

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA MENGGUNAKAN REFRIGERAN R134A DAN REFRIGERAN R404A PADA MESIN BAR ICE CREAM MANUAL MAKER

Sutrisno¹, Azharudin², Ferry Irawan²

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

E-mail: ferry.irawan_mail@yahoo.com

ABSTRAK

Dari berkembangnya teknologi yang ada saat ini, banyak terciptanya mesin pendingin dalam segala bidang dan bentuk. Dari sekian banyak mesin pendingin tersebut tentunya membutuhkan fluida pendingin yang sering disebut refrigeran yang mana memiliki nilai guna dan keuntungan yang tinggi. Penulis laporan ini bertujuan untuk membandingkan refrigeran dan mengetahui performa pada mesin bar ice cream dengan menggunakan refrigeran R134a dan R404a. Metode penelitian menggunakan metode eksperimental dan metode literatur. Tahap pertama adalah persiapan, dilanjutkan pengambilan data. Tahap berikutnya adalah analisis data dan pembahasan, yang terakhir adalah kesimpulan. Proses Pengambilan data temperatur, tekanan, arus listrik, dan tegangan dalam waktu 60 menit dan dilakukan 4 kali data yang diambil menggunakan refrigeran R134a dan refrigeran R404a. Kesimpulan dari penulisan ini yaitu berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan dari refrigeran R134a COP yang di dapat yaitu: 2,93 pada menit ke 15 dan waktu yang seterusnya cenderung konstan dan pada R404a dengan waktu yang sama COP yang di dapat adalah 2,03 pada menit ke 15, kemudian performanya mengalami kecenderungan konstan.

Kata kunci: Refrigeran, perbandingan COP, R134a dan R404a

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Berdasarkan Perkembangan pada bidang teknologi pendingin dan tata udara semakin berkembang hingga saat ini. Pada bidang refrigerasi dan tata udara misalnya seperti air conditioning (AC), kulkas, cold storage dan sebagainya, terdapat berbagai kebutuhan baik di industri maupun masyarakat, salah satunya yaitu kebutuhan terhadap es krim yang sering dijual untuk penyajian minuman, banyak orang lebih suka es krim ketika disajikan dalam minuman.

Dengan demikian banyaknya mesin pendingin tersebut menggunakan cairan pendingin yang sering disebut refrigeran. Dari perkembangan sekarang sudah banyak ditemukan refrigeran yang baru yang lebih ramah lingkungan dan aman digunakan. Selain berguna sebagai media pendingin, refrigeran juga mempunyai dampak yang buruk bagi lingkungan terutama bagi lapisan atmosfer. Hal tersebut dari salah satu penyebabnya yaitu CFC, HFC dan HCFC (C-Chloro, F-Fluor, C-Carbon, H-

Hydro) atau disini biasa dikenal dengan istilah FREON (synthetic refrigerant). Chlor adalah gas yang paling merusak ozon sedangkan flour adalah gas yang menimbulkan efek rumah kaca.

Dari banyaknya refrigeran yang digunakan perlu diketahui perbedaan performa antara mesin manual es krim menggunakan refrigeran R134a dan R404a.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini meliputi:

- 1) Bagaimana pengaruh penggantian (retrofit) refrigeran pada mesin pendingin menggunakan R234a, dan R404a terhadap Coefficient Of Performance (COP).

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- 1) Pengukuran dilakukan pada satu sistem yang sama.
- 2) Pengaruh lingkungan diabaikan.

- 3) Menganalisa prestasi kerja atau kinerja dari mesin pendingin AC dengan R234a, dan R404a.

1.4. Tujuan

Adapun Tujuan Dalam Penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh penggantian (retrofit) refrigeran pada mesin pendingin menggunakan R234a, dan R404a terhadap *Coefficient Of Performance (COP)*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Teori Refrigerasi

Refrigerasi adalah suatu proses penyerapan panas dari suatu zat atau produk sehingga temperaturnya berada dibawah temperatur lingkungan. Mesin refrigerasi yang disebut juga mesin pendingin adalah mesin yang dapat menimbulkan efek refrigerasi, sedangkan refrigeran adalah zat yang digunakan sebagai fluida kerja dalam proses penyerapan panas.

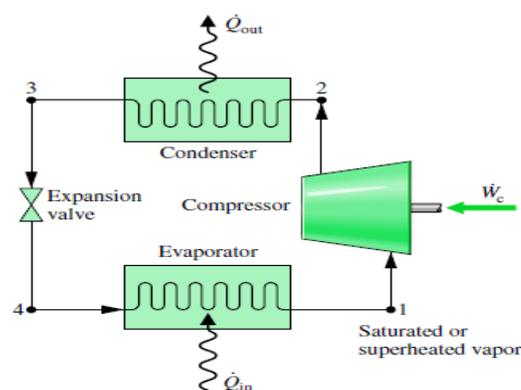
Saat ini aplikasi refrigerasi meliputi bidang yang sangat luas, yaitu meliputi dari keperluan rumah tangga, pertanian, sampai ke industri gas, petrokimia, perminyakan, dan sebagainya. Kelompok aplikasi mesin refrigerasi dan tata udara ialah :

- 1) Refrigerasi Domestik : Lemari es, Dispenser air.
- 2) Refrigerasi Komersial : Pendingin minuman botol, Box es krim, lemari pendingin supermarket.
- 3) Refrigerasi Industri : Pabrik es, Ice Block Maker, Cold Storage, dan Mesin pendingin untuk proses industri.
- 4) Refrigerasi transport : Refrigerated truck, Train, dan Containers.

Mesin Refrigerasi Domestik, Komersial, industri dan Transportasi pada umumnya sangat erat hubungannya dengan cara-cara pengawetan

makanan (daging, ikan, sayur-sayuran, buah-buahan dan lain-lain) membutuhkan suhu dan kelembapan tertentu agar awet disimpan. karena itulah cara-cara pengawetan makanan dalam sistem refrigerasi ini sangat penting untuk diketahui dan dikenal.

