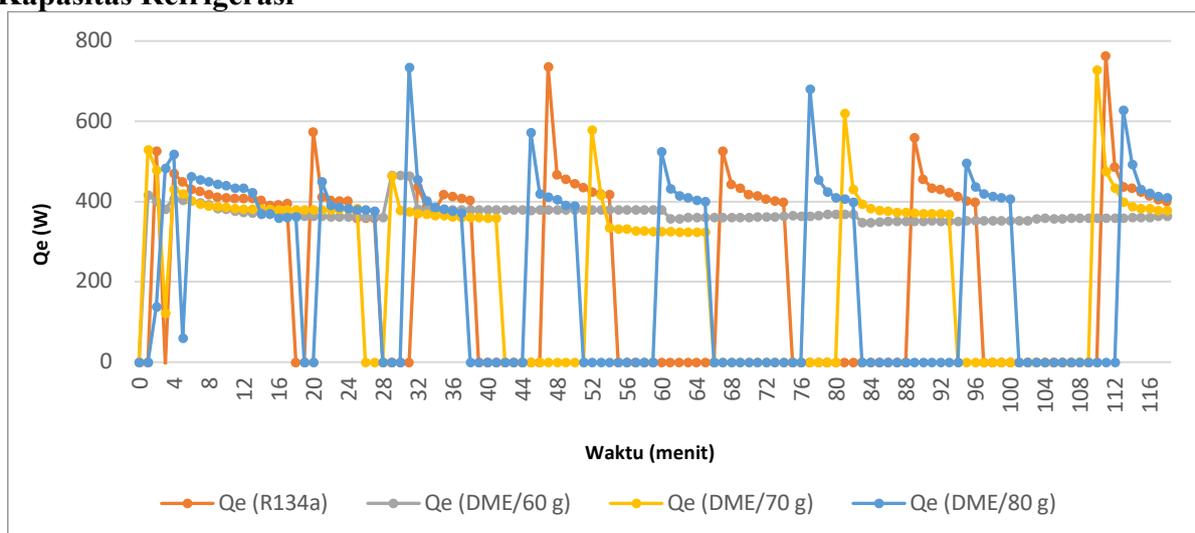
Temperatur Kabin



Gambar 4. Grafik temperatur kabin terhadap waktu

Grafik temperatur kabin terhadap waktu ini diambil selama 30 menit waktu pengujian. Waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan temperatur kabin saat menggunakan R134a lebih cepat daripada saat menggunakan DME. Untuk mencapai temperatur yang sama pada 5°C, waktu yang dibutuhkan oleh R134a lebih cepat dari DME. R134a memiliki waktu selama 10 menit untuk mencapai temperatur 5°C, DME dengan massa 60 gram selama 26 menit, DME dengan massa 70 gram selama 13 menit, dan DME dengan massa 80 gram selama 13 menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa R134a memiliki kemampuan untuk menarik kalor yang lebih besar daripada DME.

