

Kajian Eksperimen Pada *Split Air Conditioning Water Heater* Dengan Alat Penukar Kalor Tipe Plat Untuk Penyediaan Air Panas Di Apartemen

Nandy Putra, Nasruddin, Handi dan Agus LMS

Laboratorium Perpindahan Kalor
Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia
Email : nandy.putra@ui.edu

Abstrak

Pertumbuhan ekonomi, perubahan standar dan pola hidup membuat kebutuhan energi juga merangkak dengan cepat. Energi merupakan faktor pendukung bagi keberlangsungan makhluk hidup, sehingga usaha penghematan energi sangatlah penting. Salah satunya contoh usaha konservasi energi adalah penggunaan energi dengan lebih efisien, yang antara lain diaplikasikan dalam *Split Air Conditioner Water Heater (S-ACWH)*. *S-ACWH* merupakan produk teknologi yang mampu menghasilkan air panas dengan memanfaatkan energi panas yang terbuang dari AC (*Air Conditioner*). Pada penelitian dikembangkan sistem *Split Air Conditioning Water Heater* dengan menggunakan alat penukar kalor tipe plat, yakni suatu alat penukar kalor yang dikategorikan sebagai alat penukar kalor yang kompak sehingga diperkirakan cocok untuk ditempatkan di apartemen-apartemen yang memiliki ruang yang terbatas dan dapat pula menghemat konsumsi energi. Pada penelitian ini digunakan AC dengan daya 1 PK dan pengujian dilakukan pada unjuk kerja alat penukar kalor PHE serta dibandingkan dengan kemampuan alat penukar kalor tipe koil yang telah dikembangkan sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan air panas yang dihasilkan dapat mencapai temperatur maksimum 57°C dan efektivitas termal alat penukar kalor berkisar 73% - 85%.

Kata kunci: *Split air conditioner water heater, plate heat exchanger dan konservasi energi*

Abstract

Economic growth, the change of life standard and life style generate also the rising of energy demand faster. Energi is a factor in supporting of humans living. Therefore saving energi or energi conservation is really important. One of energi conservation ways is using energi efficiently; in this case *Split Air Conditioner Water Heater (S-ACWH)* is an example in using energi efficiently. *S-ACWH* is a system that can produce warmed water by using waste heat from the split air conditioner (AC). In this research, *Split Air Conditioner Water Heater (S-ACWH)* was developed which is utilized plate heat exchanger that is categorized as compact heat exchanger. The *S-ACWH* with plate heat exchanger is predicted suitable for apartments which have small space. *Split Air Conditioning* with 1 PK has been used in this research then the performance of Plate heat exchanger is tested and the results were compared with previous results of triple coil heat exchangers. The result of the experiment showed that the temperature of hot water could reach 57°C and the thermal effectiveness of heat exchangers are around 73% - 85%.

Keywords: *Split air conditioner water heater, plate heat exchanger and energy conservation*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi di sebagian besar perkotaan terlihat sangat cepat yang ditandai dengan pembangunan infrastruktur, perumahan, perkantoran dan apartemen serta fasilitas-fasilitas lainnya. Pertumbuhan sosial ekonomi yang cepat

ini membuat standar hidup mereka yang tinggal di perkotaan juga meningkat dan pola hidup yang berubah pula dimana kenyamanan hidup merupakan sesuatu yang sangat penting. Sebagai contoh kemacetan jalan menjadikan faktor kebanyakan orang untuk tinggal di apartemen, nyaman di dalam rumah dengan iklim tropis yang

panas menjadikan alat penyejuk udara sebagai kebutuhan utama, mandi air hangat setelah bangun tidur dan pulang kerja menjadi suatu hal penting bagi sebagian orang untuk mengembalikan kesegaran. Pada akhirnya pertumbuhan ekonomi, perubahan standar dan pola hidup tersebut membuat kebutuhan energi digunakan juga merangkak dengan cepat.

