



EFEK PENGGANTIAN R-134a OLEH R-1270 TERHADAP KINERJA SHOWCASE REFRIGERATOR

Kamin Sumardi*, Faras Windu Pambudi, Ega Taqwali Berman, Mutaufiq

Departemen Pendidikan Teknik Mesin
Universitas Pendidikan Indonesia,
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, 40154
*E-mail: kaminsumardi@upi.edu

Abstrak

Pemakaian R-134a sebagai fluida kerja pada showcase refrigerator harus dikurangi, karena ia berkontribusi pada peningkatan pemanasan global. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan data kinerja showcase refrigerator ketika menggunakan R-1270 sebagai fluida kerjanya. Penelitian ini menggunakan metode drop in substitute. Pengujian kinerja dilakukan dengan cara mengisi R-134a terlebih dahulu ke dalam sistem showcase refrigerator seberat 100 g untuk mendapatkan data *baseline*. Kemudian diganti oleh R-1270 dengan berbagai variasi beratnya, mulai 25 g, 30 g, dan 35 g. Waktu pengujian dilakukan selama 60 menit dan penjarangan data pada alat ukur dicatat setiap interval 4 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengisian R-1270 ke dalam sistem showcase refrigerator dengan berat 30 g menghasilkan kinerja terbaik dengan nilai COP 4.31. Oleh karena itu, untuk penggantian fluida kerja showcase refrigerator oleh R-1270 cukup mengisi 1/3 dari berat R-134a.

Kata kunci: hidrokarbon, show case refrigerator, refrigeran R-1270

PENDAHULUAN

Showcase refrigerator merupakan peralatan elektronik yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan makanan dan minuman. Temperatur penyimpanan di dalam kabin showcase refrigerator di desain pada suhu $1^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$. Pada umumnya konstruksi showcase sama seperti refrigerator domestik, hanya saja pintunya didesain dari bahan kaca transparan dengan tujuan untuk memudahkan orang melihat berbagai produk yang tersimpan di dalamnya. Alat ini bisa kita jumpai di supermarket, mini market, toko, restoran dan lain-lain. Sebagai mesin pendingin, fluida kerja yang dipakai adalah jenis HFC (*hydrofluorocarbons*) yaitu lebih dikenal dengan R-134a. Refrigeran ini merupakan zat sintetik kimiawi yang memiliki sifat termodinamika dan kimianya yang sangat baik. Namun bila HFC terlepas ke udara bebas akan berkontribusi secara signifikan terhadap dampak lingkungan dan perubahan iklim. Walaupun tidak merusak

ozon (ODP = Nol), tetapi dia memiliki potensi pemanasan global (GWP) yang tinggi (Raskar and Mutalikdesai, 2011).

Salah satu alternatif adalah mengganti refrigeran HFC ini dengan refrigeran alami, seperti hidrokarbon (HC). Ketersediaan HC ini ada secara alami, murah, dan dapat dipakai hampir setiap aplikasi mesin pendingin (Dalkilic and Wongwises, 2010). Selain itu, refrigeran HC memiliki ODP nol dan GWP yang sangat rendah. Hidrokarbon dapat digunakan dalam berbagai variasi yaitu komponen murni (zat tunggal), campuran antara hidrokarbon yang berbeda (HC + HC) dan campuran hidrokarbon dan halokarbon (HC + HFC) (Mohanraj, Jayaraj, and Muraleedharan, 2009). Kekurangan yang dimiliki oleh refrigeran HC yaitu potensi mudah terbakar dan risiko keamanan lainnya. Namun, kekurangan tersebut dapat diantisipasi dengan cara pengisian berat refrigeran yang minimal dan memasang bahan pelindung (isolasi) pada komponen tertentu di mesin pendingin (Abas, et. al., 2018).

Beberapa cara substitusi hidrokarbon tersedia dalam berbagai literatur. Cara pertama adalah *drop-in*, di mana refrigeran asli dikeluarkan dari sistem dan diganti dengan refrigeran alternatif lain. Kedua adalah retrofit, di mana refrigeran asli diganti dengan refrigeran alternatif yang sering kali disertai dengan penggantian oli dan material karena masalah kompatibilitas. Pada kedua cara substitusi tersebut, kinerja yang dihasilkan oleh mesin pendingin tidak akan sama dengan kondisi sebelumnya. Hal ini karena penggunaan kompresor dan komponen lainnya tidak di desain untuk hidrokarbon, kecuali jika kedua refrigeran memiliki sifat yang serupa. Upaya lain yang bisa dilakukan untuk mencapai kinerja yang setara adalah membuat sistem baru yaitu mengganti semua komponen asli dengan komponen yang dirancang khusus untuk refrigeran alternatif tersebut (Harby, 2017). Beberapa jenis HC yang sering dipakai sebagai refrigeran adalah propana (R-290), isobutana (R-600a), n-butana (R-600), dan propylene (R-1270) (Kamal, 2017).

