

PENGARUH BEBAN PENDINGINAN TERHADAP TEMPERATUR SISTEM RESIDENTIAL AIR CONDITIONING HIBRIDA DENGAN KONDENSOR DUMMY TIPE TROMBONE COIL MENGGUNAKAN REFRIGERAN HIDROKARBON

Thalal¹, Azridjal Aziz², Rahmat Iman Mainil³

Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12.5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

¹thalal.me01@yahoo.com, ²azridjal@yahoo.com, ³rahmat.iman@gmail.com

Abstract

An experimental study in the hybrid air conditioning machine as air conditioner and water heater by retrofitting R-22 with hydrocarbon refrigerant (HCR-22) have been investigated. Drop-in experiments were carried out without any modification on the system. The system has been tested by varying the internal heat load 0, 1000, 2000, and 3000 W for residential cooling load simulation. The measurements taken during two hour experimental periods at 5 minutes interval times for temperature set point of 19°C. Temperature of the system is the objective of this research. The result shows refrigerant temperature of HCR-22 lower than R-22 because differences of compressor discharge pressure. Temperature discharge decrease between 16.22-24.02 °C. For conditioned room, room temperature in every internal heat load was relative same. And water temperature in 50 L storage are 46.58-48.81 °C.

Keywords : Hybrid Air Conditioning, Dummy Condenser, Hydrocarbon Refrigerant HCR-22, Cooling Load.

1. Pendahuluan

Mesin refrigerasi adalah salah satu jenis mesin konversi energi, dimana sejumlah energi dibutuhkan untuk menghasilkan efek pendingin. Di sisi lain, panas dibuang oleh sistem ke lingkungan untuk memenuhi prinsip-prinsip termodinamika agar mesin dapat berfungsi. Bertolak dari kasus ini, maka berbagai usaha telah dilakukan untuk mengembangkan suatu sistem yang menggunakan prinsip refrigerasi dan pompa kalor dalam satu mesin. (Aziz *et al*, 2010).

Mesin refrigerasi hibrida ini tentu saja memiliki keunggulan dan kekurangan. Salah satu yang merupakan keunggulannya adalah peningkatan efisiensi energi, tetapi karena kedua sisinya sudah dimanfaatkan maka diharapkan tidak mempengaruhi proses di sisi yang lainnya. Untuk tujuan ini maka mesin refrigerasi hibrida umumnya dilengkapi dengan komponen *dummy* (Ambarita, 2001).

Hydrochlorofluorocarbons-22 (HCFC-22) atau R-22 adalah refrigeran

yang paling umum digunakan pada pengkondisian udara tipe split. Dampak negatif dari HCFC adalah perusakan lapisan ozon dan pemanasan global. (Nasution *et al*, 2012).

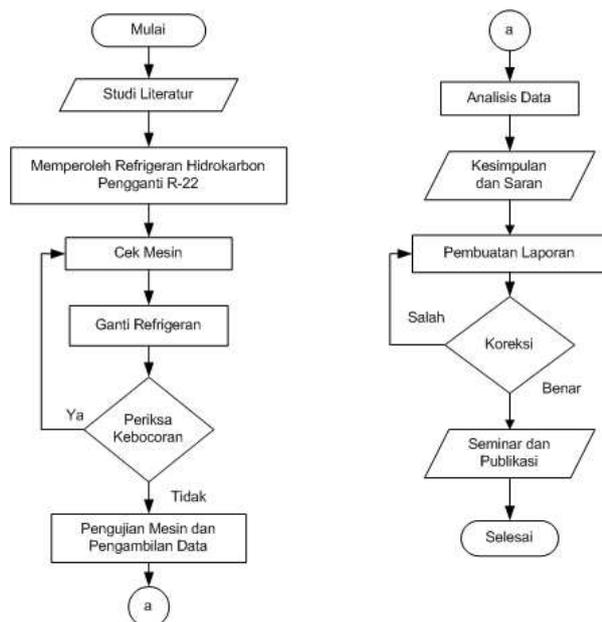
Nasution dan latiff (2012), menggunakan refrigeran hidrokarbon HCR-22 untuk menggantikan R-22 pada *residential air-conditioning and heat pumps*, hasil studi eksperimental menunjukkan COP sistem refrigerasi menggunakan HCR-22 naik 2.84-11.98% dibanding R-22, konsumsi listrik sistem dengan HCR-22 lebih hemat hingga 15.14% dibanding menggunakan R-22. Park *et al* (2009), menggunakan refrigeran hidrokarbon R432A untuk menggantikan R-22 pada AC tipe split, hasil studi eksperimental menunjukkan temperatur sisi tekan *discharge* turun 14.1-17.3°C. Penelitian juga dilakukan oleh Rahman *et al* (2012), Aziz (2009), Aziz *et al* (2010), Farraj *et al* (2012), Bolaji *et al* (2013), Alhamid *et al* (2013), hasilnya menunjukkan penggunaan refrigeran

