

## ANALISIS KINERJA AIR CONDITIONING SEKALIGUS SEBAGAI WATER HEATER (ACWH)

**Azridjal Aziz, Herisiswanto, Hardianto Ginting, Noverianto Hatorangan, Wahyudi Rahman**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau

E-mail: azridjal@yahoo.com

### Abstrak

Air Conditioning (AC) umumnya digunakan untuk mendapatkan kenyamanan termal dalam beraktifitas di ruangan. Pada saat digunakan, kalor yang diserap di evaporator (*indoor unit*) dibuang di kondensor (*outdoor unit*) tanpa dimanfaatkan sama sekali. Panas buang di kondensor ini kalornya cukup besar, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air sekaligus dapat menaikkan kinerja sistem AC. Penggunaan AC untuk mendapatkan kenyamanan termal dan sekaligus untuk memanaskan air di kondensor *dummy*, dikenal sebagai *Air Conditioning Water Heater (ACWH)*. Penggunaan AC sebagai ACWH akan mempengaruhi kinerja sistem AC secara keseluruhan, sehingga perlu dilakukan analisis kinerja sistem AC sebagai ACWH. Hasil pengujian menunjukkan bahwa: daya pendinginan di ruangan turun sekitar 5,64% - 7,8%, namun penurunan ini diimbangi dengan naiknya COP sistem AC sebesar 32%, dengan manfaat air panas yang diperoleh sebesar 30% dibandingkan terhadap daya pendinginan, dan dapat menghemat energi listrik untuk pemanasan 50 L air sebesar 1,21 kW, dimana daya yang digunakan untuk menggerakkan kompresor yang cenderung tetap sebesar 0,67 kW. Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan ACWH tidak mempengaruhi kinerja sistem AC secara keseluruhan dan memberikan manfaat tambahan sebagai pemanas air.

**Kata kunci:** *water heater, air conditioning, kondensor dummy, evaporator, outdoor unit*

### Pendahuluan

Penggunaan *Air Conditioning* sekaligus sebagai *Water Heater (ACWH)* untuk mendapatkan kenyamanan termal dan air panas digunakan pertama kali sekitar tahun 1950-an. Pada masa awal penggunaan ACWH, keandalannya kurang dan membutuhkan biaya pemeliharaan tinggi. Akibat krisis minyak bumi tahun 1970-an, untuk meningkatkan efisiensi energi, penggunaan ACWH mengalami perkembangan pesat (E.F. Gorzelnik, 1977). Pesatnya penggunaan ACWH, karena biaya listrik yang cukup besar untuk kebutuhan pemanasan dapat dihemat, karena daya pemanasan yang didapatkan dari kondensor jauh lebih besar dari daya listrik yang digunakan untuk menggerakkan kompresor yang akan menghasilkan daya pemanasan di kondensor tersebut. Dalam 20 tahun terakhir, berbagai penelitian telah dilakukan untuk merancang ACWH dengan kehandalan tinggi dan kepraktisan dalam penggunaannya, dan banyak produsen mulai beralih dan menawarkan ACWH didasarkan pada pelestarian lingkungan dan penghematan energi. Di Afrika Selatan, ACWH telah memperoleh 16% pangsa pasar untuk pemanas air komersial (Fei Liu dkk, 2008).

