

ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN REFRIGERAN HIDROKARBON MUSICOOL-22 PENGGANTI FREON-22 TERHADAP KINERJA ALAT AIR CONDITIONING

Aneka Firdaus
Department of Mechanical Engineering
Sriwijaya University
Jl. Raya Palembang Prabumulih km 32, Inderalaya-Ogan Ilir (30662)
South Sumatera, Indonesia
Phone: +62857-69011117, E-mail: nefirda@yahoo.co.id

ABSTRAK

Hidrokarbon sebagai refrigeran dalam sistem refrigerasi telah dikenal sejak tahun 1920-an, sebelum refrigeran sintetik dikenal. Ilmuwan yang tercatat sebagai promotor hidrokarbon sebagai refrigeran antara lain Linde (1916) dan Ilmuwan Dunia Albert Einstein (1920). Hidrokarbon kembali diperhitungkan sebagai alternatif pengganti CFC, setelah aspek lingkungan mengemuka, dan timbulnya permasalahan dalam peralihan dari CFC ke HFC, dikarenakan perlu adanya penyesuaian perangkat keras, pelumas, serta perlakuan khusus dalam operasional penggunaan bahan HFC. Sehubungan dengan itu, Penelitian ini mencari sebuah metode bagaimana menaikkan efisiensi (COP) dengan penurunan temperatur pada evaporator dalam sistem Air Conditioning dengan menggunakan Musicool-22 pengganti freon-22. Hasil dari penelitian ini adalah temperatur ruang yang minimum yang bisa dicapai sekitar 16-an °C dengan menggunakan refrigan MC-22. COP (Coefficient of Performance) alat pendingin yang menggunakan propana atau MC-22 lebih tinggi dibandingkan dengan R-22.

Kata Kunci : *refrigeran, efisiensi (COP), Air Conditioning, evaporator, Musicool-22, Freon-22*

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara yang beriklim tropis dimana sebagian besar bangunan-bangunannya dibuat dengan ketinggian ruang tidak lebih dari 3m, sehingga mengakibatkan temperatur ruangan yang ada pada bangunan tersebut menjadi tinggi. Fenomena ini membuat bangunan-bangunan tersebut memerlukan suatu alat untuk mengkondisikan udara didalam ruangan bangunan-bangunan tersebut seperti *Air Conditioner* (AC). Akan tetapi terjadi pula fenomena lain dari penggunaan AC yaitu dampaknya pada pemakaian refrigeran dalam sistem *air conditioning* itu sendiri. Dimana refrigeran yang digunakan sebagian besar refrigeran sintetik seperti: R-11, R-12, R-22, R-134a, R-502, dll, dibandingkan bahan pendingin hidrokarbon.

Dominasi ini dapat dimaklumi mengingat refrigeran sintetik tersebut pada umumnya mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dari segi teknik seperti kestabilan yang sangat tinggi, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan relatif mudah diperoleh. Namun disamping sifat-sifat yang baik itu refrigeran sintetik terutama yang mengandung senyawa CFC: R-11 & R-12 mempunyai efek negatif terhadap lingkungan seperti merusak lapisan ozon (*Ozone Depleting Potensial/ ODP*) dan sifat menimbulkan pemanasan global (*Global Warming Potential/ GWP*).

Pengungkapan secara ilmiah dari hasil penelitian Rowland dan Mollina (1974) menunjukkan bahwa CFC memiliki kontribusi dalam penipisan lapisan ozon, dan semakin mengkhawatirkan dari waktu ke waktu, telah secara serta merata menggugah masyarakat ilmiah dunia internasional untuk mengambil sikap dengan cara mengadakan berbagai pertemuan, seperti yang telah tercatat: Konvensi Kopenhagen, Protokol Montreal dan pertemuan Kyoto. Berbagai kebijakan yang dirumuskan dari pertemuan-pertemuan tersebut pada dasarnya adalah upaya untuk menyelamatkan adanya proses penipisan lapisan ozon akibat bahan-bahan kimia, seperti refrigeran kelompok halokarbon/sintetik CFC: R-12 dan Hidroklorofluorokarbon (HCFC): R-22, maupun refrigeran yang memiliki efek rumah kaca, yaitu Hidrofluorokarbon (HFC) : R-134a.

