

PENGARUH BEBAN PENDINGIN PADA MESIN PENKONDISIAN UDARA HIBRIDA DENGAN KONDENSOR *DUMMY* TIPE *MULTI HELICAL COIL* SEBAGAI *WATER HEATER*

Afdhal Kurniawan Mainil¹, Sarwo Fikri² dan Azridjal Aziz²

¹Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu Jln WR Supratman Kandang Limun Bengkulu

²Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

E-mail : mainilafdhalk@unib.ac.id

ABSTRAK

Mesin pengkondisian udara umumnya digunakan untuk memberikan efek pendinginan (*cooling effect*). Efek pendinginan dimaksudkan untuk memberikan kenyamanan di ruang yang didinginkan, sehingga rasa nyaman membuat orang betah didalamnya. Mesin pengkondisian udara secara termodinamika kebanyakan beroperasi menggunakan siklus kompresi uap, dimana panas diserapkan disisi evaporator di dalam ruangan, kemudian panas tersebut dibuang di kondensor di luar ruangan. Proses tersebut dapat berlangsung karena kerja kompresor dan penurunan tekanan yang terjadi pada katup ekspansi atau pipa kapiler, sehingga siklus kompresi uap bekerja sempurna. Pada sistem pengkondisian udara biasanya panas terbuang kelingkungan begitu saja, panas tersebut dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air dengan penambahan kondensor *dummy*. Penambahan kondensor *dummy* pada penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh penambahan kondensor *dummy* terhadap beban pendingin, daya kompresi, temperatur, dan *Coefficient of Performance* (COP). Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode rancang bangun dan eksperimental. Berdasarkan hasil pengujian, selama pengoperasian 120 menit diperoleh temperatur air panas pada kondisi tanpa beban (0W), beban 1000W, 2000W dan 3000W berturut-turut adalah 52,83°C, 56,58°C, 57,93°C dan 64,73°C.

Kata Kunci : efek pendinginan, kondensor *dummy*, beban pendingin, daya kompresi, COP.

ABSTRACT

Air conditioning machines are generally used to provide a cooling effect. The cooling effect is intended to provide comfortable zone in a cooled room, so that a sense of comfort makes people feel at home in it. Most air conditioning machines operate thermodynamically using a vapor compression cycle, where heat is absorbed inside of the evaporator in the room, then this heat is discharged in an outdoor condenser. This process can take place because of the compressor's work and the pressure drop that occurs in the expansion valve or capillary pipe, so that the vapor compression cycle works perfectly. In air conditioning systems usually heat is wasted useless, the heat can be used to heat water with the addition of a dummy condenser. The addition of a dummy condenser in this study was conducted to see the effect of adding a dummy condenser to cooling load, compression power, temperature, and the Coefficient of Performance (COP). The method used in this study is the design and experimental methods. Based on the results of the test, during the 120 minute operation the hot water temperature achieved at no load conditions (0W), 1000W, 2000W and 3000W loads are 52.83°C, 56.58°C, 57.93°C and 64.73°C, respectively.

Keywords : cooling effect, dummy condenser, cooling load, compressor power, COP.

PENDAHULUAN

Meningkatkan efisiensi merupakan salah satu cara untuk membantu rencana pemerintah Indonesia untuk menghemat energi. Salah satunya adalah menggabungkan dua fungsi dari dua alat yang

berbeda menjadi satu alat baru yang memiliki dua fungsi. Mesin pengkondisian udara hibrida memiliki keunggulan yaitu peningkatan efisiensi penggunaan energi, tetapi karena kedua sisinya sudah dimanfaatkan maka perubahan pada suatu sisi diharapkan tidak mengganggu proses disisi

lainnya, sehingga umumnya dilengkapi dengan penambahan komponen berupa kondensor *dummy* sebagai *water heater*. Kondensor *dummy* diletakkan di antara setelah bagian kompresor dan sebelum kondensor yang di dalamnya terdapat pipa tembaga dengan berbagai bentuk yang bisa dimodifikasi yang dinamakan dengan *coil*.

Sistem pengkondisian udara terdiri dari empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator. Keempat bagian ini utama dirangkai menjadi siklus rangkaian tertutup (Stoecker dkk, 1982).

