

ANALISA KARAKTERISTIK ALAT PEMANAS AIR DENGAN MENGGUNAKAN KOLEKTOR PALUNG PARABOLA

Walfred Tambunan¹⁾, Maksi Ginting²⁾, Antonius Surbakti³⁾
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau Pekanbaru
¹⁾e-mail:walfred_t@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian analisa karakteristik alat pemanas air dengan menggunakan kolektor palung parabola. Penelitian dilakukan dengan cara menempatkan kolektor palungan ditempat terbuka dimana sinar matahari jatuh secara langsung kemudian menggunakan pipa aluminium air dialirkan sepanjang garis fokus kolektor palungan lalu setiap 60 menit air yang telah melewati kolektor palungan ditampung dan diamati temperaturnya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa temperatur kolektor tertinggi rata-rata adalah 50,03 °C dengan temperatur rata-rata air pada bak penampung sebesar 40,07°C pada pukul 13.00 WIB sedangkan temperatur kolektor terendah rata-rata adalah 39,14°C dengan temperatur rata-rata air pada bak penampung sebesar 35,28 °C pada saat pukul 10.00. Temperatur air tertinggi rata-rata pada pukul 13.00 WIB ini disebabkan karena pada waktu tersebut intensitas radiasi matahari mencapai harga maksimum. Laju kalor yang hilang secara konduksi tertinggi rata-rata 29,05 J/s pada pukul 13.00 WIB sedangkan laju kalor yang hilang secara konduksi terendah rata-rata sebesar 16,85 J/s pada pukul 10.00 WIB. Volume air yang dihasilkan rata-rata sebanyak 38 liter dalam sehari selama 6 jam dari pukul 09.00 WIB sampai pukul 15.00 WIB. Hasil eksperimen secara keseluruhan menunjukkan karakteristik alat pemanas air dengan menggunakan kolektor bentuk palungan ini mempunyai sifat bahwa semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang jatuh pada permukaan kolektor semakin tinggi pula temperatur air yang dipanaskan.

Kata kunci: pemanas air, kolektor palungan, energi matahari **Abstract**

1. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan energi yang persediaannya tidak akan pernah habis dan sifatnya relatif bebas polusi (Culp, W.A. 1979). Pemanfaatan energi surya dapat dilakukan di daerah tropis yang cukup terkena sinar matahari, salah satunya adalah daerah Provinsi Riau yang memiliki potensi energi surya yang cukup baik. Pengembangan pemanfaatan energi surya perlu dilakukan karena konsumsi energi dan pertumbuhan jumlah penduduk semakin meningkat, sementara persediaan sumber energi fosil semakin menipis dan pada saat waktu tertentu akan habis, maka perlulah dilakukan penelitian-penelitian dan pemakaian sumber energi alternatif untuk pengganti sumber energi fosil tersebut.

Pemakaian sumber energi alternatif salah satunya adalah energi surya dimana energi surya dapat dimanfaatkan untuk alat pengering hasil pertanian dan perikanan, pembangkit tenaga listrik, pemanas air dan lain-lain. Pemanas air dengan menggunakan energi surya memiliki keunggulan dibandingkan pemanas air dengan menggunakan listrik, minyak bumi dan gas, karena pemanas air dengan memanfaatkan energi surya persediaannya tidak akan pernah habis dan dapat digunakan secara langsung maupun tidak langsung.

Kolektor surya adalah sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama (Duffie, J.A dan Beckman W.A. 1994). Kolektor palungan merupakan salah satu jenis dari kolektor

surya yang dapat dimanfaatkan untuk pemanas air. Persediaan sumber energi yang semakin berkurang, sehingga perlu diupayakan salah satu pemanfaatan energi surya yaitu untuk pemanas air dengan menggunakan kolektor berbentuk palungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Matahari merupakan sumber energi yang sangat besar dan mempunyai diameter sekitar $1,39 \times 10^6$ km dengan jarak sekitar $1,5 \times 10^8$ km dari bumi. Temperatur matahari sekitar 5762 K pada permukaannya, sedangkan temperatur pada bagian dalam matahari lebih besar yaitu sekitar 8×10^6 K sampai dengan 40×10^6 K. Daya yang dihasilkan dari permukaan matahari sekitar $3,7 \times 10^{23}$ kW dan daya yang sampai di permukaan bumi sekitar $1,7 \times 10^{14}$ kW. Daya matahari yang besar ini dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya dapat dimanfaatkan sebagai pemanas air.

