

STUDI PERBANDINGAN KINERJA FREEZER 1/5PK DENGAN R134a DAN MUSICOOL (MC-134)

Heriyanto Rusmaryadi^{1*}, Iskandar Badil², Abdul Mu'in³, Beno Kharisma⁴

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang, Indonesia

⁴Mahasiswa S-1 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang, Indonesia

*Email: herirusmaryadi@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Submitted:
15/12/2019

Revised:
25/01/2020

Accepted:
29/01/2020

Online-Published:
31/01/2020

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang bangun sistem *freezer* yang digunakan untuk mengkaji perbandingan kinerja mesin *freezer* 1/5 PK dengan fluida kerja R-134a dan Musicool MC-134. Pada penelitian ini komponen utama yang digunakan adalah kompresor *hermetic* 1/5 PK, evaporator jenis *plate surface evaporator*, kondensor jenis *air cooled condenser*, dan pipa kapiler. Pelaksanaan penelitiannya dilakukan dengan mengganti refrigeran R134a dengan Musicool MC-134 tanpa mengubah komponen pendukung sistemnya (*retrofit*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *retrofit* dari R-134a menjadi Musicool MC-134 sangat bisa dan layak untuk diterapkan. Sistemnya akan aman bila komponen-komponen sistem yang dipakai sesuai dengan prasyarat yang seharusnya (dari fluida kerja yang lama, R-134a), hal sebaliknya akan menyebabkan ketidakamanan karena kerentanan terhadap kebocoran (karena fluida kerja substitusi, MC-134, bersifat lebih mudah terbakar). Selain itu, penggunaan MC-134 akan menghasilkan penurunan temperatur yang jauh lebih cepat dibandingkan R-134a, dengan kata lain "lebih cepat dingin" yang nilainya 30% lebih cepat (untuk temperatur *set point* -18°C).

Kata kunci: Retrofit, Musicool, R-134a, MC-134, Freezer

ABSTRACT

The purpose of this research is to design a freezer system that is used to study the comparison of the performance of a 1/5 PK freezer with the working fluid R-134a and Musicool MC-134. In this research, the main components used are 1/5 PK hermetic compressor, plate surface evaporator, water cooled condenser, and capillary pipes. The research was carried out by replacing R-134a refrigerant with Musicool MC-134 without changing the supporting components of the system (*retrofit*). The results showed that the *retrofit* from R-134a to Musicool MC-134 was very capable and feasible to be implemented. The system will be safe if the components of the system used are in accordance with the prerequisites (from the old working fluid, R-134a), the opposite will cause insecurity due to susceptibility to leakage (since the substitution of working fluid, MC-134, is more flammable). In addition, the use of MC-134 will result in a temperature drop that is much faster than R-134a, in other words "cooler faster" which is 30% faster (for a set point temperature of -18°C).

© 2019 The Authors. Published by
Turbulen: Jurnal Teknik Mesin

doi:<http://dx.doi.org/10.36767%2Fturbulen.v2i2.560>

Keywords: Retrofit, Musicool, R-134a, MC-134, Freezer

1. PENDAHULUAN

Di dunia Refrigerasi dan Pengkondisian Udara (*Refrigeration and Air Conditioning*), penggunaan fluida kerja berbahan sintesis akan berdampak

negatif yang cukup besar bagi lingkungan. Dampaknya adalah penggerusan lapisan ozon (O₃, yang ada di lapisan atas atmosfer) dengan menguraikannya menjadi molekul-molekul gas oksigen (O₂). Padahal lapisan ozon ini sangat

diperlukan karena ber-fungsi memfilter fraksi sinar surya yang memba-hayakan kesehatan mahluk hidup di muka bumi. Ukuran yang menyatakan pengaruh suatu zat terhadap lapisan ozon adalah ODP, *Ozone Depleting Potential* (Aggarwal, et al., 2013).

Selama ini, solusinya adalah dengan penggunaan refrigeran yang relatif tak merusak lapisan ozon karena angka ODP-nya yang nyaris nol yang tidak diatur oleh Montreal Protocol (MP) tahun 1987 (Arora, 2009). Salah satu contoh refrigeran ini adalah R-134a. Hanya saja, jenis refrigeran ini masih memiliki efek negatif yang lainnya (yaitu efek rumah kaca) yang berperan secara signifikan terhadap pemanasan global (karena angka GWP-nya (*Global Warming Potential*) cukup besar). Untuk itulah, diperlukan fluida kerja baru yang memiliki efek minimal terhadap dua hal utama yang sudah dibahas tadi. (Sunaryo & Pranoto, 2012) sudah mencoba propan-isobutana meng-gantikan R-12 (di AC mobil) dan menyimpulkan bahwa penggu-naannya lebih efisien 58% dan 34,8% lebih cepat dingin.

