

PENGARUH BEBAN PENDINGINAN TERHADAP TEMPERATUR SISTEM PENGKONDISIAN UDARA HIBRIDA DENGAN KONDENSOR *DUMMY* TIPE *TROMBONE COIL* MENGGUNAKAN PIPA TEMBAGA BERDIAMETER 1/4" SEBAGAI *WATER HEATER*

Renaldi Khaesar Kumara¹, 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

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

Abstract

The hybrid air conditioning systems can improve the energy efficiency by recovering waste heat of condenser that can be useful for various purposes. There are many experimental studies about this system which aimed to investigate and improve the energy efficiency. This experimental study aims to investigate the effect of cooling loads to system temperatures of hybrid air conditioning with trombone coil type of dummy condenser using 1/4" diameter of copper pipe as water heater. The system has been tested with several cooling loads as residential cooling load simulation, such as 0 Watt, 1000 Watt, 2000 Watt, and 3000 Watt. The result shows that the maximum water temperature is obtained at 47.30 °C with average discharge temperature of 105.45 °C in 3000 Watt cooling load after 120 minutes of operation. The more the cooling load applied to simulation room, the more the temperatures of water and discharge increased.

Keywords: *hybrid air conditioning system, dummy condenser, trombone coil, water heater.*

1. Pendahuluan

Mesin pengkondisian udara merupakan salah satu mesin konversi energi, di mana sejumlah energi dibutuhkan untuk menghasilkan efek pendinginan. Di sisi lain, panas dibuang oleh sistem ke lingkungan untuk memenuhi prinsip-prinsip termodinamika agar mesin dapat berfungsi. Panas dari kondensor yang terlepas ke lingkungan biasanya terbuang begitu saja tanpa dimanfaatkan. Demikian juga pada mesin pompa panas, sejumlah energi dibutuhkan untuk menghasilkan efek pemanasan dengan cara menyerap panas dari lingkungan. Panas yang diserap dari lingkungan sebetulnya dapat dimanfaatkan untuk mendinginkan sesuatu, tapi biasanya cenderung dibiarkan terbuang [1].

Bertolak dari kasus mesin pengkondisian udara dan mesin pompa panas di atas, maka berbagai usaha telah dilakukan untuk mengembangkan suatu sistem yang menggunakan prinsip refrigerasi dan pompa panas dalam satu mesin. Pada mesin terpadu ini efek pendinginan dan efek pemanasan dapat dihasilkan dan dimanfaatkan secara bersamaan, sehingga daya guna mesin menjadi lebih tinggi. Mesin terpadu dengan fungsi ganda ini dikenal dengan mesin pengkondisian udara hibrida, karena mesin pengkondisian udara paling banyak beroperasi dengan siklus kompresi uap, maka mesin ini disebut mesin pengkondisian udara siklus kompresi uap hibrida [2].

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* [3].

Kondensor *dummy* berupa pipa (*coil*) tembaga yang dapat dimodifikasi dalam berbagai macam bentuk dan ukuran. Kondensor *dummy* diletakkan di dalam wadah tangki berisi air dan dipasang antara kompresor dan kondensor.

Beberapa penelitian tentang pengkondisian udara hibrida telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu. Nurhalim Ichwan pada tahun 2010 meneliti unjuk kerja alat penukar kalor tipe serpentine pada AC Split untuk water heater dengan pipa tembaga 1/4" dengan temperatur air panas 60 °C [4]. Azridjal Aziz, dkk, pada tahun 2013 meneliti tentang *Residential Air Conditioning* (RAC) menggunakan kondensor *dummy* tipe spiral *coil* dengan pengoperasian selama 120 menit diperoleh temperatur air panas 50,42 °C [5].

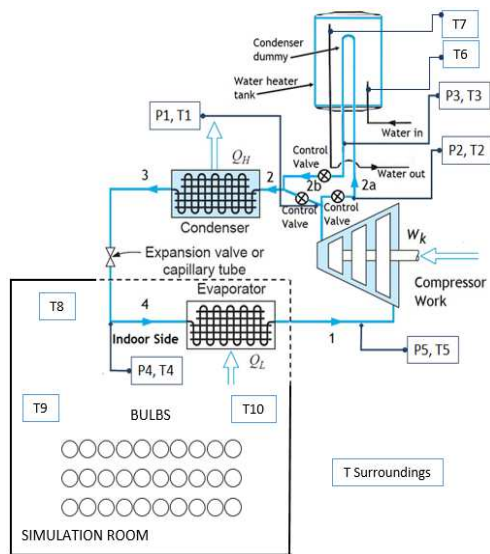
Hardianto Ginting dan Arya Bhima Satria pada tahun 2014 meneliti mesin pengkondisian udara hibrida *water heater* menggunakan kondensor *dummy* tipe *helical coil* [6] dan *trombone coil* [7] berdiameter 3/8", selama pengoperasian 120 menit diperoleh temperatur air panas 61,70 °C menggunakan *helical coil* dan 64,33 °C menggunakan *trombone coil*. Pada tahun 2015, Sarwo Fikri juga meneliti mesin pengkondisian udara hibrida *water heater* menggunakan kondensor *dummy* tipe *multi helical coil* dengan perolehan temperatur air panas 64,77 °C [8]. Sementara, pada tahun yang sama, Thalal melakukan penelitian lanjutan dari Arya Bhima Satria [7] dengan mengganti refrigeran sistem menjadi HCR-22 dan diperoleh temperatur air panas maksimal sebesar 48,81 °C [9].