hidrokarbon meningkatkan COP dan penurunan daya kompresor. Penggantian refrigeran dilakukan tanpa modifikasi pada sistem (*drop in substituties*).

Bhima (2014), studi eksperimental pada *residential air conditioning* hibrida dengan kondensor *dummy* tipe *trombone coil* menggunakan refrigeran R-22, hasilnya menunjukkan dengan temperatur refrigeran 83.2°C selama 120 menit pengujian menghasilkan temperature air panas 64.33°C pada beban 3000 Watt. Maka melihat kesempatan ini, dilakukan studi eksperimental dengan penggantian refrigeran R-22 dengan HCR-22 secara *drop in* pada mesin tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh beban pendingin terhadap temperatur sistem pengkondisian udara hibrida dengan kondensor *dummy* tipe *trombone coil* menggunakan refrigeran hidrokarbon HCR-22.

2. Metode

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental dengan mengganti refrigeran R-22 pada sistem *residential air conditioning* hibrida dengan refrigeran hidrokarbon HCR-22 secara *drop in substituties*. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



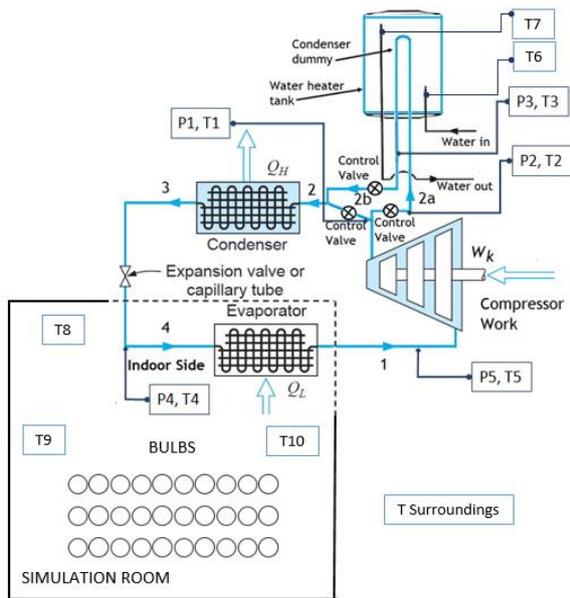
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Skema diagram alat uji diperlihatkan pada Gambar 2. Mesin AC sebenarnya menggunakan refrigeran R-22 sebagai fluida kerja, dengan daya kompresor 680 Watt.

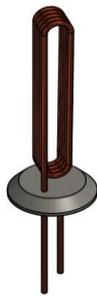
Refrigeran dikeluarkan dari sistem menggunakan mesin *refrigerant recovery*. Selanjutnya sistem divakum dan dilakukan penambahan oli dengan viskositas 4GS. Penggantian refrigerant R-22 dengan HCR-22 dilakukan tanpa perubahan komponen pada sistem (*drop in substituties*) menggunakan timbangan massa refrigeran. Temperatur sistem diukur pada 8 titik sensor yang terpasang pada permukaan pipa instalasi AC menggunakan TC-08 Thermocouple data logger. Tekanan diukur menggunakan *pressure gauge* pada 5 titik pengukuran.

Data yang diambil dalam setiap pengujian adalah sebagai berikut :

1. Temperatur Kompresor *out* (T_1).
2. Temperatur Kondensor *dummy in* (T_2).
3. Temperatur Kondensor *dummy out* (T_3).
4. Temperatur Evaporator *in* (T_4).
5. Temperatur Evaporator *out* (T_5).
6. Temperatur Air Masuk (T_6).
7. Temperatur Air Keluar (T_7).
8. Temperatur Ruang uji (T_8).
9. Temperatur Ruang uji (T_9).
10. Temperatur Ruang uji (T_{10}).
11. Temperatur Lingkungan.
12. Tekanan Kompresor *out* (P_1).
13. Tekanan Kondensor *dummy In* (P_2).
14. Tekanan Kondensor *dummy Out* (P_3).
15. Tekanan Evaporator *in* (P_4).
16. Tekanan Evaporator *out* (P_5).