PT Pertamina juga melakukan terobosan dengan mengenalkan produk turunan hidrokarbon alami yang disebut dengan Musicool. Varian Musicool yang bisa disetarakan dengan R-134a adalah Musicool MC-134, yang berkarakteristik mirip dengan R-134a. Kelebihan MC-134 adalah fluida kerja berkemurnian tinggi, tidak reaktif terhadap lapisan ozon, relatif tidak menyebabkan pemanasan global, dan membutuhkan pasokan energi listrik 20% lebih sedikit untuk sistemnya (Musicool MC-134, 2018). Kelebihan inilah yang menjadi pertimbangan untuk penelitian terhadap kedua jenis fluida kerja tadi.

(Suhengki & Prayudi, 2017) sudah meneliti Musicool MC-134 ini dengan memakai AC *Split*. Adapun hasil yang mereka dapatkan antara lain; MC-134 menaikkan kalor serapan evaporator, kalor buangan kondensor, dan COP sistem, MC-134 menurunkan jumlah massa refrigeran yang bersirkulasi dan kerja kompresor, dan retrofit dari R-134a ke MC-134 bisa dilakukan (dengan mewaspadai sifat mudah terbakarnya MC-134).

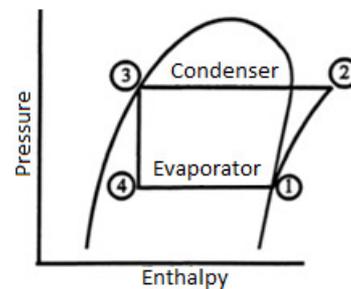
(M Mahendra, M Adrian & OF Homzah, 2015) R22 memiliki COP dan kapasitas pendinginan lebih baik yaitu sebesar 4,408 dan 7,3807 kW dibanding MC22 dan R407C. Pada penelitian ini MC22 memiliki kerja kompresor yang terkecil dibanding 2 refrigeran lainnya yaitu sebesar 1,386 kW.

1.1 Siklus Kompresi Uap

Mesin pengkondisian udara atau mesin pendingin adalah alat yang digunakan untuk menyerap panas pada suatu ruangan sampai temperatur ruangan tersebut lebih rendah dari temperatur lingkungannya (Bahtiar, 2019). Dimana,

mayoritas mesin pendingin mengguna-kan siklus kompresi uap. Jadi, di dalam sistem mesin tersebut ada fluida kerja yang bersirkulasi (dan fasanya, secara siklik, akan berubah dari cair ke gas secara berganti-ganti) yang akan menyerap panas pada tekanan rendah dan membuangnya pada tekanan tinggi. Adapun jumlah fluida kerja-nya (refrigeran) diusahakan selalu konstan jum-lahnya, sehingga bila ada kekurangan refrigeran (yang biasanya disebabkan oleh kebocoran) maka perlu diberi tambahan refrigeran yang baru.

Secara umum, mesin pendingin memiliki empat komponen utama, yaitu; kompresor, eva-porator, kondensor dan pipa kapiler/katup ekspansi (Dossat, 1980). Contoh mesin pendingin adalah *chiller*, *kulkas / lemari es*, *freezer*, dan *air conditioner (AC)*. Adapun contoh siklus kompresi uap sederhana bisa dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Diagram P-h siklus kompresi uap sederhana (Stoecker, 1998)

Di awalnya terjadi proses kompresi (titik 1, sebelum kompresor), dimana fluida kerja / refri-geran yang berfasa uap jenuh dan bertekanan rendah dinaikkan tekannya (dan secara simultan temperaturnya dinaikkan juga) hingga mencapai titik 2 yang fasanya (sepenuhnya) uap. Selanjutnya uap refrigeran dikondensasikan / diembun-kan (di kondensor) sehingga terjadi pelepasan kalor (yang dibuang keluar dari ruangan yang didinginkan) sedangkan tekanan uap refrigeran dijaga tetap konstan. Setelah itu, proses ekspansi (penurunan tekanan dan biasanya juga diiringi penurunan temperatur) melalui katup ekspansi sehingga fasanya sebagian besar adalah cairan. Terakhir, cairan refrigeran kembali diuapkan (melalui evaporator) pada tekanan konstan, sehingga kalor (dari ruangan yang dikondisikan) bisa diserap untuk menguapkan cairan refrigeran yang masih ada (hingga menjadi uap jenuh).

