

ANALISIS VARIASI KAPASITAS PENDINGIN TERHADAP UNJUK KERJA SISTEM REFRIGERATOR DENGAN MENGGUNAKAN REFRIGERAN HIDROKARBON

Bambang Sudjasta, Iswadi Nur, Marsudi¹⁾

Abstract

One of the many ways to save energy is to use the Musicool Hydrocarbon. The purpose of this research is to test the performance of Musicool on the refrigerator with the power of 150 watts. The test can be done by placing the measurement device at the compressor, expansion valve and evaporator. Cooling capacity is changed by cooling water as much as 0,1 liter (15 kJ), 0,2 liter (27 kJ) and 0,3 liter (40 kJ) which is used as the cooling power for the refrigerator itself. The data measured during the test are the in-pressure data inside the compressor and also in-pressure as well as out-pressure inside the capiler pipe. While the data of measurement temperature is done on two pathways that is in and out of the condensor as well as the evaporator. The result is clearly shown on the graphic which explains about the correlation between COP, cooling power and the work of compressor. The result shows that the use of MC-12 and MC-134 will make the cooling more rapidly, friendly environment and save energy compared to R-134a and R-12.

Key Words : refrigerator, hidrokarbon musicool

A. Pendahuluan

Harga tarif dasar listrik (TDL) pada saat ini maupun pada saat yang akan datang terus naik, sedangkan kebutuhan energi listrik yang dipakai pada gedung perkantoran, pertokoan, industri, rumah sakit, dan hotel ham-

pir 60 % dari daya listrik yang terpasang dipergunakan untuk menggerakkan mesin pendingin (AC), sisanya dipergunakan untuk menggerakkan mesin penerangan, lift, menggerakkan pompa, komputer, serta peralatan listrik lainnya.

Freon sebagai media pendingin

pada mesin pendingin akan mengalami perubahan, karena freon merupakan material yang merusak lingkungan yakni merusak lapisan ozon sehingga terjadi pemanasan global. Berdasarkan peraturan Internasional dan Undang-Undang RI No. 23 Tahun 1997 pemerintah membatasi pemakaian freon sampai tahun 2007.

Kekhawatiran perusakan lingkungan hidup akibat refrigerant halo-karbon yang turut andil dalam proses penipisan lapisan ozon, sehingga radiasi ultraviolet sinar matahari tidak tersaring dan masalah ini telah menjadi isu internasional. Dampak dari adanya radiasi sinar ultraviolet yang berlebihan bagi kehidupan di muka bumi telah banyak dipublikasikan, antara lain mengubah struktur genetica, mengganggu pertumbuhan tanaman, merusak mata (bisa menyebabkan katarak), kasus kanker kulit, mengganggu siklus iklim, menurunkan kekebalan tubuh, serta mempercepat kerusakan bahan alam maupun sintetik seperti kayu, karet, dan sejenis plastik.

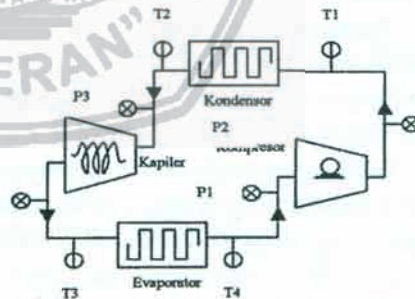
Keseriusan masyarakat internasional (aktivis lingkungan hidup) untuk melakukan penghapusan atas bahan yang berpotensi merusak lingkungan seperti yang tergolong CFC (*Clorofourcarbon*) telah dicetuskan melalui kesepakatan internasional yang dikenal Protokol Montreal (1987), dan Pemerintah Indonesia telah meratifikasinya melalui Kepres RI No. 23 Tahun 1992 yang secara tegas sejak awal tahun 1998 melarang penggunaan dan peredaran CFC sebagai media pendingin.

