



Pengaruh tebal kaca terhadap kinerja kolektor surya pelat datar dengan menggunakan absorber batu granit

M. Wirawan *, M. Mirmanto, F. Pramudia, I.G.A.K.C. Adhi, R. Sutanto

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jln. Majapahit No. 62 Mataram Nusa Tenggara Barat Kode Pos : 83125, Telp. (0370) 636087; 636126; ext 128 Fax (0370) 636087.

*Email: wwiralo@yahoo.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received 12 March 2018

Accepted 10 April 2018

Available online 1 July 2018

Keywords:

Solar collector

Absorber

Renewable energy

Collector performance



ABSTRACT

This paper presents the experimental data of the use of granite stone as an absorber of the tested solar collector. The purpose of this study is to know the effect of the cover thickness of the collector. Three different thickness of the glass cover of the collector, i.e. 3 mm, 5 mm, and 8 mm, were tested. Three identical collectors were utilized in this current study, and the collectors were placed facing North. The dimension of the granite absorber is 100 cm x 80 cm x 10 cm and the arrangement of the pipes in the collector is parallel with 7 pipes. The water used to remove the heat from the absorber was flowed naturally due to the gravity. The water volumetric flow rates employed were 300 cc/min, 400 cc/min and 500 cc/min which were measured using a glass volume meter and a stop watch. The research results show that energy come to the absorber (Q_{in}), energy absorbed by the absorber (Q_{use}), and the temperature of water increase with the time. All of them have a peak at around 12.00-14.00 Wita. The thicknes of the glass cover affect the performance of the collectors. The glass cover thickness of 5 mm results in the better performance than that of the two others.

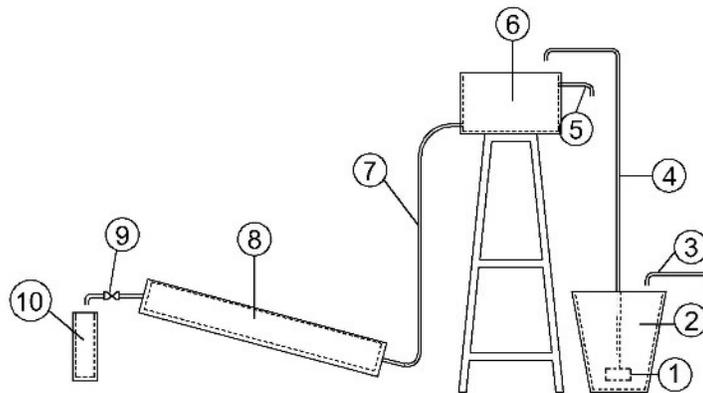
PENDAHULUAN

Ketersediaan energi panas matahari yang berlimpah dan sifatnya yang ramah lingkungan, sangat bermanfaat di berbagai sektor, seperti pembangkitan listrik, pemanas air, dan pengeringan hasil pertanian. Salah satu pemanfaatan energi panas matahari untuk proses pengeringan, dapat mengurangi tingkat konsumsi energi fosil dan mendukung program

pengurangan emisi gas karbon (CO_2). Mengingat wilayah Indonesia yang dilalui garis katulistiwa, dimana sinar matahari cukup melimpah, pengembangan teknologi tepat guna yang memanfaatkan sinar matahari sebagai energi alternatif sangat sesuai. Salah satu cara pemanfaatan energi surya adalah dengan menggunakan kolektor surya.

Kolektor surya dapat digolongkan menjadi jenis konsentrator dan jenis pelat datar (*flat plate*) atau non-konsentrator (Lior, 1990). Kolektor surya pelat datar terdiri dari pelat penyerap yang memiliki konduktivitas termal yang baik, dimana pelat penyerap ini berhubungan dengan pipa-pipa yang

memanaskan air sepenuhnya tidak diteruskan menuju pelat absorber, namun terhambat oleh kaca sehingga dapat mempengaruhi kerugian panas total kolektor surya yang terbangun kelingkungan juga semakin besar dan mengakibatkan efisiensi kolektor surya perlahan-lahan mengalami penurunan (Bara dkk., 2016).



