

Performansi Mesin Pengkondisian Udara Hibrida dengan Penambahan Kondensor *Dummy* Sebagai *Water Heater*

Azridjal Aziz^{1,a*}, Iwan Kurniawan^{2,b} dan Hardianto Ginting^{3,c}

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau,

Jl Subrantas km 12,5 Pekanbaru 28293, Indonesia

email: azridjal@yahoo.com, iwan_ktm79@yahoo.com, hardianto@ymail.com

Abstrak

Pada umumnya *Air Conditioning* (AC) digunakan untuk mengkondisikan udara ruangan agar berada pada kondisi udara yang nyaman. Penambahan kondensor *dummy* sebagai *water heater* pada penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap beban pendingin, daya kompresi, temperatur, efektifitas kondensor *dummy* dan *Coefficient of Performance* (COP) pada bukaan katup air berbeda. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode eksperimental. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh yang berarti pada tekanan dan daya kompresor dengan penambahan kondensor *dummy*. Ketika dilakukan pemberian beban pendingin yang makin besar ke ruangan maka temperatur air panas yang dihasilkan cenderung naik karena temperatur refrigeran yang juga cenderung naik, ini sebanding dengan kenaikan temperatur ruangan. Untuk pengoperasian mesin refrigerasi hibrida selama 120 menit diperoleh temperatur air panas tertinggi tanpa sirkulasi 59,99 °C dan 34,05 °C saat bersirkulasi dengan bukaan katup penuh. COP mesin refrigerasi hibrida yang dihasilkan lebih tinggi dari COP refrigerasi standar, karena manfaat air panas yang diperoleh. Pada variasi beban pendingin, perubahan COP yang terjadi sangat kecil sekitar 2%, sehingga dapat dikatakan COP cenderung tetap pada variasi beban pendingin.

Kata kunci : *Air Conditioning*, COP, kondensor, *dummy*, *water heater*, refrigerasi

Latar belakang

Mesin refrigerasi terdiri dari empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator [1]. Keempat bagian utama ini dirangkai menjadi siklus rangkaian tertutup yang dikenal sebagai siklus kompresi uap (SKU). Mesin refrigerasi adalah salah satu jenis mesin konversi energi, dimana sejumlah energi dibutuhkan untuk menghasilkan efek dingin. Tetapi di sisi lain, panas dibuang ke lingkungan untuk memenuhi prinsip-prinsip termodinamika agar mesin dapat berfungsi baik. Panas yang dibuang dari kondensor ke lingkungan begitu saja dapat dimanfaatkan untuk pemanasan udara/air.

Nurhalim Ichwan, 2010, telah meneliti unjuk kerja alat penukar kalor tipe serpentine pada AC Split untuk *water heater* dengan pipa tembaga ¼ inch dengan temperatur air panas 60°C [2]. Penelitian tentang AC *Window* yang sekaligus dimanfaatkan sebagai *water heater* telah dilakukan I Gusti Agung Pramacakrayuda, Ida Bagus Adinugraha, Hendra Wijaksana, dan Nengah Suarnadwipa, 2010, dengan temperatur air panas mencapai 58,2 °C [3]. Chow, Tin-Tai., He, Wei., Zhang, Aifeng., Dong, Jun., dan Yi,

Hua., 2005., menguji performansi sistem pompa kalor domestic multi fungsional yang dapat memberikan energi yang lebih baik dan menyebabkan polusi termal yang lebih sedikit [4]. U. Kongre, U. V., Chiddarwar, A., Dhumatkar, R. P. C., dan Ari S, A.B., 2013., telah melakukan analisis AC sekaligus sebagai *water dispenser* untuk mendapatkan air panas [5].

