

STUDI PERFORMANSI ALAT PEMANAS AIR DENGAN MENGGUNAKAN KOLEKTOR SURYA PLAT DATAR

STUDY OF WATER HEATER PERFORMANCE USING FLAT PLAT SOLAR COLLECTOR

Darwin^{1*)}, Hendri Syah¹⁾, Sujan Yadi¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh - 23111, Indonesia
^{*)}email: d4rwin_ae@yahoo.com

ABSTRACT

This study aims to analyze the performance of the water heater using solar collector flat plate type. Efficiency performance of solar collectors in the process of heating the water also becomes the main focus in this study. This study was conducted with two experiments consisting of a flat plate solar collector with horizontal and flat plate solar collector with tilt angle 22°. Experiments carried out with 8 hours of testing within 6 days. Water was circulated into the collector pipe using a pump capacity of 125 Watts. From the research it is known that the amount of electrical energy required by pump for 6 days with 8-hour time trial experiment, was about 21.6 MJ. The rate of flow of the fluid in the collector pipe is $2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. The plate solar collector with a slope of 22° reached the highest average temperature in the third experiment, which was about 64.7 °C; however, the lowest average temperature was found in the horizontal collector (0°) at the third experiment, which was about 47.5 °C. It was found that the highest efficiency obtained at the collector plate with 22° tilt angle was equal to 76 % while the lowest efficiency was obtained at a horizontal collector with an efficiency of 53.6 %.

Keywords: solar collectors, flat plate, water heater

PENDAHULUAN

Radiasi sinar matahari yang mencapai permukaan bumi dalam satu tahunnya diperkirakan akan mampu menghasilkan 10 ribu kali energi yang dibutuhkan dunia (Goffman, 2008). Dengan demikian, penelitian dan pengembangan teknologi sangat dibutuhkan untuk dapat memanfaatkan potensi energi surya sehingga dapat memenuhi kekurangan energi di pedesaan serta dapat mengurangi ketergantungan energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Beberapa teknologi pemanfaatan tenaga surya yang sangat penting untuk dikembangkan yaitu teknologi kolektor surya, serta teknologi konversi dan distribusi energi surya (Goffman, 2008). Energi surya merupakan cahaya serta radiasi yang datang dari matahari menuju ke bumi dengan memiliki potensi energi panas yang sangat besar. Teknologi pengumpulan dan penyimpan energi panas matahari dikembangkan untuk berbagai macam aplikasi diantaranya sebagai pemanas air dan dapat digunakan untuk menggerakkan generator pembangkit listrik.

Culp (1991) mengungkapkan bahwa energi panas matahari merupakan salah satu energi yang potensial untuk dimanfaatkan dan dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber energi terbarukan khususnya bagi negara-negara yang terletak di khatulistiwa termasuk Indonesia, dimana matahari bersinar sepanjang tahun. Beberapa cara dalam memanfaatkan

energi panas matahari diantaranya yaitu pemanasan ruangan, penerangan ruangan, kompor matahari, pengeringan hasil pertanian, distilasi air kotor, pemanasan air, pembangkitan listrik. Pemanfaatan energi surya merupakan cara yang sangat praktis untuk menghasilkan energi terbarukan dengan jumlah yang sangat besar sehingga dapat dimanfaatkan pada berbagai macam aplikasi serta menjadi solusi untuk menangani krisis energi di perkotaan serta menjadi solusi dalam kelangkaan supply energi listrik di daerah-daerah terpencil (Sealite, 2013).

Pada akhir abad ke 20, pembangkit listrik tenaga surya masih sangat sedikit digunakan dan dikembangkan, dan hanya memberikan kontribusi 1% dari kebutuhan energi. Krisis energi yang dihadapi dunia telah menyebabkan pengembangan teknologi pemanfaatan energi surya menjadi sangat pesat. Akan tetapi, teknologi yang dikembangkan untuk memanfaatkan energi surya melalui teknologi solar panel telah mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena tingginya biaya investasi yang dibutuhkan untuk pembangkit listrik dengan solar panel jika dibandingkan dengan biaya investasi yang dibutuhkan untuk pembangkit listrik konvensional dengan sumber energi batubara. Dengan adanya kekhawatiran terhadap pemanasan global dan perubahan iklim, pengembangan teknologi pemanfaatan energi surya dikembangkan