R-1270 merupakan refrigeran hidrokarbon dengan istilah kimia C₃H₆. Karakteristiknya cocok untuk menggantikan refrigeran sintetis untuk sistem refrigerasi dan *air conditioning residential* (Park, Seo, and Jung, 2007). Kekuatan R-1270 adalah: tidak berbahaya bagi lapisan ozon (ODP=0) dan memiliki efek yang rendah terhadap pemanasan global, yaitu < 2. Indeks kapasitas dan CoP dari R-1270 lebih baik dari R-22 (Saleh and Wendland, 2006). Namun refrigeran ini belum banyak digunakan oleh

produsen refrigerator pada unit baru mereka. Hal ini karena ada kekhawatiran dari konsumen mengenai sifat mudah terbakar dari refrigeran hidrokarbon. Karakteristik ini sebenarnya tidak berbahaya jika refrigeran digunakan dengan prosedur yang benar. Hidrokarbon mudah terbakar jika berada bersama dua senyawa lain yang disebut segitiga api: hidrokarbon, udara, dan sumber api dalam jumlah tertentu. Jika salah satu dari ketiga faktor tersebut tidak tersedia, maka tidak terjadi kebakaran (Zhang, Yang, Li, Ren, and Lv, 2015). Berdasarkan penjelasan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data kinerja showcase refrigerator ketika menggunakan R-1270 sebagai fluida kerjanya.

METODE PENELITIAN

Metode yang dipakai pada penelitian adalah *drop in substitute*, yaitu penggantian refrigeran secara langsung tanpa diikuti penggantian komponen apapun dari unit showcase refrigerator. Pengujian dilakukan di lingkungan dengan suhu dan kelembaban yang dapat dikontrol. Sebagai tindakan keamanan selama pengujian, setiap bagian listrik disegel dan insulasi diperkuat menggunakan bahan yang dapat mengurangi risiko kebakaran dan ledakan. Gambar 1 menunjukkan alat uji yang dipakai untuk mengetahui data kinerja R-1270 sebagai fluida kerja showcase refrigerator menggantikan R-134a sebagai refrigeran asal. Spesifikasi dari showcase adalah merk GEA kapasitas 210 L. Alat ukur yang digunakan terdiri dari manifold gauge (Robin air), temperature sensor (Elitech) yang ditempatkan di dalam kabin showcase dan clamp meter (Krisbow) yang dipakai untuk mengukur nilai arus listrik.

Pengujian dilakukan dalam dua tahap untuk mengukur kinerja showcase refrigerator sebelum dan setelah penggantian refrigeran. Pada tahap pertama, fluida kerja yang dipakai adalah R-134a dengan pengisian berat 100 gram berdasarkan rekomendasi pabrik untuk mendapatkan data *baseline*. Kemudian pada tahap kedua menggunakan R-1270 dengan tiga variasi pengisian berat yaitu 25 gram, 30 gram, dan 35 gram. Waktu pengujian dilakukan selama 60 menit dan pencatatan data pengukuran setiap interval empat menit. Selanjutnya kinerja showcase refrigerator dari penggunaan R134a dan R-1270 dibandingkan dengan cara mengamati efek refrigerasi (RE), kalor kerja kompresi (WK) dan koefisien prestasi mesin (CoP). Efek refrigerasi, kalor kerja

kompresi, dan CoP showcase refrigerator dihitung menggunakan persamaan (1), (2), dan (3).

$$RE = h_1 - h_3 \quad (1)$$

$$WK = h_2 - h_1 \quad (2)$$

$$CoP = RE/WK \quad (3)$$

Dimana:

RE = Efek refrigerasi (kJ/kg)

Wk = Kerja kompresi (kJ/kg)

CoP = Koefisien prestasi mesin refrigerasi

h_1 = Enthalpy spesifik refrigeran ke luar evaporator (kJ/kg)

h_2 = Enthalpy spesifik refrigeran ke luar kompresor (kJ/kg)

h_3 = Enthalpy spesifik refrigeran masuk evaporator (kJ/kg)