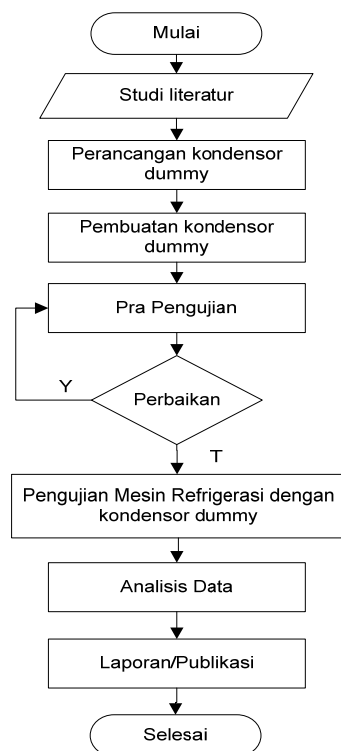
Pada pengujian ini dilakukan analisis penambahan komponen kondensor *dummy* pada mesin refrigerasi yang dimanfaatkan sebagai *water heater* sehingga perlu dilakukan pengujian pada instalasi yang sebenarnya untuk mendapatkan kerja optimal mesin. Kondensor *dummy* yang ditempatkan setelah sisi keluar kompresor bertujuan menjaga kestabilan mesin refrigerasi sehingga mesin dapat berfungsi dengan baik.

Penelitian untuk mengetahui pemanfaatan panas buang mesin refrigerasi untuk keperluan pemanasan telah dilakukan baik untuk pemanasan air atau pemanasan udara [6,7,8]. Mesin refrigerasi yang digunakan sebagai mesin penyejuk udara dan juga sebagai mesin pemanas (air atau udara) disebut mesin refrigerasi hibrida. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan

performansi mesin refrigerasi hibrida dengan penambahan kondensor *dummy* sebagai *water heater* pada pemakaian AC rumah tangga.

Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Metode eksperimental dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kondensor *dummy* terhadap kinerja Air Conditioning. Adapun diagram alir penelitian ini seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

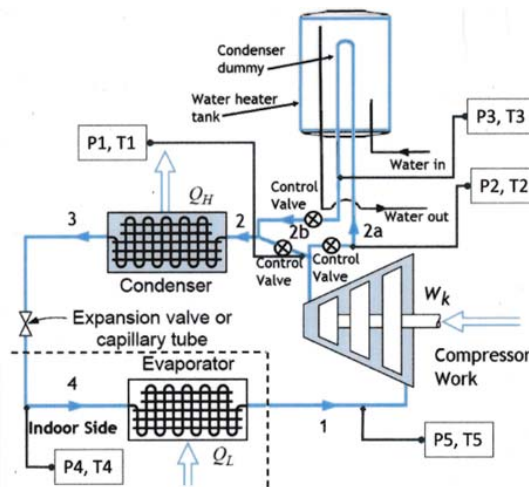


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Dalam perancangan *Air Conditioning Water Heater* dilakukan penambahan kondensor *dummy* yang mana diletakkan disisi keluaran kompresor. Skema *Air Conditioning Water Heater* dirancang ialah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 ada 2 prinsip kerja bisa dilakukan pada pengujian ini dimana ketika katup 2a dan 2b ditutup maka prinsip kerja alat tersebut sama dengan prinsip kerja sistem pendingin ruangan biasa sedangkan katup 2 ditutup dan katub 2a dan 2b dibuka maka dilakukan pengujian dengan menggunakan kondensor *dummy* (refrigerasi hibrida). Kondensor *dummy* ini berada didalam tangki pemanas air (*water heater*) dimana refrigeran akan melepaskan kalor ke sekitar air. Penelitian ini merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kinerja mesin refrigerasi dan

pemanfaatan panas buang dari kondensor *dummy* dipergunakan sebagai *water heater*.



Gambar 2. Skema *air conditioning water heater*, diadaptasi dari [9]

Sebelum pengujian maka dilakukan pemeriksaan kebocoran terhadap instalasi *Air Conditioning Water Heater*. Pada proses pemeriksaan terlebih dahulu kita harus melakukan proses pemvakuman *Air Conditioning Water Heater*. Pemeriksaan dilakukan dengan alat *leak detector* dan dengan busa sabun yang dioleskan ke permukaan instalasi. Ketika tidak ada kebocoran pada instalasi maka dilakukan pengisian refrigeran.

