

## Perangkat Pengkondisian Udara Dengan *Helical Coil Condenser* Sebagai *Water Heater*

Awaludin Martin<sup>1</sup>, Mintarto<sup>1</sup>, Abrar Ridwan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik-Universitas Riau

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293  
*mintarto.tito@gmail.com*

### Abstrak

Kebutuhan akan energi dari tahun ke tahun semakin meningkat, terutama energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Sejak terjadinya krisis energi, manusia sadar akan habisnya energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Keterbatasan pasokan energi yang tersisa memaksa manusia untuk sedapat mungkin menghemat penggunaan energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Salah satu langkah yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan panas buang dari suatu sistem atau perangkat pengkondisian udara. Bentuk terbaik pemanfaatan kembali kalor buang (*heat recovery*) tersebut adalah dengan menggunakannya sebagai pemanas air. Sebuah alat penukar kalor (*heat exchanger*) *type helical coil* dipasang untuk menggantikan kondenser yang sudah ada. Diameter luar *helical coil* 180 mm, yang terbuat dari *tube* berdiameter 9,5 mm, dengan panjang 23,5 m. Sistem pengkondisian yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem pengkondisian udara *type split* (terpisah) dengan daya kompresor 1 HP (745.6 Watt). Hasil penelitian menunjukkan bahwa air dapat dipanaskan sampai pada temperatur 47,3 °C, pada laju aliran massa air sebesar 59,76 kg/jam, selama 145 menit. Dengan *helical coil condenser* ini menjadikan *Coefficient of Performance* (COP) sistem meningkat dari sebelumnya 2,92 menjadi 3,48, naik sebesar 0,56 atau 19,16%

**Kata kunci:** Sistem Pengkondisian Udara, *Helical Coil Condenser*, *Coefficient Of Performance*, Temperatur Air

### Pendahuluan

Kebutuhan akan energi dari tahun ke tahun semakin meningkat, terutama energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Sejak terjadinya krisis energi, manusia sadar akan habisnya energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Keterbatasan pasokan energi yang tersisa memaksa manusia untuk mencari energi terbarukan guna memenuhi kebutuhan energi. Salah satu langkah yaitu dengan memanfaatkan kalor buang dari suatu sistem atau perangkat yang sudah ada menjadi energi yang berguna.

Mesin pengkondisian udara merupakan sebuah mekanisme berupa siklus yang mengambil energi (termal) dari daerah bertemperatur rendah dan dibuang ke daerah bertemperatur tinggi (lingkungan), maka diperlukan energi untuk menjalankan siklus refrigerasi (Rasta, I Made, 2009).

Bentuk terbaik pemanfaatan kembali kalor terbuang (*heat recovery*) tersebut adalah untuk memanaskan air. *Refrigerant heat recovery water heater* merupakan teknologi tepat guna dengan memanfaatkan kalor terbuang dari mesin refrigerasi untuk memanaskan air (Rasta, I Made, 2009). Sebuah alat penukar kalor (*heat exchanger*) dipasang untuk menggantikan kondenser yang sudah ada, menjadi kondenser dengan *water heater*. Mengingat besarnya energi yang dapat dimanfaatkan secara gratis tersebut, diperlukan kajian-kajian yang lebih mendalam mengenai peralatan pengkondisian udara.

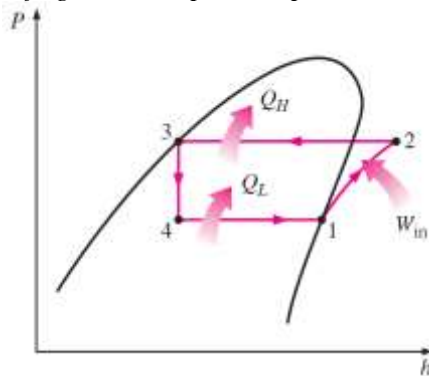
Perangkat pengkondisian udara merupakan sebuah mekanisme berupa siklus yang mengambil energi dari suatu tempat bertemperatur rendah ke tempat tempat bertemperatur tinggi yaitu lingkungan. Perangkat pengkondisian udara menghasilkan kalor yang selama ini tidak termanfaatkan. Dari sudut pandang penghematan energi, kalor yang terbuang dapat dimanfaatkan menjadi energi yang berguna, selain dari manfaat utama dari perangkat tersebut. Penelitian ini melakukan studi analisis hasil perencanaan kondenser

