

Teknik Mesin

Analisa Koefisien Konveksi Udara Panas Kolektor Surya Plat Datar yang Dilapisi Cat Absorber dengan Paintfiller Cangkang Kelapa Sawit

Evi Christiani Sitepu*¹, Diman Raymond S Tambunan²

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mekanika, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 23 Agustus 2024
Revisi Akhir: 24 Agustus 2024
Diterbitkan Online: 27 Agustus 2024

KATA KUNCI

radiasi surya, kolektor pemanas air,
koefisien konveksi

Keywords:

solar radiation, water heater collector,
convection coefficient

KORESPONDENSI

E-mail: evisitepu@kemenperin.go.id

A B S T R A K

Energi panas surya dapat di jadikan sumber energi yang sangat besar dan dapat di jadikan menjadi salah satu sumber energi alternatif guna menggantikan energi listrik dan minyak bumi. Salah satu bentuk pemanfaatan dari energi surya adalah untuk memanaskan air. Pada penelitian pemanfaatan energi radiasi surya dikumpulkan melalui suatu alat yang disebut kolektor surya. Untuk mengoptimalkan pengumpulan energi radiasi surya, permukaan kolektor surya di cat dengan warna hitam kusam (doff) yang berfungsi untuk menyerap dengan maksimal intensitas radiasi surya yang datang dan mentransfer kalor yang diterima tersebut ke fluida kerja. Penelitian ini menganalisa kemampuan kolektor yang dicat dengan cat biasa juga cat yang divariasikan dengan paintfiller cangkang kelapa sawit yang dicat pada kotak kolektor. Berdasarkan hasil analisa diperoleh bahwa bahwa selain cat hitam, cat hitam yang divariasikan dengan cangkang kelapa sawit juga dapat digunakan sebagai pelapis pada kolektor pemanas air dengan koefisien konveksi sebesar 0,3084 - 0,3133 W/m².°C dan efisiensi kolektor 27,64% - 33,00% dengan kalor pemanas air 57637,29 - 72049,40 Joule.

A B S T R A C T

Solar thermal energy as a very large energy source can be used as an alternative energy source to replace the petroleum energy. One form utilization of solar energy to heat water. In this research solar radiation energy is collected through a device called a solar collector. To get optimal results, the surface of the solar collector is painted with a dull (doff) black color which serves to absorb maximally the intensity of incoming solar radiation and transfer the received heat to the working fluid. This study analyzes the ability of collectors that painted with ordinary paint that also varied paint with oil palm shell paintfiller which is painted on the collector box. Based on the results of the analysis, it was found that in addition to black paint, black paint which was varied with palm oil shells could also be used as a coating on a water heater collector with a convection coefficient of 0,3084 - 0,3133 W/m².°C and a collector efficiency of 27.64% - 33,00% with water heating heat. 57637.29 - 72049,40 Joules.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang terletak pada daerah khatulistiwa yang selalu menerima pancaran energi surya sepanjang tahun. Energi surya merupakan salah satu energi alternatif yang potensial untuk dikelola dan dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber cadangan energi terutama bagi negara-negara yang terletak di khatulistiwa. Energi surya bersifat renewable, adalah energi yang tidak polutif, bersifat kontinyu dan tidak dapat habis. Dengan kata lain masyarakat Indonesia tidak akan mengalami krisis energi jika pemanfaatan energi suryayang dapat dimanfaatkan untuk berbagai

keperluan guna menggantikan energi yang dihasilkan oleh minyak bumi. Energi surya yang memasuki atmosfer memiliki kerapatan daya rata-rata sebesar $1,2 \text{ kW/m}^2$, namun hanya sebesar 560 W/m^2 yang diserap bumi. Berdasarkan angka di atas, maka energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas ± 2 juta km^2 , adalah sebesar $5 \times 10^8 \text{ MW}$. Betapa melimpahnya energi yang sebagian besar terbuang sia-sia ini. Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada dua jenis teknologi yang sudah diterapkan, yaitu teknologi energi surya termal dan energi surya fotovoltaik.

