

PENGARUH PERBEDAAN JENIS MEDIA PENDINGIN PADA SOLAR COLLECTOR PIPA SEGIEMPAT TERHADAP EFISIENSI

Rabiatul Adawiyah ⁽¹⁾, Muhammad Khafidz Arifin ⁽²⁾

Rabiatul_adawiyah@poliban.ac.id ⁽¹⁾

hfidz.allianz@gmail.com ⁽²⁾

(1), (2) Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin

Abstrak

Masalah mendasar dari *solar collector* khususnya jenis *solar collector* plat datar adalah bagaimana meningkatkan kinerja efisiensinya semaksimal mungkin. Dalam meningkatkan kinerja ini para peneliti sebelumnya melakukan berbagai cara, diantaranya memodifikasi, menambah peralatan, menguji bahan yang digunakan. Dari semua studi jurnal yang terkait dengan masalah peningkatan kinerja ini penggunaan pipa air yang terhubung ke penyerap menggunakan pipa panas bulat, menyebabkan konduksi panas kurang efektif mengalir dari absorber ke pipa, selanjutnya karena bagian bawah secara langsung bersentuhan dengan insulasi sehingga luas permukaan konduksi dari pipa ke isolasi besar, tentu saja terjadi kehilangan energi dari *solar collector*. Penelitian ini fokus membuat *fluid transfer heat transfer*, memungkinkan untuk perpindahan panas yang lebih baik, serta menguji beberapa jenis cairan yang digunakan sebagai media transfer panas. Pengolahan data dengan uji statistik adalah ANOVA dari beberapa jenis fluida yang digunakan dan beredar pada *solar collector* plat datar dengan pipa persegi dengan sirip. Hasil pengujian dari analisis statistik dengan indikator perbedaan suhu penukar air inlet dan *exchanger* tidak menunjukkan perbedaan karena F tabel lebih besar dari F aritmatika. Dari ketiga jenis media yang diuji pada *solar collector* pipa persegi dengan sirip tidak mempengaruhi peningkatan efisiensi.

Kata Kunci: Solar Collector Plat Datar, Kinerja, Pipa Segiempat, Sirip, Efisiensi

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi matahari adalah radiasi yang dihasilkan oleh reaksi fusi nuklir di inti matahari. Radiasi ini dalam perjalanannya ke bumi melalui ruang dalam bentuk energi yang disebut foton. Meskipun hanya 30% dari tenaga surya benar-benar mencapai bumi, setiap 20 menit matahari menghasilkan daya yang cukup untuk memasok Bumi dengan kebutuhan untuk satu tahun penuh [12].

Sumber energi terbarukan seperti energi matahari ini dapat digunakan melebihi untuk kebutuhan energi manusia [27]. Energi matahari sebagai salah satu bentuk yang paling signifikan dari sumber energi terbarukan telah menarik banyak perhatian karena ada keyakinan yang dapat memainkan peran yang sangat penting dalam memenuhi bagian utama dari kebutuhan energi di masa depan [14].

Manfaat yang paling penting dari sistem energi terbarukan adalah penurunan

pencemaran lingkungan. Krisis biaya energi dan permintaan meningkat secara eksponensial dengan energi fosil yang hampir habis untuk tersedia di waktu mendatang serta pencemaran lingkungan dan udara menjadi lebih parah, sehingga ada kecenderungan permintaan yang tinggi untuk menggunakan atau menghasilkan energi dengan biaya murah atau terbarukan, bersih dan rendah untuk menghadapi krisis ini [15]

Dalam beberapa tahun terakhir energi surya digunakan sebagai sumber energi yang layak untuk menggantikan energi yang bersumber dari fosil. Salah satu aplikasi yang paling sederhana dan langsung dari energi ini adalah konversi dari radiasi matahari menjadi panas. Oleh karena itu sebagai suatu cara di sektor domestik yang dapat mengurangi dampak terhadap lingkungan adalah dengan pemasangan kolektor surya plat datar untuk memanaskan air. Meskipun kita ketahui bahwa beberapa kolektor ini telah berkembang selama 40 sampai dengan 50 tahun terakhir tanpa

banyak perubahan yang signifikan dalam desainnya serta prinsip-prinsip operasionalnya [12].