Intensitas radiasi matahari merupakan banyaknya pancaran sinar matahari yang diterima persatuan luas permukaan. Intensitas radiasi matahari (I) dapat ditentukan dengan menggunakan alat *Simple Pyrheliometer* diambil dari data lapangan yang besar intensitas radiasi matahari dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Thekaekara, M.P.1965):

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

(1)

Indeks kecerahan (I_k) merupakan perbandingan antara intensitas radiasi matahari yang diambil dari data lapangan dengan intensitas radiasi matahari hasil perhitungan yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$I_k = \frac{I}{I_0}$$

(2)

Jika energi radiasi matahari mengenai suatu benda maka benda tersebut akan mengalami perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi. Perpindahan kalor secara konduksi dapat terjadi pada suatu benda apabila ada bagian-bagian benda pada suhu yang tidak sama dan arah alirannya selalu dari titik yang temperaturnya lebih

tinggi ke titik yang temperaturnya lebih rendah (Holman, J.P. 1986). Konduksi (hantaran) melibatkan molekul-molekul yang hanya bergerak dalam jarak kecil dan bertumbukan. Laju kalor secara konduksi dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$q_k = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (3)$$

Perpindahan kalor secara konveksi merupakan proses dimana kalor ditransfer dengan pergerakan molekul dari suatu tempat ke tempat lain. Konveksi melibatkan pergerakan molekul dalam jarak yang besar. Laju kalor secara konveksi dapat dinyatakan dalam persamaan :

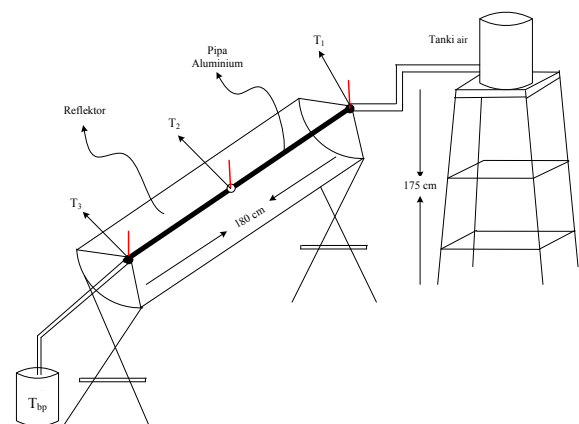
$$q_{kv} = h A \Delta T \quad (4)$$

Perpindahan kalor secara radiasi adalah perpindahan kalor yang terjadi tanpa memerlukan medium dan zat perantara. Laju penyerapan kalor secara radiasi oleh setiap benda bergantung pada luas permukaan benda tersebut (A) dan temperatur (T) dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$q_r = \epsilon \sigma A T^4 \quad (5)$$

3. METODA PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dengan bahan terdiri dari seng pelat, pipa aluminium, triplek, busa, selang dan tangki air dibuat sedemikian rupa sehingga alat pemanas air dengan menggunakan kolektor palung parabola dapat dilihat seperti yang ditampilkan pada Gambar. 1



Gambar. 1 Pemanas Air Energi Surya

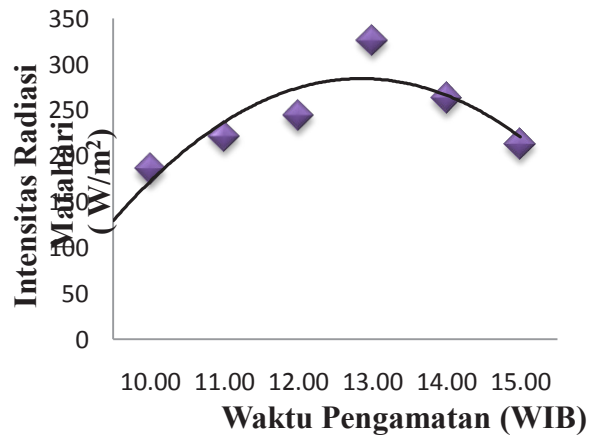
Keterangan Gambar. 1 adalah sebagai berikut