B. Pembahasan

1. Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Dalam ilmu termodinamika yang dimaksud dengan mesin pendingin adalah suatu mesin yang digunakan untuk memindahkan kalor dari reservoir yang bersuhu rendah ke reservoir yang bersuhu lebih tinggi dengan memberikan kerja ke dalam sistem. Sistem refrigerasi kompresi uap merupakan siklus yang paling banyak dipakai baik untuk refrigerasi maupun untuk pengkondisian udara.

Adapun bagian-bagian utama sistem refrigerasi kompresi uap adalah sebagai berikut : kompresor, kondensor, dan katup ekspansi serta evaporator. Keempat komponen yang pertama tersebut melakukan proses yang saling berhubungan dan membentuk siklus refrigerasi kompresi uap.



Gambar 1. Skema Sistem Refrigerasi

2. Fungsi Komponen Utama

a. Kompresor

Fungsinya adalah menurunkan tekanan di dalam evaporator sehingga refrigeran cair di dalam evaporator

dapat menguap pada suhu yang lebih rendah dan menyerap panas yang lebih banyak dari ruang didekat evaporator selain itu berfungsi menghisap refrigeran gas dari evaporator dengan suhu rendah lalu mengkompresikan gas tersebut sehingga menjadi gas tekanan tinggi, kemudian mengalirkannya ke kondensor sehingga gas tersebut dapat memberikan panas kepada zat-zat yang mendinginkan kondensor lalu mengembun.

b. *Kondensor*

Fungsi kondensor adalah untuk melepaskan dan mengubah wujud refrigeran dari gas menjadi cair, refrigeran di dalam kondensor dapat mengeluarkan kalor yang diserap dari evaporator dan panas yang diakibatkan oleh kerja kompresor. Udara yang mendinginkan kompresor dapat mengalir, karena aliran udara secara alamiah atau aliran udara yang ditipuikan oleh fan (secara paksa).

Pada refrigerator ukuran kecil biasanya digunakan kondensor dengan pendinginan udara secara alamiah atau disebut dengan kondensor statis. Faktor pendingin yang menentukan kapasitas kondensor adalah luas permukaan yang diinginkan dan sifat heat transfer (perpindahan panas), jumlah udara per menit yang dipakai untuk mendinginkan, dan perbedaan temperatur refrigeran dan udara luar, serta sifat dan karakteristik refrigeran yang digunakan.

c. *Katup Ekspansi*

Katup ekspansi berfungsi untuk mengatur banyaknya refrigeran yang

dibutuhkan (tergantung dari besarnya beban pendinginan) serta mengabsorpsi refrigeran yang dialirkan ke evaporator dengan maksud agar refrigeran tersebut mudah menguap di dalam pipa-pipa evaporator. Untuk mendapatkan efek pendinginan yang stabil, maka banyaknya refrigeran yang dialirkan ke evaporator harus diatur sedemikian rupa, jika mengalirkan refrigeran dalam bentuk kabut terlalu banyak pada pipa evaporator ada kemungkinan refrigeran tidak menguap, sehingga kembali dihisap oleh kompresor dalam bentuk cair. Oleh karena itu untuk menghindari kemungkinan tersebut diatas harus disalurkan jumlah volume refrigeran yang sama dengan volume refrigeran yang menguap didalam pipa evaporator. Pada umumnya Air Conditioner menggunakan Thermostatic Expansion Valve. Adapun yang dimaksud dengan Thermostatic Expansion Valve adalah expansion valve yang pengaturannya memanfaatkan perubahan tekanan suatu gas dalam ruangan tertutup yang diakibatkan oleh terjadinya perubahan suhu. Gas yang dimaksud diatas adalah gas yang ada di dalam ruangan pipa kapiler yang mana salah satu ujungnya dihubungkan dengan apa yang disebut Remote-Bulb yang ditempatkan menempel pada pipa keluar evaporator dengan maksud mengindera perubahan suhunya.