Penelitian [6] menjelaskan bahwa energi matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang memiliki potensi untuk dikelola dan dikembangkan khususnya pada daerah dengan intensitas matahari yang cukup tinggi. Untuk memanfaatkan energi matahari tersebut dibutuhkan suatu alat yang dikenal dengan kolektor surya. Kolektor surya plat datar merupakan salah satu jenis kolektor yang banyak digunakan karena memiliki konstruksi yang relatif lebih sederhana dibandingkan dengan jenis yang lain. Salah satu pemanfaatan dari kolektor plat datar adalah sebagai pemanas air. Dalam penelitian ini menentukan pengaruh penggunaan dua cermin datar terhadap energi berguna pada kolektor pemanas air plat datar, dimana hasilnya adalah Penggunaan konsentrator dua cermin datar akan meningkatkan energi berguna kolektor. Untuk kolektor yang menggunakan cermin energi berguna rata-rata = 507.8 Watt sedangkan kolektor tanpa cermin energi berguna rata-rata = 351 .8 Watt.

Penelitian [4] meneliti *flat plate solar collector*, menggunakan sejumlah *arrays of circular cross sectional tube* yang melingkar dan melekat pada tabung *absorber* untuk mentransfer panas dari tabung *absorber* ke *fluida* kerja. Ketika digunakan *semi circular type tube* yang menekan pelat *absorber*, menyebabkan bidang kontak antara *fluida* dan *absorber flat* sangat dekat. Karena alasan ini *performance* kolektor surya plat datar meningkat.

Penelitian [22] menyelidiki pengaruh ketebalan material kaca pada kinerja kolektor surya plat datar. *Performance* kolektor surya dipengaruhi oleh *glaze transmittance*, *absorptance*, dan reflektansi yang hasilnya menjadi kerugian panas utama dalam sistem. Empat model kolektor surya dengan ketebalan kaca yang berbeda dirancang, dibangun, dan diuji untuk melihat *performance* dari semua kolektor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh dalam perbedaan ketebalan kaca terhadap *performance* kolektor. *Collector* dengan kaca tebal 4 mm memberikan efisiensi terbaik dari 35,4% dibandingkan dengan kaca tebal 6 mm hanya 27,8% .

Penelitian [29] memodifikasi tabung kolektor surya udara untuk sudut kemiringan kolektor berbeda dari horizontal dengan kecenderungan pada 30° dan 45°. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa sudut kemiringan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *performance* tabung termal kolektor surya dengan atau tanpa reflektor. Percobaan juga menunjukkan bahwa, selama 30° sudut kemiringan tabung kolektor surya dengan reflektor memiliki *thermal performance* yang lebih baik dari sudut kemiringan 45° dievakuasi dengan atau tanpa reflektor.

Penelitian [2] melakukan studi eksperimental ruangan untuk menyelidiki dampak dari beberapa perangkat yang ditambahkan pada *performance* termal kolektor surya plat datar. Mereka mempelajari panas pasif yang berbeda dengan tambahan perangkat : sirip bengkok, kabel minyak dan bentuk kerucut. Mereka mengamati ada perbedaan yang signifikan dalam transfer panas ke cairan kolektor dan menyimpulkan bahwa metode pasif yang diterapkan berdasarkan peningkatan geser menghasilkan turbulensi yang efektif dalam menambah transfer panas ke cairan kolektor .

Penelitian [3] melakukan penelitian dengan menambahkan *twisted taper* di sebuah kolektor surya. Mereka meneliti efek dari geometri *twisted-tape*, laju aliran massa yang berbeda dan intensitas radiasi matahari pada kinerja termal. Para penulis mengamati bahwa kehilangan panas berkurang (karena nilai yang lebih rendah dari suhu *plate*) dan akibatnya peningkatan pada efisiensi termal diamati.

