

Pengaruh Laju Aliran Air terhadap Performansi Mesin Pengkondisian Udara Hibrida dengan Kondensor Dummy Tipe *Multi Helical Coil* sebagai *Water Heater*

Azridjal Aziz¹, Sarwo Fikri¹, Afdhal Kurniawan M², Rahmat Iman Mainil¹

¹Laboratorium Rekayasa Thermal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Jl. WR Supratman Kandang Limun, Bengkulu 38371A

azridjal@yahoo.com, fikrisarwo@gmail.com, afdhal_km@yahoo.com, rahmat.iman@gmail.com

Abstrak

Penggunaan AC sebagai penyejuk udara sekaligus sebagai pemanas air (*water heater*) memanfaatkan panas buang kondensor dummy untuk peningkatan efisiensi mesin disebut sebagai mesin pengkondisian udara hibrida (AC hibrida). Kondensor dummy tipe *multi helical coil* sebagai *water heater* yang ditambahkan antara kondensor dan kompresor dari sebuah mesin AC diletakkan di dalam tangki air berkapasitas 50L. Kaji eksperimental pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh laju aliran air keluar tangki penyimpanan pada kondensor dummy terhadap performansi mesin AC hibrida. Katup aliran air diatur pada laju 0 L/s (katup tertutup), 0,031 L/s, 0,059 L/s dan 0,086 L/s dengan beban pendingin 1000W. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, semakin tinggi laju aliran air, maka temperatur air yang dihasilkan semakin menurun. Temperatur air rata-rata tertinggi yaitu 50,43^oC pada kondisi tanpa sirkulasi (0 L/s) dan temperatur air rata-rata terendah yaitu 38,96^oC pada laju aliran 0,086 L/s (bukaan katup penuh). Kerja kompresor makin rendah dengan makin tingginya laju aliran air, karena semakin tinggi laju aliran air, temperatur atau tekanan kompresor semakin rendah sehingga konsumsi energinya juga rendah. COP tertinggi diperoleh pada laju aliran air 0,031 L/s baik sebagai COP_c (sebagai pendingin) maupun COP_{ew} (sebagai pendingin dan pemanas). Tidak ada pengaruh yang berarti terhadap temperatur ruangan akibat peningkatan laju aliran air, karena perbedaannya sangat kecil yaitu pada rentang 0,91^oC - 1,26^oC.

Kata-kata kunci : AC, *minimum fluidization*, viskositas

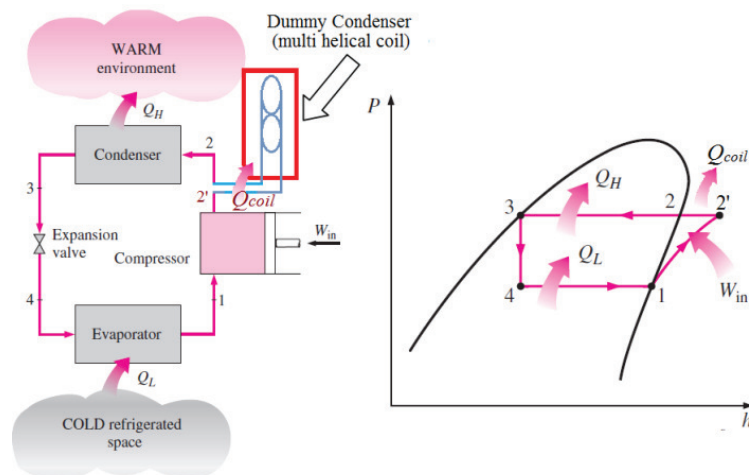
1. Pendahuluan

Air Conditioner (AC) atau mesin pengkondisian udara digunakan di dalam ruangan untuk memberikan rasa nyaman bagi penghuninya akibat efek pendinginan dari evaporator (*indoor unit*). Panas yang diserap di dalam ruangan kemudian dibuang di luar ruangan pada temperatur yang lebih tinggi dari udara luar akibat efek pembuangan panas dari kondensor (*outdoor unit*). Pada umumnya panas dari kondensor ini terbuang percuma tanpa dimanfaatkan. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada AC, maka panas buang ini dapat dimanfaatkan dengan penambahan sebuah *heat recovery system* sebagai *kondensor dummy* untuk kebutuhan pemanasan baik untuk pemanasan air maupun untuk pengeringan.