Hidrokarbon sebagai refrigeran dalam sistem refrigerasi telah dikenal sejak tahun 1920-an, sebelum refrigeran sintetik dikenal. Ilmuwan yang tercatat sebagai promotor hidrokarbon sebagai refrigeran antara lain Linde (1916) dan Ilmuwan Dunia Albert Einstein (1920). Hidrokarbon kembali diperhitungkan sebagai alternatif pengganti CFC, setelah aspek lingkungan mengemuka, dan timbulnya permasalahan dalam peralihan dari CFC ke HFC,



dikarenakan perlu adanya penyesuaian perangkat keras, pelumas, serta perlakuan khusus dalam operasional penggunaan bahan HFC.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut

1. Mempelajari pengaruh penggunaan refrigeran Hidrokarbon terhadap perubahan temperatur pada evaporator.
2. Mempelajari penggunaan jenis refrigeran terhadap beban kerja kompresor melalui pengamatan COP (*coefficient of performance*).

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan menjadi acuan bagi insan akademisi dan publik dalam rangka memilih jenis refrigeran alternatif sebagai pengganti refrigeran-sintetik, dalam upaya ikut melestarikan lingkungan dan konsevasi energi.

1.3 Metodologi

Secara umum, penelitian dilakukan secara bertahap, yaitu dengan

1. Melakukan studi literatur, terutama dari jurnal-jurnal ilmiah yang berkaitan dengan masalah yang dibahas penelitian ini.
2. Men-setting alat. Alat yang digunakan adalah sebuah AC Window dengan kapasitas 1 HP yang tata letak evaporator dan kondensornya dimodifikasi agar lebih mudah mendapatkan data yang diukur.
3. Pengambilan data dari pengukuran secara aktual pada percobaan menggunakan AC Window kapasitas 1 HP yang telah dimodifikasi.
4. Melakukan analisa dari data-data penelitian. Data tersebut dibuat ke dalam bentuk grafik P-V-T untuk jenis refrigeran jenis MusiCool-22 (MC-22) dan Freon-22 agar dapat diketahui adanya pengaruh derajat pendinginan terhadap COP dan temperatur ruang.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori Refrigerasi

Refrigerasi dan penyejuk AC digunakan untuk mendinginkan produk atau lingkungan gedung. Sistem refrigerasi atau penyejuk AC (R) memindahkan panas dari tangki *reservoir* rendah energi yang lebih dingin ke tangki *reservoir* energi tinggi yang lebih hangat, seperti terlihat pada Gambar 2.1

2.2 Jenis-jenis Refrigerasi dan Penyejuk Udara AC

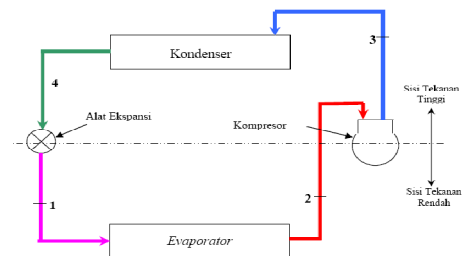
Ada dua prinsip jenis *plant* refrigerasi yang ditemukan di industri: Refrigerasi Kompresi Uap /*Vapour Compression Refrigeration* (VCR) dan Refrigerasi Penyerap Uap/ *Vapour Absorption Refrigeration* (VAR). VCR menggunakan energi mekanis sebagai energi penggerak untuk refrigerasinya, sementara itu VAR menggunakan energi panas sebagai energi penggerak refrigerasinya.

