

Rinjani R R

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Tanjungpura
Jurusan Teknik Elektro
rinjanisiwi@gmail.com

Syaifurrahman

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Tanjungpura
Jurusan Teknik Elektro
syaifur_rahman@yahoo.com

Wivina Diah I

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Tanjungpura
Jurusan Teknik Elektro
wivinadihivontianti@teknik.untan.ac.id

Usman A Gani

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Tanjungpura
Jurusan Teknik Elektro
usmanagani@gmail.com

KAJIAN EFISIENSI PANAS KOLEKTOR PEMANAS AIR SURYA PADA MOBILE MINI BIODIESEL PLANT

Integration of solar water heating system and biodiesel unit process has resulted a prototype called Mini Biodiesel Plant. The key of that unit is the effectiveness of heat transfer that occurred in the solar collector. The purpose of this research is to analyze the performance of the collector from the solar water heating system. The solar collector used is a flat plate type with a surface area of 0.7m². It consists of a glass cover, aluminium absorber, styrofoam insulator and wood frame. Based on the research result for 5 times for 5 hours each day, the highest of intensity of solar radiation (I) was 859 W/m² can produce maximum hot water (Ta) of 62°C. The average of real heat has been absorb by the collector (Qu) was 271 Watt while the maximum of heat loss (Qloss) was 144.6 Watt therefore the average of collector efficiency (η) was 45.1%.

Keywords: Efficiency, Heat Loss, Intensity, Collector, Radiation.

1. PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan bakar pengganti solar yang diproduksi dari minyak nabati melalui reaksi transesterifikasi dan merujuk dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Karuniawati [1] diperoleh kinetika reaksi terbaik pada suhu reaksi 60°C. Mirzayanti et, al. [2], menyatakan bahwa biodiesel merupakan bahan bakar *biodegradable* dan tidak beracun. Panas untuk kebutuhan reaksi dapat dipenuhi dengan memanfaatkan panas surya sehingga dapat mengurangi penggunaan energi listrik dan bahan bakar fosil. Pemanfaatan energi panas surya diaplikasikan dengan teknologi pemanas surya yang menggunakan air sebagai fluida kerja. Menurut data dari *Indonesian Energy Outlook* [3,4], Indonesia memiliki keuntungan secara geografis karena terletak di daerah tropis dan dilewati oleh garis Khatulistiwa dimana intensitas radiasinya lebih tinggi dibandingkan daerah lain yaitu sebesar 4,66-5,44 kWh/m² per hari yang berpotensi menghasilkan 207,8 GWp.

Pemanas air surya terdiri dari tangki penampungan air panas dan kolektor surya. Kolektor surya merupakan perangkat untuk mengumpulkan energi radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi dan mengubahnya menjadi energi kalor. Menurut Okafor Basil [5] ada tiga tipe kolektor surya yang paling banyak diaplikasikan yaitu kolektor tipe datar, kolektor dengan sistem penyimpanan terintegrasi dan kolektor berbentuk pipa. Gangane, et al. [6] menemukan bahwa sistem sederhana pemindah panas dengan kolektor berbentuk piring datar atau pipa dipasang secara bertingkat-tingkat dan horizontal pada atap bangunan dapat menghasilkan suhu pemanasan 100-160°C sedangkan kolektor konsentrasi (*Fresnel*, bak parabola, menara dan oven) dapat mencapai suhu pemanasan hingga 250°C. Penelitian yang telah disajikan oleh Ogie dkk. [7] menunjukkan bahwa temperatur maksimum dan temperatur kolektor yang mampu dicapai oleh pemanas air surya dengan kolektor bertipe datar adalah 55°C dan 51°C pada 1480 W/m². Integrasi penggunaan pemanas surya dalam memenuhi kebutuhan panas reaksi transesterifikasi menghasilkan biodiesel telah dikaji oleh Rakasiwi, et al. [8]. Teknologi ini disebut *Mini Biodiesel Plant* yang terdiri dari unit pemanas air surya dan unit produksi biodiesel. Unit pemanas air surya tipe kolektor plat datar menghasilkan temperatur maksimum reaktor transesterifikasi sebesar 65°C. Reaksi transesterifikasi selama 1 jam dengan bantuan 2%-m katalis homogen menghasilkan yield biodiesel sebesar 83,41% dan memenuhi Standar Nasional Indonesia dengan kadar ester sebesar 99,07%.

Kolektor surya plat datar terdiri dari beberapa komponen utama yaitu kaca penutup, plat absorber, pipa kolektor, isolator, kanal dan bingkai. Kaca penutup berfungsi untuk meneruskan radiasi surya berupa gelombang pendek dan mencegah panas yang keluar dari kolektor ke lingkungan pada bagian atas. Kaca

penutup harus mempunyai transmisi tinggi (τ), absorptivitas rendah (α) dan reflektivitas rendah (ρ). Plat absorber berfungsi menyerap radiasi surya yang diteruskan kaca penutup dan mengkonversi menjadi energi panas. Energi panas dialirkan melalui fluida kerja secara konveksi. Bahan absorber harus memiliki absorptivitas (α) yang tinggi, emisifitas panas (ϵ) yang rendah, kapasitas panas (C_p) kecil, konduktivitas besar (k). Isolasi berfungsi memperkecil panas yang hilang dari kolektor ke lingkungan pada bagian belakang dan samping kolektor. Pada isolasi terjadi perpindahan panas secara konduksi sehingga kehilangan panas dipengaruhi oleh sifat bahan. Isolasi harus memiliki konduktivitas termal bahan (K) rendah. Kanal berfungsi sebagai saluran transmisi fluida kerja. Bingkai berfungsi sebagai struktur pembentuk dan penahan beban kolektor [9].

Rakasiwi, et.al [10] telah merancang pemanas air surya menggunakan bahan yang lebih ekonomis dan dioperasikan dengan mudah, sehingga dapat menekan biaya produksi alat. Pemanas air surya yang dirancang terdiri dari kolektor surya dan tangki penyimpanan air. Kolektor surya terdiri atas beberapa bagian yaitu:

1. Pipa perpindahan panas menggunakan bahan *stainless steel* sehingga panas dapat diserap dengan baik.
2. Penutup/*cover* menggunakan bahan kaca akrilik, sehingga dapat mengoptimalkan energi surya yang diserap.
3. Lapisan hitam menggunakan bahan polistiren/*styreofam* yang dicat hitam untuk meningkatkan penyerapan energi panas oleh air dalam pipa pada pemanas air surya (emisivitas lapisan hitam = 1).
4. Penutup bawah dilapisi dengan kayu triplek yang dapat mengisolasi terjadinya kebocoran panas hasil absorber.