Gambar 2. Diagram Skematis Air Conditioning Water Heater (Aziz et al, 2014)



Gambar 3. Kondensur Dummy Tipe Trombone Coil Sebagai Water Heater (Bhima, 2014)



Gambar 4. Foto Alat Uji Residential Air Conditioning Hibrida sebagai Mesin Pengkondisian Udara dan Water Heater

Ruangan uji berukuran 2.26x1.75x2m (panjangxlebarxtinggi) dilengkapi dengan 30 buah lampu pijar 100 Watt, variasi

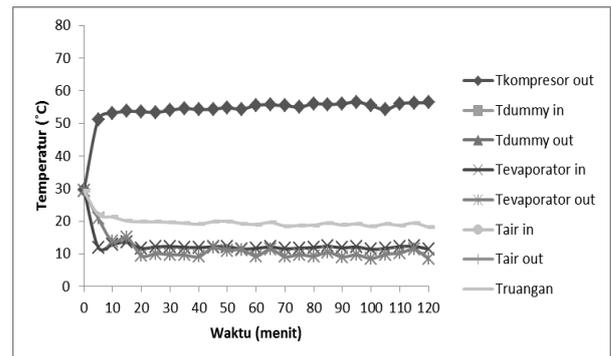
beban pendinginan diberikan 0, 1000, 2000, dan 3000 W di ruangan simulasi. Termostat evaporator di atur pada pendinginan maksimum. Temperatur ruangan selama pengujian dijaga pada 19°C.

3. Hasil dan Pembahasan

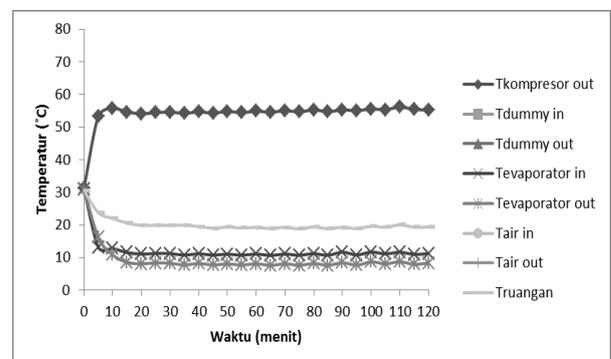
➤ Pengujian AC Standar

Pengujian AC Standar dilakukan dengan membuka katup 2 dan menutup katup 2a dan 2b. Sehingga refrigeran keluar kompresor tidak mengalir melewati kondensur *dummy* melainkan langsung menuju kondensur utama untuk pembuangan kalor ke lingkungan.

Pada pengujian AC Standar sistem mencapai keadaan *steady* setelah 20 menit. Pada pengujian tanpa beban pendinginan temperatur rata-rata refrigeran masuk dan keluar kompresor setelah 20 menit adalah 9.95 °C dan 54.79 °C.

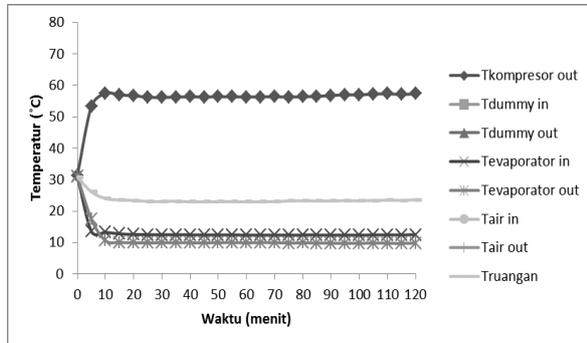


Gambar 5. Grafik Temperatur AC Standar Tanpa Beban Pendinginan



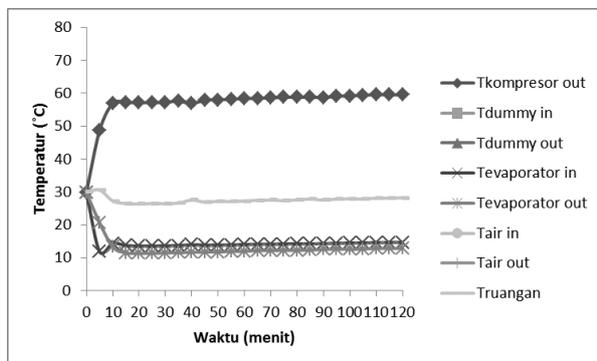
Gambar 6. Grafik Temperatur AC Standar dengan Beban Pendinginan 1000 W