1. Pompa, 2. Bak plastik penampung sumber air, 3. Selang sumber air, 4. Pipa, 5. Pipa overflow, 6. Bak penampung air, 7. Selang, 8. Kolektor surya, 9. Keran, 10. Gelas ukur

Gambar 1. Skema alat penelitian

mengalirkan cairan, sebuah atau lebih penutup tembus cahaya di bagian atas (biasanya digunakan kaca). Energi matahari yang datang mentransmisikan melalui penutup transparan dan di ubah menjadi energi panas oleh pelat penyerap di bagian dasar dan sisi pelat penyerap diberi isolasi. Panas yang diterima oleh pelat penyerap selanjutnya dikonduksikan ke pipa-pipa pembawa cairan (Permana dan Nasbey, 2011)

Umumnya kolektor surya menggunakan absorber pelat logam sebagai penyerap panas sinar matahari. Pada penelitian ini menggunakan batu granit sebagai absorber dalam kolektor. Jadi tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja kolektor yang menggunakan absorber batu granit dengan memvariasi tebal penutup kolektor. Disamping itu, penelitian sebelumnya yang dilakukan Jatmiko (2014) yaitu membandingkan absorber batu granit dengan pasir, menunjukkan bahwa absorber batu granit lebih efisien dari absorber pasir.

Radiasi matahari yang akan menembus kaca dan diteruskan menuju pelat absorber untuk

Energi yang masuk didalam kolektor dapat didefinisikan sebagai besarnya intensitas radiasi matahari dikalikan dengan besarnya luasan yang terkena intensitas radiasi matahari tersebut. Sehingga kalor yang diterima oleh kolektor dapat dirumuskan sebagai berikut, Kalogirou (2009):

$$Q_{in} = I_T A_c \quad (1)$$

dengan Q_{in} adalah laju aliran kalor yang masuk kolektor (W), I_T adalah intensitas radiasi matahari (W/m^2) dan A_c adalah luasan kolektor (m^2).

Panas yang diserap oleh air, Q_{use} , di dalam kolektor adalah merupakan fungsi laju aliran massa, kapasitas panas air pada tekanan konstan, T_i dan T_o . T_i dan T_o adalah suhu air masuk dan suhu air keluar ($^{\circ}C$). Q_{use} dapat diestimasi sebagai berikut (Kalogirou, 2009):

$$Q_{use} = \dot{m} c_p (T_o - T_i) \quad (2)$$

dimana \dot{m} adalah laju aliran massa (kg/s), c_p adalah panas jenis air (J/kgK). Nilai kalor yang dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air dari pagi hingga siang akan mengalami peningkatan Wirawan dkk (2011), Wirawan dkk, (2015).

Radiasi matahari yang mengenai permukaan kolektor, sebagian besar akan diserap dan dihantarkan ke fluida dan merupakan energi yang digunakan. Besarnya kerugian energi (Q_{loss}) dalam kolektor surya merupakan selisih antara energi yang masuk dalam kolektor (Q_{in}) dengan kalor yang diserap oleh air (Q_{use}). Kerugian energi dari kolektor dituliskan sebagai (Rosa dan Sukma, 2008):

$$Q_{loss} = Q_{in} - Q_{use} \quad (3)$$

Efisiensi kolektor, η , dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya berguna kolektor dengan daya radiasi matahari yang datang dan diprediksi dengan persamaan, Rosa dan Sukma (2008):

$$\eta = \frac{Q_{use}}{Q_{in}} \quad (4)$$

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan tiga buah kolektor dengan tebal kaca penutup yang berbeda. Skema alat penelitian dapat dilihat pada gambar 1, sedangkan foto kolektor surya yang digunakan disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Kolektor surya masing-masing tebal kaca 3 mm, 5 mm dan 8 mm