1.2 Refrigeran

Menurut (Arora, 2009), sebelum tahun 2000, fluida kerja yang digunakan di AC (*Air Conditioner*) biasanya adalah R-22, sedangkan R-12 digunakan untuk lemari es. Tetapi R12 adalah CFC (Karbon Kloro-Fluoro) yang akan menipis-kan

lapisan ozon sehingga digunakanlah beberapa pengganti R12, yaitu; (i) Refrigeran 290 (R-290) yaitu, Propana (C_3H_8), (ii) Refrigeran 134a (R-134a) yaitu Tetra-Fluoro Ethane ($C_2H_2F_4$ atau CH_2FCF_3), dan (iii) Refrigeran 600a (R-600a) yaitu Isobutane (C_4H_{10}).

Secara umum, sebuah zat harus memiliki kriteria tertentu untuk bisa dijadikan fluida kerja / refrigeran. (Bahtiar, 2019) menuliskan beberapa prasyarat untuk refrigeran, yaitu:

- Tekanan penguapannya sedikit di atas 1 atm (agar udara tak masuk ke sistem bila bocor).
- Tekanan kondensasi rendah agar tidak memerlukan kompresor berdaya tinggi dan struktur sistem pemipaan yang kuat.
- Kalor penguapan laten besar agar evaporator dapat menyerap kalor secara massif dari ruangan yang dikondisikan.
- Viskositas rendah (cair dan gas) agar rugi tekanan kecil saat refrigeran di pemipaan.
- Stabil, tidak reaktif, tidak korosif, dan tidak beracun, serta mudah terdeteksi bila bocor.
- Mampu bercampur dengan minyak pelumas (tanpa mengkontaminasinya).

Adapun karakteristik dari beberapa refri-geran bisa dilihat pada dua tabel berikut:

Tabel 1. Sifat-sifat refrigeran Musicool dan HFC (Musicool MC-134, 2018)

Properties	MC-134	HFC-134a	MC-22	HCFC-22
Enthalpy Liquid, kJ/kg	261	235	265	230
Enthalpy, v, kJ/kg	601	412	601	413
Density, l, kg/m	531	1207	492	1191
Density, v, kg/m	12,9	32,35	20,56	44,23
Specific Heat, l, kJ/kg.K	2,53	1,42	2,73	1,26
Specific Heat, v, kJ/kg.K	1,89	1,03	2,07	0,87
Viscosity, l, uPa-s	128	195	97,2	164
Viscosity, v, uPa-s	7,9	11,7	8,3	12,5
Thermal Conductivity, l, mW/m-K	92	81	94	83
Thermal Conductivity, v, mW/m-K	18	14	19	11
Surface Tension . N/m .10 ⁻³	9,5	8,1	7	8,1
Speed of Sound, m/s, l	780	506	723	541
Speed of Sound, m/s, v	212	144	215	160
Saturated Pressure, bar	5,7	6,7	9,5	10,4
Temperatur Glide, °C	7,7		0	

Tabel 2. Aspek lingkungan dari refrigeran (Musicool MC-134, 2018)

Description	CFC	HCF-22	HCF-134	HC
Natural	No	No	No	Yes
Atmospheric Lifetime (th)	130	15	16	<1
Global Warming Potential (relative to CO ₂ 500th)	4500	510	420	3
GRK				
Ozone Depleting Potential (relative to R-11 = 1)	1	0,06	0	0

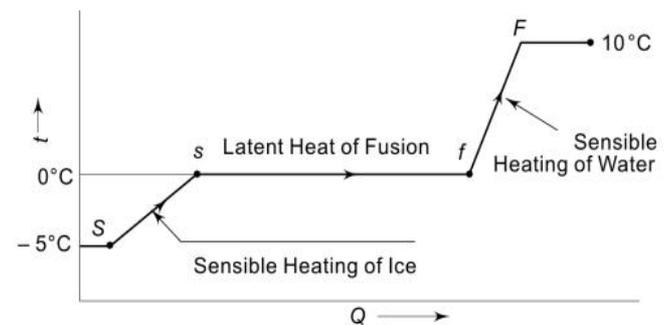
Di sini, bisa dijelaskan secara singkat bahwa R-134a atau HFC-134a adalah refrigeran sintetis Halo Alkana yang tidak merusak ozon yang mirip dengan R-12 (Karbon Kloro-Fluoro). Senyawa ini dapat larut dalam air dan titik didihnya -26,5°C dengan rumus kimia CH_2FCF_3 . Sedangkan Musicool MC-134 adalah refrigeran hidrokarbon produksi PT. Pertamina yang memang diproyeksi-kan untuk menggantikan R-134a yang memiliki keunggulan; bisa men-substitusi R-134a tanpa mengubah sistem pendingin dan oli pelumasnya, hanya perlu pengisian 30% dari volume refrigeran yang digantikannya, mereduksi 15% kebutuhan daya sistem, lebih cepat dalam pencapaian tempe-ratur *set point*, dan tidak memberikan efek rumah kaca.