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari yang dilakukan oleh Arya Bhima Satria [7], yaitu membandingkan performansi serta pengujian unjuk kerja mesin ukuran diameter *trombone coil* 1/4" dengan ukuran diameter pada penelitian sebelumnya, sebesar 3/8", dengan panjang *coil* yang sama. Pengujian dengan mesin berkapasitas tangki pemanas 50 liter ini dilakukan menggunakan variasi beban pendinginan sebagai simulasi beban pendinginan pada rumah tangga.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh beban pendinginan terhadap temperatur sistem pengkondisian udara hibrida dengan kondensor *dummy* tipe *trombone coil* menggunakan diameter *coil* 1/4" sebagai *water heater*.

2. Metode

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental dengan skala laboratorium. Penelitian ini menggunakan mesin pengkondisian udara (AC) tipe split 1 PK dengan penambahan kondensor *dummy* sebagai *water heater*. Refrigeran yang digunakan adalah R-22. Diagram skematis mesin pengkondisian udara hibrida dan Gambar alat uji ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Diagram Skematis Air Conditioning Water Heater [5,10]

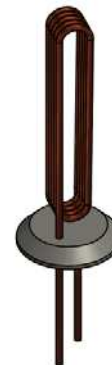


Gambar 2. Foto Alat Uji Mesin Pengkondisian Udara Hibrida

Data-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)

Spesifikasi kondensor *dummy* yang diuji pada penelitian ini adalah kondensor *dummy* tipe *trombone coil* dengan diameter 1/4", panjang 5,33 meter, dan terbuat dari bahan tembaga. Kondensor *dummy* diletakkan pada tangki *water heater* berkapasitas 50 liter dengan batas temperatur 75 °C dan tekanan rata-rata 0,75 Mpa. Rancangan kondensor *dummy* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kondensor Dummy Tipe Trombone Coil [7]

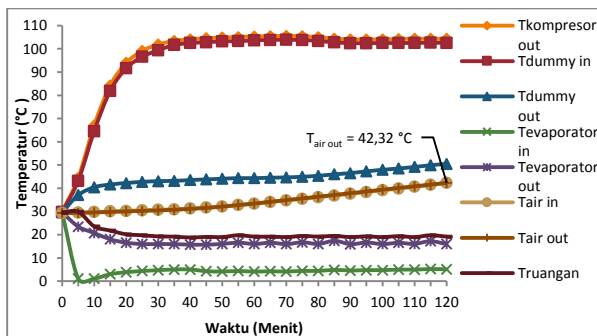
Variasi beban pendinginan yang diberikan adalah 0, 1000, 2000, dan 3000 W di ruangan simulasi yang berukuran 2,26 m × 1,75 m × 2 m (panjang × lebar × tinggi) dilengkapi dengan 30 buah lampu pijar 100 Watt. Termostat evaporator diatur pada pendinginan maksimum dan temperatur ruangan dijaga pada 19°C selama pengujian berlangsung.

3. Hasil dan Pembahasan

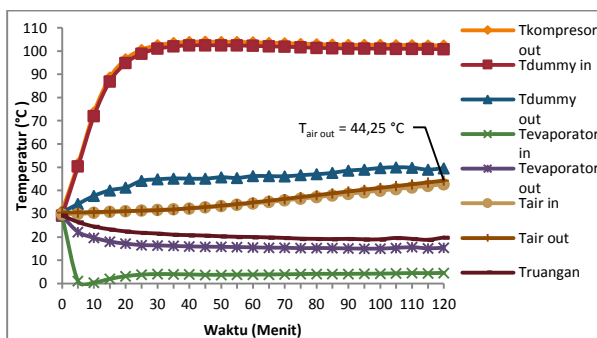
Pengujian ini dilakukan berdasarkan 4 kondisi pembebanan pada ruang yang didinginkan atau ruang simulasi. Kondisi 1, yaitu kondisi tanpa beban pendinginan atau beban 0 W. Sedangkan kondisi 2, 3, dan 4, yaitu kondisi dengan beban pendinginan 1000 W, 2000 W, dan 3000 W pada ruang uji. Pengambilan data dilakukan setiap 5 menit selama 120 menit dari saat mesin mulai dinyalakan. Proses pemanasan air di dalam tangki kondensor *dummy*

berlangsung pada saat mesin menyala dan tangki dalam keadaan penuh. Hasil pengujian AC dengan kondensor *dummy* tipe *Trombone Coil* diameter 1/4" tanpa bukaan katup air (tanpa sirkulasi).