Perpindahan panas yang terjadi pada kolektor pemanas surya dapat melalui konduksi, konveksi dan radiasi. Peristiwa perpindahan konduksi pada kolektor surya terjadi pada sisi-sisi kolektor yang diisolasi oleh *stereofam* dan kayu. Energi panas yang hilang berpindah dari ruang dalam kolektor menuju temperatur yang lebih rendah. Perpindahan panas konveksi pada saluran kolektor sangat dipengaruhi oleh jenis aliran, laminar atau turbulen. Perpindahan panas radiasi terjadi pada bahan logam dan benda nonlogam dengan permukaan hitam [11].

Prinsip kerja dari kolektor surya adalah sinar radiasi surya menembus kaca penutup lalu sinar tersebut akan menuju plat absorber dan diharapkan semua sinar radiasi matahari berupa energi panas terakumulasi di plat absorber. Energi panas hasil radiasi matahari yang terakumulasi di plat absorber ditransfer ke fluida yang mengalir pada pipa di bawah plat absorber sehingga menyebabkan peningkatan temperatur fluida keluar pipa. Insulasi yang berada di bawah pipa berfungsi sebagai isolator agar panas fluida tidak terdistribusi keluar melalui bagian bawah kolektor [12].

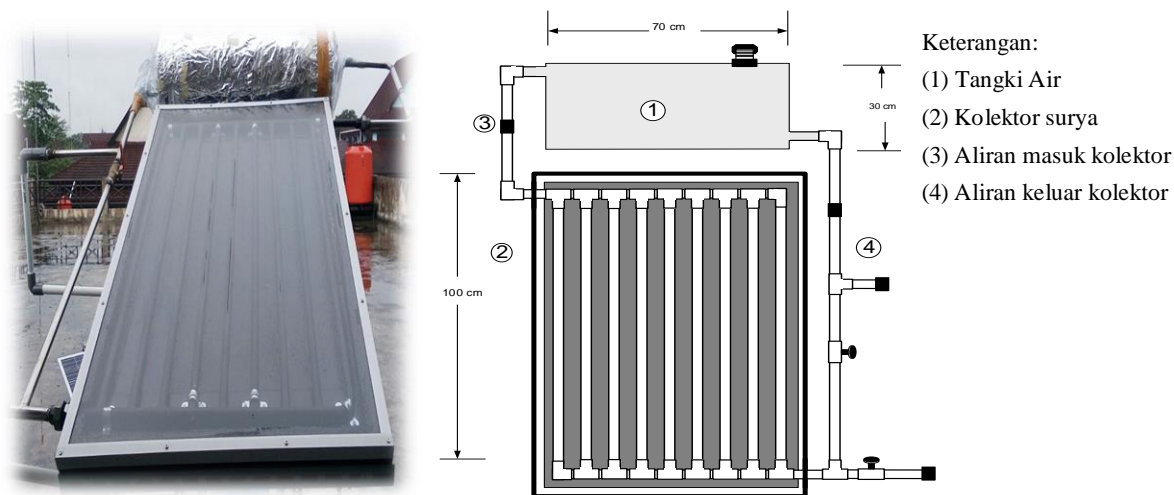
Faktor yang dapat mempengaruhi tidak optimumnya temperatur air panas yang diperoleh adalah sinar surya tidak stabil selama waktu percobaan dan panas yang diserap sebagian hilang ke lingkungan. Interaksi sistem dan lingkungan menyebabkan terjadinya kehilangan panas pada beberapa bagian kolektor pemanas air surya yaitu pada bagian atas, bawah dan samping. Indikator perubahan panas ditunjukkan dari perubahan temperatur kaca, temperatur udara dalam kolektor dan plat absorber. Kehilangan panas secara konduksi terjadi karena konduktivitas panas kaca penutup. Kehilangan panas secara konveksi terjadi akibat angin berhembus di atas permukaan kaca penutup dan kehilangan panas secara radiasi dari plat absorber. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan, et al. [13] semakin kecil laju aliran volume air, semakin besar pula energi berguna dan koefisien perpindahan panas konveksi. Panas yang hilang mempengaruhi nilai efisiensi kolektor pemanas air surya. Kolektor surya plat datar menghasilkan panas radiasi maksimum yang dapat diserap kolektor adalah $750,6 \text{ Watt/m}^2$, kehilangan panas rata-rata pada kolektor adalah $218,9 \text{ W}$ dan efisiensi maksimum dari kolektor surya selama proses pengujian adalah $52,25\%$ [9]. Uji coba yang dilakukan oleh Yunianto [14] diperoleh suhu maksimum pemanas air tenaga matahari tipe tabung yang dihasilkan oleh pemanasan matahari sebesar $65,6^\circ\text{C}$ dengan kaca tunggal dan radiasi rata-rata sebesar 830 W/m^2 . Uji coba selama 6 jam diperoleh efisiensi sebesar $40,55\%$. Penelitian yang dilakukan oleh Efendi [15] menunjukkan bahwa efisiensi kolektor surya plat datar sebesar $59,58\%$. Kolektor surya ini digunakan untuk memanaskan udara pada proses pengeringan gabah padi. Berdasarkan beberapa penelitian di atas, kolektor surya tipe datar menghasilkan efisiensi yang lebih besar dibanding dengan tipe lain.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji jumlah energi panas yang diterima kolektor, jumlah panas yang diterima air, jumlah kehilangan panas oleh kolektor dan mengetahui nilai efisiensi dengan mengkaji perpindahan panas yang terjadi. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi bahan acuan dalam upaya peningkatan efisiensi kolektor pemanas air surya. Kolektor pemanas surya diharapkan akan lebih banyak diaplikasikan untuk menggantikan energi listrik dan bahan bakar fosil.

