

PERBANDINGAN PERFORMANSI PADA MESIN *SHOWCASE* BUAH MENGGUNAKAN FLUIDA KERJA R134a DAN MC134

Baharudin¹

¹Teknik Mesin, STITEKNAS JAMBI, Indonesia

E-mail: baharuddin.st@engineer.com

ABSTRAK

Performansi siklus pendinginan dievaluasi melalui penggunaan dua kuantitas yang menggambarkan efek keseluruhan dari komponen yang bekerja bersama: kapasitas pendinginan atau pendinginan (Q_{in}) dan koefisien kinerja (COP). Adapun fluida kerja yang digunakan dalam perbandingan performansi ini yaitu refrigeran R134a adalah refrigeran yang tergolong dalam HFC (*hydroflorocarbon*) karena refrigeran ini tidak mengandung chlorin, refrigeran R134a memiliki ancaman yang tergolong rendah terhadap ODP (0) tetapi memiliki zat yang dapat menyebabkan efek pemanasan GWP yang signifikan. Dan MC134 merupakan refrigeran yang berjenis hidrokarbon yang lebih ramah lingkungan dibandingkan refrigeran yang mengandung HFC dan CFC seperti R134a, karena efek ODP (0) dan GWP MC134 dapat diabaikan tetapi MC134 sangat mudah terbakar bila berada dalam segitiga api (hidrokarbon, udara dan sumber api). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dari kedua jenis refrigeran tersebut. Metode yang digunakan meliputi beberapa tahap sebagai berikut, tahap persiapan, tahap pengambilan data R134a dan MC134, tahap analisa data, pemvakuman refrigeran yang ada didalam sistem, *retrofitting* refrigeran R134a dengan MC134. Hasil pengujian pada mesin showcase buah ini didapat yaitu nilai rata-rata R134a COP aktual = 2.528, Q_{in} = 0.263kw dan Efisiensi = 49.838 %. Adapun hasil dari MC134 yaitu COP aktual = 2.710, Q_{in} = 0.181 kw dan Efisiensinya = 91.043 %. Dari hasil pengujian ini membuktikan bahwa MC134 lebih efisien dari R134a serta membuktikan bahwa MC134 dapat digunakan sebagai pengganti R134a.

Kata kunci: *Performansi, R134a, MC134, COP aktual, Q_{in} , Efisiensi*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan wilayah yang banyak menghasilkan buah-buahan. Sehingga perlunya tempat penyimpanan untuk buah-buahan tersebut seperti mesin *showcase* buah. Akan tetapi penggunaan mesin *showcase* buah berdampak tidak baik terhadap lingkungan, karena penggunaan refrigeran dalam sistem mesin *showcase* tersebut yang sebagian besar menggunakan refrigeran sintetik seperti R134a dibandingkan bahan pendingin hidrokarbon, karena refrigeran sintetik tersebut mempunyai sifat-sifat yang baik dari segi teknik seperti kestabilan yang sangat tinggi, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan lebih mudah diperoleh. Namun refrigeran sintetik masih berbahaya untuk lingkungan terutama yang mengandung senyawa HFC yang masih memiliki zat yang menyebabkan efek GWP dengan nilai yang signifikan.

Setelah serangkaian pertemuan ketat dan negosiasi, pada tahun 1987 protokol montreal menyepakati bahan yang merusak lapisan ozon. Perlu dicatat bahwa sebelum tahun 1987, emisi CFC total terdiri dari semprotan *aerosol*, pelarut dan insulasi busa, dan bahwa emisi zat pendingin sekitar 10% dari total. Namun, semua pengguna yang berbeda telah mengganti CFC dengan alternatif. R134a adalah HFC dan sekarang dianggap sebagai refrigeran peralihan,

karena akan benar-benar berhenti produksi pada tahun 2030, sebagaimana disepakati dalam Protokol Montreal. (Trott and Welch, 2000, hal:29).

Musicool adalah refrigeran dengan bahan dasar hidrokarbon alam yang termasuk dalam kelompok refrigeran ramah lingkungan dan dirancang sebagai alternatif pengganti refrigeran sintetik yang masih memiliki potensi merusak lingkungan. Musicool telah memenuhi persyaratan teknis sebagai refrigeran yang meliputi sifat fisika serta uji kinerja pada siklus refrigerasi. (Pertamina Musicool, 2008). Dengan demikian untuk mengetahui kinerja pada Mesin *showcase* buah menggunakan R134a dan MC134 maka dilakukan pengujian Perbandingan performansi pada Mesin *Showcase* buah menggunakan fluida kerja R134a dan MC134.