Sistem AC dengan *water heater* (ACWH) tanpa beban pendinginan mencapai kondisi *steady* dalam waktu 30 menit. Temperatur air setelah 120 menit pengujian meningkat dari 29,60 °C hingga 42,32 °C, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Temperatur rata-rata refrigeran masuk dan keluar kondensor *dummy* adalah 102,90 °C dan 46,04 °C. Sebelum masuk ke kondensor utama, refrigeran berfasa uap lanjut terlebih dahulu melewati kondensor *dummy*. Di dalam tangki *water heater* terjadi perpindahan kalor dari refrigeran yang berada di dalam pipa kondensor *dummy* ke fluida air karena adanya perbedaan temperatur. Temperatur refrigeran yang keluar dari kondensor *dummy* turun menjadi 46,04 °C sehingga kalor yang kemudian dilepaskan ke lingkungan di kondensor lebih rendah. Refrigeran masuk ke kondensor dan kemudian masuk ke katup ekspansi untuk menurunkan tekanannya dan menuju evaporator untuk menyerap kalor dari ruang uji. Ruangan berada pada temperatur 19,23 °C. Selanjutnya, refrigeran kembali ke kompresor dengan temperatur masuk kompresor rata-rata 16,30 °C.



Gambar 4. Grafik Temperatur ACWH tanpa Beban Pendinginan

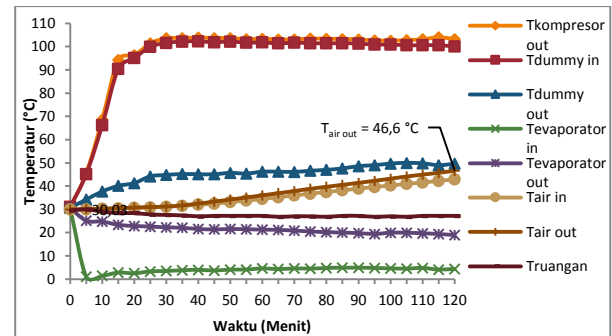


Gambar 5. Grafik Temperatur ACWH dengan Beban Pendinginan 1000 W

Gambar 5 menunjukkan grafik pengujian ACWH dengan beban pendinginan 1000 Watt. Temperatur air pada menit ke-120 adalah 44,25 °C. Setelah kondisi *steady*, temperatur rata-rata refrigeran masuk dan keluar kondensor *dummy*

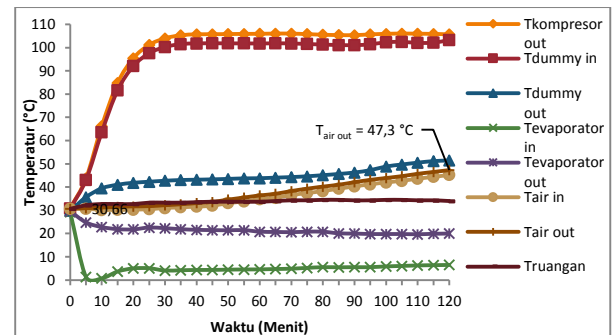
adalah 101,61 °C dan 46,12 °C, sedangkan temperatur ruangan rata-rata 19,69 °C.

Saat beban pendinginan 2000 Watt, temperatur air pada menit ke-120 adalah 44,25 °C, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Setelah kondisi *steady*, ACWH menghasilkan temperatur rata-rata refrigeran masuk dan keluar kondensor *dummy* adalah 101,82 °C dan 46,09 °C, sedangkan temperatur ruangan rata-rata 27,08 °C.

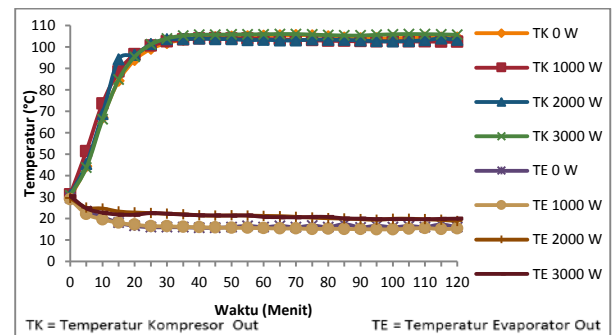


Gambar 6. Grafik Temperatur ACWH dengan Beban Pendinginan 2000 W

ACWH dengan beban pendinginan 3000 Watt, temperatur air pada menit ke-120 adalah 47,30 °C, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Setelah kondisi *steady*, temperatur rata-rata refrigeran masuk dan keluar kondensor *dummy* adalah 101,37 °C dan 44,08 °C, sedangkan temperatur ruangan rata-rata 34,08 °C.



