

Sistem Air Conditioner Water Heater dengan Tiga Alat Penukar Kalor Tipe Koil disusun Seri

Nandy Putra, Nasruddin, Agus L.M. Sinaga, dan Handi Chandra

Laboratorium Perpindahan Kalor

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok

Email: nandyputra@eng.ui.ac.id

Abstrak

Energi merupakan faktor pendukung bagi keberlangsungan makhluk hidup, sehingga usaha penghematan energi sangatlah penting dilakukan. Salah satu contohnya usaha konservasi energi yakni penggunaan energi dengan lebih efisien atau pemanfaatan panas buang dari suatu siklus atau sistem energi. Perumahan dan apartemen adalah tempat-tempat yang membutuhkan energi cukup besar bagi penghuni untuk melakukan aktivitas dengan nyaman. Khususnya di Indonesia yang merupakan negara tropis dengan temperatur udara yang lembab dan panas, maka untuk kenyamanan penghuni, kebanyakan perumahan mewah atau setiap unit apartemen dilengkapi penyejuk ruangan. Selain daripada itu untuk mengembalikan kesegaran, biasanya penghuni rumah atau apartemen melengkapi rumahnya dengan pemanas air untuk kebutuhan air hangat untuk mandi. Terdapat sistem ACWH (air conditioning water heater) yang merupakan produk teknologi yang mampu menghasilkan air panas dengan memanfaatkan energi panas yang terbuang dari kondenser AC. Pada penelitian ini digunakan AC yang ada dipasaran tipe split dengan daya 1 PK dan alat penukar kalor yang dirancang adalah alat penukar kalor tipe koil sebanyak 3 buah yang dipasang seri. Pada penelitian ini laju aliran air divariasikan dari 50 l/h sampai 250 l/h. Hasil penelitian menunjukkan air panas yang dihasilkan dapat mencapai temperatur 60°C pada laju aliran 50 l/h dan efektifitas termal alat penukar kalor berkisar 58%. Gabungan sistem penyejuk ruangan dan sistem air panas selain mendapat keuntungan memperoleh kesejukan udara dan air panas juga menurunkan konsumsi energi pada pengoperasian AC.

Kata kunci: *air conditioner water heater, Panas Buang, Konservasi Energi, Alat penukar Kalor tipe Koil*

PENDAHULUAN

Energi merupakan faktor pendukung bagi keberlangsungan makhluk hidup, sehingga usaha penghematan energi sangatlah penting dilakukan. Banyak usaha yang dapat dilakukan untuk melakukan penghematan energi salah satu contohnya adalah pemanfaatan panas buang dari suatu siklus atau sistem energi. Perumahan atau rumah tangga adalah sektor yang membutuhkan energi cukup besar. Khususnya di Indonesia yang merupakan negara tropis dengan temperatur udara yang lembab dan panas, maka untuk kenyamanan penghuni, kebanyakan perkantoran, perumahan atau setiap unit apartemen dilengkapi penyejuk ruangan. Selain daripada itu untuk mengembalikan kesegaran, biasanya penghuni rumah atau apartemen melengkapi rumahnya dengan pemanas air untuk kebutuhan air hangat yang dipergunakan untuk keperluan mandi. Kedua alat ini membutuhkan energi yang cukup besar.

Terdapat sistem ACWH (*air conditioning water heater*) yang merupakan produk teknologi yang mampu menghasilkan air panas dengan memanfaatkan energi panas yang terbuang dari kondenser AC (*Air Conditioning*) (Jii Je et.al 2002). Sistem pemanas air ini tidak menggunakan energi listrik maupun gas dalam proses pemanasannya, sehingga alat ini dapat menghilangkan resiko kecelakaan yang disebabkan oleh sengatan listrik maupun kebocoran gas, karena itu pemakainnya sangat cocok di berbagai tempat hunian, khususnya apartemen yang memiliki luas yang terbatas.