2.2.1 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

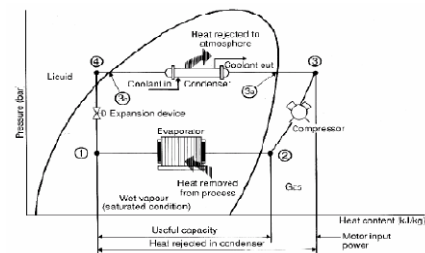
Siklus refrigerasi kompresi uap memiliki dua keuntungan. Pertama, sejumlah besar energi panas diperlukan untuk merubah cairan menjadi uap, dan oleh karena itu banyak panas yang dapat dibuang dari ruang yang disejukkan. Kedua, sifat-sifat *isothermal* penguapan membolehkan pengambilan panas tanpa menaikkan suhu fluida kerja ke suhu berapapun yang didinginkan. Hal ini berarti bahwa laju perpindahan panas menjadi tinggi, sebab semakin dekat suhu fluida kerja mendekati suhu sekitarnya akan semakin rendah laju perpindahan panasnya.

2.2.2 Jenis-jenis refrigeran yang digunakan dalam sistem kompresi uap

Terdapat berbagai jenis refrigeran yang digunakan dalam sistem kompresi uap. Suhu refrigerasi yang dibutuhkan sangat menentukan dalam pemilihan fluida. Refrigeran yang umum digunakan adalah yang termasuk kedalam keluarga *chlorinated fluorocarbons* (CFCs, disebut juga *Freons*): R-11, R-12, R-21, R-22, dan R-502. Sifat-sifat bahan refrigeran tersebut diberikan dalam Tabel 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Skema siklus refrigerasi kompresi uap



Gambar 2.2 Skema siklus refrigerasi termasuk perubahan tekanannya (Biro Efisiensi Energi, 2004)

Pemilihan refrigeran dan suhu pendingin dan beban yang diperlukan menentukan pemilihan kompresor, juga perancangan kondenser, *evaporator*, dan alat pembantu lainnya. Faktor tambahan seperti kemudahan dalam perawatan, persyaratan fisik ruang dan ketersediaan utilitas untuk peralatan pembantu



(air, daya, dll.) juga mempengaruhi pemilihan komponen.

2.3 Refrigeran Musicool

Musicool merupakan refrigeran hidrokarbon, beberapa karakteristik Musi-Cool yaitu:

Kenampakan : Cairan tidak berwarna, mudah menguap.

Bau : Agak Amis

Kelarutan dalam air : Tidak larut

Sifat bahaya : Bahaya, uap lebih berat dari udara

Komposisi : 99,7% *Propane*, 0,15 % *Butane* dan 0,15 % *Iso butane*.

Karena 99,7 % komposisi dari Musicool adalah propana, maka Musicool dapat juga disebut sebagai *Propane*.

Musicool Refrigeran adalah jenis refrigeran (media pendingin) berasal dari hidrokarbon yang diberi nama sesuai dengan nama kilang penghasil Kilang Unit Pengolahan III Plaju - Palembang di Sumatera Selatan, yang terletak ditepi sungai Musi.

Potensi PERTAMINA untuk memproduksi refrigeran ini cukup besar karena memiliki banyak Kilang. Namun untuk saat ini Kilang yang sudah siap memasok ke pasar adalah Kilang Unit Pengolahan III Plaju - Sumatera Selatan dengan kapasitas 4 Ton/hari dan masih dapat ditingkatkan lagi sesuai kebutuhan pasar.

Hingga saat ini beberapa gedung dan perkantoran di sejumlah daerah telah menggunakan refrigeran Hidrokarbon Musicool, seperti PT Astra International Jakarta, Four Season Hotel Bali, Hard Rock Hotel Bali, Rumah Sakit Harapan Kita Jakarta, Gedung Bursa Efek Jakarta, Universitas Atma Jaya, Stasiun TV RCTI dan lain sebagainya. Dengan pemakaian produk ini, sekaligus merupakan wujud kepedulian masyarakat dalam menyelamatkan bumi dari pemanasan global dengan langkah efisien serta hemat energi.

