

PENGUJIAN REFRIGERAN ALTERNATIF RAMAH LINGKUNGAN PADA MESIN PENDINGIN JENIS KOMPRESI UAP

Tri Widagdo

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211

ABSTRACT

The Vapor Compression Refrigeration Machine is very commonly used, either for home or industrial scale. The performance of machine is depend on the quality of the fluid (refrigerant) that operated. The refrigerant that usually used is R-12 that have very good thermodynamic properties. In fact this refrigerant came from the CFC's (Chlorofluoride Carbonate), is the substance which have potency to destruct the environmental system. From that writer tend to do research that concern with same alternative refrigerant. They are R-134[®], Butana and Petrozon[®]. The performance that result from machine than compared with the performance of refrigeration machine that operated with R-12 refrigerant. Research activity begun with installing refrigerant machine completely with experimental device and control system. Using the R-12 refrigerant, the maximum COP is 2.21. The COP of refrigeration machine that operated with alternative refrigerant are:

1. For Butana the maximum COP is 2.1 at low cooling load and evaporator pressure 2.6 bar
2. For R-134a the maximum COP is 2.4 at high cooling load and evaporator pressure 1.2 bar
3. For Petrozon[®] the maximum COP is 2.2 at high cooling load and evaporator pressure 2.6 bar

Keyword: Alternative Refrigerant, Refrigeration optimization

PENDAHULUAN

R-12 (orang awam biasa menyebutnya Freon) ditemukan sekitar tahun 1930-an, diproduksi oleh Dupont Corporation, merupakan bahan yang sangat ideal untuk fluida kerja (refrigeran) mesin pendingin jenis kompresi uap. Zat-zat ini memiliki sifat fisik dan termal yang sangat baik untuk dioperasikan pada mesin pendingin, selain itu juga memiliki keunggulan lain seperti tidak beracun, tidak mudah terbakar, sangat stabil dan murah harganya.

R-12 dengan rumus kimia $\text{Cl}_2 \text{F}_2 \text{C}$ senyawa kimia yang termasuk jenis

CFC (*Chloro Fluoride Carbonate*). Rowland dan Molina [4] dalam paparannya pada seminar internasional di Paris mengemukakan bahwa CFC yang terkandung pada refrigeran jenis R-12 adalah bersifat ODS (*Ozone Depleting Substance*), artinya dapat merusak lapisan Ozon (O_3) di Stratosfir. Sejak saat itu banyak diselenggarakan pertemuan internasional yang membuahkan berbagai rekomendasi untuk mengurangi mekanisme ODS. Hasilnya adalah Konvensi Wina (1985), Konvensi Geneva (1986) dan Protokol Montreal (1987) yang diikuti amandemen London (1990). Indonesia

telah meratifikasi melalui KEPRES RI No.: 23/1992 yang intinya menghapuskan pengadaan ODS termasuk CFC pada akhir tahun 1997.

Hal lain yang memeberikan motivasi bagi penulis untuk melakukan kegiatan penelitian ini adalah sejauh mana zat-zat alternatif dapat dioperasikan dengan baik di dalam mesin pendingin jenis kompresi uap, yang kelak akan menggantikan peranan R-12 yang tidak lama lagi akan dihapuskan. Karakteristik fisik maupun termodinamik serta termofluid zat-zat uji akan sangat berperan dalam menentukan kualitas kinerja mesin pendingin. Kinerja mesin pendingin ditunjukkan oleh harga COP. Semetra itu hal-hal subyektif (misalnya getaran dan temeratur kompresor, kebisingan suara pada sistem perpipaan, kerataan temperatur pada koil evaporator an kondensor) yang akan diamati juga tidak kalah pentingnya., mengingat faktor-faktor subyektif dapat berpengaruh terhadap aspek komersial mesin pendingin.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon dari sebuah mesin pendingin jika dioperasikan menggunakan beberapa refigeran alternatif yang akan diujicobakan. Mesin pendingin yang dipakai adalah dari jenis kompresi uap dengan daya kompresor 2 Hp. Respon utama yang akan diteliti adala kinerja mesin yang ditunjukkan oleh harga COP(*coefosient Of Perfomance*). Selain itu juga akan dipantau beberapa faktor subyektif pada saat mesin dioperasikan menggunakan zat uji. Data-data yang dihasilkan dari masing-masing zat uji selanjutnya akan dibandingkan dengan data yang dihasilkan bagi mesin pendingin yang dioperasikan menggunakan refrigeran jenis R-12.