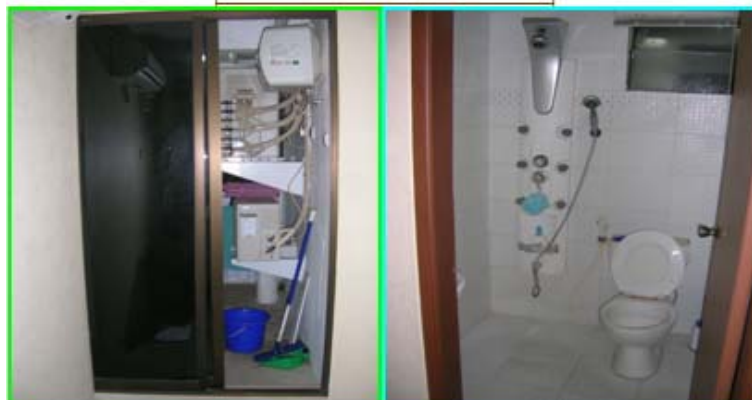
Meninjau pembangunan apartemen yang terus bertambah di Jakarta dan kota besar lainnya serta bentuk ruang yang identik di tiap lantai apartemen, maka peluang bisnis ACWH ini sangat terbuka lebar. Namun demikian ACWH ini kurang menarik karena memang unitnya masih cukup

besar dan tidak praktis, serta kurangnya kesadaran masyarakat mengenai tingkat ekonomis penggunaan ACWH jika dibanding dengan menggunakan AC dan pemanas air secara terpisah. Penelitian sebelumnya Nandy et al 2006 dan 2005 dengan menggunakan koil tunggal dan ganda pada posisi horizontal dan vertical dapat menghasilkan air panas dengan temperatur 60°C pada laju aliran yang rendah dan temperature air dingin yang dipanaskan berkisar 27-29°C. Hasil ini sebenarnya sudah cukup memadai untuk kebutuhan air panas di perumahan atau apartemen, namun demikian masih system ACWH ini masih dapat dioptimalkan lagi dengan desain yang lebih kompak. Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang bangun dan menguji unjuk kerja alat penukar kalor yang lebih kompak dengan efektivitas lebih baik dari penelitian sebelumnya. Penelitian ACWH ini ditujukan khusus untuk apartemen.

METODE PENELITIAN

Survei Lapangan

Tahap awal penelitian ini adalah dilakukannya survei lapangan, untuk mengetahui batasan – batasan yang ada dan kebutuhan konsumen terhadap ACWH yang akan dirancang. Survei dilakukan di beberapa apartemen yang berlokasi di Jakarta. Gambar 1 menunjukkan foto kamar mandi dan posisi peletakan kondesor AC serta pemanas air di apartemen. Dari hasil survey diperoleh informasi bahwa sebagian besar apartemen memiliki kamar mandi dan balkon atau tempat meletakkan kondensor AC yang dibuat berdampingan sehingga denah posisi ini sangat menguntungkan untuk pemanfaatan ACWH, karena mudah dalam instalasi dan dapat meminimalkan kerugian jatuh tekan.



Gambar 1. Denah Ruang Apartemen

Perancangan ACWH

Perancangan alat penukar kalor untuk system ACWH pada penelitian ini merujuk pada penelitian ACWH sebelumnya [nandy et al. 2005 dan 2006], RK Shah 2003 dan standar perhitungan di TEMA, dan asumsi-asumsi lainnya yakni laju air 50 L/h dan temperatur maksimum keluar dari alat penukar kalor sebesar 60°C. Temperatur ini sangat menguntungkan bila dilihat dari segi dimensi *thermal storage*, karena untuk menghasilkan air hangat bertemperatur 45°C hanya dibutuhkan 57 % air panas bertemperatur 60°C dan 43% air tanah bertemperatur 25°C. Alat penukar kalor tipe koil dipilih karena mudah dalam pembuatannya dan dapat dilakukan di bengkel-bengkel kecil. Fluida air mengalir di dalam selongsong sementara fluida refrijeran mengalir di dalam pipa mengingatkan tekanan refrijeran yang cukup tinggi. Material pipa terbuat dari tembaga untuk mendapatkan perpindahan kalor yang cukup tinggi sementara selongsongnya terbuat dari besi. Pada perancangan faktor pengotoran baik pada pipa maupun selongsongan tidak diperhitungkan.