Air yang akan digunakan dalam penelitian mengalir dari bak penampung atas menuju kolektor. Agar laju aliran tetap konstan maka bak penampung atas harus tetap penuh dan kelebihan air akan mengalir melalui *over flow* dan

ditampung bak bagian bawah yang kemudian sirkulasi ulang ke bak atas

Pengujian

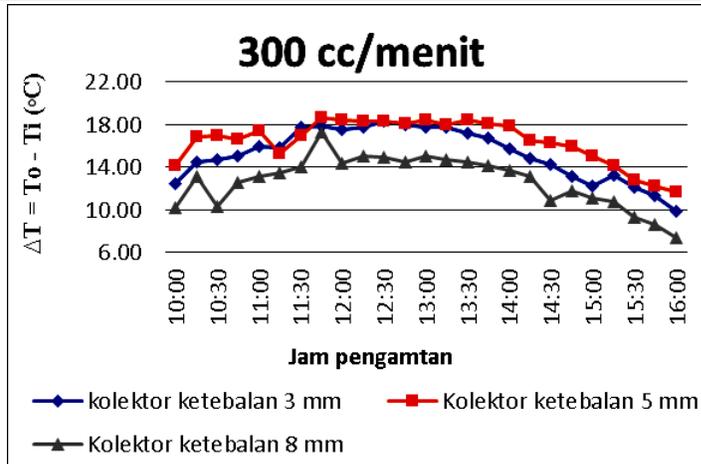
Sebelum memulai pengujian terlebih dahulu mempersiapkan alat penelitian dan alat ukur kemudian mengecek kondisi alat penelitian dan alat ukur tersebut, mengkalibrasi alat ukur yang perlu dikalibrasi, setelah itu melakukan pemasangan alat ukur pada kolektor surya. Pengujian dilakukan mulai pukul 10.00-16.00 Wita dalam kondisi cuaca cerah dengan prosedur sebagai berikut:

1. Meletakkan kolektor surya di bawah sinar matahari langsung dan memposisikan kolektor surya sesuai dengan arah matahari.
2. Memasang cover penutup yaitu kaca dengan ketebalan 3 mm, 5 mm dan 8 mm pada masing-masing kolektor.
3. Mengatur sudut kemiringan kolektor surya sebesar 15° pada kolektor.
4. Mengatur laju aliran air dengan debit 300 cc/menit, pada masing-masing kolektor.
5. Melakukan pengukuran temperatur lingkungan, permukaan kaca dan temperatur *absorber* pada kolektor.
6. Pencatatan suhu lingkungan, permukaan kaca, suhu absorber, temperatur air masuk dan keluar yang dilakukan selama 6 jam yang dimulai dari jam 10.00 hingga 16.00 WITA. Dan dilakukan pengambilan data setiap 15 menit.
7. Mengulang langkah pengujian untuk laju aliran air 400 cc/menit, dan 500 cc/menit pada hari berikutnya pada jam yang sama dengan menggunakan kolektor yang sama

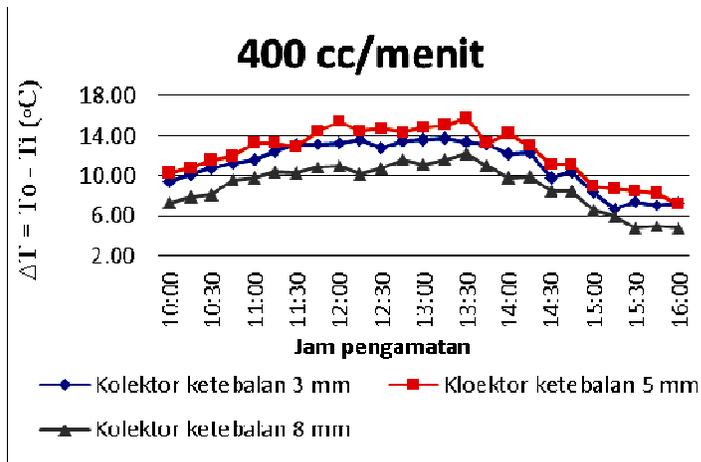
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengidentifikasi kalor yang diserap oleh air pada kolektor surya untuk masing-masing ketebalan kaca pada debit 300 cc/min, 400 cc/min dan 500 cc/min maka disajikan hubungan antara kenaikan temperatur air keluar dan temperatur air masuk terhadap jam pengamatan untuk masing-masing kolektor surya seperti pada gambar 3, gambar 4, dan gambar 5 di bawah ini.

