

PERBANDINGAN KINERJA PADA BLOOD BANK REFRIGERATOR MENGUNAKAN R-134a DAN MC-134

Haryanto¹, Ferry Irawan¹, Endang Okta Renza¹

¹Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Sekayu, Sekayu 30711, Indonesia

E-mail: harixus@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem pendingin pada saat ini telah banyak berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi. Salah satunya yaitu pada *blood bank refrigerator*. Isu pemanasan global di bumi menjadi bagian pembatasan pemakaian refrigeran R-134a, dan sebagai gantinya dilakukan retrofit ke jenis refrigeran *Hydrocarbon* (HC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari kedua jenis refrigeran tersebut. Metode Penelitian pada *blood bank refrigerator* ini yaitu membandingkan efisiensi, dan konsumsi energi pada R-134a dan MC-134. Hasil pengujian pada *blood bank refrigerator* yang didapat adalah nilai efisiensi R-134a = 54,96% dan MC-134 = 86,12%. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa refrigeran MC-134 lebih efisien 31,16% dibandingkan dengan R-134a serta membuktikan bahwa refrigeran MC-134 (Hydrocarbon) dapat digunakan sebagai pengganti refrigeran R-134a

Kata kunci : R-134a, MC-134, efisiensi, dan konsumsi energi.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Dalam menanggapi masalah isu dibidang lingkungan mendorong teknologi refrigeran untuk menggunakan bahan-bahan yang ramah lingkungan. Menggunakan refrigeran alami kembali diperhitungkan sebagai pengganti refrigeran sintetik, karena refrigeran yang mengandung klorin diantaranya seperti *chlouroflourocarbons* (CFCs) dan *hidrochlouroflourocarbons* (HCFCs) seperti R-22, serta campuran CFC dengan HCFC seperti R-502 berpotensi merusak lingkungan.

Dampak negative dari refrigeran ini telah dibuktikan oleh Molina dan Sherwood pada tahun 1974, dimana pada bahan tersebut terdapat senyawa chlorin yang merupakan senyawa penyebab menipisnya lapisan ozon atau yang biasa dikatakan sebagai Ozon Depletion Potential (ODP). Oleh sebab itu pemakaiannya sudah semestinya tidak dipakai lagi, karena pelarangan terhadap penggunaan refrigeran ini telah disampaikan dalam Protokol Montreal yang berlangsung pada tahun 1992 tentang senyawa-senyawa penyebab ODP (Whitman, B., dkk., 2009)

Sebagai wujud kepedulian, PT. PERTAMINA (PERSERO) membangun pabrik refrigeran yang hemat energi dan ramah lingkungan dikota Palembang diberi nama MUSIcool., *Hydrocarbon* merupakan hasil kilang Migas yang diformulasikan sebagai pengganti Refrigerant; R-12, R-22 dan R-134a menjadi MC-12, MC-22 dan MC-134. (Raharjo, S., 2007)

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah:

- 1) Dapat mengetahui perbandingan kinerja dari R-134a dan MC-134
- 2) Dapat mengetahui efisiensi dari R-134a dan MC-134
- 3) Dapat mengetahui perbandingan konsumsi energi pada *blood bank refrigerator* dengan menggunakan R-134a dan MC-134.

2. Landasan Teori

2.1. Pengertian Refrigerasi

Refrigerasi didefinisikan sebagai suatu proses pengambilan dari sumber panas dengan temperatur yang relatif lebih rendah, produk atau media pendingin, kemudian ditransfer kebagian sisi yang mempunyai temperatur lebih tinggi. Sistem refrigerasi adalah suatu gabungan atau perpaduan antara komponen dan peralatan yang di rangkai menjadi satu kesatuan untuk menghasilkan efek refrigerasi (pendinginan), sedangkan refrigeran adalah zat yang digunakan sebagai fluida kerja dalam proses penyerapan energi panas (proses refrigerasi). (Miller, R., 2006)

2.2. Siklus Kompresi Uap

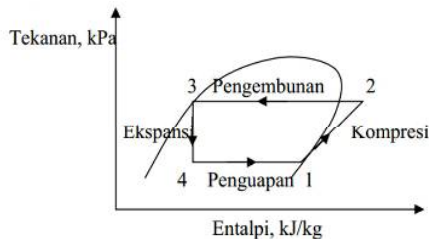
Siklus kompresi uap standar (gambar 1) merupakan siklus teoritis, dimana pada siklus tersebut mengasumsikan beberapa proses sebagai berikut :

1–2 Merupakan proses kompresi adiabatik dan reversibel, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor.

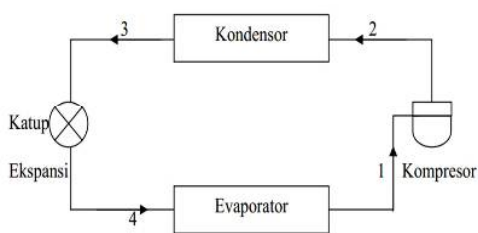
2–3 Merupakan proses pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan refrigerasi.