Menjadi sesuatu yang tidaklah ekonomis apabila unit penyejuk ruangan dan unit pemanas air merupakan unit-unit yang terpisah satu dengan lainnya dilihat dari biaya masing-masing unit dan instalasi unit-unit tersebut. Konsumsi energi untuk penyejuk ruangan membutuhkan kira-kira 20% dari total konsumsi energi di dalam rumah atau apartemen. Belum lagi kebutuhan energi untuk pemanas air. Solusi atau ide untuk mengkonservasikan panas buang dari penyejuk ruangan menjadi energi panas untuk memanaskan air adalah sesuatu yang penting untuk dilakukan. Ide ini bukanlah sesuatu yang baru, banyak kajian-kajian yang telah dilakukan akan tetapi masih kurang efisien dan efektif. Ji Jie et.al 2003 [1] melakukan studi pemanfaatan panas buang dari kondenser penyejuk ruangan rumah tangga untuk pemanas air pada daerah dengan iklim subtropis. Hasil kajian menunjukkan peningkatan unjuk kerja sebesar 38%. Wang et.al 2005 [2] melakukan studi eksperimen pada *air conditioning* dengan menggabungkan sistem penyimpanan energi dan air panas. Techarungpaian P et.al 2006 [3] melakukan model simulasi pada sistem penyejuk udara yang terintegrasi dengan alat penukar kalor untuk pemanas air. Hasil permodelan yang dilakukan menunjukkan hasil yang sama dengan data hasil eksperimen yang mereka lakukan. Nandy Putra et.al [4] menguji unjuk kerja alat penukar kalor yang digunakan pada sistem ACWH (*air conditioning water heater*). Pada penelitian tersebut satu alat penukar kalor tipe koil dengan berbagai macam orientasi peletakan dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan air panas bertemperatur 50°C dengan laju aliran 50 l/h. Lebih lanjut Nandy Putra et al [5]

menggunakan dua buah alat penukar kalor yang dipasang secara seri. Dengan menggunakan dua alat penukar kalor tersebut temperatur air panas yang dihasilkan dapat lebih tinggi yakni 55 °C dengan laju aliran 100 l/h. Kemudian Nandy et.al [6] mencoba untuk merancang alat penukar kalor tipe koil sebanyak 3 buah disusun seri, hasilnya menunjukkan peningkatan efektifitas alat penukar kalor mencapai sekitar 70%. Namun demikian hasil tersebut belum cukup memandai dari sisi desain secara keseluruhan karena unit yang dihasilkan masih terlalu besar dimensinya dan cukup menyulitkan dalam instalasinya.

Melihat pertumbuhan jumlah apartemen yang dibangun di kota besar seperti di Jakarta serta pola hidup sebagian besar warga yang tinggal di kota besar maka penelitian kali ini adalah mengembangkan sistem *Split Air Conditioning Water Heater* dengan menggunakan alat penukar kalor tipe plat (*plate heat exchanger*), yakni suatu alat penukar kalor yang dikategorikan sebagai alat penukar kalor yang kompak sehingga diperkirakan cocok untuk ditempatkan di apartemen-apartemen yang memiliki ruang yang terbatas dan dapat pula menghemat konsumsi energi.

2. Survey Denah Ruang Apartemen

Telah dilakukan survey pada beberapa lokasi apartemen di Jakarta dengan tujuan untuk mengetahui format umum denah ruangan yang ada di unit-unit apartemen. Posisi yang menguntungkan adalah apabila tempat peletakan kondenser penyejuk ruangan atau biasa disebut sebagai unit *outdoor* terletak persis di sebelah kamar mandi [6]. Hal ini dapat mengurangi rugi-rugi kalor dan jatuh tekan yang berlebihan serta mudah dalam penginstalasian. Pada gambar 1 dapat dilihat denah salah satu unit apartemen di daerah Jakarta Utara. Terlihat bahwa posisi *unit outdoor* berada disebelah kamar mandi. Terlihat pula pada gambar tersebut, bahwa di sebelah *outdoor* unit dipasang pula alat pemanas air elektrik, hal ini menunjukkan bahwa penyejuk ruangan dan pemanas air merupakan

kebutuhan utama pada setiap unit apartemen. Dari survey juga diperoleh informasi bahwa semua unit yang dikunjungi memiliki AC dan juga pemanas air yang terpisah.