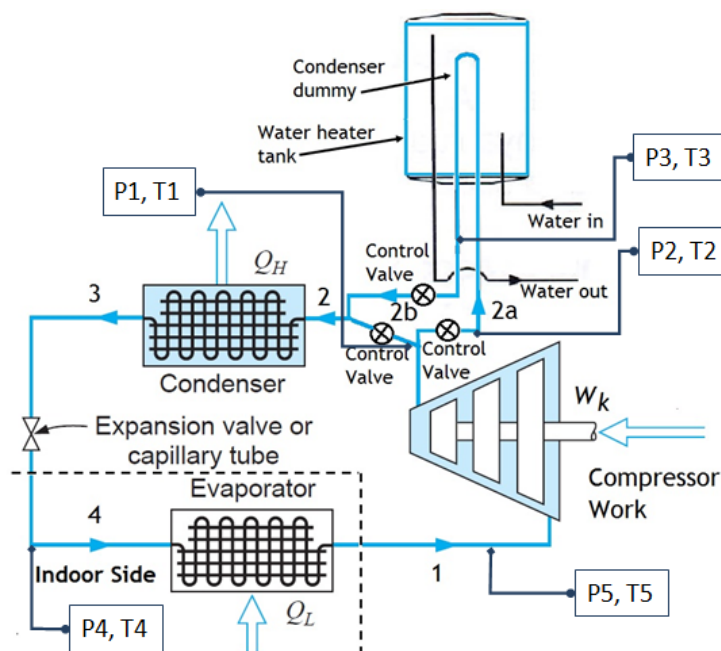
Secara termodinamika, sistem AC yang bekerja dengan siklus kompresi uap (SKU) akan mengambil/menyerap kalor di ruangan yang dikondisikan (evaporator/*indoor unit*) pada temperatur dan tekanan rendah refrigeran (zat pendingin) dan membuang kalor tersebut pada temperatur dan tekanan tinggi refrigeran ke luar ruangan melalui *outdoor unit* dengan bantuan kompresor, kemudian refrigeran akan kembali ke indoor unit mengambil kalor di ruangan pada temperatur dan tekanan rendah setelah melewati sebuah katup ekspansi. Proses pendinginan ini akan berlangsung terus-menerus dalam SKU, sehingga kenyamanan termal akan tercapai. Ditinjau dari keseimbangan termodinamikanya, daya pemanasan dari kalor yang dibuang di kondensor (*outdoor unit*) besarnya adalah sebesar daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor ditambah daya pengambilan/ penyerapan kalor yang dihasilkan di evaporator (*indoor unit*). Kalor yang dibuang percuma di kondensor ke lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai pemanas air (*water heater*) untuk berbagai keperluan air panas seperti di rumah, hotel, klinik dan rumah sakit.

Penelitian tentang pemanfaatan AC sebagai pemanas air (ACWH) telah banyak dilakukan. Pemakaian AC domestik sebagai pemanas air yang terintegrasi dengan sistem AC untuk iklim subtropis sekaligus yang dapat berfungsi sebagai pompa kalor maupun sebagai pemanas air telah dilakukan oleh Jie Ji dkk, 2003, Jie Ji dkk, 2005, serta Fei Liu dkk, 2008. Mehmet Yilmaz, 2003, telah melakukan analisis kinerja pompa kalor kompresi uap menggunakan refrigeran campuran zeotropik untuk mengetahui karakteristik efisiensi pompa kalor berdasarkan hukum kedua termodinamika. Pada penggunaan AC sebagai pemanas air, temperatur air dalam tangki dapat

meningkat dari 25°C menjadi 42°C dan bersamaan dengan itu temperatur evaporator turun dari 27°C menjadi 17 °C selama 7 menit (M. M. Rahman, 2007). Hasil penelitian Jie Ji dkk, 2005, diperoleh bahwa performansi sistem pompa kalor domestic multi fungsional akan memberikan energi yang lebih baik dan menghasilkan polusi termal yang lebih sedikit. Penggunaan AC sekaligus sebagai *water dispenser* telah dilakukan oleh U. V. Kongre dkk, 2013, pemanfaatan AC sebagai ACWH akan memberikan efisiensi dan meningkatkan COP sistem. Penggunaan AC sekaligus sebagai pemanas air, akan memberikan karakteristik dan kinerja yang berbeda jika dibandingkan hanya sebagai AC standar. Pada penelitian ini dilakukan analisis kinerja AC yang sekaligus sebagai pemanas air atau ACWH, sehingga penggunaan AC sekaligus sebagai pemanas air dapat diterapkan pada AC baru maupun AC yang sudah digunakan.

### Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental dari sebuah alat uji sistem AC yang telah dimodifikasi dengan menambahkan sebuah kondensor dummy yang ditempatkan di dalam sebuah tangki air berkapasitas 50L. AC yang digunakan adalah AC tipe *low Watt* 1PK dengan daya 670W, dengan kapasitas pendinginan 8.900 Btu/h. Diagram skematik ACWH yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1., alat uji yang digunakan pada penelitian ini sama dengan alat uji yang digunakan dalam penelitian sebelumnya (Azridjal dkk, 2013). Katup kontrol digunakan untuk mengatur dua fungsi sistem AC. AC akan berfungsi sebagai AC standar jika katup 2a dan katup 2b ditutup kemudian katup 2 dibuka. Sebaliknya, AC akan berfungsi sekaligus sebagai pemanas air atau ACWH jika katup 2 ditutup dan katup 2a dan katup 2b dibuka. Alat ukur tekanan dan temperatur ditempatkan pada titik 1, 2, 3, 4 dan 5 seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram skematik alat uji ACWH (Azridjal dkk, 2013)

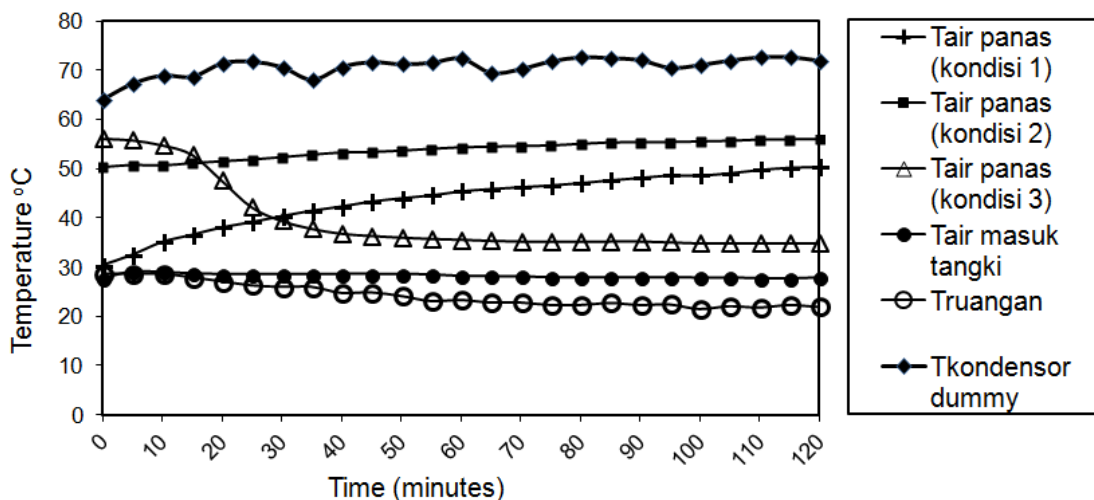
### Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, untuk mengetahui kinerja AC yang sekaligus sebagai pemanas air (ACWH) pengujian dilakukan dalam empat jenis kondisi pengujian. Setiap kondisi dilakukan selama 120 menit dan pengambilan data dilakukan setiap 5 menit. Berikut empat kondisi pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Kondisi 1, kondisi penggunaan kondensor *dummy* untuk pemanasan air (*transient*) sebagai ACWH
2. Kondisi 2, merupakan lanjutan kondisi 1 untuk pemanasan air menuju kondisi stedi, sebagai ACWH.

3. Kondisi 3, kondisi penggunaan air panas hasil kondisi 2, sebagai ACWH.
4. Kondisi 4, kondisi tanpa penggunaan kondensor *dummy*, sebagai AC standar.

Temperatur air panas di dalam tangki setelah pengoperasian ACWH selama 120 menit berturut-turut untuk data temperatur setiap 5 menit pada kondisi 1, kondisi 2 dan kondisi 3, dapat dilihat pada Gambar 2.



