

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF ADDITION  
GLASS WOOL AS INSULATION MATERIAL ON THE  
PERFORMANCE OF FLAT PLATE TYPE SOLAR  
COLLECTORS**  
*(STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN GLASS WOOL  
SEBAGAI BAHAN INSULASI TERHADAP KINERJA KOLEKTOR SURYA  
TIPE PELAT DATAR)*

Risse Entikaria Rachmanita<sup>1\*</sup>, Moh. Yusuf Syafi'i<sup>1</sup>, Haerul Ahmadi<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Teknik Energi Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember, Indonesia  
<sup>2</sup>Jurusan Fisika, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia  
\*Corresponding author: risse\_rachmanita@polije.aci.d

**ABSTRACT**

*Clean energy sources are becoming more and more common, and the use of solar thermal energy is also increasing. Indonesia gets sunlight all year round with a radiation radiation of 4.80 kWh/m<sup>2</sup>. The potential of solar energy can be utilized by converting solar radiation into new energy. The flat plate solar water collector is a simple solar energy conversion system for hot water production. This study aims to determine the amount of heat energy received by the solar collector, determine the temperature of the water that comes out ( $T_{out}$ ) on the solar collector and determine the thermal efficiency ( $\eta$ ) on the flat plate solar collector with the addition of glass wool as an insulation material. The results showed that the highest thermal energy that enters the solar collector is 832.58 W and produces an output water temperature of 320.7 K or 47.7 °C. The efficiency that can be achieved by the solar collector is quite efficient, which is 47.92%.*

*Keyword: flat solar collector; glass wool; insulation*

**ABSTRAK**

*Sumber energi bersih menjadi semakin umum, dan penggunaan energi panas matahari juga meningkat. Indonesia mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun dengan radiasi penyinaran 4,80 kWh/m<sup>2</sup>. Potensi energi matahari bisa dimanfaatkan dengan cara merubah radiasi sinar matahari menjadi energi baru. Kolektor air surya plat datar adalah sistem konversi energi surya sederhana untuk produksi air panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah energi panas yang diterima oleh kolektor surya, mengetahui suhu air yang keluar ( $T_{out}$ ) pada kolektor surya dan mengetahui efisiensi termal ( $\eta$ ) pada kolektor surya pelat datar dengan penambahan glass wool sebagai bahan insulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa energi panas tertinggi yang masuk ke kolektor surya adalah sebesar 832,58 W dan menghasilkan output suhu air sebesar 320,7 K atau 47,7 °C. Efisiensi yang mampu dicapai oleh kolektor surya cukup efisien, yaitu sebesar 47,92 %.*

*Kata Kunci: glass wool; insulasi; kolektor surya datar*

## PENDAHULUAN

Energi matahari dapat secara efektif mengurangi emisi gas rumah kaca dan mengurangi polusi udara dalam ruangan yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar konvensional. Ketersediaan sumber energi baru terbarukan ini bergantung pada kondisi iklim serta letak geografis masing-masing daerah (Nasruddin, 2018). Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi energi matahari besar karena terletak pada garis khatulistiwa sehingga mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun dengan radiasi penyinaran 400 – 1400 W/m<sup>2</sup> (Budiyanto, 2020).

Dalam skala rumah tangga, kolektor surya digunakan untuk keperluan sehari-hari seperti mandi, memasak, mencuci peralatan masak dan lain-lain. Tetapi dalam penggunaannya, kolektor surya belum sepenuhnya dimanfaatkan oleh masyarakat karena adanya anggapan bahwa kolektor surya sebagai alat untuk mengkonversi energi surya merupakan barang berteknologi tinggi yang harganya cukup mahal. Tentu pernyataan tersebut tidak sepenuhnya benar karena masih banyak faktor lain yang perlu dipertimbangkan khususnya untuk jangka waktu yang panjang. Hal ini penting untuk dikaji lebih mendalam, bagaimana mendapatkan kolektor surya sebagai heater skala rumah tangga dengan biaya yang terjangkau untuk mereduksi penggunaan bahan bakar minyak yang semakin terbatas.