1.3 Kompresi, Kondensasi, Refrigerasi, dan COP

Secara umum proses perpindahan kalor di sistem pendingin adalah kalor laten yang berhubungan dengan proses pencairan, evaporasi (penguapan) dan sublimasi, dan begitu juga sebaliknya (seperti; fusi, kondensasi dan desublimasi), dan perpindahan kalor yang diukur dengan persamaan 1.

$$Q = m \cdot \Delta h$$

Dimana Δh adalah kalor laten untuk proses yang berhubungan, misalnya; h_{fg} untuk kalor laten penguapan, h_{sg} untuk sublimasi dan h_{sf} untuk fusi. Subskrip *s, f* dan *g* masing-masing menyata-kan fasa, padat, cair dan gas. Penguapan (evaporasi) adalah metode yang paling umum digunakan dalam refrigerasi (pendinginan) untuk penyerapan kalor. Sublimasi digunakan dalam proses yang disebut dengan pengeringan beku. Pada Gambar 2 diberikan ilustrasi tentang kalor sensibel dan kalor laten (yang mengakibatkan perubahan fasa).



Gambar 2. Ilustrasi kalor sensibel dan laten (perubahan fasa) (Arora, 2009)

Sesuai Gambar 1, proses yang terjadi dalam sistem mesin pendingin bisa dihitung. Kerja dihitung berdasarkan perbedaan entalpi di sisi keluar kompresor (2) terhadap entalpi di sisi masuk

kompresor (1) yang merupakan kompresi entropi konstan sampai ke tekanan kondensasi (Stoecker, 1998), yaitu:

$$W_{kompresor} = h_2 - h_1$$

Dimana:

$$h_1 = \text{entalpi refrigeran saat temperatur } T_1 \text{ (kJ/kg)}$$

$$h_2 = \text{entalpi refrigeran saat temperatur } T_2 \text{ (kJ/kg)}$$

Efek kondensasi merupakan ukuran dari banyaknya kalor yang dilepaskan kondensator per satuan massa refrigerannya. Proses ini diusahakan terjadi pada tekanan yang konstan yang bisa dihitung dengan persamaan:

$$Q_{kondensator} = h_2 - h_3$$

Dimana:

$$h_3 = \text{entalpi refrigeran saat temperatur } T_3 \text{ di sisi keluar kondensator (kJ/kg)}$$

Efek refrigerasi bisa diartikan sebagai jumlah kalor yang diserap evaporator per satuan massa refrigerannya. Seperti pada kondensasi, proses ini pun diusahakan terjadi pada tekanan konstan dan bisa ditulis dengan persamaan:

$$Q_{evaporator} = h_1 - h_4$$

Dimana:

$$h_4 = \text{entalpi refrigeran saat temperatur } T_4 \text{ di sisi masuk evaporator (kJ/kg)}$$

Untuk mengukur kinerja sistem pendinginan, digunakan COP (*Coefficient of Performance*) yang merupakan rasio antara efek refrigerasi terhadap kerja kompresi yang diberikan (Stoecker, 1998). Jadi, persamaannya adalah:

$$COP = \frac{Q_{evaporator}}{W_{kompresor}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Selain itu, ada besaran lainnya yang diperlukan dalam perhitungan sistem pendinginan, yaitu laju aliran massa refrigerannya. Laju aliran massa ini bisa dihitung dengan formula:

$$\dot{m} = \frac{P_{kompresor}}{W_{komp}} = \frac{V \cdot I / 1000}{W_{komp}}$$

Dimana:

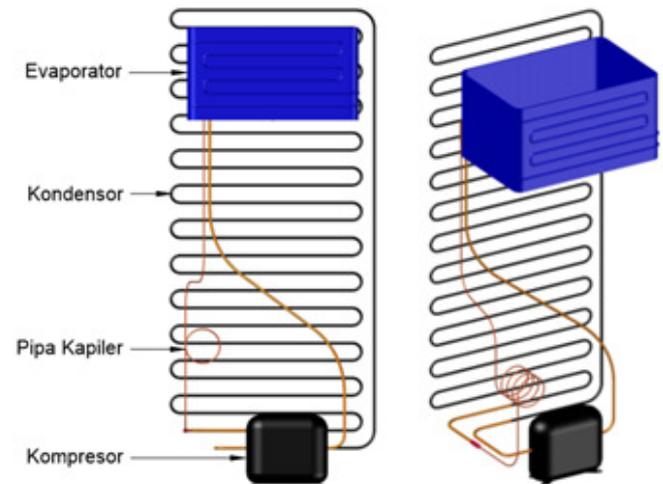
$$P_{kompresor} = \text{daya kompresor (kW)}$$

$$V = \text{tegangan kompresor saat berjalan (volt)}$$

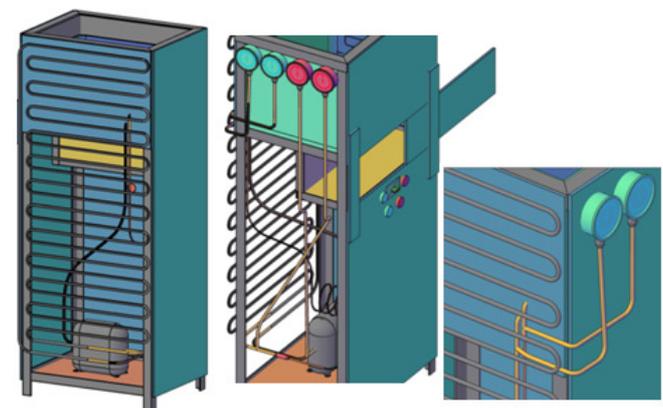
$$I = \text{arus listrik kompresor (ampere)}$$

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metode dalam penelitian ini meliputi: studi pustaka (untuk mendapatkan teori-teori pendukung) dan studi lapangan (untuk melihat penggunaan freezer ini di lapangan). Prosedur penelitian dimulai dari mendesain alat, penentuan bahan, perkakas dan alat ukur yang diperlukan. Setelah pembuatan alat selesai dikerjakan, pengujian perlu dilakukan untuk mengetahui kinerja alat, serta untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan dari alat yang dibuat.



Gambar 3. Desain sistem pendinginan freezer



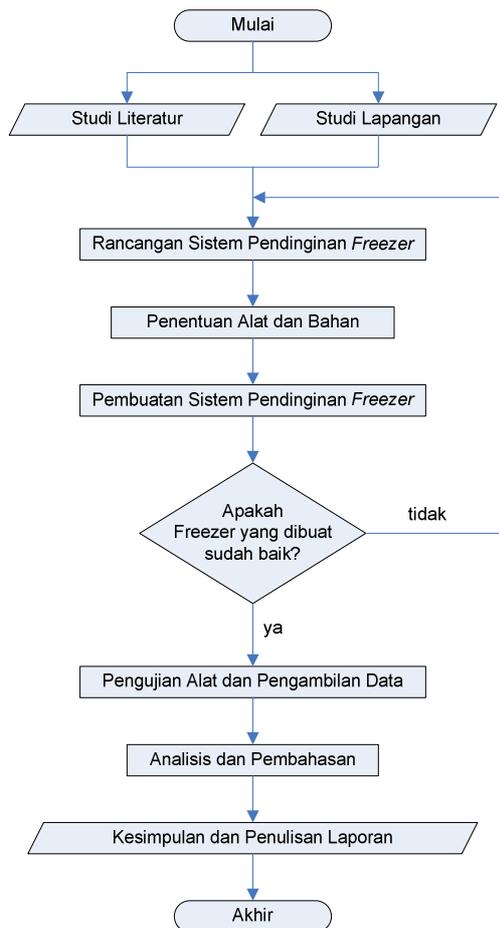
Gambar 4. Desain rangka dan instrumentasi sistem pendinginan freezer

Desain alat bisa dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Adapun diagram alir penelitian bisa dilihat pada Gambar 5. Sedangkan prosedur pengujian dan pengambilan data untuk penelitian ini adalah:

- Pengujian sistem pendinginan freezer agar bebas

dari kebocoran.