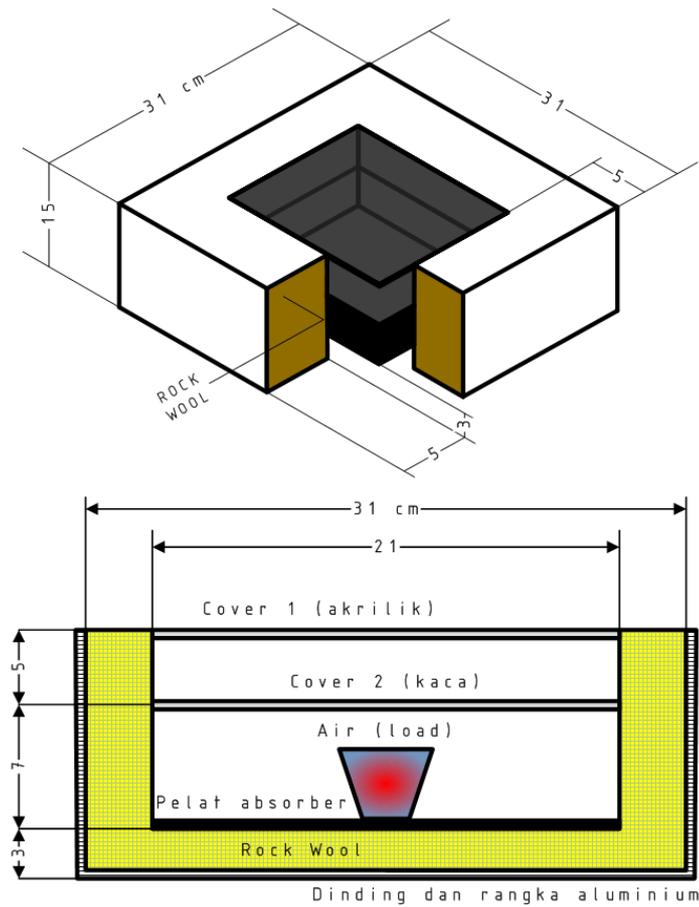
Energi surya yang sampai ke permukaan bumi, dapat dikumpulkan dan diubah menjadi energi panas yang berguna melalui bantuan suatu alat yang disebut kolektor surya. Kolektor termal surya merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menyerap energi surya, yang kemudian mengubah energi surya menjadi energi termal, dan mentransfer energi tersebut ke fluida kerja untuk kemudian digunakan secara langsung atau disimpan terlebih dahulu pada suatu unit penyimpanan panas. Dalam aplikasinya kolektor termal surya banyak digunakan sebagai alat pemanas air pada rumah.

Jenis pemanas air tenaga surya yang banyak dipakai pada saat ini mempunyai banyak kelemahan, seperti: temperatur air panas yang dihasilkan tidak terlalu tinggi sehingga tidak dapat dipertahankan dalam waktu yang relatif lama. Temperatur air yang kurang panas salah satunya disebabkan oleh kurang tingginya temperatur pelat pemanas (Sumarsono) yang disebabkan oleh rendahnya absorptansi cat terhadap radiasi surya dan tingginya emitansinya cat terhadap gelombang sinar infra merah. Absorptansi radiasi matahari merupakan nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan ditentukan pula oleh warna bahan tersebut.

Pengecatan ataupun pelapisan kolektor dengan cat yang sembarang dapat mengakibatkan kecilnya efisiensi kolektor surya plat datar. Wiranugraha [3] tentang penelitian untuk mendapatkan hasil yang optimal pelat dicat dengan cat berwarna hitam doff, bertujuan untuk mendapatkan penyerapan radiasi matahari yang optimal. Hal ini dapat juga dilihat dari hasil penelitian Harianto [4] dimana juga menyimpulkan bahwa warna cat hitam doff memberikan transfer kalor radiasi yang optimal sesuai dengan teori black body yang menyerap secara sempurna semua radiasi elektromagnetik dan juga mampu memancarkan radiasi dengan distribusi energi bergantung kepada temperaturnya. Mengingat pentingnya cat pelapis kolektor maka dilakukan penelitian terhadap absorpsivitas pelapis kolektor surya plat datar.