Penelitian [13] dalam penelitiannya *Thermal Performance Optimazion of a Flat Plate Solar Water Heater Collector Using Matlab* dimana penelitian ini menyajikan model matematika satu dimensi untuk mensimulasikan proses transient yang terjadi pada kolektor surya plat datar. Model ini bergantung pada waktu sifat panas fisik dan koefisien perpindahan panas dan didasarkan pada memecahkan persamaan yang menggambarkan konversi energi untuk kaca penutup, celah udara antara penutup dan absorber, penyerap, *fluida* kerja, isolasi, dan tangki penyimpanan. Persamaan diferensial yang diselesaikan dengan menggunakan metode terbatas-perbedaan implisit dalam skema berulang dan dieksekusi dengan menggunakan MATLAB. Dalam rangka untuk memverifikasi metode yang diusulkan, percobaan dirancang dan dilakukan selama beberapa hari dengan kondisi ambien variabel dan laju aliran Perbandingan antara hasil dihitung dan diukur dari temperatur *fluida* sementara di outlet kolektor menunjukkan konvergensi yang memuaskan. Metode yang diusulkan adalah sesuai untuk

verifikasi *absorber* dan kaca mencakup efektivitas, dan untuk menghitung efisiensi keseluruhan sistem bersama dengan faktor kehilangan panas secara keseluruhan.

Penelitian [1] dalam penelitiannya *Study of Cylindrical Honeycomb Solar Collector* menyajikan hasil investigasi pada *Cylindrical Honeycomb Solar Collector Honey comb* dibuat transparan dari triasetat selulosa polimer. Karakteristik isolasi dari sarang lebah yang dipelajari dengan memvariasikan pemisahan antara sarang lebah dan pelat *absorber*. Nilai optimal pemisahan ditemukan 3.3 mm, dimana koefisien perpindahan panas pada 3.06 W-1 m-2K-1. Hal ini mendukung hasil eksperimen serupa sebelumnya. Menemukan bahwa ketika sudut datang radiasi matahari adalah 20o maka kinerja sistem dengan *honeycomb* lebih baik daripada yang tanpa *honeycomb*

Penelitian [11] dalam judul penelitiannya *Interconnected Heat Pipe Solar Collector* dimana dalam tulisannya berkaitan dengan kinerja pipa panas kolektor surya. Kolektor surya terdiri dari pipa panas saling berhubungan sehingga dapat mengurangi biaya produksi dengan menggunakan pipa panas saling berhubungan karena semua pipa panas dapat dievakuasi, disegel dan diuji sekaligus. Kinerja prototipe dari pipa panas kolektor surya eksperimen diperiksa, dan hasilnya dibandingkan dengan yang diperoleh melalui analisis teoritis. Hasil yang ditunjukkan dalam kertas tampak layak

Penelitian [23] dalam penelitiannya *Experimental Investigation of a New Solar Flat Plate Collector*, menguji Sebuah pemanas air tenaga surya baru dan murah. Kolektor adalah jenis sandwich. Penyerap terbuat dari 2 lembar GI (1 mm) dengan kanal yang terintegrasi, dicat silika berbasis cat hitam. Percobaan telah dilakukan untuk menguji kinerja kedua pemanas air di bawah sirkulasi air dengan pompa kecil dan hasilnya dibandingkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat mencapai tingkat yang memuaskan efisiensi

Penelitian [17] dalam penelitian desertasi Gas filled, *flat plate solar collectors* diman penelitian ini memperlakukan kinerja termal dan mekanik pengisian gas pada kolektor surya plat datar untuk mencapai kinerja yang lebih baik dari kolektor yang berisi udara biasa. Gas yang diuji adalah argon, krypton dan xenon yang semua memiliki konduktivitas termal lebih rendah daripada udara. Hasil terbaik dicapai dengan gas xenon yang mengisi pada absorber dengan ketebalan normal, yaitu rata-rata 0,25 mm dari absorber tembaga. Kinerja *thermal*

yang baik juga dapat dicapai dengan menggunakan material *absorber* tembaga yang tebalnya kurang dari 0,1 mm dan untuk argon, masih memberikan kinerja operasional yang lebih baik daripada yang umum, udara kolektor diisi pada *absorber* dengan ketebalan 0,25 mm.

Penelitian [30] dalam penelitiannya *Experimental Study on Effect of Reflector Bed Designs Heated by Direct Solar Radiation for Hot Water Storage System*, dimana tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performance dari perbedaan reflektor, terhadap panas langsung radiasi matahari pada *water storage system*. Hasil dari percobaan adalah terjadi peningkatan efisiensi dengan menggunakan *curve* reflektor.

Penelitian [10] dalam penelitiannya *Performance Analysis of Flat Plate Solar Air Collectors With and Without Fins*, Membandingkan performance dari tipe yang berbeda dari *flat plate solar air heaters*, adalah menguji tiga buah tipe dari solar air heater, yaitu *conventional solar air heater*, *double glazing single pass solar air heater* dan *double pass solar air heater* dengan *internal fins*, hasil pengujian menunjukkan bahwa *double pass finned solar air heater* memiliki efisiensi tertinggi.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya yang bersumber dari sebagai hasil-hasil kajian referensi dari jurnal-jurnal dan juga tinjauan pustaka yang mendukung penelitian ini, bawah state of art permasalahan yang mendasar dari kolektor surya khususnya jenis *flat plate solar collector* adalah bagaimana meningkatkan performance berupa efisiensi dari kolektor tersebut bisa ditingkatkan semaksimal mungkin. Dalam meningkatkan performance ini peneliti-peneliti terdahulu melakukan berbagai macam cara, baik memodifikasi, menambah perlengkapan, menguji material yang dipakai dan sebagainya. Dari semua telaah jurnal-jurnal yang berkaitan dengan permasalahan peningkatan performance ini penggunaan pipa air yang terhubung dengan absorber menggunakan pipa bulat, dan langsung bersentuhan dengan *isolator* pada bagian bawah pipa, sehingga menyebabkan kurang efektifnya konduksi panas yang mengalir dari absorber ke pipa, selanjutnya karena bagian bawah langsung bersentuhan dengan isolasi sehingga luas permukaan konduksi dari pipa ke isolasi besar tentu ini juga merupakan kerugian energi dari kolektor.

Pada penelitian yang dilakukan penulis berdasarkan permasalahan yang mendasar tersebut diatas yaitu peningkatan performance berupa efisiensi pemanasan yang dihasilkan, adalah sudah menguji :bagaimana pengaruhnya penggunaan pipa persegi dan ditambahkan sirip pada bagian bawahnya terhadap peningkatan performance dari kolektor surya tersebut menjadi lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa performance lebih baik dibanding pipa bulat. Pada penelitian sekarang adalah menguji fluida penghantar panas yaitu air, *collant* dan alkohol bagaimana dampaknya terhadap peningkatan performannya terhadap solar collector dengan pipa persegi dan dilengkapi dengan sirip.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Konsep Dasar

Dari hasil yang didapat pada pengujian prototipe pipa segiempat dilengkapi dengan sirip menghasilkan lebih efisiensi yang lebih baik. Dalam pengujian ini fluida yang digunakan sebagai pemindah panas adalah coolant radiator, serta dalam kondisi statis. Maka untuk hal ini ide yang diusulkan adalah membuat fluida bersirkulasi selama pemindahan panas, dan menguji berbagai jenis perbedaan fluida sebagai media pemindah panas.

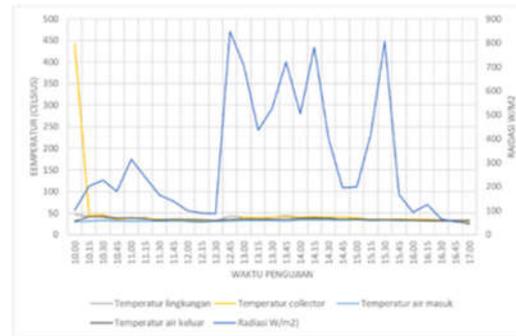
2.2 Pengukuran Variabel

Pengukuran variabel dilakukan mulai jam 9 sampai jam 17, variabel yang diukur adalah temperatur air masuk dan keluar, temperatur fluida masuk dan keluar heat exchanger, temperatur heat absorber, temperatur sekitar serta besaran radiasi matahari. Setiap pengujian dilakukan dengan variasi jenis perbedaan fluida yang dikondisikan bersirkulasi.

2.3 Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan kemudai di olah dalam bentuk output grafik, serta output analisis statistik dengan uji ANOVA dari varian jenis fluida pemindah panas sebagai variabel bebas dan delta temperatur air masuk dan keluar heat exchanger sebagai variabel terikat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Grafik Pengujian Fluida Air

Tabel 1. Descriptives

	N	Std. Dev.	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
1	29	2,5	0,4	2,4	4,3	0,1	9,6
2	29	221,8	41,1	-31,4	137,1	1,8	1205,0
3	29	2,2	0,4	4,1	5,8	0,6	10,2
Total	87	128,5	13,7	-6,9	47,8	0,1	1205,0

Tabel 2. Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	Df1	Df2	Sig
4,105	2	84	0,020

Tabel 3. Multiple Comparisons

Ukur (I) @ 15 menit	Ukur (J) @ 15 menit	Mean (I - J)	Std. Error	Sig	95% Confidence Interval Upper bond
2	1	49,5	33,6	0,9	114,7
3	1	1,5	33,6	0,6	66,8

Tabel 4. ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	45908	2	22954	1,4022	0,252
Within Groups	1375758	84	16378		
Total	1421666	86			

Dari output terlihat bahwa nilai Levene Statistic adalah 4,105 dengan nilai signifikansi 0,020. Dengan demikian bahwa varian dari variabel selisih temperatur air masuk dan keluar adalah berbeda sangat signifikan. Dengan melihat nilai F hitung yang sebesar 1,402 dengan nilai sig 0,252.

Dengan membandingkan nilai F tabel yang sebesar 3,11 dimana nilai F hitung lebih kecil dari F tabel dan dengan nilai Sig lebih besar dari alpha (5%) maka kesimpulan yang diambil adalah menerima H_0 yang berarti rata-rata perbedaan temperatur air masuk dan keluar adalah sama.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian dari analisis statistic dengan indikator selisih temperatur air masuk dan keluar penukar kalor menunjukkan tidak ada perbedaan karena F tabel lebih besar dari F hitung. Dari ketiga jenis media yang diuji pada *solar collector* pipa persegi dengan sirip tidak berpengaruh terhadap peningkatan efisiensi

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atish Mozumder , Anjani K. Singh, Pragati Sharma, 2014, Study of Cylindrical Honeycomb Solar Collector Hindawi Publishing Corporation Journal of Solar Energy Volume, pp 1-7
- [2] Hobbi, K. Siddiqui, 2009, Experimental study on the effect of heat transfer enhancement devices in flat-plate solar collectors. Int. Journal. of Heat and Mass Transfer 52, pp. 4650–4658.
- [3] A. Kumar, B. N. Prasad. 2000, Investigation of twisted tape inserted solar water heaters heat transfer, friction factor and thermal performance results. Renewable Energy, 19 (3), pp. 379-398.
- [4] Alok Kumar, 2014, Performance of Solar Flat plate by using Semi- Circular Cross Sectional Tube, International Journal of Engineering Research and General Science Volume 2, pp 33-37
- [5] A. El-Sebaei, S. Aboul-Enein, M. R. I. Ramadan, S. M. Shalaby, and B. M. Moharram, , 2011. "Thermal performance investigation of double pass-finned plate solar air heater," Applied Energy, vol.88, no. 5, pp. 1727–1739
- [6] Budiman Sudia, 2010, Unjuk Kerja Kolektor Surya Plat Datar Menggunakan KonsentratorDua Cermin Datar, DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 1, No. 2, hal ; 85 – 90
- [7] Cooper, P. I. and Dunkle, R. V., 1981. A non-linear flat-plate collector model. Solar Energy 26(2): pp 33-140
- [8] Duffie J.A. dan Beckman W.A. 1980, Solar Engineering Of Thermal Processes. John Willey & Sons USA, New York
- [9] Duffie, J. A. and Beckman, W. A., 2006. Solar engineering of thermal processes, ISBN: 13 978-0-471-69867-8, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
- [10] D. Bhandari & Dr. S. Singh, 2012, Performance Analysis of Flat Plate Solar Air Collectors With and Without Fins, International Journal of Engineering Research & Technology IJERT, pp 1-20
- [11] E. Azad 2009, Interconnected Heat Pipe Solar Collector, IJE Transactions Vol. 22, No. 3, pp ; 233-242
- [12] Grigorios Iordanou, 2009, Flat-Plate Solar Collectors for Water Heating with Improved Heat Transfer for Application in Climatic Conditions of the Mediterranean Region, A thesis submitted in fulfilment of the requirements of the Council of the University of Durham for the Degree of Doctor of Philosophy (PhD), School of Engineering and Computing Science Durham University
- [13] H Vettrivel dan P Mathiazhagan 2013, Thermal Performance Optimazion of a Flat Plate Solar Water Heater Collector Using Matlab, International Journal of Mechanical and Production Engineering, Volume- 1, pp 14 – 18
- [14] Hedayatizadeh, M., Ajabshirchi, Y., Sarhaddi, F., Safavinejad, A., Farahat, S., & Chaji, H. (2013). Thermal and Electrical Assessment of an Integrated Solar Photovoltaic Thermal (PV/T) Water Collector Equipped with a Compound Parabolic Concentrator (CPC). International Journal of Green Energy, 10(5), 494-522. <http://dx.doi.org/10.1080/15435075.2012.678524> 12 Januari 2014
- [15] Hossein Chaji et al, 2013, Experimental Study on Thermal Efficiency of Flat Plate Solar Collector Using TiO₂/WaterNanofluid, Modern Applied Science; Vol. 7, No. 10; pp 60-69
- [16] Irwin Bizzy dkk 2014, Pengaruh Kecepatan Angin dan Warna Pelat Kolektor Surya Berlubang Terhadap Efisiensi Dalam Sebuah Wind Tunnel. SNTMUT , hal ; 1-6
- [17] Johan Vestlund 2012, Gas filled, flat plate solar collectors, Thesis for the the defree of doctor of philisophy, Building Services Engineering Department of Energy and Environment Chalmers University of Technology Gothenburg, Sweden,
- [18] Kreith, F., 1994, Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas, Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga Jakarta.

- [19] Muhammad Zulfri dkk 2014, Kaji Eksperimental Pemanfaatan Material Penyimpanan Panas Pada Kolektor Pemanas Air Surya, Seminar Nasional Teknik Mesin Universitas Trisakti SNTMUT, hal ; 1-6
- [20] Nur Aklis 2013, Kaji Potensi Beberapa Jenis Atap Sebagai Thermal Roofing Water Heater System, Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT), hal ; 23 – 27
- [21] Rezania, A., Taherian, H., & Ganji, D. D. (2012). Experimental Investigation of a Natural Circulation Solar Domestic Water Heater Performance Under Standard Consumption Rate. *International Journal of Green Energy*, 9(4), 322-334. <http://dx.doi.org/10.1080/15435075.2011.652002> 20 Pebruari 2014
- [22] Ramadhani Bakari, Rwaichi J. A. Minja, Karoli N. Njau, 2014, Effect of Glass Thickness on Performance of Flat Plate Solar Collectors for Fruits Drying, Hindawi Publishing Corporation *Journal of Energy* Volume 2014, pp 1-8
- [23] Raj Thundil Karuppa R., Pavan P. and Reddy Rajeev D , 2012, Experimental Investigation of a New Solar Flat Plate Collector, *Research Journal of Engineering Sciences*, Vol. 1(4) pp ; 1-8
- [24] S. Jaisankar, T.K. Radhakrishnan, K.N. Sheeba, 2009. Experimental studies on heat transfer and friction factor characteristics of forced circulation solar water heater system fitted with helical twisted tapes. *Solar Energy*, 83 (11), , pp. 1943-1952
- [25] Sutomo dan Suryono Adi Waluyo, 2012, Pemodelan Kolektor Surya Plat Datar untuk Pemanas Air dengan Variasi Volume Storage, *SAINTEK Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik dan Rekayasa*, Volume 9, Nomor 1 hal ; 1-6
- [26] Souka, A. F. and Safwat, H. H., 1966. Determination of the optimum orientations for the double-exposure, flat-plate collector and its reflectors. *Solar Energy* 10(4): 170-174.
- [27] Taki, M., Ajabshirchi, Y., Behfar, H., & Taki, M. 2011. Experimental Investigation and Construction of PV Solar Tracker Control System Using Image Processing. *Modern Applied Science*, 5(6), 237-244. <http://dx.doi.org/10.5539/mas.v5n6p237> 15 Maret 2014
- [28] U.S. Department of Energy - Energy Efficiency and Renewable Energy Solar Energy Technologies Program. <http://www1.eere.energy.gov/solar/> 5 Maret 2014
- [29] Vishal Dabra 2013, The effect of tilt angle on the performance of evacuated tube solar air collector: experimental analysis, *International Journal of Engineering, Science and Technology* Vol. 5, No. 4, pp. 100-110
- [30] Yuhazri, M.Y, et al, 2012, Experimental Study on Effect of Reflector Bed Designs eated by Direct Solar Radiation for Hot Water Storage System, *International Conference on Design and Concurrent Engineering Universiti Teknikal Malaysia Melaka*, pp 458-462