kembali oleh karena teknologi energi surya merupakan sumber energi terbarukan dengan kategori *zero emissions carbon*. Lebih lanjut, energi surya dikategorikan sebagai sumber energi yang sangat ramah lingkungan hal ini karena energi surya merupakan sumber energi alami yang tidak memerlukan proses pembakaran bahan bakar fosil yang dapat mengeluarkan polusi. Energi surya juga dikategorikan sebagai energi terbarukan yang dihasilkan dari panas dan cahaya matahari yang tidak mengurangi sumber daya alam serta produksinya tidak akan ada habisnya (EPA, 2013). Pengembangan pemanfaatan energi surya terus dikembangkan dengan beberapa teknologi diantaranya yaitu pengumpulan energi surya melalui kolektor surya yang dapat didesain berbentuk plat datar serta berbentuk parabola (Goffman, 2008).

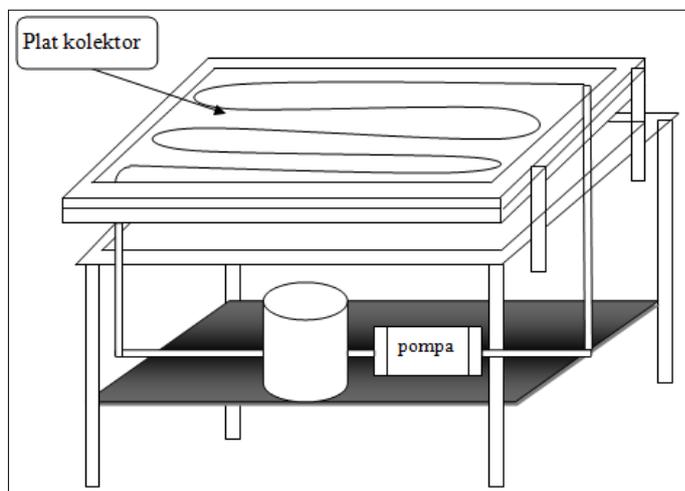
Yeh dan Lin (1996) mengungkapkan bahwa kolektor surya plat datar dapat didesain untuk berbagai macam aplikasi yang membutuhkan aplikasi energi panas pada temperatur sedang. Desain kolektor sebenarnya dapat dilakukan dengan mudah yaitu dengan mendesain plat kolektor yang langsung menerima panas matahari tanpa adanya perangkat panas dimana panas langsung ditransferkan melalui fluida udara. Pemanas udara dengan menggunakan kolektor surya merupakan peralatan pemanas air tenaga surya yang memiliki biaya investasi yang rendah untuk dikembangkan. Beberapa kekurangan dari pemanas udara dengan energi surya yaitu dengan adanya kebutuhan volume udara yang besar untuk mendistribusikan panas dari kolektor. Beberapa penelitian telah dilakukan terhadap alat pemanas udara yang memiliki area perpidahan panas yang luasannya dapat memungkinkan untuk menghasilkan aliran udara panas secara konveksi alamiah, penerapan aliran konveksi paksa terhadap udara juga dapat diterapkan untuk menghasilkan aliran udara secara turbulen di balik permukaan bidang kontak panas (Kreith, 1996; Yeh dan Lin, 1996). Lebih lanjut, Yeh dan Lin (1996) mengungkapkan bahwa susunan kolektor dapat mempengaruhi kecepatan aliran fluida serta kekuatan aliran dari konveksi paksa. Cara sederhana untuk mengatur dan mengubah kecepatan aliran fluida dan kekuatan konveksi paksa dengan melibatkan beberapa faktor diantaranya yaitu dengan mengatur dan menyesuaikan aspek rasio ukuran persegi panjang dan mengatur kolektor plat datar dengan laju aliran yang konstan. Konveksi paksa pada alat pemanas udara dapat ditingkatkan dengan cara menempatkan beberapa sekat penyangga pada kolektor plat datar dengan

membagi serta menyertai beberapa kolektor menjadi beberapa subkolektor (Seluck, 1977).

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan fluida air sebagai transfer panas yang disirkulasikan di dalam pipa-pipa yang dilekatkan pada kolektor plat datar. Aplikasi konveksi paksa dilakukan dengan menggunakan pompa untuk membantu mengalirkan fluida air secara konstan yang disirkulasikan didalam pipa kolektor yang dikonduksikan dengan plat kolektor. Plat kolektor yang digunakan ditutupi dengan kaca yang bertujuan untuk mengumpulkan panas dan mengurangi kerugian panas untuk meningkatkan kapasitas panas pada plat kolektor dan pipa-pipa kolektor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa performansi dari alat pemanas air dengan menggunakan kolektor surya tipe plat datar. Efisiensi kinerja kolektor surya dalam proses pemanasan air juga menjadi fokus utama dalam penelitian ini.