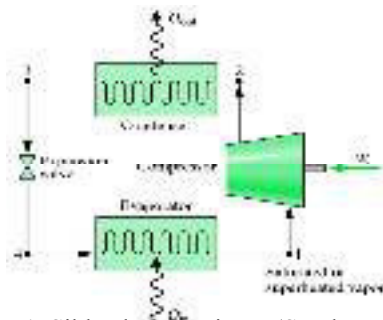
1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari perbandingan ini adalah untuk mengetahui refrigeran mana yang lebih efisien digunakan pada mesin *showcase* buah dan juga untuk mengetahui perbandingan hasil kinerja pada mesin *showcase* buah menggunakan R134a dan MC134 dengan beban produk sebesar 10kg masing-masing refrigeran.

2 Tinjauan Pustaka Dan Landasan Teori

2.1. Refrigerasi

Refrigerasi adalah proses menghilangkan panas dari tempat yang sedang didinginkan dan memindahkan panas ke tempat di mana ia membuat sedikit atau tidak ada perbedaan. (Whitman B, dkk, 2009, hal:23)



Gambar 1. Siklus kompresi uap (Sumber : Moran M.J. & Shapiro.H.N, 2011, hal: 457)

Kinerja dari suatu sistem refrigerasi dapat di tentukan dari besaran-besaran sebagai berikut :

a) Efek Pendinginan atau Efek Refrigerasi

Berikut ini persamaan yang dapat digunakan untuk mengetahui efek refrigerasi dari suatu system.(Moran M.J. & Shapiro.H.N, 2011, hal: 461)

$$Q_{refrigeration\ Effect} = \dot{m} (h_1 - h_4)$$

Keterangan :

$Q_{refrigeration\ Effect}$ = efek refrigerasi (watt)

h_1 = enthalpy pada titik T_1 (kJ/kg)

h_4 = enthalpy pada titik T_3 (kJ/kg)

b) Laju Aliran Massa Refrigerant

Untuk dapat menghitung laju aliran massa refrigerant maka dapat dihitung dengan membagi kapasitas pendinginan dengan efek refrigerasi seperti persamaan berikut : (Moran M.J & Shapiro.H.N., 2011, hal: 458)

$$\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)}$$

Keterangan :

\dot{m} = laju aliran massa refrigeran (kg/s)

W_k = Daya kompresor (Watt)

h_2 = enthalpy pada titik 2 (kJ/kg)

3. Kerja Kompresi Uap dan Daya Kompresor

Untuk menghitung kerja kompresi dan daya kompresor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.(Moran M.J. & Shapiro.H.N, 2011, hal: 460)

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

4. Pembuangan Kalor dan Daya Kondensor

Dari kesetimbangan energi, kalor yang dilepaskan dikondensor haruslah sama dengan jumlah efek refrigerasi dan kalor yang ekuivalen dengan kerja yang diberikan kepada refrigeran selama proses kompresi di kompresor (W_k).

$$\text{Pelepasan kalor} = h_2 - h_3$$

$$Q_c = \dot{m} (h_2 - h_3)$$

Keterangan :

Q_c = jumlah kalor yang dipindahkan kondensor (kJ/kg)

h_3 = enthalpy pada titik 3 (kJ/kg)

5. Coefficient Of Performance

Untuk menghitung *coefficient of performance* digunakan rumus sebagai berikut.(Moran M.J. & Shapiro.H.N, 2011, hal: 461)

$$a. COP_{actual} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

$$b. COP_{Carnot} = \frac{T_{evap} + 273}{T_{kond} - T_{evap}}$$

Keterangan :

COP = coefficient of performmance

2.2. Pengertian Performansi / Kinerja

Kinerja siklus pendinginan dievaluasi melalui penggunaan dua kuantitas yang menggambarkan efek keseluruhan dari komponen yang bekerja bersama: kapasitas pendinginan atau pendinginan dan koefisien kinerja (COP).

$$COP_{ref} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

Besarnya COP siklus refrigerasi secara teoritis dapat berkisar dari nilai yang jauh lebih kecil dari 1 hingga angka yang jauh lebih besar dari 1. nilai khas adalah dari 1,5 hingga 5 yang berarti 1,5 hingga 5 unit kapasitas pendinginan yang berguna diperoleh dari masing-masing unit daya input.