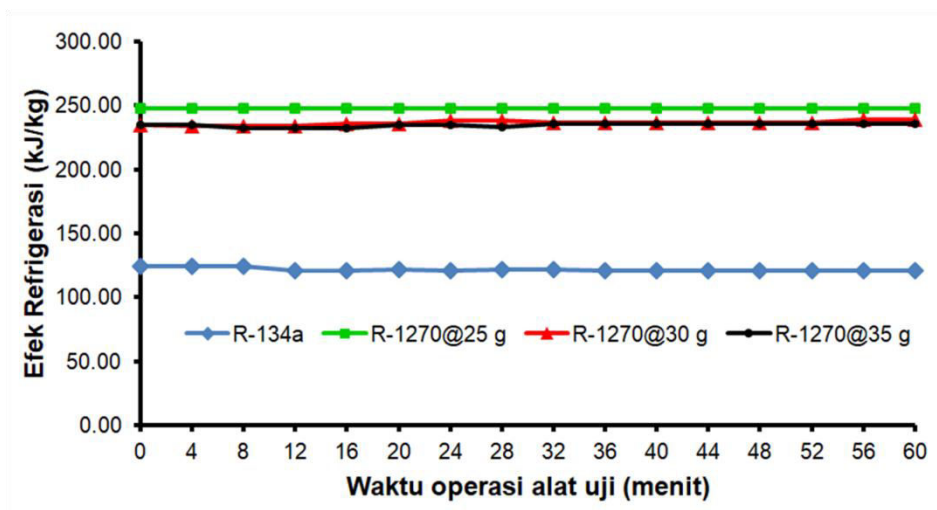
Gambar 1. Showcase refrigerator sebagai alat uji penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek refrigerasi (RE)

Efek refrigerasi pada sistem showcase refrigerator merupakan jumlah kalor yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator untuk setiap satu satuan massa refrigeran.

Nilai RE dihitung dengan mencari selisih dua nilai enthalpi (h) yaitu pada garis *saturated vapor* tekanan *suction* dan *saturated liquid* tekanan *discharge*. Nilai RE menunjukkan banyaknya kalor yang mampu diserap oleh refrigeran pada evaporator. Semakin banyak jumlah kalor dalam satuan kilo Joule (KJ) yang mampu diserap per satu kilogram refrigeran menunjukkan semakin baik proses evaporasi sistem tersebut. Pada Gambar 2 ditunjukkan perbandingan nilai RE dari penggunaan R-134a dan R-1270 pada showcase refrigerator. Pengujian dilakukan selama 60 menit waktu operasi mesin dan pencatatan data pengukuran dilakukan setiap empat menit.

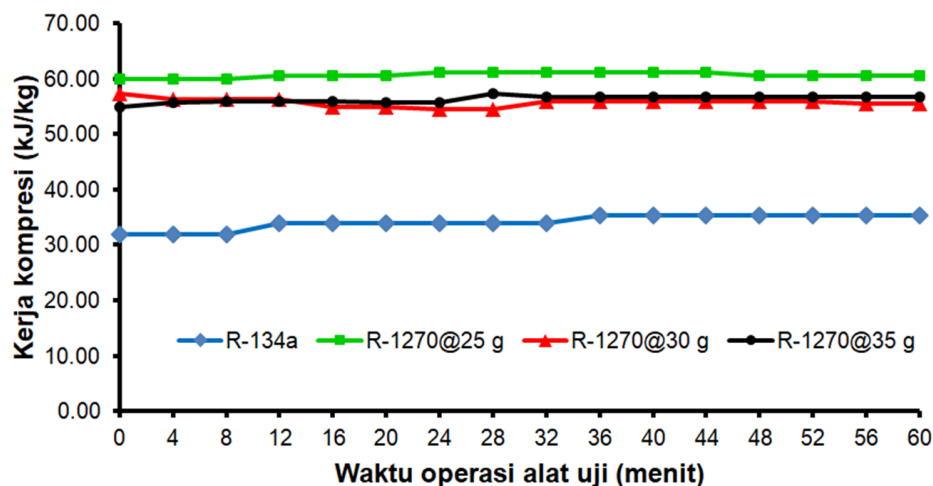


Gambar 2. Perbandingan RE dari R-134a dan R-1270 pada showcase refrigerator.