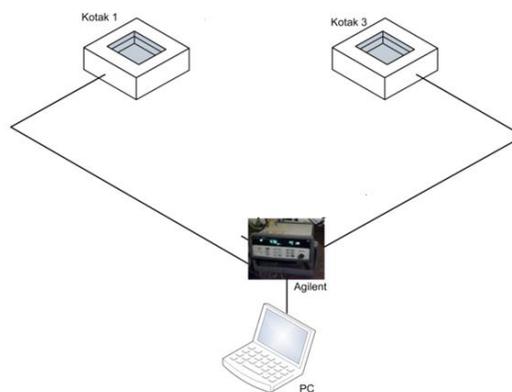
METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metodologi eksperimental nyata, yang dilakukan dengan menggunakan alat sebuah kolektor surya pelat datar dengan menggunakan metode eksperimental. Kolektor surya yang dipergunakan, mempunyai ukuran ketebalan $0,8 \text{ mm}$, lebar 210 mm dan panjang 210 mm dan terbuat dari aluminium yang dicat dengan warna hitam (black body). Isolator mempunyai ketebalan 100 mm dari pelat absorber dan 50 mm antara pelat absorber dengan dinding luar. Kaca penutup dibuat dua lapis dimana pada bagian atas adalah akrilik dan bagian dalam adalah kaca. Pelat penyerap panas kedudukan yang sama tetapi setiap kotak. Demikian juga dengan jarak isolator yang sama pada setiap kotak. Kotak yang dibuat adalah sebanyak 2 buah dengan masing-masing pelat absorber dicat dengan perlakuan berbeda. Wadah penampungan air berada dibagian atas pelat kolektor. Volume setiap tangki selalu diset 100 ml . Penelitian berdasarkan metode merujuk pada GDLC (Game Development Life Cycle). Maka itu, dilakukan analisis sesuai gambar 2.



Gambar 1. Skema Kotak Kolektor

Tahap penelitian dilakukan selama 1 (satu) tahap penelitian yakni dengan melakukan pengujian terhadap 2 (dua) kotak dimana plat kolektornya dicat dengan 2 (dua) cat yang berbeda setiap kotaknya dan diberi beban air untuk dipanaskan sebanyak 100 ml. Pelat absorber sebagai kolektor yang terbuat dari aluminium sebanyak 2 buah dicat masing masing dengan cat hitam doff yang berbeda - beda perlakuan : Pelat Absorber (kolektor) 2 dicat dengan merek jenis cat besi biasa yang ditambah dengan 10% m/v arang cangkang sawit yang dihaluskan dan Pelat Absorber (kolektor) 1 dicat dengan merek Pylox biasa.