Untuk mendapatkan nilai baik untuk tingkat transfer panas atau daya input, kita harus menganalisis masing-masing individu. Untuk kompresor, kami mengasumsikan operasi adiabatik yang mantap dan potensi energi kinetik yang dapat diabaikan untuk memperoleh:

$$W_k = - \dot{m} (h_2 - h_1)$$

Dengan $h_2 > h_1$ dan m selalu positif, aplikasi ketat dari persamaan energi menunjukkan bahwa W negatif; daya adalah input ke kompresor, namun, ketika kita berurusan dengan siklus, kita lebih suka menggunakan nilai positif dari kerja, kekuatan, dan transfer panas, jadi kami menggunakan subskrip untuk menunjukkan arah aliran energi. Karena itu:

$$-W_k = W_k = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

Untuk penukar panas, kami mengasumsikan operasi yang stabil tanpa kerja dan potensi energi kinetik yang dapat diabaikan untuk memperoleh:

$$Q_H = \dot{m} (h_2 - h_3) \text{ kondenser}$$

$$Q_L = \dot{m} (h_1 - h_4) \text{ epavorator}$$

Perhatikan bahwa Q_H terjadi pada suhu dalam suhu terpanas dalam siklus dan juga disebut sebagai Q_{out} ; Q_L terjadi pada suhu terendah dalam siklus dan juga disebut sebagai Q_{in} . (Deborah A. Kaminski & Michael K. Jensen.,2005)

Di katup ekspansi, kami memiliki proses isenthalpic, sehingga.

$$h_4 = h_3$$

Substitusi.

$$COP_{ref} = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

Keterangan :

Q_{in} = efek refrigerasi (Watt)

W_k = daya kompresor (Watt)

2.3. Coefficient of Performance (COP)

Pada umum nya COP adalah Perbandingan efektivitas pendinginan evaporator dengan kerja yang di berikan kompresor atau rasio kerja yang berguna

untuk mengetahui efisiensi suatu mesin COP di bagi menjadi dua COP_{actual} dan COP_{Carnot} . COP_{actual} dan COP_{Carnot} adalah dua ukuran yang digunakan untuk menentukan efisiensi pada sistem refrigerasi.

- a. COP_{actual} adalah dua ukuran yang digunakan untuk menentukan efisiensi sistem refrigerasi.

$$\text{Rumus } COP_{actual} = \frac{\text{Kapasitas Pendinginan}}{\text{Daya Kompresor}}$$

- b. COP_{Carnot} adalah adalah perbandingan antara temperatur evaporasi (T_e) dengan temperatur kondensasi (T_k) dikurang temperatur evaporasi (T_e) atau $(T_k - T_e)$, COP_{Carnot} tergantung pada perbedaan suhu kondensasi dan evaporasi.

$$\text{Rumus } COP_{Carnot} = \frac{T_{evap} + 273}{T_{kond} - T_{evap}}$$

Keterangan :

$$T_{evap} = \text{Temperature keluaran evaporator pada } T_1 (^{\circ}\text{C})$$

$$T_{kond} = \text{Temperature keluaran kondensor pada } T_3 (^{\circ}\text{C})$$

- c. Efisiensi refrigerasi (η_{ref}):

$$\eta_{ref} = \frac{COP_{actual}}{COP_{Carnot}} \times 100\%$$

keterangan:

$$\eta_{ref} = \text{efisiensi refrigerasi } (0/100)$$

2.4. Refrigeran

Refrigeran merupakan suatu media pendingin yang dapat berfungsi untuk menyerap kalor dari lingkungan atau melepaskan kalor ke lingkungan. Karena masa jenis *refrigerant* lebih berat dari pada udara, jadi penempatan atau adanya suatu ventilasi sangat penting. Sebagai contoh, jika suatu refrigeran tersebut bocor didalam suatu ruangan oksigen bisa tergeser oleh *refrigerant* tersebut dan hal ini dapat membahayakan seseorang. Disinilah pentingnya penempatan ventilasi yang tepat. (Whitman, B., dkk., 2009, hal:40)

Refrigerant I34a adalah refrigeran yang tergolong dalam HFC (*hydrofluorocarbon*) karena *refrigerant* ini tidak mengandung *chlorine*. *Refrigerant* R-134a memiliki ancaman yang rendah terhadap penipisan lapisan ozon tetapi memiliki zat yang dapat menyebabkan efek GWP yang signifikan. Nipponenso telah memproduksi freon baru sejak 1993 dengan nama R134a(*hydrofluorocarbon*) yang lebih ramah lingkungan, refrigeran R134a ini diharapkan dapat menggantikan refrigeran-refrigeran yang masih mengandung *chlorofluorocar- bon*. (Whitman, B., dkk., 2009 hal 29:30)

Musicool adalah bahan pendingin alamiah jenis hidrokarbon yang ramah lingkungan, karena efek GWP dan ODP MC134 tergolong rendah dan MC134 menggunakan bahan pendingin alternative.