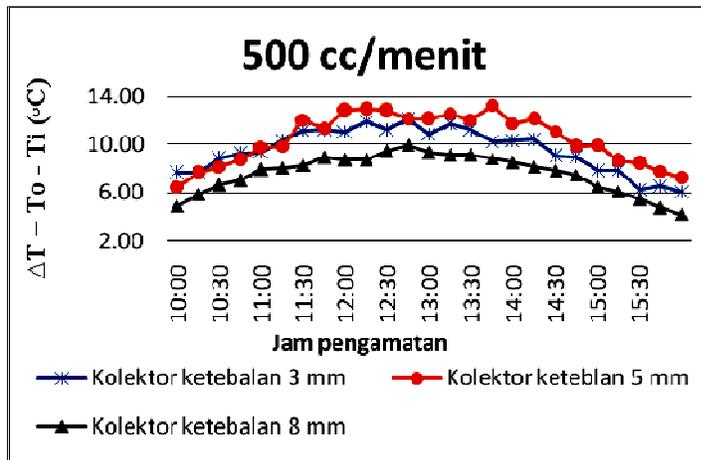
Berdasarkan ketiga gambar tersebut terdapat perbedaan kenaikan air keluar dan air masuk untuk gambar 3 titik puncaknya berada pada pukul 11:45 wita, gambar 4 titik puncaknya berada pada pukul 13:30 wita, sedangkan pada gambar 5 titik puncaknya berada pada pukul 13:45 wita. Perbedaan ini disebabkan oleh pengaruh perbedaan intensitas radiasi matahari, sudut zenit matahari, debit aliran dan perbedaan temperatur lingkungan, karena waktu /hari penelitian yang berbeda-beda.



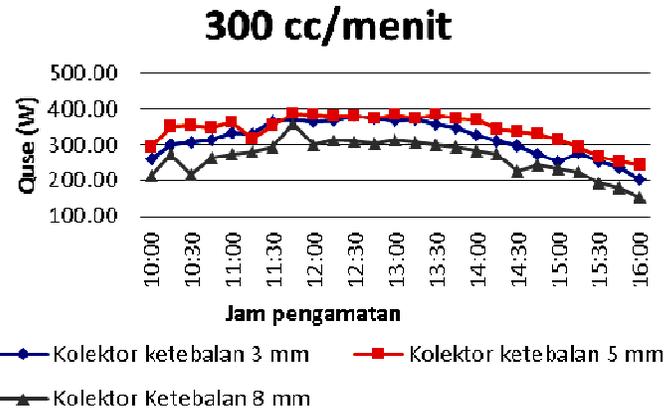
Gambar 3. Hubungan kenaikan temperatur air (ΔT) terhadap waktu pengamatan untuk debit 300 cc/min



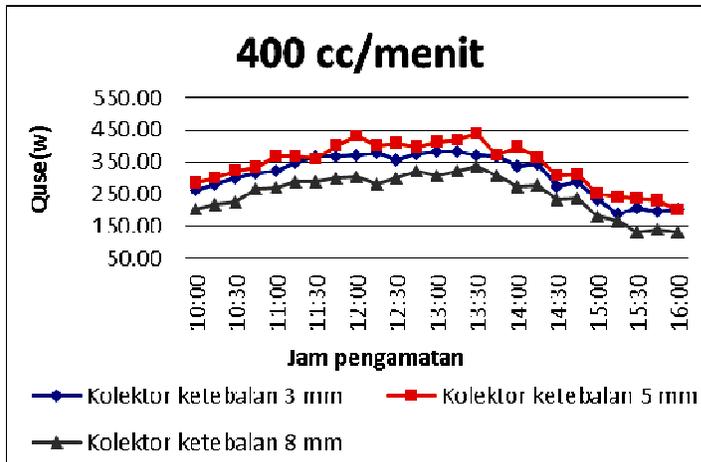
Gambar 4. Hubungan kenaikan temperatur air (ΔT) terhadap waktu pengamatan untuk debit 400 cc/min