Gambar 7. Grafik Temperatur ACWH dengan Beban Pendinginan 3000 W



Gambar 8. Grafik Temperatur Kompresor ACWH pada Setiap Beban Pendinginan

Gambar 8 menunjukkan grafik temperatur refrigeran masuk dan keluar kompresor pada ACWH

coil 1/4" pada setiap beban pendinginan. Temperatur rata-rata refrigeran keluar kompresor (*discharge*) pada beban pendinginan 0 W, 1000 W, 2000 W, dan 3000 W secara berturut-turut adalah 104,18 °C, 103,01 °C, 103,24 °C, dan 105,45 °C.

Temperatur *discharge* cenderung mengalami kenaikan di setiap kenaikan beban pendinginan. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya kalor yang harus diserap oleh refrigeran sistem dan dibuang ke lingkungan. Penyerapan kalor dilakukan oleh refrigeran bertemperatur rendah yang melewati evaporator. Kemudian, Temperatur refrigeran dari evaporator menuju *suction* pada kompresor meningkat sehingga setelah dikompresikan tekanan dan temperatur *discharge* refrigeran juga ikut meningkat.

Setelah pengujian selama 120 menit, temperatur air yang diperoleh akibat pemanasan oleh kondensor *dummy* di dalam *water storage* selalu mengalami kenaikan di setiap penambahan beban pendinginan. Temperatur air maksimum yang diperoleh ACWH *coil* 1/4" adalah pada saat pemberian beban pendinginan 3000 W, yaitu 47,30 °C.

4. Simpulan

Adapun simpulan dari pengujian yang telah dilakukan adalah semakin besar beban pendinginan yang diberikan pada ruangan, maka semakin banyak kalor yang diserap oleh refrigeran sistem dan dibuang ke lingkungan sehingga temperatur air panas dan temperatur *discharge* refrigeran yang diperoleh meningkat. Perolehan temperatur air panas maksimum sistem ACWH *coil* 1/4" adalah 47,30 °C dengan temperatur *discharge* sebesar 106,05 °C pada beban pendinginan 3000 W.

Daftar Pustaka

- [1] Aziz, Azridjal. 2002. Refrigeran Hidrokarbon sebagai Refrigeran pada Sistem Refrigerasi Komersil (*Commercial Refrigeration*) dan Pengkondisian Udara (*Air Conditioning*). Jurnal Sains dan Teknologi FT UR.
- [2] Amrul, 2001. "Kaji Eksperimental Karakteristik Mesin Refrigerasi Hibrid Kompresi Uap Susunan Seri dan Paralel dengan Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon HCR-12". Tesis Jurusan Teknik Mesin ITB Bandung.
- [3] 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 Pengering (*Drying Room*). Tesis Pascasarjana. Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana ITB.
- [4] Nurhalim, Ichwan. 2010. Rancang Bangun Dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe Serpentine Pada Split *Air Conditioning Water Heater*. Program Studi Sarjana Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- [5] Aziz, Azridjal, dkk, 2013. *Recovery Energi Pada Residential Air Conditioning Hibrida Sebagai Pemanas Air Dan Penyejuk Udara Yang Ramah Lingkungan*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. Teknologi Oleo Dan Petrokimia Indonesia (SNTK).
- [6] Ginting, Hardianto. 2014. Temperatur Sistem Pendingin Siklus Kompresi Uap Terhadap Perubahan Beban Pendinginan Dengan Penambahan Kondensor *Dummy* Sebagai *Water Heater*. JOM FTEKNIK Universitas Riau.
- [7] Satria, Arya Bhima. 2014. Pengaruh Beban Pendingin Terhadap Temperatur Sistem Pendingin Siklus Kompresi Uap dengan Penambahan Kondensor *Dummy* Tipe *Trombone Coil* Sebagai *Water Heater*. JOM FTEKNIK Universitas Riau.
- [8] Fikri, Sarwo. 2015. Pengaruh Beban Pendingin Terhadap Temperatur Sistem Pendingin Siklus Kompresi Uap dengan Penambahan Kondensor *Dummy* Tipe *Multi Helical Coil* Sebagai *Water Heater*. JOM FTEKNIK Universitas Riau.
- [9] Thalal. 2015. Pengaruh Beban Pendinginan Terhadap Temperatur Sistem *Residential Air Conditioning* Hibrida dengan Kondensor *Dummy* Tipe *Trombone Coil* Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon. JOM FTEKNIK Universitas Riau.
- [10] Aziz, Azridjal dan Satria, Arya Bhima. 2014. *Performance of Air Conditioning Water Heater with Trombone Coil 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.