Data temperatur diambil menggunakan modul data akuisisi Omega TC-08 dengan ketelitian sampai 0,2 persen $\pm 0,5$ °C dan dengan resolusi 0,1 °C, menggunakan termokopel tipe K. Tekanan diukur menggunakan *pressure gauge* mekanik tipe tabung Bourdon, yang memiliki ketelitian $\pm 3\%$ pada skala 1/4 dan ketelitian $\pm 2\%$ pada skala 1/2 (dikategorikan sebagai ketelitian ASME Grade B). Tegangan listrik dan arus listrik diukur menggunakan multimeter dengan ketelitian $\pm 1,2\%$ dengan resolusi 0,1 V dan $\pm 2\%$ dengan resolusi 0,1.

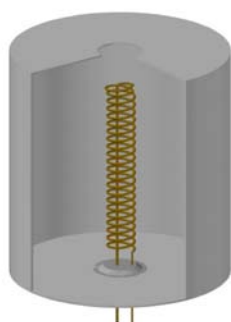
Adapun prosedur uji kinerja *Air Conditioning Water Heater* dilakukan sebagai berikut :

1. Memastikan alat uji sudah terpasang semua.
2. *Air Conditioning Water Heater* dihidupkan dengan menyambungkan ke sumber arus dan menghidupkan evaporator pada ruang uji dengan temperatur 16 °C.
3. Pengambilan data uji kinerja sesuai dengan parameter yang diinginkan.

4. Pencatatan setiap 5 menit selama 120 menit
5. Setelah selesai matikan evaporator diruang uji dan ditarik dari sumber arus.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan perancangan *Air Conditioning Water Heater* yang telah dilakukan, maka hasil perancangan kondensor *dummy* digunakan desain pipa *spiral* seperti tampak pada Gambar 3 dengan menggunakan pipa tembaga berdiameter 3/4 inch, 21 lilitan sepanjang 4,5 meter yang didapat dari hasil perhitungan desain. Untuk memanaskan air, alat penukar kalor diletakkan di dalam tangki air bervolume 50 liter.



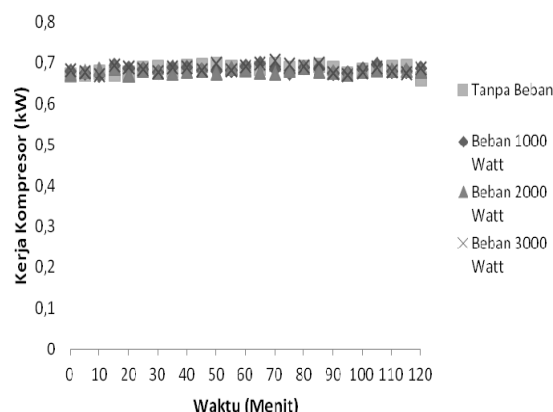
Gambar 3. Kondensor *Dummy* di dalam Tangki

Keadaan Standar

Pada keadaan standar pengujian *Air Conditioning* tanpa menggunakan kondensor *dummy*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui hubungan antara temperatur, beban pendingin serta pengaruh terhadap kerja kompresor. Pengujian *Air Conditioning* standar dilakukan pada 4 kondisi dimana kondisi 1 yaitu kondisi tanpa beban pendingin, kondisi 2 yaitu kondisi penambahan beban pendingin 1000 Watt diruang uji, kondisi 3 yaitu kondisi penambahan beban pendingin 2000 Watt diruang uji, kondisi 4 yaitu kondisi penambahan beban pendingin 3000 Watt diruang uji. Setiap pengujian dilakukan selama 120 menit. Temperatur lingkungan rata-rata 28,2 °C serta ruangan dijaga pada temperatur 19 °C.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa diberikan beban pendingin diruang uji dimana kerja kompresor semakin meningkat dan temperatur refrigeran semakin tinggi. Kondisi keadaan *steady* pada pengujian dicapai setelah menit ke 20. Peningkatan jumlah beban pendingin akan menyebabkan jumlah kalor yang dibuang di kondensor meningkat, hal ini akan menaikkan tekanan di kondensor sehingga kerja kompresor juga ikut meningkat (naik), namun rata-rata kenaikan kerja kompresor tidak terlalu besar (2%-