dengan pendingin air pada sistem pengkondisian udara guna memperoleh efisiensi energi. Studi dilakukan pada segi teknis, sehingga diakhir pelaksanaan penelitian ini didapatkan kesimpulan yang tepat untuk pemasangan kondenser air pada perangkat sistem pengkondisian udara secara efisien.

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan air panas gratis sehingga dapat meningkatkan *Coefficient Of Performance (COP)*, mesin pengkondisian udara karena adanya penggantian kondenser sebagai *water heater*, akan terjadi pelepasan kalor refrigeran yang lebih baik ke air dibandingkan dengan ke udara. serta, dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang manfaat penggunaan kondenser dengan *water heater*, khususnya kepada masyarakat pelaku bisnis supermarket, hotel, rumah sakit, pabrik pengolah makanan, serta usaha-usaha lainnya yang banyak memakai perangkat pengkondisian udara dan banyak memerlukan air panas untuk usahanya.

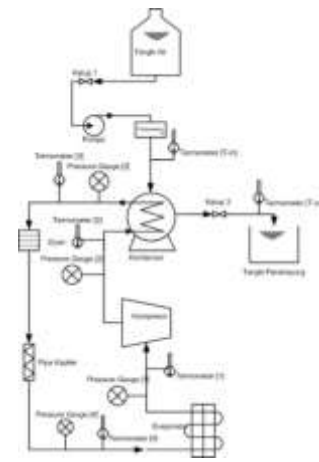
**Metode Penelitian**

*Siklus Refrigerasi Kompresi Uap*



**Gambar 1** Proses siklus refrigerasi kompresi uap pada diagram P-h

Dalam siklus refrigerasi mengalir fluida/media pendingin berupa refrigeran yang dapat menyerap kalor pada temperatur rendah (ASHRAE, 2005). Bahan pendingin ini mudah berubah dari wujud cair ke gas dan atau sebaliknya. Skema pemasangan kondenser sebagai *water heater* dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2** Skema alat uji dengan *helical coil condenser* sebagai *water heater*

*Perhitungan Performansi Sistem Refrigerasi*

Dasar-dasar perhitungan performansi siklus kompresi uap standar berlandaskan pada diagram hubungan temperatur (T) dengan entropi (s) dan tekanan (P) dengan entalpi (h) untuk siklus kompresi uap standar.

*Efek refrigerasi (ER)*

Efek refrigerasi merupakan jumlah kalor yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator untuk setiap satu satuan massa refrigeran.

$$ER = h_1 - h_4 \text{ (kJ/kg)}$$

*Kerja kompresi (Wk)*

Besarnya kerja kompresi (Wk) sama dengan selisih entalpi uap refrigeran yang keluar kompresor dengan entalpi uap refrigeran yang masuk ke kompresor.

$$Wk = h_2 - h_1 \text{ (kJ/kg)}$$

*Coefficient Of Performance (COP)*

COP disebut dengan koefisien prestasi dipergunakan untuk menyatakan performansi dari siklus refrigerasi

$$COP = \frac{ER}{WK}$$

Pemanfaatan kalor terbuang dari kondenser dengan menggunakan *helical coil condenser* sebagai *water heater*, maka persamaan COP adalah sebagai berikut:

$$COP = \frac{ER + Q}{WK}$$

*Temperatur air yang keluar kondenser (T<sub>wo</sub>)*

Besarnya temperatur yang keluar dari kondenser dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$T_{wo} = T_{wi} + \frac{Q_{kond}}{\dot{m}_{air} c_p}$$

Kalor yang diserap air ( $Q$ )