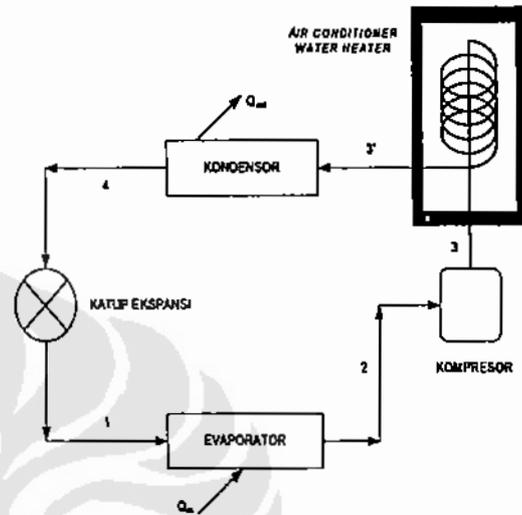
Gambar 1
Denah Ruang Apartemen

3. Deskripsi Sistem Split Air Conditioning Water Heater. (S-ACWH)

Sistem *Split Air Conditioning* adalah sistem pendinginan konvensional dengan menggunakan refrigerant sebagai fluida pendinginnya dan sistem ini banyak digunakan di perumahan, pertokoan dan perkantoran. Pada gambar 2 terlihat sistem *Split Air Conditioning Water Heater* (S-ACWH). Beban kalor yang ada di dalam ruangan diserap di evaporator yang menyebabkan fluida kerja berubah fase menjadi fase gas, setelah keluar dari evaporator fluida gas kemudian dialirkan ke dalam kompresor sehingga keluar dari kompresor fluida kerja tersebut memiliki tekanan dan temperatur yang meningkat. Temperatur refrigeran keluar dari kompresor bisa mencapai 100 °C.

Temperatur fluida yang rata-rata 100°C ini yang dimanfaatkan untuk memanaskan air. Sehingga setelah keluar kompresor dan sebelum masuk ke kondenser, fluida kerja refrigeran ini dialirkan masuk ke dalam alat penukar kalor dimana yang berperan sebagai fluida dinginnya adalah air dan fluida panasnya adalah refrigeran. Setelah keluar dari alat penukar kalor fluida kerja

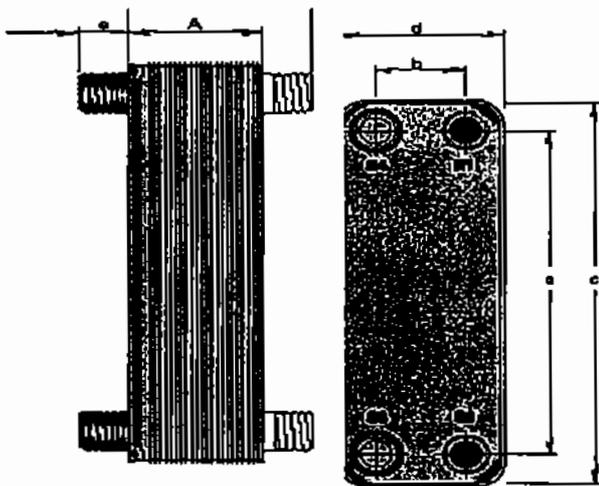
masuk ke dalam kondenser. Disini fluida kerja yang belum menjadi fase cair didinginkan sehingga keluar dari kondenser semua fluida berada dalam fase cair. Kemudian fluida mengalir melewati katup ekspansi untuk diturunkan tekanannya dan begitu seterusnya siklus tertutup sistem S-ACWH.