2. METODE DAN BAHAN

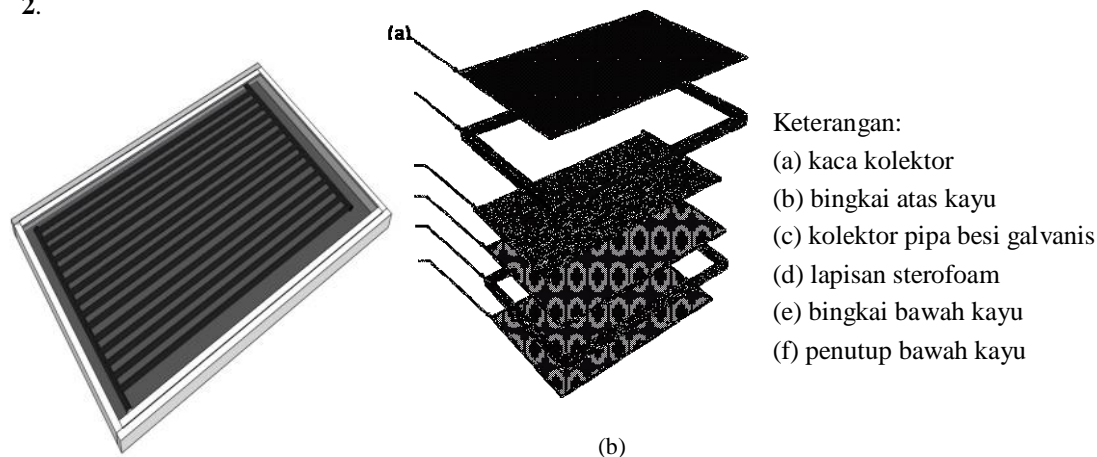
Penelitian ini menggunakan sistem pemanas air surya dengan kolektor tipe plat datar. Pemanas air surya terdiri dari kolektor surya dan tangki penampungan air. Tangki air berfungsi sebagai penampung air yang

akan dipanaskan. Kolektor surya berfungsi untuk menyerap dan mengumpulkan energi panas hasil radiasi surya. Air diumpankan dari tangki penampungan air ke kolektor surya melalui aliran pipa masuk kolektor dan menyerap panas dari pipa-pipa kolektor. Air yang telah panas akan memiliki densitas yang lebih kecil sehingga akan tersirkulasi alami dengan air yang masih dingin. Air panas ini kemudian akan naik ke atas melalui aliran keluar kolektor. Rancang bangun dan gambar pemanas air surya ditampilkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1: (a) Sistem pemanas air surya; (b) Bagian Sistem pemanas air surya

Kolektor surya yang dirancang memiliki tipe plat datar. Kolektor kaca terbuat dari bahan kaca berfungsi sebagai penangkap panas surya. Panas ini akan diteruskan dan diserap oleh pipa kolektor dan absorben. Kolektor surya dilengkapi dengan bingkai atas dan bawah yang terbuat dari kayu untuk menopang beban penutup kaca. Lapisan sterofom dan penutup kayu berfungsi sebagai isolator untuk mengurangi kehilangan panas ke lingkungan. Penampang dan bagian penyusun kolektor surya ditampilkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2: (a) Kolektor pemanas air surya tipe plat datar; (b) Bagian kolektor pemanas air surya tipe plat datar

Tangki penyimpanan air berbentuk tangki silinder terbuat dari bahan *stainless steel* dan diselubungi oleh isolator polistiren. Isolator polistiren berfungsi untuk mengurangi kehilangan panas ke lingkungan. Kolektor surya tersusun dari lapisan kolektor kaca, absorber, pipa kolektor, isolator dan bingkai. Spesifikasi pemanas air surya ditampilkan pada **Tabel 1**. Luas total permukaan kolektor surya adalah 0,7 m². Tangki penyimpan air memiliki kapasitas 50 liter dan pipa kolektor berjumlah 9 buah.

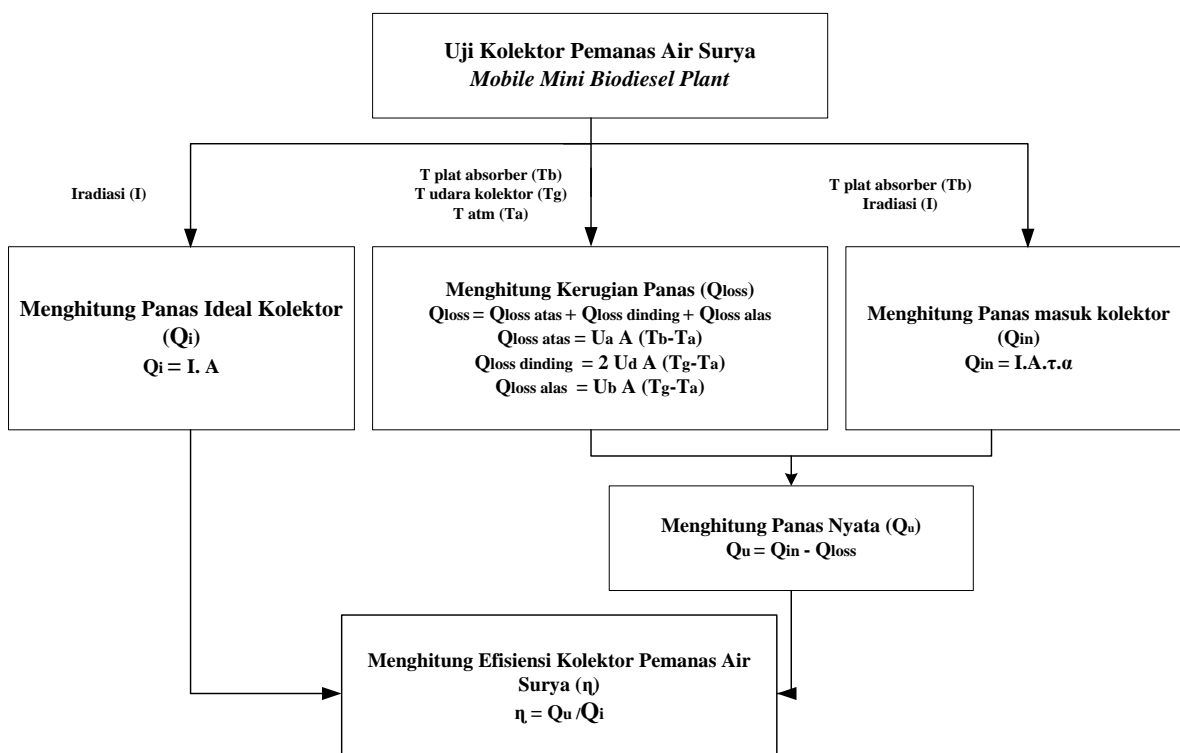
Tabel 1: Spesifikasi pemanas air surya

| BAGAN | BAHAN | UKURAN (P X L) CM |
|------------------------|---|-------------------|
| Tangki penyimpanan air | Tabung: <i>Stainless steel</i> Isolator Polistiren | 70 x 30 |

| BAGAN | BAHAN | UKURAN (P X L) CM |
|---------------|------------------------|-------------------|
| Kolektor kaca | Kaca | 70 x 100 |
| Absorber | Alumunium | 70 x 100 |
| Pipa kolektor | <i>Stainless steel</i> | 100 x 1,27 |
| Isolator | Sterofom/Polistiren | 70 x 100 |
| Bingkai | Kayu | 70 x 100 |