Siklus kompresi uap adalah sebuah siklus yang menggunakan refrigeran sebagai media pembawa panas, yang mana di dalam sistem refrigerasi, panas dihisap pada tingkat suhu rendah dan membuang panas tersebut pada tingkat suhu yang tinggi. Siklus sederhana kompresi uap dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Siklus sederhana kompresi uap (Moran, M. J, dan Shapiro H N., 2006)

Dari gambar 1, dapat dijelaskan seperti berikut ini:

- 1) Panas dihisap dari suatu substansi yang akan didinginkan sehingga terjadi evaporasi pada refrigeran cair di dalam evaporator pada keadaan tekanan rendah.
- 2) Penambahan tekanan (untuk menaikkan suhu kondensasi) pada uap tekanan rendah yang berasal dari evaporator, dengan menggunakan kompresor
- 3) Pelepasan panas pada uap tekanan tinggi di dalam kondensor, sehingga terjadi kondensasi.
- 4) Dengan menggunakan alat penghambat atau katup penghambat, dapat mengurangi tekanan pada cairan yang bertekanan tinggi (dari kondensor) pada tingkat tekanan yang dibutuhkan di evaporator.

2.2 Komponen Mesin Refrigerasi Kompresi Uap

Komponen utama dari sistem refrigerasi siklus kompresi uap terdiri dari kompresor, alat ekspansi, kondensor dan evaporator. Disamping komponen utama terdapat komponen tambahan seperti; *strainer/filter dryer*, pemisah oli, *fan motor* dan *chek valve*.

2.2.1. Kompresor

Kompresor dikenal sebagai jantung dari suatu sistem refrigerasi, dan digunakan untuk menghisap dan menaikkan tekanan uap refrigeran yang berasal dari evaporator. Bagian pemipaan yang menghubungkan antara evaporator dengan kompresor dikenal sebagai saluran hisap (suction line). Penambahan tekanan uap refrigeran dengan kompresor ini dimaksud agar refrigeran dapat mengembun pada temperatur yang relatif tinggi. Refrigeran yang keluar dari kompresor masih berfasa uap dengan tekanan tinggi. Perbandingan antara absolut tekanan buang (discharge pressure) dan tekanan isap (suction pressure) disebut dengan ratio kompresi (compression ratio). Kompresor pada sistem refrigerasi dapat berupa kompresor torak (reciprocating compressor), rotary, scroll, screw, dan centrifugal.

Kegunaan kompresor di siklus kompresi uap adalah untuk menekan gas bertekanan rendah yang berasal dari evaporator dan menaikkan tekanannya pada saat ke kondensor. Jadi kerja kompresor adalah untuk:

- a. Menurunkan tekanan di evaporator, sehingga bahan pendingin cair di evaporator dapat menguap pada suhu yang lebih rendah dan menyerap lebih banyak panas dari sekitarnya.
- b. Menghisap gas bahan pendingin dari evaporator, lalu menaikkan tekanan dan suhu gas bahan pendingin tersebut, dan mengalirkannya ke kondensor sehingga gas tersebut dapat mengembun dan memberikan

panasnya pada medium yang mendinginkan kondensor.

Kompresor yang terdapat pada alat adalah jenis kompresor hermetik. Pada dasarnya, kompresor hermetik hampir sama dengan semi-hermetik, perbedaannya hanya terletak pada cara penyambungan rumah (baja) kompresor dengan stator motor penggerakannya. Pada kompresor hermetik dipergunakan sambungan las sehingga rapat udara. Pada kompresor semi-hermetik dengan rumah terbuat dari besi tuang, bagian-bagian penutup dan penyambungannya masih dapat dibuka. Sebaliknya dengan kompresor hermetic, rumah kompresor dibuat dari baja dengan pengerjaan las, sehingga baik kompresor maupun motor listriknya tidak dapat diperiksa tanpa memotong rumah kompresor. (Wibowo, D.B, 2006)

2.2.2. Kondensor

Kondensor adalah suatu alat yang bertujuan untuk merubah bahan pendingin dari bentuk gas menjadi cair. Gas refrigeran dari kompresor dengan suhu dan tekanan tinggi masuk ke kondensor, karena temperatur gas refrigeran yang melalui kondensor lebih tinggi dari temperatur lingkungan maka di kondensor terjadi kondensasi, sehingga refrigeran berubah wujudnya menjadi cair.

Dalam kondensor terjadi proses kondensasi dimana untuk menghitung kalor yang dilepaskan dalam setiap satuan waktu adalah:

$$Q_k = \dot{m}_{ref} (h_2 - h_3)$$

Dimana:

Q_k = laju perpindahan kalor kondensasi (kapasitas penguapan) (kw)

h_2 = entalpi refrigeran pada titik 2 (kj/kg)

h_3 = entalpi refrigeran pada titik 3 (kj/kg)

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

(Wibowo, D.B, 2006)

2.2.3. Evaporator

Evaporator adalah komponen yang digunakan untuk mengambil kalor dari suatu ruangan atau suatu benda yang bersentuhan dengannya. Pada

evaporator terjadi pendidihan (boiling) atau penguapan (evaporation), atau perubahan fasarefrigeran dari cair menjadi uap. Refrigeran pada umumnya memiliki titik didih yang rendah. Sebagai contoh, refrigeran 22 (R22) memiliki titik didih -41° C. Dengan demikian, refrigeran mampu menyerap kalor pada temperatur yang sangat rendah. Evaporator dapat berupa koil telanjang tanpa sirip (bare pipe coil), koil bersirip (finned coil), pelat (plate evaporator) shell and coil, atau shell and tube evaporator. Jenis evaporator yang digunakan pada suatu sistem refrigerasi tergantung pada jenis aplikasinya. Kapasitas evaporasi dapat diketahui dengan persamaan :

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

Dimana:

Q_e = laju perpindahan kalor evaporasi (kapasitas pengembunan) [kw]

h_1 = entalphi refrigeran pada titik 1 (kj/kg)

h_4 = entalphi refrigeran pada titik 4 (kj/kg)

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

(Wibowo, D.B, 2006)

2.2.4 Pipa Kapiler

Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan yaitu untuk menurunkan tekanan refrigeran sebelum masuk ke evaporator dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Cairan refrigeran memasuki pipa kapiler tersebut dan mengalir sehingga tekanannya berkurang akibat dari gesekan dan percepatan refrigeran. Pipa kapiler hampir melayani semua sistem refrigerasi yang berukuran kecil, dan penggunaannya meluas hingga pada kapasitas regrigerasi 10 kW. Pipa kapiler mempunyai ukuran panjang 1 hingga 6 m, dengan diameter dalam 0,5 sampai 2 mm (Stoecker, 1996). Diameter dan panjang pipa kapiler ditetapkan berdasarkan kapasitas pendinginan, kondisi operasi dan jumlah refrigeran dari mesin refrigerasi yang bersangkutan.

