

Studi Perbandingan Penggunaan Refrigeran R – 12, R – 134a, dan Campuran Propane – Isobutane Terhadap Unjuk Kerja Refrigerator domestik

Jeri T.Siang

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Makassar
Jl Tanjung Alang No.23, Makassar 90224
E-mail: jeri_t.siang@yahoo.com

Effendy Arif

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,
Kampus Tamalanrea, Makassar 90245
E-mail: efendy.arif@yahoo.com

Abstrak

Penggunaan refrigeran CFC – 12 (chlorfluorocarbon – 12) atau R-12 sudah dikurangi. Pengurangan R-12 karena berpotensi merusak ozone dan menyebabkan pemanasan global. Indeks perusakan ozone R-12 adalah 1 (indeks yang paling besar), dan indeks pemanasan global sebesar 7300. Bila R-12 lepas ke udara maka efek kerusakan yang terjadi akan berlangsung dalam waktu 130 tahun.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada refrigerator domestik kapasitas 165 liter dengan menggunakan refrigeran R – 12, R – 134a, Campuran Isobutene – Propane (I – P). Untuk campuran propane – isobutene, disuntikkan secara langsung masuk ke dalam sistem dengan berbagai konsentrasi massa. Massa campuran propane dengan isobutene yang disuntikkan ke dalam sistem adalah 40 % massa R – 12 . Dari penelitian ini diperoleh perbandingan campuran propane – isobutene terbaik adalah 50 : 50 (% massa). Hasil pengujian menunjukkan daya listrik rata – rata untuk R – 12 : 97.15 watt, R – 134a : 104.53 watt dan I – P : 95.18 watt. COP R – 12 : 3,723; R – 134a : 3.421 dan I – P : 3.033. Laju aliran massa R – 12 : 0.545 kg/s, R – 134a : 0.392 kg/s dan I – P : 0.193 kg/s.

Kata kunci : pengujian, Campuran propane – isobutene, COP, laju aliran massa, konsumsi daya listrik.

PENDAHULUAN

Penggunaan refrigeran R-12 akhir – akhir ini sudah mulai dikurangi. Alasan pengurangan refrigeran R-12 karena berpotensi merusak ozone dan menyebabkan pemanasan global. Indeks perusakan ozone R-12 adalah 1 yang merupakan indeks yang paling besar, dan indeks penyebab pemanasan global sebesar 7300 (NATenergy, 2006). Dan bila R-12 lepas ke udara terbuka maka efek kerusakan yang terjadi akan berlangsung dalam waktu yang lama karena umur R-12 di atmosfer adalah 130 tahun (I L Maclaine – cross, 1996).

Refrigeran R-134a merupakan refrigeran HFC (hydrofluorocarbon) yang merupakan refrigeran alternatif pengganti R-12 jangka menengah karena tidak merusak ozone (indeks perusakan ozone = 0) tetapi masih berpotensi menyebabkan pemanasan global dengan indeks GWP = 1200 (NATenergy, 2006).

Penggunaan refrigeran R-12 di Indonesia tertuang dalam keputusan Kepmenperindag No. 790/MPP/Kep/12/2002 yang isinya melarang impor R-12 mulai tahun 2008 atau akhir tahun 2007. Sedangkan untuk R-134a masih diperbolehkan sampai tahun 2030.

Berdasarkan pada efek yang ditimbulkan oleh penggunaan R-12, dilakukan penggunaan refrigeran alternatif yang ramah lingkungan. Refrigeran alternatif yang ramah lingkungan tersebut adalah Hidrokarbon. Refrigeran ini tidak merusak lapisan ozone (indeks ODP = 0) dan dapat dikatakan tidak menyebabkan pemanasan global dengan indeks GWP = 8 (NATenergy, 2006).

Kekurangan dari refrigeran ini hanya karena mudah terbakar. Batas bawah nyala refrigeran adalah 2 % dan batas atas nyala 10 % konsentrasi hidrokarbon dalam udara. Kendala ini dapat diatasi dengan menerapkan prosedur yang benar tentang penanganan refrigeran hidrokarbon (A D Pasek, 2005). Kelebihan lain yang dimiliki oleh hidrokarbon adalah struktur molekul yang lebih besar

dibandingkan dengan refrigeran sintetik sehingga jumlah hidrokarbon yang dibutuhkan untuk mengisi suatu sistem lebih kecil, juga resiko kebocoran menjadi lebih kecil.