AC mempunyai 4 komponen dasar yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator (Cengel dan Boles, 2006, Moran dkk, 2011). Skematik AC hibrida yang berfungsi sebagai penyejuk ruangan sekaligus sebagai pemanas air ditunjukkan pada Gambar 1. Tampak bahwa sebuah *kondensordummy* dipasang antara kompresor dan kondensor. Pada posisi tersebut panas buang dari *kondensordummy* akan membuang panasnya ke air sehingga temperatur air dalam tangki akan naik.

Beberapa peneliti telah melakukan studi pada *domestic air conditioner* yang sekaligus berfungsi sebagai pemanas air (*water heater*) dengan memanfaatkan panas buang *kondensordummy* (Jia dkk

2014, Ji dkk, 2003, Ji dkk 2005, Lee dan Hua, 2006). Nurhalim, 2010 telah melakukan kajian rancang bangun dan pengujian unjuk kerja alat penukar kalor (APK) tipe serpentine menggunakan pipa tembaga 1/4 inci dengan panjang 8 m pada *split Air Conditioning Water Heater*. Pemanasan selama 2 jam diperoleh air panas dengan temperatur 60°C pada beban pendingin 2600W untuk 50L air. Pramacakrayuda dkk, 2010, telah meneliti penggunaan AC Window sebagai water heater, dimana selama pemanasan 60 menit diperoleh air panas dengan temperatur 58,2°C. Santoso dan Setiaji, 2013 telah meneliti pemanfaatan panas buang pengkondisi udara sebagai pemanas air dengan menggunakan penukar panas helikal. Penukar panas helikal yang dirancang, dibuat dari pipa tembaga berdiameter 9,52 mm dan panjang 4,65 m, yang dibentuk menjadi heliks berdiameter 10 cm (14,8 lilitan), selama pemanasan 68 menit diperoleh air panas dengan temperatur 50°C.



Gambar 1. Skematik dan P-h diagram siklus refrigerasi kompresi uap ideal dengan dummy condenser (modifikasi dari Cengel dan Boles, 2006)

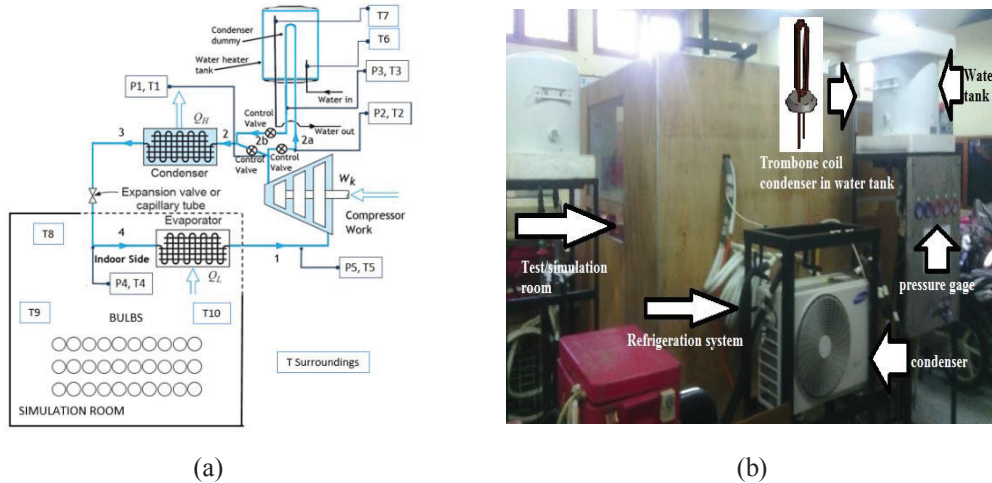
Wang dkk, 2011, meneliti penggunaan AC sebagai pompa panas bersumber udara untuk pemanasan air dan hasil penelitian menunjukkan terjadi kenaikan COP AC sebesar 10% dibanding kondisi AC konvensional/standar. Chen dan Lee, 2010, telah melakukan studi sistem kombinasi AC sebagai ruang pendingin dan sistem pemanas air untuk rumah tinggal Hong Kong. Metode survei menggunakan kuesioner dilakukan terhadap 126 kepala keluarga. Sistem kombinasi ini memberikan penghematan energi dan biaya bahan bakar sekitar 50% dari sistem AC standar. Aziz dan Satria, 2014, telah meneliti performansi mesin pengkondisian udara hibrida dengan penambahan kondensator *dummy* tipe helikal sebagai *water heater*. Temperatur air panas tertinggi tanpa sirkulasi diperoleh 59,99 °C dan 34,05 °C saat bersirkulasi dengan bukaan katup penuh setelah dioperasikan selama 120 menit.