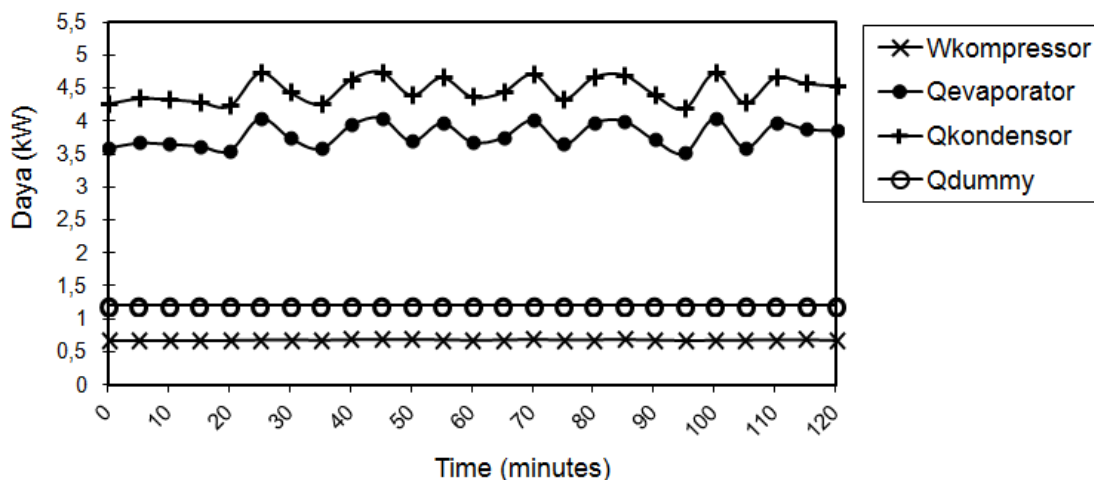
Gambar 2. Distribusi temperatur pada ACWH pada berbagai kondisi

Temperatur rata-rata air masuk tangki air panas dan temperatur air di dalam tangki sebelum ACWH dioperasikan adalah 28,23°C. Pada kondisi 1 (kondisi transient), ACWH dioperasikan selama selama 120 menit temperatur air naik menjadi 50,42°C (naik sekitar 22,19°C). Pemanasan dilanjutkan pada kondisi 2 selama 120 menit (kondisi menuju stedi), sehingga temperatur air naik menjadi 56,11°C. Tampak bahwa kenaikan temperatur air pada kondisi 2 selama 120 menit hanya sekitar 5,69°C, dibandingkan dengan kondisi 1 kenaikan ini sangat rendah, karena pada kondisi 2 temperatur air sudah menuju kondisi stedi, karena dibatasi oleh panas yang diperoleh dari kondensor *dummy* yang temperatur rata-ratanya 70,18°C. Pada kondisi 3 yang merupakan pemanasan lanjutan dari kondisi 2 (kondisi stedi), dilakukan pengujian penggunaan air panas secara kontinu, artinya air panas dalam tangki yang digunakan akan selalu tergantikan dengan air dari sumber air (tangki air panas, selalu dalam kondisi penuh). Temperatur awal air pada kondisi 3 sekitar 56,18°C dan temperatur air akan terus turun secara gradual, setelah pemakaian selama 70 menit dengan laju aliran massa air 0,0403 kg/s, temperatur air menjadi 35,22°C. Pemakaian air panas terus dilanjutkan selama 50 menit, temperatur air cenderung stedi dan berada pada kisaran 35,22°C - 34,86°C. Perbedaan temperatur air panas dalam tangki dengan temperatur air masuk tangki dan temperatur kondensor adalah 27,95°C dan 14°C, pada temperatur rata-rata ruangan 21,5°C.