2.4 Coefficient of Performance (COP)

Performance dari mesin refrigerasi biasanya dinyatakan dalam *Coefficient of Performance* (COP). COP digunakan untuk melihat kemampuan dari refrigeran yang digunakan untuk evaporasi dengan modal kerja kompresor.

$$\text{COP} = \frac{\text{Panas yang diserap oleh evaporator}}{\text{kerja kompresor}}$$

Panas Q_1 dibuang pada temperatur yang lebih tinggi T_1 , dan panas Q_2 diserap pada temperatur yang lebih rendah T_2 . Asumsi bahwa specific heat dari gas merupakan konstan, panas diserap dalam *refrigerator* dan dibuang dalam *cooler*.

$$Q_2 = m C_p (T_A - T_D) \quad (2.1)$$

$$Q_1 = m C_p (T_B - T_C) \quad (2.2)$$

Untuk dua proses adiabatik reversibel CD dan AB, hubungan P-T yaitu :

$$\frac{T_C}{T_D} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} = \frac{T_B}{T_A} \quad (2.3)$$

Pada proses adiabatik ada penambahan kerja bersih W ke sistem. Karena ΔU fluida adalah nol untuk seluruh siklus, maka :

$$W = Q_1 - Q_2 \quad (2.4)$$

Dengan memasukkan persamaan 2.1 dan 2.2 ke dalam persamaan 2.4, maka :

$$W = m C_p [(T_B - T_C) - (T_A - T_D)] \quad (2.5)$$

Effisiensi yaitu :

$$\frac{W}{Q_2} = \frac{T_B}{T_A} - 1 \quad (2.6)$$

Untuk siklus udara, maka :

$$\text{COP} = \frac{Q_2}{W} = \frac{T_A}{T_B - T_A} \quad (2.7)$$

Temperatur T_B dan *Coefficient of Performance* (COP) tergantung pada jumlah dari sirkulasi udara dan pendinginan yang dibutuhkan. COP maksimum dicapai bila T_B berada pada nilai terkecil yaitu bila $T_B = T_C$.

III KONSEP DISAIN DAN DATA PENELITIAN

3.1 Variabel yang Diteliti

Pada penelitian ini variabel – variabel yang dipelajari adalah variabel yang mempengaruhi tingkat refrigerasi pada *Air Conditioning*. Variabel yang akan dilihat adalah jenis dari refrigeran yang digunakan.

Untuk melihat atau memprediksi fenomena didalam pendinginan, terlebih dahulu harus dipilih bahan pendingin, adapun yang nantinya akan digunakan pada percobaan ini.

Dengan mempertimbangkan beberapa alasan berikut ini maka dipilih hidrokarbon Musicool-22 sebagai media refrigeran karena :

- Dapat digunakan sebagai refrigeran
- Bahan ini tidak merusak logam dan ramah lingkungan.
- Tidak merusak lapisan ozon seperti *cloro fluro carbon* (CFC) yang terurai saat proses pendinginan.
- Mudah diperoleh di Pertamina Unit Pengolahan III dan terhitung murah jika dibandingkan dengan CFC.

Pada penelitian yang akan dilakukan nantinya dapat memodifikasi peralatan pendingin yang ada



sehingga menjadi suatu kesatuan yang mudah dioperasikan dan lebih efisien.

3.2 Deskripsi Proses Kerja Alat

Untuk melaksanakan penelitian ini, didesain serta memodifikasi *air conditioning*. Replika *air conditioning* yang dibuat adalah model *window air conditioning* 1 HP.

Replika *air conditioning* ini terdiri dari peralatan utama dan peralatan penunjang. Peralatan utama terdiri dari kompresor, kondensor dan evaporator sedangkan alat penunjang terdiri dari *expansion valve*, *vacum pump* serta beberapa alat monitor instrument (*flow meter*, *pressure indicator*, *temperature indicator*). Seluruh alat ini tergambar pada flow sheet berikut ini.