Kekurangan energi merupakan masalah penting yang dihadapi semua negara, dan cara termudah dan paling efektif untuk mengatasi

masalah ini adalah dengan menghemat energi dengan mengurangi kerugian. Exergy Losses maksimum pada kolektor surya panel datar adalah 72%, karena perbedaan suhu antara penyerap dan matahari (Heydari, 2018).

Kehilangan panas meningkat ketika perbedaan suhu antara Heat transfer fluid (HTF) dan lingkungan tinggi. Oleh karena itu, kehilangan panas memainkan peran yang cukup besar dalam meningkatkan efisiensi termal secara keseluruhan dari teknologi panas matahari. Teknik paling sederhana untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengidentifikasi dan menggunakan bahan isolasi yang baik untuk mengurangi kehilangan energi panas selama radiasi tinggi jatuh pada kolektor (Zhou, 2013).

Salah satu tipe kolektor yang paling sering digunakan adalah kolektor surya pelat datar. Selain mudah dalam pembuatannya, komponen yang digunakan juga mudah untuk didapatkan dan sangat efisien untuk pemakaian pada skala rumah tangga (Hidayati, 2020).

Kolektor yang didesain pada penelitian ini akan dilengkapi dengan penambahan kaca berlapis sebagai peredam panas serta penambahan bahan insulasi berupa kayu triplek dan glass wool agar panas dapat terisolasi serta mencegah terjadinya kebocoran pada kolektor. Isolasi glass wool memiliki peran penting dalam konservasi energi kolektor pelat datar, pemanas udara tenaga surya, kompor, dan bangunan hemat energi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa porositas bahan insulasi meningkat dan konduktivitas termal menurun (Kumar, 2019).

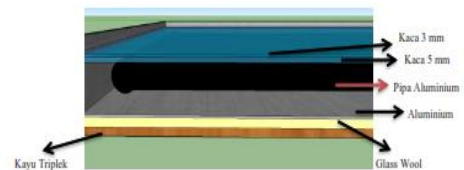
Pada Penelitian ini dilakukan pengecatan absorber dengan cat berwarna hitam serta pipe tube, sehingga membantu komponen tersebut dalam menyerap panas sehingga dapat meningkatkan nilai konduktivitas termal pada bahan tersebut. Kolektor akan dilengkapi dengan kerangka penyangga yang bisa diatur derajat kemiringannya sehingga dapat menyesuaikan dengan sudut datang dari radiasi matahari.

### METODE

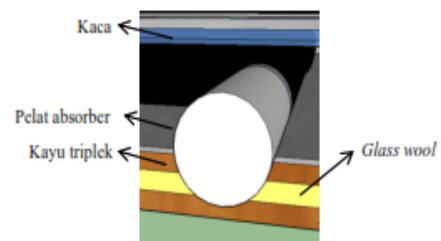
Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Pengukuran data primer diperoleh melalui data harian yang diambil selama 3 hari berturut-turut dengan interval waktu selama 10 menit pada setiap data dan waktu penelitian dilakukan pada pukul 09.00 WIB sampai pukul 14.00 WIB. Data yang diambil meliputi data temperatur udara dalam kolektor, temperatur absorber, temperatur lingkungan, temperatur air yang keluar dan iradiasi pada kolektor surya. Variabel data yang diambil melalui data sekunder meliputi nilai koefisien kehilangan kalor bagian luar, koefisien kehilangan kalor bagian dalam dan koefisien kehilangan kalor bagian atas pada kolektor surya.

Alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian ini adalah gerinda potong, mesin bor, gunting, termometer digital, solar power meter, termokopel type K, triplek kayu 9 mm, kaca bening 5 mm, kaca bening 3 mm, lembaran aluminium, glass wool, mur & baut, pipa aluminium 1/2 inch, pipa pvc 1/4 inch, elbow dan lem.