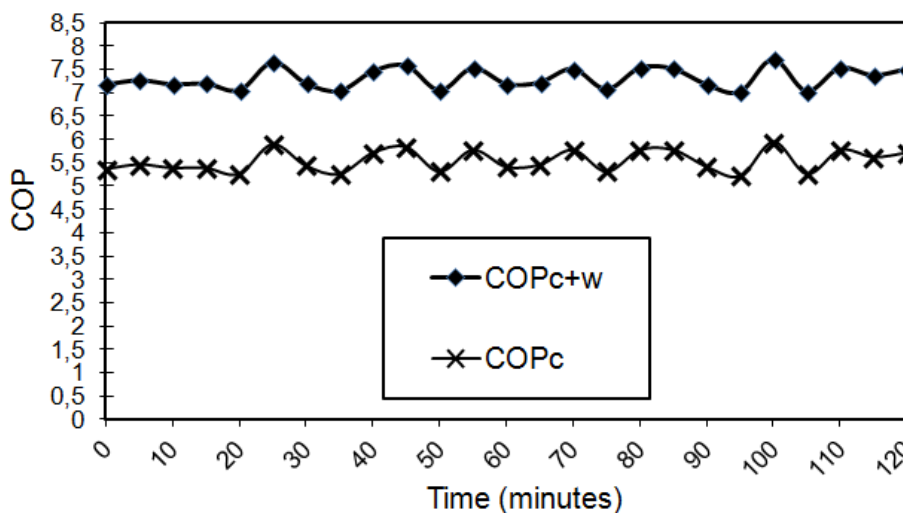
Distribusi daya kompresor, evaporator, kondensor dan kondensor *dummy* pada penggunaan AC sekaligus sebagai pemanas air (ACWH) selama 120 menit dapat dilihat pada Gambar 3. Daya rata-rata kompresor, evaporator, kondensor dan kondensor dummy, berturut turut adalah 0,685 kW, 3,792 kW, 4,477 kW dan 1208 kW. Daya evaporator dan kondensor sebenarnya berfluktuasi naik turun seperti tampak pada Gambar 3, ini disebabkan pengaturan temperatur ruangan rata-rata 21,5°C, pengaturan temperatur ruangan perlu dilakukan agar sistem ACWH tidak mati secara otomatis sensor temperatur pada *indoor unit*.

Coefficient of Performance (COP) adalah kinerja AC yang merupakan rasio antara kalor yang bermanfaat terhadap energi input. Pada AC standar kalor yang bermanfaat adalah besarnya kalor yang dapat diserap di evaporator (*indoor unit*) atau daya pendinginan di evaporator atau dinyatakan sebagai COP<sub>c</sub>. Sedangkan pada ACWH kalor yang bermanfaat adalah daya pendinginan di evaporator dan daya pemanasan air di kondensor *dummy* atau dinyatakan sebagai COP<sub>c+w</sub>. Inisial c dan w menyatakan *cooling room* (c), *water heating* (w). Gambar 4. menunjukkan COP<sub>c</sub> dan COP<sub>c+w</sub> dari sistem AC standar dan ACWH yang dioperasikan selama 120 menit, setelah kondisi stedi. Tampak bahwa COP naik dengan pemanfaatan panas buang

di kondensor *dummy* untuk menghasilkan air panas dari sistem ACWH. COP rata-rata AC standar, COP<sub>c</sub> adalah sebesar 5,5. Setelah pemanfaatan panas buang di kondensor dummy, COP rata-rata ACWH, COP<sub>c+w</sub> meningkat menjadi 7,30 atau mengalami peningkatan sebesar 1,8.



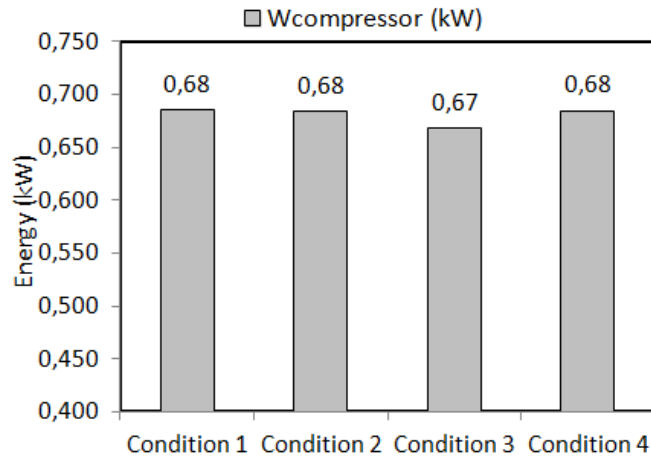
Gambar 3. Daya kompresor, evaporator, kondensor dan kondensor *dummy*