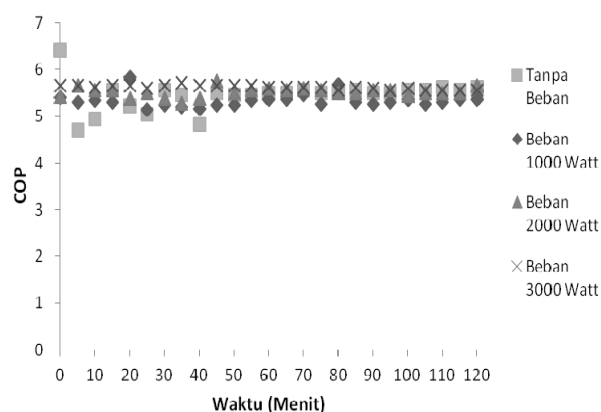
3%). Peningkatan beban pendingin cenderung menaikkan kerja kompresor.



Gambar 4. Kerja Kompresor Terhadap Waktu Pada Setiap Beban Pendingin

Perbandingan COP pada setiap beban dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar beban pendingin yang diberikan pada ruang uji maka COP nya juga semakin besar. Rata-rata COP tanpa pembebanan menunjukkan angka 5,45 sedangkan pada pembebanan 3000 Watt menunjukkan angka 5,62. Hal ini karena saat beban naik, penyerapan kalor juga naik, sementara naiknya kerja kompresor lebih kecil dibanding penyerapan kalor, sehingga rata-rata COP cenderung meningkat.



Gambar 5. COP dengan perubahan beban pendingin

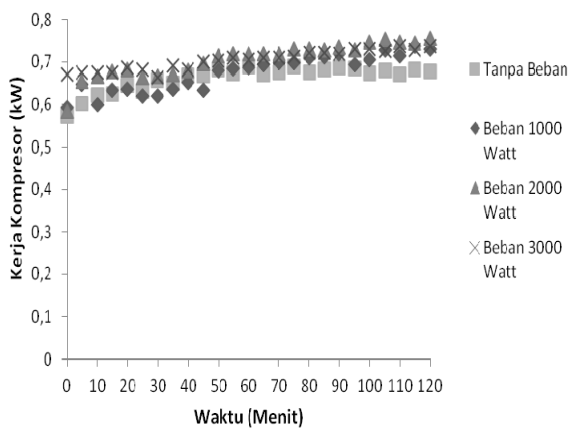
Penambahan Kondensor *Dummy*

Pengujian dilakukan dengan penambahan kondensor *dummy* yang berfungsi sebagai *water heater*. Kondensor *dummy* ini diletakkan didalam tangki pemanas air berkapasitas 50 liter. Di dalam tabung ini dihubungkan dengan pipa keluar dari kompresor dan pipa menuju ke kondensor.

Pengujian *Air Conditioning* penambahan kondensor *dummy* (modifikasi) dilakukan pada 4

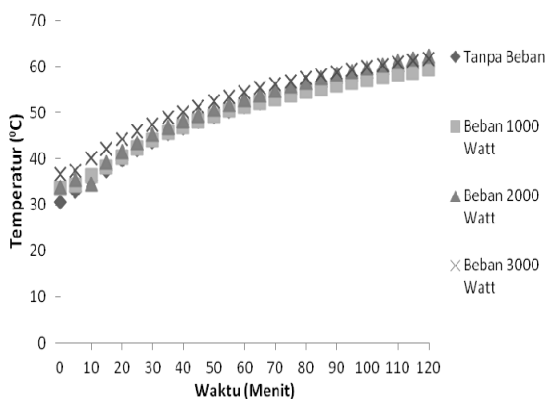
kondisi dimana kondisi 1 yaitu kondisi tanpa beban pendingin, kondisi 2 yaitu kondisi penambahan kondensor *dummy* dengan beban pendingin 1000 Watt diruang uji, kondisi 3 yaitu kondisi penambahan kondensor *dummy* dengan beban pendingin 2000 Watt diruang uji, kondisi 4 yaitu kondisi penambahan kondensor *dummy* dengan beban pendingin 3000 Watt di ruang uji.