Pada beban pendinginan 1000 W temperatur refrigeran rata-rata masuk dan keluar kompresor adalah 54.90 °C dan 8.06 °C. Ruangan berada pada temperatur rata-rata 19.33 °C.



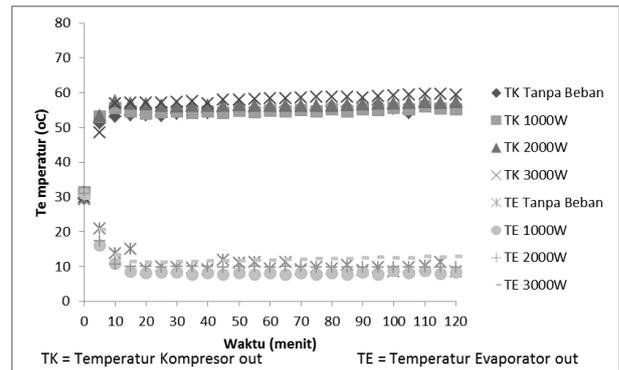
Gambar 7. Grafik Temperatur AC Standar dengan Beban Pendinginan 2000 W

Pada beban pendinginan 2000 W temperatur refrigeran rata-rata masuk dan keluar kompresor adalah 56.67 °C dan 9.86 °C. Ruangan berada pada temperatur 23.16 °C.



Gambar 8. Grafik Temperatur AC Standar dengan Beban Pendinginan 3000 W

Pada beban pendinginan 3000 W temperatur refrigeran rata-rata masuk dan keluar kompresor adalah 58.47 °C dan 12.17 °C. Ruangan berada pada temperature 27.43 °C.



Gambar 9. Grafik Temperatur Kompresor AC Standar pada Setiap Beban Pendinginan

Temperatur refrigeran masuk dan keluar kompresor maksimum pada AC Standar ditunjukkan oleh Gambar 8. Temperatur maksimum refrigeran pada beban pendinginan 0,1000, 2000, dan 3000 berturut-turut adalah 56.54°C, 56.12°C, 57.30°C, dan 59.56°C. Temperatur refrigeran mengalami kenaikan setiap penambahan beban pendinginan, hal ini disebabkan kalor yang diserap sistem untuk dibuang ke lingkungan juga semakin banyak. Pada AC Standar temperatur refrigeran ini dibuang ke lingkungan melalui kondensor.

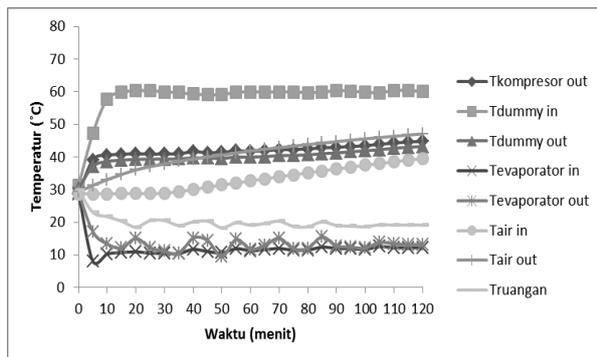
Ada beda tekanan pada sisi tekan (*discharge*) kompresor R-22 dengan HCR-22, tekanan *discharge* R-22 lebih tinggi. Adanya beda tekana ini juga akan meunjukkan penurunan temperatur refrigeran. Temperatur refrigeran maksimum R-22 pada setiap beban pendinginan berturut-turut adalah 75.91°C, 73.01°C, 77.64°C, dan 79.77°C. Jika dibandingkan dengan temperatur refrigeran HCR-22 maka terjadi penurunan temperatur antara 16.89-20.34 °C.