Uji coba kolektor surya dilakukan untuk memperoleh data Temperatur atmosfer (T_a), temperatur kaca (T_g), temperatur plat absorber (T_b), Temperatur air masuk tangki (T_{in}), Temperatur air keluar tangki (T_{out}), Intensitas radiasi matahari yang mengenai kolektor surya/ iradiasi (I). Parameter yang dicari adalah nilai efisiensi kolektor surya (η) dengan terlebih dahulu menghitung jumlah panas ideal yang mengenai kolektor (Q_i), jumlah energi panas yang diterima kolektor (Q_{in}) dan jumlah energi hilang (Q_{loss}). Pengujian kolektor surya dilakukan dengan menyimpan kolektor di bawah radiasi matahari secara langsung dengan arah matahari untuk daerah Pontianak dengan posisi $0^\circ 02' 24''$ LU dan $0^\circ 05' 37''$ LS dan antara $109^\circ 16' 25''$ BT sampai dengan $109^\circ 23' 01''$ Bujur Timur.

Uji coba pemanas air surya dilakukan sebanyak 5 kali setiap hari selama 5 jam pemanasan (9.00 s/d 14.00). Sensor temperatur digunakan untuk mengukur temperatur air masuk tangki (T_{in}), temperatur atmosfer (T_a), temperatur udara dalam kolektor (T_g), temperatur plat absorber (T_b), temperatur air keluar tangki (T_{out}). Alat ukur intensitas radiasi matahari diletakkan di atas permukaan kolektor untuk menghitung Iradiasi (I). Berdasarkan data Iradiasi dan luas permukaan kolektor akan diperoleh jumlah panas ideal yang mengenai kolektor (Q_i). Nilai koefisien perpindahan panas konveksi dan radiasi pada setiap lapisan yang ada di kolektor dihitung sehingga dapat diperoleh jumlah energi panas yang hilang ke lingkungan (Q_{loss}). Data temperatur air yang masuk, temperatur plat absorber, temperatur udara kolektor digunakan untuk menghitung energi yang diterima kolektor (Q_{in}). Nilai Q_{loss} dan Q_i digunakan untuk menghitung efisiensi kolektor surya (η). Tahapan uji coba dalam menentukan efisiensi kolektor pemanas air surya digambarkan diblok diagram pada Gambar 3.



Gambar 3: Blok diagram uji coba pemanas air surya

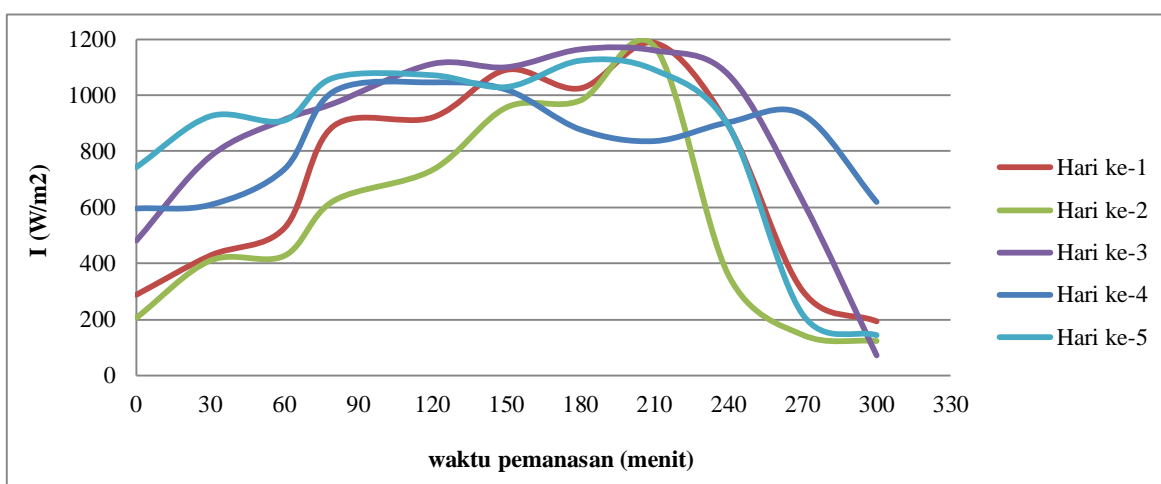
Efisiensi kolektor pemanas air surya dihitung berdasarkan perbandingan nilai panas nyata (Q_u) dengan panas ideal kolektor (Q_i). Panas nyata diperoleh dari selisih dari nilai panas yang masuk ke kolektor (Q_{in}) dengan kerugian panas

(Qloss) akibat panas hilang ke lingkungan. Kerugian panas terjadi pada bagian atas (Qloss atas), dinding (Qloss dinding) dan alas (Qloss alas) dari kolektor pemanas air surya. Kehilangan energi panas terjadi dari bagian atas, bawah dan samping dengan indikator perubahan panas ditunjukkan dari perubahan temperatur lingkungan, temperatur kaca penutup, temperatur gas udara, temperatur plat absorber dan temperatur alas [16].

3. HASIL DAN DISKUSI

A. Intensitas Radiasi Matahari terhadap Waktu Penelitian

Radiasi matahari yang diterima kolektor pada saat uji coba selama 5 hari pada pukul 09.00 WIB hingga 14.00 WIB ditampilkan pada **Gambar 4**. Radiasi matahari mengalami kenaikan dimulai pada pagi hari dan mencapai titik puncak antara pukul 12.00 WIB sampai pukul 13.00 WIB. Puncak intensitas radiasi matahari (I) tertinggi yang diperoleh yaitu sebesar 1186 W/m² dan radiasi maksimum rata-rata matahari yaitu sebesar 859 W/m². Nilai ini secara perlahan menurun seiring berjalan waktu menuju sore hari.