Kapasitas Refrigerasi

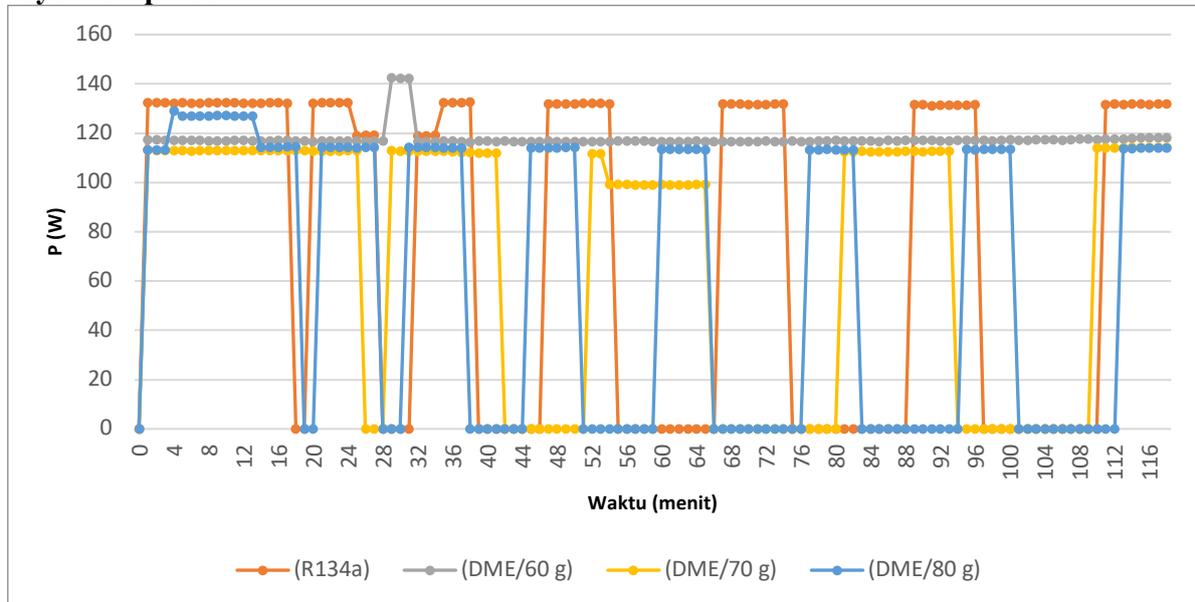


Gambar 5. Grafik kapasitas refrigerasi terhadap waktu

Kapasitas refrigerasi yang dihasilkan oleh R134a cenderung sama dengan kapasitas refrigerasi yang dihasilkan oleh DME. Hal tersebut terjadi karena efek refrigerasi yang

dihasilkan pada saat menggunakan R134a kecil dengan laju aliran refrigeran yang besar, berkebalikan dengan saat menggunakan DME, yaitu efek refrigerasi yang dihasilkan besar dengan laju aliran massa refrigeran yang kecil. Laju aliran massa refrigeran pada saat freezer menggunakan DME lebih kecil karena massa DME dalam freezer lebih sedikit daripada massa R134a. Nilai kapasitas refrigerasi diperoleh dengan mengalikan nilai laju aliran massa refrigeran dengan nilai efek refrigerasi.