Secara umum perolehan RE pada penggunaan R-1270 untuk semua variasi pengisian berat refrigeran lebih tinggi daripada penggunaan R-134a. Di menit awal pengujian RE tertinggi sebesar 247,33 kJ/kg dicapai oleh R-1270@25 gram dan RE terendah sebesar 236 kJ/kg dicapai oleh R-1270@35 gram. Sampai akhir pengujian perolehan nilai RE untuk ketiga kategori pengisian R-1270 relatif konstan. Di lain pihak, nilai efek refrigerasi pada penggunaan refrigeran *baseline* (R134a) di awal pengujian adalah 124,12 kJ/kg. Kemudian turun secara perlahan hingga mencapai 120,74 kJ/kg di akhir waktu pengujian. Karena setiap refrigeran hidrokarbon memiliki nilai kalor laten yang tinggi, maka kemampuan refrigeran dalam menyerap kalor ruangan lebih baik dari pada refrigeran R-134a. Faktor lainnya yang menyebabkan efek refrigerasi tinggi pada penggunaan refrigeran hidrokarbon adalah aspek rasio yang lebih kecil dibandingkan pada refrigeran sintetik (Berman, Setiawan, Arifianto, and Mutaufiq, 2018).

Kerja kompresi (WK)

Pengujian dilakukan selama 60 menit mesin beroperasi dan pencatatan data pengukuran setiap interval empat menit. Gambar 3 menampilkan hasil kerja kompresi pada penggunaan R-134a dan R-1270 dengan tiga variasi pengisian berat refrigeran pada showcase refrigerator. Hasil kerja kompresi pada penggunaan R-1270 secara keseluruhan lebih tinggi dibandingkan *baseline*. Data menunjukkan, di awal pengujian kerja kompresi tertinggi dan terendah masing-masing dicapai oleh pengisian R-1270@25 gram dan R-1270@35 gram dengan nilai 60 kJ/kg dan 54,8 kJ/kg. Capaian hasil kerja kompresi di waktu akhir pengujian nilai tertinggi masih dicapai oleh R-1270@25 gram. Sedangkan hasil terendah mengalami perubahan yaitu dicapai oleh pengisian berat R-1270@30 gram. Sementara itu, hasil kerja kompresi pada pemakaian refrigeran *baseline* di awal dan akhir pengujian adalah sebesar 31,84 kJ/kg dan 35,22 kJ/kg. Perbandingan nilai kalor kerja kompresi tertinggi antara R-1270 dengan R-134a berkisar 71,8% dan 57,5% untuk perbandingan kerja kompresi terendah. Tingginya nilai kalor kompresi pada penggunaan refrigeran hidrokarbon ketika menggantikan refrigeran *baseline* karena density hidrokarbon lebih kecil. Sehingga terjadi peningkatan nilai enthalpy refrigeran di *inlet* dan *outlet* kompressor (Supriawan, Berman, Komaro, and Mutaufiq, 2018).



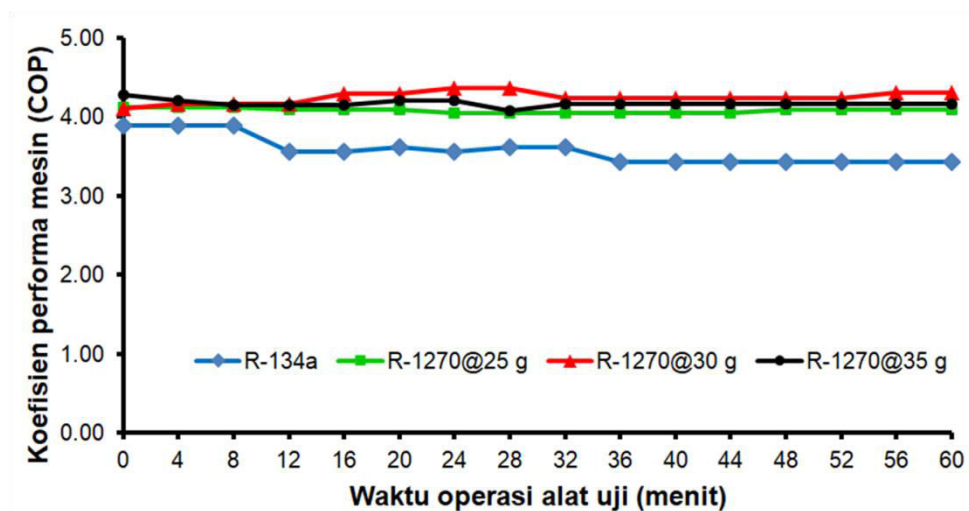
Gambar 3. Hasil kerja kompresi dari penggunaan R-134a dan R-1270 pada showcase

Koefisien prestasi mesin (CoP)