Peletakan glass wool pada kolektor surya diletakkan di antara triplek bawah kolektor dengan triplek yang menjadi dasar dari pelat absorber. Secara detail, gambar peletakan glass wool dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2



(a)



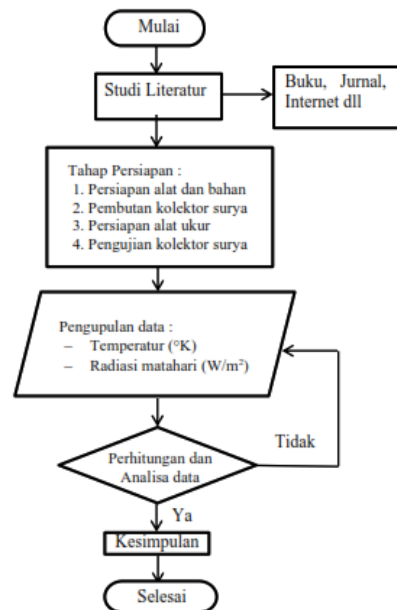
(b)

Gambar 1. Sketsa peletakan glass woll pada kolektor surya (a) dari samping, (b) dari depan.



Gambar 2. Susunan glass wool pada kolektor surya.

Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan data harian yang diambil dengan interval setiap 10 menit. Data yang diambil meliputi data temperatur udara dalam kolektor, temperatur absorber, temperatur lingkungan, temperatur air yang keluar dan iradiasi pada kolektor surya (Rachmanita, 2020).



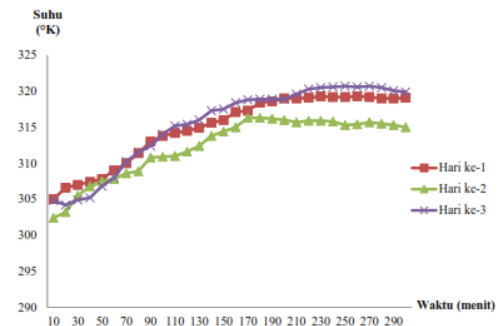
Gambar 3. Skema Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Perubahan Suhu Air

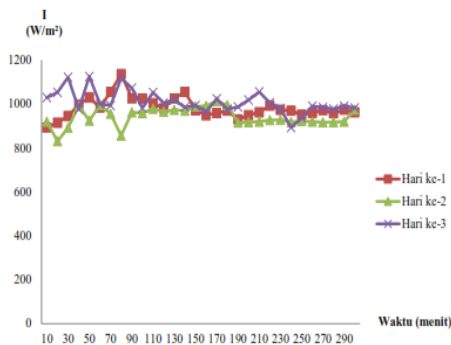
Pelaksanaan pengukuran berdasarkan waktu efektif sinar matahari yaitu pada pukul 09.00-14.00 WIB. Hasil yang diperoleh adalah suhu tertinggi yang mampu dicapai oleh kolektor surya adalah sebesar 320,7 K atau 47,7 °C pada hari ke-3 menit 250 (pukul 12.10 WIB). Perubahan temperature lingkungan lebih cepat mengikuti perubahan intensitas radiasi matahari yang diterimanya (Caturwati, 2020). Perubahan suhu air yang keluar dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang terjadi. Kondisi tersebut diakibatkan oleh nilai radiasi matahari ( $I$ ) berbanding lurus dengan nilai kalor yang masuk pada kolektor ( $Q_{in,rad}$ ). Sehingga, semakin panas cuaca (radiasi matahari tinggi) yang terjadi, maka akan semakin cepat laju perpindahan kalor yang terjadi pada kolektor surya. Sebaliknya, jika radiasi matahari rendah, laju perpindahan kalor pada kolektor

surya akan lambat seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik perubahan suhu air selama tiga hari

Berdasarkan Gambar 5, radiasi matahari tertinggi terjadi pada hari ke-3 menit 50 (pukul 08.50 WIB) yaitu sebesar 1126 W/m<sup>2</sup>. Intensitas radiasi matahari yang terjadi saat kondisi  $T_{out}$  tinggi (hari ke-3 menit 250) adalah sebesar 991 W/m<sup>2</sup>. Pengaruh radiasi matahari yang terjadi terhadap temperatur air yang keluar (pada menit yang sama) tidak terlalu berpengaruh. Pengaruh utama terhadap nilai  $T_{out}$  yang keluar adalah kestabilan nilai intensitas radiasi matahari terhadap waktu dalam pengambilan data. Jika intensitas radiasi matahari stabil pada kondisi yang tinggi, maka laju perpindahan panas yang terjadi pada fluida akan semakin cepat, sehingga mampu meningkatkan nilai  $T_{out}$  pada fluida. Sebaliknya, jika intensitas radiasi matahari tidak stabil (naik/turun), maka akan menyebabkan ketidakstabilan laju perpindahan panas yang terjadi pada fluida.