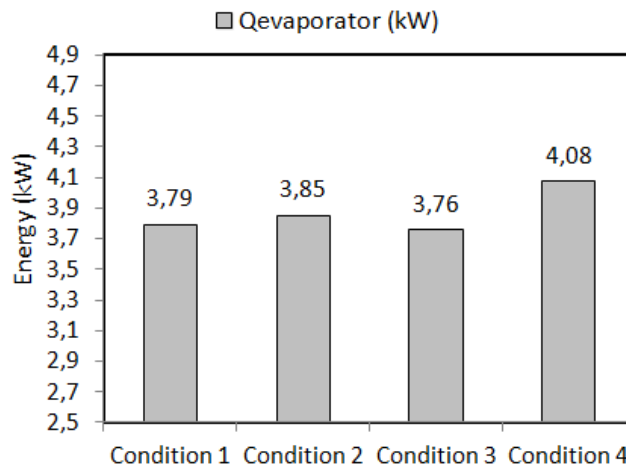
Gambar 4. Perbandingan COP sebagai AC standar (COP<sub>c</sub>) dan sebagai ACWH (COP<sub>c+w</sub>)

Besarnya daya rata-rata kompresor yang digunakan pada berbagai kondisi selama 120 menit dapat dilihat pada Gambar 5. Tampak bahwa daya rata-rata kompresor baik sebagai ACWH (kondisi 1,2 dan 3) maupun sebagai AC standar (kondisi 4) adalah sekitar 0,67 kW - 0,68 kW. Grafik batang pada Gambar 5. menunjukkan daya kompresor yang dibutuhkan saat penggunaan air panas dari kondensor *dummy* pada kondisi 3 adalah sebesar 0,67 kW atau terjadi penghematan sekitar 1,47% dibanding kondisi 4. Penghematan yang terjadi sangat kecil, dan hampir tidak terjadi penghematan daya kompresor pada saat proses pemanasan air pada kondisi 1 dan 2. Jadi jika dilihat dari daya kompresor pada berbagai kondisi, tidak terjadi penghematan daya listrik yang berarti pada penggunaan daya kompresor, namun penggunaan ACWH dapat menghemat listrik untuk kebutuhan pemanasan air.

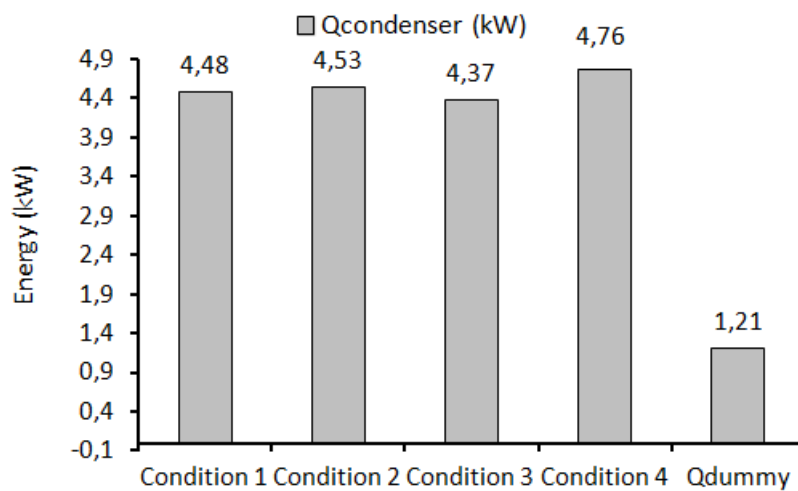
Daya pendinginan yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada Gambar 6, saat penggunaan kondensor *dummy* pada kondisi 1, kondisi 2 dan kondisi 3 berkurang sekitar 5,64 % sampai 7,84% dibanding pada kondisi 4 (pengoperasian tanpa kondensor *dummy*). Berkurangnya daya pendinginan yang dihasilkan, karena pada saat yang bersamaan terjadi proses pemanasan air dari panas buang kondensor di kondensor dummy. Berkurangnya daya pendinginan yang dihasilkan ini diimbangi oleh pemanfaatan panas buang yang dilepaskan di kondensor untuk keperluan air panas.