Pada penelitian ini dilakukan kajian penggunaan kondensator *dummy* tipe *multi helical coil* sebagai *water heater* pada sistem AC hibrida. Kajian dilakukan untuk mengetahui pengaruh laju aliran air keluar tangki penyimpanan terhadap performansi mesin AC hibrida pada beban pendingin 1000 Watt. Pengamatan dilakukan terhadap kerja kompresor, temperatur air, temperatur kondensator, temperatur evaporator, COP dan temperatur ruangan pada empat variasi laju aliran air .

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental menggunakan alat uji AC yang dimodifikasi dengan penambahan *multi helical coil* antara kompresor dan evaporator yang ditempatkan dalam tangki penyimpanan air berkapasitas 50L. Tangki penyimpanan air selama pengujian selalu dalam kondisi penuh, posisinya ditempatkan lebih rendah dari tangki sumber air. Skematik diagram alat uji yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 (Aziz dan Satria, 2014). Alat uji menggunakan fluida kerja refrigeran R-22 bawaan dari kondisi aslinya, dengan daya kompresor 680 W dengan kapasitas pendinginan 2,6 kW. Alat uji diatur sebagai mode pemanasan dan pendinginan dengan menutup katup 2 dan membuka katup 2a dan 2b. Ruang uji berukuran 2,26mx1,75mx2m

(panjanglebarxtinggi) dengan beban pendingin menggunakan lampu pijar 100Watt sebanyak 30 buah. Pada pengujian ini beban pendinginan yang digunakan 1000W (10 buah lampu pijar).



Gambar 2. Skematik diagram (a) dan foto alat uji AC hibrida (b) (Aziz dan Satria, 2014)

Laju aliran air panas keluar tangki penyimpanan (*water out*) diatur pada 4 kondisi yaitu pada 0 L/s (tanpa pembukaan katup), 0,031 L/s (katup buka 1/3), 0,059 L/s (katup buka 2/3) dan 0,086 L/s (katup buka penuh). Temperatur diukur menggunakan termokopel tipe K menggunakan modul data akuisisi Omega TC-08 dengan ketelitian 0,2% ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) dan kecermatan 0,1 $^{\circ}\text{C}$. Tekanan diukur menggunakan pengukur tekanan tipe Bourdon dengan ketelitian ± 5 psi untuk tekanan tinggi, dan ± 1 psi untuk tekanan rendah. Arus listrik diukur dengan amperemeter (ketelitian $\pm 2\%$ dan 3 digit) dan tegangan listrik diukur dengan voltmeter (ketelitian $\pm 1\%$ dan 3 digit). Massa refrigeran diukur menggunakan timbangan dengan ketelitian ± 10 gram. Sifat-sifat termodinamika dihitung menggunakan perangkat lunak REFPROP ver. 6.01 berdasarkan data tekanan yang diperoleh saat pengujian dilakukan.

Perfomansi sistem AC hibrida dihitung menggunakan persamaan yang disajikan pada tabel 1 (Cengel dan Boles, 2006)

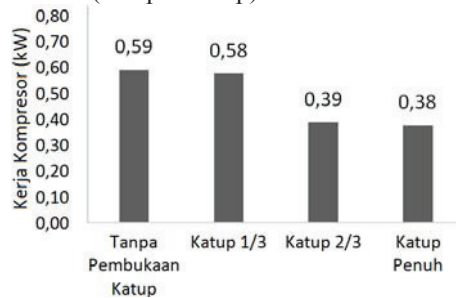
Tabel 1. Persamaan-persamaan digunakan dalam perhitungan performansi (Cengel dan Boles, 2006)

No	Performansi	Persamaan
1	Daya kompresor ($W_{\text{net,in}}$)	$V \times I \times \cos \phi$
2	Kapasitas Pendinginan (Q_L)	$\square (h_1 - h_4)$
3	Kalor buang kondensor $Q_{H(\text{condenser})}$	$\square (h_2' - h_3)$
4	Kapasitas panas dummy condenser $Q_{H(\text{coil})}$	$\square (h_2 - h_2')$
5	COP_C (COP pendinginan)	$Q_L / W_{\text{net,in}}$
6	COP_{CW} (COP pendinginan dan pemanasan air)	$Q_L + Q_{H(\text{coil})} / W_{\text{net,in}}$

3. Hasil dan Pembahasan

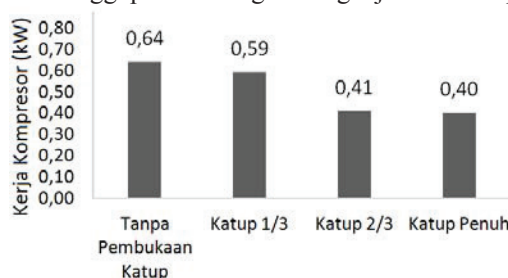
Pengujian dilakukan untuk melihat pengaruh laju aliran air panas keluar tangki sebagai simulasi penggunaan air panas terhadap kerja kompresor, temperatur air panas, temperatur kondensor, temperatur evaporator, temperatur ruangan dan COP sistem AC hibrida. Laju aliran air panas keluar tangki diperoleh dengan mengatur bukaan katup air yaitu pada kondisi masing-masing tanpa pembukaan katup, katup buka 1/3, katup buka 2/3, katup buka penuh yang sebanding dengan laju aliran 0 L/s, 0,031 L/s, 0,059 L/s dan 0,086 L/s. Pengujian dilakukan selama 120 menit dengan selang pengambilan data setiap 5 menit pada beban pendingin 1000 Watt di ruang uji.

Kerja kompresor rata-rata dengan laju aliran air panas pada 0L/s (tanpa pembukaan katup), 0,031 L/s (katup buka 1/3), 0,059 L/s (katup buka 2/3) dan 0,086 L/s (katup buka penuh) dengan beban pendingin 1000Watt dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi laju aliran air panas keluar tangki penyimpanan, konsumsi daya kompresor akan semakin rendah. Hal ini karena semakin tinggi laju aliran air panas maka tekanan dan temperatur kondensor cenderung turun karena laju pembuangan kalor yang semakin tinggi, sehingga konsumsi daya kompresor cenderung turun dengan semakin naiknya laju aliran air panas, seperti tampak pada Gambar 3. Daya kompresor rata-rata terendah sebesar 0,38 kW diperoleh pada bukan katup penuh dan tertinggi sebesar 0,59 kW pada kondisi tanpa sirkulasi (katup tertutup).



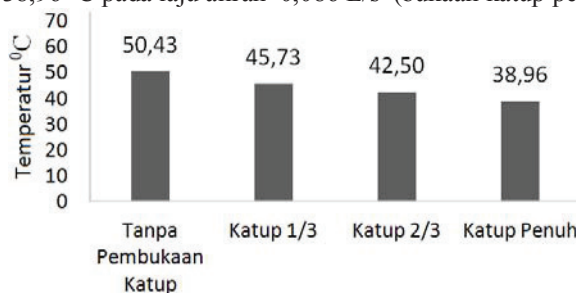
Gambar 3. Kerja Kompresor rata-rata pada masing- masing bukaan katup

Gambar 4 menunjukkan kerja kompresor tertinggi pada masing-masing laju aliran air panas, yaitu pada 0 L/s (tanpa pembukaan katup), 0,031 L/s (katup buka 1/3), 0,059 L/s (katup buka 2/3) dan 0,086 L/s (katup buka penuh) pada beban pendingin 1000 Watt. Kerja kompresor tertinggi adalah 0,64 kW pada kondisi katup tertutup (tanpa sirkulasi) dan terendah pada. Karakteristik kerja kompresor rata-rata dan kerja kompresor tertinggi pada masing-masing laju aliran air panas adalah identik.