Penelitian yang dilakukan tentang AC *Window* yang juga dimanfaatkan sebagai *water heater* telah dilakukan Ichwan Nurhalim, 2010. Penelitian mesin pengkondisian udara hibrida tersebut menggunakan alat penukar kalor tipe *serpentine coil* untuk mengetahui unjuk kerja dan karakteristik mesin serta temperatur air panas yang keluar dari *water heater* tersebut dengan berbagai variasi beban pendinginan dan juga membandingkannya dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Penelitian Aziz dan Herisiswanto, 2013, menggunakan kondensor *dummy* yang dioperasikan selama 120 menit, temperatur air panas yang diperoleh 50,4°C pada temperatur ruangan 22 °C setelah 75 menit. Penggunaan kondensor *dummy* tidak mempengaruhi tekanan dan daya kompresor pada mesin pengkondisian udara yang diuji.

Penelitian pemanfaatan panas buang kondensor telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Chairbowo dan Ichsani, 2016, melakukan studi tentang rancang bangun dan kaji eksperimental sebuah alat penukar panas untuk memanfaatkan energi refrigerant keluar kompresor AC sebagai pemanas air pada $ST/D=8$ dengan variasi volume air. Hendradinata dkk, 2018 melakukan rancang bangun *water heater* dengan memanfaatkan panas air conditioning. Sedangkan Suarnadwipa dan Murti, 2018 meneliti pengaruh beban pemanasan air terhadap efisiensi kondensor pada sistem *heat pump*.

Penelitian yang dikerjakan Aziz dkk, 2014, pada mesin pengkondisian udara yang menggunakan kondensor *Dummy* sebagai *water heater* diperoleh temperatur air panas mencapai 62,23°C pada temperatur refrigeran 74,99°C yang dioperasikan selama 120 menit.

Penelitian yang dilakukan oleh Satria, 2014, dengan metode dan parameter yang sama dilakukan variasi bentuk koil, yaitu dengan bentuk *trombone coil* diperoleh temperatur air 64,33°C pada temperatur refrigeran 83,20°C, yang juga dioperasikan selama 120 menit. Penelitian tersebut dilanjutkan dengan menggunakan kondensor *dummy* tipe *multi helical coil*, gabungan bentuk koil antara *helical coil* dan *trombone coil* pada mesin pengkondisian udara hibrida.

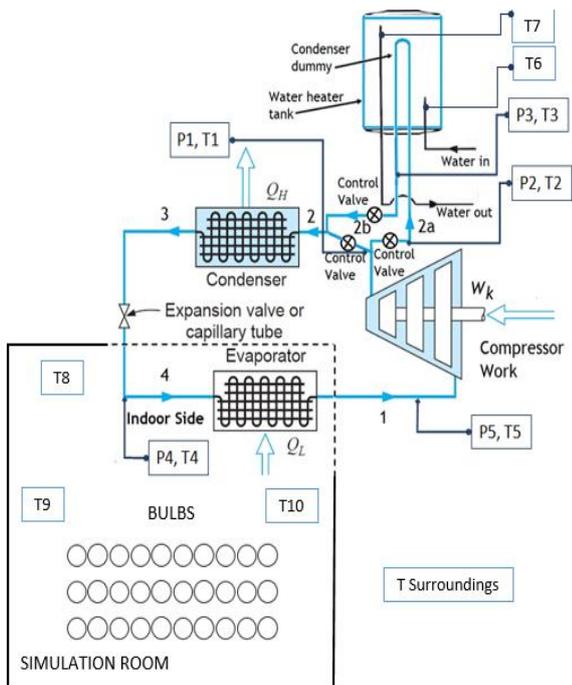
Pada penelitian ini dilakukan analisis penambahan komponen kondensor *dummy* pada sistem refrigerasi yang dimanfaatkan sebagai *water heater* sehingga diketahui pengaruh penambahan kondensor *dummy* tipe *multi helical coil*. Penelitian untuk mengetahui performansi dan kinerja mesin tersebut dan mengetahui pengaruh variasi beban pendinginan serta laju aliran terhadap performansi mesin pengkondisian udara hibrida.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan beban pendingin terhadap temperature, kerja kompresor dan COP sistem pendingin siklus kompresi uap dengan penambahan kondensor *dummy* .