Pada pengujian *Air Conditioning* dengan penambahan kondensor *dummy* proses pemanasan air dimulai dari nol (saat mesin mulai dihidupkan) sampai 120 menit. Energi dari kalor buang kondensor *dummy* diserap oleh air yang ada didalam tangki yang berada dalam kondisi penuh.



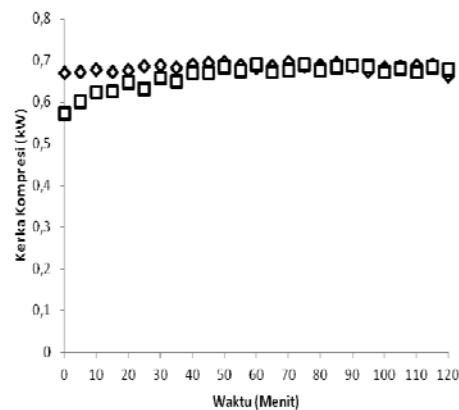
Gambar 6. Kerja kompresor dengan penambahan kondensor *dummy* setiap beban.

Pada pengujian dengan penambahan kondensor *dummy* di setiap pemberian beban akan mempengaruhi kerja kompresor yang dihasilkan, tampak pada Gambar 6, setiap penambahan beban pendingin kerja kompresor cenderung meningkat. Hal ini disebabkan panas yang diserap oleh evaporator lebih banyak sehingga kerja kompresor semakin meningkat, dimana kerja kompresor pada beban 3000 Watt 0,7071 kW sedangkan tanpa pembebanan 0,6897 kW, disini terlihat adanya peningkatan.

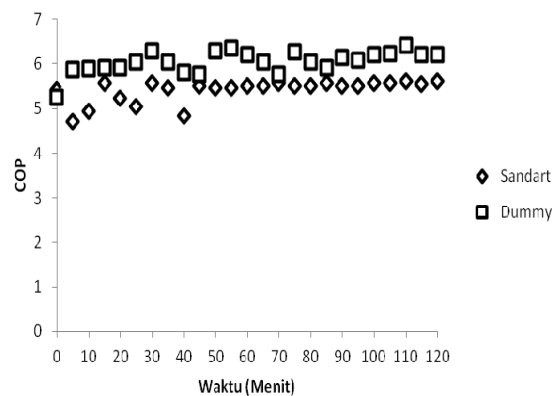


Gambar 7. Temperatur air dengan kondensor *dummy* pada setiap beban

Penambahan beban pendingin berpengaruh terhadap temperatur air di dalam tangki seperti tampak pada Gambar 7, bahwa semakin tinggi nilai beban yang diberikan pada ruang uji maka semakin tinggi juga temperatur air yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena panas yang dihasilkan kondensor lebih tinggi ketika diberi beban pada ruang uji. Semakin besar beban yang diberikan maka semakin tinggi panas yang dikeluarkan kondensor karena kalor yang diserap di evaporator juga semakin meningkat.