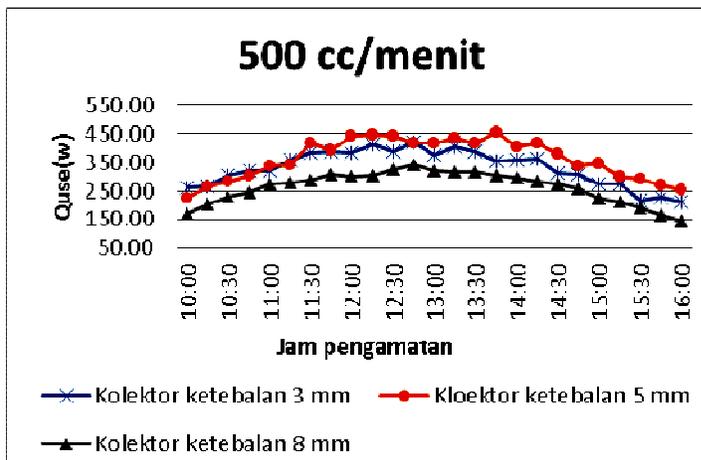
Gambar 5. Hubungan kenaikan temperatur air (ΔT) terhadap waktu pengamatan untuk debit 500 cc/min



Gambar 6. Hubungan kalor yang digunakan (Q_{use}) terhadap jam pengamatan untuk debit 300 cc/min



Gambar 7. Hubungan kalor yang digunakan (Q_{use}) terhadap jam pengamatan untuk debit 400 cc/min



Gambar 8. Hubungan kalor yang digunakan (Q_{use}) terhadap jam pengamatan untuk debit 500 cc/min

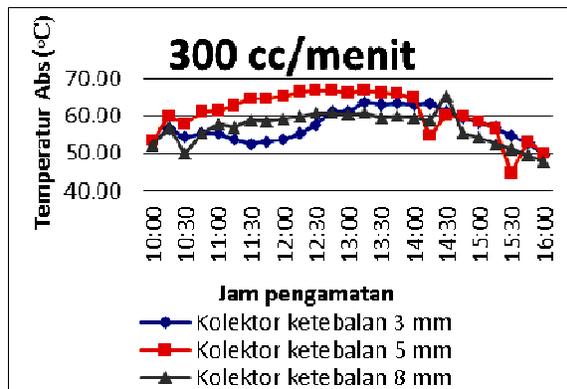
Sedangkan hubungan antara kalor yang digunakan dengan jam pengamatan akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya intensitas matahari, dan akan menurun kembali setelah melewati waktu puncak intensitas matahari tersebut. Hal ini disebabkan karena semakin siang jam pengamatan maka intensitas matahari semakin tinggi sehingga kalor yang diserap oleh absorber semakin tinggi dan demikian pula kalor yang digunakan untuk memanaskan air semakin tinggi. Hubungan ini ditunjukkan pada gambar 9 yang menyatakan hubungan antara temperatur absorber terhadap jam pengamatan untuk beberapa debit yang berbeda. Tetapi kalor yang diserap absorber atau yang digunakan untuk memanaskan air akan cenderung turun ketika melewati sekitar pukul 13:15 wita. Hal ini disebabkan karena intensitas radiasi matahari semakin kecil hingga menjadi nol pada pukul 18:00 wita.