METODOLOGI

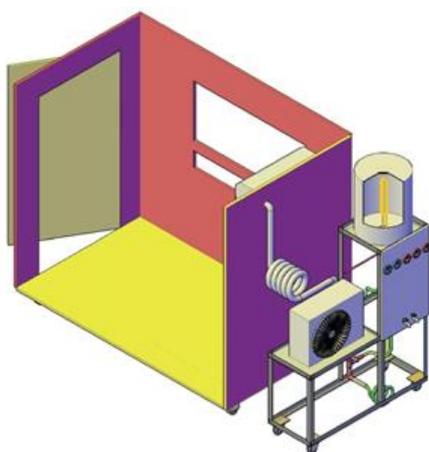
Penelitian ini dilakukan secara eksperimental untuk mengetahui kerja kompresor, temperatur kondensor, COP_c (COP *cooling* atau penyerapan panas/pendinginan ruangan) dan COP_{c+w} (COP *cooling* dan *water heater* atau COP gabungan sebagai pendinginan dan pemanas air). Kondensor *dummy* pada penelitian ini ditambahkan pada sisi keluar kompresor sebelum masuk ke kondensor (antara kompresor dan kondensor) seperti tampak pada Gambar 1, skematik diagram air conditioning *water heater* dan titik-titik pengambilan data pengujian.

Peralatan uji yang digunakan seperti tampak pada Gambar 1, menggunakan katub kontrol sehingga mesin pendingin bisa dioperasikan sebagai mesin refrigerasi kompresi uap standar (*cooling mode*) dan sebagai mesin refrigerasi kompresi uap hibrida (*cooling mode* dan *water heater mode*). Kondensor *dummy* yang digunakan adalah tipe *multi helical coil* yang ditempatkan didalam tangki pemanas air (*water heater tank*) dimana refrigeran akan melepaskan kalor ke air untuk memanaskan air.



Gambar 1. Skema air conditioning water heater (Sonntag, 2009, Azridjal dkk, 2014)

Data yang diambil pada pengujian ini (Gambar 1) adalah sebagai berikut: Temperatur keluar kompresor (T_1), Temperatur masuk *Dummy* (T_2), Temperatur keluar *dummy* (T_3), Temperatur masuk Evaporator (T_4), Temperatur keluar Evaporator (T_5), Temperatur Air Masuk (T_6), Temperatur Air Keluar (T_7), Temperatur Ruang uji (T_8), Temperatur Ruang uji (T_9), Temperatur Ruang uji (T_{10}), Temperatur Lingkungan, Tekanan Evaporator out (P_1), Tekanan Kompresor (P_2), Tekanan Kondensator *dummy* In (P_{2a}), Tekanan Kondensator *dummy* Out (P_{2b}), Tekanan Evaporator in (P_4), Tegangan, Arus listrik.



Gambar 2. Residential Air Conditioning Hibrida dengan Kondensator Dummy Tipe Trombone Coil Sebagai Mesin Pengkondisian Udara dan Water Heater (Satria, 2014)

Temperatur sistem diukur pada 8 titik sensor yang terpasang pada permukaan pipa instalasi AC menggunakan omega TC-08. Tekanan diukur menggunakan *pressure gauge* pada 5 titik pengukuran. Konsumsi daya kompresor diukur dengan kuat arus dan voltase menggunakan *volt-ampere meter*.

Ruangan uji berukuran 2.26mx1.75mx2m (panjangxlebarxtinggi) dilengkapi dengan 30 buah lampu pijar berdaya 100 Watt, variasi beban pendinginan diberikan 0W, 1000W, 2000W, dan 3000 W terhadap evaporator. Termostat di atur pada pendinginan maksimum lihat Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondensator *dummy* yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe *multi helical coil*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Panjang koil 5,34m dengan diameter 3/8 inch, yang ditempatkan di bagian bawah tangki air berkapasitas 50L. Refrigeran bertemperatur tinggi akan melepaskan kalornya ke air dalam tangki sehingga diperoleh air panas yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan air panas. Kondensator *dummy*