- Pengosongan refrigeran yang dipakai untuk mengetes kebocoran dan dilanjutkan dengan memvakum freezer sampai manifold gauge atau pressure gauge menunjukkan angka 30 in Hg atau bisa juga pemvakuman dilakukan selama 1 jam.
- Dilanjutkan dengan pengisian refrigeran R-134a (dengan memperhatikan jumlah massa yang masuk) diiringi dengan pengukuran tegangan dan arus listrik (sebelum pengisian refrigeran). Pengisian dilakukan sampai tekanan menjadi 0,14 bar atau 2 psi (dimana mesin dalam keadaan hidup). Setelah itu, mesin dibiarkan stabil selama 2 jam (dalam keadaan mati).
- Set point temperatur kabin adalah -18°C dan dilanjutkan dengan menghidupkan mesin dan mulai pengambilan data (setiap 5 menit sekali, baik untuk data-data temperatur, tekanan, dan waktu). Pencatatan data akan terhenti bila temperatur set point sudah tercapai (karena termokopel memutuskan aliran listrik ke mesin).
- Semua langkah-langkah di atas diulangi lagi untuk refrigeran Musicool MC-134.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Adapun penelitian ini dilaksanakan sejak pertengahan bulan Juli 2019 s.d. pertengahan Oktober 2019. Tempat penelitian adalah di Laboratorium Konversi Energi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridnanti Palembang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Perhitungan

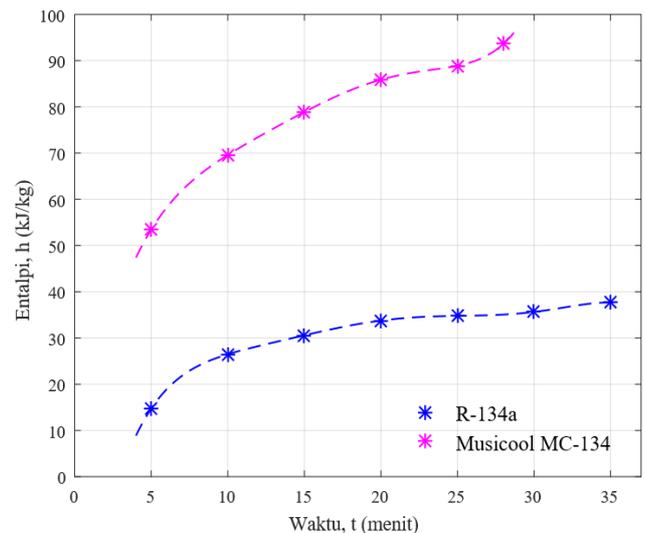
Berdasarkan data hasil pengujian, dilaku-kanlah perhitungan dengan menggunakan per-samaan-persamaan yang ada di Tinjauan Pustaka. Hasilnya ditabulasikan yang bisa dilihat di tabel berikut ini:

Tabel 3. Data hasil perhitungan

Waktu (menit)	R-134a					Musicool MC-134				
	W_{komp} (kJ/kg)	Q_{evap} (kJ/kg)	Q_{kond} (kJ/kg)	m_{dot} (kg/s)	COP	W_{komp} (kJ/kg)	Q_{evap} (kJ/kg)	Q_{kond} (kJ/kg)	m_{dot} (kg/s)	COP
5	14,740	162,870	177,610	0,01900	11,0490	53,470	300,630	354,100	0,00510	5,6224
10	26,480	154,840	181,320	0,01060	5,8474	69,609	289,747	359,36	0,00390	4,1625
15	30,580	152,650	183,230	0,00920	4,9918	78,894	285,413	364,31	0,00350	3,6176
20	33,760	151,490	185,250	0,00830	4,4872	85,880	281,541	367,42	0,00320	3,2783
25	34,770	151,200	185,970	0,00800	4,3485	88,895	281,974	370,87	0,00312	3,1720
28						93,635	281,325	374,960	0,00290	3,0045
30	35,640	152,070	187,710	0,00780	4,2668					
35	37,660	151,350	189,010	0,00740	4,0188					