Hubungan antara kalor yang digunakan (Q_{use}) untuk (Kolektor ketebalan 3 mm), (Kolektor ketebalan 5 mm), dan (Kolektor ketebalan 8 mm) pada debit yang sama terhadap jam pengamatan dapat dilihat pada gambar 6, gambar 7, dan gambar 8.

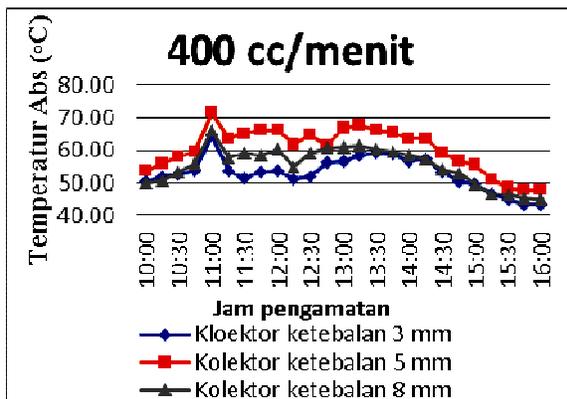
Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa kalor yang digunakan pada kolektor (ketebalan 5 mm) lebih besar dari pada kolektor (ketebalan 3 mm) dan (ketebalan 8 mm), ini terjadi karena pengaruh ketebalan kaca yang digunakan akan mempengaruhi proses pembiasan. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan nilai indeks bias suatu bahan dan sudut datangnya cahaya dimana akan menyebabkan pergeseran sinar ke medium dengan ketebalan yang berbeda. Semakin tipis ketebalan yang digunakan maka kalor yang akan terserap akan semakin cepat dan akan semakin cepat pula terbuang sebaliknya apabila semakin tebal kaca yang digunakan maka kalor yang terserap akan lambat dan terbuangnya kalor akan lambat pula. Oleh sebab itu kalor yang diserap pada kolektor (ketebalan 5 mm) lebih besar. Tetapi setelah mulai pukul 13:30 wita kalor yang digunakan pada kolektor (ketebalan 5 mm) cenderung menurun, ini disebabkan perbedaan temperatur antara suhu air keluar (T_o) lebih besar dibandingkan suhu air masuk (T_i).

Hubungan antara temperatur absorber untuk (Kolektor ketebalan 3 mm), (Kolektor ketebalan 5 mm), dan (Kolektor ketebalan 8 mm) pada debit yang sama terhadap jam pengamatan dapat dilihat pada gambar 9, gambar 10, dan gambar 11. Dari gambar 9, 10, dan 11 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan temperatur absorber terhadap jam pengamatan, sedangkan perbandingan temperatur absorber, terlihat kolektor (ketebalan 5 mm) memiliki nilai

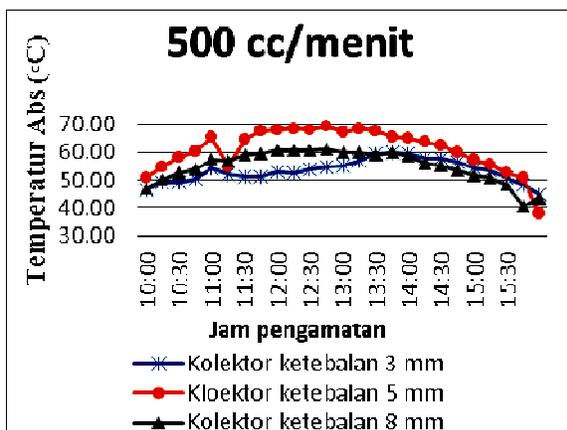
temperatur absorber paling tinggi dibandingkan dengan kolektor (ketebalan 8 mm) dan kolektor (ketebalan 3 mm).