3-4 Merupakan proses ekspansi unreversibel pada entalpi konstan, dari fasa cairan jenuh menuju tekanan evaporator.

4-1 Merupakan proses penambahan kalor reversibel pada tekanan konstan yang menyebabkan terjadinya penguapan menuju uap jenuh.



Gambar. 1 Diagram tekanan-entalpi siklus kompresi uap (Stoecker, 1982)



Gambar 2 Sistem refrigerasi kompresi uap (Stoecker, 1982)

Cara Kerja Siklus Kompresi Uap (Dossat, R.J., 1981) (gambar 1.);

Proses 1-2 ; refrigeran meninggalkan evaporator dalam wujud uap jenuh dengan temperatur dan tekanan rendah, kemudian oleh kompresor uap tersebut dinaikkan tekanannya menjadi uap super panas dengan temperatur yang tinggi, lebih tinggi dari temperatur lingkungan sehingga pembuangan panas bisa berlangsung.

1) Proses kompresi

Proses ini terjadi di kompresor dimana uap refrigeran dengan tekanan dan temperatur rendah yang masuk ke kompresor melalui suction line dikompresi didalam silinder kompresor sehingga temperatur dan tekanan uap refrigeran yang keluar dari kompresor melalui discharge line mengalami kenaikan. Proses yang terjadi didalam kompresor diasumsikan sebagai proses isentropik dan besarnya kerja kompresi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$q_w = (h_2 - h_1) \quad (1)$$

dengan

q_w = Besarnya kerja kompresi (kJ/kg)

h_1 = Enthalpy refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Enthalpy refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg)

Proses 2-3 ; setelah mengalami proses kompresi, refrigeran berada dalam fase panas lanjut dengan tekanan dan temperatur tinggi. Untuk merubah wujudnya menjadi cair (kondensasi), kalor harus dilepaskan ke lingkungan melalui alat yang disebut dengan kondensor. Refrigeran mengalir melalui kondensor pada sisi lain dialirkan fluida pendingin (udara atau air) dengan temperatur lebih rendah dari pada temperatur refrigeran. Oleh karena itu kalor akan berpindah dari refrigeran ke fluida pendingin dan refrigeran akan mengalami penurunan temperatur dari kondisi uap panas lanjut menuju kondisi uap jenuh, selanjutnya mengalami proses pengembunan menjadi refrigeran cair. Refrigeran keluar kondensor sudah berupa refrigeran cair. Proses kondensasi berlangsung pada temperature dan tekanan yang konstan.

2) Proses kondensasi

Proses ini terjadi di kondensor dimana uap refrigeran bertemperatur dan bertekanan tinggi yang masuk ke kondensor melalui discharge line dikondensasikan didalam kondensor sehingga refrigeran yang keluar dari kondensor diharapkan berubah fasa dari fasa uap ke fasa cair. Besarnya kalor yang dilepas di kondensor dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$q_c = (h_2 - h_3)$$

(2)

dengan :

q_c = Besarnya kalor yang dipindahkan kondensor (kJ/kg)

h_2 = Enthalpy refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)

h_3 = Enthalpy refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

Proses 3-4 ; refrigeran dalam keadaan wujud cair jenuh (tingkat keadaan 3) kemudian mengalir melalui alat ekspansi. Refrigeran mengalami ekspansi pada entalpi konstan dan berlangsung secara tak reversibel sehingga tekanan refrigeran menjadi rendah (tekanan evaporator). Refrigeran keluar alat ekspansi berwujud campuran uap-cair pada tekanan dan temperatur rendah.

3) Proses ekspansi

Proses ini terjadi di alat ekspansi dimana refrigeran cair yang berasal dari kondensor di ekspansi sehingga temperatur dan tekanan refrigeran yang keluar dari alat ekspansi turun drastis dan selanjutnya masuk evaporator untuk menyerap kalor dari ruangan atau media yang hendak didinginkan.

Proses 4-1 ; Refrigeran dalam fase campuran uap-cair, mengalir melalui evaporator. Di dalam evaporator refrigeran mengalami proses penguapan sebagai akibat dari panas yang diserap dari sekeliling evaporator. Dengan adanya penyerapan panas ini, maka disekeliling evaporator (ruangan yang dikondisikan) menjadi dingin atau temperaturnya turun. Selanjutnya refrigeran yang meninggalkan evaporator dalam fase uap jenuh.

Proses penguapan tersebut berlangsung pada temperatur dan tekanan yang konstan.