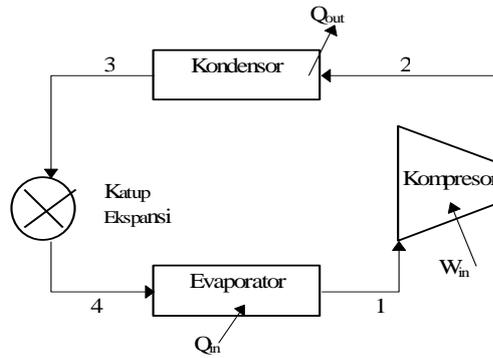
Zat-zat uji yang akan diopersikan pada mesin pendingin antara lain: R-134a[®], Petrozon[®] dan Butana .

Data hasil pengujian, secara statistik akan dibandingkan, selanjutnya diambil kesimpulan menyangkut layak atau tidaknya penggantian refrigeran tersebut. Kontribusi hasil penelitian dalam dunia pendidikan adalah untuk mengembangkan ilmu yang berkaitan dengan Teknik pendingin baik bagi mahasiswa maupun kalangan akademisi yang *concern* pada kelestarian lingkungan. Mesin pendingin ini juga dapat diaktifkan sebagai paket praktikum pada Jurusan Mesin untuk Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) maupun Mata Kuliah Keahlian (MKK) seperti Teknik Pendingin, dan Mesin Konversi Energi.

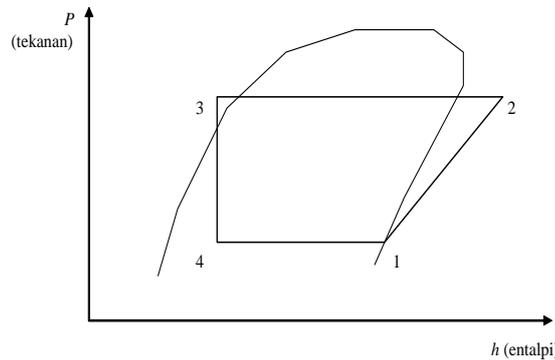
Data hasil pengujian dapat dipublikasikan dan disajikan secara kuantitatif sedemikian hingga dapat memberikan bahan pertimbangan bagi konsumen dalam menentukan refrigeran mesin pendingin yang akan dipakai pasca penghapusan R-12.

Mesin pendingin kompresi uap bekerja atas dasar Siklus Carnot terbalik [2], dengan fluida kerja yang bersirkulasi membentuk siklis tertutup. Untuk memperoleh penyerapan dan pembuangan kalor sebanyak mungkin, maka tingkat keadaan refrigeran baik pada kondensor maupun evaporator senantiasa berada pada tingkat keadaan campuran cair-uap.

Komponen utama dan suklus kerja mesin pendingin kompresi uap dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 1. Instalasi Mesin Pendingin Kompresi uap



Gambar 2. Diagram Tekanan (P) vs Entalpi (h)Mesin Pendingin

Keterangan

- Proses 1→2 : Kompresi isentropik oleh kompresor, tujuannya untuk menaikkan tekanan refrigeran yang diikuti oleh kenaikan temperatur refrigeran. Di sini terjadi pemasukan energi mekanik (W_{in}).
- Proses 2→3 : Pendinginan kondensor dengan tujuan untuk menurunkan kandungan kalor refrigeran. Di sini terjadi Pembuangan kalor (Q_{out})
- Proses 3→4 : Penurunan tekanan refrigeran oleh katup ekspansi dengan tujuan untuk menurunkan temperatur refrigeran
- Proses 4→1 : Penyerapan kalor bagi benda yang akan didinginkan oleh evaporator. Disini terjdado pemsukan kalor (Q_{in}).