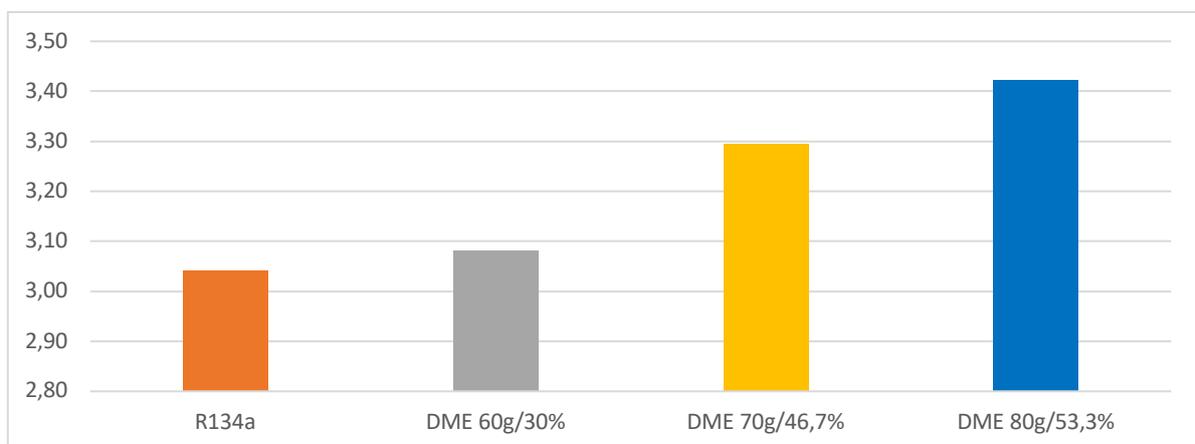
Daya Kompresor



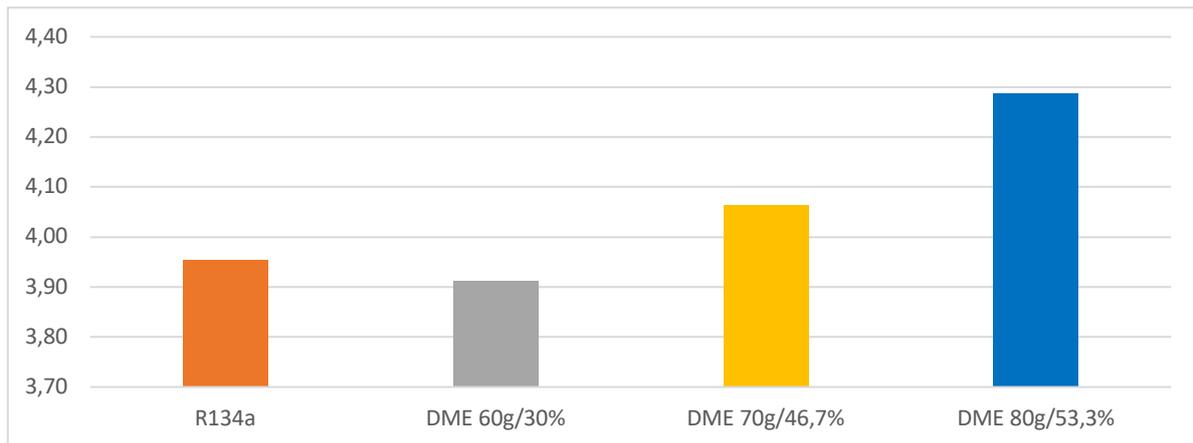
Gambar 6. Grafik daya kompresor terhadap waktu

Pada grafik di atas dapat diketahui bahwa daya masukan kompresor pada freezer yang menggunakan R134a lebih besar dari pada saat freezer menggunakan DME. Dilihat dari besarnya daya pada kompresor, freezer saat menggunakan DME dengan massa 70 gram lebih baik dibandingkan dengan dua variasi massa yang lain karena daya kompresor yang dihasilkan lebih kecil.

Coefficient of Performance (COP)



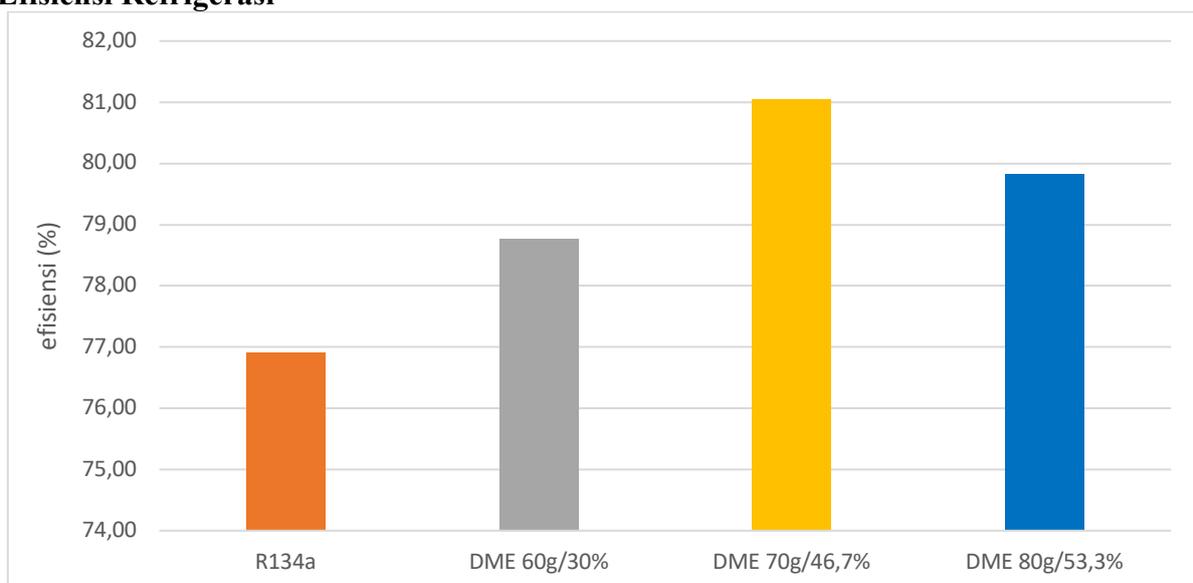
Gambar 7. Perbandingan COP aktual R134a dan DME