Pada penelitian ini digunakan campuran propane dan isobutene dengan pertimbangan tekanan campuran tersebut akan mendekati tekanan operasi dari refrigeran yang sudah ada.

Tujuan Penelitian

Menemukan suatu refrigerant alternative yang dapat digunakan pada sistem yang sudah ada. Menghitung unjuk kerja, laju aliran massa, tekanan operasi serta konsumsi daya listrik untuk masing – masing refrigerant

Manfaat Penelitian

Diperoleh suatu perbandingan unjuk kerja masing – masing refrigeran dan mendukung program penghapusan Bahan Perusak Ozon (BPO)

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah melakukan eksperimen dengan menggunakan refrigerator yang menggunakan fluida kerja R-12. Kemudian sistem tersebut diganti fluida kerjanya dengan R-134a dan kemudian campuran Propane – Isobutane. Campuran propane – isobutene ini dengan perbandingan 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 (fraksi massa). Data akan diukur pada kondisi steady.

Penelitian eksperimental dilakukan dengan menghitung energi yang diserap oleh evaporator berdasarkan persamaan energi. Penyusupan kalor dari udara sekitar ke dalam refrigerator dihitung berdasarkan beda temperatur lapisan dinding refrigerator. Waktu penyerapan panas diukur pada saat refrigerator di “on”kan sampai diperoleh kondisi steady

Kerja kompressor dihitung berdasarkan konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh kompressor. Energi listrik yang dikonsumsi oleh kompressor dihitung menggunakan voltmeter dan amperemeter.

Pengisian refrigeran ke dalam sistem didasarkan pada massa refrigeran R – 12 yang ada dalam sistem. Pengisian refrigerant campuran isobutene – propane dilakukan dengan cara menyuntikkan isobutene dan propane secara berurutan ke dalam sistem berdasarkan perbandingan massa yang diinginkan. Perbandingan massa R – 12 dengan refrigeran yang lain didasarkan pada perbandingan massa jenisnya.

Pada saat retrofit (penggantian) refrigeran, terlebih dahulu dilakukan penggantian filter drier dan minyak pelumas yang cocok dengan refrigeran yang akan disuntikkan ke dalam sistem. Sifat fisik masing – masing refrigeran diperoleh dengan bantuan perangkat lunak NIST 06 SRT 23

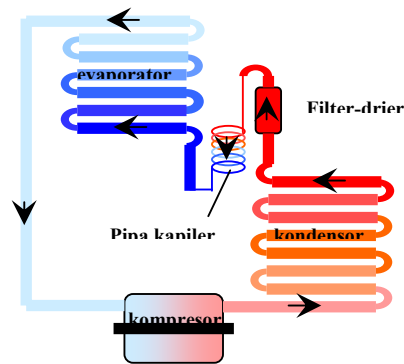
TINJAUAN PUSTAKA

Refrigeran

Refrigeran adalah zat yang mengalir di dalam mesin pendingin (refrigerasi) atau mesin pengkondisian udara (AC). Zat ini berfungsi untuk menyerap panas dari benda atau udara yang didinginkan kemudian membuang ke udara sekeliling di luar benda/ruangan yang didinginkan.

Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap (SKU)