Gambar 4: Hubungan intensitas radiasi matahari terhadap waktu pemanasan kolektor pemanas air surya

Namun hasil penelitian pada hari ke-4 menunjukkan penurunan intensitas radiasi matahari pada sekitar pukul 12.00 WIB hingga 13.00 WIB. Ketidakstabilan besarnya radiasi matahari yang diterima kolektor dapat dipengaruhi faktor cuaca yaitu pergerakan awan. Pada saat tertentu pergerakan awan tepat melewati kolektor sehingga menghambat jalan radiasi sinar matahari yang diterima kolektor. Radiasi matahari yang diterima kolektor dipengaruhi oleh sudut datang sinar matahari. Semakin tegak sinar matahari yang datang maka akan semakin tinggi pula radiasi total matahari yang diterima. Matahari berada pada posisi tegak dengan kolektor adalah pada siang hari yaitu pada jam yang menghasilkan nilai radiasi matahari puncak. Sedangkan posisi matahari lebih miring terhadap kolektor terjadi pada pagi hari dan sore hari sehingga nilai radiasi matahari yang diperoleh juga lebih kecil. Penelitian yang telah dilakukan oleh Ramadhan, et al., [13] menunjukkan bahwa radiasi total matahari mengalami penurunan pada saat lepas dari kondisi puncak radiasi pada siang hari, hal ini karena radiasi matahari yang diterima kolektor menjadi terhalang oleh gumpalan awan pada saat menjelang sore.

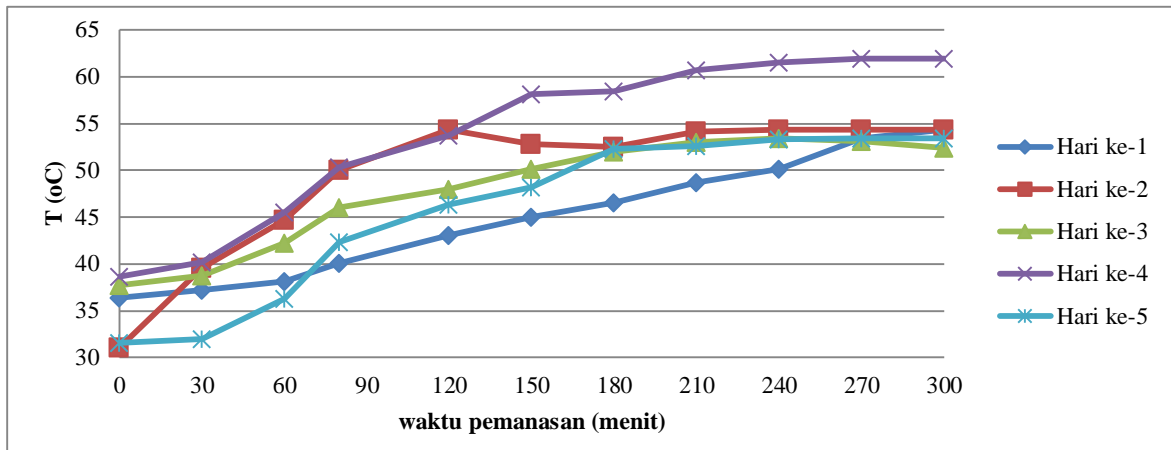
B. Temperatur Air terhadap Waktu Pemanasan

Temperatur air dipengaruhi oleh lama waktu pemanasan pada saat uji coba. Semakin lama waktu pemanasan kolektor surya maka akan semakin besar pula energi panas yang diterima oleh kolektor surya. Panas tersebut diteruskan ke pipa kolektor yang berisi air sehingga temperatur air naik. Selain itu, nilai intensitas radiasi matahari juga mempengaruhi temperatur air. Teori dari Stefan Boltzman menjelaskan hubungan antara radiasi matahari dengan temperatur adalah sebagai berikut:

$$I = e(\Delta T)^4$$

I adalah intensitas radiasi matahari, e adalah emisivitas benda padat dan ΔT adalah selisih temperatur. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang ditangkap oleh kolektor surya maka semakin tinggi pula temperatur kaca kolektor. Semakin tinggi temperatur kaca kolektor maka semakin tinggi pula temperatur air karena semakin banyak panas yang dapat diserap air [11].

Data temperatur rata-rata air pada kolektor yang dipanaskan selama 5 jam uji coba ditampilkan pada Gambar 5.

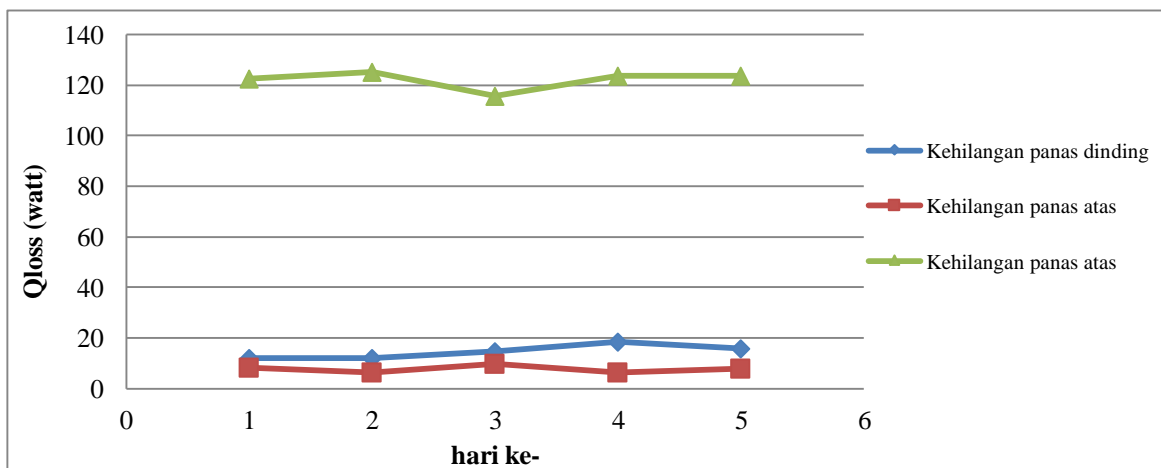


Gambar 5: Hubungan temperatur air terhadap waktu pemanasan kolektor pemanas air surya

Pada saat uji coba, temperatur awal air rata-rata sebesar 35°C dan terjadi kenaikan seiring berjalannya waktu pemanasan. Kenaikan temperatur air rata-rata diperoleh sebesar 20°C. Pemanasan selama 5 jam telah menghasilkan air panas dengan temperatur air maksimum sebesar 62°C. Temperatur air rata-rata tertinggi diperoleh pada saat intensitas radiasi matahari rata-rata tertinggi yaitu sebesar 859W/m². Hal ini sesuai dengan teori Stefan Boltzman dimana intensitas radiasi matahari yang besar ditangkap oleh kolektor surya dan semakin besar pula panas yang dapat diterima oleh air, sehingga diperoleh temperatur air terbesar.