Besarnya kalor yang diserap air pada kondenser dipengaruhi oleh besarnya nilai laju aliran massa dan perubahan temperatur pada kondenser. Nilai kalor yang diserap air dapat dicari dengan persamaan:

$$Q = [\dot{m} \cdot C_p \cdot (\Delta T)]_{air}$$

Efektivitas kondenser ( $\varepsilon$ )

Besarnya efektivitas pada kondenser dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\text{kalor nyata}}{\text{kalor yang mungkin}} = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{maks}}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= [C(T_{out} - T_{in})]_{air} \\ \dot{Q}_{max} &= C_{min}(T_{hi} - T_{ci}) \\ C_{min} &= C_p \frac{T_{co} - T_{ci}}{T_{hi} - T_{ho}} \end{aligned}$$

Spesifikasi Teknik Mesin Pengkondisin Udara

Adapun spesifikasi mesin penkondisian udara yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- *Cooling Capacity* 9000 Btu/h atau 2,64 kW.
- Kompresor : Rotari, tipe hermetik 1HP
- Refrigeran : R22

Spesifikasi Helical Coil Condenser sebagai Water Heater

Diameter luar *helical coil* 180 mm, yang terbuat dari *tube* berdiameter 9,5 mm, dengan panjang *tube helical coil condenser* yaitu 23,5 meter, dengan berbahan tembaga dengan *shell* berbahan PVC terisolasi dan aliran *counter flow*

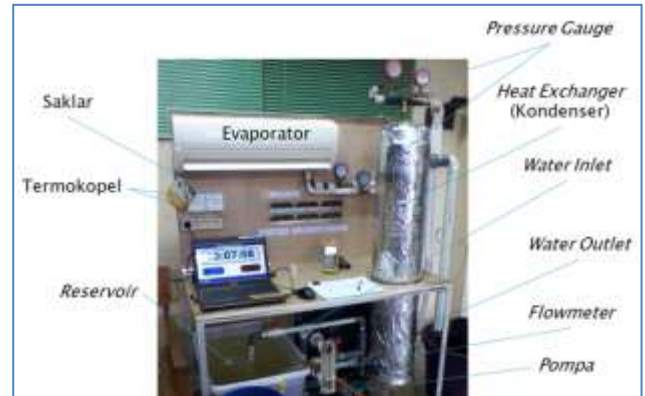
Alat Ukur dan Peralatan

Adapun alat ukur yang digunakan adalah:

- *Pressure Gauge* : 4 buah
- Termokopel: 7 buah
- *Flowmeter* : 1 buah

Sedangkan peralatan yang digunakan antara lain:

- Tang *Ampere*
- *Stop watch*
- Digital Termometer
- *Toolbox set Air Conditioning*

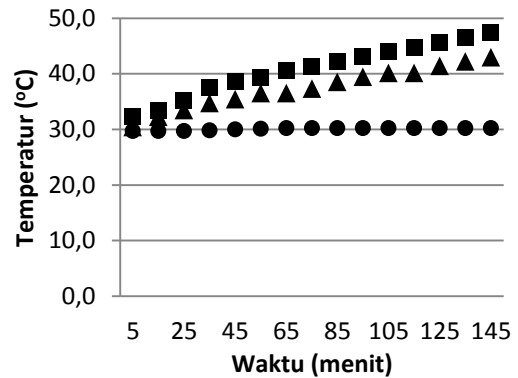


Gambar 3 Alat Uji

### Hasil Dan Pembahasan

Temperatur air keluar dari kondenser

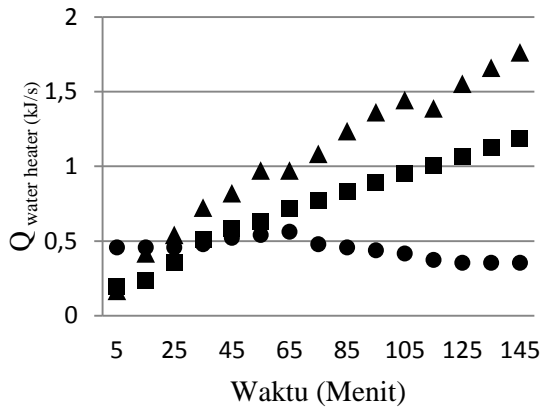
Besarnya temperatur yang keluar dari kondenser dipengaruhi oleh laju aliran massa dari air tersebut. Dari hasil pengujian temperatur air yang keluar kondenser dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 4 Grafik temperatur air keluar kondenser  
■ 59,79 kg/jam, ▲ 119,57 kg/jam, ● 179,36 kg/jam