Perancangan alat penukar kalor menggunakan metode yang umum digunakan dengan persamaan dasar sebagai berikut :

$$Q = UA\Delta T_{lmc} \quad (1)$$

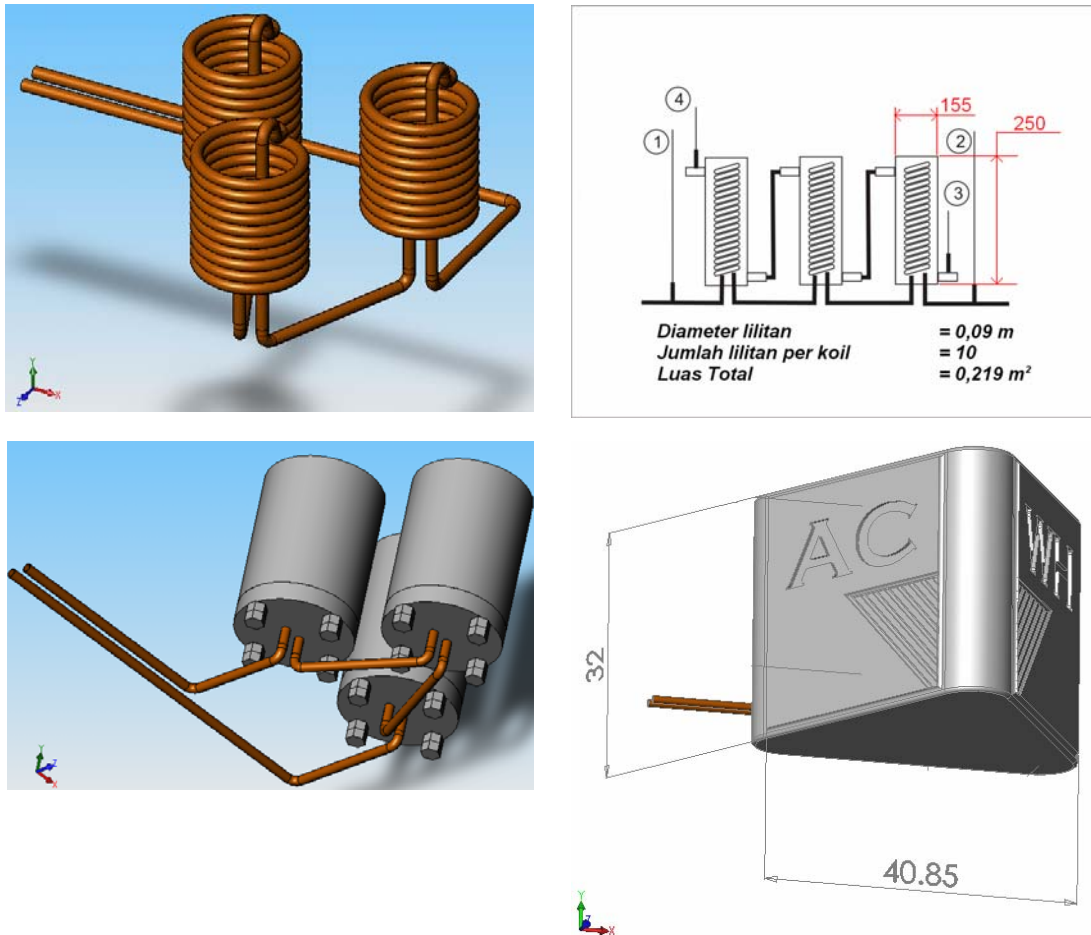
dimana :

- Q : beban kalor. [W]
 U : koefisien perpindahan kalor menyeluruh [W/m² K]
 A : luas permukaan perpindahan kalor [m²]
 ΔT_{lm} : beda suhu rata – rata [K]

Untuk menghitung koefisien perpindahan kalor menyeluruh digunakan persamaan berikut:

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{(\eta_o \cdot h \cdot A)_c} + \frac{Rf''_c}{(\eta_o \cdot A)_c} + R_w + \frac{Rf''_h}{(\eta_o \cdot A)_h} + \frac{1}{(\eta_o \cdot h \cdot A)_h} \quad (2)$$