C. Kerugian Energi Panas pada Kolektor Surya

Sistem kolektor surya sederhana terdiri dari kaca penutup, plat absorber, pipa kolektor, insulasi dan kerangka kolektor. Kerugian energi panas yang terjadi pada kolektor pemanas air surya terjadi pada bagian atas kolektor, kerugian panas pada bagian samping kolektor dan kerugian panas pada bagian bawah kolektor.



Gambar 6: Kehilangan panas pada tiap bagian kolektor surya

Radiasi panas yang diserap oleh plat absorber tidak semuanya ditransfer ke fluida yang ada di pipa kolektor. Saat plat absorber menyerap panas, ada pula kerugian panas yang terjadi. Kerugian panas terjadi pada bagian atas kolektor surya (Qloss atas), dinding kolektor surya (Qloss dinding) dan alas kolektor surya (Qloss alas) [16]. Kerugian panas yang terjadi pada bagian atas kolektor terdiri dari kerugian panas konveksi dan radiasi antara plat absorber dan kaca penutup dan kerugian panas konveksi dan radiasi antara kaca penutup dengan lingkungan. Kerugian panas pada bagian bawah kolektor surya terdiri dari kerugian panas konduksi antar plat absorber dengan insulator dan kerugian panas konveksi dan radiasi antara insulasi dengan lingkungan. Kerugian panas pada dinding terdiri dari kerugian panas konduksi pada setiap bahan penyusun kolektor dan kerugian panas konveksi antara udara kolektor dengan lingkungan.

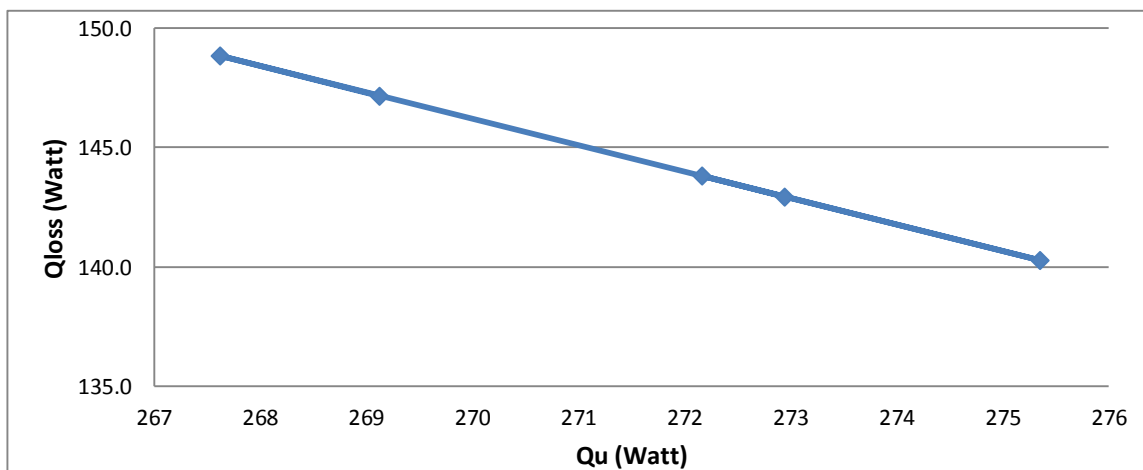
Berdasarkan data perhitungan kerugian panas rata-rata pada bagian dinding kolektor surya yaitu sebesar ($Q_{loss\ dinding}$) = 14,7 Watt. Kerugian panas rata-rata pada bagian alas kolektor surya yaitu sebesar ($Q_{loss\ alas}$) = 7,7 Watt. Kerugian panas rata-rata pada bagian alas kolektor surya yaitu sebesar ($Q_{loss\ bawah}$) = 122,2 Watt. Kerugian panas yang terjadi cenderung konstan selama 5 hari proses uji coba. Hal ini disajikan pada **Gambar 6**. Kerugian panas tersebut ditentukan oleh nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh kolektor surya. Koefisien perpindahan panas menyeluruh kolektor surya terdiri dari koefisien perpindahan panas bagian atas kolektor (U_a) yaitu sebesar 5,13 W/K.m², koefisien perpindahan panas bagian alas kolektor (U_b) yaitu sebesar 1,25 W/K.m² dan koefisien perpindahan panas bagian dinding kolektor (U_d) yaitu sebesar 1,36 W/K.m². Kerugian panas pada bagian dinding dan alas lebih kecil dibanding kerugian panas pada bagian atas. Hal ini dipengaruhi oleh sistem isolator yang baik pada bagian dinding dan dan alas. Isolator yang digunakan adalah kayu pada bagian dinding dan sterofoam pada bagian alas. Kayu dan stereofom/ polistiren memiliki nilai konduktivitas panas (k) yang rendah sehingga tidak dapat menghantarkan panas konduksi dengan baik. Kerugian panas pada bagian atas kolektor bernilai besar dapat dipengaruhi oleh bahan yang digunakan yaitu kaca dan plat absorber.

Kerugian panas juga dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari (I). Intensitas radiasi matahari sebagai sumber panas mempengaruhi temperatur plat absorber (T_b). Kenaikan temperatur plat absorber mengakibatkan semakin banyak kerugian panas yang terjadi pada bagian atas kolektor. Nilai kerugian panas sebanding dengan nilai selisih temperatur plat absorber dan temperatur atmosfer. Temperatur maksimum plat absorber yang dicapai sebesar 68°C sedangkan temperatur atmosfer rata-rata sebesar 33 °C. Nilai selisih yang besar akan menghasilkan nilai kerugian panas yang besar pula. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arsy [11], semakin tinggi temperatur plat absorber maka semakin besar pula kerugian panas yang terjadi. Hal ini disebabkan apabila temperatur plat absorber semakin tinggi maka perbedaan temperatur plat absorber dan lingkungan semakin besar, sehingga koefisien konveksi dan kerugian panas juga semakin besar.