3.2 Analisis Hasil Pengujian

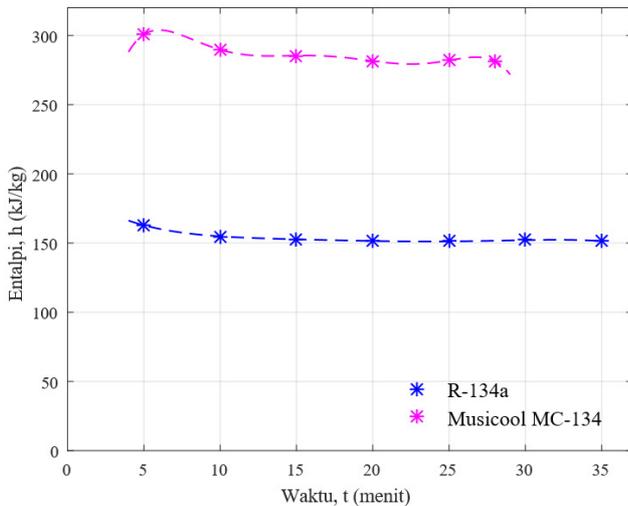
Dari Gambar 6, terlihat bahwa kerja kompresi dan persentase kenaikannya per satuan waktu untuk MC-134 jauh lebih besar jika dibandingkan dengan R-134a. Secara rata-rata, persentase kenaikan kerja kompresi untuk MC-134 adalah 8,033 kJ/kg berbanding 3,820 kJ/kg untuk R-134a (untuk setiap rentang waktunya). Konsekuensi-nya, temperatur set point-nya pasti bisa dicapai dalam waktu yang lebih singkat juga.



Gambar 6. Kurva kerja kompresi

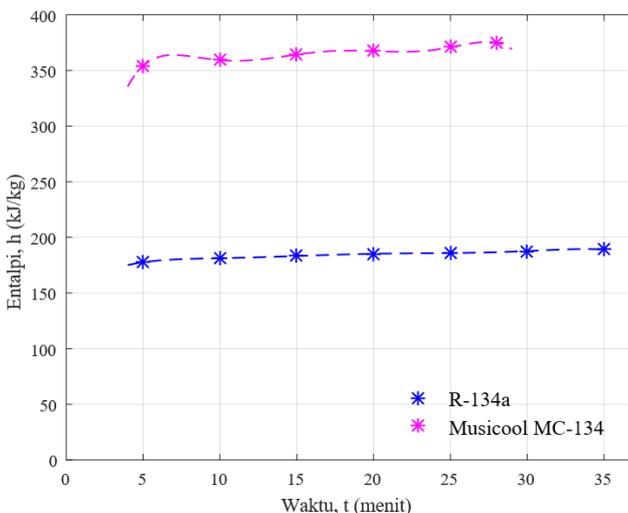
Dari Gambar 7, terlihat bahwa penurunan efek refrigerasi terjadi untuk kedua refrigerannya. Hal ini

disebabkan nilai entalpi h_1 (di sisi masuk kompresor dan / atau sisi keluar evaporator) menurun per satuan waktunya, sedangkan nilai entalpi h_4 (di sisi keluar evaporator) cenderung konstan. Penurunan efek refrigerasi ini menandakan bahwa jumlah kalor yang ada dalam kabin semakin berkurang. Efek refrigerasi untuk refrigeran Musicool MC-134 adalah 132,99kJ/kg atau rata-rata 86,5% lebih besar dibandingkan R-134a. Karena nilai efek refrigerasi yang jauh lebih besar inilah, maka penurunan temperatur di dalam kabin menuju temperatur *set point* -18°C (untuk MC-134) hanya memerlukan waktu 12 menit atau 30% lebih cepat pendinginannya dibandingkan R-134a.



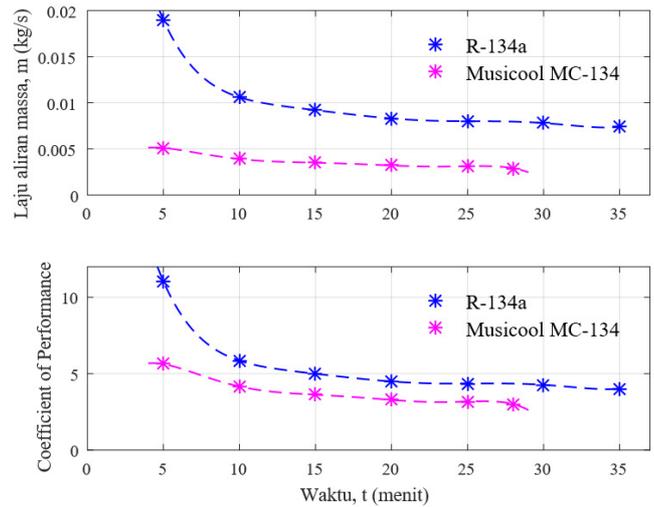
Gambar 7. Kurva efek refrigerasi

Berkenaan dengan efek kondensasinya (Gambar 8), tidak terlihat sesuatu yang signifikan karena nilai entalpinya hanya naik secara perlahan dan cenderung linier. Yang terlihat hanyalah kalor yang dilepaskan kondensator (pada Musicool MC-134) jauh lebih besar dibandingkan R-134a.



