

PENGARUH PERBEDAAN JENIS MEDIA PENDINGIN PADA SOLAR COLLECTOR PIPA SEGI EMPAT TERHADAP EFISIENSI

Rabiatul Adawiyah¹, M. Khafidz Arifin²

*Program Studi Teknik Alat Berat, Politeknik Negeri Banjarmasin^{1,2}
Rabiatul_adawiyah@poliban.ac.id¹
hfidz.allianz@gmail.com²*

ABSTRACT

The use of a water pipe connected to the absorber using a round heat pipe, and directly in contact with the insulator at the bottom of the pipe leads to less effective heat conduction flowing from the absorber to the pipe, furthermore because the bottom is directly in contact with the insulation so that the conduction surface area from the pipe to the large insulation of course this is also an energy loss from collectors. It has been tested how the influence of the use of square heat pipe and added fins on the bottom to increase the performance of the solar collector and indeed there is an increase in performance. In this study is to make the fluid transfer heat flow, so as to enable better heat transfer, as well as test some types of fluids used as heat transfer media .. Data processing with statistical test that is ANOVA of some types of fluid used and circulate in the flat plate solar collector with square pipe with fins. Test result from statistic analysis with indicator of temperature difference of inlet and exchanger water exchanger showed no difference because F table bigger than F arithmetic. Of the three types of media tested on a square pipe solar collector with fins did not affect the efficiency increase.

Keywords Flat Plate Solar Sollector, Performance, Square Heat Pipe, Fins, Efficiency

ABSTRAK

Penggunaan pipa air yang terhubung dengan absorber menggunakan heat pipe bulat, dan langsung bersentuhan dengan isolator pada bagian bawah pipa 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. Telah dilakukan pengujian bagaimana pengaruhnya penggunaan heat pipe persegi dan ditambahkan sirip pada bagian bawahnya terhadap peningkatan performance dari kolektor surya tersebut dan memang terjadi peningkatan performance. Pada penelitian ini adalah membuat fluida pemindah panas mengalir, sehingga memungkinkan terjadi pemindahan panas yang lebih baik, serta juga menguji beberapa jenis fluida yang digunakan sebagai media pemindah panas.. Pengolahan data dengan uji statistik yaitu ANOVA dari beberapa jenis fluida yang digunakan dan bersirkulasi pada flat plate solar collector dengan pipa persegi dengan sirip. 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.

Kata Kunci: Flat Plate Solar Sollector, Performance, Pipa Segi Empat, Sirip, Efisiensi

PENDAHULUAN

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. (Grigorios Iordanou 2009)

Sumber energi terbarukan seperti energi matahari ini dapat digunakan melebihi untuk kebutuhan energi manusia (Taki, Ajabshirch, Behfar, & Taki, 2011). 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 (Hedayatizadeh et al, 2013)

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. (Ali dalam Hossein Chaji 2013)

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. (Grigorios Iordanou, 2009)

Budiman Sudia (2010) 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.

Alok Kumar (2014) 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 flate sangat dekat. Karena alasan ini performance kolektor surya plat datar meningkat.

Ramadhani Bakari et al (2014) menyelidiki pengaruh ketebalan material kaca pada kinerja kolektor surya pelat 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% .

Vishal Dabra (2013) memodifikasi tabung kolektor surya udara untuk sudut kemiringan kolektor berbeda dari horisontal 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.

Also Hobbi and Siddiqui (2009) 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: strip 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

Kumar and Prasad (2000,) 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.

Budiman Sudia (2010) melakukan penelitian untuk 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.

Ramadhani Bakari et al (2014) dalam penelitiannya *Effect of Glass Thickness on Performance of Flat Plate Solar Collectors for Fruits Drying* menyelidiki pengaruh ketebalan material kaca pada kinerja kolektor surya pelat 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%

H Vetrivel dan P Mathiazhagan (2013) 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.

Atish Mozumder et al (2014) 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 $3.06 \text{ W}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-1}$. Hal ini mendukung hasil eksperimen serupa sebelumnya. Menemukan bahwa ketika sudut datang radiasi matahari adalah 20° maka kinerja sistem dengan honeycomb lebih baik daripada yang tanpa honeycomb

E. Azad (2008) 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

Raj Thundil Karuppa R et al (2012) 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

Johan Vestlund (2012) 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.

Yuhazri, M.Y et al (2012) 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.

D. Bhandari dan Dr. S. Singh (2012) 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.

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.

METODE PENELITIAN

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.