METODOLOGI

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi anemometer, solarimeter, *hybrid recorder*, kolektor surya, thermometer, pompa dan alat pendukung lainnya. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu air. Beberapa tahapan yang harus diperhatikan pada penelitian ini yaitu air yang disediakan di dalam bak penampung ditarik dengan pompa berkapasitas 125 Watt, air tersebut kemudian dialirkan dan disirkulasikan ke dalam pipa kolektor. Air yang mengalir ke dalam pipa akan menyerap panas dari kolektor yang berkonduksi dengan plat datar, sehingga air yang keluar dari pipa kolektor akan memiliki temperatur yang tinggi. Peralatan secara skematik dapat dilihat pada Gambar 1.



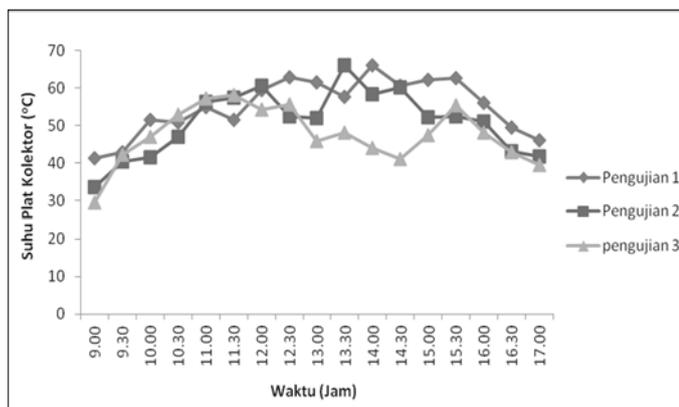
Gambar 1. Kolektor surya plat datar

Eksperimen dilakukan selama 8 jam sehari selama 6 hari yang dilakukan dari jam 09.00 sampai dengan 17.00 WIB. Pengujian performansi kolektor surya dilakukan dengan dua kali percobaan yang terdiri dari solar kolektor dengan plat datar horizontal selama tiga hari, serta solar kolektor plat datar dengan sudut kemiringan 22° selama 3 hari. Pengukuran radiasi surya dilakukan dengan menggunakan solarimeter yang diletakkan di samping atau di dekat kolektor surya. Efisiensi kolektor surya dapat diketahui dengan cara membandingkan besarnya kenaikan temperatur fluida yang mengalir di dalam kolektor dengan intensitas radiasi surya yang diterima kolektor. Untuk mengetahui distribusi suhu pada masing-masing komponen, maka dilakukan pengukuran suhu pada 6 titik pengukuran di kolektor surya dengan menggunakan *thermocouple*. Kecepatan udara serta suhu udara lingkungan diukur dengan menggunakan *anemometer* dengan rentang waktu 30 menit. Kebutuhan energi listrik yang diperlukan oleh pompa untuk mengalirkan dan mensirkulasikan fluida air ke dalam pipa kolektor dapat diketahui dengan melakukan perkalian antara daya atau kapasitas pompa yang digunakan dengan waktu operasional.

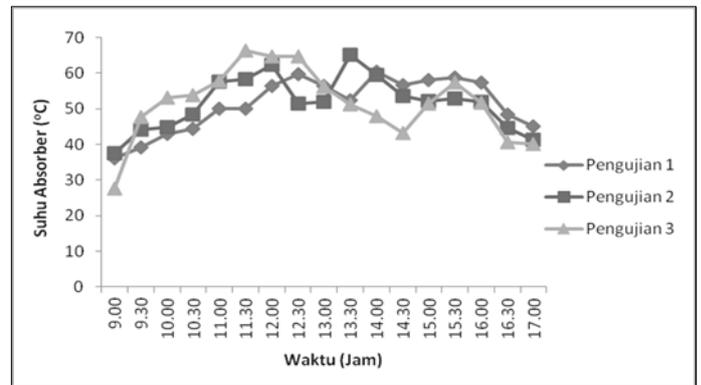
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Distribusi Temperatur Kolektor Surya

