

PERFORMANSI SISTEM PENDINGIN SPLIT UNIT DENGAN MENGGUNAKAN HCFC-22 DAN HC-22

Henry Nasution^{1,2}, Eldiva Rowendra¹, Sumeru^{1,3}, Azhar A. A.^{1,4}, Zulkarnain A. L.¹,
Mohd. Rozi M. P.⁴

¹ Jabatan Termobendalir, Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknologi Malaysia, Skudai 81310 Johor, Malaysia
e-mail: henry@fkm.utm.my, henrynasution@bunghatta.ac.id

² Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta, Indonesia

³ Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara
Politeknik Negeri Bandung, Indonesia

⁴ Automotive Development Centre
Universiti Teknologi Malaysia, Skudai 81310 Johor, Malaysia

Abstract

The use of hydrocarbon gases as a refrigerant has been done before the emergence of CFCs (chlorofluorocarbons) and HCFCs (hydrochlorofluorocarbons). However, because of issues of environmental damage caused by both the gas, namely CFCs and HCFCs, causing the experts try to use environmentally friendly refrigerants, namely hydrocarbons. The hydrocarbon used in this study was a mixture of propane (R290), butane (R600), and isobutane (R600a), and was called HC-22. The air-conditioning was originally to work with refrigerant HCFC-22 and with compressor capacity is 1860 W. Measurements were taken during the experimental period at a time interval of ten minutes for a set point temperature of 20°C. The objective of the research was to compare the refrigeration performance of different refrigerants in terms of a coefficient of performance (COP), refrigeration effect, and power consumption by the compressor. The experimental results showed that the COP, cooling capacity and energy saving of HC-22 higher than that of HCFC-22. The results also indicated that hydrocarbon mixture could be used as a drop-in replacement for split unit of the air-conditioning system.

Keywords: HCFC-22, HC-22, air conditioning, COP, energy saving

PENDAHULUAN

Refrigeran seperti *chlorofluorocarbon* (CFC) dan *hydrochlorofluorocarbon* (HCFC) keduanya memiliki potensi yang sangat besar terhadap pemanasan global dan penipisan lapisan ozon. Oleh karena itu kedua refrigeran tersebut perlu digantikan dengan refrigeran ramah lingkungan. Sebagai alternatif yang direkomendasikan adalah dengan menggunakan hidrokarbon (HC) yang memiliki beberapa karakteristik positif yaitu potensi penipisan lapisan ozon sama dengan nol, efek pemanasan global yang rendah, non-toksitas dan sesuai digunakan dalam sistem pendingin. Sedangkan kerugian utama menggunakan hidrokarbon sebagai refrigeran adalah karena mudah terbakar. Hal ini bisa diatasi dan aman jika langkah-langkah keamanan yang diambil untuk mencegah kebocoran refrigeran dari sistem pendingin (Devota dan Gopichand, 1992; Richards dan Shankland, 1992; Ritter, 1996; Mani dan Selladurai,

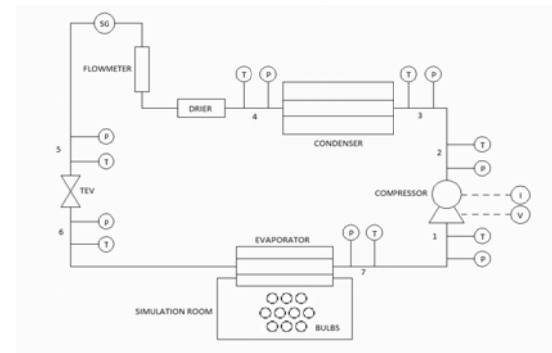
2008; Dalkilic dan Wongwises, 2010). Meskipun telah diketahui bahwa refrigeran hidrokarbon sebagai pengganti refrigeran CFC, HCFC, dan HFC, namun karena alasan ekonomi dan sifat mudah terbakarnya, menyebabkan pengembangan refrigeran hidrokarbon relatif stagnan. Mudah terbakarnya refrigeran hidrokarbon menjadi alasan paling menonjol untuk melemahkan penggunaan refrigeran ini. Bahan bakar kendaraan jauh lebih mudah terbakar dibandingkan dengan refrigeran hidrokarbon, namun tetap aman untuk digunakan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mengganti CFC12 dan CFC22 dan menggunakan campuran hidrokarbon. Wongwises *et al.* (2006) melakukan studi eksperimental pada sistem pendingin kendaraan (*automotive*) dengan menggunakan campuran hidrokarbon untuk menggantikan HFC134a. Hidrokarbon terdiri dari campuran propana (R290), butana (R600), dan isobutana (R600a). Wongwises dan Chimres (2005) melakukan studi eksperimental menggunakan