Gambar 2.
Prinsip Kerja S-ACWH

4. Skema Alat Uji S-Acwh

Alat pengujian terdiri dari sistem air conditioner dengan aliran refrigerant dihubungkan dengan *heat exchanger* berupa *Plate*. Antara pipa keluaran dari kompresor dan pipa masukan kondenser dipotong kemudian dihubungkan dengan alat penukar kalor yang berupa *Plate Heat Exchanger* (PHE). Dengan demikian, refrigerant yang keluar dari kompresor dengan temperatur tinggi ini akan mengalir terlebih dahulu melalui alat penukar kalor tipe plat dan setelah itu menuju kondenser. Selama melewati penukar kalor, terjadi perpindahan kalor dari refrigerant ke air. PHE yang digunakan pada pengujian seperti terlihat pada gambar 3 adalah Tipe : *Plate heat exchanger* CB 26, dengan ukuran sebagai berikut a = 250 mm, b = 50 mm, c = 310 mm, e 45, A = 45 mm dan berat 3.5 kg. Pada penelitian ini digunakan AC Split dengan daya 750 Watt.

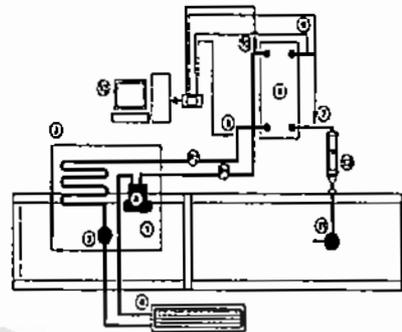


Gambar 3.
Spesifikasi Plate Heat Exchanger

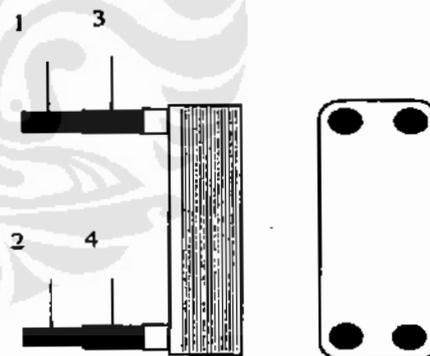
Pada Gambar 4 dapat dilihat skema pengujian S-ACWH yang dibangun di Laboratorium Perpindahan Kalor Departemen Teknik Mesin UI. Temperatur masing-masing fluida kerja sebelum dan sesudah masuk PHE diukur dengan termokopel tipe K. Termokopel-termokopel ini dipasang pada titik-titik masuk dan keluar fluida –fluida kerja seperti terlihat pada gambar 5. Seluruh termokopel disambung ke data akusisi yang terhubung ke komputer sehingga temperatur yang dibaca dapat secara *real time* diperoleh dan dikontrol. Laju aliran fluida air divariasikan dengan mengatur katup aliran fluida air dan diukur dengan rotameter yang diletakkan diantara pompa air dan alat penukar kalor. 5=Tabung/ selubung ;6= PHE; 7= termokopel refrigerant masuk, 8= termokopel refrigerant keluar, 9= termokopel air masuk, 10= termokopel air keluar, 11=pompa air, 12=rotarimeter, 13= DAQ (data Akusisi), 14= Komputer, P1=Pressure Gauge 1 ,P2=Presure Gauge 2, P3=Presure Gauge 3, A= Clamp Meter (Amperemeter)

Penelitian ini menggunakan air tanah dengan temperatur yang berkisar antara 21°C sampai 26 °C. Air dialirkan kedalam PHE dengan variasi laju aliran 50 l/h sampai 250 L/h. Tekanan refrigerant diukur dengan menggunakan *pressure gauge* tipe bourdon tube pada titik P1,P2 dan P3.