2.5. Retrofitting atau Penggantian Refrigerant

Retrofitting adalah proses mengganti *refrigerant* pada mesin pendingin dengan jenis *refrigerant* yang berbeda Karena segi bahan kimia yang membentuknya serta karakteristik lainnya. Pada

proses *retrofit* dilakukan beberapa hal yaitu pengambilan data awal dan pengecekan kinerja kemudian *recovery* (pengambilan *refrigerant* lama), selanjutnya pemvakuman sistem, pengisi *refrigerant* dan pemeriksaan kinerja akhir setelah *retrofit*.

Sebelum kita melakukan pergantian *refrigerant* perlu diketahui terlebih dahulu prosedur umum bekerja dengan hidrokarbon:

1. Selalu bekerja pada ruangan berventilasi
2. Dilarang merokok saat bekerja.
3. Hindari percikan api dalam radius dari daerah pengisian atau pembuangan.
4. Menonaktifkan saklar listrik
5. Siapkan pemadam kebakaran manual.
6. Gunakan sarung tangan dan kacamata saat penggantian *refrigerant*.

Adapun beberapa prosedur yang harus diperhatikan pada saat melakukan *retrofit* dengan menggunakan *refrigerant* hidrokarbon sebagai berikut.

1. Usahakan memperhatikan prosedur umum saat bekerja hidrokarbon.
2. Lakukan pemeriksaan fisik terlebih dahulu.
3. Lakukan pemeriksaan fungsi komponen(catat performasi jika dibutuhkan).
4. Lakukan pengembalian kembali (*recovery*) *refrigerant* CFC.
5. Pemvakuman sistem

2.6. Protokol Kyoto

Protokol Kyoto adalah sebuah amendemen terhadap konvensi rangka kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC), sebuah persetujuan internasional mengenai pemanasan global. Negara-negara yang meratifikasi protokol ini berkomitmen untuk mengurangi emisi/pengeluaran karbon dioksida dan lima gas rumah kaca lainnya, atau bekerja sama dalam perdagangan emisi jika mereka menjaga jumlah atau menambah emisi gas-gas tersebut, yang telah dikaitkan dengan pemanasan global. Jika sukses diberlakukan, Protokol Kyoto diprediksi akan mengurangi rata-rata cuaca global antara 0,02 °C dan 0,28 °C pada tahun 2050.

2.7. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Secara filosofis, Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) diartikan sebagai suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan jasmani maupun rohani tenaga kerja, pada khususnya, dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budaya menuju masyarakat adil dan makmur.

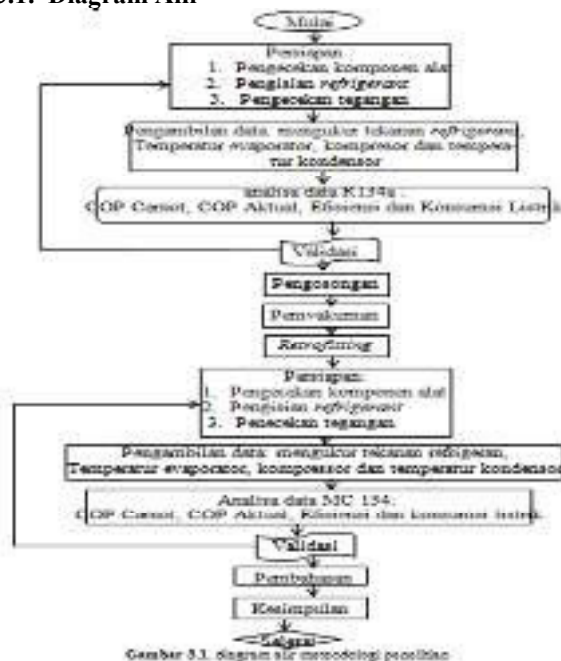
“Pengertian keselamatan dan kesehatan kerja menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja R.I. No. Kep. 463/MEN/1993 adalah keselamatan dan kesehatan kerja adalah upaya perlindungan yang ditujukan agar tenaga kerja dan orang lainnya di tempat kerja /perusahaan selalu dalam keadaan selamat dan sehat, serta agar setiap sumber produksi dapat digunakan secara aman dan efisien”.