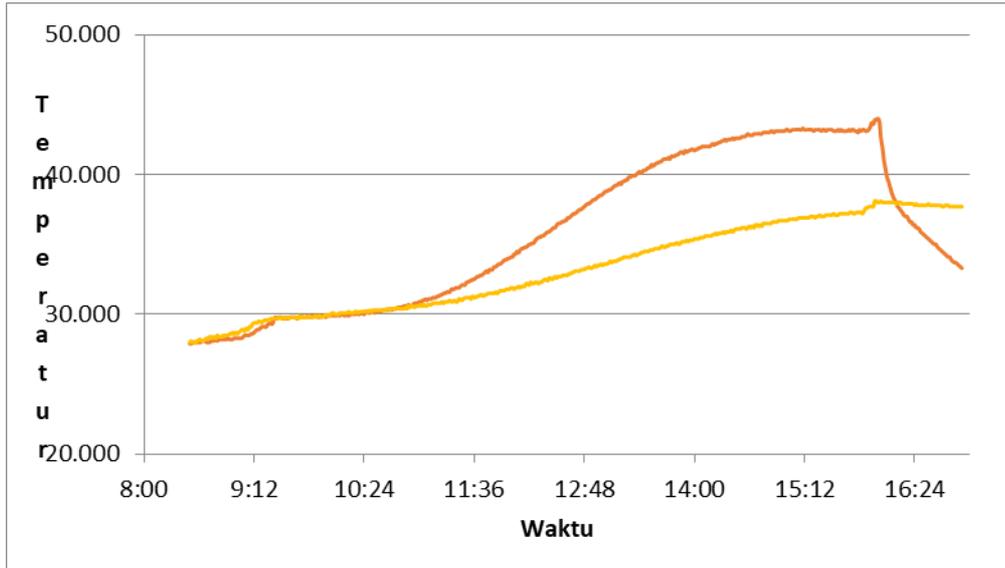


Gambar 2. Skema Pengambilan Data Pemanas Air Tenaga Surya

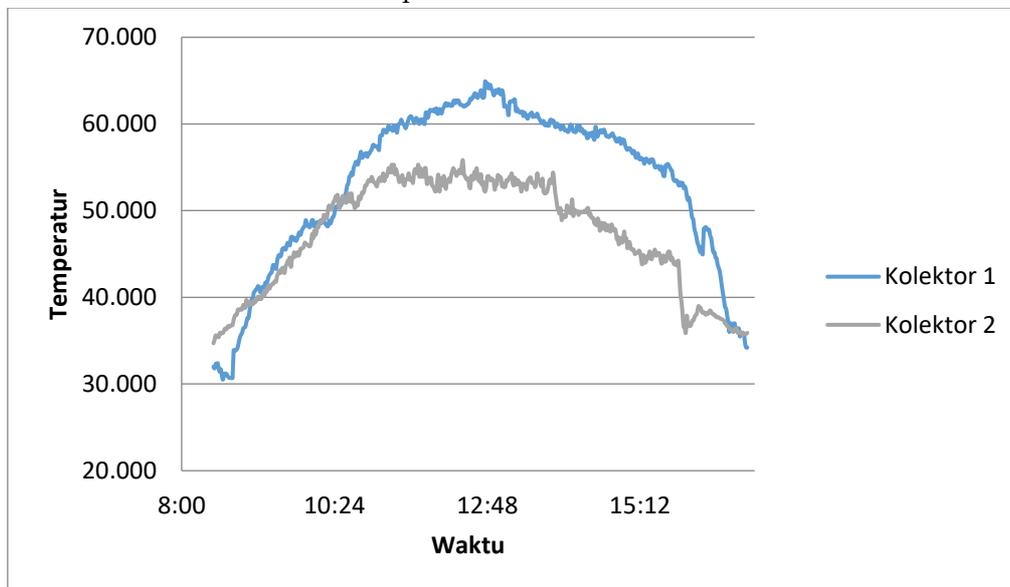
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil temperatur air yang dihasilkan oleh masing-masing pelat absorber dapat dilihat pada gambar 1 dan 2. Dari gambar 1 menunjukkan bahwa kotak (kotak) 1 memiliki temperatur air maksimum tertinggi, yaitu 55,8 0C pada pukul 12.25, diikuti kotak 2, temperatur air maksimum 38,1 0C pada pukul 16.02. Hal ini sesuai dengan besaran panas maksimum yang terdapat di kolektor absorber kotak 2, yang memiliki

temperatur maksimum bernilai 64,9oC pada pukul 12.46 dan pada kotak 1 sebesar 44 oC pada pukul 16.00. Adapun hasil penelitian ini dapat di lihat seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3. Grafik Temperatur Pelat Absorber dan Air Vs Waktu



Gambar 4. Grafik Temperatur Pelat Absorber dan Air Vs Waktu

Energi yang sampai ke Kolektor ($Q_{incident}$)

Energi ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_{incident} = A \int_1^2 Idt$$

dimana:

A = Luas penampang dari pelat absorber (m^2)
 = 0,04 m^2

Harga $\int_1^2 Idt$ dapat dihitung dari luas dibawah kurva dengan menggunakan metode trapesium. Dimana setiap 1 menit (60 detik) kita menghitung luas dibawah kurva sebagai berikut:

$$L_1 = \frac{y_0 + y_1}{2} \times \Delta X$$

Dimana

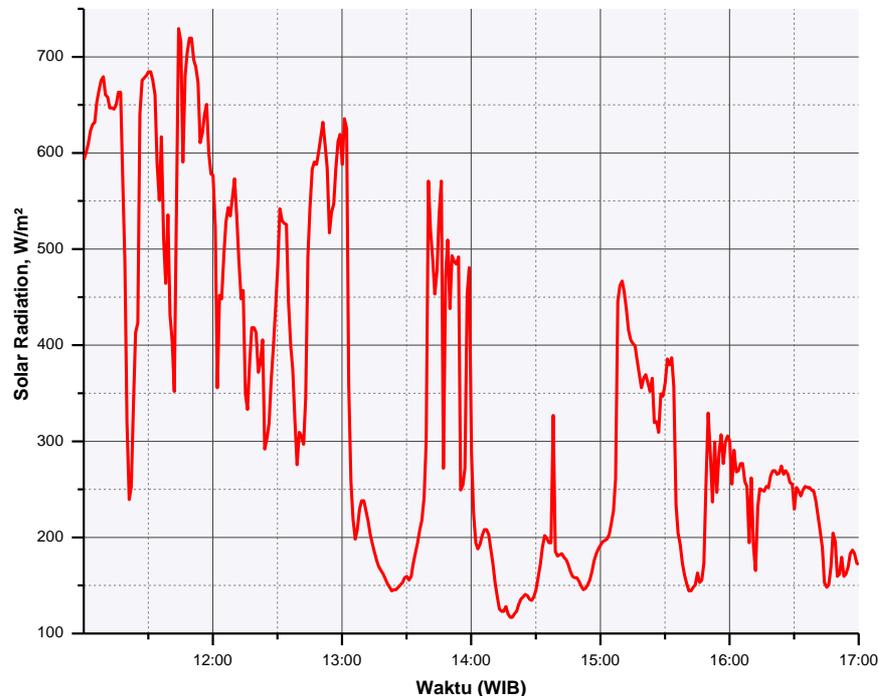
L_1 : Luas daerah dibawah kurva intensitas dalam 1 menit (60 detik)

y_0 : Intensitas saat awal penelitian (pukul 08.00 WIB)

y_1 : Intensitas 1 menit kemudian

ΔX : Waktu 1 menit (60 detik)

Berikut grafik intensitas matahari yang terjadi pada saat penelitian:



Gambar 5. Grafik Intensitas Matahari Vs Waktu

Penentuan Energi Yang Sampai Ke Kolektor 1:

Penelitian dimulai pukul 08.00 WIB pada intensitas awal 593,1 W/m² dan intensitas tertinggi 729,4 W/m² pada pukul 11.44 WIB. Dengan memperhatikan grafik intensitas matahari yang terjadi pada saat penelitian ini maka dapat kita hitung besarnya energi berguna kolektor alat pemanas air tenaga surya sebagai berikut:

$$L_1 = \frac{593,1 + 600,6}{2} \times 60 = 35811 \text{ Joule/m}^2$$

Sehingga luas dibawah kurva dalam 1 (satu) menit adalah 35811 Joule/m². Karena air telah mencapai temperatur maksimum pada pukul 12.46 WIB maka besarnya luas di bawah kurva hingga pukul tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_{77} = 2624034 \text{ Joule/m}^2$$

Sehingga yang sampai pada kolektor adalah:

$$Q_{incident} = 0,16 \text{ m}^2 \times 2624034 \text{ Joule/m}^2 = 419.845,44 \text{ Joule}$$