Kemudin untuk mengetahui konsumsi energi pada tiap-tiap variasi laju aliran kuat arus listrik yang masuk kompresor diukur dengan clamp meter dan tegangan distabilkan dengan stabilizer.



Gambar4.
Skema Alat Uji Penukar Kalor pada ACWH Dengan Penukar Kalor PHE



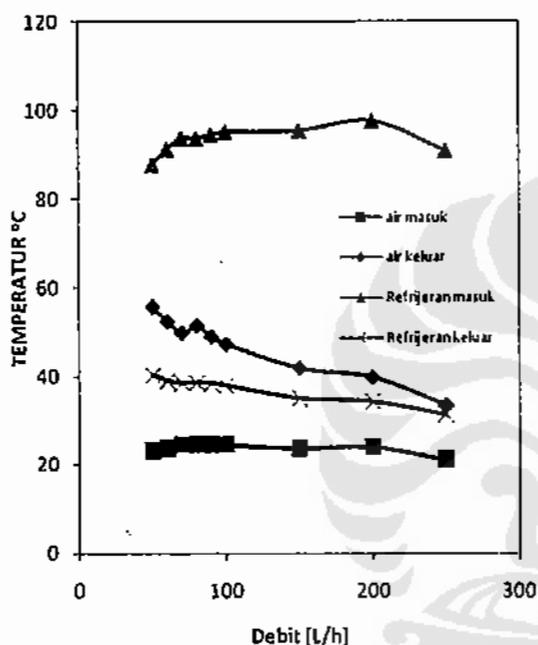
1= termokopel Freon masuk 2= termokopel Freon keluar 3= termokopel air masuk 4= termokopel air keluar

Gambar 5.
Pemasangan Termokopel pada Heat Exchanger

5. Hasil Pengujian dan Pembahasan

Pada Gambar 6 terlihat hasil pengukuran temperatur pada sistem S-ACHW dengan penukar kalor PHE dengan siklus terbuka, terukur temperatur masuk refrijeran berkisar antara 87 °C -97 °C. dan temperatur air keluar dari PHE berkisar antara 33 °C sampai 56 °C sebagai fungsi

dari variasi dari laju aliran. 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. Sementara temperatur keluar refrijeran juga semakin rendah seiring meningkatnya laju aliran air. Untuk laju alairan 250 l/h, temperature keluar refijeran mencapai 31 °C, mendekati temperature penguapan refrijeran sehingga pada kondisi ini kerja kondenser menjadi sangat ringan.



Gambar 6.

Temperatur Masuk dan Keluar Fluida Kerja Pada PHE

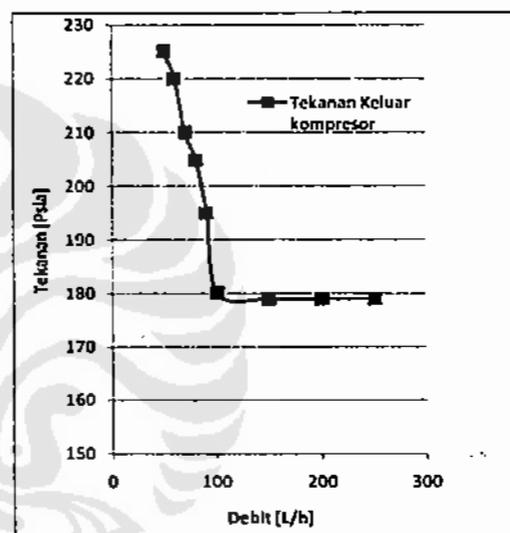
Menurut standar, temperatur air panas untuk kebutuhan mandi adalah 40-45 °C [7]. dan kebutuhan pemakaian air adalah sekitar 50-300 l/jam [7]. Apabila mengacu standar yang ada maka S-ACWh dengan alat penukar kalor tipe plat sudah cukup memandai untuk penyediaan air panas di apartemen.