Sebagaimana kita ketahui naik turunnya suhu pipa tersebut sesuai dengan naik turunnya suhu ruangan yang didinginkan, sedangkan ujung lainnya dari pipa kapiler tersebut di-

hubungkan dengan ruangan bagian atas katup ekspansi. Pada ruangan bagian dalam katup ekspansi terdapat needle valve yang dilengkapi dengan suatu pegas yang menekan diafragma, ruangan tersebut juga terhubung dengan evaporator sehingga tekanannya juga sama.

d. Evaporator

Fungsi evaporator adalah untuk menyerap panas dari udara atau benda di dalam suatu ruangan yang didinginkan, kemudian membuang kalor tersebut melalui kondensor ke dalam ruangan yang tidak didinginkan. Antara evaporator dan kompresor dihubungkan dengan suatu pipa yang disebut dengan suction line (saluran penghisapan). Untuk mengontrol suhu fluida atau benda yang akan didinginkan, digunakan alat kontrol yang disebut thermostat. Jika suhu yang diinginkan telah tercapai maka thermostat akan mematikan kompresor.

3. Prinsip Kerja Sistem

Sistem refrigerator ini terdiri dari siklus kompresi uap yang menggunakan refrigeran hidrokarbon MC-12 dan MC-134. Refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi diembunkan di kondensor sehingga terbentuk refrigeran cair, selanjutnya oleh katup ekspansi tekanannya diturunkan secara mendadak sehingga baik tekanan maupun temperatur refrigeran turun mencapai kondisi evaporator. Refrigeran menguap di dalam evaporator dengan mengambil kalor dari udara yang melewatinya, refrigeran yang telah berubah fase menjadi uap dikompresikan kembali oleh kompresor. Pembebanan evaporator dapat divariasikan dengan mengubah laju aliran masa udara yang melewati evaporator dengan mengatur voltase regulator, disamping itu variasi kapasitas beban pendingin dilakukan dengan pemanas dan boiler. (I Wayan Sukania, 1998).

4. Analisis Unjuk Kerja Sistem Refrigerator

Kapasitas Pendingin (kJ)	15		27		40	
	MC-12	MC-134	MC-12	MC-134	MC-12	MC-134
Massa Refrigeran (gram)	90					
t pendingin (detik)	3000	2700	4500	3900	7200	4200
T_1 (°C)	45,0	38,8	47,2	44,2	48,0	46,6
T_2 (°C)	35,8	37,4	36,7	36,7	38,2	38,2
T_3 (°C)	26,0	28,6	26,8	33,6	28,7	35,1
T_4 (°C)	8,0	9,2	8,7	10,4	9,2	11
P_1 (MPa)	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03
P_2 (MPa)	1,06	1,15	1,25	1,22	1,25	1,16
P_3 (MPa)	1,10	1,21	1,28	1,24	1,28	1,18
P_4 (MPa)	0,05	0,05	0,08	0,05	0,08	0,04

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

Kapasitas Pendingin (kJ)	15		27		40	
	MC-12	MC-134	MC-12	MC-134	MC-12	MC-134
Massa Referigeran (gram)	90					
H ₁ (kJ/kg)	579	583	579	585	580	586
H ₂ (kJ/kg)	604	606	66	612	608	615
H ₃ (kJ/kg)	316	294	320	318	325	329
H ₄ (kJ/kg)	316	294	320	318	325	329

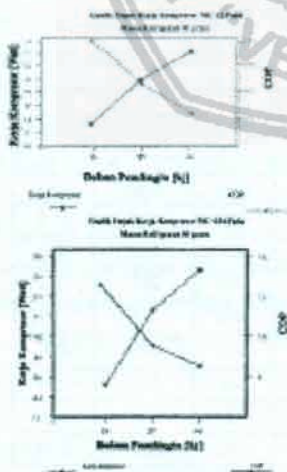
Tabel 2. Nilai Enthalpi dari Diagram p-h

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan data :

- Volume yang dipindahkan kompresor $V = 3,01 \text{ cc}$
 Laju Massa Refrigeran $m = V \times \rho \times (N/60)$
 Kerja Kompresor $W = m \times (h_2 - h_1)$
 Efek Pemanasan $Q_{con} = m \times (h_3 - h_2)$
 Efek Refrigerasi $Q_{eva} = m \times (h_1 - h_4)$
 Koefisien Prestasi Refrigerasi $COP = (h_1 - h_4 / h_2 - h_1)$

