

PENGUJIAN KOEFISIEN PRESTASI REFRIGERAN R 134A DAN PETROZON (Rossy 34) PADA MESIN PENDINGIN

Joko Waluyo¹, Sugiyanto²

ABSTRACT

Performance comparison tests were carried out on Refrigerants R 134A and Petrozon (Rossy 34). R 134A is well known as refrigerant HFC 134A which have been used widely, on other hand Petrozon as a Hydro Carbon refrigerant is new domestic product ready to be distributed globally. The two refrigerants were tested in refrigerator designed for R 134A with modification on its evaporator and condenser, in order to have measurement sensible heat. Experiments were conducted by adjusting manually of constant pressure expansion valve, at 750 grams of refrigerant R 134A and 262.5 grams of Petrozon (Rossy 34) operated in refrigerator.

Result indicates that Petrozon (Rossy 34) has higher actual coefficient of performance and also Carnot efficiency than R 134A. On the limited temperature lifts between condenser-evaporator at 8.7°C -45.4°C, Petrozon (Rossy 34) has actual coefficient of performance 20,766 (Tco-Tev)^{0.3724} and Carnot efficiency 5.677 (Tco-Tev)^{0.7}. Refrigerant R 134A at temperature lifts condenser-evaporator 18.9-39.5°C has actual coefficient of performance 0.967 (Tco-Tev)^{0.2407} and Carnot efficiency equal to 0.234 (Tco-Tev)^{1.3707}.

PENGANTAR

Penggunaan Refrigeran CFC (Chloro Fluoro Carbon) yang mempunyai dampak terhadap kerusakan lapisan ozon sudah digantikan oleh refrigeran non CFC. Berbagai aturan internasional sudah menegaskan hal tersebut, antara lain Protokol Montreal membahas dan menuangkannya dalam pertemuan Program Peduli Lingkungan Internasional pada 25 Nopember 1992. Isinya protokol mulai akan menghentikan produksi refrigeran CFC (Chloro Fluoro Carbon) mulai tanggal 1 Januari 1996. Sedangkan Komunitas Eropa mulai menghentikan produksi CFC satu tahun berikutnya. Penggunaan refrigeran CFC untuk mesin pendingin resmi dihentikan mulai tahun 2030 (Stephan dan Krauss, 1993).

Penelitian ini menggunakan Refrigeran R 134A (CH₂F-CF₃) dan Petrozon (Rossy 34), keduanya merupakan refrigeran non CFC. Refrigeran R 134A (CH₂F-CF₃) sudah sering ditemui secara luas sebagai refrigeran non CFC pengganti R22 (CH₂ClF₂), sifat termodinamis refrigeran ini hampir sama dengan R 12. Sementara Petrozon merupakan refrigeran ramah lingkungan hasil olahan Paraxylene produksi domestik Pertamina yang dikenalkan di pameran di Jakarta tanggal 13 – 16 Januari 2002. Refrigeran Petrozon produksi Indonesia ini siap bersaing di pasaran refrigeran non CFC. Saat ini data sifat termodinamis Petrozon sulit ditemukan, namun refrigeran baru ini mulai beredar dan didistribusikan di pasaran bebas.

Produksi refrigeran Petrozon dikemas dalam tiga jenis produk yaitu Petrozon Rossy 12, Rossy 22 dan Rossy 34 yang memungkinkan kesesuaian dengan refrigeran yang lain. Ketiga jenis bentuk kemasan ini adalah Rossy 12 sebagai pengganti R12, Rossy 22 sesuai dengan R22, dan Rossy 34 cocok untuk R 134A. Kesesuaian refrigeran ini menjamin kecocokan dengan peralatan pendukungnya, seperti halnya seal dan pelumas untuk kompresor. Hal penting yang harus diperhatikan pada penggunaan refrigeran Petrozon adalah karena refrigeran ini terbuat dari bahan Hidro Karbon (HC) yang merupakan bahan mudah terbakar (*flammable*), sehingga merupakan pengoperasian berbahaya jika tidak cermat dan hati-hati penanganannya.