4) Proses evaporasi

Proses ini terjadi di evaporator dimana refrigeran cair yang masuk ke evaporator menyerap kalor dari ruangan atau media yang hendak didinginkan dengan adanya penyerapan kalor tersebut maka refrigeran diharapkan berubah fasa dari fasa cair menjadi fasa uap jenuh (saturasi). Besarnya kalor yang diserap oleh refrigeran di evaporator dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_e = (h_1 - h_4) \quad (3)$$

dengan

q_e = Besarnya kalor yang dibuang kondensor (kJ/kg)

h_1 = Enthalpy refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

h_4 = Enthalpy refrigeran saat keluar evaporator (kJ/kg)

2.3. Prestasi Kompresi Uap

Kinerja dari suatu sistem refrigerasi dapat ditentukan dari besaran-besaran sebagai berikut :

1) Efek Pendinginan atau Efek Refrigerasi

Berikut ini per samaan yang dapat digunakan untuk mengetahui efek refrigerasi dari suatu system. (Moran M.J. & Shapiro.H.N., 2006)

$$Q_{\text{refrigeration Effect}} = h_1 - h_4$$

$$Q_{\text{refrigeration Effect}} = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (4)$$

2) Laju Aliran Massa Refrigeran

Untuk dapat menghitung laju aliran massa refrigerant maka dapat dihitung dengan membagi kapasitas pendinginan dengan efek refrigerasi seperti persamaan berikut :

$$\dot{m} = Q_{\text{in}} / (Q_{\text{refrigeration Effect}}) \quad (5)$$

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., 2006)

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (6)$$

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).

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

$$W_{\text{kondensor}} = \dot{m} (h_2 - h_3) \quad (7)$$

2.4. Darah

Darah manusia merupakan cairan jaringan tubuh. Fungsi utamanya adalah mengangkut oksigen yang diperlukan oleh sel-sel di seluruh tubuh. Darah juga menyuplai jaringan tubuh dengan nutrisi, mengangkut zat-zat sisa metabolisme, dan mengandung berbagai bahan penyusun sistem imun yang bertujuan mempertahankan tubuh dari berbagai penyakit Menurut Armstrong, B., Dkk . (2005) Temperatur kerja untuk penyimpanan darah jenis Whole Blood

atau Packed Red Cells(PRC) adalah $6^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$, untuk darah trombosit disimpan pada temperatur $22^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$, dan untuk plasma darah atau sel darah putih disimpan pada temperatur- $18^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$. (Armstrong, B., Dkk. 2005)

2.5. Blood Bank Refrigerator

Darah memerlukan tempat penyimpanan yang sering disebut Blood Bank Refrigerator. Blood Bank Refrigerator menurut Armstrong, B., Dkk . (2005) merupakan alat yang digunakan untuk keperluan penyimpanan darah diberbagai lokasi, baik dirumah sakit maupun diluar rumah sakit Alat ini umumnya menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap, dan mempunyai temperatur kerja $6^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ untuk darah jenis Whole Blood atau Packed Red Cells (PRC), untuk darah trombosit disimpan pada temperatur $22^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$, dan untuk plasma darah atau sel darah putih disimpan pada temperatur- $18^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$. (Armstrong, B., Dkk . 2005) Blood Bank Refrigerator ini didesain untuk penyimpanan semua jenis darah (Whole Blood) atau Packed Red Cells(PRC) dengan waktu penyimpanan selama 35 hari

Tabel 1. Penyimpanan dan transportasi kondisi untuk Whole Blood dan Red Cells.

Condition	Temperature range	Storage time
Transport of pre-processed blood	+20 °C to +24 °C	Less than 6 hours
Storage of pre-processed or processed blood	+2 °C to +6 °C	Approx. 35 days
Transport of processed blood	+2 °C to +10 °C	Less than 24 hours

(Sumber : Armstrong, B., Dkk . 2005)

Proses penyimpanan darah bersuhu antara 2°C sampai dengan 6°C yang merupakan suhu terbaik dalam penyimpanan darah untuk jangka waktu 35 hari.

2.6. Komponen Utama Siklus Kompresi Uap

Komponen Utama Siklus Kompresi Uap

1) Kompresor

Kompresor merupakan jantung dari suatu sistem refrigerasi dan istilah yang paling tepat adalah pompa uap yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan rendah pada sisi suction kompresor menjadi tekanan tinggi di sisi discharge kompresor (Whitman, B., dkk 2009)



Gambar 3. Kompresor

2) Kondensor

Kondensor merupakan salah satu komponen dari sistem kompresi uap yang berfungsi sebagai pelepas panas, dimana proses yang terjadi pada kondensor ini adalah proses kondensasi yakni perubahan wujud refrigeran dari wujud uap (gas) ke wujud cair. (Whitman, B., dkk., 2009)



Gambar 4. Kondensor

3) Pipa kapiler

Pipa kapiler terdiri dari pipa panjang dengan diameter yang sangat kecil. Pada ukuran panjang dan diameter tertentu, pipa kapiler memiliki tahanan gesek yang cukup tinggi sehingga dapat menurunkan tekanan kondensasi yang tinggi ke tekanan evaporasi yang rendah. Pipa kapiler berfungsi menarik jumlah refrigeran cair ke evaporator dan untuk menjaga beda tekanan antara tekanan kondensasi dan tekanan evaporasi tetap konstan (Widodo, S., dan Hasan, S., 2008)