Gambar 8. Perbandingan COP carnot R134a dan DME

COP aktual merupakan perbandingan antara kapasitas refrigerasi dengan daya kompresor. Semakin besar kapasitas refrigerasi yang dihasilkan maka semakin besar nilai COP aktual. Dan semakin besar daya kompresor maka semakin kecil nilai COP aktual. Nilai COP aktual pada sistem menggunakan R134a lebih kecil daripada sistem menggunakan DME pada semua variasi massa. Dan nilai COP carnot didapat dengan membandingkan temperatur evaporasi dengan selisih antara temperatur evaporasi dan temperatur kondensasi.

Efisiensi Refrigerasi



Gambar 9. Perbandingan efisiensi R134a dan DME

Grafik diatas menunjukkan nilai efisiensi sistem saat sistem dalam kondisi steady. Berdasarkan grafik dapat diketahui bahwa nilai efisiensi sistem saat menggunakan R134a lebih kecil daripada saat sistem menggunakan DME. Berdasarkan nilai efisiensi, maka DME dengan masaa 70 gram lebih baik karena memiliki efisiensi yang paling besar.

Resume Perbandingan R134a dan DME

Tekanan discharge saat menggunakan R134a lebih besar daripada saat menggunakan DME. Tekanan DME baik pada tekanan discharge maupun tekanan suction memiliki nilai tekanan yang lebih rendah daripada R134a. Chilling time pada DME lebih lama. Pada kapasitas refrigerasi dan daya kompresor, DME memiliki nilai yang lebih rendah daripada R134a.

Tabel 1. Perbandingan R134a dan DME

Parameter	Satuan	R134a	DME		
			80g/53,3%	70g/46,7%	60g/30%
Tekanan <i>discharge</i>	bar g	9,6	7,8	7,6	6,2
Tekanan <i>suction</i>	bar g	0,2	0,3	0,1	-0,2
<i>Chilling time</i>	menit	17	18	25	132
Tempertur kabin	°C	-15,82	-5,12	-15,26	-27,16
Kapasitas refrigerasi	W	396,13	390,01	363,24	364,47
Daya kompresor	W	130,22	113,96	110,24	118,30
COPa	-	3,04	3,42	3,29	3,08
COPc	-	3,95	4,29	4,06	3,91
Efisiensi	%	76,91	79,82	81,05	78,77

Dari parameter-parameter diatas, yang kondisi pada saat freezer menggunakan R134a yang dijadikan acuan yaitu parameter chilling time dan temperatur kabin, namun dari kedua parameter tersebut menunjukkan perbedaan. Pada parameter chilling time, kondisi yang mendekati chilling time pada R134a adalah pada DME dengan massa 80 gram, sedangkan pada temperatur kabin kondisi yang mendekati temperatur kabin pada R134a adalah pada DME dengan massa 70 gram. Untuk DME dengan massa 80 gram, meskipun chilling time mendekati kondisi chilling time pada R134a, namun temperatur kabin tidak tercapai jauh lebih tinggi dari temperatur kabin pada R134a. Sedangkan untuk DME dengan massa 70 gram, temperatur kabin dapat tercapai mendekati kondisi pada R134a dengan perbedaan yang kecil yaitu sebesar 0,5°C meskipun waktu yang dibutuhkan pada chilling time lebih lama.