- T_s = Temperatur sekitar
- T_1 = Temperatur air di awal kolektor air masuk
- T_2 = Temperatur air dipertengahan kolektor
- T_3 = Temperatur air di ujung kolektor air keluar
- T_{ak} = Temperatur air keluar
- T_{bp} = temperatur air didalam bak penampung
- T_s = Temperatur sekitar

Eksperimen dimulai dengan cara meletakkan posisi kolektordengan posisi sudut kemiringan sesuai dengan sudut rata-rata deklinasi selama 14 hari pengamatan yaitu 16° .Kemudian air dimasukkan ke dalam tanki dengan cara meletakkan selang air ke dalam tanki dan menghubungkan selang air tersebut ke kran kamar mandi dan air di dalam tanki volumenya dijaga agar tetap konstan.Air di dalam tanki dialirkan dengan cara membuat lubang pada bagian bawah tankidan dihubungkan ke kolektor menggunakan pipa aluminium yang posisinya dibuat tepat pada garis fokus kolektor palungan dan dicat dengan cat hitam sehingga air mengalir didalam pipa tersebut melewati kolektor. Ukur dan catat temperatur di awal kolektor air masuk (T_1), di pertengahan kolektor (T_2), dan di ujung kolektor air keluar (T_3) setiap 60 menit sekali dari pukul 10.00-15.00 WIB.Air keluar dari kolektor melalui selang air berukuran diameter 0,3 cm dan catat temperatur air keluar (T_{ak}) kemudian tampung air keluar dengan bak penampung dan ukur temperatur air di dalam bak penampung. Volume air yang dihasilkan di dalam bak penampung dapat dihitung dengan menggunakan wadah yang volumenya telah di ukur terlebih dahulu dengan gelas beaker4000 ml.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk grafik nilai rata-rata dari 14 hari pengamatan. Grafik yang digambarkan adalah grafik dari hasil perhitungan nilai rata-rata hasil pengam Hasil pengamatan rata-rata dari intensitas radiasi matahari dengan menggunakan alat *Simple Pyrheliometer*selama 14 hari pengamatan terhadap waktu dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 2.

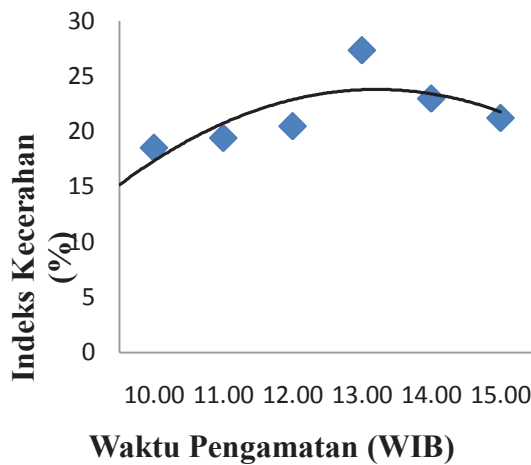


Gambar 2. Grafik hubungan antara Intensitas radiasi matahari terhadap waktu pengamatan. Gambar tersebut menunjukkan grafik hubungan antara intensitas radiasi matahari dengan waktu pengamatan. Titik tertinggi intensitas radiasi matahari dari gambar tersebut terjadi pada pukul 13.00 WIB, karena pada saat waktu ini intensitas radiasi matahari mencapai nilai maksimum dan temperatur sekitar semakin meningkat sehingga intensitas radiasi matahari tertinggi terjadi pada waktu tersebut.

Intensitas radiasi matahari yang diukur dengan alat *Simple Pyrheliometer*(1)dan besar intensitas radiasi matahari dihitung dengan menggunakan persamaan 1. Indeks kecerahan merupakan perbandingan antara intensitas radiasi matahari yang diambil dari data lapangan dengan intensitas radiasi matahari hasil perhitungan. dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2Data hasil perhitungan rata-rata dari selama 14 hari pengamatan digambarkan pada Gambar 3.