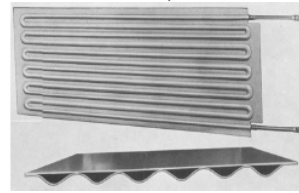


Gambar 5. Pipa kapiler

4) Evaporator

Evaporator merupakan media pemindahan energi panas melalui permukaan agar refrigeran cair menguap dan menyerap panas dari udara dan produk yang ada di dalam ruang tersebut. Karena, begitu banyaknya variasi kebutuhan refrigerasi, maka evaporator juga dirancang dalam berbagai tipe, bentuk, ukuran dan desain. Evaporator dapat dikelompokkan dalam berbagai klasifikasi, misalnya, konstruksi, cara pencatutan refrigeran cair, kondisi operasi, cara sirkulasi udara dan jenis katub ekspansinya. Kapasitas evaporator biasanya dinyatakan dalam watt. Agar dapat memindahkan energi panas sesuai dengan keinginan, maka permukaan perpindahan panas evaporator harus mempunyai kapasitas perpindahan panas yang cukup, agar semua refrigeran yang akan diuapkan di dalam evaporator dapat berlangsung dengan optimal dan menghasilkan

pendinginan yang maksimum pula. (Widodo, S., dan Hasan, S., 2008)



Gambar 6. Evaporator

2.7. Pengertian Refrigeran

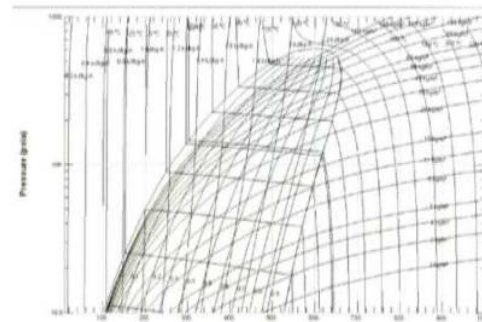
Refrigeran merupakan suatu media pendingin yang dapat berfungsi untuk menyerap kalor dari lingkungan atau melepaskan kalor ke lingkungan. Karena masa jenis refrigeran lebih berat dari pada udara, jadi penempatan atau adanya suatu ventilasi sangat penting. Sebagai contoh, jika suatu refrigeran tersebut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

1) Refrigeran-134a

Refrigeran R-134a adalah refrigeran yang tergolong dalam HFC karena refrigeran ini tidak mengandung chlorine. Refrigeran R-134a memiliki ancaman yang rendah terhadap penipisan lapisan ozon jika dibandingkan dengan refrigeran yang tergolong dalam HCFC dan CFC Nippodensol telah memproduksi freon baru sejak 1993 dengan nama R134a yang lebih ramah lingkungan, refrigeran R-134a ini diharapkan dapat menggantikan refrigeran-refrigeran yang masih mengandung chlorofluorocarbon. menurut (Whitman, B., dkk., 2009).

2) Refrigeran MUSIcool-134

Refrigeran hidrokarbon MUSI COOL merupakan refrigeran hidrokarbon yang sudah diproduksi di dalam negeri dan sudah memenuhi spesifikasi internasional sebagai persyaratan refrigeran. MC-134 dibuat dari hidrokarbon, dengan campuran utama terdiri dari propane, C3 dan butane, C4 campuran kandungan lainnya merupakan zat ikutan dengan kadar yang sangat rendah.



Gambar 7. Diagram P – h (mc – 134)

(Sumber: <http://gasdom.pertamina.com> diakses pada 8 mei 2017)

Tabel 2. Sifat Fisika dan Thermodinamika Refrigeran

Properties	unit	MC -134	HFC 134
Enthalpy liquid	kJ/kg	261	235
Enthalpy vapor	kJ/kg	601	412
Density, liquid	kg/m ³	531	1207
Density vapor	kg/m ³	12,90	32,35
Specific heat liquid	kJ/kg °K	2,53	1,42
Specific heat Vapor	kJ/kg °K	1,99	1,03
Viscosity liquid	μPa.s	128	195
Viscosity vapor	μPa.s	7,9	11,7
Thermal conductivity liquid	W/m.K	0,092	0,081
Thermal conductivity vapor	W/m.K	0,018	0,014
Saturated Pressure	Bar	5,7	6,7

(Sumber: <http://gasdom.pertamina.com> diakses pada 8 mei 2017)

- a) Keuntungan menggunakan MUSICOOL 134
 - i. Tidak memerlukan penggantian komponen
 - ii. Tidak memerlukan penggantian oli / pelumas
 - iii. Jumlah pengisian media pendingin hanya 30% dari jumlah media pendingin CFC maupun HFC
 - iv. Tenaga mesin yang terpakai untuk menggerakkan kompresor turun sebesar 15% dibandingkan ketika menggunakan CFC maupun HFC
 - v. Pemakaian bahan bakar menjadi lebih irit
 - vi. Menambah umur pemakaian kompresor
 - vii. Pencapaian temperatur dingin lebih cepat
 - viii. Gerak akselerasi mobil menjadi lebih ringan
 - ix. Tidak merusak lapisan ozon
 - x. Tidak meningkatkan pemanasan global
- (Sumber : <http://gasdom.pertamina.com>)
- b) Keamanan menggunakan musicool, bahan mudah terbakar, cara menghindari musicool terjadi kebakaran yaitu dengan cara :
 - i. pastikan lasan sambungan pada pipa benar-benar rapi dan tidak ada celah yang dapat menyebabkan kebakaran
 - ii. pemasangan kelistrikan pada instalasi alat pastikan benar- benar terisolasi dengan baik dan tidak ada yang menyebabkan arus pendek ataupun terjadinya loncatan bunga api.
 - iii. ruangan praktek harus dipastikan memiliki jendela atau pentilasi yang terbuka dan udara di ruangan selalu dalam keadaan bersirkulasi dengan udara luar.
 - iv. colokan sumber listrik harus diletakan jauh dari alat
- c) Petunjuk Pemakaian
 - i. MUSICOOL MC-134 dapat digunakan untuk berbagai peralatan pendingin yang sebelumnya menggunakan HCFC R-134a
 - ii. MUSICOOL MC-134 memiliki kesesuaian dengan oli yang ada dalam kompresor
 - iii. Sebaiknya tabung MUSICOOL digoyang-goyangkan sebelum digunakan untuk mendapatkan campuran yang baik