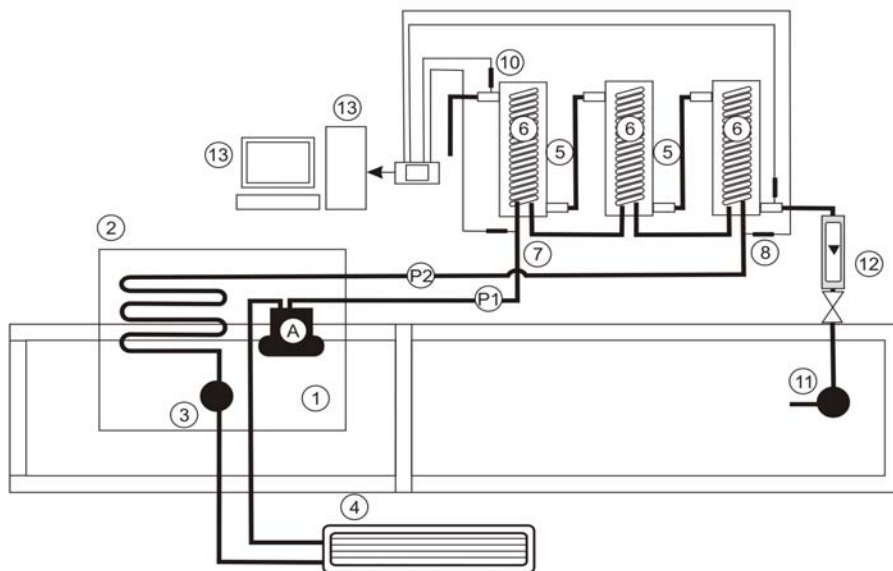
Dari perhitungan diperoleh dimensi alat penukar kalor untuk system ACWH sebagai berikut : Luas total perpindahan kalor 0.219 m², diameter pipa yang digunakan adalah 3/8 “ jumlah lilitan per koil adalah 10 lilitan dengan diameter lilitan 0.09 m. Pada gambar 2 dapat dilihat hasil rancangan alat penukar kalor tipe koil pada system ACWH.



Gambar 2. Rancangan Alat Penukar Kalor tipe Koil Tiga Lajuan

Skema Alat Uji

Alat pengujian terdiri dari sistem AC dengan aliran refrigeran dihubungkan dengan alat penukar kalor. Sistem AC konvensional memiliki kapasitas 1 PK terdiri dari kompresor ①, kondenser ②, katup ekspansi ③ dan evaporator ④. Pipa keluaran kompresor sebelum masuk pipa input kondenser dipotong kemudian dihubungkan dengan alat penukar kalor ⑤ ⑥ yang dirancang. Refrigeran dengan temperatur tinggi yang keluar dari kompresor akan mengalir terlebih dahulu melalui alat penukar kalor lalu menuju kondenser. Selama melewati penukar kalor, terjadi perpindahan kalor dari refrigeran ke air. Termokopel untuk mengukur temperatur refrigeran dipasang sebelum ⑦ dan sesudah ⑧ memasuki penukar kalor. Termokopel untuk mengukur temperatur air diletakkan pada titik masuk ⑩ dan keluar ⑨ dari selubung. Semua termokopel dihubungkan dengan data akusisi yang terpasang di komputer (13). Parameter lain yang diukur dalam alat pengujian ini adalah laju aliran air dengan *rotameter* sebagai alat pengukur laju aliran air (12) diletakkan pada jalur aliran air tepatnya diantara pompa air dan alat penukar kalor. Tekanan refrigeran diukur dengan menggunakan *pressure gauge* tipe bourdon tube pada titik P1, P2 dan P3. Kemudian untuk menghitung konsumsi listrik pada kompresor maka arus listrik yang masuk kompresor diukur dengan *clamp meter* dan tegangan distabilkan dengan *stabilizer*. Variasi yang dilakukan pada pengambilan data pada laju aliran air yakni dari 50, 60, 70, 80, 90, 100, 150, 200, hingga 250 Liter/jam.

