

ANALISIS KOLEKTOR SEDERHANA BERGELOMBANG DENGAN PENAMBAHAN REFLEKTOR TERHADAP KINERJA SOLAR WATER HEATER

Sutrisno¹⁾, Mustafa²⁾

^{1),2)} Dosen Fakultas Teknik Universitas Merdeka Madiun
email : sutrisno_wb@yahoo.co.id, mustafa_unmer@yahoo.com,

Abstract

Utilization of solar energy has grown rapidly. In this regard has been much research done to obtain maximum results and effective. In this study developed with the addition feflektor corrugated collector. Serves as a heat reflector enhancer on the plate with reflected light, it is intended to add to the heat received by the plate. This research method is done by experiments using two (2) pieces of corrugated plates and PVC plates with the addition of a glass reflector taste, so it can produce more heat. Reflector serves reflect sunlight towards the plate absorber so that more effective heat absorption and maximum. The study concluded that the addition of reflectors make better absorption.

Keyword: solar water heater, PVC plate, reflector.

Latar Belakang

Letak geografi; Indonesia merupakan negara yang terletak pada lintasan garis katulistiwa, kondisi demikian sangat menguntungkan dalam hal ketersediaan energi matahari. Di Indonesia terutama didaerah pegunungan dan lembah mempunyai temperatur udara yang lebih rendah dibandingkan daerah pantai. Pada temperatur lingkungan yang rendah masyarakat membutuhkan air hangat untuk mandi.

PT. Bernadi Utama, Bekasi, Kontribusi energi dari matahari (hemat biaya dibanding dengan pemanas air konvensional) dapat bervariasi sampai 95%, tergantung pada model dan lokasi. Dimanapun letak lokasinya, selalu tersedia energi matahari yang menghemat biaya, dan jika kita menggunakan pemanas air tenaga surya, maka kita tidak perlu mengeluarkan biaya, namun jika menggunakan sumber energi dari bahan bakar fosil, maka kita harus

membelinya, dan secara tidak langsung kita ikut mencemari lingkungan dan menggunakan sumber energi yang dapat habis.

Pada kolektor tenaga surya salah satu parameter yang penting adalah efisiensi sirip. Pada *solar heater* dengan kolektor konvensional konstruksinya menggunakan pipa dan pelat penyerap, pelat penyerap berfungsi untuk menyerap panas dan memindahkan panas secara konduksi kepipa-pipa yang tersambung pada pelat penyerap. Pada kolektor konvensional temperatur maksimal terjadi ditengah-tengah antara dua buah pipa yang gradien temperaturnya sama dengan nol, kemudian menurun sampai pada sambungan pipa dengan pelat penyerap.

Pada kolektor pelat ganda bergelombang konstruksinya menggunakan dua buah pelat yaitu pelat penyerap bergelombang dan

pelat penyimpan datar, dan diantara kedua pelat tersebut terdapat fluida kerja. Panas dari pelat penyerap dikonduksikan langsung ke permukaan fluida kerja tanpa ada hambatan, sehingga memberikan proses penyerapan panas yang maksimal, selain itu panas tersebut disimpan pada pelat penyimpan yang berfungsi juga sebagai isolator, sehingga kerugian penyerapan panas menjadi kecil. Kondisi demikian dapat dianggap bahwa harga efisiensi sirip sama dengan satu. Hal tersebut menunjukkan bahwa faktor pelepasan panas (F_R) ke fluida kerja untuk kolektor pelat ganda bergelombang lebih besar dari kolektor konvensional dan temperatur kolektor pelat ganda bergelombang lebih merata dibandingkan dengan kolektor konvensional. Selain itu untuk meningkatkan penerimaan energi surya oleh pelat penyerap gelombang ditambahkan reflektor. reflektor berfungsi untuk memantulkan sinar matahari menuju kolektor bergelombang, sehingga dapat meningkatkan energi surya yang diterima oleh kolektor. Dengan kondisi demikian, maka perlu dilakukan penelitian untuk meningkatkan kinerja *solar water heater* konvensional dengan sistem perpipaan dikonstruksi ulang menggunakan *solar water heater* pelat ganda bergelombang dan penambahan reflektor, lebih spesifik penelitian dilakukan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan panas.

Tinjauan Pustaka Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan suatu bentuk thermal yang mempunyai kontribusi panjang gelombang khususnya dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang dapat merambat dalam kondisi ruang hampa di angkasa luar, dan memberi pancaran

radiasi dengan panjang gelombang yang berbeda-beda yaitu antara 0,2 - 2,6 μm .