Beban Pendingin (ml)	15		27		40	
	MC-12	MC-134	MC-12	MC-134	MC-12	MC-134
Massa Referigeran (gram)	90					
Waktu Pendinginan (detik)						
	3000	2700	4500	3900	7200	4200
M (x10 ⁻³)	1.89	1.94	1.89	1.94	1.89	1.94
H ₁ (kJ/kg)	497.07	560.6	489.51	517.98	481.95	498.6
H ₂ (kJ/kg)	47.25	44.6	51.03	52.4	52.92	56.3
H ₃ (kJ/kg)	544.32	605.3	540.54	570.36	534.87	554.8
H ₄ (kJ/kg)	10.5	12.5	9.6	9.8	9.1	8.8

Tabel 3. Data Hasil Analisis Variasi Kapasitas Pendingin Pada Sistem Refrigerator



Gambar 2. Grafik Hasil Analisis Beban Pendingin

Masing-masing komponen sistem kompresi uap mempunyai karakteristik sendiri-sendiri, komponen-komponen ini tidak pernah bekerja sendiri, namun bergabung ke dalam suatu system sehingga perilakunya saling bergantung satu sama lainnya. Seperti misalnya kompresor tidak memiliki kapasitas refrigerasi sendiri tetapi kompresor mampu menekan refrigeran sehingga mendatangkan kapasitas refrigerasi tertentu pada evaporator. Dari hasil pengujian terhadap system refrigerator 150 Watt dengan menggunakan refrigeran hi-

drokarbon MC-12 dan MC-134, dengan beban kapasitas pendingin 15, 27, dan 40 kj pada masa refrigeran 90 gram dapat dilihat pada tabel 4, dan dari grafik dapat dilihat bahwa nilai COP refrigeran hidrokarbon MC-134 lebih tinggi apabila dibandingkan dengan refrigeran hidrokarbon MC-12, begitu pula unjuk kerja refrigeran hidrokarbon MC-134 lebih tinggi dibandingkan dengan refrigeran hidrokarbon MC-12. Hal ini menunjukkan bahwa refrigeran hidrokarbon MC-134 mempunyai kecepatan pendinginan lebih efektif, sedangkan kedua jenis refrigeran ini merupakan refrigeran yang ramah lingkungan serta tidak merusak ozon.

C. Simpulan

1. Refrigeran hidrokarbon MC-134 memiliki nilai COP yang lebih tinggi dibandingkan dengan refrigeran hidrokarbon MC-12.
2. Refrigeran hidrokarbon MC-134 memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan refrigeran hidrokarbon MC-12.
3. Refrigeran hidrokarbon MC-134 mempunyai kecepatan pendinginan yang lebih efektif.
4. Kedua jenis refrigeran hidrokarbon MC-12 maupun MC-134 merupakan refrigeran yang ramah lingkungan serta tidak merusak lapisan ozon.

Daftar Pustaka

- Bernard D. Wood, alih bahasa: Zulkifli Harahap, 1987, *Penerapan Termodinamika Jilid 1*, Edisi ke-2, Erlangga, Jakarta.
- Sukania, I Wayan, 1998, *Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Unjuk Kerja Air Conditioner Type A573*, Poros, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan Teknologi Manufaktur, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
- Roy J. Dossat, 1997, *Principles of Refrigeration, 4th ed*, Prentice-Hall International Inc.
- Sularso, dkk, 2000, *Pompa dan Kompresor : pemilihan, pemakaian, dan pemeliharaan*, Cetakan ke 7, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wilbert F. Stoecker, Jerold W. Jones, alih bahasa: Supratman Hara, 1989, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Edisi ke-2, Erlangga, Jakarta.
- William C. Whitman dkk, 2000, *Refrigeration and Air Conditioning Technology, 4th ed*, Delmar Thomson Learning.