Energi mekanik dibutuhkan oleh kompresor untuk mensirkulasikan refrigeran, pembuangan kalor dilakukan pada kondensor dan pengambilan kalor (tempat benda akan didinginkan) terjadi di evaporator. Untuk mendapatkan kinerja evaporator yang baik, tekanan refrigeran pada kondensor diturunkan oleh katup ekspansi. Disini terjadi tawar menawar antara rendahnya tekanan refrigeran yang diikuti dengan rendahnya temperatur dengan laju aliran massa refrigeran yang bersirkulasi. COP

mesin pendingin [3] dihitung dengan formulasi:

$$COP = \frac{\text{Daya ideal kompre sor}}{\text{Energi kalor pada evaporator}}$$

$$= \frac{\dot{m}(h_2 - h_1)}{\dot{m}(h_1 - h_4)} = \frac{(h_2 - h_1)}{(h_2 - h_1)} \quad (1)$$

Dimana m = laju aliran massa refrigeran
 Didalam pengujian data-data mengenai laju aliran massa dan entalpi sangat

sulit untuk diukur sehingga perhitungan COP dilakukan dengan:

1. Untuk daya ideal kompresor dihitung dari pemakaian daya listrik pada kompresor. Jika V (Volt) adalah tegangan listrik dan I (Ampere) adalah intensitas arus, maka daya listrik yang dipakai oleh kompresor [5] adalah:

$$P = V.I \text{ (Watt)} \quad (2)$$

2. Untuk Energi kalor yang mampu diserap oleh evaporator dihitung atas dasar penurunan kandungan kalor pada udara [1]. Pada pengujian ini beban pendinginan adalah udara yang dialirkan pada koil evaporator. Dan energi kalor yang diserap oleh udara adalah sebesar:

$$\begin{aligned} Q_u &= \dot{m}_u \cdot C_p \cdot \Delta T_u \\ \text{dan} \\ \dot{m}_u &= \rho \cdot A \cdot V \\ \text{dan} \\ \rho &= \frac{P}{RT} \end{aligned} \quad (3)$$

dimana:

- m_u : Laju aliran massa udara (kg/det)
- C_p = Panas jenis uadar pada tekanan konstan = 0,2403 (kJ/kg.K)
- ΔT = Beda temperatur udara yang mengalir pada eveporator (K)
- ρ = massa jenis udara (kg/m³)
- A = Luas penampang aliran udara (m²,
- V = Kecepatan aliran udara (m/det)
- P = Tekanan mutlak udara (N/m²)
- R = Konstanta gas ideal udara = 2,4061 kJ/kg.K

Refrigeran yang akan dioperasikan pada mesin pendingin harus memenuhi sifat fisik maupun sifat termodinamik Salah satu sifat termodinamika refrigeran yang mempunyai peran dalam menentukan besar kecilnya COP adalah Koefisien Joule-Thomson. Koefisien ini deidefinisikan sebagai perbandingan antara beda temperatur terhadap beda tekanan pada saat refrigeran mengalir melalui katup

penurun tekanan (katup ekspansi) untuk proses isi entalpi, diformulasikan:

$$\mu = \left[\frac{\partial T}{\partial P} \right]_h \quad (4)$$

Sifat-sifat fisik yang harus dimiliki refirgeran antara lain:

1. Tidak Korosif, artinya refrigeran harus zat yang stabil sehingga tidak akan bereaksi dengan komponen mesin pendingin yang akan dilaluinya pada saat refrigeran dioperasikan.
2. Tidak Erosif, artinya refrigeran tidak menimbulkan goresan pada saat dialirkan di dalam instalasi. Untuk ini refirgeran harus memiliki viskositas yang rendah (maksimum 24 cPc).
3. Tidak mengandung racun (toksisitas), hal ini berkaitan dengan keamanan bagi teknisi/operator pada saat refrigeran dievakuasi maupun dari daam instalasi mesin pendingin
4. Tidak mudah terbakar, hal ini berkaitan dengan bahaya kebakaran jika refrigeran beroperasi pada temperatur tinggi yang melalui sistem rangkaian listrik yang ada di dalam kompresor.
5. Mudah bercampur sempurna dengan minyak pelumas, hal ini terkait dengan penuruanan gaya gesek pada saat refrigeran sedang mengalir.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan Penelitian diawali dengan rancang bangun mesin pendingin jenis kompresi uap sebagai subyek penelitian, dengan daya kompresor maksimum 2 Hp . Instalasi dileengkapi dengan instrumen pengujian antara lain:

1. Manometer, yang berfungsi untuk membaca tekanan refrigeran pada koil kondensor dan koil evaporator
2. Termokopel, yang berfungsi untk membaca temperatur udara (sebagai beban pendinginan) yang mengalir sebelum dan sesudah evaporator.