Gambar 8. Perbandingan kerja kompresi standar dan penambahan *dummy*

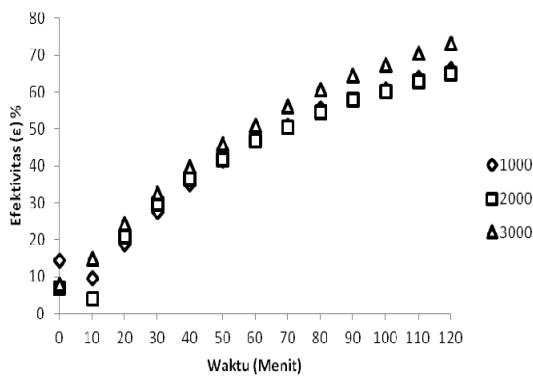


Gambar 9. Grafik Perbandingan COP Standar dan Penambahan *Dummy*

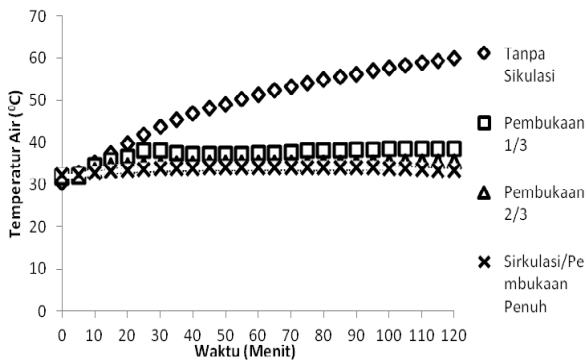
Gambar 8 merupakan grafik perbandingan kerja kompresi dari kondisi standar dan dengan *dummy* dalam waktu 120 menit, kerja kompresi rata-rata yang dicapai AC Split standar adalah 0,6661 kW, sedangkan AC Split dengan penambahan kondensor *Dummy* yang dijadikan *water heater* sebesar 0,678 kW. Disini terlihat bahwa kerja kompresi AC split dengan penambahan kondensor *dummy* yang dijadikan

water heater sedikit lebih besar dibandingkan dengan yang AC Split standar, disebabkan karena penambahan jumlah refrigeran pada sistem dengan penambahan kondensor *dummy*. Penambahan kondensor *dummy* untuk *water heater* mengharuskan dilakukannya penambahan panjang pipa refrigeran yang dilalui air dalam tabung.

Dari Gambar 9 bahwa COP pada AC Split dengan penambahan *dummy* lebih tinggi dari COP pada AC split standar. Hal ini disebabkan karena jumlah refrigeran dengan penambahan kondensor *dummy* lebih banyak, sehingga kalor yang diserap di evaporator pun bertambah, akibatnya COP lebih tinggi dibanding kondisi standar.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Antara Efektivitas Terhadap Waktu

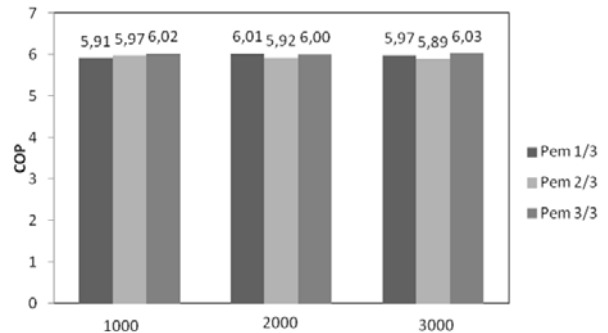


Gambar 11. Temperatur air ditangi kondensor *dummy* pada pembukaan katup

Dari grafik hasil pengujian Gambar 11 temperatur pada tengah pipa kondensor *dummy*, temperatur paling rendah saat tangki *water heater* berisi penuh dan bersirkulasi dengan bukaan penuh adalah 34,05 °C. Dan paling tinggi saat *water heater* berisi penuh tanpa bersirkulasi dengan temperatur airnya mencapai 59,99 °C. Semakin besar pembukaan katup saat bersirkulasi, maka temperatur air panas cenderung turun, karena proses penyerapan kalor terjadi lebih cepat.

Efektivitas termal yang dimaksud efektivitas termal suatu alat penukar kalor. Perpindahan kalor maksimal yang dapat dicapai adalah perpindahan kalor antara fluida terpanas dengan fluida terdingin. Fluida yang akan mendapatkan perbedaan temperatur (ΔT) tertinggi adalah fluida yang memiliki kapasitas panas terkecil. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 10 bahwa semakin bertambah beban pendingin maka nilai efektivitas termalnya cenderung naik. Efektivitas termal tertinggi menunjukkan angka 73,31% sedangkan beban 1000 menunjukkan angka 66,31%.