Grafik di atas menunjukkan perubahan temperatur air yang keluar dari kondenser. Perubahan temperatur di pengaruhi oleh perubahan temperatur *tube* kondenser dan laju aliran massa air. Temperatur air maksimum yang keluar dari kondenser mencapai 47,3°C, pada laju aliran massa air sebesar 59,79 kg/jam. Berdasarkan perancangan temperatur air yang diharapkan sebesar 38-40°C (Awaludin Martin, 2012).

Kalor yang diserap air pada *water heater*

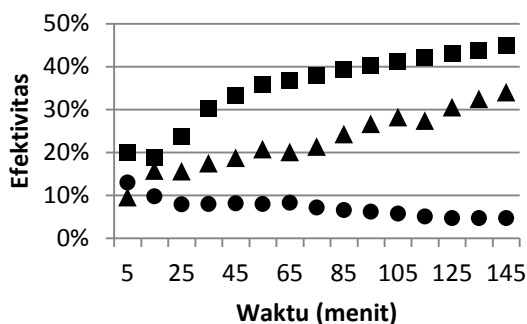


**Gambar 5** Kalor yang diserap air  
■ 59,79 kg/jam, ▲ 119,57 kg/jam, ● 179,36 kg/jam

Besarnya perubahan kalor yang diserap oleh air pada *water heater* dipengaruhi besarnya perubahan temperatur air dan *helical coil condenser*. Grafik menunjukkan kalor tertinggi yang diserap air pada *water heater* terjadi pada laju aliran massa air 119.57 kg/jam, dengan rata-rata kalor 1.073 kJ/s

#### Efektivitas condenser

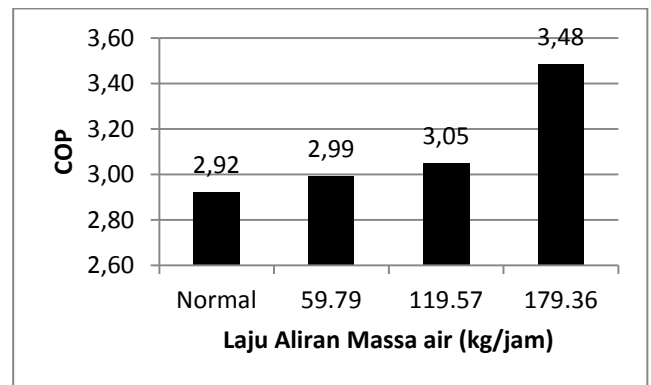
Besarnya nilai efektivitas dipengaruhi oleh besarnya nilai kalor *actual*, hal ini dapat diperhatikan dari grafik pengujian. Perbandingan laju aliran massa air 59,79 kg/jam, 119,57 kg/jam dan 179,36 kg/jam dimana nilai efektivitasnya akan semakin kecil seiring menurunnya nilai kalor *actual* (Gambar 6), Hal ini dipengaruhi oleh perubahan temperatur. Nilai efektivitas maksimum yang tercapai sebesar 45%, pada laju aliran massa air 59,79 kg/jam



**Gambar 6** Grafik efektivitas kalor  
■ 59,79 kg/jam, ▲ 119,57 kg/jam, ● 179,36 kg/jam

#### Coefficient Of Performance (COP)

Berdasarkan laju aliran massa air yang mengalir pada *helical coil condenser* sebagai *water heater* mempengaruhi besarnya nilai *Coefficient Of Performance (COP)*, seperti pada grafik di bawah ini:



**Gambar 7** Perbandingan COP

Perubahan ini dipengaruhi oleh perubahan temperatur dari masing-masing laju aliran massa air. Dari grafik di atas, nilai COP dengan *helical coil condenser* sebagai *water heater*, mencapai 3,48 pada laju aliran massa air sebesar 179,36 kg/jam. Bila dibandingkan dengan COP tanpa perubahan kondenser (normal), maka COP dengan *helical coil condenser* sebagai *water heater* mengalami peningkatan sebesar 0,56 atau 19.16%

#### Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan di atas, untuk perangkat pengkondisian udara dengan kapasitas 1HP dengan *helical coil condenser* sebagai *water heater*, maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Temperatur air maksimum yang dapat dicapai 47.3°C, pada laju aliran massa air sebesar 59,79 kg/jam selama 145 menit
2. Kalor maksimum yang diserap air pada *water heater* terjadi pada laju aliran massa air 119.57 kg/jam, dengan rata-rata kalor 1.073kJ/s
3. Peningkatan efektivitas kondenser dengan *helical coil condenser* mencapai 45% pada laju aliran massa air 59,79 kg/jam
4. Berdasarkan data hasil perhitungan *Coefficient Of Performance (COP)*, setelah menggunakan *helical coil condenser* sebagai *water heater* mengalami kenaikan sebesar 19,16%. Dengan demikian kalor buang pada perangkat pengkondisian udara dapat dimanfaatkan karena tidak akan memperangaruhi dari fungsi utamanya

#### Nomenklatur

- $C_p$  = Kalor spesifik air pada temperatur rata-rata (kJ/kg-K)  
 $h_1$  = entalpi masuk kompresor, (kJ/kg)  
 $h_2$  = entalpi keluar kompresor, (kJ/kg)  
 $h_4$  = entalpi masuk evaporator, (kJ/kg)  
 $m_{air}$  = laju aliran massa air (kg/s)  
 $T_{wo}$  = temperatur air keluar dari kondenser, (°C)

$T_{wi}$  = temperatur air masuk kondenser, ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $T_{co}-T_{ci}$  = beda temperatur masuk dan keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $Q$  = kalor yang diserap air (kJ/s)  
 $Q_{kon}$  = laju perpindahan kalor pada kondenser (kJ/s)  
 $\dot{Q}$  = perpindahan kalor nyata (kJ/s)

*Chiller Untuk Pemanas Air Hemat Energi*, Jurnal Ilmiah  
Teknik Mesin CakraM Vol. 3 No. 2, 114-120, 2009

### **Greek Letters**

$\varepsilon$  = efektivitas kondenser

### **Referensi**

**ASHRAE HANDBOOK**, *Fundamental American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineer*, SI Edition, 2005

**Cengel, Yunus A.**, *Heat Transfer A Practical Approach*, 2<sup>nd</sup> Edition, 2002

**Dincer, Ibrahim.**, *Refrigeration System and Applications*, England, ISBN: 978-0-470-74740-7, 2010.

**Incropera, F.P., DeWitt, Bergman, & Lavine.**, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Edisi ke 6, 2006.

**Liemena, Aloysius Eddy.**, Laju aliran massa air endingin yang diperlukan dan Laju perpindahan panas dari refrigeran ke air pendingin, ARIKA, Vol. 05, No. 2, ISSN: 1978-1105, 2011

**Martin, Awaludin., Ridwan, Abrar., & Mintarto.**, *Design of Helical Coil Condenser on Air Conditioning*, Jurnal Spektrum Vol. 11, 107-115, 2012

**Michael J. Moran & Howard N. Shapiro.** *Termodinamika Teknik*, Erlangga, Jakarta, 2006.

**Mukeshkumar, P.C., Kumar, J., Suresh, S., Babu, K. Praveen.**, *Experimental study on parallel and counter flow configuration of a shell and helically coiled tube heat exchanger using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ water nanofluid*, J. Mater. Environ. Sci. 3 (4) 766-775, ISSN : 2028-2508, 2012

**Purnawan, Adi., Suarnadwipa & Wirawan, I K.G.**, Analisa Performansi Sistem Air Conditioning Mobil tipe ET 450 dengan Variasi Tekanan Kerja ompresor, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM Vol. 4 No.1. 26-30, 2010

**Rasta, I Made.**, *Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondensor Ac Sentral Jenis Water*