3. Anemometer, berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran udara yang mengalir melalui koil evaporator.
4. Volt meter, berfungsi untuk mengetahui besarnya tegangan listrik (arus AC 50 Hz) yang dikonsumsi oleh kompresor.
5. Ampermeter, berfungsi untuk mengukur besarnya intensitas arus yang dikonsumsi oleh kompresor.

Sistem keamanan yang dirangkaikan pada instalasi pengujian antara lain:

1. *Timer*, berfungsi untuk memberikan *dellay time* jika instalasi harus dihidupkan secara mendadak.
2. *Over load*, berfungsi jika terjadi arus lebih yang dipakai pada kompresor. Arus maksimum di set pada 8 Amper.
3. *Over heated*, berfungsi untuk memutuskan arus yang mengalir ke dalam kompresor jika kompresor mengalami kenaikan tempertir terlalu tinggi. *Over heated* diset pada temperatur 150 °C.

Setelah mesin uji dipoersiapkan dengan baik maka dilakukan pengujian dengan langkah-langkah:

1. Instalasi mesin pendingin diisi dengan refrigeran R-12 serta minyak pelumas 'secukupnya' dengan indikator tingkat keadaan refrigeran yang terlihat dari *sightglass*.
2. Mesin dihidupkan dengan cara menyambung kabel listrik ke kompresor diikuti oleh *fan* pada kondensor maupun pada evaporator. Pada kegiatan ini katup ekspansi dalam keadaan tertutup rapat.
3. Setelah mesin bekerja dengan baik proses ekspansi refrigeran dilakukan dengan cara membuka (secara

perlahan-lahan) katup ekspansi yang tersedia.

4. Setelah mencapai keadaan *Steady state* dilakukan pembacaan secara serentak terhadap : Tekanan kondensor, tekanan evaporator, temperatur udara masuk dan keluar serta kecepatan udara yang mengalir pada evaporator.
5. Prosedur 1 s/d 4 dilakukan untuk variasi tekanan evaporator yang dianggap representatif dengan cara mengeset pembukaan katup ekaspansi. serta beban pendinginan yang sudah ditetapkan
6. Langkah-langkah pengujian 1 hingga 5 dilakukan untuk refrigeran uji lainnya selanjutnya data yang dihasilkan dibandingkan menggunakan formulasi statistik yang sudah ditetapkan.

Data mentah dari hasil pengujian selanjutnya dianalisis menggunakan formulasi yang sudah ditetapkan, terutama untuk perhitungan COP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian mesin pendingin dilakukan di laboratorium Perawatan & Perbaikan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya dengan melibatkan seluruh anggota tim penelitian. Untuk menjamin keakuratan data pengujian maka kondisi udara yang akan diperlakukan sebagai beban pendinginan di ukur secara cermat baik temperatur maupun kelembabannya.

Sesuai dengan rencana kegiatan yang sudah dibuat yang berakhir pada pengujian mesin, dengan melibatkan persamaan-persamaan dasar untuk menghitung COP, maka data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut untuk dua jenis pembebanan.

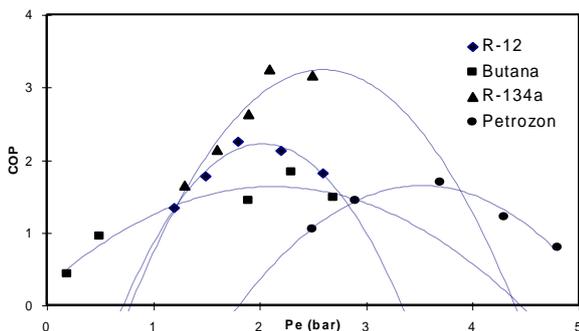
Tabel 1. Data Hasil pengujian untuk beban ringan