Refrigeran HCR-22 bekerja pada tekanan yang lebih rendah dibandingkan R-22, namun kapasitas pendinginan relatif sama, dimana temperatur ruangan yang dicapai menggunakan refrigeran HCR-22 dan R-22 pada setiap beban pendinginan relatif sama.

➤ Pengujian ACWH

Pengujian AC dengan kondensor dummy dilakukan dengan menutup katup 2 dan membuka katup 2a dan 2b, sehingga refrigeran keluar kompresor sekarang akan melewati kondensor *dummy* terlebih dahulu sebelum masuk ke kondensor utama. Refrigeran yang melewati kondensor dummy berfasa uap super lanjut, sehingga temperturnya relatif tinggi, refrigeran bertemperatur tinggi inilah yang dimanfaatkan untuk memanaskan air di dalam *water storage* melalui proses *heat transfer*.

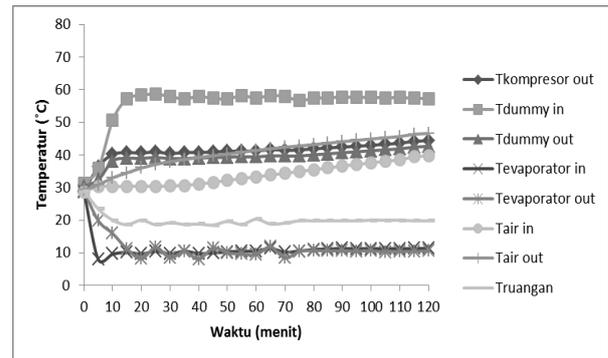
Pembukaan katup 2a dan 2b berarti sistem telah diubah menjadi sistem AC hibrida sebagai mesin pengkondisi udara dan pemanas air, atau disebut juga *Air Conditioning and Water Heater (ACWH)*. Karena coil pemanas yang digunakan adalah tipe *trombone coil* maka mesin ini juga disebut *ACWH Trombone Coil*.



Gambar 10. Grafik Temperatur ACWH Tanpa Beban Pendinginan

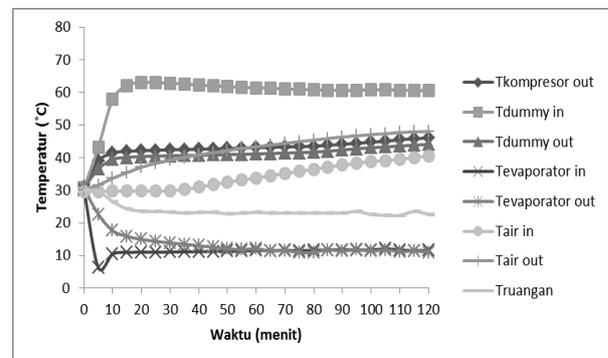
Sama seperti AC Standar, sistem ACWH mencapai kondisi *steady* dalam waktu 20 menit. Pada kondensor dummy terjadi perpindahan panas dari refrigeran keluar kompresor yang bertemperatur rata-rata 59.85°C ke fluida air yang ada pada tangki air sehingga temperatur air setelah 120 menit pengujian naik dari 29.50°C hingga 47.04 °C. Sedangkan temperatur refrigeran keluar kondensor *dummy* adalah 40.76 °C, selanjutnya refrigeran akan masuk ke kondensor untuk pelepasan panas ke lingkungan. Ruangan berada pada temperatur 19.39°C, dan temperatur

refrigeran masuk kompresor adalah 12.85°C.



Gambar 11. Grafik Temperatur ACWH dengan Beban Pendinginan 1000 W

Pada pengujian ACWH dengan beban pendinginan 1000 Watt temperatur rata-rata refrigeran setelah kondisi *steady* adalah 57.59 °C. Temperatur air setelah 120 menit adalah 46.58 °C. Temperatur refrigeran keluar kondensor *dummy* adalah 40.20 °C. Ruangan berada pada temperature 19.45 °C, dan temperature keluar evaporator adalah 10.22 °C.