Untuk perbandingan hasil koefisien prestasi refrigeran, digunakan beberapa hasil penelitian terkait. Pudiyanto (2003), menyatakan pada suhu kondensor 100°F dan suhu evaporator 40°F, koefisien prestasi R134A sebesar 6.94 sedangkan Petrozon (Rossy 34) mempunyai koefisien prestasi 7.15. Sedang Razali dkk (2000), menyatakan bahwa koefisien prestasi dan efisiensi Carnot refrigeran R 134A lebih baik daripada R 12, dari hasil penelitian pada AC mobil. Kaidir (1999), melakukan perbandingan refrigeran R 134A dan R 12 pada pompa kalor yang dimodifikasi untuk memungkinkan perhitungan sensibel, hasilnya koefisien prestasi Refrigeran R 134A lebih baik daripada R 12.

Penelitian ini membandingkan refrigeran R 134A dan Petrozon (Rossy 34) pada berbagai suhu

¹ Joko Waluyo, staf pengajar PSD Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UGM

² Sugiyanto, staf pengajar PSD Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UGM

evaporator dan kondensor yang didapatkan dari pengaturan manual katup ekspansi tekanan konstan. Pengaturan katup manual dilakukan dengan memutar alur knob setengah ulir searah jarum jam. Pada prinsipnya katup ekspansi tekanan konstan mempertahankan tekanan yang konstan di sisi keluarnya yang merupakan posisi refrigeran masuk ke evaporator.

DASAR TEORI

Mesin pendingin bekerja dengan daur kompresi uap. Pada daur ini uap refrigeran dikompresi oleh kompresor, diembunkan pada kondensor, diekspansi dengan menggunakan peralatan ekspansi dan kemudian menguap kembali pada evaporator. Untuk membantu perhitungan perpindahan kalor pada evaporator dan kondensor, penelitian ini menggunakan peralatan modifikasi sirkulasi air pada kondensor dan evaporatornya. Sehingga perpindahan kalor pada bagian ini dihitung dari kalor sensibel yang di pindahkan lewat air

Koefisien prestasi aktual (COP_A) merupakan angka perbandingan dari efek refrigerasi dan kerja kompresi suatu mesin pendingin.

$$COP_A = \frac{Q_{EV}}{W} \tag{1}$$

Penelitian ini menggunakan mesin pendingin yang dimodifikasi untuk memungkinkan perhitungan perpindahan kalor sensibel pada bagian kondensor dan evaporator

Perhitungan perpindahan kalor sensibel di evaporator dinyatakan dengan persamaan,

$$Q_{EV} = \dot{m}_1 \cdot C_p \cdot (t_5 - t_6) \tag{2}$$

Perhitungan kalor sensibel di bagian kondensor dapat dinyatakan dengan,

$$Q_{CON} = \dot{m}_2 \cdot C_p \cdot (t_8 - t_7) \tag{3}$$

Sehingga harga koefisien prestasi aktual (COP_A) dapat dihitung dengan mensubstitusikan persamaan (6) ke persamaan (5).

$$COP_A = \frac{\dot{m}_1 \cdot c_p \cdot (t_5 - t_6)}{W} \tag{4}$$

Dengan . $\dot{m}_{1,2}$ = laju massa air di evaporator dan kondensor, kg/det

C_p = panas jenis air, KJ/kg °C

t_5, t_6 = temperatur air masuk dan keluar evaporator, °C

t_7, t_8 = temperatur air masuk dan keluar kondensor, °C

Penelitian ini menggunakan koefisien prestasi Carnot sebagai pembanding terhadap koefisien prestasi aktual.