Pemanfaatan energi sinar matahari menjadi energi berguna dapat dibagi menjadi dua golongan besar, menurut cara pengumpulannya yaitu:

1. Sistem pengumpulan secara alami (natural), dan
2. Sistem pengumpulan secara teknologi.

Fraksi yang dipantulkan kita namakan reflektivitas (ρ), fraksi yang diserap absorptivitas (α) dan fraksi yang diteruskan dinamakan transmisivitas (τ). Berdasarkan keseimbangan energi maka ketiga komponen energi radiasi memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

Pemanas air tenaga surya menggunakan prinsip penyerap tenaga radiasi matahari dengan absorptivitas yang tinggi (mendekati benda hitam $\alpha = 1$).

Pemanas Air Tenaga Surya

Sistem pemanas air tenaga matahari, secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu:

1. Pengumpul surya (*Solar collector*) yang menerima dan mengkonversikan atau mentransfer energi radiasi matahari menjadi energi thermal pada fluida kerja.
2. Sistem saluran fluida kerja atau pipa pengalir, yaitu bagian yang menghubungkan pengumpul dengan penyimpan.
3. Tangki penyimpanan fluida yaitu bagian yang menyimpan dan menampung air panas.

Berdasarkan besar temperatur panas yang diinginkan bentuk pengumpul panas secara garis besar dapat dikelompokkan atas tiga bagian yaitu:

1. Pengumpul pemusat dengan pemusatan rendah yaitu antara 80 $^{\circ}\text{C}$ – 150 $^{\circ}\text{C}$.

2. Pengumpul plat datar untuk temperatur lebih rendah dari 80 °C.

Faktor Efisiensi (F')

Karena temperatur T_p dari plat penyerap berubah-ubah sepanjang dan melintang plat, maka persamaan perolehan massa panas kolektor dan persamaan efisiensi biasanya dinyatakan dari temperatur masuk, yang mudah dikontrol dan diukur selama pengujian dan operasinya. Secara empiris faktor efisiensi dapat ditentukan dengan rumusan sebagai berikut:

$$F' = \frac{1/U_L}{S \left\{ \frac{1}{U_L[(S-d)]F+d} + \frac{1}{k \cdot b/l} + \frac{1}{h \pi d_i} \right\}}$$

Keterangan:

U_L = koefisien kerugian total, $W/m^2 \cdot K$

S = jarak antara pipa, m

d = diameter luar pipa tembaga, m

F = efisiensi sirip

k = konduktivitas thermal perekat, $W/m \cdot k$

h = konduktivitas thermal pipa tembaga $W/m \cdot K$

b = panjang perekat, m

l = tebal perekat, m

d_i = diameter dalam pipa tembaga, m

Perolehan panas sebuah kolektor surya lebih baik dinyatakan sebagai fungsi dari temperatur masuk fluida T_i . Faktor pelepasan panas adalah perubahan antara energi berguna yang dikumpulkan terhadap energi yang mungkin dikumpulkan, apabila fluida sepanjang pipa adalah sama dengan temperatur masuk, maka faktor pelepasan panas adalah:

$$F_R = \frac{C_p m}{A_C \cdot U_L} \left[1 - \exp \left(- \frac{A_C U_L F'}{C_p m} \right) \right]$$

Keterangan:

F_R = faktor pelepasan

C_p = panas jenis pada tekanan konstan, $KJ/kg \cdot K$

U_L = koefisien perpindahan panas total, $W/m^2 \cdot K$

F' = faktor pelepasan

A_C = luas permukaan kolektor, m^2

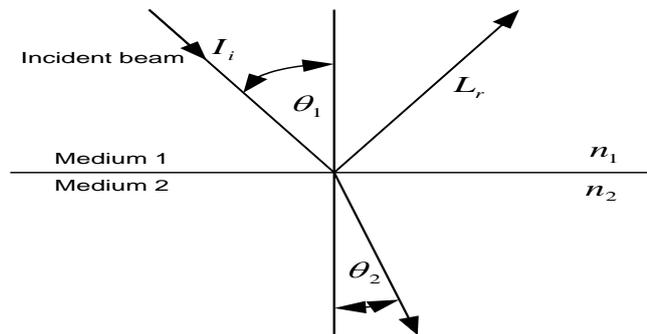
m = laju aliran massa dalam kolektor, $kg/detik$.