Secara mendasar prinsip kerja mesin pendingin adalah proses pengulangan transformasi dari cairan ke gas dan kembali dari gas ke cairan. Cairan atau gas ini yang dikenal dengan refrigeran. Refrigeran cair bertekanan meninggalkan kondensor atau *receiver* masuk *throttle valve* yang mengatur jumlah aliran yang diperlukan yang didalamnya termasuk *capiller tube* dan *expansion valve*. Setelah melewati *expansion valve* cairan refrigeran tersebut mengalami penurunan tekanan dan terjadi pengkabutan. Kemudian refrigeran ke evaporator mengalami proses penguapan dan menjadi gas dan masuk ke *suction compressor*. Refrigeran setelah dari kompresor berupa gas bertekanan dan kembali ke kondensor, proses ini berulang terus dalam satu sistem. Jadi didalam siklus refrigerasi ada empat step yang mendasari sistem tersebut yaitu; *evaporation*, *compression*, *condensation* dan *expansion*.

Pada saat refrigeran bertekanan rendah atau dalam proses evaporasi *boiling point* dari refrigeran berkurang dan panas yang diambil oleh refrigeran dari sekelilingnya yang menyebabkan kenaikan *boiling point* refrigeran. Panas yang diambil menyebabkan temperatur udara sekeliling turun dan menjadi dingin.

3.3 Langkah – Langkah Penelitian :

Penelitian ini pertama menggunakan refrigeran sintetik freon yang digunakan dengan menggantikan refrigeran hidrokarbon Musicool (propana), untuk mesin pendingin yang sama. Adapun mesin pendingin yang digunakan adalah jenis mesin pendingin yang mempunyai kapasitas yang kecil seperti *air conditioning* untuk ruangan kapasitas 1 HP.

Dengan mencatat kondisi sebelum dilakukan retrofit yaitu mesin pendingin yang menggunakan refrigeran freon dan sesudah dilakukan retrofit dengan menggunakan refrigeran hidrokarbon yang meliputi temperatur evaporator dan kondensor, temperatur dan tekanan discharge dan *suction* kompresor yang merupakan variabel fungsi termodinamika. Dan juga mencatat penggunaan listrik untuk masing – masing refrigeran yang digunakan.

a. Perakitan Peralatan :

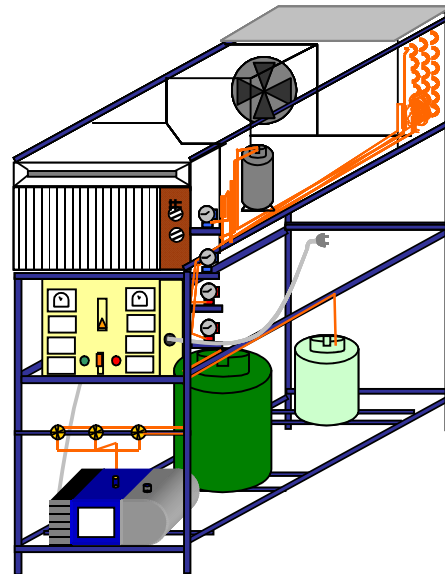
1. Penyediaan peralatan dari peralatan utama sampai peralatan penunjang.

2. Peralatan utama terdiri dari kondensor, kompresor, evaporator dan pipa kapiler.
3. Penyediaan peralatan refrigeran seperti freon, R-22 6 kg, Musicool tabung 9 kg. Penyediaan peralatan penunjang seperti *vacum pump*, *pressure gauge indicator* 4 buah, *temperature indicator* 6 set.
4. Merakit dalam satu sistem yang tersusun sehingga dapat digunakan untuk percobaan.

b. Retrofit

1. Menghubungkan *pressure gauge* ke sistem panel, sisi *suction* dan *discharge* kompresor.
2. Pompa vakum AC pada sisi *suction*. Lepaskan selang *gauging manifold* dan masukkan ke tabung freon dan lakukan pengisian. Demikian juga Musicool
3. Hidupkan mesin AC
4. Catat hasil penelitian: tekanan, temperatur dan waktu pendinginan refrigeran.

c. Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.1. Rancangan Alat Penelitian

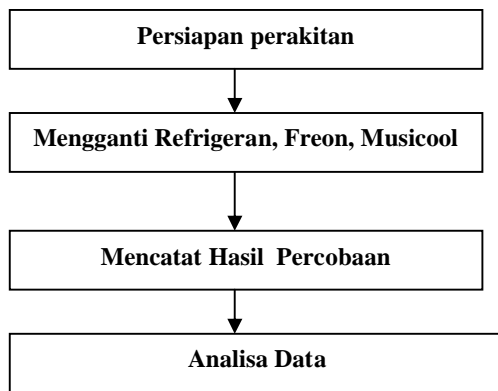
d. Percobaan dengan Refrigeran Lain

1. Ganti refrigeran freon R-22 dengan Musicool (Propana)
2. Lakukan langkah – langkah penelitian seperti pada langkah retrofit.

e. Catat data hasil penelitian yang diperoleh meliputi :



1. Berat Refrigeran (gram)
2. Temperatur refrigeran sebelum masuk kompresor ($^{\circ}\text{C}$)
3. Tekanan refrigeran sebelum masuk kompresor (psi)
4. Temperatur refrigeran sesudah masuk kompresor ($^{\circ}\text{C}$)
5. Tekanan refrigeran sesudah masuk kompresor (psi)
6. Temperatur refrigeran sebelum masuk evaporator ($^{\circ}\text{C}$)
7. Tekanan refrigeran sebelum masuk evaporator (psi)
8. Temperatur refrigeran sesudah masuk kondensor ($^{\circ}\text{C}$)
9. Tekanan refrigeran sesudah masuk kondensor (psi)
10. Temperatur ruangan ($^{\circ}\text{C}$)
11. Temperatur pendingin ($^{\circ}\text{C}$)
12. Temperatur outlet kondensor ($^{\circ}\text{C}$)
13. Ampere kompresor (Amp)



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 AC dan Ruang Pengambilan data



Gambar 3.4 Panel Kontrol



Gambar 3.5 Peralatan Penelitian

IV PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari pengukuran secara aktual dengan percobaan menggunakan AC Window kapasitas 1 HP yang dimodifikasi tempat evaporator dan kondensornya agar lebih mudah mendapatkan data yang diukur. Penelitian ini menggunakan dua jenis refrigeran yaitu Freon (R-22) dan Musicool (MC-22).

Dari data yang ada dilakukan analisa dengan cara:

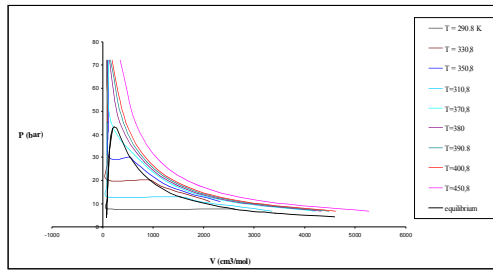
1. Data hasil penelitian
2. Membuat diagram PVT
3. Grafik perbandingan antara derajat pendinginan yang diinginkan terhadap COP yang dihasilkan oleh refrigeran R-22 dengan MC-22
4. Membuat grafik perbandingan antara derajat pendinginan terhadap temperatur ruang yang diinginkan dengan menggunakan refrigeran R-22 dan MC-22 .