Gambar 9. Hubungan temperatur absorber terhadap jam pengamatan debit 300 cc/min

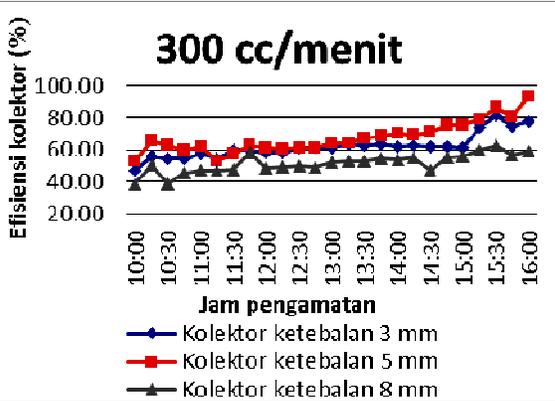


Gambar 10. Hubungan temperatur absorber terhadap jam pengamatan debit 400 cc/min

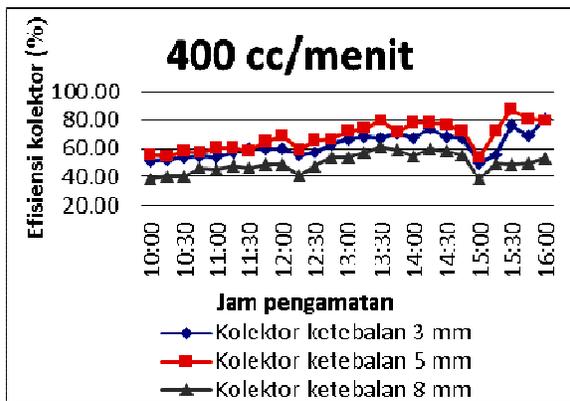


Gambar 11. Hubungan temperatur absorber terhadap jam pengamatan debit 500 cc/min

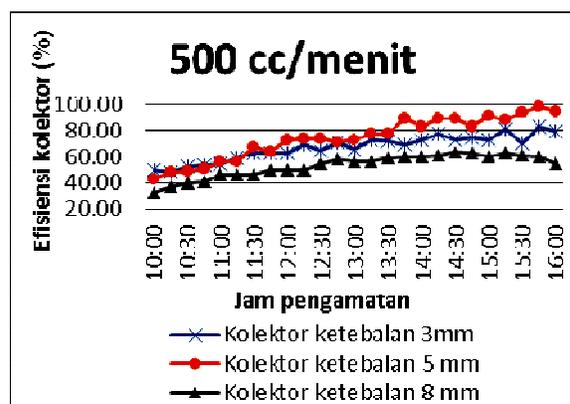
Hubungan antara efisiensi (η) untuk kolektor (ketebalan 3 mm), (ketebalan 5 mm) dan (ketebalan 8 mm) pada debit yang sama terhadap jam pengamatan dilihat pada gambar 12, gambar 13, gambar 14.



Gambar 12. Hubungan efisiensi kolektor (η) terhadap jam pengamatan untuk debit 300 cc/min



Gambar 13. Hubungan efisiensi kolektor (η) terhadap jam pengamatan untuk debit 400 cc/min



Gambar 15. Hubungan efisiensi kolektor (η) terhadap jam pengamatan untuk debit 500 cc/min

Pada gambar di atas menjelaskan bahwa hubungan antara efisiensi kolektor untuk masing-masing kolektor dengan ketebalan 3 mm, 5 mm dan 8 mm pada debit yang berbeda-beda. Dimana efisiensi adalah perbandingan antara kalor yang digunakan (Q_{use}) dengan kalor yang diterima kolektor (Q_{in}), namun kalor yang masuk ke kolektor tidak semua digunakan oleh kolektor untuk memanaskan air, yaitu ada kalor yang hilang kelingkungan. Efisiensi kolektor untuk (ketebalan 5 mm) lebih besar dibandingkan dengan kolektor (ketebalan 3 mm) dan kolektor (ketebalan 8 mm), ini disebabkan karena kalor yang diserap air pada kolektor (ketebalan 5 mm) lebih banyak dibandingkan kolektor (ketebalan 3 mm) dan kolektor (ketebalan 8 mm).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, kemudian melakukan analisa data dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ukuran ketebalan kaca berpengaruh terhadap laju perpindahan panas pada kolektor surya. Ukuran ketebalan 5 mm lebih bagus menyerap kalor dari pada ketebalan 3 mm dan 8 mm.
2. Ketebalan kaca 5 mm memiliki efisiensi paling tinggi dari pada ketebalan kaca 3 mm dan 8 mm.
3. Waktu penelitian sangat berpengaruh terhadap kalor yang diserap oleh kolektor karena semakin siang nilai intensitas radiasi matahari akan semakin meningkat kemudian akan menurun pada sore hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mataram, atas fasilitasnya dan kepada siapa saja yang telah membantu dalam melaksanakan penelitian maupun penyusunan paper ini.