Gambar 3.menunjukkan grafik hubungan antara indeks kecerahan terhadap waktu pengamatan, terlihat bahwa indeks kecerahan tertinggi terjadi pada pukul 13.00 WIB dan secara perlahan-lahan mulai turun. Indeks kecerahan bernilai maksimum disebabkan karena intensitas radiasi matahari dan temperatur sekitar bernilai maksimum pada waktu tersebutdan secara perlahan-lahan temperatur sekitarnya juga menurun sehingga indeks kecerahan juga semakin menurun. Indeks kecerahan berbanding lurus terhadap

intensitas radiasi matahari. Intensitas radiasi matahari semakin tinggi maka indeks kecerahan yang diperoleh juga semakin tinggi demikian pula sebaliknya.



Gambar 3. Grafik hubungan antara indeks kecerahan terhadap waktu pengamatan

Gambar 3. menunjukkan grafik hubungan antara indeks kecerahan terhadap waktu pengamatan, terlihat bahwa indeks kecerahan tertinggi terjadi pada pukul 13.00 WIB dan secara perlahan-lahan mulai turun. Indeks kecerahan bernilai maksimum disebabkan karena intensitas radiasi matahari dan temperatur sekitar bernilai maksimum pada waktu tersebut dan secara perlahan-lahan temperatur sekitarnya juga menurun sehingga indeks kecerahan juga semakin menurun. Indeks kecerahan berbanding lurus terhadap intensitas radiasi matahari. Intensitas radiasi matahari semakin tinggi maka indeks kecerahan yang diperoleh juga semakin tinggi demikian pula sebaliknya.

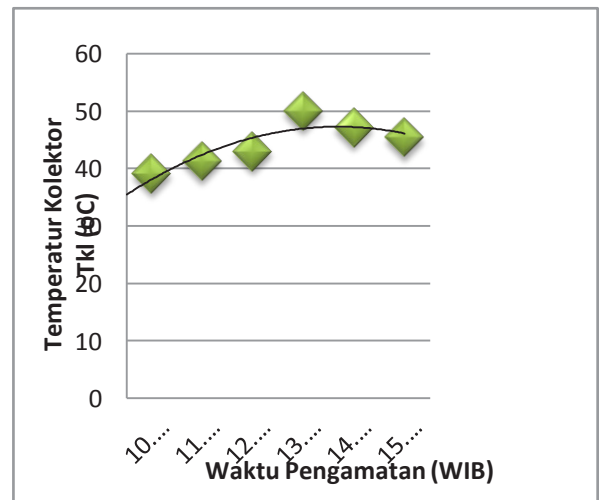
Data rata-rata dari hasil pengamatan temperatur sekitar (T_s), temperatur kolektor (T_{kl}), temperatur air keluar (T_{ak}) dan temperatur bak penampung (T_{bp}) selama 14 hari pengamatan ditampilkan pada Tabel.1 dan digambarkan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan antara temperatur kolektor rata-rata selama 14 hari pengamatan terhadap waktu. Gambar tersebut menunjukkan bahwa temperatur kolektor meningkat secara perlahan-lahan dan mencapai titik tertinggi pada pukul 13.00

WIB disebabkan karena intensitas radiasi matahari bernilai maksimum. Temperatur yang dihasilkan oleh kolektor tergantung pada besarnya energi yang diserap dan dipantulkan reflektor ke pipa penyerap. Data rata-rata hasil pengamatan temperatur air keluar selama 14 hari pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 1. Data rata-rata temperatur sekitar, temperatur kolektor, temperatur air keluar, dan temperatur bak penampung selama 14 hari pengamatan