Gambar 5. Grafik intensitas cahaya matahari selama tiga hari

Seperti yang ditunjukkan Gambar 4 dan 5, hubungan yang terjadi ketika suhu maksimal yang dicapai sebesar 320,7 K (hari ke-3 menit 250), radiasi yang diterima oleh kolektor surya lebih rendah ( $991 \text{ W/m}^2$ ) dibanding dengan kondisi – kondisi sebelumnya. Hal ini terjadi karena selama 10 menit pengambilan data, besar radiasi yang diterima bisa berubah sewaktu – waktu (tidak stabil). Oleh karena itu, kinerja tandon dalam menahan panas air yang ditampung juga sangat berpengaruh terhadap suhu air yang keluar (Duffie, 1991).

#### Nilai Kerugian Kalor (*Heat Losses*)

Kerugian kalor yang terjadi pada kolektor surya meliputi kerugian bagian bawah, samping (dinding) dan bagian atas pada kolektor surya. Total kerugian kalor yang terjadi pada kolektor surya dapat dirumuskan seperti pada persamaan 1 (Kalogioru, 2009).

$$Q_{losses} = Q_a + Q_d + Q_b \quad (1)$$

Kerugian kalor pada bagian atas kolektor surya ( $Q_a$ ) terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara kolektor dengan lingkungan. Kerugian pada bagian atas bisa

diminimalisir dengan melakukan penambahan kaca. Tetapi, penambahan kaca tidak sepenuhnya bisa menghilangkan kerugian kalor atau panas secara keseluruhan. Kerugian kalor pada bagian atas dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya nilai  $U_a$  yang merupakan koefisien kerugian panas pada sisi atas terhadap luasan absorber ( $A_c$ ) pada kolektor surya. Nilai  $U_a$  ditentukan (diambil) dari penelitian yang dilakukan oleh Liberty (2016) karena menggunakan ketebalan kaca yang sama, sehingga nilai  $U_a$  yang didapat adalah sebesar  $5,13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Besarnya kehilangan panas melalui permukaan kaca penutup dengan luas  $A_g = 0,9 \text{ m}^2$  dapat dihitung dengan persamaan 2 (Kalogioru, 2009).

$$Q_a = U_a \times A_c \times (T_a - T_l) \quad (2)$$

Kerugian kalor pada sisi dinding ( $Q_d$ ) terjadi pada bagian dinding samping (kanan dan kiri), dinding atas dan dinding bawah. Untuk mempermudah perhitungan, dapat dilakukan dengan menjumlahkan perhitungan pada bagian sisi dinding samping dan dinding bagian atas yang kemudian hasil akhirnya dikalikan dua.

Kerugian kalor pada bagian dinding juga dipengaruhi oleh besar kecilnya nilai konveksi permukaan luar ( $h_1$ ) yang terjadi antara udara luar kolektor dengan sisi dinding pada kolektor dan nilai koefisien konveksi permukaan dalam ( $h_2$ ) yang terjadi antara udara dalam kolektor terhadap permukaan pelat absorber.

Dimana nilai  $h_1$  dan  $h_2$  diasumsikan sama dari penelitian yang dilakukan oleh Liberty (2016). Sehingga rumus  $Q_d$  dapat dicari

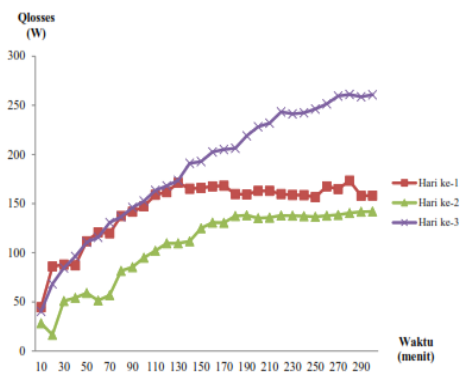
dengan menggunakan persamaan 3 (Kalagioru, 2009).

$$Q_d = \frac{T_u - T_l}{\frac{1}{h_1 \cdot A_1} + \frac{t_{kayu}}{k_{ky} \cdot A_1} + \frac{t_{gw}}{k_{gw} \cdot A_2} + \frac{t_{abs}}{k_{abs} \cdot A_3} + \frac{1}{h_2 \cdot A_3}} \quad (3)$$

Kerugian kalor yang terjadi pada bagian bawah dipengaruhi oleh perbedaan temperatur antara pelat absorber dengan lingkungan. Kerugian kalor pada bagian bawah kolektor diminimalisir dengan menambahkan bahan isolator sebagai peredam panas berupa glass wool dan kayu triplek.