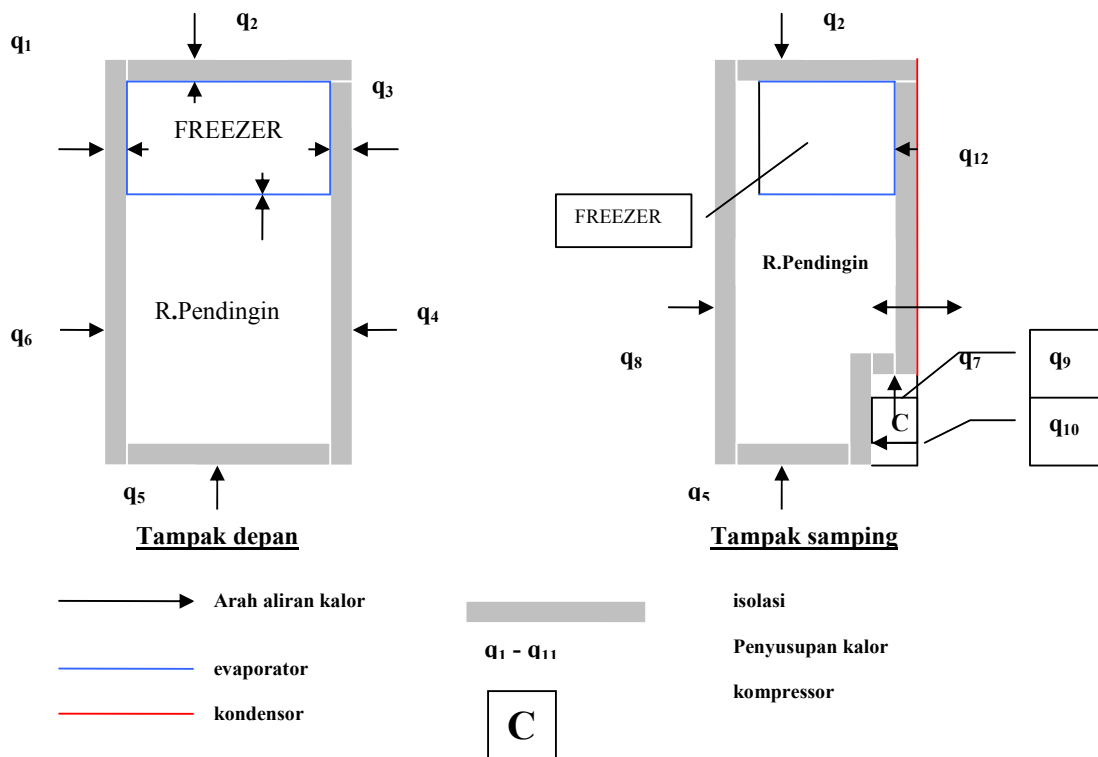
Mesin refrigerasi sistem kompresi uap merupakan jenis mesin refrigerasi yang paling banyak digunakan saat ini. Mesin refrigerasi ini terdiri dari empat komponen utama yaitu kompressor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator. Susunan empat komponen tersebut secara skematik dapat dilihat pada gambar bersama dengan siklus kompresi uap standar.



Gambar 1: Skema susunan komponen utama mesin refrigerasi SKU

Refrigeran Campuran Zeotropik

Refrigeran ini adalah campuran dua jenis refrigeran tak bereaksi yang tidak dapat dipisahkan dengan cara destilasi. Refrigeran ini mempunyai temperature cairan jenuh berbeda dengan temperature uap jenuhnya. (A.D.Pasek 2004). Refrigeran campuran propane dan isobutene merupakan campuran zeotropik.



Gambar 2 Aliran kalor pada refrigerator

Persamaan yang Digunakan

Aliran Kalor Konduksi

$$q = \frac{T_w - T}{\frac{\Delta X_a}{k_a.A1} + \frac{\Delta X_b}{k_b.A1} + \frac{\Delta X_c}{k_c.A1}} \tag{1}$$