Refleksivitas (ρ)

Refleksivitas dari material tergantung pada indeks pembiasan dan sudut *incident* yang dibentuk antara radiasi datang dan garis tegak lurus yang ditransmisikan pada permukaan. Gambar E.9 dibawah ini menunjukkan hubungan antara sudut sinar datang, sudut pantul serta sudut yang dipantulkan pada permukaan bidang datar, *subscript 'i'* adalah arah datangnya sinar dimana besar sudutnya akan sama dengan sudut yang dipantulkan pada permukaan suatu bidang datar. Sudut θ_r adalah sudut pembiasan, hubungan antara sudut datang sinar matahari dengan pembiasannya mengikuti hukum *Snellius*.

Menurut Duffie dan Beckman (1980: 171), refleksi dari radiasi untuk permukaan yang halus oleh Fresnell diekspresikan dengan membagi yaitu antara radiasi yang tidak terpolarisasi yang lewat *medium 1* dengan indeks pembiasan; n_1 ke *medium 2* dengan indeks pembiasan;

$$n_2.$$



Gb. Diagram sudut sinar datang, sinar pantul dan sinar bias pada media transparan (Sumber: *Duffie and Beckman* 1980:172)

Beberapa diantaranya digunakan sebagai dasar untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Rahardjo (2005), menggunakan dua buah kaca penutup diperoleh efisiensi yang lebih baik dibandingkan hanya menggunakan satu kaca. Perbedaan suhu antara air keluar kolektor dan yang masuk ke kolektor dengan 2 lapis kaca penutup bisa lebih tinggi hingga sekitar $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ dibandingkan kolektor dengan sebuah kaca penutup.

Ismail (2005), Kecepatan aliran air pada *solar heater*, semakin cepat aliran, maka air hangat yang dihasilkan memiliki temperatur semakin rendah, dan Pada pemanas air tenaga surya tipe kolektor plat datar dengan kemiringan sudut kolektor 0° menghasilkan temperatur air yang paling optimum yaitu dengan temperatur rata-rata $59,375\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan suhu maksimum sebesar $71\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bhide et al. (1982), memperkenalkan metode yang sederhana untuk membandingkan *performance thermal* dimana kolektor pelat datar dilapisi dengan suatu lapisan yang diketahui nilai daya serap dan daya pantul sinar matahari. Ini adalah cara yang sederhana untuk mendapatkan nilai α dan ε yang tepat untuk pemilihan permukaan kolektor tertentu. Metode ini menunjukkan adanya batasan pada perbandingan lapisan dalam memilih

nilai α dan ε serta akan memberikan keuntungan energi total yang digunakan pada pemilihan lapisan yang baik.

Rahmad (2001), melakukan penelitian mengenai plat penyerap untuk destilasi air laut. Dari beberapa bahan uji dalam penelitian ini, didapat bahan tembaga yang dilapisi dengan cat hitam jenis *doff* memiliki koefisien penyerapan panas yang baik, yaitu 0,82. Pada penelitian ini juga dilakukan pengamatan pada kinerja *solar still* dengan ukuran $1 \times 1\text{ m}$ dengan penambahan batu kerikil di atasnya diatas pelat penyerap, hasil pengujian menunjukkan pelat penyerap dengan penambahan batu kerikil di atasnya mempunyai efisiensi yang baik.

Farid dan Ismail (2011), meneliti jumlah kaca penutup dan kapasitas aliran air pada *solar heater* sederhana menggunakan pelat penyerap tunggal, menghasilkan dengan menggunakan kaca penutup tiga lapis dan kapasitas air sedikit mempunyai kinerja *solar heater* sederhana lebih tinggi dibandingkan kaca penutup dua lapis, satu lapis dan kapasitas air yang lebih besar.

Ismail (2007), meneliti laju aliran air pada *solar heater* sederhana menggunakan pelat penyerap tunggal, menghasilkan semakin cepat laju aliran air menghasilkan kinerja *solar*

heater lebih rendah, begitu pula sebaliknya.

Sambada (2004), Sirkulasi air dari kolektor ketangkai pada pemanas air surya termosifon terjadi secara alami, karena perbedaan masa jenis air dikolektor dengan air didalam tangki sehingga tidak memerlukan pompa, tetapi unjuk kerjanya dapat lebih baik dari sistim pemanas air surya yang menggunakan pompa. Penelitian menggunakan simulasi grafik f yang biasa dipakai untuk memperkirakan unjuk kerja sistim pemanas air sirkulasi paksa dengan pompa. Hasil simulasi memperlihatkan jumlah dan luas kolektor, jumlah penggunaan air panas harian dan volume air dalam tangki penyimpan mempengaruhi besar fraksi surya sistim pemanas air termosifon.