R-12	P_e (bar)	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6
	COP	1,34	1,77	2,25	2,12	1,81
Butana	P_e (bar)	0,2	0,5	1,9	2,3	2,7
	COP	0,42	0,94	1,43	1,82	1,47
R-134a [®]	P_e (bar)	1,3	1,6	1,9	2,1	2,5
	COP	1,64	1,13	2,63	3,24	3,16
Petrozon [®]	P_e (bar)	2,5	2,9	3,7	4,3	4,8
	COP	1,04	1,43	1,69	1,21	0,78

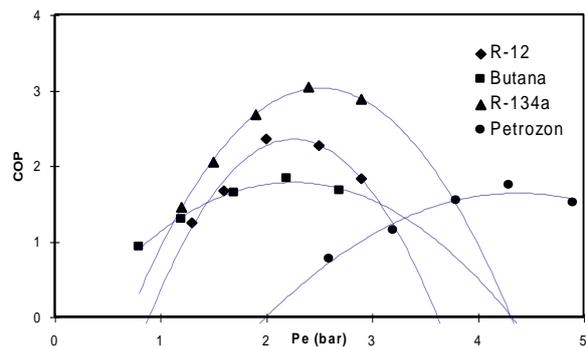
Tabel 2. Data Hasil pengujian untuk beban berat

R-12	P_e (bar)	1,3	1,5	2,0	2,5	2,9
	COP	1,24	1,67	2,35	2,26	1,82
Butana	P_e (bar)	0,8	1,2	1,7	2,2	2,7
	COP	0,92	1,28	1,63	1,83	1,67
R-134a [®]	P_e (bar)	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9
	COP	1,45	2,05	2,67	3,04	2,87
Petrozon [®]	P_e (bar)	2,6	3,2	3,8	4,3	4,9
	COP	0,76	1,14	1,53	1,73	1,51

Analisis dari data pengujian di tuangkan dalam bentuk grafik fungsi dimana COP sebagai variabel terikat sedangkan P_e sebagai variabel bebas. Selanjutnya Untuk satu jenis pembebanan keempat refrigeran disusun dalam satu kurva Cartesian. Garis kecenderungan (*trend line*) ditetapkan untuk polinomial ordo 2, dengan alasan mengacu pada 'Power Law' bagi karakteristik optimisasi sistem konversi energi.



Gambar 3.
Kurva COP Vs P_e gabungan untuk beban ringan



Gambar 4.
Kurva COP Vs P_e gabungan untuk beban berat

Untuk menentukan tekanan refrigeran pada evaporator yang optimum, dimana akan diperoleh harga COP yang maksimum dipergunakan metode turunan pertama. Hasil pendekatan menggunakan program Excel untuk fungsi kuadrat (polinom ordo 2) dengan variabel y untuk COP dan variabel x untuk P_e adalah:

a. Untuk Beban Ringan

1. Refeigeran R-12.

Tekanan optimum refrigeran pada evaporator, $P_{e(opt)} = 2,03$ bar. Jika harga ini disubstitusikan pada persamaan semula diperoleh harga

Perfomansi maksimum untuk refrigeran R-12, $COP_{(maks)} = 2,21$

2. Refrigeran Butana ($C_4 H_{10}$)

Tekanan optimum refrigeran pada evaporator, $Pe_{(opt)} = 2,13$ bar. Jika harga ini disubstitusikan pada persamaan semula diperoleh perfomansi maksimum untuk refrigeran butana, $COP_{(maks)} = 1,63$

3. Refrigeran R-134a[®]

Tekanan optimum refrigeran pada evaporator, $Pe_{(opt)} = 2,59$ bar. Jika harga ini disubstitusikan pada persamaan semula perfomansi maksimum untuk refrigeran R-134a, $COP_{(maks)} = 3,25$

4. Refrigeran Petrozon[®]

Tekanan optimum refrigeran pada evaporator, $Pe_{(opt)} = 3,53$ bar. Jika harga ini disubstitusikan pada persamaan semula diperoleh harga perfomansi maksimum untuk refrigeran Petrozon[®], $COP_{(maks)} = 1,67$

b. Untuk Pembeban berat

1. Refeigeran R-12.

Tekanan optimum refrigeran pada evaporator, $Pe_{(opt)} = 2,26$ bar. Jika harga ini disubstitusikan pada persamaan semula diperoleh hargap perfomansi maksimum untuk refrigeran R-12, $COP_{(maks)} = 2,35$