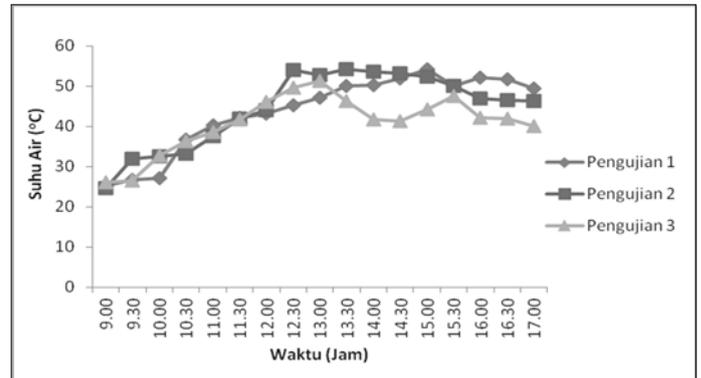
Temperatur pada kolektor surya diukur dengan menggunakan *hybrid recorder* selama 6 hari. Pengukuran suhu kolektor surya dilakukan setiap 30 menit selama 8 jam yang dimulai dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 17.00 WIB. Pengukuran suhu ini bertujuan untuk mengetahui sebaran dan distribusi suhu yang terdapat pada plat kolektor surya sehingga dapat diketahui kapasitas panas yang dimiliki oleh kolektor surya untuk mentransferkan panasnya ke pipa-pipa sirkulasi air.



Gambar 2. Distribusi suhu pada plat kolektor datar horizontal (0°)



Gambar 3. Distribusi suhu absorber pada plat kolektor datar horizontal



Gambar 4. Suhu air yang dihasilkan oleh plat kolektor datar horizontal

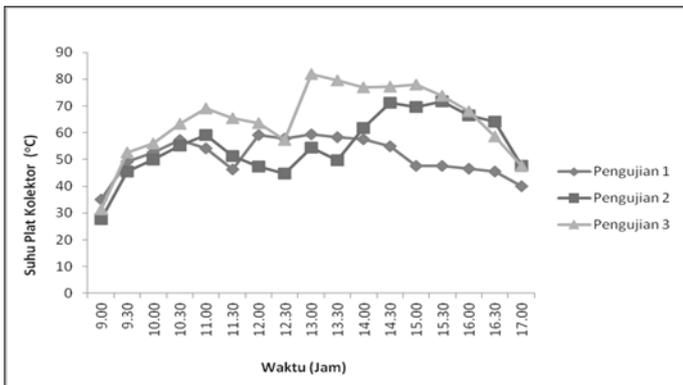
Berdasarkan Gambar 2 dan 3, distribusi suhu pada tiap-tiap percobaan berfluktuasi dengan memiliki kecenderungan peningkatan suhu dari pukul 09.00 sampai pukul 12.00 WIB. Perbedaan yang mencolok terjadi pada percobaan ketiga dimana distribusi suhu plat mengalami penurunan yang sangat signifikan yang dimulai dari pukul 13.00 WIB (45.8 °C) sampai dengan pukul 14.30 WIB (41 °C). Hal ini sangat berbeda pada percobaan pertama dan kedua dimana pada pukul 13.00 WIB suhu plat kolektor pada percobaan pertama mencapai 61.4 °C dan pada pukul 14.30 WIB suhu plat kolektornya 60.5 °C. Kecenderungan yang sama juga terjadi pada percobaan kedua dimana pada pukul 13.00 WIB suhu plat kolektor 52 °C, dan suhunya meningkat menjadi 60.2 °C pada pukul 14.30. Penurunan suhu plat kolektor yang signifikan yang terjadi pada percobaan ketiga disebabkan pada hari itu kondisi cuaca yang mendung sehingga intensitas matahari pada pukul 13.00 WIB sampai pukul 14.30 WIB terjadi penurunan yang signifikan.

