

RANCANG BANGUN ALAT PENGUMPUL PANAS ENERGI MATAHARI DENGAN SISTEM TERMOSIFON

[DESIGN OF SOLAR THERMAL COLLECTOR TOOL WITH THERMOSIFON SYSTEM]

Oleh :

Mulia Rahman¹, Budianto Lanya², Tamrin²

¹Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

^{2,3,4} Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

✉ komunikasi penulis, email : rendiutama23@yahoo.co.id

Naskah ini diterima pada 18 April 2013; revisi pada 3 Oktober 2013;
disetujui untuk dipublikasikan pada 9 Oktober 2013

ABSTRACT

Limited availability of fossil energy requires us to find for alternative energy to meet our needs. Solar thermal collector with thermosifon system is one of environmentally friendly alternative energy. The thermosifon system is a natural pump which work based on density difference between cool water and hot water, so that no electric pump is needed. The purpose of this research was to create a mean of collecting solar thermal energy with thermosifon system. The research steps consist of designing, manufacturing, and testing. Thermal collector was made with dimension of 1,5 m long, 1,0 m wide and 1,0 m high, with storage tank capacity of 20 lt. Collector testing was conducted by putting the equipment at an open space from a clock 08:00 – 16:00. It was found that the highest efficiency of solar collector (11,2 %) occurred on July 11, 2012 with an average solar intensity of 756 W/m², where as the lowest efficiency (8,8 %) occurred on July 7, 2012, with the average solar intensity 479 W/m². The highest average temperature of the storage tank was 44,7 °C on July 13, 2012 while the lowest average temperature was 35,3 °C on July 12, 2012.

Keywords: **Solar Collector, Thermosifon, Radiaton Intensity, Thermal Efficiency**

ABSTRAK

Ketersediaan energi fosil yang terbatas menuntut kita untuk mencari energi alternatif guna memenuhi kebutuhan kita. Kolektor surya dengan sistem termosifon adalah salah satu alternatif energi yang ramah lingkungan, hemat, dan mudah didapatkan. Sistem termosifon merupakan pompa alamiah yang bekerja berdasarkan perbedaan masa jenis antara air dingin dan air panas, sehingga tidak memerlukan pompa listrik dalam penggunaannya. Tujuan penelitian adalah membuat alat pengumpul panas energi matahari atau kolektor surya dengan sistem termosifon dan mengujinya. Metode penelitian terdiri dari perancangan, pembuatan, dan pengujian alat. Pengumpul panas dengan dimensi panjang 1,5 m, lebar 1 m, dan tinggi 1 m, dengan kapasitas tangki penyimpan 20 lt. Percobaan dilakukan pada ruang terbuka mulai pukul 08:00 – 16:00. Hasil pengujian didapat efisiensi tertinggi kolektor surya 11,9 % dengan intensitas matahari rata-rata 756 W/m² terjadi pada 11 Juli 2012 dan efisiensi terendah 9,4 % dengan intensitas matahari rata-rata 479 W/m² terjadi pada 7 Juli 2012. Suhu rata-rata tertinggi tangki penyimpan 44,7 °C pada 13 Juli 2012 sedangkan suhu rata-rata terendah 35,3 °C pada 12 Juli 2012.

Kata Kunci: **Kolektor Surya, Termosifon, Intensitas Radiasi, Efisiensi Termal.**

I. PENDAHULUAN

Saat ini ketersediaan energi dunia terutama minyak bumi semakin menipis. Kondisi ini menuntut kita untuk mencari energi alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari. Beberapa alternatif pengganti minyak bumi antara lain energi angin, air, nuklir, biomassa, dan cahaya matahari. Energi matahari adalah salah satu alternatif yang tidak polutif, dan gratis.

Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan Barat dan Timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia sekitar 4,5 kWh/m² per hari dengan variasi bulanan sekitar 10% dan di Kawasan Timur Indonesia sekitar 5,1 kWh/m² per hari dengan variasi bulanan sekitar 9 %. Dengan demikian, potensi energi matahari rata-rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m² per hari dengan variasi bulanan sekitar 9 % (Kementerian ESDM, 2011).

Selama ini, pemanfaatan energi panas matahari di Indonesia masih dilakukan secara tradisional. Para petani dan nelayan di Indonesia memanfaatkan energi surya untuk mengeringkan hasil pertanian dan perikanan secara langsung saat matahari cerah. Contoh lain ialah petani garam yang memanfaatkan sinar matahari untuk membuat garam. Di daerah yang beriklim dingin, sebagian masyarakat harus merebus air untuk keperluan mandi pada pagi hari. Dari permasalahan itu diperlukan alat untuk menyimpan energi panas. Salah satu cara untuk menyerap energi panas matahari ialah dengan menggunakan sebuah pengumpul panas atau biasa disebut kolektor surya.

Adapun penelitian tentang kolektor surya plat datar pernah diteliti oleh Tirtoatmodjo (1999) dengan judul "Unjuk Kerja Pemanas Air Jenis Kolektor Surya Plat Datar dengan Satu dan Dua Kaca Penutup". Penelitian yang dilakukan oleh Tirtoatmodjo menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu: Secara umum dapat dikatakan bahwa penggunaan kolektor

dengan dua buah kaca penutup adalah lebih baik dari pada hanya menggunakan sebuah kaca penutup saja. Perbedaan suhu yang dicapai dengan percobaan dengan dua buah kaca penutup untuk intensitas cahaya total antara 447 hingga 711 Watt/m² adalah 25°C hingga 42°C sedangkan kolektor dengan sebuah kaca penutup yang menerima intensitas cahaya mulai dari 419 hingga 741 Watt/m² hanya memiliki perbedaan suhu antar 15°C hingga 28°C saja. Secara umum dapat dikatakan pula bahwa penggunaan kolektor dengan dua buah kaca penutup adalah lebih efektif pada intensitas cahaya yang relatif tinggi, dalam percobaan ini jika di atas 600 Watt/m².

Penelitian yang dilakukan oleh Wirawan dan Sutanto (2011) menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu: Pertama, kalor yang diserap oleh air pada kolektor surya absorber plat aluminium lebih besar dibandingkan dengan kolektor surya absorber pasir. Kedua, semakin besar debit aliran air yang mengalir dalam kolektor maka kalor yang diserap oleh air semakin besar karena meningkatnya laju aliran massa air. Ketiga, kerugian kalor yang dialami oleh kolektor surya absorber plat aluminium lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor surya absorber pasir.

Penelitian yang dilakukan oleh Sudia (2010) menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu: Pertama, penggunaan konsentrator dua cermin datar dapat meningkatkan fluks kalor yang diserap absorber. Fluks kalor yang diserap absorber menggunakan cermin ($S_{rata-rata}$) = 556,05 Watt, sedangkan tanpa cermin $S_{rata-rata}$ = 425,52 Watt. Kedua, penggunaan konsentrator dua cermin datar dapat meningkatkan energi berguna (q_u) kolektor, untuk kolektor yang menggunakan cermin $q_{u,rata-rata}$ = 495,4 Watt, kolektor tanpa cermin $q_{u,rata-rata}$ = 290,4 Watt. Ketiga, penggunaan konsentrator dua cermin datar dapat meningkatkan efisiensi kolektor, untuk kolektor yang menggunakan cermin η_d = 51,8 %, sedangkan kolektor tanpa cermin η_d = 29,7 %. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat alat *solar thermal collector* atau pengumpul panas matahari dengan sistem termosifon.
2. Menguji alat pengumpul panas matahari.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada Mei hingga Juni 2012 di Laboratorium dan Perbengkelan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Alat dan bahan-bahan yang diperlukan terdiri dari: mesin pemotong, mesin gerinda, mesin bor, meteran, dan las listrik, termometer batang, stopwatch, termokopel, solarimeter/luxmeter, besi siku batang, kaca dengan ketebalan 3 mm, sambungan T, styrofoam, papan dengan lebar 25 cm dengan tebal ½ inchi, elektroda las 10 batang, paku 1 inchi, dan plat aluminium.

2.1. Metode perancangan

2.1.1. Kriteria rancangan

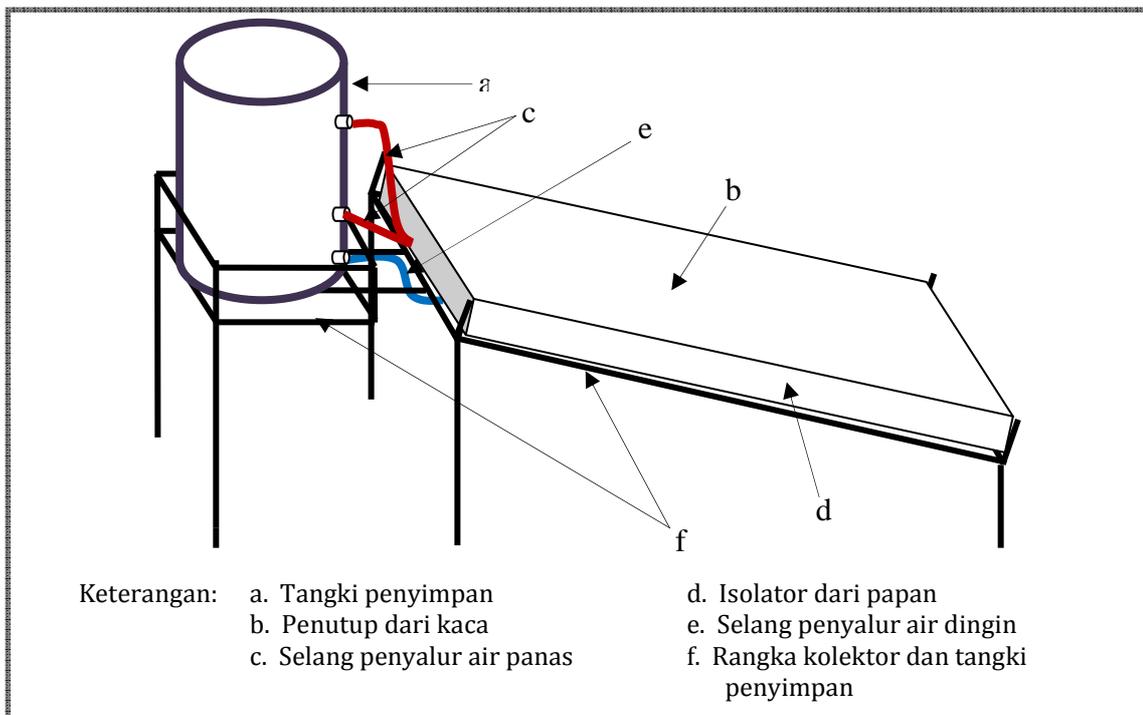
Kriteria rancangan yang menjadi acuan dalam pembuatan kolektor surya tipe plat datar dengan sistem termosifon adalah minimal sudah bekerja sesuai prinsip termosifon. Adapun luas

kolektor yang akan dibuat adalah 1,00 m x 0,50 m atau 0,50 m². Bagian kolektor surya dirancang membentuk sudut 15°. Volume tangki penyimpan air panas yang akan dibuat adalah 20 lt dengan dimensi tinggi 0,40 m diameter 0,30 m. Tipe ini dirancang untuk mencapai temperatur (60 - 70) °C.

Jarak plat penyerap dengan kaca transparan 3 cm, karena nilai perbedaan temperatur input-output tertinggi pada jarak 3 cm (Burhanuddin, 2005). Penggunaan tebal kaca adalah 5 mm dan jarak absorber ke kaca penutup 30 mm, karena efisiensi tertinggi didapat pada ukuran tersebut (M. Burhan, dkk, 2012).

2.1.2. Rancangan struktural

Rancangan struktural kolektor surya tipe plat datar dengan sistem termosifon (Gambar 1) terdiri dari beberapa komponen yaitu, *absorber* atau penyerap panas, isolator, penutup transparan, tangki penyimpan dan kerangka. *Absorber* terbuat dari plat aluminium dan pipa tembaga yang dicat hitam. Pada bagian samping atas kotak kolektor dibuat lubang untuk menyambungkan selang penyalur air panas dengan tangki penyimpan dan pada bagian



Gambar 1. Rancangan struktural kolektor surya tipe plat datar dengan sistem termosifon.

samping bawah kotak kolektor dibuat lubang untuk menyambungkan selang penyalur air dingin dengan tangki penyimpanan. Bagian isolator terbuat dari papan kayu yang terletak di bagian samping kanan, kiri, depan, belakang, dan bagian bawah. Sedangkan pada bagian atas ditutupi dengan penutup transparan dari kaca. Tangki penyimpan energi panas terbuat dari ember plastik yang telah dibersihkan yang dilapisi dengan sterofom pada bagian luarnya. Dudukan/kerangka dirancang untuk meletakkan kolektor pada bagian bawah dan tangki penyimpan pada bagian atasnya.

2.1.3. Rancangan fungsional

Pembuatan kolektor surya tipe plat datar dengan sistem termosifon terdiri dari beberapa bagian utama yaitu, kolektor surya yang berfungsi sebagai alat untuk mengumpulkan panas dari matahari agar diserap oleh *absorber*. Bagian *absorber* dicat hitam pada bagian atasnya, dalam termodinamika menunjukkan bahwa penyerap yang ideal adalah benda hitam (Tipler, 1998). Bagian pipa *absorber* berfungsi untuk memanasi air. Sedangkan bagian selang penyalur berfungsi sebagai penyalur atau pembawa air yang telah terpanaskan menuju tangki penyimpanan panas. Bagian isolator terbuat dari papan berfungsi mengurangi energi panas yang terbuang. Bagian kaca berfungsi untuk memberikan efek rumah kaca agar energi panas terperangkap dalam kolektor. Bagian tangki penyimpanan air berfungsi untuk menyimpan energi panas. Bagian rangka atau dudukan berfungsi sebagai penyangga kolektor dan tangki penyimpanan.

2.2. Prosedur kerja

Penelitian dilaksanakan mengikuti tahap-tahap prosedur agar mendapatkan hasil yang baik dan lebih teratur dalam pengerjaannya. Prosedur kerja terdiri dari:

- 1) Tahap perancangan desain
- 2) Pembuatan komponen-komponen utama yang terdiri dari:
 - a. Kotak kolektor
 - b. Tangki penyimpan
 - c. Kerangka kolektor

- 3) Tahap perakitan komponen-komponen utama kolektor
- 4) Tahap pengujian kolektor

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian menghasilkan alat pengumpul panas energi matahari dengan sistem termosifon dengan dimensi panjang 1,5 m, lebar 1 m, dan tinggi 1 m (Gambar 2). Dimensi kotak kolektor yaitu panjang 100 cm, lebar 50 cm, dan tebal 5 cm, memakai penutup transparan dari kaca dengan dimensi panjang 95 cm, lebar 50 cm dan tebal 3 mm. Sedangkan untuk kapasitas tangki penyimpanan 20 lt. Pelaksanaan pengujian kolektor dilakukan selama delapan hari dari tanggal 6 – 13 Juli 2012.

3.1. Intensitas radiasi

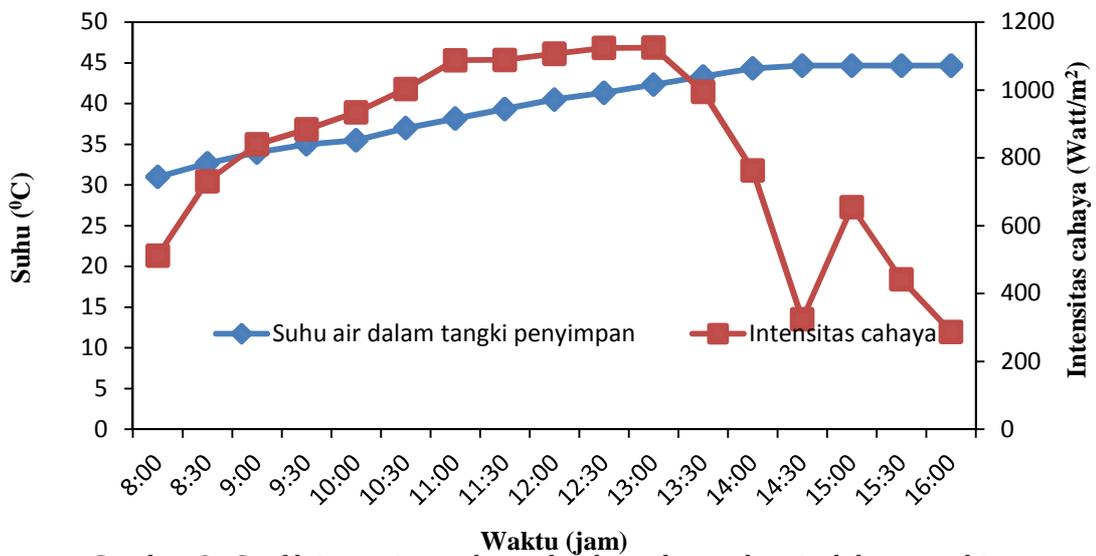
Hasil pengamatan kolektor surya tanggal 6 – 13 Juli 2012 dapat dilihat pada Tabel 1. Intensitas cahaya rata-rata harian tertinggi adalah 818 W/m^2 dengan suhu awal air dalam tangki $31 \text{ }^\circ\text{C}$ dan suhu akhir $44,7 \text{ }^\circ\text{C}$ terjadi pada 13 Juli 2012, pada hari tersebut waktu pemanasan berlangsung cukup lama antara pukul 9:30 - 13:30 dengan intensitas cahaya diatas 800 W/m^2 , sedangkan panas tertinggi antara pukul 10:30-13:30 diatas 1000 W/m^2 , untuk intensitas cahaya terendah pada hari itu terjadi pada pukul 14:30 (324 W/m^2) dan 16:00 (287 W/m^2). Sedangkan intensitas cahaya rata-rata harian terendah adalah 335 W/m^2 dengan suhu awal air dalam tangki $30 \text{ }^\circ\text{C}$ dan suhu akhir $35,3 \text{ }^\circ\text{C}$ terjadi pada 12 Juli 2012. Energi terkumpul yang tertinggi sebesar $1147,24 \text{ kJ}$ dengan intensitas cahaya rata-rata sebesar 757 W/m^2 terjadi pada 11 Juli 2012. Walaupun intensitas cahaya pada tanggal 13 Juli paling besar yaitu 818 W/m^2 tetapi energi yang diserap lebih kecil daripada pada tanggal 11 Juli, hal ini dikarenakan suhu awal air dalam tangki pada tanggal 13 Juli lebih besar yaitu $31 \text{ }^\circ\text{C}$ daripada tanggal 11 Juli yaitu $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Grafik intensitas cahaya dan suhu air dalam tangki penyimpan tanggal 13 Juli 2012 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Hasil rancangan alat pengumpul panas energi matahari dengan sistem termosifon

Table 1. Hasil pengamatan kolektor surya tanggal 6 - 13 Juli 2012.

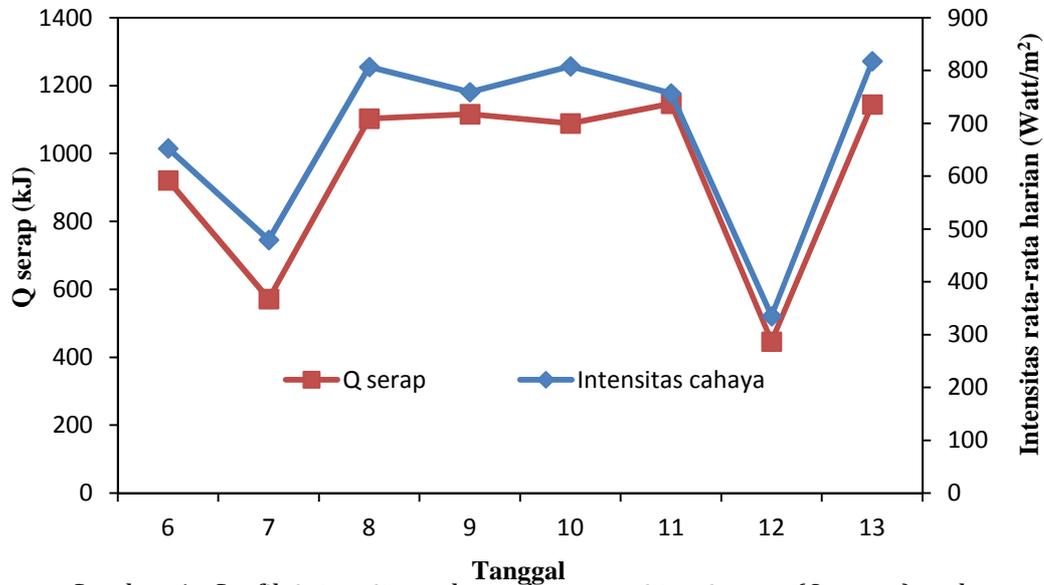
No	Tanggal	Intensitas cahaya matahari (Watt/m ²)	Suhu awal air dalam tangki (°C)	Suhu air rata-rata dalam tangki, T_{Av} (°C)	Efisiensi harian (%)	Energi tersimpan (kJ)
1	6	653	30	41,0	11,1	921,1
2	7	479	30	36,8	9,4	571,9
3	8	807	30	43,2	10,8	1102,8
4	9	759	30	43,3	11,6	1116,3
5	10	808	31	44,2	10,7	1088,6
6	11	757	30	43,7	11,9	1147,2
7	12	335	30	35,3	10,5	446,3
8	13	818	31	44,7	11,0	1144,7
Rata-		677	30,3	41,53	10,88	942,38



Gambar 3. Grafik intensitas cahaya dan kenaikan suhu air dalam tangki penyimpanan tanggal 13 Juli 2012.

Pada grafik intensitas cahaya dan energi tersimpan dalam tangki penyimpanan tanggal 6 - 13 Juli 2012 (Gambar 4), terlihat bahwa energi yang diserap (Q serap) sebanding dengan intensitas cahaya.

didapat sebesar 479 W/m^2 dan 335 W/m^2 berturut-turut. Walaupun terdapat perbedaan intensitas cahaya sebesar 144 W/m^2 namun suhu air dalam tangki didapat sebesar $36 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $35,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

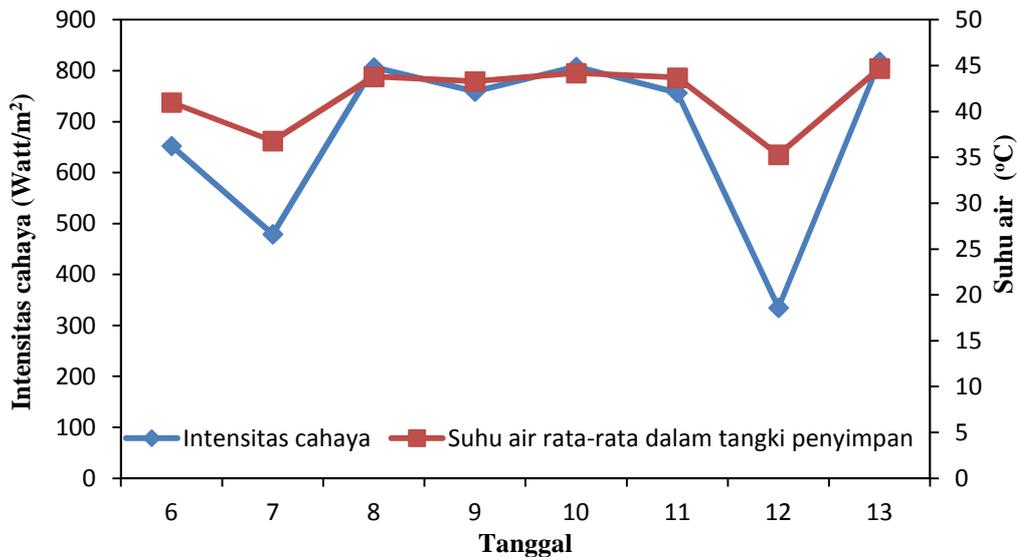


Gambar 4. Grafik intensitas cahaya dan energi tersimpan (Q serap) pada tangki penyimpanan tanggal 6 - 13 Juli 2012.

3.2. Suhu

Pada Gambar 5 terlihat bahwa suhu air dalam tangki penyimpanan relatif berbanding lurus dengan intensitas cahaya. Pada tanggal 7 dan 12 Juli intensitas cahaya rata-rata

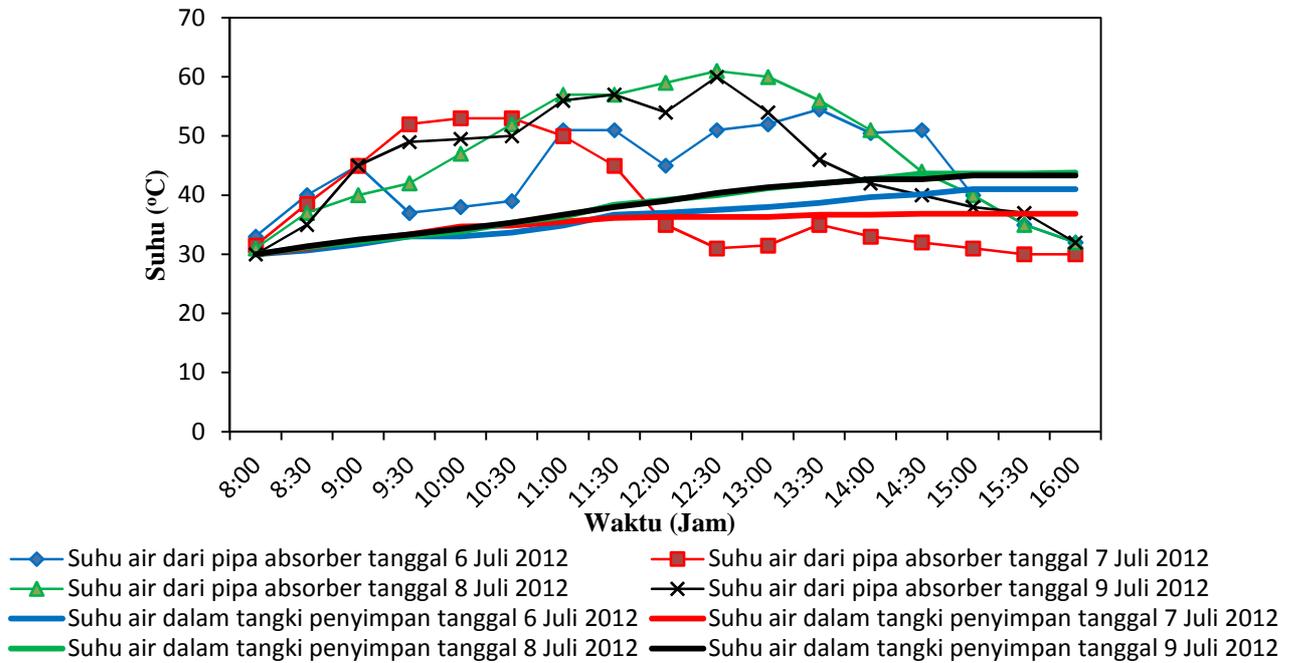
Perbedaan intensitas cahaya sebesar 144 W/m^2 tidak memberikan perubahan yang berarti. Grafik intensitas cahaya harian dan suhu air rata-rata tangki penyimpanan tanggal 6 - 13 Juli 2012 dapat dilihat pada Gambar 5.



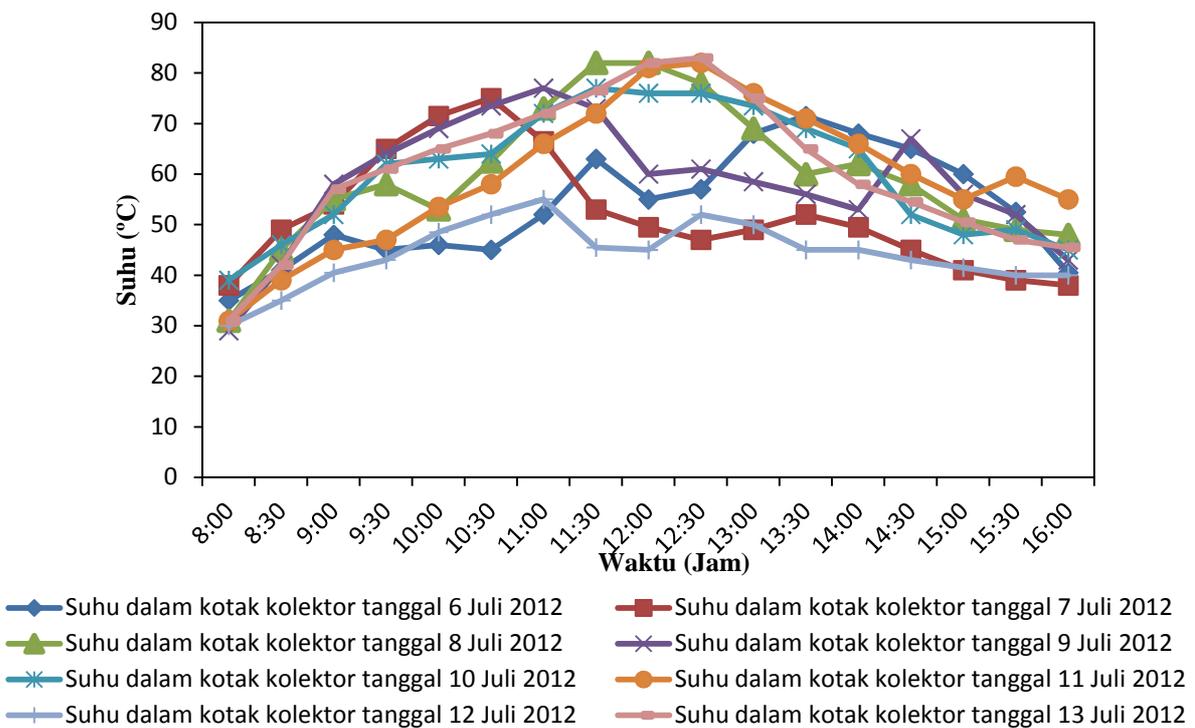
Gambar 5. Grafik intensitas cahaya harian dan suhu air rata-rata tangki penyimpanan tanggal 6 - 13 Juli 2012.

Penyebab suhu tidak mencapai target yang diinginkan adalah diameter pipa tembaga yang kecil yaitu 3/8 inchi, sehingga penyerapan panas kurang optimal. Hal ini terlihat dari Gambar 6 yaitu suhu air yang keluar dari pipa *absorber* dapat mencapai 61 °C.

Bila menggunakan pipa tembaga yang lebih besar, tentu penyerapan energi panas lebih maksimal mengingat potensi panas pada kotak kolektor cukup besar seperti diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Grafik suhu air yang keluar dari pipa *absorber* dan suhu air dalam tangki penyimpanan tanggal 6 - 9 Juli 2012.

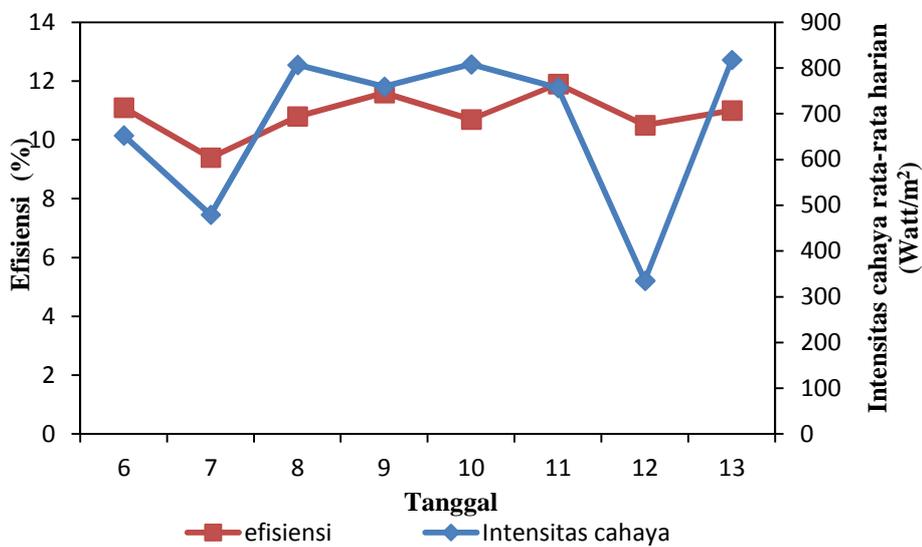


Gambar 7. Suhu udara dalam kotak kolektor tanggal 6 - 13 Juli 2012

3.3. Efisiensi

Pada grafik efisiensi dan intensitas cahaya rata-rata harian tanggal 6 - 13 Juli 2012 (Gambar 8) terlihat bahwa walaupun perbedaan intensitas cahaya cukup besar seperti pada tanggal 12 (335 W/m^2) dan 13 (818 W/m^2) namun efisiensi pada tanggal tersebut tidak berbeda jauh yaitu sebesar 10,5 % dan 11 %. Hal ini menunjukkan bahwa jika intensitas cahaya besar maka energi yang terbuang juga besar dan sebaliknya jika intensitas cahaya kecil maka energi yang terbuang juga kecil.

Hal ini bisa disebabkan oleh kecepatan angin yang tinggi dan celah/lubang yang terdapat pada sisi-sisi kolektor. Dari tanggal 6 - 13 Juli didapat bahwa ketika intensitas cahaya rata-rata harian lebih besar dari 800 W/m^2 , maka efisiensi berkisar antara 10,7 % hingga 11 %, seperti pada tanggal 8, 10, dan 13 Juli. Sedangkan bila intensitas cahaya rata-rata harian antara $650 - 759 \text{ W/m}^2$, maka efisiensi berkisar antara 11,1 % - 11,9 % seperti pada tanggal 6, 9, dan 11 Juli.



Gambar 8. Grafik efisiensi dan intensitas cahaya rata-rata harian pada tanggal 6 - 13 Juli 2012.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Suhu tertinggi rata-rata tangki penyimpan adalah 44,7 °C sedangkan suhu rata-rata terendah adalah 35,3 °C.
2. Efisiensi tertinggi didapat sebesar 11,9 % dengan intensitas rata-rata yaitu 757 W/m² terjadi pada 11 Juli 2012, sedangkan efisiensi terendah sebesar 9,4 % dengan intensitas cahaya rata-rata 479 W/m² terjadi pada 7 Juli 2012.
3. Energi tertinggi yang terkumpul sebesar 1147,238 kJ dengan intensitas cahaya rata-rata harian 757 W/m² terjadi pada 11 Juli 2012, Energi terendah yang terkumpul sebesar 446,334 kJ dengan intensitas cahaya rata-rata harian 335 W/m² terjadi pada 12 Juli 2012.

4.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian lebih lanjut guna memperbaiki kinerja alat adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan diameter pipa tembaga yang lebih besar untuk memperluas daya serap.
2. Pengujian alat dengan membandingkan sistem termosifon dengan menggunakan pompa

DAFTAR PUSTAKA

- Burhanuddin, A. 2005. *Karakteristik Kolektor Surya Plat Datar Dengan Variasi Jarak Penutup Dan Sudut Kemiringan*. Jurusan Fisika FMIPA UNS. Semarang.
- Burhan, M., Wijaya, S. Anis, dan Karnowo. 2012. *Pemanfaatan Kolektor Surya Pemanas Air dengan Menggunakan Seng Bekas Sebagai Absorber untuk Mereduksi Pemakaian Bahan Bakar Minyak Rumah Tangga*. <http://journal.unnes.ac.id/index.php/saintekno/article/view/323/309>. Diakses tanggal 24 Mei 2012.
- Kementrian ESDM. 2011. *Energi Untuk Pembangunan Berkelanjutan*. <http://www.esdm.go.id/berita/artikel/56-artikel/5211-energi-untuk-pembangunan-berkelanjutan-12.html>. Diakses tanggal 15 Maret 2012.
- Sudia, B. 2010. *Unjuk Kerja Kolektor Surya Plat Datar Menggunakan Konsentrator Dua Cermin Datar*. Jurnal Ilmiah Dinamika Teknik Mesin FT UNHALU. Vol. 1, No. 2, Mei 2010.
- Tipler, P. A. 1998. *Fisika, Untuk Sains dan Teknik, Edisi Ketiga, Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Tirtoatmodjo, R. 1999. *Unjuk Kerja Pemanas Air Jenis Kolektor Surya Plat Datar dengan Satu dan Dua Kaca Penutup*. Jurnal Teknik Mesin Fakultas Industri, Universitas Kristen Petra Vol. 1, No. 2, Oktober 1999 : 115 - 121.
- Wirawan, M, dan R. Sutanto. 2011. *Analisa Laju Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya Tipe Pelat Datar Dengan Absorber Pasir*. Jurnal Ilmiah FT Universitas Mataram Volume 1. Nomor 2 Edisi Juli 2011. ISSN : 2088-088X.