Efektivitas thermal ϵ dari alat penukar kalor adalah perbandingan antara kalor yang dapat dilepaskan atau diterima alat penukar kalor terhadap kalor maksimum yang dapat dilepaskan atau diterima alat penukar kalor. Efektivitas thermal ϵ dapat diformulasi sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{C_h(T_{h1}-T_{h2})}{C_{min}(T_{h1}-T_{c1})} = \frac{C_c(T_{c2}-T_{c1})}{C_{min}(T_{h1}-T_{c1})} \quad (1)$$

Dimana : T_h = temperatur panas, T_c = Temperatur dingin, subscript 1 dan 2 masing-masing menunjukkan masuk dan keluar, C merupakan perkalian antara laju lairan dan kapasitas panas.

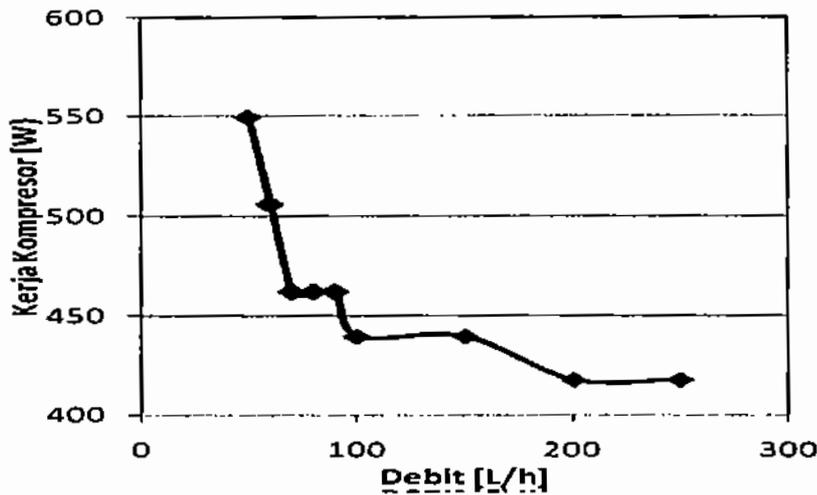
Apabila dilihat dari aspek efektivitas thermal ϵ maka dari perhitungan diperoleh bahwa pada laju aliran rendah 50 l/h efektivitas alat penukar kalor mencapai 0.73 dan kemudian meningkat menjadi 0.85 pada laju aliran 250 l/h.



Gambar 7.

Tekanan Kompresor (masuk HE)

Kerja kompresor pada sistem S-ACWH dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8. Pada pengujian tekanan hisap kompresor diset pada kondisi tekanan 60-70 Psia. Pada Gambar 7 terlihat kondisi tekanan keluar kompresor pada tiap variasi laju aliran. Tekanan keluar kompresor terus menurun seiring meningkatnya laju aliran. Hal ini terjadi karena PHE menyerap sebagian besar kalor sehingga pada saat keluar kondensor temperatur refrijeran menjadi lebih dingin sehingga menyebabkan tekanan juga menurun, begitu pula tekanan pada evaporator yang juga turun. Penurunan tekanan hisap dan keluar kompresor akan menurunkan kerja kompresor seperti yang terlihat pada gambar 8.