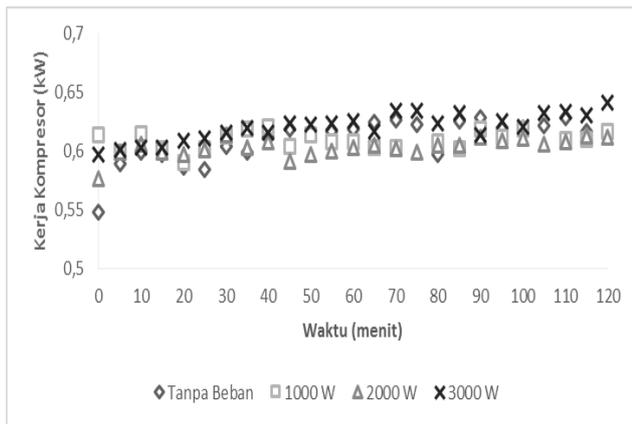


Gambar 3. Kondensator dummy multi helical coil

Keadaan Standar (Tanpa Kondensator *Dummy*)

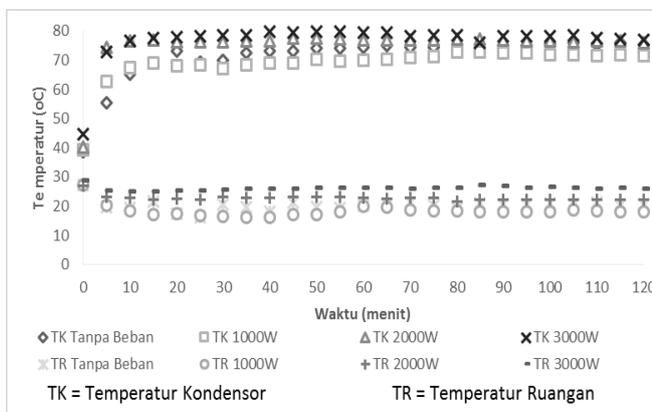
Untuk penelitian sistem refrigerasi tanpa kondensator *dummy*, pengujian dilakukan dengan pengamatan pada temperatur, tekanan dan beban pendingin terhadap kerja kompresor yang dibutuhkan. Pengujian dilakukan masing-masing pada 4 (empat) kondisi pengujian yaitu pada kondisi tanpa beban (0W), kondisi dengan beban pendingin 1000W, kondisi dengan beban pendingin 2000W dan kondisi pada beban 3000W. Pengujian dilakukan selama 120 menit, dimana temperatur lingkungan rata-rata sekitar 29,8 °C dan

temperatur ruangan dijaga pada temperatur 19 °C - 20 °C.



Gambar 4. Grafik kerja kompresor terhadap waktu pada setiap beban pendinginan

Kondisi kerja kompresor pada berbagai kondisi pembebanan: 0W, 1000W, 2000W, dan 3000W selama 120 menit disajikan pada Gambar 4. Dari Gambar 4 tampak bahwa semakin meningkatnya beban pendinginan di ruang uji maka kalor yang diserap evaporator juga akan semakin meningkat. Kondisi ini berakibat pada bertambahnya kerja kompresor untuk membuang kalor tersebut di kondensor dengan semakin bertambahnya beban kalor yang diberikan. Kerja kompresor rata-rata ruangan uji pada kondisi tanpa beban (0W), beban 1000W, 2000W dan 3000W berturut-turut adalah 0,613W, 0,610W, 0,605W dan 0,622W. Kerja kompresor naik cenderung naik mendekati linear, seiring dengan semakin besarnya beban pendinginan yang diberikan dari 0W, 1000W, 2000W dan 3000W. Kondisi transient pengujian terjadi pada menit 1 sampai menit ke 20 dan kondisi stedi pada pengujian ini dicapai setelah pengoperasian alat uji selama 20 menit.

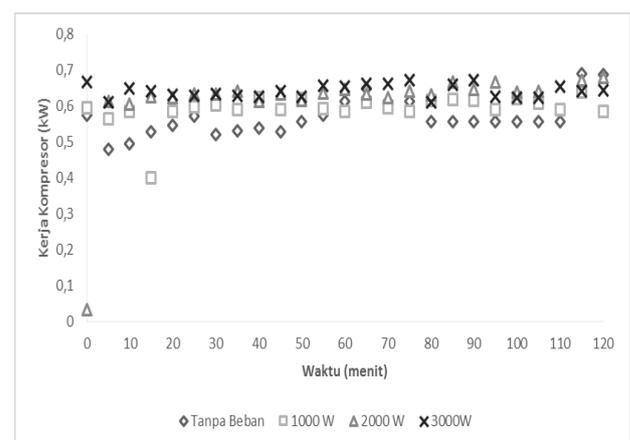


Gambar 5. Grafik Temperatur Kondensor dan Ruang Uji Terhadap Waktu pada setiap beban pendinginan