2. Refrigeran Butana ($C_4 H_{10}$)

Pemebbanan ini tekanan optimum refrigeran pada evaporator, $Pe_{(opt)} = 2,26$ bar. Jika harga ini disubstitusikan pada persamaan semula diperoleh

harga perfomansi maksimum untuk refrigeran Butana, $COP_{(maks)} = 1,77$

3. Refrigeran R-134a[®]

Tekanan optimum refrigeran pada evaporator, $Pe_{(opt)} = 2,51$ bar. Jika harga ini disubstitusikan pada persamaan semula diperoleh harga perfomansi maksimum untuk refrigeran R-134a[®], $COP_{(maks)} = 3.02$

4. Refrigeran Petrozon[®]

Tekanan optimum refrigeran pada evaporator, $Pe_{(opt)} = 4,37$ bar. Jika harga ini disubstitusikan pada persamaan semula diperoleh harga perfomansi maksimum untuk refrigeran Petrozon[®], $COP_{(maks)} = 1,63$

Dari rencana awal karakteristik mesin pendingin yang menggunakan refrigeran alternatif akan dibandingkan dengan karakteritik mesin pendingin yang dioperasikan menggunakan R-12, sehingga nilai yuang dimiliki pada R-12 dianggap sebagai referensi (standar perbandingan). Harga tekanan optimum pada penoperasian refrigeran alternatif masih dianggap 'aman' sedangkan karakter mesin utama yang akan dibandingkan adalah nilai dari COP. Penyimpangan terhadap COP R-12 berharga negatif artinya lebih buruk sedangkan harga positif berarti lebih baik. Peyimpangan harga COP mengacu pada formulasi statistik:

$$Penyimpangan = \frac{COP - COP_{R-12}}{COP_{R-12}} \times 100\%$$

Tabel 3. Nilai Tekanan Optimum dan COP maksimum beberapa refigeran uji pada beban ringan

Refrigeran	Tekanan optimum evaporator, $Pe_{(opt)}$	Perfomansi maksimum, COP_{maks}	Penyimpangan terhadap R-12	Keterangan
R-12	2,03	2,21	0	Pembanding
Butana	2,13	1,63	- 26,24%	lebih buruk
R-134a	2,55	3,25	+ 47,05%	lebih baik
Perozon	3,53	1,67	- 24,43 %	lebih buruk

Tabel 4. Nilai Tekanan Optimum dan COP maksimum beberapa refrigeran uji pada beban berat

Refrigeran	Tekanan optimum evaporator, $P_{e(opt)}$	Perfomansi maksimum, COP_{maks}	Penyimpangan terhadap R-12	Keterangan
R-12	2,26	2,35	0	Pembanding
Butana	2,26	1,77	- 24,68%	lebih buruk
R-134a	2,51	4,38	+ 86,38 %	lebih baik
Perozon	4,37	1,63	- 30,63	lebih buruk

Sementara itu beberapa karakteristik komponen mesin yang diamati, walaupun masih bersifat subyektif akan tetapi sebagai bahan pertimbangan penulis menganggap perlu untuk disampaikan pada tulisan ini. Durasi yang diberikan kepada mesin pendingin untuk Setiap perlakuan yang diberikan rata-rata adalah 1 jam dan ini dianggap waktu yang cukup bagi mesin untuk mencapai tahap *steady*. Nilai dari masing masing subyek penelitian diberi indeks S (sedang) jika dianggap 'sama' dengan subyek pada R-12, indeks T (tinggi) jika dianggap 'lebih tinggi' dengan subyek pada R-12 serta indeks R (rendah) jika dianggap 'lebih rendah' dengan subyek pada R-12. Subyek pengamatan dapat dilihat pada matrik berikut.