campuran propana, butana, dan isobutene untuk menggantikan HFC134a dalam aplikasi lemari es. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran propana (60%) dan butana (40%) sebagai refrigeran alternatif yang paling tepat. Hammad dan Alsaad (1999) menyelidiki kinerja lemari es dengan menggunakan LPG (24.4% propana, butana 56.4%, dan 17.2% isobutana), yang mudah diperoleh pada pasar lokal, murah, dan memiliki sifat ramah lingkungan dengan potensi lapisan ozon (ODP) sama dengan nol, sebagai refrigeran alternatif untuk mengganti refrigeran CFC12. Jung *et al.* (1996) menggunakan campuran propana/isobutana (R290/R600a) untuk menentukan unjuk kerja lemari es. Menurut analisis siklus termodinamika, campuran propana/isobutana dengan komposisi 0.2-0.6 fraksi massa propana menghasilkan peningkatan koefisien prestasi (COP) hingga 2.3% dibandingkan dengan CFC12. Granryd (2001) menyatakan kemungkinan dan masalah jika menggunakan hidrokarbon sebagai refrigeran pada sistem pendingin. Meskipun mudah terbakar, dalam makalahnya menyatakan bahwa hidrokarbon sebagai refrigeran alternatif dapat digunakan untuk peralatan pendingin dan pompa kalor dengan pemakaian energi yang efisien dan ramah lingkungan. Han *et al.* (2007) mempelajari refrigeran baru untuk campuran hidrokarbon, pada aplikasi sistem kompresi uap. Analisa hasil secara eksperimental dan teoritis, campuran terner dengan azeotropik non R32/R125/R161, menghasilkan ODP dan GWP adalah sama dengan nol dan lebih rendah dari R407c, hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas pendingin dan COP lebih baik dari R407c. Park *et al.* (2007) menggunakan campuran propilena, propana, HFC152a, dan dimethylether sebagai refrigeran alternatif untuk menggantikan refrigeran HCFC22 pada sistem pendingin split dan pompa kalor. Hasil percobaan menunjukkan bahwa COP dari campuran tersebut lebih tinggi 5.7% dari HCFC22. Mani dan Selladurai (2008) menggunakan campuran R290/R600a sebagai pengganti refrigeran CFC12 dan HFC134a pada sistem refrigerasi kompresi uap. Menurut hasil eksperimen, refrigeran R290/R600a memiliki kapasitas pendingin 19.9% menjadi 50.1% lebih tinggi dari R12 dan 28.6% sampai 87.2% dibandingkan dengan R134a. COP campuran R290/R600a meningkat sebesar 3.9-25.1% dibandingkan dengan R12. Refrigeran R134a memiliki koefisien prestasi sedikit lebih rendah dari R12.

Hidrokarbon yang digunakan dalam percobaan ini adalah campuran propana (R290), butana (R600), dan isobutana (R600a), yang disebut dengan HC22. Penelitian ini akan mempresentasikan pengganti refrigeran HCFC22 (R22) dengan campuran hidrokarbon (HC22) pada sistem pengkondisian udara split. Dalam penggunaan campuran hidrokarbon ini, komponen-komponen pada sistem pendingin udara split tidak mengalami perubahan.

METODE PENELITIAN

Gambar 3 menunjukkan instalasi sistem pendingin udara (AC) split. Untuk mensimulasikan beban pendinginan yang ditimbulkan dipergunakan lampu didalam ruang. AC split awalnya dioperasikan menggunakan refrigeran HCFC22 dengan kapasitas kompresor adalah 1860 W. Temperatur, tekanan dan laju aliran massa refrigeran diukur pada setiap lokasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Temperatur refrigeran pada setiap lokasi pengukuran menggunakan termokopel tipe T dengan akurasi $\pm 0.1^\circ\text{C}$ dan terkoneksi pada *data logger* tipe TC-08 PicoLog Recorder. Tujuh lokasi pengukuran tekanan refrigeran menggunakan *pressure gauge* tipe bourdon (*high pressure* = 0–30 bar dan *low pressure* = 0–10 bar). Sedangkan laju aliran massa refrigeran diukur menggunakan *refrigeran flow meter* untuk R22 dengan akurasi ± 1 gr/s. Konsumsi energi pada kompresor diperoleh dari pengukuran arus dan tegangan listrik dari sistem. Keakuratan alat ukur dari pengukuran arus dan tegangan masing-masing adalah $\pm 1\%$ dan $\pm 1.5\%$.