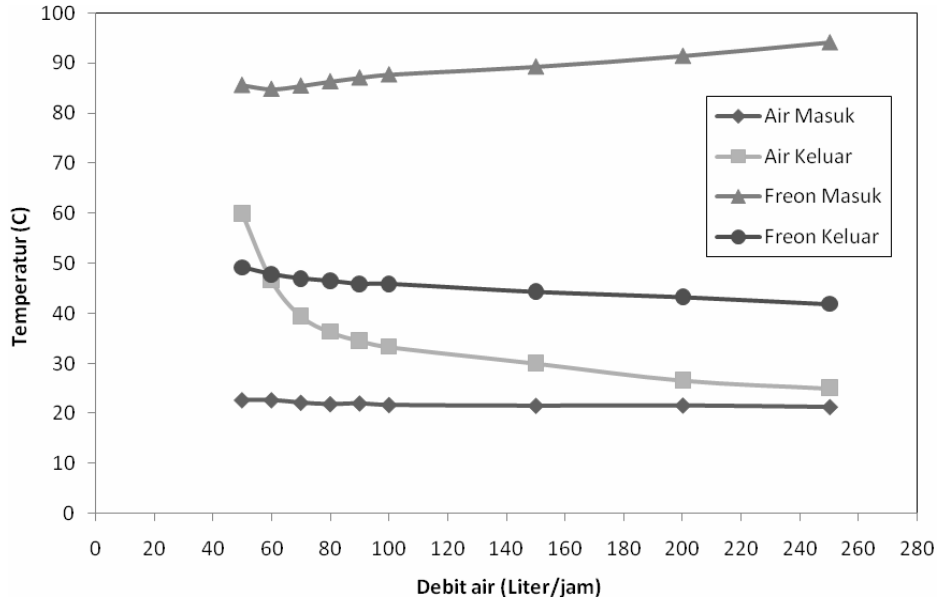


Gambar 3. Skema pengujian

ANALISA DATA

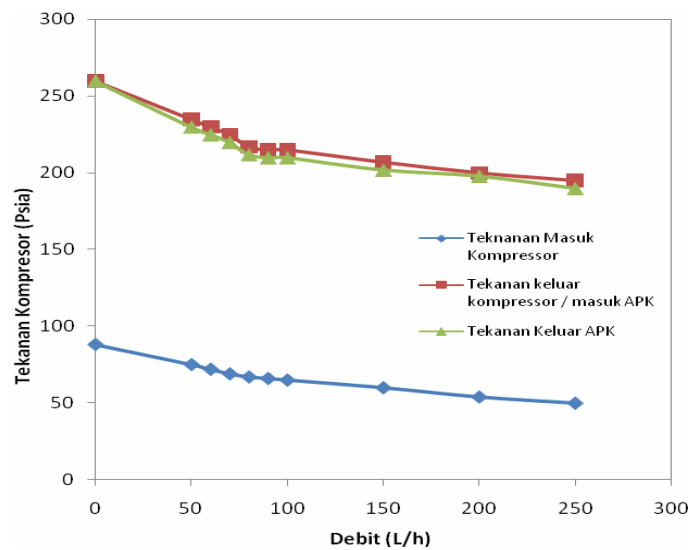
Pada gambar 4 dapat dilihat distribusi temperatur masuk dan keluar masing-masing fluida pada alat penukar kalor yang dirancang. Pada pengujian digunakan air tanah dengan temperatur yang berkisar antara 21°C sampai 26 °C. Air dialirkan ke dalam alat penukar kalor dengan variasi laju aliran 50 l/h sampai dengan 250 l/h. Temperatur masuk Freon berkisar antara 84°C - 94°C dengan laju aliran konstan. Temperatur air panas yang keluar dari alat penukar kalor bervariasi antara 25°C sampai 60°C. Temperatur air panas yang dihasilkan semakin turun dengan naiknya laju aliran air, hal ini karena waktu kontak antara air dengan permukaan perpindahan panas semakin singkat. Temperatur maksimum yang dapat dicapai adalah 60°C pada laju aliran 50 l/h. Sedangkan untuk temperatur refrigeran, temperatur keluarannya sekitar 49°C pada laju aliran air yang rendah dan menurun menjadi 42 °C pada laju aliran 250 l/h, hal ini menunjukkan bahwa jumlah kalor yang dilepaskan refrigeran atau jumlah kalor yang dapat diserap oleh air akan menjadi maksimal pada laju aliran rendah.