iv) Pengisian ke dalam peralatan pendingin hanya diperlukan maksimum 30% dari berat pengisian oleh CFC R-12. maupun HFC R-134a. Pengisian yang berlebih akan mengakibatkan pendinginan tidak optimal.

c) Petunjuk Penyimpanan

- i. Zat pendingin Hidrokarbon MUSICOOL memiliki sifat tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak beracun
- ii. Simpan di tempat berventilasi dan temperatur ruang tidak melebihi 40o C
- iii. Tempat penyimpanan MUSICOOL harus kering dan bersih
- iv. Hindarkan dari sumber dan percikan api
- v. Tidak dibenarkan memindahkan sebagian isi MUSICOOL ke tabung lain untuk menghindari kontaminasi
- vi. Pengisian ulang harus dilakukan oleh produsen / agen MUSICOOL
- vii. (Sumber : <http://gasdom.pertamina.com> diakses pada 8 mei 2017)

5) Cara Pengisian Refrigeran

Untuk melakukan proses pengisian pasang manifold gauge analyzer pada peralatan pendingin dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. selang warna biru dihubungkan pada niple disisi hisap
- b. selang warna kuning dihubungkan pada niple tabung refrigerant R 134 A.
- c. Posisi tabung tegak

Adapun langkah-langkah pengisian :

- a. memutar keran warna biru ke arah terbuka (keran low pressure).
- b. memutar keran warna merah ke arah tertutup sampai maksimum (keran high pressure).
- c. Untuk pengisian refrigerant R 134a memutar keran kearah terbuka secara perlahan dan lihat tekanan di low pressure gauge yang sesuai perencanaan
- d. Setelah sistem pengisian refrigerant R 134 A selesai, memutar keran biru kearah tertutup (keran low pressure)

f) Retrofitting Atau Penggantian Refrigeran

Retrofitting adalah proses mengganti refrigeran pada mesin pendingin dengan jenis refrigeran 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 refrigeran lama), selanjutnya pemvakuman sistem, pengisi refrigeran dan pemeriksaan kinerja akhir setelah retrofit.

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

- a. Selalu bekerja pada ruangan berventilasi
- b. Dilarang merokok saat bekerja.
- c. Hindari percikan api dalam radius dari daerah pengisian atau pembuangan.

- d. Menonaktifkan saklar listrik
- e. Siapkan pemadam kebakaran manual.
- f. Gunakan sarung tangan dan kacamata saat penggantian refrigerant.

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

- a. Usahakan memperhatikan prosedur umum saat bekerja hidrokarbon.
- b. Lakukan pemeriksaan fisik terlebih dahulu.
- c. Lakukan pemeriksaan fungsi komponen (catat performansi jika dibutuhkan).
- d. Lakukan pengembalian kembali (recovery) refrigerant CFC.
- e. Pemvakuman sistem
- g) Proses Vakum

Pada Sistem refrigerasi harus divakum untuk menurunkan tekanan pada sistem hingga dibawah tekanan atmosfer. Pada kondisi ini gas-gas tak terkondensasi dalam sistem akan dibuang, demikian pula dengan uap air yang terkandung. Semua ini harus dibuang karena dapat mengganggu kinerja sistem. Prinsip kerja pompa vakum adalah menyedot semua gas-gas atau refrigeran yang ada dalam sistem, proses ini terus dilakukan hingga tekanan dalam sistem mencapai tekanan di bawah tekanan atmosfer.



Gambar 9. Pompa Vakum

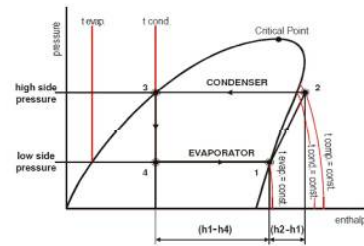
Untuk melakukan proses vakum pasang manifold gauge analyzer pada peralatan pendingin dengan ketentuan sebagai berikut:

- i. Selang warna biru dihubungkan pada niple disisi hisap (low pressure)
- ii. Selang warna merah dihubungkan ke niple sisi tekan (high pressure)
- iii. Selang warna kuning di hubungkan ke pompa vakum
- iv. Adapun langkah – langkah pemvakuman yaitu:
- v. Memutar keran warna merah dan biru ke arah terbuka sampai maksimum (keran di high dan low pressure).
- vi. Menjalankan pompa vakum selama minimum 30 menit.
- vii. Memperhatikan bilamana sistem setelah divakum atau belum.
- viii. Setelah sistem divakum memutar keran merah dan biru ke arah tertutup.