2.3. Refrigeran

Association Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineer (ASHRAE, 2005) mendefinisikan refrigeran adalah zat yang mengalir dalam mesin pendingin (mesin refrigerasi atau mesin pengkondisian udara/AC). Refrigeran merupakan komponen terpenting siklus refrigerasi karena dialah yang menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin pendinginan. Zat ini berfungsi untuk menyerap panas dari benda/media yang didinginkan dan membawanya, kemudian membuang panas tersebut ke udara luar atau ke atmosfer. Mengelompokkan jenis-jenis refrigeran menjadi refrigeran sintetik dan refrigeran alami.

Refrigeran sintetik tidak terdapat di alam dan dibuat oleh manusia dari unsur-unsur kimia. Yang termasuk kedalam kelompok refrigeran sintetik, yaitu:

1. Refrigeran CFC (*Chloro-Fluoro-Carbon*). Refrigeran ini terdiri dari unsur *Chlor* (Cl), *Fluor* (F) dan *Carbon* (C). Contoh dari refrigeran ini adalah R-11 (CFC-11), R-12 (CFC-12). Karena tidak mengandung hidrogen CFC adalah senyawa yang sangat stabil dan tidak mudah bereaksi dengan zat lain meskipun terlepas ke atmosfer. Karena mengandung *chlor*, CFC merusak ozon di atmosfer (stratosfer) jauh di atas muka bumi. Zat ini memiliki nilai potensi merusak ozon yang tinggi (ODP = 1). Lapisan ozon bermanfaat untuk melindungi makhluk hidup dari pancaran sinar ultraviolet intensitas tinggi. Oleh sebab itu kelestariannya perlu dijaga;
2. Refrigeran HCFC (*Hydro-Chloro-Fluoro-Carbon*). Refrigeran ini terdiri dari unsur *Hydrogen* (H), *Chlor* (Cl), *Fluor* (F) dan *Carbon* (C). Karena mengandung hidrogen, refrigeran ini menjadi kurang stabil jika berada di atmosfer, sehingga sebagian besar akan terurai pada lapisan atmosfer bawah dan hanya

sedikit yang mencapai lapisan ozon. Oleh sebab itu HCFC memiliki ODP yang rendah. Contoh refrigeran ini adalah R-22 (HCFC-22); dan

3. Refrigeran HFC (*Hydro-Fluoro-Carbon*). Refrigeran ini tidak memiliki unsur *chlor*. Oleh sebab itu refrigeran ini tidak merusak lapisan ozon dan nilai ODP nya sama dengan nol. Contoh dari refrigeran ini adalah R-134a (HFC -134a), R-152a (HFC-152a), R-123 (HFC123).

Refrigeran alami adalah refrigeran yang dapat ditemui di alam, namun demikian masih diperlukan pabrik untuk penambangan dan pemurniannya. Contoh refrigeran alami adalah *Hidrocarbon* (HC), *Carbondioksida* (CO₂) dan *Amonnia* (NH₃). Jenis refrigeran ini tidak mengandung *chlor*, sehingga tidak merusak lapisan ozon (ODP = 0).

2.3.1 Refrigeran R134a

Refrigeran R134a golongan HFC merupakan refrigeran murni atau tidak campuran, refrigeran R134a sebagai pengganti refrigeran CFC-12 pada temperatur menengah dan tinggi, dalam refrigerasi dan tata udara, refrigeran R134a tergolong dalam *safety classification* A1. Pada refrigeran R134a tidak memiliki kandungan klorin sehingga nilai ODP = 0. Refrigeran R134a menggunakan oli POE (Polyol Ester). Refrigeran R134a dapat menggantikan R12 dan R500 dalam aplikasi *chiller sentrifugal*.



Gambar 2. Refrigeran R134a

kelebihan refrigeran R134a

- 1) Tidak Beracun
 - 2) Tidak Mudah Terbakar
 - 3) Nilai Ozon Depleting Potential (ODP) Sama dengan Nol
 - 4) Perpindahan Kalor yang Baik
 - 5) Kelarutan Yang Baik Dengan Pelumas mineral
- Kekurangan refrigeran R134a
- 1) Memiliki global warming potential signifikan
 - 2) Relatif mahal
 - 3) Tidak bisa dijadikan pengganti R-12 secara langsung tanpa melakukan modifikasi sistem refrigerasi (*drop in substitute*)

(Whitman, 2008)

2.3.2 Refrigeran R404a

Refrigeran R404a merupakan campuran dari refrigeran R125, R134a dan R143a. Refrigeran R404a pada umumnya digunakan pada temperatur menengah dan temperatur rendah dalam ruang lingkup komersial refrigerasi, dengan menggunakan oli jenis POE (Polyol Ester). Pada Aplikasi R404a pada dunia refrigerasi adalah untuk cold storage, supermarket, ice mein.

kelebihan refrigeran R404a

- 1) Memiliki efisiensi yang baik
 - 2) Tidak mudah terbakar
 - 3) Perpindahan panas lebih cepat dibandingkan refrigeran ammonia
 - 4) Memiliki biaya yang rendah
- kekurangan refrigeran R404a
- 1) Nilai GWP tinggi
 - 2) Efek yang sangat buruk pada lingkungan
 - 3) Penggunaan HFC terbatas

2.3.3 Pengaruh refrigerant terhadap permasalahan lingkungan global

Permasalahan lingkungan global adalah persoalan kerusakan lingkungan hidup yang dampaknya dirasakan di seluruh wilayah di bumi

(global). Penyebab kerusakan lingkungan tersebut bisa saja berasal dari satu lokasi tetapi dampaknya dirasakan di tempat lain atau di seluruh tempat di muka bumi. Saat ini terdapat dua masalah lingkungan global yang dianggap paling mengancam kehidupan di muka bumi yaitu penipisan lapisan ozon dan efek pemanasan global. Rusaknya lapisan ozon disebabkan karena banyaknya zat-zat sintetis buatan manusia yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Zat-zat yang umumnya berbentuk gas tersebut terlepas ke atmosfer dan merusak lapisan ozon yang ada di stratosfer. Zat yang dilepas di Indonesia dapat mengakibatkan rusaknya lapisan ozon di tempat lain. Dengan demikian masalah ini dianggap sebagai masalah global dan penanganannya juga harus dilakukan secara global dan bersama-sama oleh seluruh rakyat di berbagai negara.

Pengaruh terhadap permasalahan lingkungan ini ditunjukkan dengan istilah ODP (*Ozone Depletion potential*) dan GWP (*Global Warming Potential*). Contoh beberapa refrigeran dengan tingkat ODP dan GWP tertentu. Sehingga sesuai dengan protokol montreal dan konvensi tentang pemanasan global maka di masa yang akan datang refrigeran yang akan digunakan adalah tingkat ODP = 0 dan GWP = 0.