Gambar 5. Daya rata-rata kompresor (kW) pada berbagai kondisi



Gambar 6. Daya rata-rata pendinginan di evaporator (kW) pada berbagai kondisi



Gambar 7. Daya rata-rata panas buang di kondensor (kW) pada berbagai kondisi

Daya pemanasan yang dibuang di kondensor utama saat penggunaan kondensor *dummy* dapat dilihat pada Gambar 7, besar panas buang rata-rata kondensor utama berturut-turut dari kondisi 1, kondisi 2, kondisi 3 dan kondisi 4 adalah 4,48kW, 4,53 kW, 4,37 kW dan 4,76 kW., dimana panas rata-



rata yang dimanfaatkan di kondensor *dummy* 1,21 kW. Panas buang rata-rata kondensor utama pada kondisi 1, kondisi 2 dan kondisi 3 berkurang sekitar 4,83% sampai 8,19% dibanding pada kondisi 4 (pengoperasian tanpa kondensor *dummy*) seperti dapat dilihat pada Gambar 7. Berkurangnya daya pemanasan yang dihasilkan ini sebanding dengan besarnya daya pendinginan yang diperoleh di evaporator.

### Kesimpulan

Temperatur air panas yang dihasilkan ACWH di kondensor *dummy* saat penggunaan secara kontinu adalah 35,22°C - 34,86°C yang merupakan 1,21 kW panas bermanfaat untuk pemanasan air sebesar 30% dibandingkan terhadap daya pendinginan, dimana temperatur ruangan rata-rata 21,5°C. Kerja kompresor pada berbagai kondisi adalah 0,67 kW - 0,68 kW dengan perbedaan sekitar 1,47%, dengan daya pendinginan di evaporator 3,76 kW - 4,08 kW (perbedaan sekitar 5,64% - 7,84%) dan panas buang di kondensor 4,37 kW - 4,76 kW (perbedaan sekitar 4,83% - 8,19%). Coefficient of Performance (COP) ACWH naik dari 5,5 menjadi 7,3. Dengan ACWH COP sistem AC naik sebesar 32%, dengan kerja kompresor yang cenderung tetap, dan daya pendinginan di ruangan turun sekitar 5,64%- 7,8%. Penggunaan ACWH untuk mendapatkan kenyamanan termal, dapat menghemat penggunaan listrik untuk kebutuhan air panas sebesar 1,21 kW untuk memanaskan 50L air. Penggunaan ACWH tidak mempengaruhi kinerja dari sistem AC secara keseluruhan dan memberikan manfaat tambahan sebagai pemanas air.

### Ucapan Terima kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Lembaga Penelitian Universitas Riau melalui Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2013.

### Daftar pustaka

Azridjal Aziz, Herisiswanto, Hardianto Ginting, Noverianto Hatorangan dan Wahyudi Rahman, 2013, *Recovery Energi pada Residential Air Conditioning Hibrida sebagai Pemanas Air dan Penyejuk Udara yang Ramah Lingkungan*, Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo dan Petrokimia (SNTK TOPI), 27 November, Pekanbaru.

E.F. Gorzelnik, 1997, Heat water with your air-conditioner, *Electrical World*, vol 188 no 1, 54-55.

Fei Liu, Hu Huang, Yingjiang Ma dan Rong Zhuang, 2008, Research on the Air Conditioning Water Heater System, *Proceeding International Refrigeration and Air Conditioning Conference*, Purdue, July 14-17.

Jie Ji, Tin-tai Chow, Gang Fei, Jun Dong, dan Wei He, 2003, Performance of Multi-functional Domestic Heat-pump System, *Applied Thermal Engineering* vol 23, 581-592.

Jie Ji, Gang Pei, Tin-Tai Chow, Wei He, Aifeng Zhang, Jun Dong, dan Hua Yi, 2005, Performance of multi-functional domestic heat-pump system, *Applied Energy*, vol 80, 307-326.

Kongre, U. V. Chiddarwar, A. Dhumatkar, R. P. C. dan Ari S, A.B., 2013, Testing and Performance Analysis on Air Conditioner cum Water Dispenser, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, vol 4 no 4, 772-775.

M. M Rahman, Chin Wai Meng dan Adrian Ng, 2007, *Journal of Engineering Education*, vol 31 no 2, 38-46.

Mehmet Yilmaz, 2003, Performance Analysis of a Vapor Compression Heat Pump Using Zeotropic Refrigerant Mixtures, *Energy Conversion and Management*, vol 44, 267-282.