Grafik hasil pengujian temperatur kondensor dan temperatur ruang uji selama pengoperasian 20 menit ditampilkan pada Gambar 5. Pada Gambar 5, menunjukkan antara temperatur kondensor dengan temperatur ruang uji, semakin tinggi pembebanan pada ruang uji maka temperatur kondensor juga semakin naik. Temperatur rata-rata ruangan uji pada kondisi tanpa beban (0W), beban 1000W, 2000W dan 3000W berturut-turut adalah 20,1°C, 17,9°C, 22,5°C dan 26,1°C, sedangkan temperatur kondensor berturut-turut adalah 73,4°C, 70,4°C, 76,8°C dan 78,3°C. Hal ini disebabkan bahwa kerja kompresor meningkat akibat dari pembebanan yang ada di ruang uji.

Dengan Kondensor *Dummy*

Untuk penelitian sistem refrigerasi dengan kondensor *dummy*, pengujian dilakukan dengan pengamatan pada temperatur, tekanan dan beban pendingin terhadap kerja kompresor yang dibutuhkan. Kondensor *dummy* tipe multi helical coil ditempatkan di dalam tangki pemanas air 50L yang ditempatkan pada bagian tengah di sisi bawah tangki. Pengujian dilakukan pada 4 kondisi berbeda di ruang uji, yaitu pada kondisi tanpa beban pendinginan (0W), kondisi beban pendinginan 1000W, kondisi beban pendinginan 2000W dan kondisi beban pendinginan 3000W. Proses pemanasan air dilakukan selama 120 menit, pengujian dilakukan saat proses pemanasan air saja, tanpa proses pemanasan air yang bersirkulasi. Pada proses pemanasan air umumnya kondisi stedi dicapai setelah proses pemanasan dilakukan selama 20 menit.

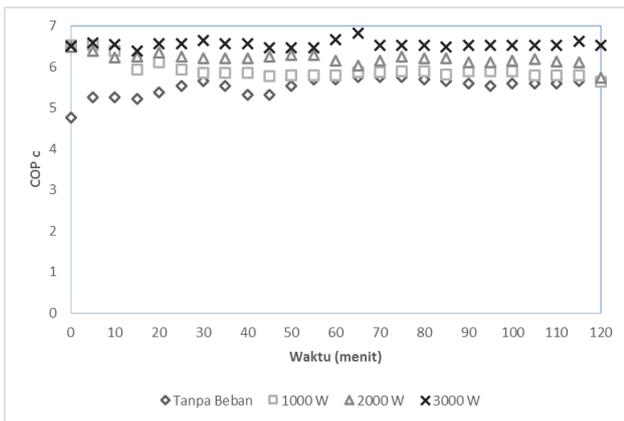


Gambar 6. Grafik kerja kompresor terhadap waktu dengan penambahan kondensor *dummy* setiap beban pendinginan

Grafik kerja kompresor terhadap waktu dengan penambahan kondensor *dummy* pada beban pendinginan yang berada pada kondisi tanpa beban

(0 W) dan kondisi beban pendinginan 1000W, 2000W dan 3000W disajikan pada Gambar 6. Pada Gambar 6, setiap penambahan beban pendinginan, tampak bahwa kerja kompresor meningkat. Hal ini disebabkan kalor yang diserap oleh evaporator lebih banyak sehingga kerja kompresor semakin meningkat. Kerja kompresor rata-rata selama 120 menit pengujian pada kondisi tanpa beban (0W), beban 1000W, 2000W dan 3000W berturut-turut adalah 0,573W, 0,594W, 0,641W dan 0,643W. Kondisi pada Gambar 6 mirip dengan Gambar 4 pada dimana kerja kompresor meningkat seiring dengan meningkatnya beban pendinginan yang diberikan.