Pada Gambar 12 menunjukkan perbandingan COP rata-rata pada pembukaan katup terhadap beban pendingin. Terlihat bahwa pengaruh beban terhadap COP jika beban dinaikkan, maka COP juga akan semakin naik sehingga kerja kompresor juga semakin meningkat. Namun pada saat pembukaan katup pembukaan air tidak ada perubahan yang signifikan atas kinerja AC. Hal ini dapat dikatakan energi panas yang dihasilkan pada kondensor diserap oleh air tidak menyebabkan kinerja AC berubah sehingga COP cenderung tetap.



Gambar 12. COP rata-rata pada setiap bukaan katup

Kesimpulan

Dengan penambahan kondensor *dummy* tidak ada pengaruh yang berarti pada tekanan dan daya kompresor dengan keadaan standar. Pada pemberian beban pendingin yang makin besar ke ruangan maka temperatur air panas yang dihasilkan cenderung naik karena temperatur refrigeran yang juga cenderung naik, ini sebanding dengan kenaikan temperatur ruangan. Pada pengoperasian mesin refrigerasi hibrida selama 120 menit diperoleh temperatur air panas tertinggi tanpa sirkulasi sebesar 59,99 °C dan 34,05 °C saat bersirkulasi dengan bukaan katup penuh. Besar COP mesin refrigerasi hibrida yang dihasilkan lebih tinggi dari COP refrigerasi standar, karena manfaat air panas yang diperoleh. Pada variasi beban pendingin, perubahan COP yang terjadi sangat kecil sekitar 2%, sehingga

dapat dikatakan COP cenderung tetap pada variasi beban pendingin.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah membiayai penelitian ini melalui dana desentralisasi Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2013.

Referensi

- [1] Arora C.P., Refrigeration and Air Conditioning, Tata Mc Graw-Will Publising Company, 2001.
- [2] Nurhalim, Ichwan., Rancang Bangun Dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe Serpentine Pada Split Air Conditioning Water Heater, UI Depok, 2010.
- [3] Pramacakrayuda, I Gusti Agung., Adinugraha, Ida Bagus., Wijkasana, Hendra dan Suarnadwipa, Nengah., Analisa performansi sistem pendingin ruangan dikombinasikan dengan water Heater. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M, 4 (2010) 57-61.
- [4] Ji, Jie. Pei, Gang. Chow, Tin-Tai. He, Wei. Zhang, Aifeng. Dong, Jun dan Yi, Hua., Performance of multi-functional domestic heat-pump system, Applied Energy. 80 (2005) 307-326.
- [5] Kongre, U. V. Chiddarwar, A. Dhumatkar , R. P. C. dan Ari S, A.B., " Testing and Performance Analysis on Air Conditioner cum Water Dispenser, International Journal of Engineering Trends and Technology, 4 (2013) 772-775.
- [6] Aziz, Azridjal, Performance of an Air Conditioning as Hybrid Refrigeration Machine Uses Hydrocarbons Refrigerant (HCR22) as Substitutes for Halogenated Refrigerant (R22), The 11th International Conference on Qir (Quality in Research), Depok, Indonesia, 2009.
- [7] Aziz, Azridjal, Performansi Sistem Refrigerasi Hibrida Perangkat Pengkondisian Udara Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R-22, Jurnal Teknik Mesin, 7 (2010) 11-16.
- [8] Aziz, Azridjal, Penggunaan Hidrokarbon sebagai Refrigeran pada Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Hibrida dengan Memanfaatkan Panas Buang Perangkat

Pengkondisian Udara, Jurnal Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang, 5 (2008)1-5.

- [9] Sonntag, Richard E., Borgnakke, Claus, Fundamentals of Thermodynamics, John Wiley & Sons, Inc, 2009.