Gambar 1. Skematik diagram pengujian

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Sistem kendali : termostat
2. Jenis refrigeran : HCFC22 (R22) dan HC22.
3. Setting pengujian :
 - a. Temperatur ruang = 20°C .
 - b. Beban pendingin = 1 kW.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja pendinginan dengan refrigeran yang berbeda, yaitu: COP, efek refrigerasi, konsumsi energi oleh kompresor, dan kompresi rasio.

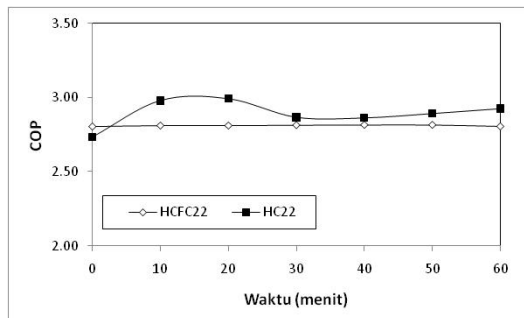
COP dari mesin pendingin adalah perbandingan antara energi yang dilepaskan dari evaporator (*refrigerating effect* - Q_e) dan energi yang diperlukan oleh kompresor (W_{com}). Ekspresi dari definisi diatas, dapat diperhatikan persamaan berikut :

$$\text{COP} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} = \frac{Q_e}{W_{com}} \quad (1)$$

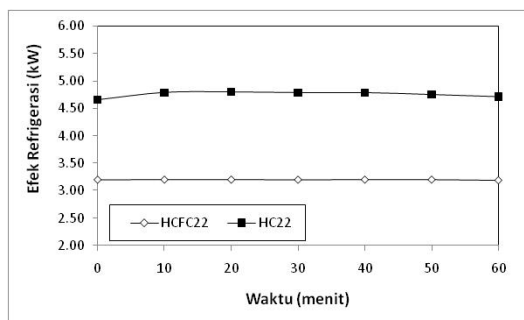
dimana h_1 , h_2 (kJ/kg) : entalpi pada *inlet* dan *outlet* kompresor, h_4 (kJ/kg) : entalpi pada *inlet* evaporator. Konsumsi energi adalah hasil kali daya motor terhadap waktu (t). Sedangkan penghematan energi diekspresikan dalam unit persentase, diperoleh berdasarkan perbedaan antara pemakaian energi pada sistem dengan menggunakan refrigeran HCFC22 dan pemakaian energi pada sistem dengan menggunakan refrigeran HC22.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 menunjukkan perbandingan COP menggunakan HCFC22 dan HC22. Analisa unjuk kerja mesin pendingin atau COP dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Hal ini menunjukkan bahwa COP untuk HCFC22 lebih rendah daripada HC22. Pengumpulan data dilakukan setelah 15 menit AC dioperasikan, pada awalnya COP dari HCFC22 sedikit lebih tinggi daripada HC22. Beberapa menit kemudian, COP dari HCFC22 selalu lebih rendah daripada HC22, rata-rata peningkatan COP yang diperoleh berkisar 3.6%. Mengurangi pemakaian energi adalah signifikan terhadap perbaikan unjuk kerja kompresor atau COP dan konsumsi energi akan semakin meningkat dengan semakin kecilnya nilai COP.



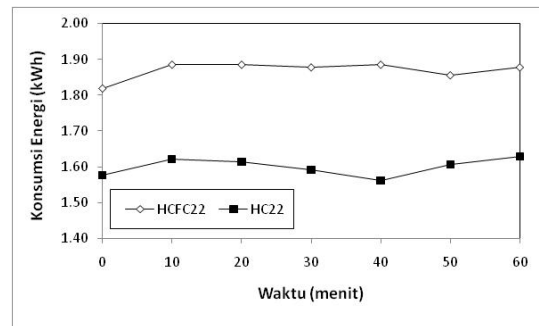
Gambar 2. COP



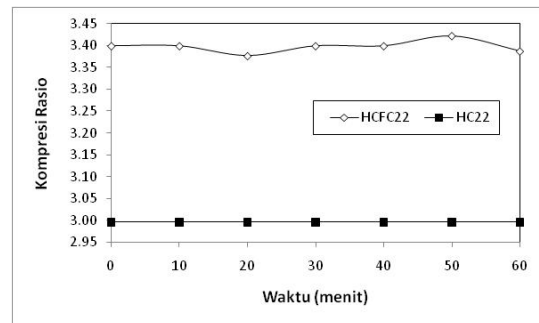
Gambar 3. Efek refrigerasi

Dalkilic dan Wongwises (2010) menyatakan bahwa dengan meningkatnya kapasitas pendingin atau efek refrigerasi, akan mengurangi konsumsi energi pada kompresor dan juga akan mengurangi kompresi