Pengukuran Variabel

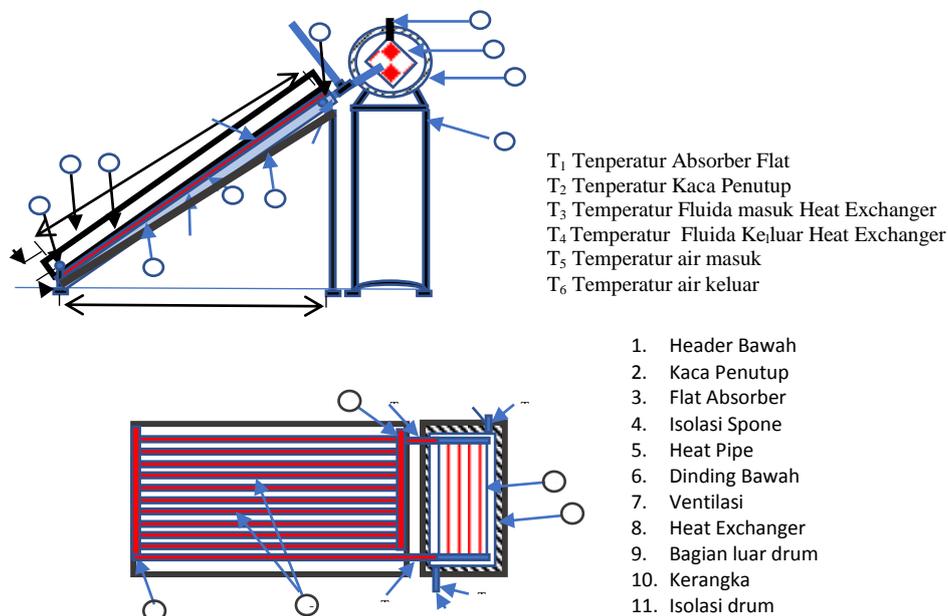
Pengukuran variabel dilakukan mulai jam 9 sampai jam 17, variabel yang diukur adalah temperatur air masuk dan keluar, temperatur fluida masuk dan keluar heat exchanger, temperatur heat absorber, temperatur sekitar serta besaran radiasi matahari. Setiap pengujian dilakukan dengan variasi jenis perbedaan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

Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan kemudai di olah dalam bentuk output grafik, serta outpus 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

HASIL DAN PEMBAHASAN

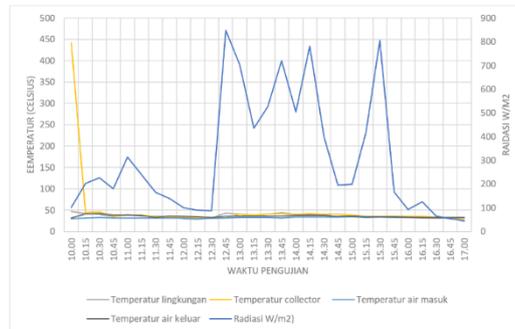
Rancangan Model Prototipe



Gambar 1. Model Prototipe

Pada pengujian ini dibuat fluida penghantar panas bersirkulasi, dan digunakan tiga jenis fluida untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performanc dari solar collector pipa persegi yang dilengkapi dengan sirip.

Grafik Pengajian Dengan Fluida Pemindah Panas Air



Gambar 2 Grafik Pengujian Fluida Air

Analisis Statistik

Descriptives

Selisih Temperatur air masuk dan keluar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1,00	29	3,3931	2,53672	,47106	2,4282	4,3580	,10	9,60
2,00	29	52,8931	221,63674	41,15691	-31,4130	137,1992	1,80	1205,00
3,00	29	4,9724	2,22484	,41314	4,1261	5,8187	,60	10,20
Total	87	20,4195	128,57297	13,78447	-6,9831	47,8222	,10	1205,00

Test of Homogeneity of Variances

Selisih Temperatur air masuk dan keluar

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4,105	2	84	,020

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Selisih Temperatur air masuk dan keluar

Dunnnett t (<control)^a

(I) Pengukuran tiap 15 menit	(J) Pengukuran tiap 15 menit	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Upper Bound
2,00	1,00	49,50000	33,60837	,979	114,7579
3,00	1,00	1,57931	33,60837	,685	66,8372

a. Dunnnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

ANOVA

Selisih Temperatur air masuk dan keluar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	45908,322	2	22954,161	1,402	,252
Within Groups	1375758,395	84	16378,076		
Total	1421666,717	86			

Dari output terlihat bahwa nilai Levena 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 α (5%) maka kesimpulan yang diambil adalah menerima H_0 yang berarti rata-rata perbedaan temperatur air masuk dan keluar adalah sama.

KESIMPULAN

Hasil pengujian dari analisis statistik 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

DAFTAR PUSTAKA

- 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
- 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.
- 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.
- 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
- 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
- Budiman Sudia, 2010, Unjuk Kerja Kolektor Surya Plat Datar Menggunakan Konsentrator Dua Cermin Datar, DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 1, No. 2, hal ; 85 – 90
- Cooper, P. I. and Dunkle, R. V., 1981. *A non-linear flat-plate collector model*. Solar Energy 26(2): pp 33-140
- Duffie J.A. dan Beckman W.A. 1980, *Solar Engineering Of Thermal Processes*. John Willey & Sons USA, New York
- 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
- 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
- E. Azad 2009, Interconnected Heat Pipe Solar Collector, IJE Transactions Vol. 22, No. 3, pp ; 233-242

- 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
- 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
- Hedayatzadeh, 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
- 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
- Irwin Bizzy dkk 2014, Pengaruh Kecepatan Angin dan Warna Pelat Kolektor Surya Berlubang Terhadap Efisiensi Dalam Sebuah Wind Tunnel. SNTMUT, hal ; 1-6
- 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,
- Kreith, F., 1994, Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas, Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga Jakarta.
- 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
- Nur Aklis 2013, Kaji Potensi Beberapa Jenis Atap Sebagai *Thermal Roofing Water Heater System*, Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT), hal ; 23 – 27
- 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
- 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

- 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
- 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
- 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
- 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.
- 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
- U.S. Department of Energy - *Energy Efficiency and Renewable Energy Solar Energy Technologies Program*. <http://www1.eere.energy.gov/solar/> 5 Maret 2014
- 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
- 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