Tabel 5 . Hasil Pengamatan terhadap faktor subyektif pada pengoperasianrefrigeran alternatif

No	Subyek-Subyektif pengamatan	Butana	R-134a [®]	Petrozon [®]
1	Temperatur operasi kompresor	R	S	T
2	Getaran Kompresor	T	S	S
3	Keseragaman temperatur kondensor	T	S	R
4	Keseragaman temperatur evaporator	S	S	R
5	Getaran pada sistem perpipaan	T	R	S
6	Intensitas arus listrik pada <i>start up</i>	R	S	S
7	Tekanan refrigeran pada kondensor	R	S	T

KESIMPULAN

Dari analisis sebelumnya yang melibatkan teori dasar serta perhitungan statsistika, maka pengoperasian beberapa refrigeran alternatif akan menghasilkan karakter mesin pendingin yang berbeda pula prestasi mesin pendingin yang ditunjukkan oleh harga COP adalah faktor utama yang harus dipertimbangkan untuk mengatakan baik atau tidaknya refrigeran alternatif jika dibandingkan dengan refrigeran R-12. Kesimpulan singkat yang dapat ditarik yaitu bahwa pada prinsipnya ketiga refrigeran alternatif yang dipilih dapat dioperasikan pada mesin

pendingin uji, akan tetapi yang terbaik diantara ketiganya adalah refrigeran R-1354a[®]. Refrigeran ini mempunyai nilai lebih baik dari segi perfomansi mesin pendingin maupun faktor-faktor subyektif yang diakibatkan oleh pemakaian refrigeran jenis ini. Refrigeran Butana walaupun menghasilkan perfomansi yang rendah akan tetapi harganya murah . Sedangkan refrigeran Petrozon[®] lebih sesuai untuk pengoperasian mesin pendingin dengan beban pendinginan yang berat. Untuk mesin pendingin skala sedang dan kecil (< 2 Hp), pengoperasian ketiga refrigeran alternatif tidak memerlukan modifikasi

bagi mesin pendingin yang bersangkutan. Sistem ini dikenal sebagai *Retrofitting*.

SARAN

Di penghujung tulisan ini penulis memberikan bebarap saran antara lain:

1. Berkaitan dengan pengoperasian mesin uji yang sudah dibuat, jika hendak melakukan pengujian hendaklah senanti asa mengikuti prosedur pengujian yang sudah dibuat, atau menggunakan buku petunjuk pengoperasian dan perawatan mesin pendingin yang juga sudah ada.
2. Berkaitan dengan penggunaan data hasil pengujian. Bagi para pembaca yang hendak menadopsi/menyadur data hasil pengujian ini hendaklah meminta izin dahulu kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Charles, N., 1988., '*Trancience of Refrigeration Proccess*', *ASHRAE Journal of Refrigeration* 243, Paris
2. Damitri N., Soekardi C., Suwono A., dan Tandian N.P., 1999, '*Perfomance Comparison of CFC-12, HVR-12 and HCR^{+LFS} as Refrigerant*', *Seminar on ODS Phase-out: Solution for the Refrigeration Sector*, Kuta.

3. Holman, J.P., alih bahasa Suprpto, 1990, '*Perrpindahan Panas*', edisi 4, Pradnya Paramita, Jakarta
4. Reynolds and Perkins, alih bahasa Harahap.P., dan Silaban P., 1992, '*Termodinamika Teknik*', Penerbit Airlangga, Jakarta
5. Stocker, W., 1995, '*Refrigeration and Air Conditioning*', 4th edition, *Pantice-Hall*, Washington DC
6. Suwono A., Pasek A.D. dan Tandian N.P., 1996, '*Mencari Refrigeran Ramah Lingkungan*', *Republika*, 5 Juuni 1996
7. Tandian N.P., Suwono A, Sylvia C.A. dan Psaek A.D., 1997, '*Application of Prophane-Buthane Mixture As Refrigeran in a Milk Cooling Unit*', *Prosseding of Fluid and Thermal Energy Concersion*.
8. Walker & Marry, 1988, '*Hydrocarbon, Mixing & Handling*', 3rd, *Pradt & Whitney book Co*, Singapore

ACKNOWLEDGEMENT

Kegiatan penelitian dibiayai sepenuhnya oleh ADB-LOAN melalui program TPSDP PSTM *Batch* 2 tahun I Politeknik Negeri Sriwijaya pada kegiatan *Staff Research Grant*