Budaya keselamatan akan menjadi lebih efektif apabila komitmen manajemen dilaksanakan secara nyata dan terdapat keterlibatan langsung dari pekerja dalam keselamatan kerja. Keterlibatan pekerja dalam keselamatan kerja tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara, berupa keaktifan pekerja dalam kegiatan K3, memberikan masukan mengenai adanya kondisi berbahaya di lingkungan, menjalankan dan melaksanakan kegiatan dengan cara yang aman, memberikan masukan dalam penyusunan prosedur dan cara kerja aman, dan mengingatkan pekerja lain mengenai bahaya K3. (Karina dan Erwin., 2013. Hal 71)

3. Bahan Dan Metodologi Penelitian

Pengambilan data di lakukan sebanyak 6 kali dalam rentang waktu masing-masing 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit. Pengambilan data ini di lakukan pada mesin *showcase* buah dengan menggunakan R134a dan MC134.

3.1. Diagram Alir



Gambar 3.1. diagram alir metodologi penelitian

Gambar 2. Diagram alir

3.2. Alat Dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. mesin *showcase* buah
2. Alat-alat ukur yang digunakan

Adapun alat ukur yang digunakan dalam pengambilan data ini adalah:

- Termometer
- *Pressure gauge* (Pengukur Tekanan)
- *Tang Ampere*
- *Refrigerant* R134
- *Refrigerant* MC134
- Pompa vakum

➤ *Multitester*

3.3. Prosedur Pengambilan Data

Berikut ini adalah prosedur pengambilan data perbandingan performansi pada mesin *showcase* buah menggunakan fluida kera R134a dan MC134 yang dilakukan penulis yaitu:

1. Mulai
 - Merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal yang penting yang harus segera dilakukan dengan tujuan untuk efisiensi waktu dan pekerjaan
2. Persiapan alat dan bahan
 - Merupakan kegiatan untuk mempersiapkan alat ukur yang akan digunakan pada saat pengambilan data.
3. Pengambilan data
 - Merupakan kegiatan mencatat semua data hasil pengukuran pada saat sistem bekerja.
4. Analisa data
 - Merupakan kegiatan menganalisa data hasil pengukuran dan pengambilan data setiap *refrigerant* pada saat sistem bekerja.
5. Pemvakuman
 - dilakukan guna menghilangkan sisa *refrigerant* yang sebelumnya akan diganti.
6. *Retrofitting*
 - adalah proses penggantian *refrigerant*.
7. Validasi adalah proses pemeriksaan apakah data yang diambil sudah valid atau belum
8. Pembahasan
 - Merupakan proses perhitungan dari data yang telah didapat dalam proses pengumpulan data.
9. Kesimpulan
 - Merupakan berisi ringkasan dari hasil data yang diperoleh dari tahapan perbandingan

4. Hasil dan Pembahasan

Dari data hasil pengamatan yang telah disusun, dilakukan perhitungan COP dan efisiensi. Setelah dilakukan pengolahan data dari ke diagram *moller* (P-h Diagram) didapatkan hasil *enthalpy* spesifik yaitu $h_1, h_2, h_3,$ dan h_4 . Temperatur kondensator dan evaporator (T_{kond} & T_{evap}). Sehingga efek refrigerasi dapat diketahui dengan persamaan $Q_{cr} = \dot{m} (h_1 - h_4)$, dengan kerja kompresi $W_k = \dot{m} (h_2 - h_1)$, daya kompresi. Sehingga dapat diketahui laju aliran massa $\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)}$, Kemudian dilakukan perhitungan kalor yang dilepaskan kondensator $Q_c = h_2 - h_3$, dan kerja kondensator $Q_c = \dot{m} (h_1 - h_2)$, setelah itu dilakukan perhitungan COP actual, COP carnot.