Berdasarkan hal tersebut, maka parameter yang dijadikan acuan yaitu temperatur kabin. Dengan demikian, jumlah DME yang dimasukkan ke dalam sistem untuk menggantikan R134a yaitu sebanyak 70 gram atau 46,7% dari massa R134a. Selain itu, untuk mencapai temperatur kabin yang sama dengan R134a, daya kompresor yang dikonsumsi oleh sistem freezer pada DME 70 gram lebih rendah dan efisiensi refrigerasi pada DME sebanyak 70 gram juga memiliki nilai yang paling tinggi dari variasi massa yang lain dan lebih tinggi dari efisiensi pada R134a.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan mengenai uji kinerja freezer menggunakan dimethyl ether sebagai refrigeran pengganti R134a, dapat disimpulkan bahwa:

1. Chilling time yang dibutuhkan oleh freezer saat menggunakan R134a lebih cepat dibanding dengan saat freezer menggunakan DME. Dan DME dengan massa 80 gram memiliki chilling time yang lebih cepat dari pada DME 60 gram dan 70 gram.
2. Temperatur kabin pada freezer menggunakan R134a memiliki temperatur sebesar -15,82°C. Temperatur kabin yang mendekati temperatur R134a yaitu DME 70 gram dengan temperatur sebesar -15,26°C.
3. Kapasitas refrigerasi yang dihasilkan saat freezer menggunakan R134a lebih besar daripada saat menggunakan DME. Besarnya kapasitas refrigerasi pada freezer saat menggunakan R134a.
4. Daya kompresor saat freezer menggunakan R134a lebih besar daripada saat menggunakan DME. Efisiensi refrigerasi freezer saat menggunakan R134a lebih kecil daripada saat freezer menggunakan DME. Efisiensi freezer saat menggunakan DME 70 gram memiliki efisiensi yang paling besar yaitu 81,05%.
5. Berdasarkan parameter-parameter yang telah dianalisis, maka parameter yang dijadikan acuan untuk menentukan jumlah DME sebagai pengganti R134a yaitu temperatur kabin.

Dengan demikian, banyaknya jumlah DME yang dimasukkan ke dalam freezer untuk menggantikan R134a yaitu sebesar 46,7% dari massa R134a.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yaitu pada saat pengisian refrigeran, agar menggunakan timbangan yang lebih teliti agar massa refrigeran yang masuk sistem lebih tepat, dan menambahkan produk pada freezer sebagai beban pendinginan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE. (2001). *ASHRAE Fundamental Handbook*. Atlanta.
- Baskaran, A., Manikandan, N., & Sureshkumar, V. P. (2018). Thermodynamic analysis of di methyl ether and its blends as alternative refrigerants to R134a in a vapour compression refrigeration system. *Development*, 5(12).
- Ben Adamson, B. E., & Airah, M. (1998). Dimethyl ether as an R12 replacement. In *Proceeding of IIF-IIR conference (Commissions B1, B2, E1 and E2)*, Osslø, Norway (pp. 610-17).
- Bolaji, B. O., Oyelaran, O. A., Abiala, I. O., Ogundana, T. O., & Amosun, S. T. (2021). Energy and Thermal Conductivity Assessment of Dimethyl-Ether and its Azeotropic Mixtures as Alternative Low Global Warming Potential Refrigerants in a Refrigeration System. *Rigas Tehniskas Universitates Zinatniskie Raksti*, 25(1), 12-28. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2021-0002>
- Dossat, R. J. (1961). *Principles of Refrigeration* (Wiley Inte). John Wiley & Sons, Inc.
- Gardian, P. I. (2022). *Pemanfaatan DME Batu Bara Ancaman terhadap Ekonomi Hijau*. <https://Lcdi-Indonesia.Id/2022/07/13/Pemanfaatan-Dme-Batubara-Ancaman-Terhadap-Ekonomi-Hijau/>.
- Puspa, A. (2022). *Indonesia akan Hapuskan Penggunaan HFC untuk Pulihkan Lapisan Ozon*. <https://Mediaindonesia.Com/Humaniora/523047/Indonesia-Akan-Hapuskan-Penggunaan-Hfc-Untuk-Pulihkan-Lapisan-Ozon>.
- Sumardi, K., Pambudi, F. W., Berman, E. T., & Mutaufiq. (2020). Efek Penggantian R-134a Oleh R-1270 Terhadap Kinerja Showcase Refrigerator. In *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 3 (1): 1–8.