2.3.4 Minyak Pelumas mesin refrigerasi

Minyak pelumas mesin refrigerasi bersirkulasi hanya untuk melumasi bagian-bagian kompresor yang saling bergesekan. Sebagian dari minyak pelumas itu bercampur dengan refrigeran dan masuk ke dalam kondensor dan evaporator. Oleh karena itu, minyak pelumas mesin refrigerasi harus memiliki sifat, selain sebagai pelumas yang baik, juga tidak menyebabkan gangguan atau kerusakan refrigeran dan bagian-bagian yang dilaluinya. Disamping itu, minyak pelumas mesin refrigerasi harus tahan temperatur tinggi, karena gas

refrigerasi pada akhir langkah kompresi di dalam silinder bertemperatur tinggi. Seperti diterangkan diatas, minyak pelumas mesin refrigerasi harus memenuhi beberapa persyaratan tersebut di bawah ini, yaitu sesuai dengan temperatur kerja mesin, jenis refrigeran dan jenis kompresor yang dipergunakan (Gambar 3).

Persyaratan minyak pelumas mesin refrigerasi :

- 1) Titik beku yang rendah
- 2) Titik nyala yang tinggi (stabilitas termal yang baik)
- 3) Viskositas yang baik
- 4) Dapat dipisahkan dengan mudah dari refrigeran tanpa reaksi kimia
- 5) Tidak mudah membentuk emulsi
- 6) Tidak bersifat sebagai oksidator
- 7) Kadar parafin rendah (untuk mencegah pembekuan pada temperatur rendah)
- 8) Kemurnian tinggi (tidak mengandung kotoran, air, asam dan sebagainya)
- 9) Bersifat isolator listrik yang baik, terutama untuk penggunaan pada kompresor hermetik)
- 10) Kekuatan lapisan minyak yang tinggi.

HFC Refrigerants	Appropriate Lubricant		
	Mineral Oil	Alkylbenzene	Polyol Ester
R-23			+
R-32			+
R-125			+
R-134a			+
R-143a			+
R-152a			+
R-404A			+
R-407A			+
R-407B			+
R-407C			+
R-410A			+
R-410B			+
R-507			+

+ Good Suitability

Applications with Limitations

Gambar 3. Penggunaan oli refrigeran (Whitman, 2008)

2.4. Retrofitting Atau Penggantian

Refrigeran

Untuk proses *retrofitting* dipastikan sistem sudah dalam keadaan vakum, untuk cara pengisian refrigeran R404a sendiri ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu:

- a. Mengambil tabung Refrigeran R404a dan menghubungkan slang warna kuning ke tabung tersebut.
- b. Membuka (putar) kran di tabung $\pm \frac{1}{2}$ bagian saja
- c. Melakukan *flushing* (pembilasan), dengan cara membuka salah satu ujung slang warna kuning yang berhubungan dengan manifold gauge, agar udara di dalam slang warna keluar, setelah itu kencangkan kembali.
- d. Membuka (putar) $\frac{1}{2}$ bagian kran *low pressure* agar refrigeran R404a bisa masuk ke dalam sistem pendingin. Dalam proses pengisian agar dilakukan secara perlahan untuk menghindari masuknya refrigeran yang bentuk cair.
- e. Melakukan pengisian hingga bertekanan 40 – 60 psi (sistem dalam keadaan mati)
- f. Menjalankan sistem sampai tekanan di dalam sistem stabil. Pada saat sistem sudah stabil tekanan akan berkurang. Memperhatikan tang ampere untuk memastikan ampere menunjukkan angka 0,8 A, untuk memberikan kesamaan pada refrigeran. Jika ampere masih kurang tambahkan lagi refrigeran secara perlahan.
- g. Bila *low pressure* di dalam sistem sudah normal, kran warna biru dan merah di tutup dan slang dapat dilepas.

Jika ampere sudah sesuai biarkan sistem berjalan hingga 15 menit untuk kemudian dilakukan pengambilan data.

2.4.3 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 (Gambar 4) 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.

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

- a. Slang warna biru dihubungkan pada niple disisi hisap (*low pressure*)
- b. Slang warna merah dihubungkan ke niple sisi tekan (*high pressure*)
- c. Slang warna kuning di hubungkan ke pompa vakum

Adapun langkah – langkah pemvakuman yaitu:

1. Memutar keran warna merah dan biru ke arah terbuka sampai maksimum (keran di high dan *low pressure*)
2. Menjalankan pompa vakum selama minimum 30 menit
3. Memperhatikan bilamana sistem setelah divakum atau belum
4. Setelah sistem divakum memutar keran merah dan biru ke arah tertutup

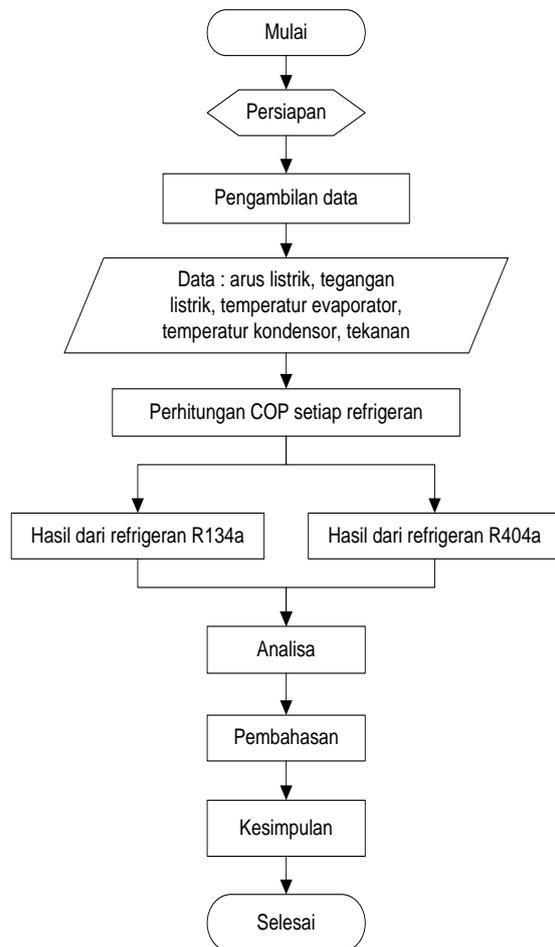


Gambar 4. pompa vakum

3 Metodologi Penelitian

3.1 Diagram Alir

Diagram penelitian menggunakan Gambar 5



Gambar 5. Diagram alir penelitian

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Prosedur Pelaksanaan Pengukuran

Prosedur yang dilakukan dalam pengambilan data berdasarkan analisa pada mesin *bar ice cream* manual *maker* adalah sebagai berikut :

a. Persiapan

Pada proses Persiapan ini mencakup pada persiapan alat ukur seperti termometer pengukur suhu refrigeran, dan *pressure gauge* untuk mengukur tekanan dan tang Ampere untuk mengukur Arus dan refrigeran yang akan digunakan dan proses *retrofitting* dan proses vakum. Dalam tahap persiapan semua alat ukur yang digunakan harus presisi supaya tidak terjadi kesalahan pada saat pengukuran.