Dari hasil penelitian pada jenis refrigeran R134 dan MC134 maka didapat data sebagai berikut:

Tabel 1. Data penelitian R134a

menit	I (A)	V (Volt)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T _{kabin} (°C)	T _{produk} (°C)	P _{Low} (Psig)	P _{High} (Psig)
5	1.2	220	7.9	71.4	42.0	-5.1	10.6	21.7	16	185
10	1.2	221	5.1	74.4	42.3	-5.5	8.6	19.8	16	185
15	1.2	223	1.7	76.6	43.1	-5.8	6.4	17.6	16	185
20	1.3	220	-2.5	77.9	43.1	-6.4	5.6	16.2	16	185
25	1.1	225	-5.5	82.8	44.1	-6.4	3.7	11.2	16	185
30	1.1	225	-7.6	82.8	44.1	-7.77	2.1	9.2	16	185

Tabel 2. Data hasil pengukuran (enthalpy)

Menit	h ₁ (kJ/kg)	h ₂ (kJ/kg)	h ₃ =h ₄ (kJ/kg)	h ₂ -h ₁ (kJ/kg)	h ₁ -h ₄ (kJ/kg)	h ₂ =h ₄ (kJ/kg)	COP _a	T _c (°C)	T _c (°C)
5	406.40	447.54	259.76	41.14	146.64	187.76	3.59	-8.2	42.0
10	404.41	450.85	259.76	49.44	144.65	194.09	2.92	-8.2	42.0
15	401.42	453.81	261.42	52.39	140	192.39	2.68	-8.6	43.0
20	397.44	453.50	260.42	56.06	137.42	193.08	2.45	-8.6	43.0
25	394.79	460.47	262.75	65.68	132.04	197.72	2.00	-8.6	44.1
30	393.13	460.47	262.57	67.34	127.56	197.9	1.89	-8.6	44.1

Adapun perhitungan R134a pada menit ke 30 yang didapat yaitu sebagai berikut :

1. Daya Kompresor

$$P_k = I \cdot V$$

$$= 1.1 \text{ A} \times 225 \text{ V}$$

$$= 247.5 \text{ watt}$$

$$P_k = W_k$$

2. Laju aliran refrigerant (ṁ)

$$\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} = \frac{0.2475 \text{ kJ/s}}{67.34 \text{ kJ/kg}} = 0.00367 \text{ kg/s}$$

3. kerja kompresor

$$W_k = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

$$W_k = 0.00367 \text{ kg/s} (460.47 \text{ kJ/kg} - 393.13 \text{ kJ/kg})$$

$$W_k = 0.2475 \text{ kW}$$

4. Efek Refrigerasi (ER)

$$Q_{ER} = \dot{m} (h_1 - h_4)$$

$$= 0.0041 \text{ kg/s} (393.13 \text{ kJ/kg} - 262.75 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0.522 \text{ kW}$$

5. Coefficient Of Performance (COP_{actual})

$$COP_{actual} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} = \frac{0.522 \text{ kJ/kg}}{0.267 \text{ kJ/kg}} = 1.89$$

6. Coefficient Of Performance (COP_{carnot})

$$COP_{carnot} = \frac{T_e + 273}{T_c - T_e} = \frac{-8.6 + 273}{44 - (-8.6)} = 5.065$$

7. Efisiensi Refrigerasi

$$\eta_n = \frac{COP_{actual}}{COP_{carnot}} (100\%) = \frac{1.89}{5.065} (100\%) = 37.31\%$$

Tabel 3. Data penelitian MC134

Menit	I (A)	V (Volt)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T _{produk} (°C)	T _{kabin} (°C)	P _{low} (Psig)	P _{high} (Psig)
5	0.9	220	-1.3	68.9	37.9	-0.5	18.1	9.5	17	200
10	0.8	225	-3.7	67.6	37.7	-1.2	15.1	7.1	17	190
15	0.8	225	-4.4	66.1	37.5	-2.6	12.8	5.7	17	190
20	0.9	223	-5.5	65.0	37.4	-3.5	10.8	4.4	16	185
25	0.8	225	-6.3	64.0	37.3	-4.4	8.9	3.5	16	185
30	0.9	222	-7.3	62.7	37.5	-4.9	5.8	2.4	16	185

Tabel 4. Data hasil pengukuran(enthalpy)