Penurunan suhu pada percobaan ketiga juga terjadi pada absorber dimana pada pukul 13.00 WIB suhunya mencapai 51.3 °C dan terus terjadi penurunan suhu yang sangat signifikan sampai pada pukul 14.30 WIB dengan suhu 43.2 °C. Kondisi ini juga

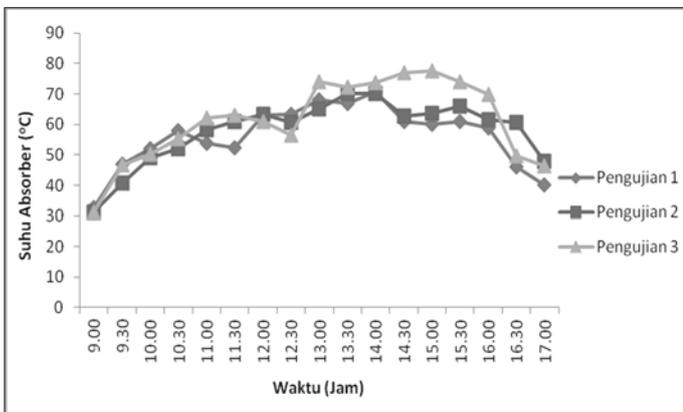
menyebabkan terjadinya penurunan suhu air pada percobaan ketiga (Gambar 4) dimana pada pukul 13.00 WIB suhu air yang dihasilkan yaitu 51.2 °C kemudian terjadinya penurunan yang sangat signifikan dimana penurunan suhu pada pukul 14.30 mencapai 10 derajat celcius sehingga suhunya menjadi 41.2 °C. Dari hasil penelitian juga diketahui bahwa pada percobaan ketiga, intensitas matahari pada pukul 13.00 WIB yaitu 56.73 W/m² dengan suhu lingkungan 30.8 °C dan pada pukul 14.30 WIB intensitas matahari menurun menjadi 35.46 W/m² dengan suhu lingkungannya 30.1 °C. Dari hasil penelitian yang dilakukan pada tiga kali pengujian dapat

diketahui bahwa suhu rata-rata air yang dihasilkan oleh plat kolektor horizontal yaitu 42.98 °C.

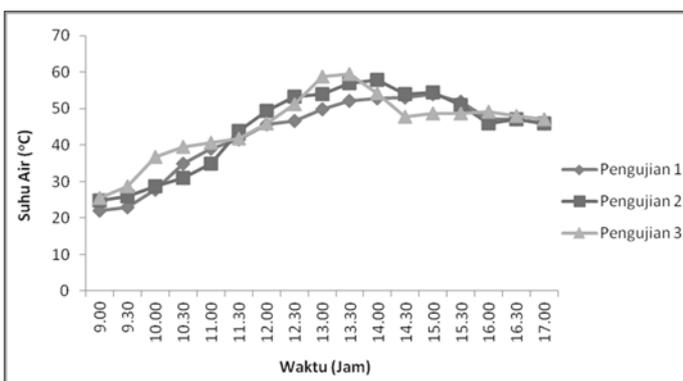
Gambar 6 menunjukkan distribusi suhu pada absorber dan plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa distribusi suhu yang terjadi pada plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat tidak terlalu berbeda dengan distribusi suhu pada plat kolektor dengan posisi horizontal (Gambar 2 dan 3). Akan tetapi jika dilihat pada rata-rata suhu plat kolektor maka suhu rata-rata dari ketiga percobaan tersebut terdapat perbedaan yang cukup besar antara suhu rata-rata yang diterima plat kolektor baik posisi horizontal maupun dengan kemiringan 22 derajat. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa suhu rata-rata plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat lebih tinggi dibandingkan dengan plat kolektor dengan posisi horizontal. Hal ini terjadi karena pada saat dilakukan eksperimen pada kolektor dengan kemiringan 22 derajat diperoleh intensitas matahari yang lebih tinggi dibandingkan pada eksperimen yang dilakukan pada plat kolektor horizontal. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa rata-rata intensitas matahari yang diterima oleh plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat dari ketiga percobaan yang dilakukan yaitu mencapai 351.13 W/m², nilai ini jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan intensitas matahari yang diterima oleh plat kolektor horizontal yang hanya mencapai 241.69 W/m². Tingginya intensitas matahari yang diterima oleh plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat inilah yang menyebabkan tingginya suhu rata-rata dari plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat yang mencapai 56.98 °C; suhu ini jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan suhu rata-rata dari plat kolektor horizontal yang hanya mencapai 51.21 °C. Tingginya intensitas matahari yang diterima oleh absorber dan plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat juga meningkatkan suhu air dimana rata-rata suhu air yang dihasilkan yaitu 44.4 °C.