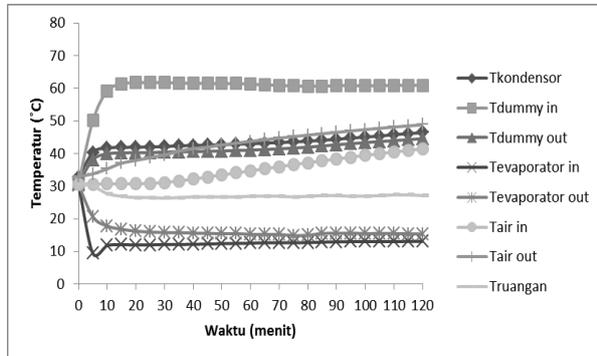


Gambar 12. Grafik Temperatur ACWH dengan Beban Pendinginan 2000 W

Saat beban pendinginan 2000 Watt temperatur refrigeran masuk dan keluar kondensor *dummy* adalah 61.33 °C dan 41.84 °C. Temperatur air setelah 120 menit pengujian adalah 47.99 °C. Ruangan berada pada temperatur 23.00 °C, dan temperatur keluar evaporator adalah 11.97 °C.

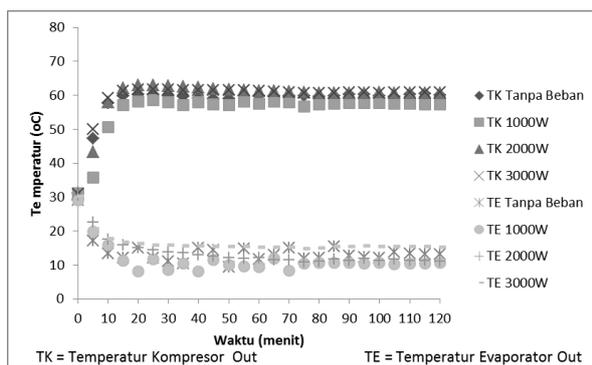
ACWH dengan beban pendinginan 3000 W menghasilkan temperatur refrigeran rata-rata masuk dan keluar

kondensor *dummy* sebesar 61.08 °C dan 41.96 °C. Temperatur air setelah 120 menit pengujian adalah 48.81 °C. Ruangan berada pada temperatur 26.68 °C dan temperature keluar evaporator adalah 15.44°C.



Gambar 13. Grafik Temperatur ACWH dengan Beban Pendinginan 3000 W

Semakin besar beban pendinginan berarti semakin banyak kalor yang harus dibuang oleh sistem AC ke lingkungan. Penyerapan kalor dilakukan oleh refrigeran bertemperatur rendah yang melewati evaporator. Temperatur refrigeran keluar evaporator menuju kompresor meningkat dengan beban pendinginan yang lebih besar. Selanjutnya kompresor menekan refrigeran sehingga tekanan dan temperatur refrigeran meningkat.



Gambar 14. Grafik Temperatur Kompresor ACWH pada Setiap Beban Pendinginan

Temperatur refrigeran masuk dan keluar kompresor maksimum pada ACWH ditunjukkan oleh Gambar 16. Temperatur

maksimum refrigeran HCR-22 pada beban pendinginan 0,1000, 2000, dan 3000 berturut-turut adalah 60.38°C, 58.63°C, 62.99°C, dan 61.73°C. Sedangkan temperatur refrigeran R-22 adalah 81.37°C, 82.65°C, 79.21°C, dan 83.20°C. Penurunan temperatur *discharge* adalah 16.22-24.02 °C.

Perolehan temperatur air akibat pemanasan oleh kondensor *dummy* setelah 120 menit pengujian mengalami kenaikan di setiap kenaikan beban pendinginan. Temperatur air maksimum HCR-22 dan R-22 diperoleh saat pemberian beban pendinginan 3000 W yaitu berturut-turut 48.81 °C dan 64.33 °C.

Temperatur air yang diperoleh menggunakan HCR-22 lebih rendah dibandingkan R-22, hal ini disebabkan tekanan dan temperatur refrigeran HCR-22 yang masuk ke kondensor *dummy* juga lebih rendah, sehingga perpindahan panas yang terjadi lebih sedikit dibandingkan R-22 untuk kapasitas *water storage* yang sama.

Penambahan kondensor *dummy* menyebabkan kenaikan 2.61-4.77 °C pada temperatur *discharge* kompresor, dapat dikatakan perbedaan temperatur tidaklah signifikan.

Kelebihan lain sistem ACWH adalah tidak hanya memperoleh air panas, temperatur panas buang di kondensor juga diturunkan.