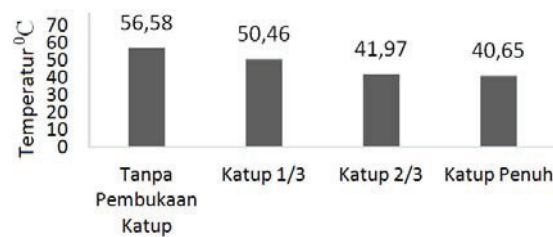
Gambar 4. Kerja Kompresor tertinggi pada masing- masing bukaan katup

Temperatur air tangki rata-rata dengan laju aliran air pada 0 L/s (tanpa pembukaan katup), 0,031 L/s (katup buka 1/3), 0,059 L/s (katup buka 2/3) dan 0,086 L/s (katup buka penuh) dengan beban pendingin 1000 Watt dapat dilihat pada Gambar 5. Temperatur air rata-rata tanpa bukaan katup cenderung turun dengan semakin besarnya bukaan katup atau semakin tingginya laju aliran air. Hal ini karena terjadi pergantian air panas keluar tangki penyimpanan yang lebih cepat dengan air yang masuk ke tangki penyimpanan dari sumber air, sehingga temperatur air lebih rendah pada bukaan katup penuh. Temperatur air rata-rata tertinggi yaitu 50,43^oC pada kondisi tanpa sirkulasi (0 L/s) dan temperatur air rata-rata terendah yaitu 38,96^oC pada laju aliran 0,086 L/s (bukaan katup penuh).



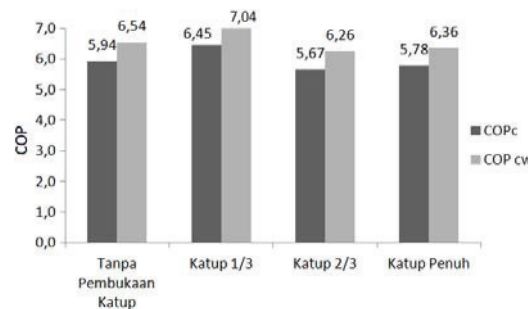
Gambar 5. Temperatur air panas rata-rata pada masing- masing bukaan katup

Gambar 6 menunjukkan temperatur air panas tertinggi pada masing-masing laju aliran air panas, yaitu pada 0 L/s (tanpa pembukaan katup), 0,031 L/s (katup buka 1/3), 0,059 L/s (katup buka 2/3) dan 0,086 L/s (katup buka penuh) pada beban pendingin 1000 Watt. Temperatur air yang paling tinggi pada pengujian tanpa pembukaan katup yaitu 56,58 °C, dan yang terendah pada pembukaan katup penuh dengan temperatur 40,65 °C. Karakteristik temperatur air panas rata-rata dan temperatur air panas tertinggi pada masing-masing laju aliran air panas adalah indentik seperti tampak pada Gambar 5 dan Gambar 6.



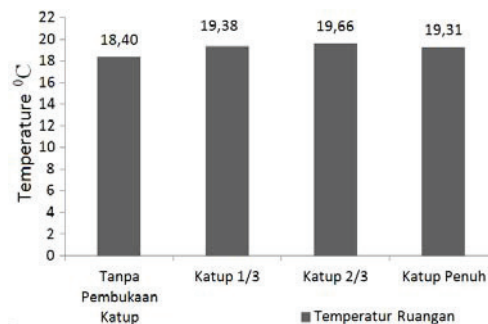
Gambar 6. Temperatur air panas tertinggi pada masing- masing bukaan katup

Gambar 7 menunjukkan COP_C (COP pendinginan) dan COP_{CW} (COP pendinginan dan pemanasan air) dengan pembukaan katup disetiap waktu pengujian pada beban 1000Watt. COP tertinggi diperoleh pada laju aliran air 0,031 L/s (katup 1/3) baik sebagai COP_c (sebagai pendingin) maupun COP_{cw} (sebagai pendingin dan pemanas).



Gambar 7. COP_C (COP pendinginan) dan COP_{CW} (COP pendinginan dan pemanasan air) AC hibrida

Gambar 8 menunjukkan temperatur ruang uji rata-rata pada masing-masing laju aliran air panas. Temperatur ruang uji rata-rata pada masing-masing laju aliran air panas, yaitu pada 0 L/s (tanpa pembukaan katup), 0,031 L/s (katup buka 1/3), 0,059 L/s (katup buka 2/3) dan 0,086 L/s (katup buka penuh) pada beban pendingin 1000 Watt yaitu 18,40 °C, 19,38 °C, 19,66 °C dan 19,31 °C. Dari Gambar 8 tampak bahwa, temperatur ruang uji cenderung tetap pada laju aliran air panas dengan pembukaan katup 1/3, 2/3 maupun kondisi laju aliran air panas katup terbuka penuh, dengan perbedaan temperatur yang relatif sangat kecil pada rentang 0,91°C - 1,26°C dibandingkan tanpa pembukaan katup.