Diagram PVT Propana

Derajat pendinginan yaitu setting temperatur yang diinginkan. Dalam penelitian ini, ada 8 setting temperatur. Suhu yang paling rendah bisa dicapai oleh AC sebesar 16 oC. Sehingga:

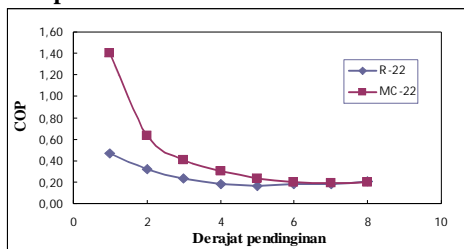
$$\begin{aligned} \text{Derajat pendinginan 1} &= 7/1 + 16 = 23 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{Derajat pendinginan 2} &= 7/2 + 16 = 19,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{Derajat pendinginan 3} &= 7/3 + 16 = 18,33 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{Derajat pendinginan 4} &= 7/4 + 16 = 17,75 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{Derajat pendinginan 5} &= 7/5 + 16 = 17,4 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{Derajat pendinginan 6} &= 7/6 + 16 = 17,17 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{Derajat pendinginan 7} &= 7/7 + 16 = 17 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{Derajat pendinginan 8} &= 16 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$



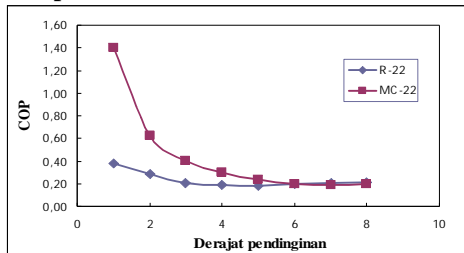


Berikut ini adalah grafik COP (*coefficient of performance*) terhadap derajat pendinginan untuk tiga kondisi operasi adalah sebagai berikut :

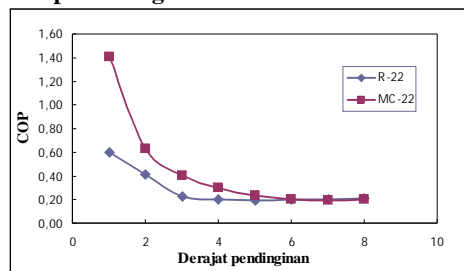
1. Untuk Operasi Low Cool



2. Untuk Operasi Medium Cool



3. Untuk Operasi High Cool

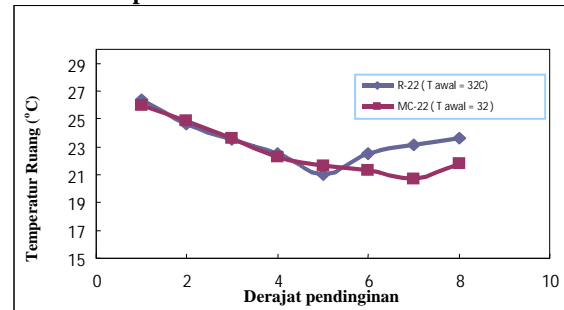


Dilihat dari grafik diatas pada low, medium, dan high dapat dilihat adanya perbedaan nilai COP dari penggunaan refrigeran MC-22 dan R-22. Nilai COP yang

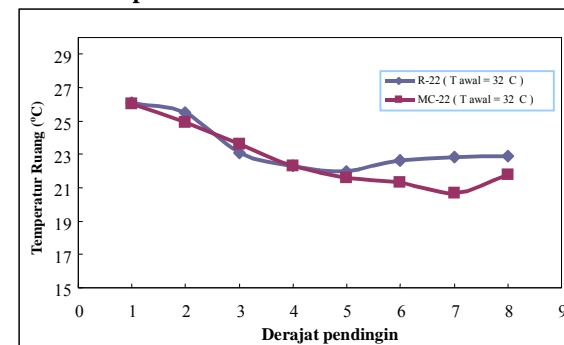
dihasilkan oleh refrigeran MC-22 lebih tinggi dari pada R-22.