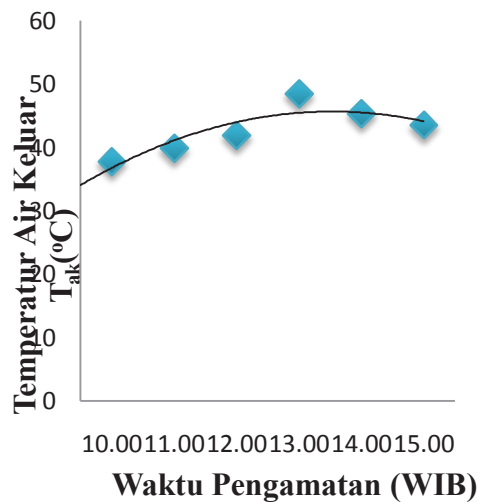
Sudut (θ)	Waktu (Pukul)	T_s ($^{\circ}C$)	T_{kl} ($^{\circ}C$)	T_{ak} ($^{\circ}C$)	T_{bp} ($^{\circ}C$)
16	10.00	30,14	39,14	37,78	35,28
16	11.00	31,35	41,33	39,92	36,57
16	12.00	32,35	43,02	41,92	37,14
16	13.00	34,35	50,03	48,50	40,07
16	14.00	33,78	47,15	45,35	38,64
16	15.00	32,78	45,43	43,57	37,28



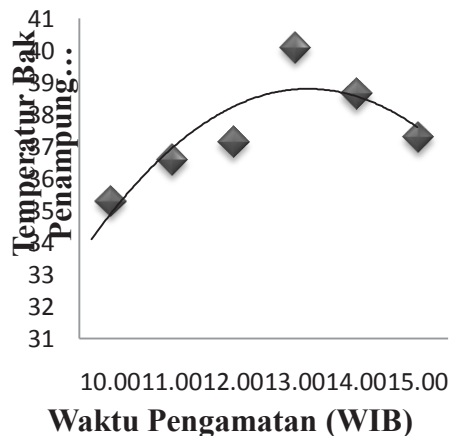
Gambar 4 . Grafik hubungan antara temperatur kolektor (T_{kl}) terhadap waktu pengamatan

Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan temperatur air keluar (T_{ak}) rata-rata selama 14 hari pengamatan. Gambar tersebut menunjukkan bahwa temperatur air keluar (T_{ak}) menghasilkan temperatur tertinggi pada saat pukul 13.00 WIB dan perlahan-lahan

mulai turun pada saat pukul 14.00 WIB serta pukul 15.00 WIB. Temperatur air yang dikeluarkan oleh kolektor mengalami penurunan karena dipengaruhi oleh temperatur sekitar dan kelembaban udara. Data rata-rata hasil pengamatan temperatur bak penampung (T_{bp}) selama 14 hari pengamatan digambarkan pada Gambar 6.



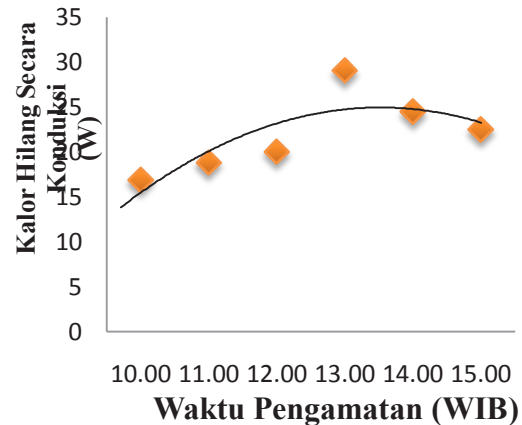
Gambar 5. Grafik hubungan temperatur air keluar (T_{ak}) terhadap waktu pengamatan



Gambar 6. menunjukkan grafik hubungan antara temperatur bak penampung (T_{bp}) terhadap waktu pengamatan. Temperatur bak penampung tertinggi berada pada pukul 13.00 WIB dan temperaturnya semakin menurun secara perlahan-lahan dari pukul 14.00 WIB sampai pukul 15.00 WIB. Temperatur pada bak penampung mengalami penurunan karena disebabkan beberapa faktor yaitu adanya angin di sekitar bak penampung, temperatur sekitar di luar bak penampung

yang semakin menurun, dan kalor dari partikel air di dalam bak penampung berpindah ke lingkungan.

Data rata-rata dari hasil perhitungan kalor yang hilang secara konduksi selama 14 hari pengamatan dapat dilihat pada Gambar 7.