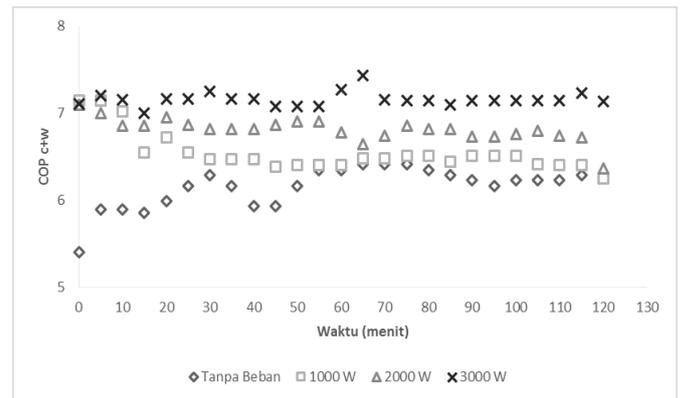
Gambar 7 menunjukkan performansi mesin pendingin dengan penambahan kondensor *dummy* selama 120 menit pengoperasian mesin pendingin. Sama halnya dengan kerja kompresor, COP_c (COP *cooling* atau pendinginan) mesin pendingin juga meningkat seiring meningkatnya kerja kompresor yang digunakan. Hal ini karena meningkatnya beban pendinginan. COP_c meningkat karena COP_c merupakan perbandingan daya penyerapan kalor di evaporator yang besarnya mendekati beban kalor yang diterima terhadap daya kompresor untuk mengoperasikan sistem pendingin. COP_c rata-rata dengan penambahan kondensor *dummy* pada kondisi tanpa beban (0W), beban 1000W, 2000W dan 3000W berturut-turut adalah 5,76, 5,88, 6,19, dan 6,55.



Gambar 7. Grafik COP_c dengan Penambahan Kondensor *Dummy* Terhadap Waktu Pada Setiap Pembebanan

Gambar 8 menunjukkan Grafik COP_{c+w} (COP *cooling*/pendinginan ditambah *water heater*/pemanasan air) pada kondisi beban pendinginan 0W, 1000W, 2000W. Pada Gambar 8, tampak bahwa COP_{c+w} tanpa beban lebih rendah dibandingkan dengan saat pembebanan diruang uji atau dapat dikatakan bahwa COP_{c+w} meningkat seiring meningkatnya beban pendinginan di ruang

uji. Hal ini disebabkan kerja kompresor meningkat ketika pemberian beban karena daya penyerapan kalor di evaporator meningkat untuk mengambil kalor yang dihasilkan beban pendingin pada ruangan. Unjuk kerja sistem dengan kondensor *dummy* memiliki 2 keuntungan dimana pada saat bersamaan terjadi *cooling/pendinginan* atau *c* untuk penyejuk ruangan, dan *w* sebagai *water heater*/pemanasan air di kondensor *dummy*. COP_{c+w} rata-rata dengan penambahan kondensor *dummy* pada kondisi tanpa beban (0W), beban 1000W, 2000W dan 3000W berturut-turut adalah 6,38, 6,49, 6,79 dan 7,16.

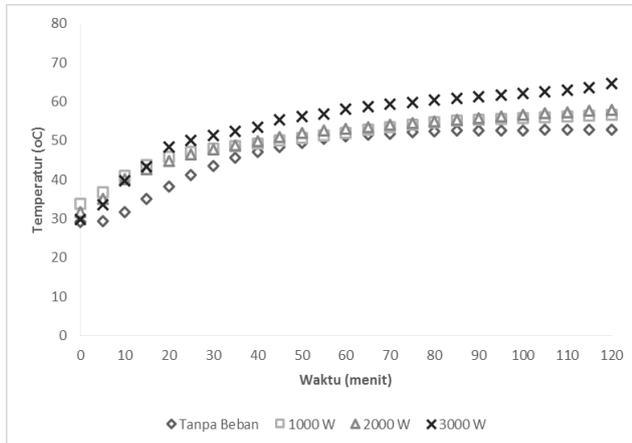


Gambar 8. Grafik COP_{c+w} Dengan Penambahan Kondensor *Dummy* Terhadap Waktu Pada Setiap Beban

Kondisi yang ditampilkan di Gambar 7 dan di Gambar 8 memiliki kecenderungan grafik yang mirip atau cenderung sama. Nilai COP pada Gambar 8 lebih tinggi dari Gambar 7, karena COP pada Gambar 8 ditambah dengan proses pemanasan air (*water heater*) di kondensor *dummy* atau proses penyerapan kalor/pendinginan di ruangan sekaligus proses pemanasan air (*water heating* di kondensor *dummy*).