Kerugian kalor pada bagian bawah juga dipengaruhi oleh besar kecilnya nilai konveksi permukaan luar ( $h_1$ ) yang terjadi antara udara luar kolektor dengan sisi bawah pada kolektor dan nilai koefisien konveksi permukaan dalam ( $h_2$ ) yang terjadi antara udara dalam kolektor terhadap permukaan pelat absorber. Dimana nilai  $h_1$  dan  $h_2$  diasumsikan sama dari penelitian yang dilakukan oleh Liberty (2016). Nilai  $Q_b$  menggunakan persamaan 4 (Kalagioru, 2009).

$$Q_b = \frac{T_u - T_l}{\frac{1}{h_1 \cdot A_4} + \frac{t_{kayu}}{k_{ky} \cdot A_4} + \frac{t_{gw}}{k_{gw} \cdot A_5} + \frac{t_{abs}}{k_{abs} \cdot A_5} + \frac{1}{h_2 \cdot A_6}} \quad (4)$$



Gambar 6. Grafik  $Q_{losses}$  selama tiga hari

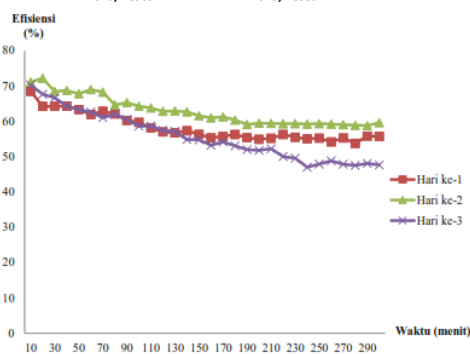
Dengan menggunakan persamaan (1) – (4) didapatkan nilai  $Q_{losses}$  total seperti pada Gambar 6. Perhitungan  $Q_{losses}$  terbesar terjadi pada hari ke-3 menit 280 (pukul 12.40) yaitu sebesar 261,03 W. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor diantaranya, kurangnya daya tahanan termal pada sisi kolektor surya yang menyebabkan kalor mudah untuk keluar ke lingkungan. Heat losses pada hari ke-3 menit 280 paling besar terjadi pada sisi atas kolektor yaitu sebesar 258,55 W yang disebabkan karena adanya celah udara yang kurang rapat antara kaca dengan kayu triplek serta rendahnya daya isolator pada kaca. Berbeda dengan sisi samping dengan heat losses sebesar 10,44 W dan bagian bawah sebesar 40,93 W, kedua bagian tersebut dilapisi dengan bahan isolator berupa glass wool dan kayu triplek yang merupakan bahan isolator yang cukup baik, sedangkan pada sisi atas kolektor surya hanya dilapisi dengan cover berupa kaca bening yang merupakan bahan isolator lemah dengan konduktivitas termal sebesar 0,78 W/m.K. Sehingga memungkinkan kaca untuk mentransfer kalor ke lingkungan lebih besar dibandingkan bahan isolator yang berada pada sisi samping dan bawah kolektor surya (Duffie, 1991).

### Efisiensi Termal Kolektor Surya

Nilai efisiensi kolektor surya yang diambil adalah saat kolektor surya mampu bekerja menghasilkan nilai derajat suhu tertinggi. Karena efisiensi merupakan tolak ukur capaian kinerja dari kolektor surya. Sehingga pada penelitian yang dilakukan, efisiensi yang diambil adalah efisiensi ketika derajat suhu air

yang keluar mencapai titik maksimal. Nilai efisiensi yang terjadi pada kondisi tersebut adalah pada hari ke-3 menit 250. Seperti pada Gambar 7, efisiensi kolektor surya semakin menurun karena besar kecilnya kalor yang masuk mempengaruhi nilai efisiensi pada kolektor surya. Seperti pada persamaan (4), nilai kalor yang masuk ke kolektor ( $Q_u$ ) berbanding lurus dengan nilai efisiensi kolektor surya dan berbanding terbalik dengan ( $Q_{in, radiasi}$ ). Nilai  $Q_u$  bergantung pada nilai faktor koreksi, nilai panas yang diserap oleh kolektor dan *heat losses*.