Gambar 8.
Kerja Kompresor pada Tiap Laju Aliran

Tabel 1.
Perbandingan Karakteristik Alat Penukar Kalor

PARAMETER	PHE	Triple Shell Pass [6]	Double shell pass [5]		Single Shell Pass [4]	
			Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
T Air Masuk (°C)	21	23	28	28	27	28
T water out(°C)	55.8	60	47	47.65	47	55
ε (%)	73	59	22	24	27	28
Kerja Kompresor (watt)	550	682	602.8	561	NA	NA
Unjuk Kerja	4.1	3.78	2.76	2.88	NA	NA
Dimensi [mm]	310x45x110	450x450x320	120x250x500	500x120x250	120x120x500	500x120x120
Harga	1750000	<700000	<500000	<500000	<300000	<300000

Pada Table 1 dapat dilihat perbandingan hasil pengujian sistem ACWH dengan berbagai macam alat penukar kalor dan konfigurasi. Apabila dibandingkan dengan hasil sebelumnya, dapat dilihat bahwa sistem S-ACWH dengan menggunakan PHE memiliki kemampuan perpindahan kalor yang lebih baik dibanding dengan hasil pengujian sebelumnya. Dan apabila ditinjau dari dimensinya, PHE memiliki dimensi yang lebih kecil sesuai dengan kategorinya sebagai alat penukar kalor yang kompak dan hal ini menunjukkan S-ACWH dengan PHE sebagai alat penukar kalornya sangat cocok digunakan di apartemen yang memiliki luas area yang terbatas. Namun

demikian apabila ditinjau dari segi harga, alat penukar kalor, tipe PHE ini masih cukup mahal.

6. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan AC berdaya 1 pk dan laju aliran antar 50L/h sampai 250 L/h alat penukar kalor PHE menghasilkan air panas dengan temperatur berkisar antara 33-56 °C
2. Dengan adanya S- ACWH maka kerja kompresor akan berkurang, hal ini

karena dengan adanya penyerapan kalor pada alat penukar kalor, maka suhu kondenser akan lebih dingin yang menyebabkan bergesernya titik embun dan titik penguapan pada siklus refrigeran sehingga tekanan dalam kondenser dan evaporator akan turun. Dengan penurunan tersebut, maka akan diikuti oleh penurunan daya kompresor.

3. Keuntungan yang didapat dari sistem S-ACWH selain penurunan daya kompresor adalah keuntungan utama yang berupa sejumlah air panas yang dihasilkan. Pada debit aliran 100 L/h didapat keuntungan yang berbeda-beda untuk tiap alat penukar kalor.
4. Alat penukar PHE lebih efektif dibandingkan dengan alat penukar tipe koil baik 1, 2 dan 3 laluan. Dan dengan dimensi yang kecil diperkirakan cocok untuk ditempatkan di apartemen

Daftar Acuan

- [1]. Jie Ji, Tin-tai Chow, Gang Pei, Jun Dong and Wei He, Domestic air-conditioner and integrated water heater for subtropical climate, Applied Thermal Engineering, Volume 23, Issue 5, April 2003, Pages 581-592
- [2]. Shaowei Wang, Zhenyan Liu, Yuan Li, Keke Zhao and Zhigang Wang Experimental study on split air conditioner with new hybrid equipment of energi storage and water heater all year round, Energi Conversion and Management, Volume 46, Issues 18-19, November 2005, Pages 3047-3059
- [3]. P.Techarungpaisan, S. Theerakulpisit and S. Piprem, Modeling of a split type air conditioner with integrated water heater, Energi Conversion and Management, Volume 48, Issue 4, April 2007, Pages 1222-1237
- [4]. Nandy Putra, Dian Mardiana, Mulyanto, Kinerja Alat Penukar Kalor pada Air Conditioner Water Heater, Prosiding Seminar Nasional Efisiensi dan Konservasi Energi (FISERGI) 2005, 12 Desember 2005, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
- [5]. 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.
- [6]. Nandy Putra, Nasruddin, Handi, Agus LMS, Sistem Air Conditioner Water Heater dengan Tiga Alat Penukar Kalor Tipe Koil disusun Seri, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin 6, 2007, Banda Aceh, Universitas Syah Kuala, 20-22 Nopember 2007, ISBN 979 97726-8-0
- [7]. Soufyan M. Nurbambang, Perencanaan Dan Pemeliharaan Plambing, Pradnya Paramita Jakarta, 1999.