Di awal pengujian CoP yang dicapai pada showcase refrigerator yang menggunakan R-134a adalah 3,9. Gambar 4 menyajikan perbandingan koefisien

performa mesin (CoP) showcase refrigerator yang menggunakan R-134a dan R-1270 selama waktu operasi 60 menit. Sedangkan pada showcase refrigerator yang menggunakan R-1270 dengan variasi pengisian berat 25 gram, 30 gram, dan 35 gram di awal pengujian diperoleh CoP masing-masing sebesar 4,12, 4,10 dan 4,29. Selanjutnya nilai CoP mengalami perubahan secara fluktuatif untuk semua penggunaan refrigeran hingga akhir waktu pengujian. CoP final yang didapat pada akhir pengujian yaitu penurunan 12% untuk R134a, penurunan 0,85% untuk R-1270@25 gram, peningkatan 5,2% untuk R-1270@30 gram, dan penurunan 2,74% untuk R-1270@35 gram. Apabila dilakukan perbandingan CoP tertinggi pada R-1270 dengan refrigeran *baseline* maka akan diperoleh peningkatan CoP sebesar 25,83%. Hasil ini menegaskan bahwa penggunaan R-1270 pada pengisian berat refrigeran 30 gram menghasilkan kinerja yang lebih baik dari R-134a sebagai refrigeran asal.

Nilai CoP dipengaruhi oleh banyaknya kalor yang diserap oleh refrigeran ketika mengalir di evaporator (efek refrigerasi), dan hasil kerja kompresi yang dilakukan oleh kompresor saat memampatkan uap refrigeran bertekanan dan suhu rendah menjadi bertekanan dan suhu tinggi. Jika nilai efek refrigerasi besar dan nilai kerja kompresi kecil, maka CoP yang diperoleh akan besar. Semakin besar nilai efek refrigerasi dan semakin kecil nilai kerja kompresi maka nilai CoP yang diperoleh akan semakin baik (Berman, Hasan, and Mutaufiq, 2016).



Gambar 4. Perbandingan COP R-134a dan R-1270 pada showcase refrigerator

SIMPULAN

Penggunaan R-1270 pada showcase refrigerator dengan jumlah refrigeran yang disikan 30% dari R134a telah menghasilkan kinerja yang paling tinggi. R-1270 lebih hemat dan efisien dibandingkan dengan R-134a. Penggantian refrigeran *baseline* oleh R-1270 dengan metode *drop in substitute* dapat meningkatkan kinerja mesin dan meringankan pengisian berat refrigeran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abas, N., Kalair, A. R., Khan, N., Haider, A., Saleem, Z., and Saleem, M. S. (2018). Natural and synthetic refrigerans, global warming: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 557–569.
- Berman, E. T., Hasan, S., and Mutaufiq. (2016). Enhancing the performance of the domestic refrigerator with hot gas injection to suction line. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 128(1), 012028.
- Berman, E. T., Setiawan, A., Arifianto, E. S., and Mutaufiq. (2018). Evaluation of performance an air conditioning systems using t-junction flash gas refrigeran. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288(1), 012064.
- Dalkilic, A. S., and Wongwises, S. (2010). A performance comparison of vapour-compression refrigeration system using various alternative refrigerans. Harby, K. (2017). Hydrocarbons and their mixtures as alternatives to environmental unfriendly halogenated refrigerans: An updated overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 1247–1264.
- Kamal, N. (2017). Design of Domestic refrigerator using Propylene (R1270) as refrigeran, *02(04)*, 14–18.
- Mohanraj, M., Jayaraj, S., and Muraleedharan, C. (2009). Environment friendly alternatives to halogenated refrigerans-A review. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 3(1), 108-119.
- Park, K. J., Seo, T., and Jung, D. (2007). Performance of alternative refrigerans for residential air-conditioning applications. *Applied Energy*, 84(10), 985–991.
- Raskar, S. V., and Mutalikdesai, S. V. (2011). A Review of Hydroflorocarbons (HFC'S) Refrigerans as an Alternative to R134a Refrigeran. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 6(5), 1596–1600.
- Saleh, B., and Wendland, M. (2006). Screening of pure fluids as alternative refrigerans. *International Journal of Refrigeration*, 29(2), 260–269.
- Supriawan, D., Berman, E. T., Komaro, M., and Mutaufiq. (2018). Expansion Parallel Liquid Refrigeran on A Vapor Compression Systems with R-290. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288(1), 012051.
- Zhang, W., Yang, Z., Li, J., Ren, C. X., and Lv, D. (2015). Study of the explosion characteristics and combustion products of air conditioner using flammable refrigerans. *Journal of Fire Sciences*, 33(5), 405–424.