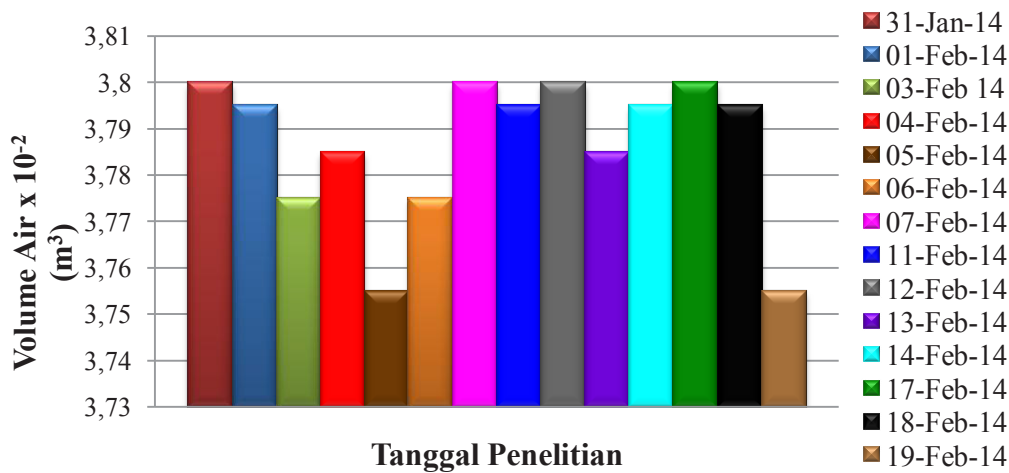


Gambar 7. menunjukkan grafik hubungan antara kalor yang hilang secara konduksi terhadap waktu. Gambar tersebut menyatakan bahwa pukul 13.00 WIB kalor yang hilang secara konduksi mencapai titik maksimum. Kalor yang hilang secara konduksi terjadi karena disebabkan oleh isolator yang kurang baik.

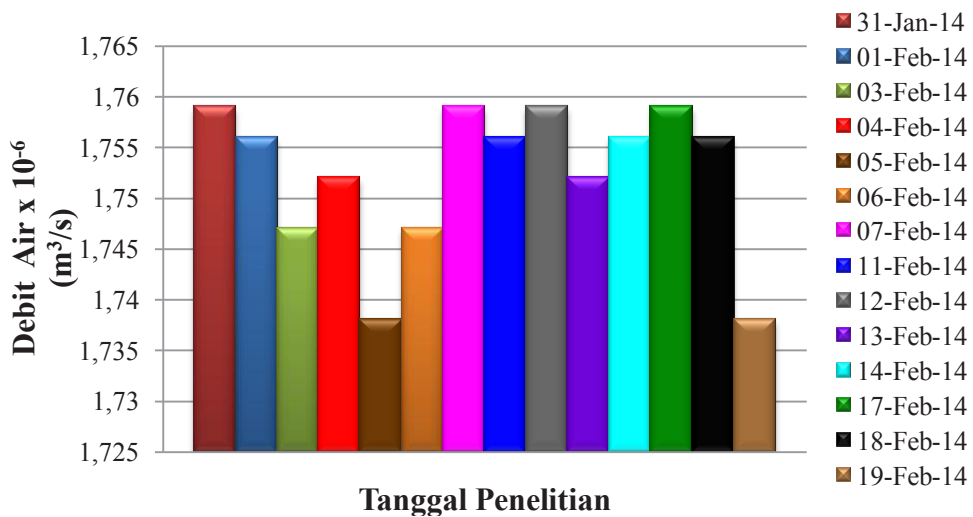
Data harian dari volume air yang dihasilkan dan debit air selama 14 hari penelitian yang dimulai dari pukul 09.00 WIB sampai pukul 15.00 WIB digambarkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan grafik volume air yang dihasilkan dan debit aliran air. Gambar tersebut menyatakan volume air berbanding lurus terhadap debit aliran air. Volume air yang dihasilkan semakin besar maka debit aliran air yang dihasilkan juga semakin besar.