Menurut Nurbambang 1999, kebutuhan air panas untuk sekali mandi adalah 50 liter dengan temperature antara 40-45 °C, sehingga kebutuhan air panas khususnya untuk penghuni di apartemen yang berkisar 2-4 orang maka laju aliran air 50 l/h dianggap cukup ideal untuk apartemen.



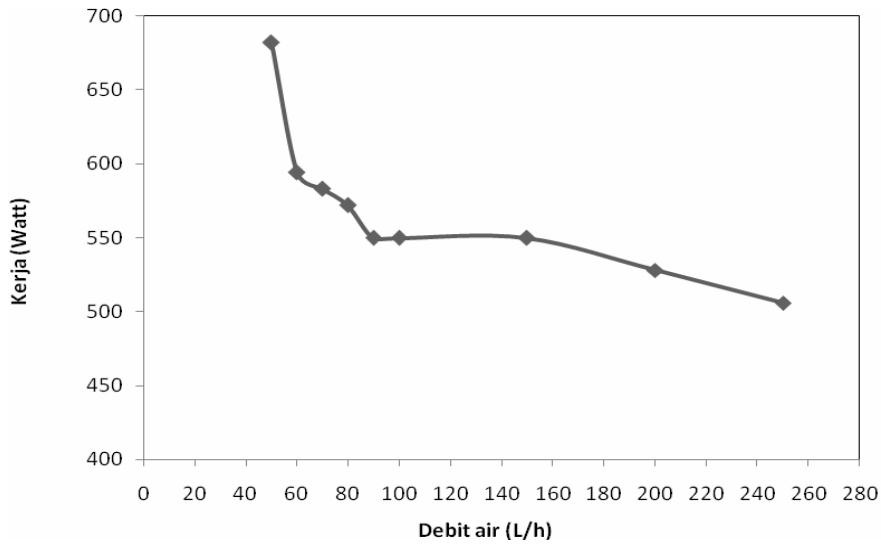
Gambar 4. Debit air Vs. Temperatur Air

Pada gambar 5 dapat dilihat hubungan tekanan refrijeran khususnya tekanan masuk dan keluar compressor serta tekanan keluar alat penukar kalor. Sebelum aliran air dilairkan di dalam alat penukar kalor, atau system dalam kondisi biasa, tekanan refrijeran diset pada tekanan 70 Psi. Setelah air mulai dialirkan ke dalam alat penukar kalor tekanan refrijeran mulai turun, hal ini dikarenakan, temperatur refrijeran secara keseluruhan menjadi lebih rendah karena sebagian kalor refrijeran dilepaskan ke air, hal ini berakibat menurunnya tekanan refrijeran di dalam system. Air pada alat penukar kalor lebih banyak menyerap kalor dibading udara pada bagaian condenser. Sementara apabila dilihat jatuh tekan di dalam alat penukar kalor, terlihat bahwajatuhan tekan pada alat penukar tidak terlalu besar sekitar 0.35 bar. Jatuh tekan pada alat penukar kalor banyak dipengaruhi oelh jumlah lilitan pada masing-masing koil.