D. Energi Panas Nyata Kolektor

Nilai energi panas radiasi yang ditangkap oleh luasan kolektor dipengaruhi besarnya nilai intensitas radiasi matahari dan luas permukaan kolektor. Besarnya nilai energi radiasi tersebut dinyatakan sebagai panas ideal yang masuk ke kolektor (Q_i). Kolektor surya yang diuji coba pada penelitian ini memiliki luas permukaan (A) sebesar 0,7m². Berdasarkan hasil pengukuran intensitas rata-rata radiasi matahari selama uji coba yang tertinggi yaitu sebesar (I) 859W/m² sehingga diperoleh nilai energi panas ideal yang mengenai luasan kolektor adalah sebesar 601,3 Watt.

Panas yang masuk ke kolektor (Q_{in}) selain dipengaruhi oleh intensitas (I) dan luas permukaan kolektor (A) juga dipengaruhi oleh sifat bahan penutup atas dan plat absorber kolektor. Penutup atas kolektor yang berbahan kaca memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi dan diubah menjadi panas, hal ini juga terjadi pada plat absorber. Plat penyerap panas harus memiliki nilai transmisivitas (τ) dan absorpsivitas (α) yang tinggi, sehingga dapat menyerap radiasi dan merubah menjadi energi panas yang digunakan untuk menaikkan temperatur air tangki. Transmisivitas adalah jumlah total energi radiasi yang diterima suatu permukaan. Absorpsivitas adalah proses penyerapan yang menyebabkan terjadinya peningkatan energi dari medium yang terkena panas [9]. Nilai transmisivitas kaca (τ) sebesar 0,85 dan nilai absorpsivitas (α) plat absorber sebesar 0,97. Jika diasumsikan efisiensi kaca sebesar 90% maka akan diperoleh nilai energi radiasi yang masuk ke kolektor (Q_{in}) yaitu sebesar 446,2 Watt.

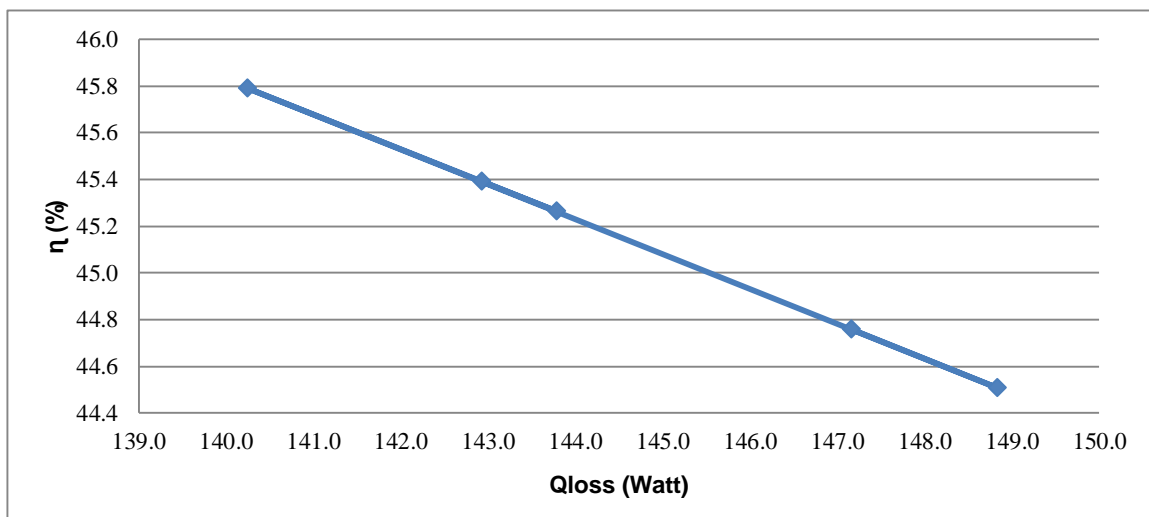


Gambar 7: Energi panas nyata kolektor

Energi panas nyata (Q_u) adalah energi yang diterima oleh kolektor surya dan diserap untuk meningkatkan temperatur air dalam tangki. Nilai dari energi nyata yang diterima oleh kolektor adalah merupakan energi panas yang masuk pada kolektor (Q_{in}) dikurangi dengan nilai kerugian energi panas total pada kolektor (Q_{loss}). Semakin besar kerugian energi maka akan semakin kecil energi nyata yang diterima kolektor. Berdasarkan hasil 5 hari pengukuran diperoleh nilai yang tidak berbeda secara signifikan, energi nyata yang diperoleh berada direntang 267 Watt hingga 276 Watt dengan nilai kerugaian energi pada rentang 150 Watt hingga 140 Watt. Hal ini ditampilkan pada **Gambar 7**.

E. Efisiensi Kolektor Surya

Nilai efisiensi kolektor surya dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara energi panas nyata yang diterima kolektor (Q_u) dengan energi panas yang mengenai luasan kolektor (Q_i). Nilai efisiensi merupakan pernyataan unjuk kerja kolektor surya dalam mengkonversi energi radiasi matahari menjadi energi panas yang digunakan untuk fluida air. Berdasarkan hasil perhitungan, efisiensi kolektor surya dipengaruhi oleh besarnya kerugian panas yang terjadi. Semakin besar kerugian panas maka akan semakin kecil efisiensi kolektor panas. Sebaliknya efisiensi akan meningkat seiring dengan nilai energi nyata kolektor yang semakin besar. Data kehilangan panas terhadap efisiensi kolektor surya ditampilkan pada **Gambar 8**. Nilai kerugian energi panas rata-rata adalah sebesar 144,6 Watt, nilai energi nyata rata-rata yang diterima kolektor sebesar 271 Watt sehingga diperoleh nilai efisiensi rata-rata kolektor surya sebesar 45,1 %.