Hasil pengukuran keseluruhan selama 14 hari pengamatan diambil nilai rata-ratanya untuk intensitas radiasi matahari yang digambarkan pada Gambar 2. menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari naik secara perlahan dari pukul 10.00 WIB dan mencapai titik maksimum pada pukul 13.00 WIB dengan nilai intensitas sebesar $326,06 \text{ W/m}^2$. Intensitas radiasi matahari tertinggi berada pada pukul 13.00 WIB disebabkan karena pada saat penelitian pukul 13.00 WIB



Gambar 8. Grafik volume air yang dihasilkan selama 14 hari pengamatan



Gambar 9. Grafik debit aliran air selama 14 hari pengamatan

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan grafik volume air yang dihasilkan dan debit aliran air. Gambar tersebut menyatakan volume air berbanding lurus terhadap debit aliran air. Volume air yang dihasilkan semakin besar maka debit aliran air yang dihasilkan juga semakin besar.

Hasil pengukuran keseluruhan selama 14 hari pengamatan diambil nilai rata-ratanya untuk intensitas radiasi matahari yang digambarkan pada Gambar 2. menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari naik secara perlahan dari pukul 10.00 WIB dan mencapai titik maksimum pada pukul 13.00 WIB dengan nilai intensitas sebesar 326,06W/m².

Intensitas radiasi matahari tertinggi berada pada pukul 13.00 WIB disebabkan karena pada saat penelitian pukul 13.00 WIB intensitas radiasi matahari bernilai maksimum dan temperatur sekitar juga semakin meningkat serta hanya sebagian matahari ditutupi awan. Awan juga berpengaruh terhadap intensitas radiasi matahari yang dapat menyebabkan panas yang diterima bumi relatif sedikit. Intensitas radiasi matahari terendah terjadi pada saat pukul 10.00 WIB dengan nilai intensitas sebesar 185,92W/m². Intensitas radiasi matahari yang diperoleh rendah disebabkan karena semakin kecil sudut sinar datang berarti semakin

miring datangnya sinar sehingga semakin kecil intensitas radiasi matahari yang diterima bumi.

Gambar 3. menunjukkan indeks kecerahan rata-rata tertinggi terjadi pada saat pukul 13.00 WIB karena pada saat pukul tersebut intensitas radiasi matahari mencapai titik tertinggi dan temperatur sekitar juga bernilai maksimum. Indeks kecerahan yang diperoleh setiap jam berbeda-beda tergantung pada cuaca, kelembaban udara dan kecepatan angin.

Energi matahari yang sampai di permukaan bumi sangat berpengaruh terhadap temperatur kolektor yang dihasilkan, semakin besar energi matahari yang diterima oleh kolektor maka semakin besar pula temperatur kolektor demikian juga sebaliknya. Temperatur kolektor rata-rata tertinggi dari perhitungan berada pada pukul 13.00 WIB yaitu sebesar $50,03^{\circ}\text{C}$ sedangkan temperatur kolektor rata-rata terendah berada pada pukul 10.00 WIB sebesar $39,14^{\circ}\text{C}$. Temperatur kolektor yang dihasilkan mengalami penurunan karena disebabkan intensitas radiasi matahari yang semakin menurun, adanya kecepatan angin disekitar tempat kolektor dan kolektor bersifat pemantulan.

Temperatur air keluar yang dihasilkan tergantung pada temperatur kolektor, semakin tinggi temperatur kolektor maka temperatur air keluar yang dihasilkan akan semakin tinggi demikian juga sebaliknya. Gambar 5. menunjukkan bahwa temperatur air keluar rata-rata tertinggi terjadi pada pukul 13.00 WIB yaitu sebesar $48,50^{\circ}\text{C}$ dan temperatur air keluar rata-rata terendah terjadi pada pukul 10.00 WIB yaitu sebesar $37,78^{\circ}\text{C}$. Temperatur air keluar mengalami penurunan karena disebabkan adanya angin di sekitar lingkungan, temperatur sekitar yang semakin menurun dan kelembaban udara.