Kalor yang Diserap dari Ruang Pendingin

$$q = \rho.Cp.V.\frac{dT}{dt} \tag{2}$$

Kalor yang Diserap Refrigeran

$$q = m.(h_4 - h_1) \tag{3}$$

Koefisien Performansi

$$q_L = h_1 - h_4 \tag{4}$$

$$w_C = h_2 - h_1 \tag{5}$$

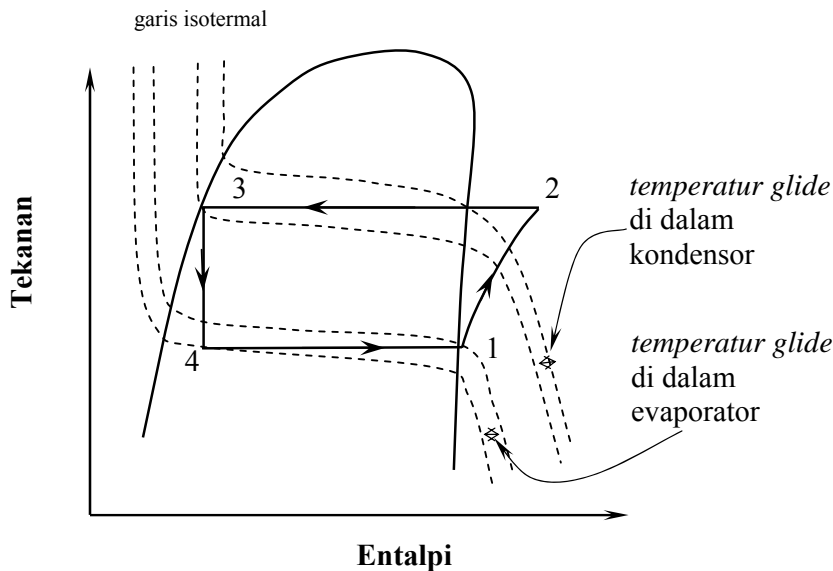
$$\beta = \frac{q_L}{w_C} \tag{5}$$

Unit Daur Ulang Recoplus 134

Unit ini merupakan suatu mekanisme (mesin) yang dapat mengeluarkan, mendaur ulang serta menampung refrigeran ke dalam wadah yang telah ada.

Vakum Otomatis dan Unit Pengisian dengan Timbangan Elektronik 50 kg

Unit ini didesain otomatis dan dapat diprogram untuk 10 keadaan yang berbeda. Keadaan yang dimaksud adalah waktu evakuasi/vakum, waktu leaktest serta massa refrigeran yang ingin di charge ke dalam sistem pendingin.



Gambar 3 Diagram Tekanan – Entalpi pada campuran zeotropik



Gambar 4: Mesin Vakum dan Recharge ACS dan Mesin 2R (Recycle and Recovery)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel I: Hasil perhitungan data campuran isobutene – propane

Blend	t	Q _k	Q _{in}	Arus	T _{eg}	Q _{tot}	Q _{list•}	Q _{tot} /Q _{list•}
30 – 70	3600	33.056	1.225	0.541	212.25	34.282	91.802	0.288
40 – 60	3600	30.999	0.647	0.527	217.4	31.646	91.613	0.271
50 – 50	3600	33.223	1.313	0.530	213.5	34.537	90.808	0.293
60 – 40	3600	32.861	1.313	0.542	216.55	34.174	93.818	0.280
70 – 30	3600	32.750	1.057	0.541	218.1	33.807	94.386	0.278

Dari table di atas terlihat bahwa campuran 50 – 50 isobutene – propane mempunyai keunggulan. Sehingga konsentrasi ini yang digunakan untuk penelitian lebih lanjut dan diperoleh:

Tabel II: Data pengujian R – 12, R – 134a, HC blend (kondisi steady)

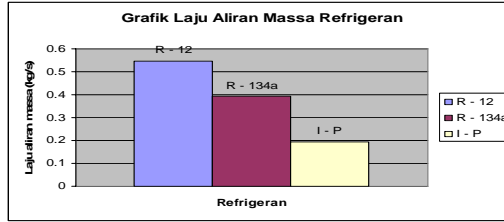
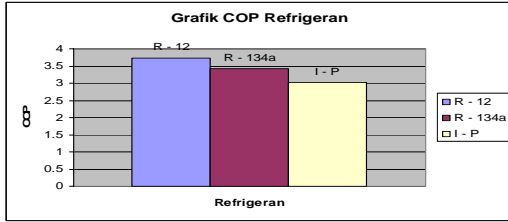
Refrigeran	t	P _{ev}	P _{kond.}	T _{faw}	T _{fak}	T _{paw}	T _{pak}	T _{wf}	T _{wp}	T _∞	E	I
R – 12	20700	1.3	10	23.2	-8.63	25.43	2.7	-5.23	5.00	28.5	216.1	0.562
R – 134a	18900	1.5	14	26.93	-10.07	26.93	7.9	-6.67	10.0	27.9	214.3	0.599
I – P	18300	1.4	10	23.47	-8.63	25.13	5.7	-5.13	7.87	27.7	217.7	0.547

Tabel III: Hasil perhitungan

Refrigeran	h ₁	h ₂	h ₃	q _{eva}	q _{komp.}	β	m	P _{ratio}	Q _{tot}	Q _{list•}
R – 12	349.6	375.8	177.4	172.2	26.2	3.723	0.545	8.8	60.723	97.149
R – 134a	389.4	426.5	168.0	221.4	37.1	3.421	0.392	13.1	51.950	104.53
I – P	554.5	638.9	315.8	406.2	88.3	3.033	0.193	10.0	54.107	95.175

COP Refrigeran

Dari hasil perhitungan diperoleh COP masing – masing refrigeran adalah : R – 12 : 3.723 ; R – 134a = 3.421 dan I – P = 3.033. Unjuk kerja system untuk masing – masing refrigeran menunjukkan perbedaan yang sangat kecil.

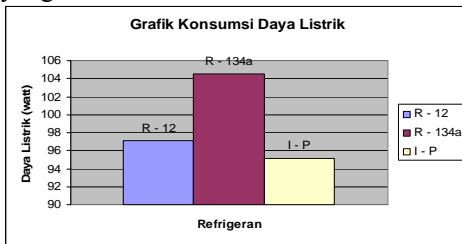


Laju Aliran Massa Refrigeran

Dari tabel hasil perhitungan diperoleh laju aliran massa refrigeran yang paling besar kecil adalah I – P untuk hasil pendinginan yang hamper sama. Hal ini disebabkan karena entalpi refrigeran I – P pada evaporator lebih besar.

Konsumsi Daya Listrik

Dari hasil perhitungan, konsumsi energi listrik untuk I – P adalah yang paling kecil. Hal ini disebabkan oleh sifat fisik dari refrigeran tersebut (viskositas) lebih kecil dibanding dengan refrigeran yang lain.



Kesimpulan

1. COP untuk R – 12 adalah yang paling besar (6.573), R – 134a = 5.968, I – P = 2.828
2. Laju aliran massa R – 12 = 0,353 kg/s, R – 134a = 0.235 kg/s, I – P = 0.227 kg/s.
3. Perbandingan tekanan kerja sistem untuk R – 12 = 8.8, R – 134a = 13.1 dan I – P = 10.0.
4. Konsumsi daya listrik R – 12 = 97.149 watt, R – 134a = 104.53 watt, I – P = 95.175 watt

Simbol

A	= luas permukaan perpindahan panas	(m ²)
Cp	= kalor jenis pada tekanan tetap	(J / kg K)
Cos Φ	= Faktor daya motor penggerak	
E	= potensial listrik	(Volt)
h	= koefisien perpindahan panas	(W / m ² K)
i	= arus listrik	(ampere)
k	= konduktivitas termal	(W / m K)
m	= laju aliran massa	(kg / s)
P	= daya	(Watt)
q	= kalor	(Joule)
Q	= Laju aliran kalor	(Watt)
T	= temperature	(K)
t	= waktu pendinginan	(s)
V	= volume ruang pendingin	(m ³)
X	= tebal dinding	(m)
β	= COP (Koefisien performansi)	
ρ	= massa jenis udara	(kg/m ³)

Subkrip

ev	= evaporator
faw	= freezer awal
fak	= freezer akhir
in	= dalam ruang
k	= konduksi
kond.	= kondensor
list.	= listrik
paw	= ruang pendingin awal
pak	= ruang pendingin akhir
tot	= total diserap evaporator
wf	= dinding freezer
wp	= dinding ruang pendingin
w	= dinding
∞	= sekitar

DAFTAR PUSTAKA

1. Bhramara P, K V Sarma, et all, 2006, *Estimation of Condenser Length for In Tube Condensation of Zero ODP Refrigerants*, Hyderabad
2. Himran S, D Hasan, N Salam, 2003, *The Comparison between the Performances of Refrigerants Hydrocarbon (R290) and Freon – 22 (R 22) in Heat Pump*, Makassar
3. Garthshore Jane, R S Agarwal, S Kessler, 1999, *Petunjuk Praktis Konversi dan Perbaikan Peralatan Refrigerasi dengan Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon secara Aman*, Newbury
4. Geankopolis Christie J., 1993, *Transport Processes and Unit Operations*, New Jersey
5. Maclaine Ian– cross, 1997, *Replacement Refrigerant for Water Chillers*, Sydney
6. Maclaine I L– cross, E Leonardi, 1996, *Comparative Performance of Hydrocarbon Refrigerants*, Melbourne
7. Maclaine I L– cross, E Leonardi, 1997, *Why Hydrocarbons Save Energy*, AIRAH Journal, Sydney
8. *Nat Energy Resources*, 2006, Singapore
9. Özişik M.Necati, 1977, *Basic Heat Transfer*, Kogakhusa
10. Pasek. A D , N P Tandian W Andiansyah, 2005, *Training of Trainers Refrigeration Servicing Sector*, Bandung
11. *Refrigerant As An Alternative Refrigerant For Energy Conservation In Refrigerant Sistem*, 2003, Bandung
12. Tandian N.P., A Suwono, A D Pasek and Saiful, 2003, *Development of Environment and Energi Efficient Chiller Utilizing Hydrocarbon Refrigerant*, Bandung.