Grafik temperatur air di tangki air kondensor *dummy* terhadap waktu pada setiap pembebanan dari 0W (tanpa beban), 1000W, 2000W dan 3000W disajikan pada Gambar 9. Dari Gambar 9, tampak bahwa semakin tinggi nilai beban yang diberikan pada ruang uji maka semakin tinggi juga temperatur air panas yang dihasilkan didalam tangki. Hal ini disebabkan karena panas yang dihasilkan kondensor lebih tinggi ketika diberi beban pada ruang uji, karena semakin besar beban yang diberikan di evaporator maka semakin tinggi pula panas yang akan dibuang di kondensor. Temperatur air panas tertinggi yang dicapai setelah 120 menit pengujian rata-rata dengan penambahan kondensor *dummy* pada kondisi tanpa beban (0W), beban 1000W, 2000W dan 3000W berturut-turut adalah 52,83°C, 56,58°C, 57,93°C dan 64,73°C.

Hal ini terjadi karena kerja kompresor menaikkan temperatur dan tekanan refrigeran dari kalor yang diambil di evaporator pada tekanan rendah agar dapat dibuang di kondensor *dummy* untuk memanaskan dan menaikkan temperature air yang ada dalam tangki.



Gambar 9. Grafik temperatur air panas dari kalor buang di kondensor *dummy* terhadap waktu dengan pada setiap beban pendinginan

KESIMPULAN

Penelitian pengaruh pengaruh beban pendingin pada mesin penkondisian udara hibrida dengan penambahan kondensor *dummy* tipe *multi helical coil* sebagai *water heater* telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin meningkatnya beban pendinginan di ruang uji maka kerja kompresor semakin meningkat pula. Perbandingan antara temperatur kondensor dengan temperatur ruang uji, semakin tinggi pembebanan pada ruang uji maka temperatur kondensor juga semakin naik. Hal ini disebabkan bahwa kerja kompresor meningkatkan akibat dari pembebanan yang ada di ruang uji. Pada temperatur air bahwa semakin semakin tinggi nilai beban yang diberikan pada ruang uji maka semakin tinggi juga temperatur air yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian selama pengoperasian 120 menit diperoleh temperatur air panas pada kondisi tanpa beban (0W), beban 1000W, 2000W dan 3000W berturut-turut adalah 52,83°C, 56,58°C, 57,93°C dan 64,73°C.

DAFTAR PUSTAKA.

Aziz, A., Kurniawan, I., dan Ginting, H., 2014. Performansi Mesin Pengkondisian Udara Hibrida dengan Penambahan Kondensor *Dummy* Sebagai *Water Heater*, *Prosiding SNTTM 13*, pp. 552-557.

Aziz, A. dan Herisiswanto., 2013. *Pengembangan Residential Air Conditioning Hibrida Hemat Energi Dengan Kondensor Dummy Sebagai Water Heater Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R-22 Yang Ramah Lingkungan*. Laporan Penelitian. Pekanbaru: Universitas Riau.

Cengel, A. Y., 2005. *Thermodynamics An Engineering Approach*, 5th ed. New York: McGraw Hill Companies.

Chairbowo, F., dan Ichsani, D., 2016. Rancang Bangun dan Studi Eksperimen Alat Penukar Panas untuk Memanfaatkan Energi Refrigerant Keluar Kompresor AC sebagai Pemanas Air pada ST/D=8 dengan Variasi Volume Air, *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), pp. B653-B658.

Hendradinata, Irawan, F., dan Kesuma, A. P., 2018. Rancang Bangun Water Heater Dengan Memanfaatkan Panas Air Conditioning, *Jurnal Petra*, 5(2), pp. 43-49.

Nurhalim, Ichwan. 2010. *Rancang Bangun Dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe Serpentine Pada Split Air Conditioning Water Heater*. Depok :UI

Satria, A. B., 2014. *Performansi Mesin Pengkondisian Udara Hibrida dengan Kondensor Dummy Tipe Trombone Coil sebagai Water Heater*, Skripsi Sarjana. Pekanbaru: Universitas Riau.

Sonntag, Richard E., and Borgnakke, Claus., 2009. *Fundamentals of Thermodynamics*. John Wiley & Sons, Inc.

Stoecker W.F., Jones J.W., 1982, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Airlangga, Jakarta.

Suarnadwipa, I. N., Murti, M. R., 2018. Pengaruh Beban Pemanasan Air Terhadap Efisiensi Kondensor Pada Sistem Heat Pump, *Jurnal METTEK*, 3(2), pp. 126-131.