DAFTAR NOTASI

- A_{abs} : Luas absorber (m^2)
- A_c : Luas kolektor (m^2)
- A_g : Luas kaca (m^2)
- C_p : Kalor spesifik ($J/kg.K$)
- Fr : Faktor bentuk
- h : Koefisien konveksi
- I_T : Radiasi matahari (W/m^2)
- K : Konduktivitas (W/m^2K)
- Q_A : Kerugian kalor atas (W)
- Q_B : Kerugian kalor bawah (W)
- Q_S : Kerugian kalor samping (W)
- Q_c : Laju perpindahan panas konveksi (W)

Q_{in} : Energi yang masuk pada Kolektor (W)
 Q_k : Laju perpindaham panas konduksi (W)
 Q_{loss} : Energi yang hilang dari kolektor (W)
 Q_{use} : Energi yang berguna/ energi yang digunakan untuk memanaskan fluida (W)
 R_{total} : Resistansi Total (K/W)
 T_a : Temperatur lingkungan luar kolektor (K)
 T_{abs} : Temperatur absorber (K)
 T_{bulk} : Temperatur absorber (K)
 T_f : Temperatur fluida (K)
 T_g : Temperatur Kaca atas (K)
 T_{gb} : Temperatur kaca bawah (K)
 T_i : Temperatur air yang masuk (K)
 T_o : Temperatur air yang keluar (K)
 T_{din} : Temperatur dinding (K)
 \dot{m} : Laju aliran massa (kg/s)
 v : Kecepatan angin (m/s)
 ΔT : Perbedaan Temperatur (K)

DAFTAR PUSTAKA

- Bara, Dedy A., Gusnawati, Nurhayati, 2016, Pengaruh tebal kaca terhadap efisiensi kolektor surya pelat gelombang tipe v pada proses destilasi air laut, Jurnal Teknik Mesin, 3(2), 01-10.
- Jatmiko H., 2013, Kajian eksperimental penggunaan absorber pasir dan absorber batu granit terhadap laju perpindahan kalor yang diterima air pada kolektor surya tipe pelat datar, Tugas Akhir, Universitas Mataram, Mataram.
- Kalogirou S., 2009, Solar energy engineering: processes and systems, 1st edition, British Library, USA.
- Lior , Noam, 1990, Thermal theory and modeling of solar collectors, solar coll and material , MA, The MIT Press.
- Permana H., Nasbey H., 2011, Preparasi pengukuran suhu kolektor surya dan fluida kerja dengan datapaq easytrack 2 system, Jurnal Fisika dan Aplikasi, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta.
- Rosa Y., Sukma R., 2008, Rancang bangun alat konversi enegi surya menjadi energi mekanik, Jurnal Teknik Mesin, 5(2), 1-12.
- Wirawan M., Sutanto R., 2011, Analisa laju perpindahan panas pada kolektor tipe surya pelat datar dengan absorber pasir, Jurnal Dinamika Teknik Mesin, 1(2), 65-72.
- Wirawan M., Mirmanto, Susana B., 2015, Pengaruh susunan pipa laluan terhadap pemanfaatan kalor pada kolektor surya pelat datar absorber granite, Jurnal Dinamika Teknik Mesin, 5(1), 50-55.