Kristanto dan San (2001), Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap unjuk kerja kolektor diantaranya adalah ketebalan pelat penyerap dan jarak antar pipa-pipa kolektor yang disebut efisiensi sirip kolektor. Hasil penelitian menunjukkan semakin tebal pelat penyerap dan semakin kecil jarak antar pipa-pipa kolektor, efisiensi sirip dari kolektor semakin optimum.

Anggraini (2001), Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jarak kaca kepelat terhadap temperatur pelat yang menyatakan besar panas yang diterima. Kaca yang digunakan untuk penelitian adalah kaca bening dan kaca es dengan ketebalan masing-masing 3 mm dan 5 mm. Hasil penelitian didapat bahwa temperatur pelat tertinggi dicapai saat kaca yang dipakai jenis kaca bening 3 mm dengan jarak kaca ke pelat 20 mm.

EPSEA (1995), Penelitian yang dilakukan disepanjang Texas dan Mexico menghasilkan suatu teknologi solar still dengan ukuran 34" x 76" dapat menghasilkan air bersih sebanyak 3 galon perhari pada musim

panas dan 1,5 galon per hari pada musim dingin. Gambar dibawah ini adalah tipe *solar still* yang dikembangkan oleh EPSEA.

Metode Penelitian

Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah :

Variabel bebas: Kolektor pelat ganda bergelombang dan reflektor (Kolektor konvensional sebagai pembanding).

Variabel Terikat: Temperatur kaca penutup (T_k), Temperatur air masuk (T_{in}), Temperatur air keluar (T_{out}), Temperatur pelat penyerap pencak gelombang (T_{pa}), Temperatur pelat penyerap lembah (T_{pb}), Temperatur pelat penyimpan (T_{pvc}), dan Intensitas radiasi matahari (G_t).

Model Peralatan

Alat yang digunakan terdiri dari dua buah kolektor surya yaitu :

Solar heater kolektor pelat ganda.

- Pelat penyerap dari aluminium bergelombang dengan tebal 3 mm dan dicat hitam *dof*.
- Pelat penyimpan panas dari PVC datar dengan ketebalan 10 mm.
- Kaca penutup satu sisi tebal 5 mm dan orientasi menghadap utara.
- Jarak antara pelat penyerap pada posisi lembah gelombang dengan pelat penyimpan sebesar 2,5 cm
- Isolator dari bahan *stereofom* dengan ketebalan 3 cm.
- Sudut kaca 15° .
- Saluran air masuk dan keluar menggunakan pipa PVC 25,4 mm.
- Pompa menggunakan pompa aquarium.
- Reflektor menggunakan cermin datar dengan tebal 3 mm.

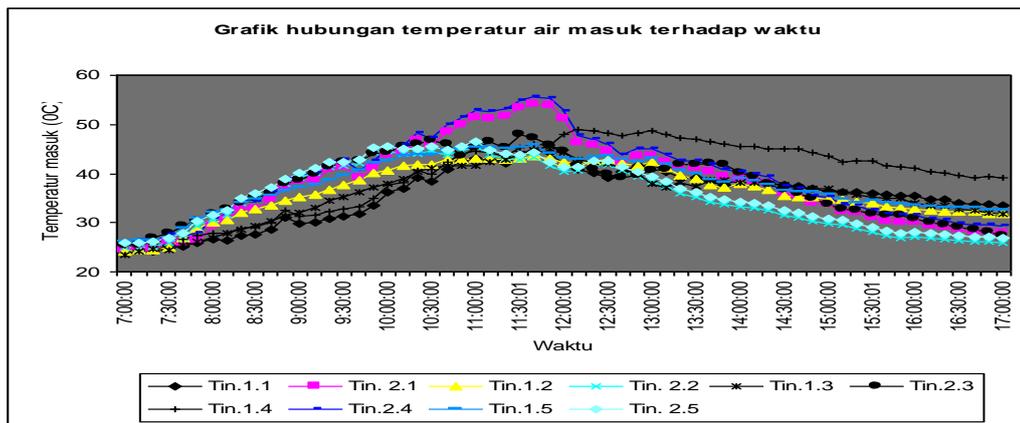
Hasil dan Pembahasan

Data yang diambil dalam penelitian pengujian *solar heater* pelat ganda dan *solar heater* konvensional. Data penelitian *solar heater* pelat ganda terdiri dari intensitas radiasi matahari, temperatur air masuk, temperatur air

keluar, temperatur pelat penyerap, temperatur pelat penyimpanan dan temperatur lingkungan, sedangkan pada *solar heater* konvensional data yang diambil terdiri dari temperatur air masuk dan temperatur air keluar. Pencatatan data dilakukan setiap 10 menit dengan menentukan waktu penyimpanan data pada *software* DAI.