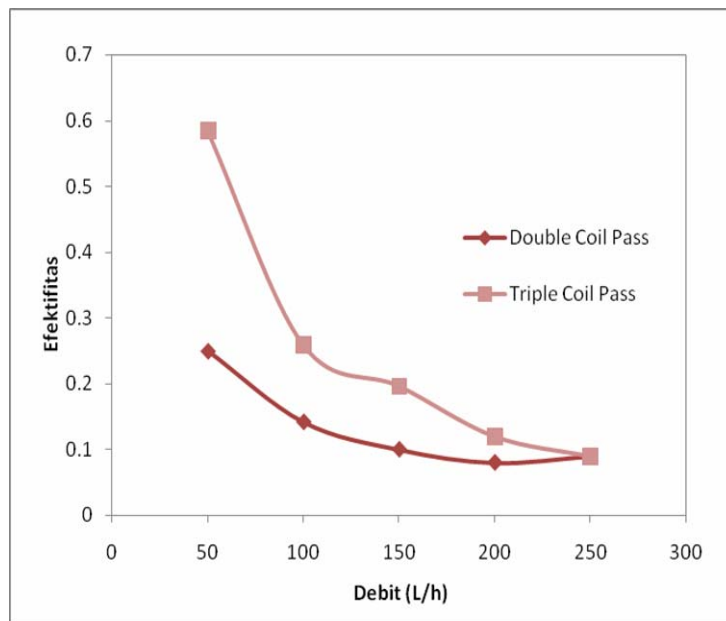


Gambar 5. Tekanan Refrijeran Vs Laju aliran air

Apabila dilihat dari kerja kompresor, pada gambar 6 dapat dilihat hubungan kerja kompresor dengan laju aliran air masuk ke dalam alat penukar kalor. Semakin meningkat laju aliran air, semakin menurun pula kerja kompresor. Menurunnya kerja kompresor ini lebih disebabkan oleh tekanan di dalam system AC yang juga menurun seperti yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Kerja kompresor vs laju aliran air.



Gambar 7. Perbandingan Efektifitas Alat Penukar Kalor

Pada gambar 7 dapat dilihat perbandingan efektifitas 3 alat penukar kalor tipe koil yang disusun secara seri dengan alat penukar kalor pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [nandy et.al 2006]. Secara keseluruhan efektifitas 3 alat penukar kalor tipe koil yang disusun secara seri ini memiliki efektifitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan alat penukar kalor yang digunakan pada penelitian sebelumnya, khususnya pada laju aliran yang rendah. Efektifitas

yang lebih tinggi dikarenakan rancangan alat penukar kalor 3 koil yang disusun seri dapat menghasilkan beda temperature antara sisi masuk dan keluar lebih tinggi.

KESIMPULAN

- Dengan AC berdaya 1 pk dan laju aliran antara 50 L/h sampai 250 L/h, alat penukar kalor yang tipe koil yang dirancang dan disusun secara seri menghasilkan air panas dengan temperatur berkisar antara 25 – 60 °C.
- Keberadaan ACWH dapat mengurangi kerja kompresor karena terjadi *heat recovery* pada ACWH, sehingga suhu kondenser lebih rendah, selanjutnya titik embun dan titik penguapan pada siklus refrigeran juga turun. Luasan siklus refrigerasi yang menurun akibat pemasangan ACWH juga menjadi penyebab penurunan kerja kompresor.
- Rancangan alat penukar kalor tipe koil sebanyak 3 buah disusun seri pada system ACWH memiliki efektifitas sekitar 60 % pada laju aliran 50 l/h.

DAFTAR PUSTAKA

- Franck P. Incropera, “*Fundamentals of Heat and Mass Transfer*”, (Singapore: John Willey & Sons Asia Pte. Ltd., 2002)
- J.P. Holman, “*Experiment Method for Engineers*” atau “Metode Pengukuran Teknik”, terj. E. Jasfi, (Jakarta: Erlangga, 1985)
- Jie Ji, Tin-tai Chow, Gang Pei, Jun Dong, Wei He (2002). “*Domestic air-conditioner and integrated water heater for subtropical climate*”. *Journal of Applied Thermal Engineering*, 23 (2003) 581 – 592 .
- Nandy Putra, Amry D Hidayat, Nasruddin, Karakteristik Unjuk Kerja Penukar kalor Double Shell pada sistem Air conditioner Water Heater, Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri Universitas Gajah Mada Yogyakarta, 27 Juni 2006. ISBN 979-99266-1-0
- Nandy Putra, Dian Mardiana, Mulyanto, Kinerja Alat Penukar Kalor pada Air Conditoner Water Heater, Prosiding Seminar Nasional Efisiensi dan Konservasi Energi (FISERGI) 2005, 12 Desember 2005, ISSN 1907-0063, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- R.K. Shah., “*Fundamentals of Heat Exchanger Design*”, (New Jersey: John Willey & Sons, Inc., 2003)
- Soufyan M. Nurbambang, “Perencanaan Dan Pemeliharaan Plambing”, (Jakarta: Pradnya Paramita, 1999)
- Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc., “*Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association*”, (New York. 7th ed., 1988)