Gambar 8. Temperatur ruang uji rata-rata pada masing- masing bukaan katup



4. Kesimpulan

Penelitian untuk mengetahui pengaruh laju aliran air terhadap performansi mesin pengkondisian udara hibrida dengan kondensor dummy tipe *multi helical coil* sebagai *water heater* telah dilakukan. Pada laju aliran air panas yang semakin tinggi, temperatur air panas yang dihasilkan dalam tangki penyimpanan air panas semakin menurun, karena pertukaran dengan air dingin yang masuk ke tangki. Temperatur air panas rata-rata tertinggi diperoleh pada kondisi tanpa sirkulasi (0 L/s) yaitu 50,43^oC dan temperatur air panas rata-rata terendah diperoleh pada laju aliran 0,086 L/s (bukaan katup penuh) yaitu 38,96^oC. Kerja kompresor makin rendah dengan makin tingginya laju aliran air keluar tangki penyimpan. COP tertinggi diperoleh pada laju aliran air 0,031 L/s (katup buka 1/3) baik sebagai COP_c (sebagai pendingin) maupun COP_{cw} (sebagai pendingin dan pemanas). Temperatur ruangan cenderung sama pada peningkatan laju aliran air panas, dengan perbedaan yang sangat kecil yaitu pada rentang 0,91^oC - 1,26^oC.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah membiayai penelitian ini melalui Dana Penelitian Desentralisasi Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2015.

Daftar Pustaka

- [1] Aziz, Azridjal., Satria, Bhima Arya. 2014. Performance of Air Conditioning Water Heater with Trombone Coil Type as Dummy Condenser at Different Cooling load. *Proceeding of The 1st International Conference on Ocean, Mechanical and Aerospace -Science and Engineering*. Vols. 1. P.150-154.
- [2] Cengel, Y A., Boles, M A. 2006. *Thermodynamics an Engineering Approach*. 5th ed. New York: McGraw-Hill.
- [3] Chen, Hua, LeeWL. 2010. Combined Space Cooling and Water Heating System for Hong Kong Residences. *Energy and Buildings*. Vol. 42. P. 243–250.
- [4] Ji, Jie, Chow, Tin-tai, Pei, Gang, Dong, Jun, He, Wei. 2003. Performance of Multi-functional Domestic Heat-pump System. *Applied Thermal Engineering*. Vol. 23. P.581-592.
- [5] Ji, Jie, Pei, Gang, Chow, Tin-Tai, He, Wei, Zhang, Aifeng, Dong, Jun, Yi, Hua. 2005. Performance of Multi-Functional Domestic Heat-pump System. *Applied Energy*. Vol. 80. P.307-326.
- [6] Jia., J., Lee., W L. 2014. Applying Storage-enhanced Heat Recovery Room Air-Conditioner (SEHRAC) for Domestic Water Heating in Residential Buildings in Hong Kong. *Energy and Buildings*. Vol. 78. P.132-142.
- [7] Lee WL, Chen, Hua. 2006. Applying a Domestic Water-cooled Air-conditioner in Subtropical Cities. *Proceedings of the Sixth International Conference for Enhanced Building Operations (ICEBO)*.
- [8] Moran, M J., Shapiro, H N., Boettner, D D., Bailey., M B. 2011. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. 7th Ed. New York: John Wiley & Sons.
- [9] Nurhalim, Ichwan., *Rancang Bangun Dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe Serpentine Pada Split Air Conditioning Water Heater*, Skripsi S1, Universitas Indonesia.
- [10] Pramacakrayuda, I Gusti Agung., Adinugraha, Ida Bagus., Wijkasana, Hendra dan Suarnadwipa, Nengah. 2010. Analisa performansi sistem pendingin ruangan dikombinasikan dengan water Heater. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*, Vol. 4. P. 57- 61.
- [11] Santoso, D., Setiaji, F. D. 2013. Pemanfaatan panas buang pengkondisi udara sebagai pemanas air dengan menggunakan penukar panas helikal. *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika*. Vol. 12 no. 2. P. 129-140.
- [12] Wang, Yu, You, Yuwen, Zhang, Zhigang. 2011. Experimental Investigations on a Conventional Air Conditioner Working as Air-water Heat Pump. *International Conference on Power Electronics and Engineering Application 2011*. *Procedia Engineering*. Vol. 23. P.493-497.