rasio sehingga akan meningkatkan efisiensi energi dalam hal ini adalah COP untuk beberapa campuran hidrokarbon jika dibandingkan dengan refrigeran CFC12, HFC134a, and CFC22. Pernyataan ini sangat sesuai dengan hasil yang diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2-5. HC22 akan menunjukkan nilai COP dan efek refrigerasi lebih tinggi dari HCFC22 serta HC22 mengkonsumsi energi dan kompresi rasio lebih kecil jika dibandingkan dengan HCFC22. Dari sudut pandang efisiensi energi dapat dinyatakan bahwa akan lebih baik dengan menggunakan HC22 jika dibandingkan dengan HCFC22.



Gambar 4. Konsumsi energi pada kompresor



Gambar 5. Kompresi rasio

KESIMPULAN

Studi tentang sistem pendingin udara tipe split dengan campuran hidrokarbon telah diselidiki untuk menunjukkan unjuk kerja atau performansi sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran hidrokarbon dapat digunakan sebagai refrigeran alternatif pada sistem pengkondisian udara tipe split. Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan:

1. COP campuran hidrokarbon (HC22) sedikit lebih tinggi dalam kisaran 2-6%, dengan rata-rata 3.6%.
2. Efek refrigerasi campuran hidrokarbon (HC22) lebih tinggi, dengan rata-rata 48.7%.
3. Konsumsi energi dari campuran hidrokarbon (HC22) lebih rendah, dengan rata-rata 14.4%.

4. Kompresi rasio campuran hidrokarbon (HC22) lebih rendah, dengan rata-rata 11.81%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas pembiayaan penelitian melalui Universiti Teknologi Malaysia : GUP TIER 2 Fund No.00J25 dan Universitas Bung Hatta atas izin yang diberikan sehingga penulis dapat melakukan kerja sama penelitian di Universiti Teknologi Malaysia.

DAFTAR PUSTAKA

- Dalkilic, A.S., Wongwises, S. 2010. A Performance Comparison of Vapour-compression Refrigeration System Using Various Alternative Refrigerants, *Int. Comm. Heat and Mass Transfer*, **37**, 1340–1349.
- Devotta, S., Gopichand, S. 1992. Comparative Assessment of HFC 134a and Some Refrigerants as Alternatives to CFC 12, *Int. J. Refrig.*, **15**, 112–118.
- Granryd, E. 2001. Hydrocarbons—an Overview, *International Journal of Refrigeration*, **24**, 15–24.
- Hammad, M.A., Alsaad, M.A. 1999. The Use of Hydrocarbon Mixtures as Refrigerants in Domestic Refrigerators, *Applied Thermal Engineering*, **19**, 1181–1189.
- Han, X.H., Wang, Q., Zhu, Z.W., Chen, G.M. 2007. Cycle Performance Study on R-32/R-125/R-161 as Alternative Refrigerant to R-407C, *Applied Thermal Engineering*, **27**, 2559–2565.
- Jung, D., Kim, C.B., Lim, B.H., Lee, H.W. 1996. Testing of a Hydrocarbon Mixture in Domestic Refrigerators, *ASHRAE Transactions*, **3**, 1077–1084.
- Mani, K., Selladurai, V. 2008. Experimental Analysis of a New Refrigerant Mixture as Drop-in Replacement for CFC12 and HFC134a, *Int. J. of Thermal Sciences*, **47**, 1490–1495.
- Park, K.J., Seo, T., Jung, D. 2007. Performance of Alternative Refrigerants for Residential Air Conditioning Applications, *Applied Energy*, **84**, 985–991.
- Richards, R.G., Shankland, I.R. 1992. Flammability of Alternative Refrigerants, *ASHRE J.*, **34**, 4.
- Ritter, T.J. 1996. Flammability-hydrocarbon refrigerants, in: *Proc. of the Institute of Refrigeration Conference, Safe and Reliable Refrigeration*, London.
- Wongwises, S., Kamboon, A., Orachon, B. 2006. Experimental Investigation of Hydrocarbon Mixtures to Replace HFC-134a in an Automotive Air Conditioning System, *Energy Conv. and Man.*, **47**, 1644–1659.
- Wongwises, S., Chimres, N. 2005. Experimental Study of Hydrocarbon Mixtures to Replace HFC-134a in a Domestic Refrigerator, *Energy Conv. and Man.*, **46**, 85–100.