Temperatur bak penampung tergantung pada temperatur air keluar, semakin tinggi temperatur air keluar maka semakin tinggi pula temperatur bak penampung demikian juga sebaliknya. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa temperatur bak penampung rata-rata tertinggi terjadi pada pukul 13.00 WIB yaitu

sebesar $40,07^{\circ}\text{C}$ sedangkan temperatur bak penampung rata-rata terendah terjadi pada pukul 10.00 WIB yaitu sebesar $35,28^{\circ}\text{C}$. Temperatur pada bak penampung mengalami penurunan karena disebabkan adanya angin di sekitar tempat bak penampung, temperatur sekitar dan kalor dari partikel air di dalam bak penampung berpindah ke lingkungan.

Laju kalor yang hilang secara konduksi rata-rata tertinggi terjadi pada pukul 13.00 WIB yaitu sebesar $29,05\text{W}$ sedangkan laju kalor terendah terjadi pada saat pukul 10.00 WIB yaitu sebesar $16,85\text{W}$ yang dapat dilihat pada Gambar 4.6. Laju kalor yang hilang secara konduksi terjadi karena disebabkan oleh isolator yang kurang baik, temperatur sekitar dan kelembaban udara.

Volume air yang dihasilkan berbanding lurus terhadap debit aliran air, semakin tinggi volume air maka semakin tinggi pula debit aliran air dan terlihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8. Volume air diukur setelah diakhir pengambilan data yaitu pada saat pukul 15.00 WIB. Pengambilan data berlangsung selama 6 jam dalam sehari yaitu dimulai dari pukul 09.00 WIB sampai pukul 15.00 WIB serta pengukuran volume air dengan menggunakan wadah yang telah diukur volumenya terlebih dahulu dengan gelas beaker.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari teori dan pembahasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Intensitas rata-rata tertinggi selama 14 hari pengamatan berada pada pukul 13.00 WIB yaitu sebesar $326,06\text{ W/m}^2$, menghasilkan temperatur kolektor sebesar $50,03^{\circ}\text{C}$, temperatur air keluar yang dihasilkan yaitu $48,05^{\circ}\text{C}$ dan temperatur bak penampung mencapai $40,07^{\circ}\text{C}$. Intensitas rata-rata terendah selama 14 hari pengamatan berada pada pukul 10.00 WIB yaitu sebesar $185,92\text{ W/m}^2$, menghasilkan temperatur kolektor sebesar $39,14^{\circ}\text{C}$, temperatur air keluar yang dihasilkan yaitu $37,78^{\circ}\text{C}$ dan temperatur bak penampung mencapai $35,28^{\circ}\text{C}$. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari

- maka semakin tinggi pula temperatur kolektor yang dihasilkan.
2. Laju kalor yang hilang secara konduksi tertinggi berada pada pukul 13.00 WIB yaitu sebesar 29,05 J/s sedangkan laju kalor yang hilang secara konduksi terendah berada pada pukul 10.00 WIB yaitu sebesar 16,58 J/s.
 3. Volume air rata-rata yang ditampung dalam sehari yaitu selama 6 jam penelitian dari pukul 09.00 WIB sampai pukul 15.00 WIB sebanyak 38 liter setara dengan $3,8 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ dan menghasilkan debit aliran air sebesar $1,759 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Culp, W.A. 1979, *Prinsip-prinsip Konversi Energi*. Terjemahan Ir. Darwin Sitompul M. Eng. Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. John A. Duffie and A. Beckman, 1994. *Solar Energy Thermal Processes*, Copyright (C) by John Willey & Son Inc.
3. Russo, 1989. *Solar Energi*, vol 21 Pergamon Press Ltd pp. 201-210.
4. Dixon and J.D. Leslie, 1999. *Solar Energi Conversion*, University of Waterbox.
5. S.P. Sukhatme, 1989. *Solar Energi*, Tata Mc Graw Hill Publishing Company Limited New Delhi pp 83-192.
6. Thekaekara, M.P. 1985. *The Solar Constant and Spectral Distribution of Solar Radiant Flux*. Ogawa Seiki CO, Tokyo.
7. Giancoli, Douglas C. 2001 *Fisika Jilid I (terjemahan)*, Erlangga, Jakarta.
8. Donald, R. 1981. *Solar Energy*. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.