Selanjutnya data dihitung dan dianalisis dari grafik-grafik yang disajikan.

Dari hasil penelitian dapat dibuat grafik hubungan antara waktu terhadap temperatur air masuk pada pengujian *solar heater* pelat gelombang sebagai berikut:

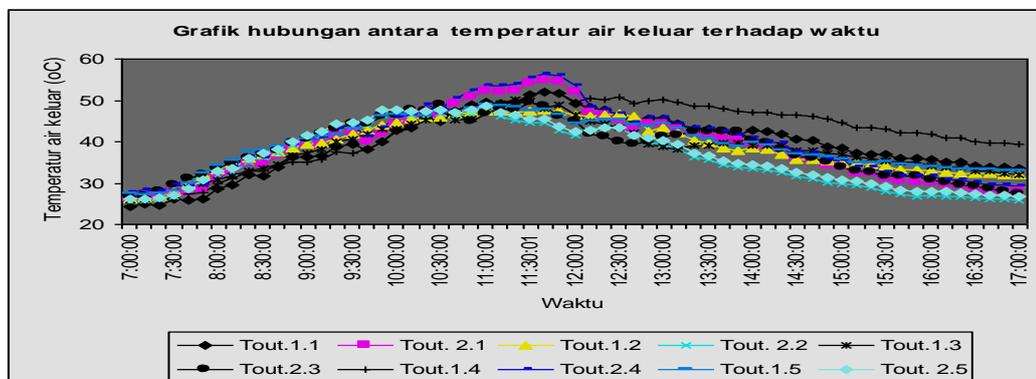


Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu terhadap temperatur air masuk pada pengujian *solar heater* pelat gelombang

Pemanfaatan pelat ganda yang berfungsi sebagai penyerap dan penyimpanan berpengaruh terhadap temperatur air keluar. Kondisi demikian terlihat pada penurunan radiasi matahari temperaturnya mengalami penurunan yang lambat, namun pada *solar heater* konvensional penurunan temperaturnya lebih cepat, hal

demikian dikarenakan pelat penyimpanan mengeluarkan energi yang disimpan sebelumnya.

Pengaruh waktu terhadap temperatur air keluar pada pengujian *solar heater* pelat gelombang. Dari hasil penelitian dapat dibuat grafik hubungan antara temperatur air keluar terhadap waktu sebagai berikut:

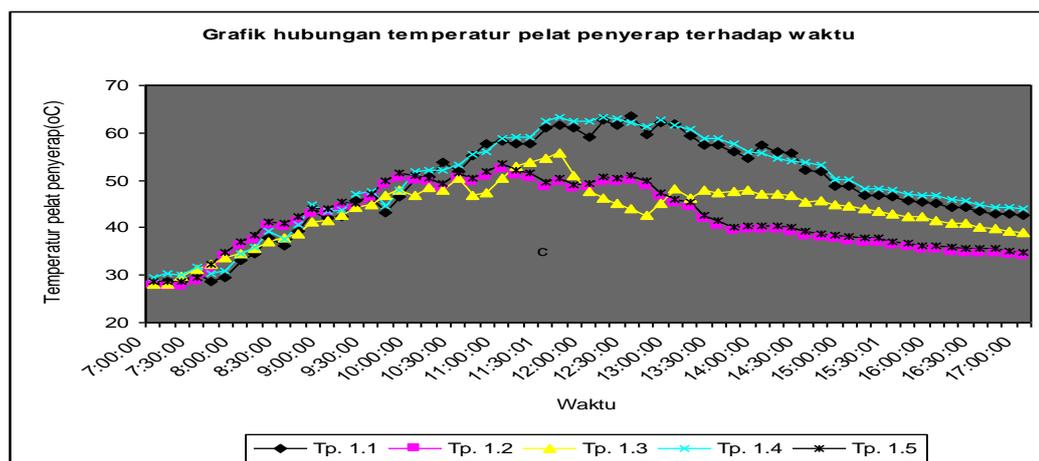


Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu terhadap temperatur air keluar pada pengujian *solar heater* pelat gelombang.