Gambar 8. Kurva efek kondensasi

Selanjutnya, untuk kurva laju aliran massa refrigerannya (Gambar 9, bagian atas). Laju aliran massa kedua refrigeran menurun seiring dengan pertambahan waktu. Penurunan ini disebabkan kerja kompresi yang membesar di setiap waktu-nya. Fenomena yang menarik adalah, di awal *start*-nya, sistem dengan R-134a memerlukan aliran refrigeran yang jauh lebih besar dibanding-kan waktu-waktu yang lainnya. Perbedaannya lebih dari dua kali lipat dari titik prediksinya (bila dibandingkan dengan perubahan nilai dari titik-titik pada rentang waktu yang lainnya).



Gambar 9. Kurva laju aliran massa dan COP

Terakhir, mengenai COP-nya (Gambar 9, bagian bawah). Kurva COP hampir sama polanya dengan kurva laju aliran massanya. Hal ini dapat dimengerti karena COP bergantung pada nilai kerja kompresi dan efek refrigerasi. Dengan efek refrigerasi yang cenderung naik dengan perlahan dan kerja kompresi yang turun lumayan drastis (di awal kerja sistemnya), maka COP-nya akan cenderung turun juga sehingga kurvanya mirip dengan kurva laju aliran massanya. (Hal ini berlaku untuk kedua refrigerannya.) Bila dihitung korelasi antara kurva laju aliran massa dengan kurva COP (untuk kedua refrigeran), didapatkan korelasi lebih dari 99,9%. Jadi bisa disimpulkan bahwa COP-nya akan berbanding lurus dengan laju aliran massa refrigerannya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *freezer* yang telah dilakukan, bisa disimpulkan bahwa retrofit (penggantian fluida kerja tanpa mengubah komponen pendukung sistemnya) dari R-134a menjadi Musicool MC-134 sangat bisa dan layak untuk dilakukan. Sistemnya akan aman bila komponen-komponen sistem yang dipakai sesuai dengan

prasyarat yang seharusnya (dari fluida kerja yang lama, R-134a), hal sebaliknya akan menyebabkan ketidakamanan karena kerentanan terhadap kebocoran (karena fluida kerja peng-ganti, MC-134, bersifat lebih mudah terbakar). Selain itu, penggunaan MC-134 akan menghasilkan penurunan temperatur yang jauh lebih cepat dibandingkan R-134a, dengan kata lain “lebih cepat dingin” yang nilainya 30% lebih cepat (untuk temperatur *set point* -18°C).

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, A., Kumari, R., Mehla, N., Deepali, Singh, R. P., Bhatnagar, S., et al. (2013). Depletion of the Ozone Layer and Its Consequences: A Review. *American Journal of Plant Sciences* , 1990-1997 .
- Arora, C. P. (2009). *Refrigeration and Air Conditioning*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Co.Ltd.
- Bahtiar, Y. (2019). *Ahli Pendingin: Heating, Ventilating, Air Conditioning & Refrigeration Specialist*. Bandung: HVAC Indonesia.
- Dossat, R. J. (1980). *Principles of Refrigeration*. Toronto: John Wiley & Sons Inc.
- Musicool MC-134. (2018). Retrieved September 25, 2019, from Produk Musicool: https://musicoolpromo.com/produk/produk_detil_mc134
- Stoecker, W. F. (1998). *Industrial Refrigeration Handbook*. New York: McGraw-Hill Education - Europe.
- Suhengki, & Prayudi. (2017, Mei 4). Pengaruh Beban Pendingin terhadap Kinerja Mesin Pendingin dengan Refrigerant R134a dan Mc134. *Jurnal Power Plant, Vol. 4, No. 4* , 260-270.
- Sunaryo, & Pranoto, A. (2012). Komparasi Kinerja Sistem Air Conditioning (AC) dengan Refrijeran Propan Isobutan dan Freon R12 pada Mobil. *Proseding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (SNASTI)* (pp. A388-A393). Yogyakarta: IST AKPRIND Yogyakarta.
- M Mahendra, M Adrian, OF Homzah. Analisa Perbandingan Kinerja Mesin Pendingin Air Conditioner Kapasitas 2 HP Menggunakan Refrigeran R22, R290 Dan R407c. *Petra: Jurnal Teknologi Pendingin Dan Tata Udara* 1(1), 2015. e-ISSN: 2654-508X