2.8. Parameter – Parameter Prestasi Mesin Refrigerasi Kompresi Uap

untuk menyatakan unjuk kerja dari suatu siklus kompresi uap, yang ditinjau adalah dampak

refrigerasi, laju pelepasan kalor, kerja kompresi, Coefficient of Performance (COP) dan Performance Factor (PF) yang dapat dijelaskan dengan gambar 10 :



Gambar 10. Aliran Refrigeran pada P-H diagram
(Sumber: Moran & shapiro, 2006)

2.9. Kinerja Mesin / Coefficient Of Performance (COP)

Menurut Stoecker dan Jones (1982) dalam tambunan (2008) mengatakan Performansi mesin pendingin yang disebut juga dengan koefisien prestasi (coefficient of performance) dinyatakan sebagai perbandingan antara efek pendinginan yang terjadi dengan kerja yang dilakukan kompresor (Tambunan, E. 2008).

Coefficient of Performance (COP) adalah suatu koefisien yang besarnya sama dengan efek refrigerasi (ER) dibagi dengan kerja kompresi (Wk)

$$\text{COP aktual} = (\text{ER}) / (\text{Wk})$$

$$= (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1) \quad (8)$$

$$\text{COP carnot} = (273 + T_e) / (T_k - T_e) \quad (9)$$

Keterangan :

$$T_{\text{evaporator}} = T_1 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$T_{\text{tkondensor}} = T_3 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$h_1 = \text{didapat dari } T_1 \text{ (Kj/Kg)}$$

$$h_2 = \text{didapat dari } T_2 \text{ (Kj/Kg)}$$

$$h_3 = h_4 = \text{didapat dari } T_3 \text{ (Kj/Kg)}$$

Efisiensi refrigerasi (η_{ref}):

$$\eta_{\text{ref}} = (\text{COP a}) / (\text{COP c}) \times 100\% \quad (10)$$

2.10. Daya Listrik

Pengertian daya listrik adalah besar energi listrik yang dibutuhkan atau diperlukan untuk mengalirkan listrik dalam penghantar untuk setiap detiknya.

Rumus daya listrik :

$$P = w/t = (V.I.t)/t = V.I \quad (11)$$

Dimana :

P = daya listrik (watt)

W = energi listrik (joule)

V = beda potensial (volt);

t = waktu (s);

I = kuat arus listrik (A);

2.11. Biaya Energi

Perhitungan biaya listrik diambil tarif dasar listrik PT. PLN(Persero) pada bulan juni 2017 sebagai berikut

BULAN APRIL - JUNI 2017					
NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA KVAH (Rp/kVAh)	
1.	R-1/TR	1.300 VA	"	1.487,28	1.487,28
2.	R-1/TR	2.200 VA	"	1.487,28	1.487,28
3.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	"	1.487,28	1.487,28
4.	R-3/TR	6.500 VA ke atas	"	1.487,28	1.487,28
5.	B-2/TR	6.500 VA s.d. 250 KVA	"	1.487,28	1.487,28
6.	B-3/TR	di atas 200 KVA	"	Blok WBP Blok LVBP KVAh = 1.035,78 KVAh = 1.114,74 ****	-
7.	I-3/TR	di atas 200 KVA	"	Blok WBP Blok LVBP KVAh = 1.035,78 KVAh = 1.114,74 ****	-
8.	I-4/TT	30.000 KVA ke atas	"	Blok WBP dan Blok LVBP KVAh = 995,74 KVAh = 995,74 ****	-
9.	P-1/TR	6.500 VA s.d. 200 KVA	"	1.487,28	1.487,28
10.	P-2/TR	di atas 200 KVA	"	Blok WBP Blok LVBP KVAh = 1.035,78 KVAh = 1.114,74 ****	-

Tabel 3 tarif tenaga listrik PT. PLN (Persero) bulan juni 2017

(Sumber: http://www.pln.co.id/wpcontent/uploads/2017/06/06_TA.jpg diakses pada 8 mei 2017)

TDL untuk 2200 KVA adalah Rp.1.364,86

Biaya pemakaian = waktu (jam) x W x TDL (12)

Keterangan :

TDL : tarif dasar listrik

W : energi listrik yang terpakai atau jumlah KWh yang dipakai

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan menyiapkan perangkat uji berupa blood bank refrigerator kemudian dilakukan pengambilan data menggunakan 2 jenis refrigeran yang berbeda dimana pada pengambilan data pertama menggunakan refrigeran R-134a.

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium sistem refrigerasi dan tata udara Politeknik Sekayu. Waktu penelitian adalah bulan Mei – Juli 2017. Penelitian dilakukan sebanyak beberapa kali guna penyusunan laporan akhir.

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian adalah

a) alat yang digunakan dalam pengambilan data ini adalah

1. satu set refrigerator blood bank kapasitas 2500 ml darah
2. thermometer digital
3. pressure gauge
4. tang ampere
5. multimeter
6. pompa vakum

b) Bahan yang digunakan dalam pengambilan data ini adalah :

1. darah sebanyak 2500 ml
2. refrigeran-134a
3. musicool 134

3.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian terdiri dari langkah persiapan dan langkah pengujian / pengambilan data. Langkah persiapan meliputi perakitan/setting instalasi uji, pemvakuman, pengisian refrigeran dan tes kebocoran.

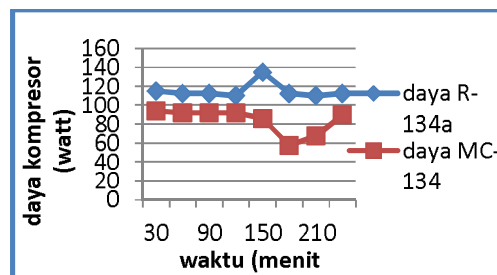
Berikut ini prosedur pengujian kinerja mesin yaitu :

- 1) Siapkan alat dan bahan seperti, thermometer (6 buah), pressure gauge(2 buah), dan tang ampere meter
- 2) Letakan thermometer dan pressure gauge seperti pada gambar 4.5 berikut
- 3) Letakan tang ampere pada kabel line compressor
- 4) Sambungkan thermal breaker ke sumber listrik lalu naikan MCB
- 5) Tekan ON saklar compressor dan putar settingan thermostat ke posisi hidup
- 6) Pastikan lampu indicator pada saklar menyala, menandakan bahwa saklar pada posisi "ON " atau "OFF"
- 7) Lakukan pengambilan data yang meliputi
 - a. T1 : temperatur masukan kompresor
 - b. T2 : temperatur keluaran kompresor
 - c. T3 : temperatur keluaran kondensor
 - d. P1 : tekanan masukan compressor
 - e. P2 : tekanan keluaran compressor
 - f. Tegangan listrik : volt
 - g. Arus listrik pada kompresor : ampere
- 8) Setelah selesai turunkan saklar ke posisi OFF dan matikan MCB

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perbandingan Kerja Kompresor (Wk)

Pada pengujian ini dilakukan pengisian refrigeran R-134a, dan MC-134. temperatur lingkungan berkisar 30°C. Berikut hasil perbandingan Kerja Kompresor mesin refrigerasi yang diuji dengan berbagai refrigeran selama 50 menit terhitung mulai menit ke-10 (Gambar 9).

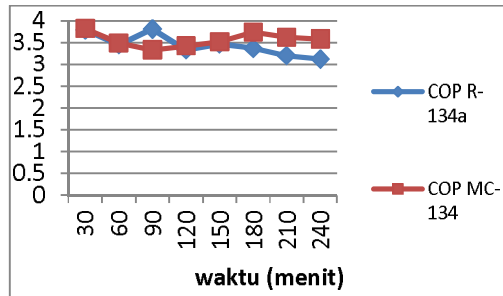


Gambar 11. Perbandingan Kerja Kompresor

Gambar 11 menunjukkan bahwa pada pengujian awal yang menggunakan R-134a, terlihat kerja kompresornya lebih besar dibanding pengujian kedua dari menit awal pengambilan data hingga menit akhir. Pada gambar 11 terlihat nilai kerja kompresor pada pengujian pertama yaitu rata-rata sebesar 115 W dan pengujian kedua 85,12 W.

4.2. Perbandingan Coefisien Of Performance (COP)

Pada pengujian ini dilakukan pengisian kedua jenis refrigeran yaitu R-134a dan MC-134, temperatur lingkungan berkisar 30°C. Berikut hasil perbandingan *Coefisien of Performance* mesin refrigerasi yang diuji dengan berbagai refrigeran selama 240 menit terhitung mulai menit 30 (Gambar 12).

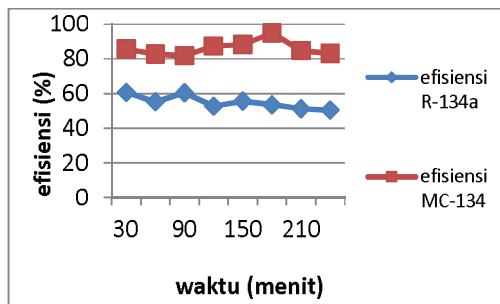


Gambar 12 Perbandingan COP

Gambar 12 menunjukkan bahwa pada pengujian kedua yang menggunakan MC-134, terlihat nilai kinerja (COP) lebih baik dibanding pengujian pertama dari menit awal pengambilan data hingga menit akhir. Sedangkan pada penggunaan R-134a memiliki nilai COP yang lebih rendah dari pada pengujian dengan MC-134 gambar 12. Terlihat nilai COP pada pengujian pertama (R-134a) yaitu rata-rata sebesar 3,44 dan pengujian kedua (MC-134) 3,56.

4.3. Efisiensi

Pada pengujian ini dilakukan pengisian kedua jenis refrigeran yaitu R-134a dan MC-134, temperatur lingkungan berkisar 30°C. Berikut hasil perbandingan *Coeffisien of Performance* mesin refrigerasi yang diuji dengan berbagai refrigeran selama 240 menit terhitung mulai menit 30 (Gambar 13).



Gambar 11. Perbandingan Kerja Kompresor

Gambar 13 menunjukkan bahwa pada pengujian kedua yang menggunakan MC-134, terlihat nilai efisiensi lebih baik dibanding pengujian pertama dari menit awal pengambilan data hingga menit akhir. Sedangkan pada penggunaan R-134a memiliki nilai efisiensi yang lebih rendah dari pada pengujian dengan MC-134 gambar 13. Terlihat nilai efisiensi pada pengujian pertama (R-134a) yaitu rata-rata sebesar 54,96 dan pengujian kedua (MC-134) 86,12.

4.4. Biaya energi

Biaya energi rata-rata perhitungan pada tabel pengambilan data refrigeran R-134a dan MC-134 adalah sebagai berikut :

1) Biaya energi penggunaan R-134a

- Untuk perhitungan daya rata-rata menggunakan Refrigeran R-134a :

$$P = V \times I$$

$$P = 224,375 \times 0,5125$$

$$= 114,992 \text{ watt}$$

$$P = 0.114992 \text{ Kwh}$$

b) Biaya pemakaian menggunakan refrigeran R134a per hari

$$= \text{waktu nyala (jam)} \times W \times \text{TDL}$$

$$= 24 \times 0,114992 \times 1.427,28$$

$$= \text{Rp. } 3.939,018$$

2) Biaya energi penggunaan MC-134

a) Untuk perhitungan daya rata-rata menggunakan Refrigeran MC134 :

$$P = V \times I$$

$$P = 226,875 \times 0,375$$

$$= 85,078 \text{ watt}$$

$$P = 0.085078 \text{ Kwh}$$

1. Biaya pemakaian menggunakan refrigeran MC-134 per hari

$$= \text{waktu nyala(jam)} \times W \times \text{TDL}$$

$$= 24 \times 0,085078 \times 1.427,28$$

$$= \text{Rp. } 2.914,323$$

Penghematan energi dalam satu hari

$$= \text{Rp. } 3.939,018 - \text{Rp. } 2.914,323$$

$$= \text{Rp. } 1.024,695 \text{ atau } 26,01 \%$$

Jadi refrigeran MC-134 lebih hemat energi 26,01 % dibandingkan dengan refrigeran R-134a

5. Kesimpulan

Setelah melakukan perbandingan kinerja pada blood bank refrigerator menggunakan R-134a dan MC-134, dapat diambil kesimpulan :

- Penggunaan refrigeran MC-134 pada blood bank refrigerator lebih efisien 31,16 % dibandingkan dengan R-134a.
- Konsumsi energi pada blood bank refrigerator dengan menggunakan refrigeran MC-134 lebih hemat 26,1 % dibandingkan dengan menggunakan R-134a. Berdasarkan langkah-langkah pengambilan data diatas dapat diambil garis besar proses perbandingan meliputi :
 - Persiapan (menyiapkan alat dan bahan pengambilan data)
 - Pengambilan data blood bank refrigerator menggunakan refrigeran R-134a dan MC-134
 - Finishing (membandingkan data refrigeran R-134a dan MC-134).

DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong B., dkk., 2005. Manual on the management maintenance and use of blood cool chain equipment. Switzerland : WHO
- Dossat, R. J., 1981. Principles Of Refrigeration. New York : Jhon Wiley and Sons Inc
- Moran, M, J., Saphiro, H, N., 2006. Fundamental Of Engineering Thermodynamics. London : Jhon Wiley & Sons Inc

- Raharjo, S., 2007. Efektivitas Penggunaan Musicool Pada Mesin Pengkondisian Udara. Semarang : universitas negri semarang
- Miller, R., 2006. HVAC Troubleshooting Guide. New York : The McGraw-Hill Companies Inc
- Stocker, W, F., Jones, J, K., 1982. Refrigeration And Air Conditioning Technology 6 Th Edition. New York : Delmar cengage Learning
- Tambunan, E., 2008. Perbandingan penggunaan refrigeran hidrokarbon (MC-12 dan MC-22) dan holokarbon (R-12 dan R-22) pada mesin refrigerasi. Bogor : institut pertanian bogor
- Whitman., William, C., Dkk., 2009. Refrigeration And Air Conditioning Technogy 6 Th Edition., Delmar : Cengage Learning
- Widodo, S., dan Hasan, S., 2008. Sistem Refrigerasi Dan Tata Udara. Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional
- [http// gasdom.pertamina.com](http://gasdom.pertamina.com) diakses 08 mei 2017
- [http://www.pln.co.id/wp-content/uploads/ 2017/ 06 /06_TA.jpg](http://www.pln.co.id/wp-content/uploads/2017/06/06_TA.jpg) diakses 08 mei 2017