Gambar 8: Kehilangan panas pada tiap bagian kolektor surya

Efisiensi kolektor surya dipengaruhi oleh energi berguna, apabila energi berguna meningkat maka nilai efisiensi juga akan meningkat [9]. Peningkatan nilai efisiensi dapat dilakukan dengan memperbaiki penutup atas dan plat absorber kolektor, sehingga radiasi dapat diserap dengan lebih baik oleh plat absorber. Jika penyerapan radiasi terjadi dengan baik maka akan semakin besar intensitas matahari yang bisa diubah menjadi energi panas dan efisiensi kolektor surya juga akan semakin meningkat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan untuk penelitian ini adalah:

1. Temperatur air panas dipengaruhi oleh lama waktu pemanasan dan intensitas radiasi matahari. Pemanasan selama 5 jam menghasilkan temperatur maksimum air panas (T_a) sebesar 62°C pada intensitas rata-rata radiasi matahari tertinggi (I) yaitu sebesar $859\text{W}/\text{m}^2$.
2. Kerugian energi panas yang terjadi pada kolektor pemanas air surya terjadi pada bagian atas, bagian samping dan bagian bawah kolektor. Kenaikan temperatur plat absorber dan udara kolektor mengakibatkan semakin banyak kerugian panas yang terjadi pada bagian atas kolektor. Temperatur maksimum plat absorber (T_b) sebesar 68°C , temperatur maksimum udara kolektor (T_g) sebesar 62°C diperoleh kerugian energi panas maksimum (Q_{loss}) sebesar 144,6 Watt.
3. Efisiensi kolektor surya dipengaruhi oleh kerugian energi. Semakin besar kerugian energi (Q_{loss}) maka akan semakin kecil energi nyata (Q_u) yang diterima kolektor dan semakin kecil efisiensi kolektor surya

(η). Kerugian energi panas rata-rata (Q_{loss}) sebesar 144,6 Watt, nilai energi nyata rata-rata yang diterima kolektor (Q_u) sebesar 271 Watt diperoleh nilai efisiensi rata-rata kolektor surya (η) sebesar 45,1 %.

5. PERNYATAAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian & Pengabdian (LPPM) Universitas Tanjungpura yang telah mendanai penelitian inovasi ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] KURNIAWATI, D., “Effect of Alkaline Metal Catalyst to Transesterification of Jatropha Curcas Oil”, *Jurnal of Energy, Mechanical, Material and Manufacturing*, v. 3, n. 1, pp.31-42, May. 2018.
- [2] MIRZAYANTI, Y. W., DEVITASARI, ALISA., A. “Produksi Biodiesel dari Dedak Padi dengan Metode In-Situ Dua Tahap menggunakan Katalis Asam Sulfat dan CaO/HYDROTALCITE”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 11, n. 3, pp. 375-382, Des. 2020.
- [3] SEKRETARIAT JENDERAL DEWAN ENERGI NASIONAL., *Outlook Energi Indonesia 2017*, Jakarta, Dewan Energi Nasional, 2017.
- [4] SEKRETARIAT JENDERAL DEWAN ENERGI NASIONAL., *Outlook Energi Indonesia 2019*, Jakarta, Dewan Energi Nasional, 2019.
- [5] OKAFOR, B., “Thermo Siphon Solar Water Heater”, *International Journal of Engineering & Technology*, v. 3, n. 3, pp. 313-316, March. 2013.
- [6] GANGANE, S. D., BHERE S.H., CHINCHOLE, L.K., “Economical Solar Water Heater”, *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, v. 14, n.4, pp 68-71, August. 2017
- [7] OGIE N.A., OGHOGHO, JESUMIREWHE J., “Design and Construction of a Solar water Based on the Thermosyphon Principle”, *Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications*, v. 3, pp. 1-8, Feb. 2013.
- [8] RAKASIWI R.R., SYAIFURRAHMAN, GANI, U.A., “Mini Solar Water Heating Biodiesel Plant by Homogeneous Catalyzing”, *IOP Conference Series: Material Science and Engineering*, v. 4, pp. 1-6, April. 2021.
- [9] LIBERTY, A.E, *Kajian Eksperimental Kolektor Surya Plat Datar untuk Pemanas Air Laut menggunakan Kaca Berlapis ketebalan 3mm* , Bachelor’s degree, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2016.
- [10] RAKASIWI R.R., SYAIFURRAHMAN, GANI, U.A., “Rancang Bangun Pemanas Air Surya Tipe Datar”, *ELKHA*, v. 10, n. 2. pp. 78-81, Oktober. 2018
- [11] ARSY, W. F., *Studi Eksperimen Unjuk Kerja Kolektor Surya Plat Datar dengan Penambahan Reflektor yang Mempunyai Variasi Sudut Kemiringan Kolektor dan Sudut Kemiringan Reflektor*, Undergraduate Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.
- [12] BOER, W, *Analisis Kinerja Kolektor Surya terhadap Ruang Uji* , Bachelor’s degree, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019.
- [13] RAMADHAN, N., SOEPARMAN, S., WIDODO, A., “Analisis Perpindahan Panas pada Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya dengan Turbulence Enhance”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 8, n. 1, pp. 15-22, Mei. 2017.
- [14] YUNianto, B., “Uji Prestasi Pemanas Air Tenaga Matahari Jenis Tabung dengan Variasi Arah Kolektor terhadap Datangnya Sinar Matahari”, *Jurnal Media Komunikasi Ilmu dan Profesi Bidang Teknik Mesin*, v. 22, n. 2, pp. 142-148, April. 2020.
- [15] EFENDI, R., *Kajian Kombinasi Kolektor Surya Pelat Datar Glazed dan Unglazed untuk Pemanasan Udara*, Master Sc. Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2019.
- [16] JUFRIZAL, NAPITUPULU, F., AMBARITA, H., “Studi Ekperimental Performansi Solar Water Heater Jenis Kolektor Plat Datar dengan Penambahan Thermal Energy Storage”, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cylinver*, v. 1, n. 2, pp.27-36, Oktober. 2014
- [17] MUNISAMY, K., THIRUNAVUKKARASU., “Performance of Solar water Heating System on Different Tube Arrangements_Review”, *International Journal of Chem Tech Research*, v.10, n.3, pp.705-713, April 2017.

- [18] XILIAN, HAN., CHAO, Li., HONGQIANG, Ma., Performance Studies and Energy-Saving Analysis of a Solar Water-Heating System. *PROSSES*, v. 9, pp. 1536, August 2021.