Dari grafik diatas terlihat temperatur air keluar mengikuti pola radiasi dan sesuai dengan waktu pengambilan data. Temperatur air keluar dipengaruhi oleh laju aliran air yang bersirkulasi secara kontinyu, sehingga air yang keluar dari *solar heater* dan telah melalui proses penyerapan panas akan bercampur dengan air didalam tandon. Dengan kondisi demikian, maka air didalam tandon yang dipersiapkan untuk masuk kedalam *solar heater* mengalami kenaikan temperatur terlebih dahulu, sehingga selisih air keluar dan masuk menjadi kecil. Penurunan temperatur air keluar ini seiring dengan penurunan radiasi

matahari yang berfungsi sebagai sumber energi dan radiasi matahari sendiri tergantung terhadap waktu. penyerap pada pengujian *solar heater* pelat ganda terlihat pada grafik 4.

Pada *solar heater* pelat ganda bahwa antara pelat penyerap, air dan pelat penyimpan bersentuhan langsung dengan demikian panas yang diterima pada air akan lebih besar. Pada intensitas radiasi matahari mulai menurun, maka pada pelat penyerap penurunannya tidak terlalu besar, sebab panas yang disimpan mempunyai temperatur yang masih tinggi.



Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu terhadap temperatur pelat penyimpan pada pengujian *solar heater* pelat ganda.

Kesimpulan Dan Saran

Pengaruh *solar heater* pelat gelombang dengan penambahan reflektor dibandingkan *solar heater* konvensional. Peningkatan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh pelat penyerap akan meningkatkan temperatur air, disebabkan oleh pelat penyerap yang bersinggungan langsung dengan air dengan penambahan reflektor akan meningkatkan panas yang terserap, demikian juga pada pelat penyimpan, karena air bersinggungan langsung

dengan pelat penyimpan. Peningkatan temperatur air merupakan indikasi terjadinya penyerapan panas yang tinggi, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan panas. Sedangkan pada *solar heater* konvensional pelat penyerap tidak langsung berhubungan dengan fluida kerja, namun harus melewati pipa untuk sampai pada fluida kerja, sehingga proses peningkatan temperatur pada pelat penyerap tidak dapat langsung meningkatkan temperatur fluida kerja.

Pada sore hari intensitas radiasi matahari menurun, kondisi demikian akan menurunkan temperatur pelat penyerap, temperatur air tetapi temperatur pelat penyimpanan tetap menahan penurunan temperatur, sehingga penurunan temperatur air pada *solar heater* pelat gelombang lebih lambat dibandingkan dengan *solar heater* konvensional.

Daftar Pustaka

- Anggraini, (2001), Pengaruh Jarak Kaca ke Plat Terhadap Panas Yang diterima Suatu Kolektor Surya Plat Datar, Jurnal Teknik Mesin
- Bhide V. G. et. al, (1982)., *Choice of selective coating for flat collector, solar energy*, Vol. 29, No.6, pp. 463-465.
- Duffie J.A. dan Beckman W.A. (1980), *Solar Engineering Of Thermal Processes*. New York : John Willey & Sons.
- EPSEA (1995), <http://epsea.org/still.html>.
- Farid dn Ismail, (2011), Pengaruh Pelat Penyerap Ganda Model Gelombang Terhadap Kinerja *Solar Water Heater* Sederhana, Widya Teknika Vol.19 No.1
- Ismail N. R., (2007), Pengaruh jarak dan jumlah ruang penyerap terhadap produktifitas dan efisiensi harian solar still . PDM DIKTI, Jakarta.
- Rahardjo T. (2005). “Unjuk Kerja Pemanas Air Jenis Kolektor Surya Plat Datar dengan Satu dan Dua Kaca Penutup”, Jakarta: Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra.
- Rahmad Subarkah, (2001), “Penelitian absorber solar still untuk distilasi air laut”, Skripsi , Malang: Jurusan Teknik Mesin FT Unibraw Malang.
- Sambada R.F.A (2004), “Fraksi Surya Pemanas Air Surya Termosifon”, Prosiding, Seminar Nasional, Pengembangan Riset dan Teknologi dibidang industri. Jurusan Teknik Mesin - Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Kristanto P. dan San Y.K., (2001), Pengaruh Tebal Pelat Dan Jarak Antar Pipa Terhadap Performansi Kolektor Surya Pelat Datar, Jurnal Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra.