

SISTEM PEMANAS AIR ENERGI SURYA MENGGUNAKAN KOLEKTOR PALUNG PARABOLA POSISI TIMUR-BARAT

Martha Rianna, Maksi Ginting, Sugianto

**Mahasiswa Program S1 Fisika
Bidang Fisika Energi Jurusan Fisika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Kampus
Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
*riannamartha@gmail.com***

ABSTRACT

Heating System of Solar Energy by using Parabolic Trough Collector of East West Position has been experimentally conducted. The collector is set at open air from the sun radiation and observed every 60 minutes from 9 AM until 3 PM for bright sunshine. After 14 days, the results show that the collector temperature has a minimum average of collector $40,29^{\circ}\text{C}$ and water tank $36,07^{\circ}\text{C}$ at 10 AM, whereas the highest average temperature is $51,26^{\circ}\text{C}$ and water tank $45,57^{\circ}\text{C}$ at 1 PM. The observation describes the highest temperature at collector tank occurs at 1 PM due to the highest radiation intensity to the collector reaching maximum value of 448 W/m^2 . Loss heat by conduction at lowest rate is $23,50 \text{ J/s}$ at 10 AM whereas loss heat by conduction at highest rate $36,60 \text{ J/s}$ at 1 PM. The average water volume is 39 liters for 6 hours daily from 9 AM until 3 PM. Overall, the higher radiation intensity from the sun to heat the collector, the higher water temperature observed in the collector tank.

Keywords : heating system, parabolic trough collector, sun radiation

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang “Sistem Pemanas Air Energi Surya Menggunakan Kolektor Palung Parabola Posisi Timur-Barat” dengan metode eksperimen. Eksperimen dilakukan dengan cara menempatkan kolektor palung parabola arah timur-barat di tempat terbuka dari sinar matahari yang jatuh secara langsung ke permukaan bumi, kemudian dilakukan pengamatan setiap 60 menit dari pukul 09.00 WIB sampai dengan 15.00 WIB pada waktu keadaan cuaca cerah. Hasil eksperimen selama 14 hari pengamatan menunjukkan bahwa temperatur kolektor terendah rata-rata adalah $40,29^{\circ}\text{C}$ dengan temperatur air rata-rata di bak penampung sebesar $36,07^{\circ}\text{C}$ pada saat pukul 10.00 WIB sedangkan temperatur kolektor tertinggi rata-rata adalah $51,26^{\circ}\text{C}$ dengan temperatur air rata-rata di bak penampung sebesar $45,57^{\circ}\text{C}$ pada pukul 13.00 WIB. Pengamatan tersebut menunjukkan temperatur air tertinggi rata-rata di bak penampung terjadi pada pukul 13.00 WIB, hal ini disebabkan karena pada waktu tersebut intensitas radiasi matahari yang jatuh ke permukaan bumi pada keadaan cuaca cerah mencapai harga maksimum sebesar 448 W/m^2 . Laju kalor yang hilang secara konduksi terendah rata-rata sebesar $23,50 \text{ J/s}$ pada pukul 10.00 WIB sedangkan laju kalor yang hilang secara konduksi tertinggi rata-rata $36,60 \text{ J/s}$ pada pukul 13.00 WIB. Volume air yang dihasilkan rata-rata sebanyak 39 liter dalam sehari selama 6 jam pengamatan dari pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB. Hasil eksperimen secara keseluruhan menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas radiasi

matahari yang jatuh pada permukaan kolektor maka semakin tinggi temperatur air yang diamati di bak penampung.

Kata kunci: pemanas air, kolektor palung parabola, energi surya

PENDAHULUAN

Energi radiasi dari matahari merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang tidak akan pernah habis dan sifatnya bebas dari polusi (Culp, 1979). Energi tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan guna menggantikan energi yang dihasilkan oleh minyak bumi. Energi radiasi matahari dapat dimanfaatkan salah satunya untuk memanaskan air. Indonesia salah satu negara yang sangat strategis untuk melakukan berbagai hal dengan kekayaan alamnya yang agraris dan terletak di antara garis lintang 6° LU- 11° LS dan dilalui garis khatulistiwa sehingga bumi Indonesia mendapatkan energi matahari sepanjang tahun (Rosa, Y. 2012) dan energi tersebut sangat potensial digunakan sebagai bahan pengganti energi yang bersumber dari fosil.

Energi matahari atau surya merupakan energi berupa sinar dan panas dari matahari memiliki daya dihasilkan dari permukaan bumi sekitar $3,7 \times 10^{23}$ kW sehingga dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya sebagai pemanas air. Pemanfaatan energi radiasi matahari untuk memanaskan air dengan menggunakan seperangkat alat yang dapat mengumpulkan energi jatuh ke permukaan bumi dan mengubahnya menjadi energi kalor yang berfungsi untuk memanaskan air tersebut. Alat pengumpul energi radiasi matahari ini dapat berbentuk kolektor surya tipe pelat datar, cermin cekung, dan palung parabola (Howell J.R, 1982).

Pemakaian kolektor surya tipe palung parabola ini untuk memanaskan air mempunyai dua prinsip kerja yang berbeda antara lain cara penempatan posisi kolektor utara-selatan terhadap matahari terbit dan cara penempatan posisi

kolektor timur-barat terhadap matahari terbit, jika posisi kolektor ditempatkan dengan posisi utara-selatan maka kolektor harus diputar mengikuti arah pergerakan matahari, sedangkan jika posisi kolektor ditempatkan timur-barat arah matahari maka posisi kolektor ditempatkan secara horizontal dan tidak perlu mengikuti arah pergerakan matahari (Donald, 1981).

Penelitian ini menggunakan tipe kolektor palung parabola untuk dimanfaatkan sebagai pemanas air. Kolektor palung parabola menggunakan prinsip kerja cermin cekung dimana di sepanjang garis fokus dari kolektor bentuk palung parabola tersebut dipasang pipa aluminium rongga yang dicat warna hitam, selanjutnya air dialirkan ke dalam pipa aluminium tersebut. Kolektor palung parabola diletakkan di daerah sinar matahari yang jatuh secara bebas ke permukaan bumi dan mengenai permukaan kolektor sehingga sinar matahari yang dipantulkan oleh kolektor dapat mengenai pipa penyerap (Duffie dan Beckman, 1980). Aliran air yang mengalir dari tangki air ke pipa penyerap pada kolektor menerapkan prinsip Bernoulli, kemudian kalor yang diserap oleh pipa penyerap dialirkan ke air melalui proses konduksi sehingga air yang mengalir secara konstan di dalam pipa rongga logam berubah menjadi panas akibat proses konveksi antara air bersuhu tinggi dengan air bersuhu rendah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen yaitu membuat alat pemanas air menggunakan kolektor palung parabola posisi timur-barat dari matahari terbit. Kolektor palung parabola memiliki komponen yaitu reflektor dan pipa penyerap. Penelitian

ini menggunakan aluminium pelat sebagai reflektornya dan pipa penyerapnya menggunakan pipa aluminium. Kolektor dibuat dengan menggunakan triplek yang berukuran panjang 244 cm, lebar 144 cm dan ketebalan 3 mm. Triplek dibentuk setengah lingkaran dengan diameter 100 cm dan diatas triplek tersebut diletakkan pelat aluminium merek angsa yang tebalnya 0,2 mm yang berukuran panjang 200 cm, lebar 100 cm. Ujung kiri dan ujung kanan dari pelat aluminium yang telah berbentuk palung parabola ini ditempelkan triplek dengan ketebalan 6 mm berfungsi sebagai tempat kedudukan pipa aluminium yang diletakkan tepat pada garis fokus dari pelat aluminium bentuk palung parabola. Garis fokus tersebut ditentukan dengan cara memotong pelat triplek yang ketebalannya 6 mm sebesar $\frac{1}{2}$ x jari-jari setengah lingkaran. Bagian bawah dari pelat triplek yang telah terbentuk lengkungan palung parabola dilapisi dengan busa dengan ketebalan 2 cm sebagai isolator kemudian isolator ini dilapisi lagi dengan triplek sebagai lapisan terakhir. Pipa aluminium yang berfungsi sebagai penyerap energi radiasi matahari berukuran panjang 220 cm dan diameter 2,54 cm serta dicat dengan warna hitam papan tulis yang tidak mengkilap.

Skema prosedur penelitian prosedur pemanas air energi surya ditampilkan pada Gambar 1. Kolektor diletakkan secara horizontal menghadap ke arah timur-barat di tempat radiasi matahari jatuh secara bebas ke permukaan bumi. Penelitian dilakukan dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 15.00 WIB. Penelitian dimulai dengan pengisian air ke dalam tangki. Sebelum air dari tangki mengalir ke pipa penyerap pada kolektor, pasang termometer terlebih dahulu di awal, di tengah dan di ujung pipa penyerap kolektor. Pengamatan dilakukan setiap 60 menit sekali untuk mengukur T_1 , T_2 , T_3 . Air yang keluar dari kolektor

ditampung dalam bak penampung.

Penelitian ini menggunakan alat *Simple Pyrheliometer* yang dapat dihitung dengan mengetahui kenaikan temperatur air dalam bejana dan waktu (t) selama 60 menit dengan menggunakan persamaan berikut (Thekaekara, 1965) :

$$I = 840 \frac{(\Delta T)}{(\Delta t)} \quad (1)$$

Besar radiasi datang yang tegak lurus ke permukaan cermin akibat dari pemantulan langsung ke bumi (difusse) disebut radiasi ekstraterrestrial. Radiasi ekstraterrestrial pada permukaan horizontal dinyatakan dengan persamaan (Duffi dan Beckman, 1980) :

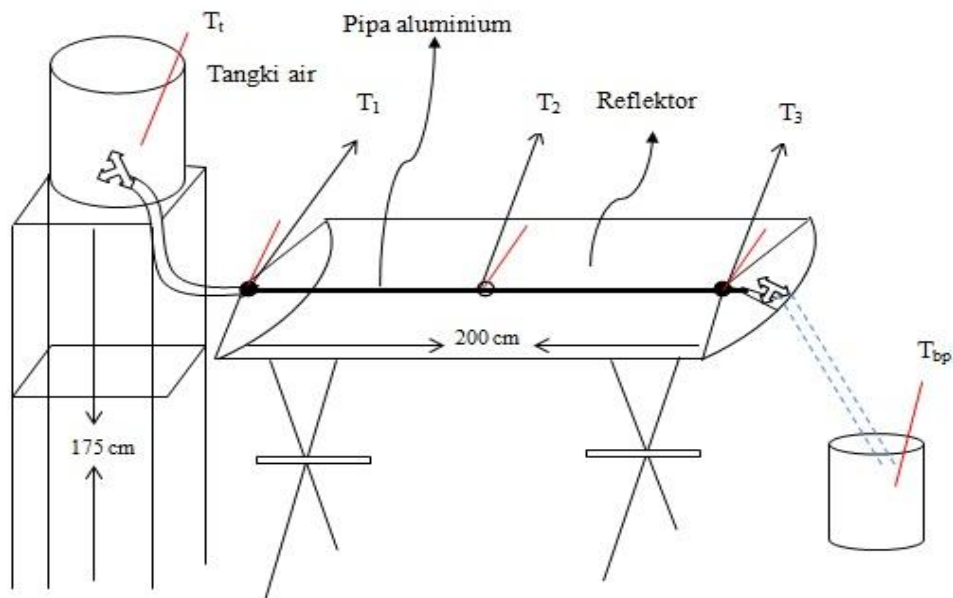
$$I_o = \frac{12}{\pi} \cdot 3600 \cdot G_{sc} \left[1 + 0,033 \cos \frac{360 n}{365} \right] \left[\cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{2\pi(\omega_2 - \omega_1)}{360} \sin \phi \sin \delta \right] \quad (2)$$

Indeks kecerahan (I_k) merupakan perbandingan antara intensitas radiasi matahari yang diukur memakai alat dengan intensitas radiasi matahari hasil perhitungan yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$I_k = \frac{I}{I_o} \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan secara keseluruhan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel data dan grafik. Data yang ditampilkan adalah nilai rata-rata dari 14 hari pengamatan setiap selang waktu 60 menit selama 6 jam setiap satu hari, kemudian dari data tersebut dibuat grafik hubungan yang terdapat pada data terhadap waktu pengamatan.



Gambar 1. Pemanas Air Energi Surya

a. Intensitas radiasi matahari dan indeks kecerahan

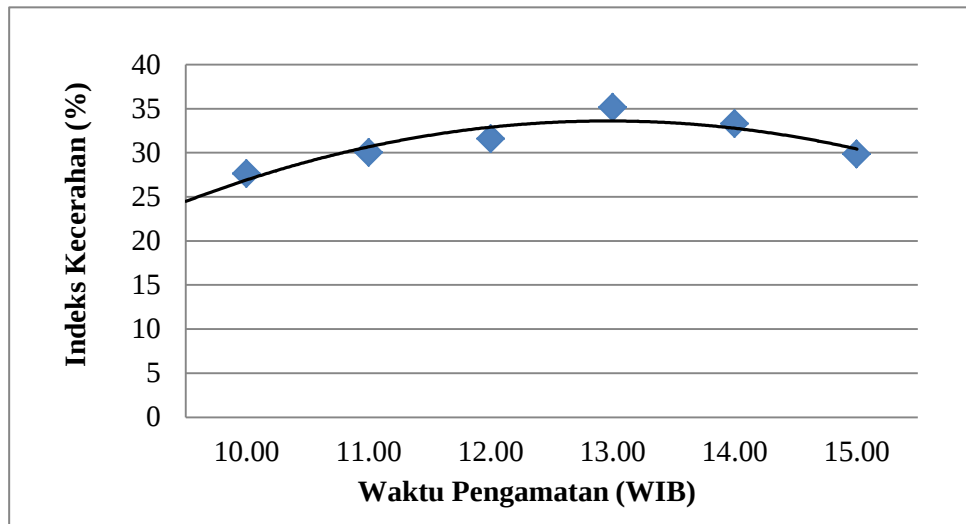
Hasil pengamatan intensitas radiasi matahari dan indeks kecerahan rata-rata yang dihitung menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2) selama 14 hari pengamatan terhadap waktu dapat dilihat pada Tabel 1 dan digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 2, selanjutnya untuk indeks kecerahan dihitung dengan persamaan (3).

Gambar 2 merupakan grafik hubungan antara intensitas radiasi matahari yang dihitung dengan menggunakan *Simple Pyrheliometer* terhadap waktu dan indeks kecerahan rata-rata terhadap waktu selama 14 hari pengamatan setiap selang waktu 60 menit selama 6 jam. Gambar tersebut menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari rata-rata dan indeks kecerahan rata-rata terendah terjadi pada pukul 10.00 WIB sebesar 282,10 W/m^2 sedangkan indeks kecerahan pada waktu tersebut sebesar 27,60 %. Nilai maksimum intensitas radiasi matahari rata-rata dan indeks kecerahan dari gambar tersebut

Tabel 1. Data rata-rata Intensitas radiasi matahari menggunakan alat *Simple Pyrheliometer* (I), radiasi ekstraterrestrial (I_0) dan indeks kecerahan (I_k)

No.	Waktu Pengamatan (WIB)	I (W/m^2)	I_0 (W/m^2)	I_k (%)
1	10.00	282,10	1022,08	27,60
2	11.00	356,02	1187,64	29,98
3	12.00	402,92	1276,51	31,56
4	13.00	448,00	1276,51	35,10
5	14.00	394,94	1187,64	33,25
6	15.00	304,92	1022,08	29,83

terjadi pada pukul 13.00 WIB yaitu sebesar 448,00 W/m^2 dengan indeks kecerahan pada waktu tersebut sebesar 35,10 %, kemudian secara perlahan-lahan mulai menurun seiring dengan penurunan temperatur sekitar yang terjadi mulai pukul 14.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB. Intensitas radiasi matahari dan



Gambar 2. Grafik hubungan antara indeks kecerahan terhadap waktu pengamatan

indeks kecerahan bernilai maksimum disebabkan karena temperatur sekitar bernilai maksimum pada waktu tersebut dan secara perlahan-lahan temperatur sekitar dari kedua gambar menurun maka intensitas radiasi matahari dan indeks kecerahan juga mulai menurun. Awan juga berpengaruh terhadap intensitas radiasi matahari yang jatuh ke permukaan bumi sehingga menyebabkan panas yang diterima bumi relatif sedikit, disamping itu intensitas radiasi matahari yang diperoleh rendah disebabkan karena sudut sinar datang yang mengenai permukaan bumi besar sehingga kemiringan sinar datang sangat mempengaruhi intensitas radiasi matahari yang diterima oleh permukaan bumi, jadi dapat dikatakan bahwa indeks kecerahan berbanding lurus terhadap intensitas radiasi matahari yang jatuh ke permukaan bumi.

b. Temperatur Bak Penampung

Data rata-rata dari hasil pengamatan temperatur sekitar (T_s), temperatur tangki air (T_t), temperatur kolektor (T_{kl}), temperatur air keluar (T_{ak}), temperatur air di bak penampung (T_{bp}) selama 14 hari pengamatan dengan posisi

kolektor ditempatkan dari arah timur ke barat matahari terbit ditampilkan pada Tabel 2 serta temperatur air di dalam bak penampung (T_{bp}) digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 3. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa temperatur kolektor terendah terjadi pada pukul 10.00 WIB sebesar $40,29^{\circ}\text{C}$, kemudian meningkat secara perlahan-lahan dan mencapai titik maksimum pada pukul 13.00 WIB sebesar $51,26^{\circ}\text{C}$ hal ini disebabkan karena intensitas radiasi matahari pada waktu tersebut mencapai nilai maksimum sedangkan temperatur yang dihasilkan oleh kolektor bergantung pada besarnya energi yang diserap dan dipantulkan oleh reflektor bentuk palung parabola ke pipa penyerap, disamping itu semakin besar energi matahari yang diterima kolektor maka semakin besar pula temperatur kolektor yang terukur. Temperatur kolektor yang dihasilkan mengalami penurunan ini terlihat mulai pukul 14.00 WIB sampai yang jatuh ke permukaan kolektor palung parabola semakin menurun dan juga kecepatan angin di sekitar kolektor turut mempengaruhi penurunan temperatur

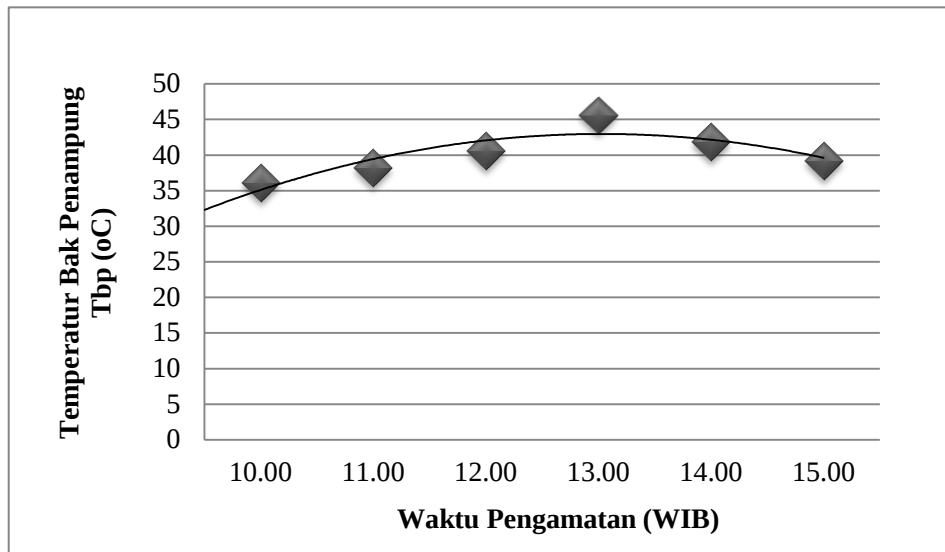
Tabel 2. Data rata-rata temperatur sekitar, temperatur kolektor, temperatur air keluar, dan temperatur bak penampung selama 14 hari pengamatan dengan posisi arah kolektor timur-barat

Sudut (θ)	Waktu Pengamatan (WIB)	T_s ($^{\circ}\text{C}$)	T_t ($^{\circ}\text{C}$)	T_{kl} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{ak} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{bp} ($^{\circ}\text{C}$)
22	10.00	30,07	30,50	40,29	39,14	36,07
22	11.00	31,57	32,36	42,64	41,64	38,14
22	12.00	33,14	34,00	45,57	44,29	40,57
22	13.00	35,36	36,57	51,26	50,43	45,57
22	14.00	34,07	34,71	48,53	46,93	41,79
22	15.00	32,50	33,21	46,17	44,14	39,21

kolektor tersebut serta sifat pemantulan yang dilakukan oleh cermin aluminium bentuk palung parabola tidak terfokus secara keseluruhan ke arah garis fokus dari cermin aluminium bentuk palung parabola tersebut. Temperatur air keluar menghasilkan temperatur terendah pada pukul 10.00 WIB sebesar 39,14 $^{\circ}\text{C}$ kemudian naik secara perlahan-lahan dan menghasilkan temperatur tertinggi pada pukul 13.00 WIB yakni sebesar 50,43 $^{\circ}\text{C}$ hal ini disebabkan karena energi radiasi matahari yang jatuh ke permukaan kolektor bentuk palung parabola mencapai nilai maksimum, selanjutnya temperatur air keluar tersebut secara perlahan-lahan mulai menurun sampai dengan pukul 15.00 WIB sebesar 44,14 $^{\circ}\text{C}$. Temperatur air yang keluar dari kolektor ini mengalami penurunan karena dipengaruhi temperatur sekitar, kelembaban udara dan kecepatan angin serta energi matahari yang diserap oleh pipa penyerap dari proses pemantulan semakin kecil. Temperatur tangki air (T_t) rata-rata menghasilkan temperatur terendah pada pukul 10.00 WIB sebesar 30,50 $^{\circ}\text{C}$ dan mengalami kenaikan secara perlahan-lahan sehingga pada pukul 13.00 WIB menghasilkan temperatur tertinggi sebesar 36,57 $^{\circ}\text{C}$, kemudian mengalami penurunan

secara perlahan-lahan mulai pukul 14.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB sebesar 33,21 $^{\circ}\text{C}$. Penurunan temperatur tangki air ini akibat dari penurunan temperatur sekitar dan kelembaban udara serta kalor yang hilang ke lingkungan.

Data rata-rata hasil pengamatan temperatur air bak penampung (T_{bp}) selama 14 hari pengamatan digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan grafik hubungan antara temperatur air pada bak penampung (T_{bp}) terhadap waktu pengamatan. Grafik ini memperlihatkan bahwa temperatur air di bak penampung terendah berada pada pukul 10.00 WIB sebesar 36,07 $^{\circ}\text{C}$ kemudian naik secara perlahan-lahan mencapai nilai maksimum pada pukul 13.00 WIB sebesar 45,57 $^{\circ}\text{C}$ hal ini disebabkan karena indeks kecerahan dan intensitas radiasi matahari yang jatuh ke permukaan kolektor bernilai maksimum sehingga mempengaruhi kenaikan air di dalam pipa penyerap, selanjutnya perlahan-lahan mulai menurun sampai pukul 15.00 WIB dengan temperatur air di bak penampung ternyata sebesar 39,21 $^{\circ}\text{C}$. Temperatur air di bak penampung ini mengalami penurunan disebabkan karena beberapa faktor antara lain adanya angin di sekitar bak



Gambar 3. Grafik hubungan antara temperatur bak penampung terhadap waktu pengamatan

penampung, temperatur sekitar di luar bak penampung lebih rendah dari temperatur air di bak penampung sehingga kalor dari air di dalam bak penampung terdisipasi ke lingkungan sekitar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa Intensitas radiasi matahari rata-rata terendah selama 14 hari pengamatan berada pada pukul 10.00 WIB yaitu sebesar $282,10 \text{ W/m}^2$, menghasilkan temperatur rata-rata kolektor sebesar $40,29^\circ\text{C}$, temperatur rata-rata air keluar dari kolektor yang dihasilkan yaitu $39,14^\circ\text{C}$ dan temperatur air rata-rata pada bak penampung mencapai $36,07^\circ\text{C}$. Intensitas radiasi matahari rata-rata tertinggi selama 14 hari pengamatan berada pada pukul 13.00 WIB yaitu sebesar 448 W/m^2 , menghasilkan temperatur kolektor sebesar $51,26^\circ\text{C}$, temperatur air keluar yang dihasilkan yaitu $50,43^\circ\text{C}$ dan temperatur air pada bak penampung mencapai $45,57^\circ\text{C}$, terlihat bahwa semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang jatuh ke permukaan bumi maka semakin tinggi pula temperatur kolektor yang dihasilkan. Laju kalor yang hilang secara konduksi terendah berada

pada pukul 10.00 WIB yaitu sebesar $23,50 \text{ J/s}$ sedangkan laju kalor yang hilang secara konduksi tertinggi berada pada pukul 13.00 WIB yaitu sebesar $36,60 \text{ J/s}$. Laju kalor yang hilang secara konduksi terjadi disebabkan karena pembuatan isolator dibagian bawah permukaan kolektor pelat aluminium yang kurang padat dan jenis isolator yang kurang baik, temperatur sekitar, kelembaban udara dan aliran angin sehingga kemungkinan banyak kalor yang terbuang keluar sistem peralatan ini yang tidak terserap oleh pipa penyerap aluminium.

DAFTAR PUSTAKA

- Culp, W.A. 1979. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Terjemahan Ir. Darwin Sitompul M. Eng. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Donald, R. 1981. *Solar Energy*. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Duffi, J.A and Beckman, W.A. 1980. *Solar Engineering of Thermal Processes*. A Wiley Interscience Publication, Canada.

Howell, J.R. 1982. *Solar Thermal Energy System*. United States of America: McGraw-Hill

Rosa, Y., Sukma R. 2012. *Rancang Bangun Alat Konversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik*. Jurnal Teknik Mesin Padang. Vol.5, No.2: 54-65.

Thekaekara, M.P. 1965. *The Solar Constant and Spectral Distribution of Solar Radiant Flux*. Ogawa Seiki Co, Tokyo.