Perhitungan koefisien prestasi Carnot (COP_C) didapatkan dari,

$$COP_C = \frac{Q_{EV}}{Q_{CO} - Q_{EV}} = \frac{T_{EV}}{T_{CON} - T_{EV}} \tag{5}$$

Efisiensi Carnot Mesin pendingin , dapat dihitung sebagai

$$EFF = \frac{COP_A}{COP_C} \tag{6}$$

Harga koefisien prestasi aktual merupakan fungsi dari beda temperatur kondensor dan evaporator, Kaidir (1999), dengan menggunakan pencocokan kurva ke persamaan *Power* hubungan ini disajikan dalam persamaan

$$COP_A = C(T_{CO} - T_{EV})^n \tag{7}$$

Dengan

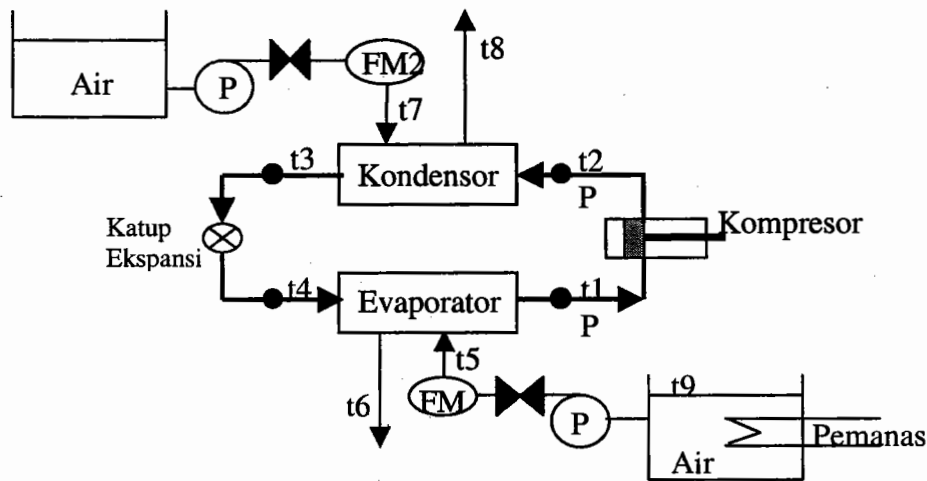
Q_{CO}, Q_{EV} = kalor dipindahkan di kondensor, evaporator KJ/det

T_{CO}, T_{EV} = temperatur mutlak kondensor, evaporator, °K

W = kerja kompresor, KJ/det

CARA PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan unit pengujian mesin pendingin di Laboratorium Pendingin, PSD T-Mesin, UGM dengan modifikasi untuk mendapatkan sirkulasi air pada kondensor dan evaporatornya. Rangkaian peralatan ini disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian peralatan pengujian

Bahan.

1. Refrigeran R 134A
2. Refrigeran Petrozon (Rossey 34)

Alat

Penelitian ini menggunakan mesin pendingin pengujian di Laboratorium Pendingin, PSD T-Mesin, FT-UGM yang dirancang bekerja dengan refrigeran R 134A. Peralatan utama mesin pendingin untuk pengujian terdiri dari :

1. Kompresor, jenis *Hermetic*, 0,75 KW
2. Kondensor, jenis *shell and tube*.
Shell, diameter : 2", panjang 17.25"
Tube, diameter : ¼", 3 laluan dengan 3 pemisah (*baffle*) .
3. Evaporator, jenis rangkaian *tube* berdiameter ¼" dengan 25 laluan, dengan sirip sebanyak 102 lembar plat aluminium ukuran 15 x 9 cm, sepanjang 38 cm.
4. Katup ekspansi tekanan konstan, tipe A1 – 0.8.
 - a. Peralatan modifikasi sirkulasi air pada evaporator dan kondensor,
 1. Air sirkulasi kondensor .
 - Bak Penampung air dan perpipaan, ukuran 80x40x30 cm³, 1 buah,
 - Pompa air beserta kelistrikan, 1set
 - Kran pengatur aliran, 1 buah.
 2. Pengatur beban thermal evaporator
 - Penampung air dan perpipaan yang dilengkapi pengaduk, 1 buah, ukuran diameter 48 cm dan tinggi 40 cm.
 - Pompa, beserta kelistrikan, 1 set .
 - Heater 1000 W, 2 buah.
 - b. Peralatan pengukur
 1. Pengukur tekanan.
 2. Thermometer digital, tipe ETI 2202

3. Pengukur aliran (FM), tipe B-H 60 C
4. *Compressor analyzer*, model 2001.

d. Peralatan pendukung

1. Mesin Recovery refrigeran, merk *Caresaver Commercial*.
2. Penguji kebocoran (*Leak detector*), model L 5780 A.
2. Alat penimbang

Prosedur Penelitian

- a. Pengaturan umum pada penelitian ini adalah :
 1. Pengaturan katup ekspansi manual dengan setiap kali memutar 1/2 alur knob searah jarum jam katup ekspansi, untuk mendapatkan variasi tekanan evaporator.
 2. Debit air sirkulasi di dalam kondensor diatur dari kran pengatur aliran, debit terukur ditunjukkan pada pengukur aliran. Suhu air masuk dan keluar dari kondensor diukur dengan menggunakan termometer. Langkah ini digunakan untuk menghitung *heat rejection* di kondensor, Q_{CO} .
 3. Air beban thermal di evaporator dipanaskan dengan unit heater dan dijaga pada suhu konstan. Selanjutnya air tersebut dimasukkan ke evaporator, pengaturan debit dilakukan dari katup pengatur aliran. Debit serta suhu masuk dan keluar air di evaporator dicatat utk menghitung *heat input*, Q_{EV} .
 4. Kerja yang dilakukan oleh kompresor (W) dihitung dengan menggunakan *Compressor Analyser*.
 5. Setiap pengukuran dilakukan dengan interval waktu sekitar 15 menit untuk mendapatkan kondisi tunak.

b. Penggantian refrigeran

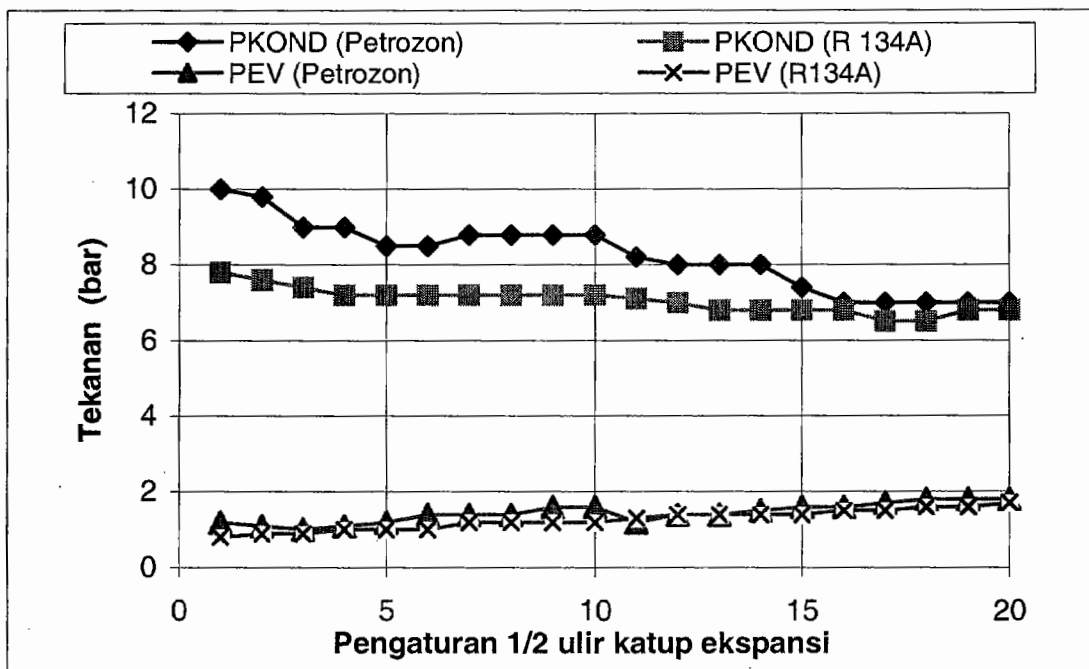
1. Awalnya mesin pendingin diisi refrigeran R 134A, dengan massa 700 gram.
2. Mengosongkan refrigeran R 134A dengan mesin *recovery*.
3. Pengisian kembali dengan Refrigeran Petrozon (Rossy 34) dengan massa 262.5 gram.

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

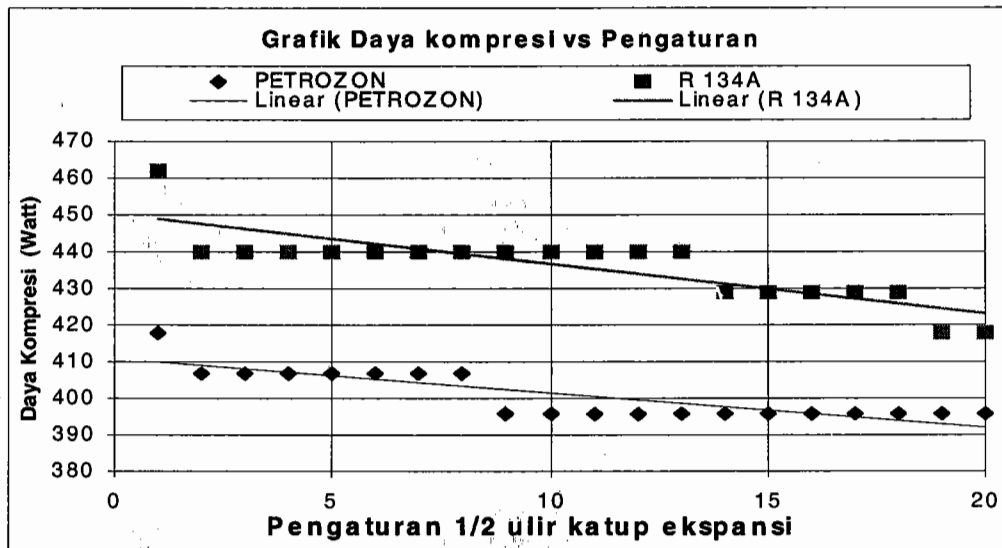
Data penelitian didapatkan dari 80 kali hasil pengukuran untuk kedua jenis refrigeran R 134A dan Petrozon (Rossy 34). 20 data variasi pemutaran alur katup ekspansi tekanan konstan penelitian ini didapatkan dari rata-rata 2 kali hasil pengukuran. Hasil penelitian dibahas untuk mengetahui koefisien prestasi dan efisiensi Carnot kedua refrigeran tersebut pada variabel suhu evaporator dan beda suhu kondensor dan evaporator.

Karakteristik pengaturan manual katup ekspansi tekanan konstan.

Dari gambar 2 terlihat dengan putaran alur knob searah jarum jam katup ekspansi menyebabkan membesarnya tekanan evaporator dan memperkecil tekanan kondensor. Hal ini bisa dimaklumi karena putaran searah jarum jam knob katup ekspansi pada dasarnya akan menekan diafragma yang selanjutnya menarik katup jarum untuk menghasilkan bukaan katup jarum yang lebih besar. Membesarnya bukaan kran akan memperkecil head kinetik refrigeran karena mengecilnya kecepatan alir refrigeran, selanjutnya akan memperbesar head tekanan di evaporator. Dengan demikian pengaturan ulir searah jarum jam ini akan mengurangi rasio kompresi mesin pendingin. Pengukuran dengan *Compressor analyzer* yang disajikan di gambar 3 memperlihatkan bahwa konsumsi daya kompresor mengecil dengan pengaturan searah jarum jam putaran katup ekspansi.



Gambar 2. Grafik tekanan kondensor dan evaporator terhadap pengaturan searah jarum jam katup ekspansi, refrigeran R134A dan Petrozon.



Gambar 3. Grafik konsumsi daya kompresor terhadap pengaturan searah jarum jam katup ekspansi, refrigeran R134A dan Petrozon.

Koefisien prestasi terhadap suhu evaporator.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa pengaturan manual katup ekspansi tekanan konstan menghasilkan suhu kerja evaporator yang tidak periodis. Hal ini terjadi karena putaran alur knob ditahan oleh kekakuan pegas dan kekencangan diafragma yang menghasilkan gaya tidak berbanding lurus terhadap besar kecilnya bukaan kran.

Dari gambar 4 juga terlihat bahwa koefisien prestasi aktual refrigeran Petrozon (Rossy 34) membesar dengan kenaikan suhu evaporator, sedangkan untuk R 134A harganya sedikit membesar dengan kenaikan suhu kerja evaporator. Membesarnya koefisien prestasi aktual seiring dengan kenaikan suhu evaporator ini disebabkan oleh harga perbandingan perpindahan kalor di evaporator dan konsumsi tenaga kompresor.

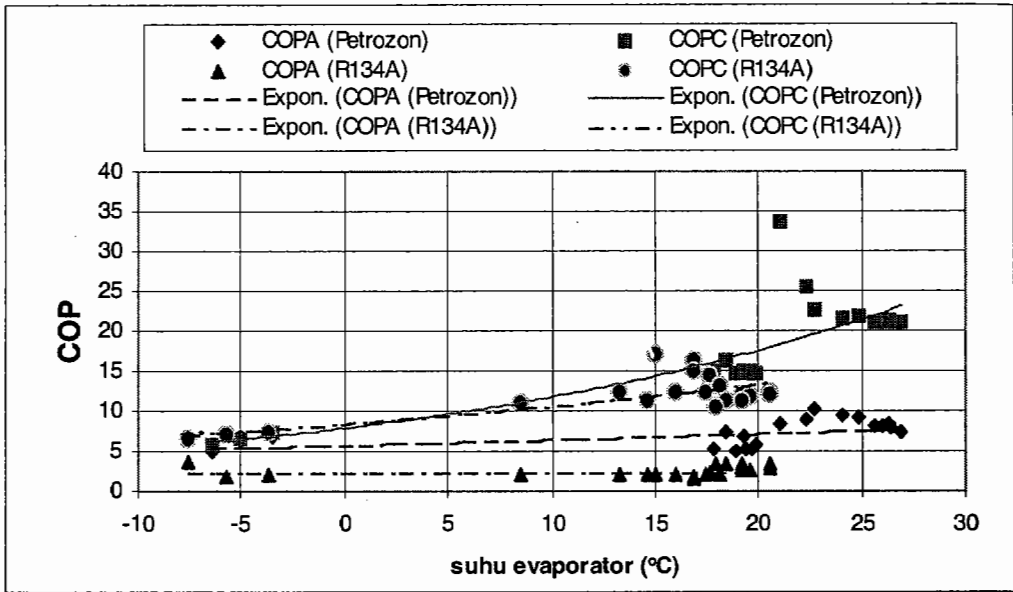
Koefisien prestasi Carnot untuk kedua jenis refrigeran baik Petrozon (Rossy 34) dan R 134A terlihat membesar dengan naiknya suhu evaporator. Harga koefisien prestasi Carnot Petrozon (Rossy 34) mempunyai harga yang lebih besar dibandingkan refrigeran R 134A. Pengoperasian dengan menggunakan refrigeran R 134A menghasilkan ranah kerja suhu evaporator yang lebih sempit dibandingkan dengan refrigeran Petrozon (Rossy 34).

Koefisien prestasi dan efisiensi Carnot terhadap beda suhu kondensor-evaporator.

Gambar 5 menyajikan hubungan koefisien prestasi refrigeran Petrozon (Rossy 34) dan R 134A terhadap beda suhu kondensor dan evaporator. Hal ini ditujukan untuk mengamati koefisien prestasi terhadap pengaruh rasio kompresi. Koefisien prestasi aktual Petrozon menurun dengan bertambahnya beda suhu kondensor-evaporator, sedangkan koefisien prestasi aktual R 134A sedikit menurun pada perubahan beda suhu kondensor-evaporator. Sementara koefisien prestasi Carnot menurun tajam dengan naiknya beda suhu kondensor – evaporator. Terlihat bahwa koefisien prestasi Carnot antara Petrozon (Rossy 34) dan R 134A terletak pada kurva berimpit, ini berarti kedua refrigeran tersebut mempunyai suhu evaporator sama jika dikenakan rasio kompresi yang sama. Koefisien prestasi aktual Petrozon (Rossy 34) lebih baik daripada R 134A. Pendekatan persamaan *Power* untuk koefisien prestasi aktual sebagai fungsi beda suhu kondensor dan evaporator, dinyatakan dengan Petrozon (Rossy 34),

$$COP_A = 20,766 (T_{CO}-T_{EV})^{-0,3724}$$

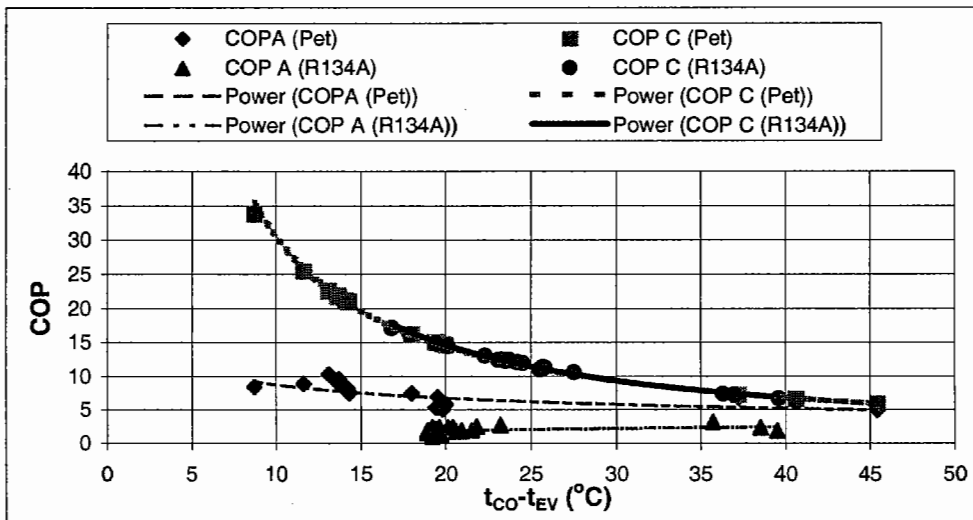
$$R\ 134A, COP_A = 0,967 (T_{CO}-T_{EV})^{0,2407}$$



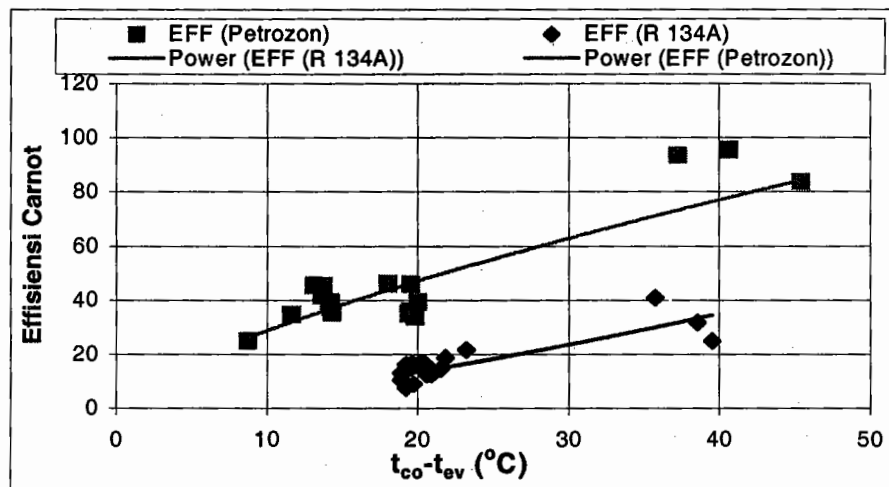
Gambar 4. Perbandingan koefisien prestasi aktual dan Carnot terhadap suhu evaporator, refrigeran R 134A dan Petrozon.

Distribusi beda suhu kondensator – evaporator untuk refrigeran R 134A terlihat lebih mengumpul dibandingkan Petrozon. Ranah beda suhu Petrozon antara 8.7 °C sampai dengan 45.4 °C, sedangkan untuk refrigeran R 134A mempunyai ranah 18.9 °C sampai

39.5 °C. Data ini menunjukkan bahwa ranah beda suhu kondensator – evaporator untuk R 134A lebih sempit daripada Petrozon. Pada ranah beda suhu kondensator – evaporator tersebut, efisiensi Carnot untuk Petrozon lebih besar daripada refrigeran R 134A.



Gambar 5. Perbandingan koefisien prestasi aktual dan Carnot terhadap beda suhu kondensator-evaporator, refrigeran R134A dan Petrozon.



Gambar 6. Grafik efisiensi Carnot terhadap beda suhu kondensator- evaporator, refrigeran R 134A dan Petrozon .

Efisiensi Carnot Petrozon (Rossey 34),
 $EFF = 5,677 (T_{CO}-T_{EV})^{0,70}$

Efisiensi Carnot R 134A,
 $EFF = 0,234(T_{CO}-T_{EV})^{1,3707}$

KESIMPULAN

Dari pembahasan hasil penelitian ini, kiranya dapat disimpulkan bahwa pengaturan searah jarum jam katup ekspansi tekanan konstan menghasilkan hal-hal berikut:

1. Ranah beda suhu kondensator - evaporator Petrozon (Rossey 34) lebih besar daripada R134A. Untuk Petrozon berkisar antara 8,7 °C sampai dengan 45,4 °C, sedangkan untuk refrigeran R 134A mempunyai ranah 18,9 °C sampai 39,5 °C.
2. Koefisien prestasi aktual refrigeran Petrozon (Rossey 34) lebih baik daripada R134A.
3. Efisiensi Carnot refrigeran Petrozon (Rossey 34) lebih baik daripada R 134A.

UCAPAN TERIMA KASIH.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dukungan dana DPP dengan surat perjanjian nomor 2659/PII/Set.R/2003, serta kepada sdr. Bayu Angkasawan untuk bantuan pengambilan datanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Kaidir, 1999, *Performance Comparison of Refrigerants R 134A and R12 in Heat Pump*, proceeding at International Conference on Fluid and thermal Energy Conversion, hal 116-122.
- Nawas dkk, 1999, *Pertamina Contribution on Non ODS Product Development in Indonesia*, Proceeding on ODS Phaseout: solution for The Refrigeration Sector, hal 88-89.
- Pudiyanto, 2003, *PETROZON Natural and Environment Friendly Refrigerant*, - Pure Refrigerant R 134A. html
- Razali dkk, 2000, *The Experiment result Analysis of the CFC 12 and the HFC 134A Refrigerants on the Automotive Air Conditioning Systems*, proceeding at International Conference on Fluid and thermal Energy Conversion, hal 445-455.
- Stephan K dan Krauss R, 1993, *Regulated CFCs and their Alternatives*, Heat Recovery Systems and CHP V.3, hal 373-381.
- Stoecker WF, 1982, *Refrigeration and Air Conditioning*, Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- Standard 750, 2001, *Standard for Thermostatic Refrigerant Expansion Valves*, Air Conditioning & Refrigeration Institute (ARI).