Grafik perbandingan antara derajat pendinginan terhadap temperatur ruang yang diinginkan dengan menggunakan refrigeran R-22 dan MC-22 untuk tiga jenis operasi adalah sebagai berikut :

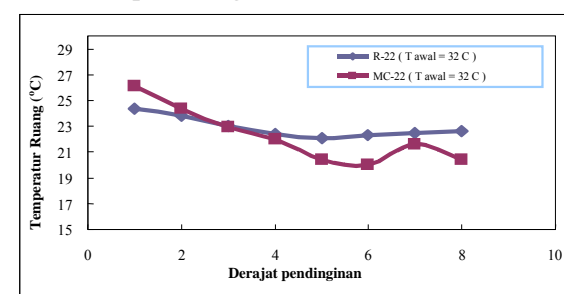
1. Untuk Operasi Low Cool



2. Untuk Operasi Medium Cool



3. Untuk Operasi High Cool



Dilihat dari grafik diatas pada low, medium, dan high dapat dilihat adanya perbedaan dari



penggunaan refrigeran MC-22 dan R-22. Perbandingan antara derajat pendinginan terhadap temperatur ruang yang diinginkan memperlihatkan bahwa penggunaan refrigeran MC-22 pada alat menghasilkan derajat pendinginan yang lebih rendah dari R-22.

V. KESIMPULAN

1. Temperatur ruang yang minimum yang bisa dicapai sekitar 16-an °C dengan menggunakan refrigeran MC-22.
2. COP (*Coefficient of Performance*) alat pendingin yang menggunakan propana atau MC-22 lebih tinggi dibandingkan dengan R-22.

DAFTAR PUSTAKA

1. Archie W. Culp. Jr. “*Prinsip-Prinsip Konversi Energi*”, Erlangga, Jakarta. 1985
2. Bejan, Adrian. “*Advanced Engineering Thermodynamics*”. John Wiley & Sons, 1988
3. Bureau of Energy Efficiency. *Energy Efficiency in Thermal Utilities*. Chapter 1. 2004
4. Caengel, Dr. Yunus A & Dr. Michel A. “*Thermodynamics : An Engineering Approach*”, McGraw-Hill Book Company, NY. 1994
5. Guyer, Eric C. “*Applied Thermal Design*”, McGraw-Hill, Inc. NY. 1989
6. Harif, Suharto. Studi pengaruh Penggunaan Refrigerant Hidrokarbon Paafinic terhadap Tingkat Refrigerasi dibanding Refrigeran sintetik pada Sistem AC. Program Pascasarjana Unsri.2006
7. Holman, JP. Jafji. E. “*Perpindahan Kalor*”, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta. 1994
8. Incropera. Frank. P, and Dewitt, David P. “*Fundamental of Heats Mass Transfer*”, Third Edition, John Wiley & Sons, Singaapore. 1990
9. Kreider. Handbook of Air conditioning and Refrigeration. Second Edition. McGraw-Hill International Edition. 1995
10. Marwan, Effendi. Pengaruh Kecepatan Putar poros kompresor terhadap Pestasi kerja Mesin Pendingin AC. Teknik Mesin Universitas Muhamadiyah Surakarta
11. Miyamoto, H. Helmholtz ype equation of state for Hydrocarbon Refrigerant Mixture of propane/n Butane; n-Butane/ Isobutane and Propane/ n Butane/ Isobutane. Faculty of Science and technology keiyo university. Jepang. 2003.
12. Moran. J. Michael. and Shapiro, N. Howars. “*Termodinamika Teknik*”, Jilid 1, Erlangga, Jakarta. 2004
13. Perry, Robert. H, and Green, Don. “*Perry’s Chemical Engineering Handbook* “, Six Edition. McGraw-Hill International Edition. 1984
14. Stoecker, F. Wilbert. “Refrigerasi dan Pengkondisi Udara.Erlangga.1987
15. Smith, Van ness.”*Chemical Engineering Series*”. Third Edition. McGraw-Hill International. 1975
16. Wang, Shan K. “*Handbook of Air conditioning and Refrigeration*. Second Edition. McGraw-Hill International Edition. 2001
17. Yokozeki, A. Refrigerant of Ammonia and n-Butane Mixture Dupont Fluoroproduct