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_{in,rad}} = \frac{F'(Q_{in}-Q_{losses})}{Q_{in,rad}} \quad (4)$$



Gambar 7. Grafik efisiensi termal kolektor surya plat datar

Nilai *heat losses* sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya efisiensi, mengingat semakin lama waktu penyinaran matahari, maka semakin bertambah juga nilai *heat losses*. Nilai *heat losses* berbanding terbalik dengan efisiensi karena semakin besar nilai *heat losses* akan berdampak pada pengurangan nilai  $Q_{in}$ . Meskipun intensitas radiasi matahari yang terjadi kurang stabil, pengaruh radiasi matahari terhadap nilai *heat losses* tidak terlalu signifikan. Semakin lama waktu penyinaran matahari (dengan intensitas radiasi matahari yang

tinggi), akan semakin rendah nilai efisiensi pada kolektor surya.

## KESIMPULAN

Energi panas tertinggi yang masuk ke kolektor surya pelat datar ( $Q_{in}$ ) adalah sebesar 832,58 W yang terjadi pada hari ke-3 menit 30. Nilai  $T_{out}$  tertinggi yang mampu dicapai oleh kolektor surya pelat datar adalah sebesar 319,3 K atau 46,3 °C pada hari ke-1 menit 230. 316,3 K atau 43,3 °C pada hari ke-2 menit 170. 320,7 K atau 47,7 °C pada hari ke-3 menit 250. Efisiensi termal yang mampu dicapai oleh kolektor surya pada nilai  $T_{out}$  tertinggi adalah sebesar 47,92 %.

## REFERENSI

- Budiyanto, M. A. & Lubis, M. H., (2020). Physical reviews of solar radiation models for estimating global solar radiation in Indonesia, *Energy Rep.*, vol. 6, pp. 1206–1211.
- Caturwati, N. K. (2020). Perbandingan Efektivitas Sudut Penutup 450 Dan 600 Pada Double Slope Solar Destilasi Sebagai Penyedia Air Bersih. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*, 3(02), 59–69.
- Duffie, J. A. & Beckmann, W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Hayati, N., Wibowo, M. J., Rachmanita, R. E. & Rudiyanto, B. (2020). Studi Penggunaan Bahan Reflektor Terhadap Kinerja Parabolic Through Collector (PTC). *Prosiding Seminar Nasional NCIET*. 1 (1), 36-47.
- Heydari, A. & Mesgarpour, M. (2018). Experimental analysis and

numerical modeling of solar air heater with helical flow path, *Sol. Energy*, vol 162, pp. 278–288.

Kalogirou, Soteris. (2009). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems 1st Edition*, British Library, USA

Kumar, P. G., Balaji, K., Sakthivadivel, D., Vigneswaran, V. S., Meikandan, M. & Velraj, R. (2019). Effect of using low-cost thermal insulation material in a solar air heating system with a shot blasted V-corrugated absorber plate, *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 14, p. 100403.

Liberty, A.E. (2016). Kajian Eksperimental Kolektor Surya Pelat Datar Untuk Pemanas Air Laut Menggunakan Kaca Berlapis Ketebalan 3mm (skripsi). Sumatera Utara (ID): Universitas Sumatera Utara.

Nasruddin, M. A. & Budiyanto, R. Nawara, (2018). Comparative study of the monthly global solar radiation estimation data in Jakarta. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 105, p. 012111.

Rachmanita, R. E., Amri, A.A. & Nuruddin, M. (2020). Uji Performa Kompor Surya Tipe Parabola Silinder Menggunakan Reflektor Cermin dengan Variasi Bahan Absorber. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 13 (1), 8-14.

Zhou, F. , Gu, H.-Z. & Wang, C.-F. (2013). Preparation and microstructure of in-situ gel modified expanded vermiculite, *Ceram. Int.*, vol. 39, no. 4, pp. 4075–4079.