Pada ACWH refrigeran keluar kompresor yang berfase uap superlanjut terlebih dahulu diblokkan ke kondensor *dummy* sebelum menuju kondensor utama. Di kondensor *dummy* terjadi perpindahan panas dari refrigeran ke air di dalam tangki karena adanya beda temperatur, temperatur air mengalami kenaikan dan temperatur refrigeran mengalami penurunan sehingga panas buang kondensor ke lingkungan lebih rendah, sedangkan air panas dapat digunakan untuk keperluan mandi dan cuci tangan.

4. Simpulan

Adapun simpulan dari penelitian ini adalah temperatur sistem AC menggunakan HCR-22 lebih rendah dibandingkan R-22 karena adanya beda tekanan *discharge* kompresor. Penurunan temperatur *discharge* adalah 16.22 - 24.02°C, sehingga air panas yang diperoleh lebih rendah. Temperatur ruang yang didinginkan relatif sama.

Pada setiap penambahan beban pendinginan temperatur refrigeran meningkat karena kalor yang diserap untuk dibuang ke lingkungan lebih banyak sehingga perolehan air panas juga lebih tinggi. Perolehan air panas dari sistem ACWH menggunakan refrigeran HCR-22 adalah 46.58-48.81 °C.

Daftar Pustaka

- Alhamid, Idrus., Nasruddin, dkk. 2013. Characteristics and COP Cascade Refrigeration System Using Hydrocarbon Refrigerant (Propane, Ethan and CO₂) at Low Temperature Circuit (LTC). *International Journal of Technology* : ISSN 2086-9614.
- Ambarita, Himsar. 2001. Perancangan dan Simulasi Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Hibrida dengan Refrigeran HCR-12 sebagai Pengganti R-12 yang Sekaligus Bertindak sebagai Mesin Refrigerasi pada Lemari Pendingin (*Cold Storage*) dan Pompa Kalor pada Lemari Pengereng (*Drying Room*). Tesis Pascasarjana. Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana ITB.
- Aziz, Azridjal. 2009. Studi Eksperimental Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R-22 pada Kondisi Transient. *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 6 No. 2 ISSN 1829-8958.
- Aziz, A dan Rosa, Y. 2010. Performansi Sistem Refrigerasi Hibrida Perangkat Pengkondisian Udara Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R-22. *Jurnal Teknik Mesin* Vol.7 No.1 ISSN 1829-8958.
- Aziz, A dan Bhima, Arya.S. 2014. Performance of Air Conditioning Water Heater with TromboneCoil Type as Dummy Condenser at Different Cooling Loads. Proc.1st International Society of Ocean, Mechanical and Aerospace Scientists and Engineers. Indonesia. pp (2014) : 2 4 4 3- 17 1 0.
- Bhima, Arya.S. 2014. Performansi Mesin Pengkondisian Udara Hibrida dengan Kondensor *Dummy* Tipe *Trombone Coil* sebagai *Water Heater*. Skripsi Sarjana. Program Studi Sarjana Teknik Mesin UR.
- Bolaji, Bukola., dan Huan, Zhongjie. 2013. Thermodynamic Analysis of Hydrocarbon Refrigerant in A Sub-Cooling Refrigeration System. *Journal of Engg. Research* Vol.1-(1) June 2013 pp. 317-333,2013
- Farraj, Anas., Abu, Mohammad., dkk. 2012. Experimental Study of Powered Air Conditioning Unit Using Drop-In Carbon Mixture to Replace R-22. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering* : ISSN 1995-6665.
- Nasution, H., Abdul, Z., Abdul, A., dan Rozi, M. 2012. Retrofitting R-22 Split Type Air Conditioning With Hydrocarbon (HCR-22) Refrigerant. *The 5th IMAT* : IMAT-UI 007.
- Park, K, Shim, Y dan Jung D. 2009. Experimental Performance of R432A to replace R22 in Residential Air-Conditioners and

Heat Pumps. *International Journal of Applied Thermal Engineering* 29(2009) 597-600.

Rahman, M., dan Rahman, Y. 2012. Hydrocarbon as Refrigerant for Domestic Air Conditioner : A Comparative Study Between R-22

and R290. Elixir *International Journal Thermal Engg.* 53 11976-11979 IISSN : 2229-712XBejan, Adrian, George Tsatsaronis, Michael Moran. 1996. *Thermal Design and Optimization*. New york : A Willey- Interscience Publication.