Gambar 5. Distribusi suhu pada plat kolektor dengan kemiringan 22 °



Gambar 6. Distribusi suhu absorber pada plat kolektor dengan kemiringan 22 °



Gambar 7. Suhu air yang dihasilkan oleh plat kolektor dengan kemiringan 22 °

B. Jumlah Energi dan Efisiensi Kolektor

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa energi radiasi (Q_{rad}) yang diterima oleh plat kolektor yaitu sebesar 822.27 kJ. Energi yang dimanfaatkan (Q_u) oleh plat kolektor surya horizontal untuk memanaskan air pada bak penampungnya yaitu sebesar 656.88 kJ; nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan energi yang dapat dimanfaatkan oleh plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat untuk memanaskan air pada bak penampungnya yaitu sebesar 941.4 kJ. Efisiensi kolektor tertinggi yaitu 76% yang diperoleh pada percobaan kedua dari plat kolektor surya dengan

kemiringan 22 derajat. Sedangkan, efisiensi terendah diperoleh pada percobaan ketiga dari plat kolektor datar dengan posisi horizontal yaitu sebesar 53.6%.

C. Laju Aliran Air

Stopkran digunakan untuk mengecilkan laju aliran fluida air yang mengalir di dalam pipa-pipa yang berkonduksi dengan plat kolektor surya. Pengecilan laju aliran fluida yang mengalir melalui pipa bertujuan agar air dapat menyerap panas yang ditransferkan oleh plat kolektor surya secara optimal. Laju aliran fluida diperoleh berdasarkan volume fluida air yang dialirkan dan disirkulasikan setiap waktu sirkulasinya. Laju aliran fluida yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sekitar $2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

D. Kebutuhan Energi Listrik

Pada penelitian ini energi listrik dibutuhkan oleh pompa untuk mensirkulasikan air pada pipa-pipa kolektor. Berdasarkan spesifikasi pompa yang digunakan yaitu berkapasitas 125 Watt dengan tegangan 220 Volt serta kuat arus 0.56 ampere, maka energi yang dibutuhkan pompa untuk bekerja yaitu hasil perkalian antara daya pompa dengan durasi pemanasan. Dengan pemanasan selama 8 jam maka energi yang dibutuhkan oleh pompa untuk bekerja yaitu sebesar 21.6 MJ. Dengan kapasitas pompa 125 Watt dan durasi kerja pompa 8 jam per hari, maka jumlah energi listrik yang dibutuhkan sangatlah sedikit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa suhu rata-rata kolektor surya pada plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat lebih tinggi dibandingkan dengan suhu rata-rata plat kolektor dengan posisi horizontal dimana suhu rata-rata dari plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat yang mencapai $56.98 \text{ }^\circ\text{C}$; sedangkan suhu rata-rata dari plat kolektor horizontal hanya mencapai $51.21 \text{ }^\circ\text{C}$. Suhu air rata-rata yang dihasilkan oleh plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat juga lebih tinggi yang mencapai $44.44 \text{ }^\circ\text{C}$, dibandingkan dengan suhu air rata-rata dari plat kolektor horizontal yang hanya mencapai $42.98 \text{ }^\circ\text{C}$. Tingginya suhu air dan suhu plat kolektor dengan kemiringan 22 derajat dipengaruhi oleh tingginya intensitas matahari yang diterima oleh plat kolektor. Energi yang dapat dimanfaatkan oleh plat kolektor surya tipe horizontal untuk memanaskan air pada bak penampungnya yaitu sebesar 656.88 kJ. Sedangkan, plat kolektor surya dengan kemiringan 22 derajat dapat memanfaatkan energi sebesar 941.4 kJ untuk memanaskan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Culp Jr, A. W. 1991. Prinsip-prinsip Konversi Energi. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- EPA. 2013. Solar Energy. United States Environmental Protection Agency. Washington D.C. USA.
- Goffman, E. 2008. Why Not the Sun?, Advantages of and Problems with Solar Energy. ProQuest Discovery Guides. USA.
- Kreith, F., dan J. F. Kreider. 1978. Principles of Solar Engineering. McGraw-Hill: 203-309. New York, USA.
- Sealite. 2013. The benefit of solar power. Sealite Pty Ltd. Victoria. Australia.
- Seluck, M.K. 1977. Solar Air Heaters and Their Applications. Academic Press: 155-182. New York. USA.
- Yeh, H.M., dan T.T. Lin. 1996. Efficiency improvement of Flat-Plate Solar Air Heaters. Energy (21): 435-443.