Pada proses persiapan ini sebelum melakukan pengukuran lakukan proses pengisian refrigeran R134a pada mesin *bar ice cream* manual *maker* dan lakukan pemasangan alat ukur seperti termometer pengukur suhu setelah selesai maka dapat dilakukan pengambilan data pada refrigeran R134a, setelah selesai maka lakukan proses *retrofitting* dan proses vakum, selanjutnya lakukan proses pengisian refrigeran R404a dan pemasangan alat ukur seperti termometer pengukur suhu lakukan pengambilan data sesuai prosedur.

b. Proses Pengukuran

Prosedur – prosedur pengukuran yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

- 1) Pengecekan mesin yang akan di uji
- 2) Pengecekan mesin apakah dalam keadaan baik atau masih terdapat kebocoran, jika sistem dalam keadaan baik maka dilakukan proses pengukuran.
- 3) Setelah dilakukan pengecekan pada sistem, langkah selanjutnya adalah pemasangan alat ukur, Alat ukur harus terpasang dengan benar agar hasil pengukuran yang didapat benar-benar akurat.
- 4) Setelah melakukan proses pengambilan data atau pengukuran yang pertama dengan menggunakan refrigeran R134a, kemudian lakukan proses *retrofitting* menggunakan refrigeran R404a, dan lakukan pengambilan data atau lakukan pengukuran sesuai prosedur pengambilan data-data yang telah dilakukan dengan menggunakan refrigeran R134a.

c. Proses Pengambilan Data

Berikut ini adalah data-data yang diperlukan untuk mendapatkan kinerja Refrigeran pada mesin *bar ice cream* manual *maker*:

- 1) Tekanan *suction*
- 2) Tekanan *discharge*

- 3) Temperatur keluar kompresor
- 4) Temperatur keluar kondensor
- 5) Temperatur keluar katup ekspansi
- 6) Temperatur keluar evaporator

d. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) mesin *bar ice cream manual maker*
- 2) Alat-alat ukur yang digunakan

Adapun alat ukur yang digunakan dalam pengambilan data ini adalah:

- Termometer
- *Pressure gauge* (Pengukur Tekanan)
- *Tang Ampere*
- Refrigeran R134a
- Refrigeran R404a

Apabila proses pengambilan data sudah lengkap di lanjutkan ke proses selanjutnya

e. Analisa Data

Berdasarkan pengukuran dan pengambilan data Pada tahap ini dilakukan proses analisa datadengan menggunakan refrigeren R134adan R404a dimana proses tersebut dilakukan dengan cara mengetahui kerja *kompresi, efek refrigerasi* dan menghitung *koefisiensi prestasi (COP)*, padamesin *bar ice cream manual maker*.

4 Hasil dan Pembahasan

Pembahasan dan analisa dihitung berdasarkan data yang telah di dapat, saat melakukan pengukuran parameter yang diambil adalah tekanan, temperatur dan arus. Waktu pengambian data selama 1 jam setelah 15 menit alat dihidupkan pengambilan data tiap 15 menit agar dapat diketahui proses refrigerasi dalam sistem yang mulai menuju ke kondisi stabil.

4.1 Data Hasil Pengukuran Mesin *Bar Ice Cream Manual Maker*

Data yang di dapat dari pengamatan kinerja mesin *bar ice cream* selama 4 kali dengan jedah waktu 15 menit untuk refrigeran R134a hingga sistem berjalan stabil, pada tabel diukur nilai temperatur keluaran evaporator (T_1), temperatur keluaran kompresor (T_2), temperatur keluaran kondensor (T_3), temperatur keluaran ekspansi (T_4), *low pressure gauge* (P_{g1}), *high pressure gauge* (P_{g2}), dan arus dapat dilihat pada tabel 1.

Untuk data dari refrigeran r404a dapat dilihat pada tabel 2, untuk pengamatan pada refrigeran R404a sama seperti refrigeran R134a yang mana dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Data hasil pengukuran dengan R134a

Waktu Menit	15	30	45	60
Arus (Ampere)	0,8 A	0,8 A	0,8 A	0,8 A
Tegangan (voltase)	220 V	220 V	220 V	220 V
T out Evaporator	8.4 °C	5.1 °C	0 °C	-2 °C
T outkompresor	78.2 °C	78 °C	78.2 °C	75.6 °C
T out Kondensor	65 °C	65 °C	65.2 °C	64.5 °C
T out Ekspansi	1 °C	-0.4 °C	-4.5 °C	-6.7 °C
<i>Low prresure gauge</i>	29 psi	26.8 psi	20.3 psi	18.8 psi
<i>High prresure gauge</i>	268 psi	263 psi	261 psi	258 psi

Tabel 2. Data Hasil pengukuran dengan R404a

Waktu Menit	15	30	45	60
Arus (Ampere)	0,8 A	0,8A	0,8 A	0,8 A
Tegangan (volt)	220 V	220 V	220 V	202V
T out Evaporator	7.1°C	3.6°C	0.8°C	-2.6°C
T outkompresor	80.5°C	82.8°C	78°C	77.5°C
T out Kondensor	58.5°C	58.3°C	58.7°C	58.5°C
T out Ekspansi	1.75°C	1.72°C	-	-7.2°C
<i>Low prresure gauge</i>	92 psi	92 psi	87 psi	69 psi
<i>High prresure gauge</i>	464 psi	467 psi	435 psi	443 psi

4.2 Analisa data

Berdasarkan pengukuran dan pengambilan data Pada tahap ini dilakukan proses analisa datadengan menggunakan refrigeren R134adan

R404a. Dari data tabel 1 dan tabel 2, dilakukan perhitungan :

- Kapasitas pendingin/ Efek Refrigerasi (Q_{in}/ER)
- Kerja Kompresi (W_k)
- Coficient Of Performance (COP)

Asumsi kondisi penelitian :

- Tiap komponen dianalisis sebagai volume atur pada kondisi tunak
- Temperatur lingkungan adalah $T_0 = 30^0$ C
- Energi kinetik dan Potensial yang terjadi diabaikan
- Tidak terlalu besar terjadi perubahan tekanan pada evaporator dan kondensor

4.2.1 pengukuran pada menit ke 15 dengan refrigeran R134a

Dari pengukuran didapatkan data-data rata-rata sebagai berikut:

Pada $T_1 = 8.4$	$P_1 = 29$ psi = 2 bar
Pada $T_2 = 78.2$	$P_2 = 268$ psi = 18.5 bar
Pada $T_3 = 65$	$A = 0,8$ Amp
Pada $T_4 = 1$	$V = 220$ Volt

Dari data-data yang sudah diketahui tersebut akan diketahui sifat-sifat termodinamika dan untuk perhitungan kami menggunakan daur kompresi aktual atau nyata dan juga digunakan *software cool pack* dari *Ashrae*.

- Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P_1 dan temperatur T_1 diketahui enthalpi 1 (h_1) sebesar 404,75 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_2 dan temperatur T_2 diketahui enthalpi 1 (h_2) sebesar 444,95 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_3 dan

temperatur T_3 diketahui enthalpi 3 (h_3) sebesar 295,59 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.

- Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_4 dan temperatur T_4 diketahui enthalpi 4 (h_4) sebesar 286,58 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.

Kerja Kompresor (W_k)

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 444,95 \text{ kJ/kg} - 404,75 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 40,2 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V.

Daya kompresor:

$$W_k = I \cdot V$$

$$= 0,8 \text{ A} \times 220 \text{ V}$$

$$= 176 \text{ watt}$$

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

$$\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{(40,2 \text{ kJ/kg})} = 0,004378 \text{ kg/s}$$

kapasitas pendingin (Q_{in})

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

$$= 0,004378 \text{ kg/s} (404,75 \text{ kJ/kg} - 286,58 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,517348 \text{ kW}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{517,348 \text{ Watt}}{176 \text{ Watt}}$$

$$= 2,93$$

4.2.2 pengukuran pada menit ke 30 dengan refrigeran R134a

Dari pengukuran didapatkan data-data rata-rata sebagai berikut:

Pada $T_1 = 5.1$	$P_1 = 26.8$ psi = 1.8 bar
Pada $T_2 = 78$	$P_2 = 263$ psi = 18.2 bar
Pada $T_3 = 65$	$A = 0,8$ Amp
Pada $T_4 = -0.4$	$V = 220$ Volt

Telah diketahui tersebut akan diketahui sifat-sifat termodinamika dan untuk perhitungan kami menggunakan daur kompresi aktual atau nyata dan juga digunakan *software cool pack* dari *Ashrae*.

- Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P_1 dan temperatur T_1 diketahui

enthalpi 1 (h_1) sebesar 402,33 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.

- b. Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_2 dan temperatur T_2 diketahui enthalpi 1 (h_2) sebesar 444,6 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- c. Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_3 dan temperatur T_3 diketahui enthalpi 3 (h_3) sebesar 295,59 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.
- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_4 dan temperatur T_4 diketahui enthalpi 4 (h_4) sebesar 286,58 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.

Kerja Kompresor (W_k)

$$\begin{aligned} W_k &= h_2 - h_1 \\ W_k &= 444,6 \text{ kJ/kg} - 402,33 \text{ kJ/kg} \\ W_k &= 42,27 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V.

Daya kompresor:

$$\begin{aligned} W_k &= I \cdot V \\ &= 0,8 \text{ A} \times 220 \text{ V} \\ &= 176 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_k &= \dot{m} (h_2 - h_1) \\ \dot{m} &= \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{(42,27 \text{ kJ/kg})} = 0,0042163 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

kapasitas pendingin (Q_{in})

$$\begin{aligned} Q_{in} &= \dot{m} (h_1 - h_4) \\ &= 0,0042163 \text{ kg/s} (402,33 - 286,58) \text{ kJ/kg} \\ &= 0,481867 \text{ kW} \end{aligned}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{481,867 \text{ Watt}}{144 \text{ Watt}} \\ &= 2,73 \end{aligned}$$

4.2.3 pengukuran pada menit ke 45 dengan refrigeran R134a

Dari pengukuran didapatkan data-data rata-rata sebagai berikut:

Pada $T_1 = 0$	$P_1 = 20.3 \text{ psi} = 1.4 \text{ bar}$
Pada $T_2 = 78,2$	$P_2 = 261 \text{ psi} = 18 \text{ bar}$
Pada $T_3 = 65,2$	$A = 0,8 \text{ Amp}$
Pada $T_4 = -4,5$	

Dari data-data yang sudah diketahui tersebut akan diketahui sifat-sifat termodinamika dan untuk perhitungan kami menggunakan daur kompresi aktual atau nyata dan juga digunakan *software cool pack* dari *Ashrae*.

- a. Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P_1 dan temperatur T_1 diketahui enthalpi 1 (h_1) sebesar 398,86 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- b. Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_2 dan temperatur T_2 diketahui enthalpi 1 (h_2) sebesar 444,95 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- c. Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_3 dan temperatur T_3 diketahui enthalpi 3 (h_3) sebesar 295,87 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.
- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_4 dan temperatur T_4 diketahui enthalpi 4 (h_4) sebesar 286,58 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.

Kerja Kompresor (W_k)

$$\begin{aligned} W_k &= h_2 - h_1 \\ W_k &= 444,95 \text{ kJ/kg} - 398,86 \text{ kJ/kg} \\ W_k &= 46,09 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V.

Daya kompresor:

$$\begin{aligned} W_k &= I \cdot V \\ &= 0,8 \text{ A} \times 220 \text{ V} \\ &= 176 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_k &= \dot{m} (h_2 - h_1) \\ \dot{m} &= \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{(46,09 \text{ kJ/kg})} = 0,003818 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

kapasitas pendingin (Q_{in})

$$\begin{aligned} Q_{in} &= \dot{m} (h_1 - h_4) \\ &= 0,003818 \text{ kg/s} (398,86 \text{ kJ/kg} - 286,58 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,428685 \text{ kW} \end{aligned}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$\text{COP} = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{428,685 \text{ Watt}}{176 \text{ Watt}} = 2,43$$

4.2.4 pengukuran pada menit ke 60 dengan refrigeran R134a

Dari pengukuran didapatkan data-data rata-rata sebagai berikut:

Pada $T_1 = -2$	$P_1 = 18,8 \text{ psi} = 1,3 \text{ bar}$
Pada $T_2 = 75,6$	$P_2 = 258 \text{ psi} = 17,8 \text{ bar}$
Pada $T_3 = 64,5$	$A = 0,8 \text{ Amp}$
Pada $T_4 = -6,7$	$V = 220 \text{ Volt}$

Dari data-data yang sudah diketahui tersebut akan diketahui sifat-sifat termodinamika dan untuk perhitungan kami menggunakan daur kompresi aktual atau nyata dan juga digunakan *software cool pack* dari *Ashrae*.

- Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P_1 dan temperatur T_1 diketahui enthalpi 1 (h_1) sebesar 397,48 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_2 dan temperatur T_2 diketahui enthalpi 1 (h_2) sebesar 443,56 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_3 dan temperatur T_3 diketahui enthalpi 3 (h_3) sebesar 294,55 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.
- Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_4 dan temperatur T_4 diketahui enthalpi 4 (h_4) sebesar 286,24 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.

Kerja Kompresor (W_k)

$$\begin{aligned} W_k &= h_2 - h_1 \\ W_k &= 443,56 \text{ kJ/kg} - 397,48 \text{ kJ/kg} \\ W_k &= 46,08 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220 V.

Daya kompresor:

$$\begin{aligned} W_k &= I \cdot V \\ &= 0,8 \text{ A} \times 220 \text{ V} \\ &= 176 \text{ watt} \end{aligned}$$

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

$$\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{(46,08 \text{ kJ/kg})} = 0,003819 \text{ kg/s}$$

kapasitas pendingin (Q_{in})

$$\begin{aligned} Q_{in} &= \dot{m} (h_1 - h_4) \\ &= 0,003819 \text{ kg/s} (397,48 \text{ kJ/kg} - 286,24 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,426825 \text{ kW} \end{aligned}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$\text{COP} = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{426,825 \text{ Watt}}{176 \text{ Watt}} = 2,41$$

4.2.5 pengukuran pada menit ke 15 dengan refrigeran R404a

Dari pengukuran didapatkan data-data rata-rata sebagai berikut:

Pada $T_1 = 7,1$	$P_1 = 92 \text{ psi} = 6,4 \text{ bar}$
Pada $T_2 = 80,5$	$P_2 = 464 \text{ psi} = 32 \text{ bar}$
Pada $T_3 = 58,5$	$A = 0,8 \text{ Amp}$
Pada $T_4 = 1,7$	$V = 220 \text{ Volt}$

Dari data-data yang sudah diketahui tersebut akan diketahui sifat-sifat termodinamika dan untuk perhitungan kami menggunakan daur kompresi aktual atau nyata dan juga digunakan *software cool pack* dari *Ashrae*.

- Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P_1 dan temperatur T_1 diketahui enthalpi 1 (h_1) sebesar 374 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_2 dan temperatur T_2 diketahui enthalpi 1 (h_2) sebesar 408,66 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_3 dan temperatur T_3 diketahui enthalpi 3 (h_3)

sebesar 302,97 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.

- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_4 dan temperatur T_4 diketahui enthalpi 4 (h_4) sebesar 303,22 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.

Kerja Kompresor (W_k)

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 408,66 \text{ kJ/kg} - 374 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 34,66 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220 V.

Daya kompresor:

$$W_k = I \cdot V$$

$$= 0,8 \text{ A} \times 220 \text{ V}$$

$$= 176 \text{ watt}$$

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

$$\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{(408,66 \text{ kJ/kg} - 374 \text{ kJ/kg})} = 0,005077 \text{ kg/s}$$

kapasitas pendingin (Q_{in})

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

$$= 0,005077 \text{ kg/s} (374 \text{ kJ/kg} - 303,22 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,358854 \text{ kW}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{358,854 \text{ Watt}}{176 \text{ Watt}}$$

$$= 2,03$$

4.2.6 pengukuran pada menit ke 30 dengan refrigeran R404a

Dari pengukuran didapatkan data-data rata-rata sebagai berikut:

Pada $T_1 = 3,6$	$P_1 = 92 \text{ psi} = 6,4 \text{ bar}$
Pada $T_2 = 82,8$	$P_2 = 467 \text{ psi} = 32,2 \text{ bar}$
Pada $T_3 = 58,3$	$A = 0,8 \text{ Amp}$
Pada $T_4 = 1,75$	$V = 220 \text{ Volt}$

Dari data-data yang sudah diketahui tersebut akan diketahui sifat-sifat termodinamika dan untuk perhitungan kami menggunakan daur kompresi aktual atau nyata dan juga digunakan *software cool pack* dari *Ashrae*.

- a. Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P_1 dan temperatur T_1 diketahui

enthalpi 1 (h_1) sebesar 370,89 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.

- b. Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_2 dan temperatur T_2 diketahui enthalpi 1 (h_2) sebesar 412,13 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- c. Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_3 dan temperatur T_3 diketahui enthalpi 3 (h_3) sebesar 301,58 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.
- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_4 dan temperatur T_4 diketahui enthalpi 4 (h_4) sebesar 302,97 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.

Kerja Kompresor (W_k)

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 412,13 \text{ kJ/kg} - 370,89 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 41,24 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220 V.

Daya kompresor:

$$W_k = I \cdot V$$

$$= 0,8 \text{ A} \times 220 \text{ V}$$

$$= 176 \text{ watt}$$

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

$$\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{(412,13 \text{ kJ/kg} - 370,89 \text{ kJ/kg})} = 0,004267 \text{ kg/s}$$

kapasitas pendingin (Q_{in})

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

$$= 0,004267 \text{ kg/s} (370,89 \text{ kJ/kg} - 302,97 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,289814 \text{ kW}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{289,814 \text{ Watt}}{176 \text{ Watt}}$$

$$= 1,64$$

4.2.7 pengukuran pada menit ke 45 dengan refrigeran R404a

Dari pengukuran didapatkan data-data rata-rata sebagai berikut:

Pada $T_1 = 0,8$	$P_1 = 87 \text{ psi} = 6 \text{ bar}$
Pada $T_2 = 78$	$P_2 = 435 \text{ psi} = 30 \text{ bar}$
Pada $T_3 = 58,7$	$A = 0,8 \text{ Amp}$
Pada $T_4 = -0,12$	$V = 220 \text{ Volt}$

Dari data-data yang sudah diketahui tersebut akan diketahui sifat-sifat termodinamika dan untuk perhitungan kami menggunakan daur kompresi aktual atau nyata dan juga digunakan *software cool pack* dari *Ashrae*.

- Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P_1 dan temperatur T_1 diketahui enthalpi 1 (h_1) sebesar 369,5 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_2 dan temperatur T_2 diketahui enthalpi 1 (h_2) sebesar 409,7 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_3 dan temperatur T_3 diketahui enthalpi 3 (h_3) sebesar 302,6 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.
- Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_4 dan temperatur T_4 diketahui enthalpi 4 (h_4) sebesar 302,97 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.

Kerja Kompresor (W_k)

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 409,7 \text{ kJ/kg} - 369,5 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 40,2 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V.

Daya kompresor:

$$W_k = I \cdot V$$

$$= 0,8 \text{ A} \times 220 \text{ V}$$

$$= 176 \text{ watt}$$

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

$$\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} \left(\frac{0,176 \text{ kJ/s}}{40,2 \text{ kJ/kg}} \right) = 0,004378 \text{ kg/s}$$

kapasitas pendingin (Q_{in})

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

$$= 0,004378 \text{ kg/s} (369,5 \text{ kJ/kg} - 302,97 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,291268 \text{ kW}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{291,268 \text{ Watt}}{176 \text{ Watt}}$$

$$= 1,65$$

4.2.8 pengukuran pada menit ke 60 dengan refrigeran R404a

Dari pengukuran didapatkan data-data rata-rata sebagai berikut:

Pada $T_1 = -2,6$	$P_1 = 18.8 \text{ psi} = 4,8 \text{ bar}$
Pada $T_2 = 77,5$	$P_2 = 258 \text{ psi} = 30,6 \text{ bar}$
Pada $T_3 = 58,5$	$A = 0,8 \text{ Amp}$
Pada $T_4 = -7,2$	$V = 220 \text{ Volt}$

Dari data-data yang sudah diketahui tersebut akan diketahui sifat-sifat termodinamika dan untuk perhitungan kami menggunakan daur kompresi aktual atau nyata dan juga digunakan *software cool pack* dari *Ashrae*.

- Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P_1 dan temperatur T_1 diketahui enthalpi 1 (h_1) sebesar 368,12 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_2 dan temperatur T_2 diketahui enthalpi 1 (h_2) sebesar 407,62 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_3 dan temperatur T_3 diketahui enthalpi 3 (h_3) sebesar 302,28 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.
- Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_4 dan temperatur T_4 diketahui enthalpi 4 (h_4) sebesar 302,28 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *subcooled*.

Kerja Kompresor (W_k)

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 407,62 \text{ kJ/kg} - 368,12 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 39,5 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220 V.

Daya kompresor:

$$W_k = I \cdot V$$

$$= 0,8 \text{ A} \times 220 \text{ V}$$

$$= 176 \text{ watt}$$

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

$$\dot{m} = \frac{W_k}{(h_2 - h_1)} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{(39,5 \text{ kJ/kg})} = 0,004455 \text{ kg/s}$$

kapasitas pendingin (Q_{in})

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

$$= 0,004455 \text{ kg/s} (368,12 \text{ kJ/kg} - 302,28 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,293317 \text{ kW}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{293,317 \text{ Watt}}{176 \text{ Watt}}$$

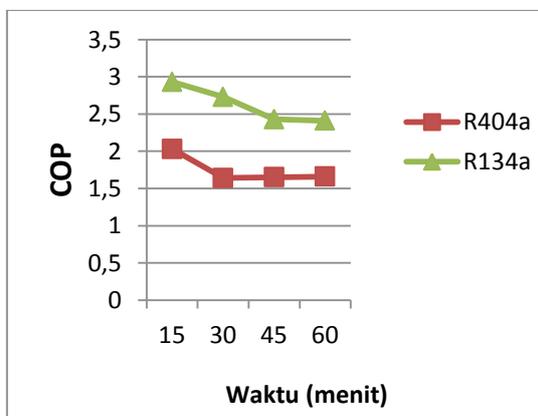
$$= 1,66$$

4.3 Pembahasan

Pada bagian ini membahas tentang analisis kinerja refrigeren untuk kerja pada sistem refrigerasi pada mesin *bar ice cream* dengan menggunakan refrigeran R134a dan R404a, pembahasan dan analisa dihitung berdasarkan data yang telah didapat, dimana data yang didapat pada kinerja refrigeren R134a dan R404a mengalami penurunan dan pada menit seterusnya cenderung konstan.

4.3.1 Perbandingan COP

Pada pengukuran yang dilakukan pada mesin *bar ice cream* manual *maker* menggunakan refrigeren R134a dan R404a. Berikut hasil perbandingan COP mesin refrigerasi yang diuji berdasarkan perhitungan dengan menggunakan Refrigeran R134a dan R404a terhitung mulai menit 15 sampai menit 60 (grafik 6)



Gambar 6. Hubungan antara COP dan Waktu

Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa pengukuran pada mesin *bar ice cream* dengan menggunakan refrigeren R134a pada menit ke 15 di dapat COP 2,93 dan mengalami penurunan sampai ke menit 45 sedangkan pada menit seterusnya cenderung konstan dan untuk mencapai efek pendinginnya pada menit ke 60, sedangkan pada refrigeren R404a pada menit ke 15 dengan COP 2,03 mengalami penuruna sampai ke menit 30 dan pada menit seterusnya cenderung konstan dan untuk mencapai efek pendinginnya sama seperti R134a pada menit ke 60.

5 Kesimpulan

Perdasarkan analisa dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. COP pada R134a yaitu: 2,93 pada menit ke 15 dan waktu yang seterusnya cenderung konstan dan pada R404a dengan waktu yang sama COP yang di dapat adalah 2,03 pada menit ke 15, kemudian performanya mengalami kecenderungan konstan

Daftar Pustaka

- Whitman, B. et al. 2008. *Refrigeration and Air Conditioning Technology Edition Six Edition*. Clifton Park USA.
- Moran, M., J and Saphiro H., N. 2006. *Fundamentals Of Engineering Thermodynamic Fifth Edition*.
- ASHRAE Handbook. 2009. Fundamental. N, E., Atlanta.
- ASHRAE Handbook Refrigeration. 2009. Chapter 29 Refrigerant.
- ASHRAE Handbook Refrigeration. 2009. Chapter 30 Thermophysical Properties Of Refrigerant.
- ASHRAE Handbook Refrigeration. 2009. Chapter 33 Physical Properties Of Materials.
- ASHRAE, Standar 34 Resignation and safety Classification of Refrigerant, American Society of Heating Refrigerant and Air Conditioning Engineer, 2010
- Wibowo D,B.** Pengaruh Variasi massa RefrigerantR-12 dan putaran Blower Evaporator terhadap COP pada sistem pengkondisian udara mobil. Jurnal.unimus.acidun Vol 4. No 1, juni 2006