Menit	h ₁ (kJ/kg)	h ₂ (kJ/kg)	h ₃ =h ₄ (kJ/kg)	h ₃ =h ₄ (kJ/kg)	h ₃ =h ₄ (kJ/kg)	h ₃ =h ₄ (kJ/kg)	COP _a	T _c (°C)	T _c (°C)
5	571.8	667.8	296.86	96	274.94	371.12	2.87	-21.4	54
10	569.25	666.88	296.86	97.63	272.39	368.02	2.78	-21.4	54
15	567.98	663.79	294.16	95.81	273.82	393.97	2.86	-21.4	51
20	566.7	668.06	294.16	101.36	272.54	373.9	2.69	-22.5	50
25	565.42	667.08	294.16	101.66	271.26	372.92	2.68	-21.4	51
30	564.15	669.25	294.16	105.1	269.99	375.09	2.58	-21.4	51

Adapun perhitungan MC134 pada menit ke 30 yang didapat yaitu sebagai berikut :

1. Daya Kompresor

$$P_k = I.V$$

$$= 0.9 \text{ A} \times 222 \text{ V}$$

$$= 199 \text{ watt}$$

$$P_K = W_K$$

2. Laju aliran refrigerant (\dot{m})

$$\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} = \frac{0.199 \text{ kJ/s}}{105.1 \text{ kJ/kg}} = 0.0018 \text{ kg/s}$$

3. kerja kompresor

$$W_k = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

$$W_k = 0.0018 \text{ kg/s} (669.25 \text{ kJ/kg} - 564.15 \text{ kJ/kg})$$

$$W_k = 0.276 \text{ kW}$$

4. Efek Refrigerasi (ER)

$$Q_{ER} = \dot{m} (h_1 - h_4)$$

$$= 0.0018 \text{ kg/s} (564.15 \text{ kJ/kg} - 294.16 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0.485 \text{ kW}$$

5. Coefficient Of Performance (Cop_{actual})

$$COP_{actual} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} = \frac{0.485 \text{ kJ/kg}}{0.276 \text{ kJ/kg}} = 2.56$$

6. Coefficient Of Performance (Cop_{carnot})

$$COP_{carnot} = \frac{T_e + 273}{T_c - T_e} = \frac{-8.6 + 273}{44 - (-8.6)} = 3.544$$

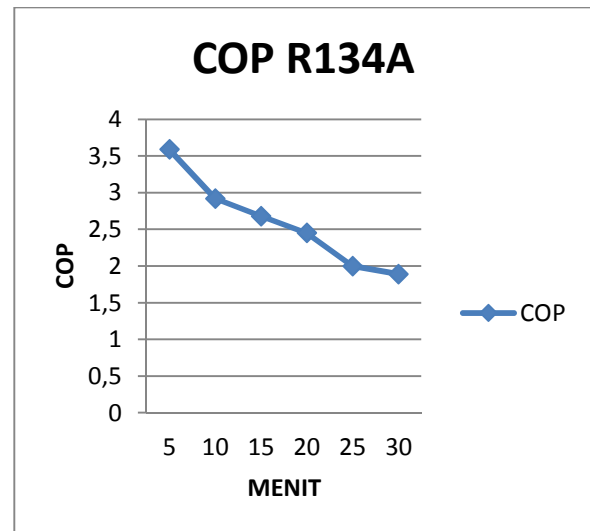
7. Efisiensi Refrigerasi

$$E\eta = \frac{COP_{actual}}{COP_{carnot}} (100 \%) = \frac{2.56}{3.544} (100 \%) = 72.23 \%$$

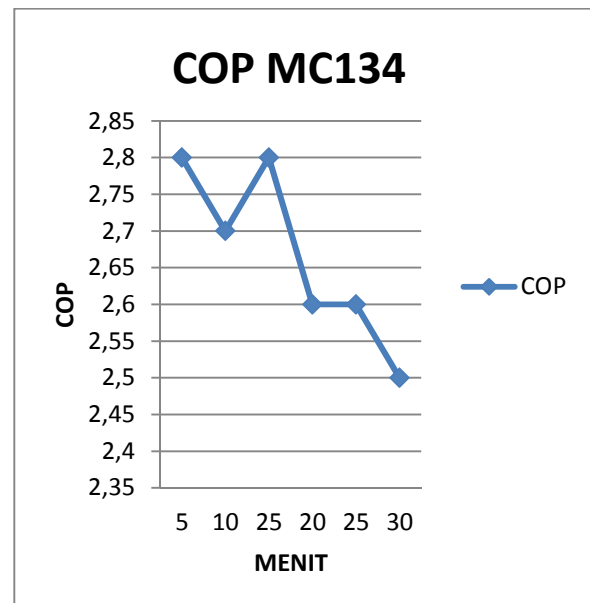
Dari perhitungan R134a dan MC134 maka dapat diketahui hasil perbandingannya sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil perbandingan R134a dan MC134

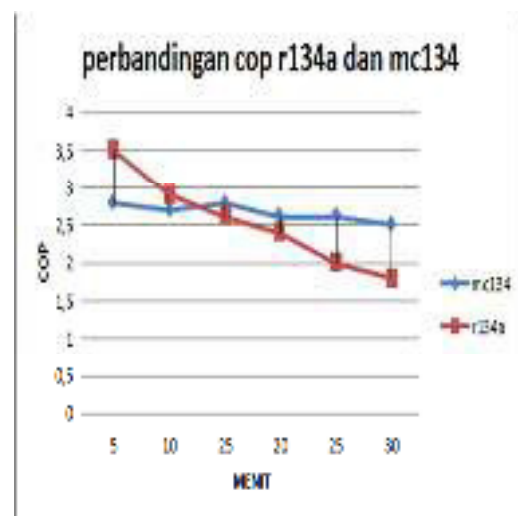
R134a	MC134	menit		Efisiensi (%)		Q _{in} (kw)		COP	
		5	5	68.06	82.58	0.261	0.201	3.56	2.87
		10	10	55.40	80.11	0.262	0.195	2.92	2.78
		15	15	52.30	82.30	0.261	0.201	2.68	2.86
		20	20	46.43	77.85	0.285	0.192	2.45	2.69
		25	25	39.52	75.62	0.243	0.101	2.00	2.68
		30	30	37.31	72.23	0.267	0.199	1.89	2.56
Nilai Rata-rata				49.836	91.043	0.263	0.181	2.528	2.710



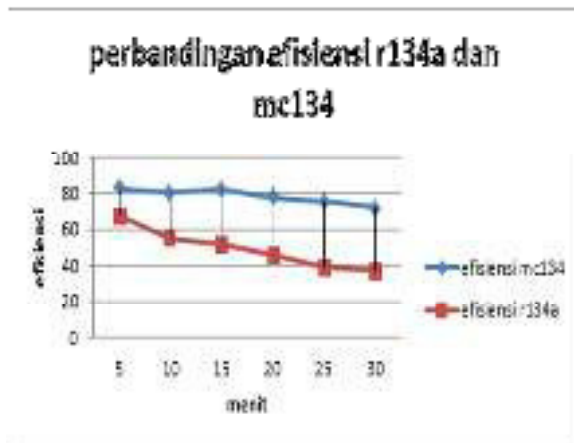
Gambar 3. Grafik Hasil COP 134a



Gambar 4. Hubungan cop terhadap MC134



Gambar 5. Perbandingan nilai cop R134a dan MC134



Gambar 6. Grafik perbandingan efisiensi

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari landasan teori, analisa data, dan perbandingan performansi pada mesin *showcase* buah menggunakan *refrigerant* R-134a dan MC-134, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Hasil pengujian perbandingan pada mesin *showcase* buah yang didapat sebagai berikut R-134a rata-rata perbandingan didapat adalah COP *actual* 2.528, $Q_{in}=0.263$ kw, kemudian efisiensinya 49.836% sedangkan untuk refrigeran MC-134 COP rata-rata yang didapat adalah COP *actual* 2.710, $Q_{in} = 0.181$ kw, kemudian efisiensinya 91.043 %. Jadi setelah dilakukan pengujian pada mesin *showcase* buah dapat diambil kesimpulan bahwa kinerja yang dihasilkan oleh MC134 lebih baik dibandingkan dengan R134a.

Daftar Pustaka

- Whitman, B. dkk. 2009. *Refrigeration and Air Conditioning Technology, 6th Edition*, Clifton Park USA.
- Moran M.J. & Shapiro.H.N, 2011. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 5th edition.*, London: Jhon Wiley & Sons
- Deborah A. Kaminski & Michael K. Jensen, 2005. *Introduction To Thermal And Fluids Engineering*. United States Of America.
- Trott, A.R., and T.Welch. 2000. *Refrigeration And Air Conditioning 2nd Edition*. Oxford : Butterworth-Heineman
- Karina dan Erwin., 2013. Hubungan Antara Pembentukan Budaya Keselamatan Kerja Dengan *Safety Behavior* di PT Dok dan Perkapalan Surabaya Unit *Hull Construction*. Universitas Airlangga Surabaya.