Energi Yang Sampai Ke Kolektor 2:

Penelitian dimulai pukul 08.00 WIB pada intensitas awal 308,1 W/m² dan intensitas tertinggi 555,6 W/m² pada pukul 11.08 WIB. Dengan memperhatikan grafik intensitas matahari yang terjadi pada saat penelitian ini maka dapat kita hitung besarnya energi berguna kolektor alat pemanas air tenaga surya sebagai berikut:

$$L_1 = \frac{308,1 + 325,6}{2} \times 60$$

$$L_1 = 19011 \text{ Joule/m}^2$$

Sehingga luas dibawah kurva dalam 1 (satu) menit adalah 19011 Joule/m². Karena air telah mencapai temperatur maksimum pada pukul 11.15 WIB maka besarnya luas di bawah kurva hingga pukul tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_{106} = 1880499 \text{ Joule/m}^2$$

Sehingga yang sampai pada kolektor adalah:

$$Q_{incident} = 0,16 \text{ m}^2 \times 1880499 \text{ Joule/m}^2 = 300.879,84 \text{ Joule}$$

Menentukan Energi yang Diserap Air (Q_u)

Energi ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_u = m_w C_{pw} (T_{w2} - T_{w1})$$

Mengingat adanya pengurangan jumlah air selama proses berlangsung, maka energi yang diserap air dihitung sebagai berikut :

$$Q_u = m_{ws} C_{pw} (T_{w2} - T_{w1}) + m_{wh} h_{fg}$$

Dimana:

m_{ws} = massa air sisa (kg)

m_{wh} = massa air yang menjadi uap (kg)

C_{pw} = panas jenis dari air (J/kg.0C) = 4180 J/kg.0C

h_{fg} = panas laten dari air (J/kg)

T_{w1} =Temperatur awal air sebelum dipanaskan oleh kolektor (0C)

T_{w2} =Temperatur awal air setelah dipanaskan oleh kolektor (0C)

Adanya pengurangan jumlah air selama proses pengujian berlangsung dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1 Tabel Jumlah Air dan Air Sisa Hasil Pengujian

<u>Kotak 1</u>	<u>Awal (g)</u>	<u>99,94</u>
-	<u>Sisa (g)</u>	<u>69,69</u>
-	<u>Menguap (g)</u>	<u>30,25</u>
<u>Kotak 2</u>	<u>Awal (g)</u>	<u>99,94</u>
	<u>Sisa (g)</u>	<u>75,74</u>
	<u>Menguap (g)</u>	<u>24,20</u>

Energi yang diserap air di Kolektor 1

$$Q_u = (69,69/1000) \text{ kg} \times 4180 \text{ J/kg.}^{\circ}\text{C} \times (55,8 - 37,72) ^{\circ}\text{C} + (30,25/1000) \text{ kg} \times 2381624 \text{ J/kg} \\ = 72.049,40 \text{ J}$$

Energi yang diserap air di Kolektor 2

$$Q_u = (75,74/1000) \text{ kg} \times 4180 \text{ J/kg.}^{\circ}\text{C} \times (44,0 - 37,95) ^{\circ}\text{C} + (24,20/1000) \text{ kg} \times 2376825 \text{ J/kg} \\ = 57.637,29 \text{ J}$$

Efisiensi Kolektor Saat Temperatur Air Maksimum

Efisiensi kolektor untuk memanaskan air pada pengujian dapat dihitung sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_{incident}}$$

Efisiensi Kolektor 1

$$\eta = 37,00\%$$

Efisiensi Kolektor 2

$$\eta = 27,64 \%$$

Penentuan Koefisien Konveksi

Penentuan Kondisi Aliran

Menentukan kondisi aliran dilakukan dengan menghitung bilangan Reynold

Kotak 1

$$Re = \frac{u \cdot Di}{\nu} = 10,07 \text{ (laminar)}$$

Kotak 2

$$Re = \frac{u \cdot Di}{\nu} = 9,98 \text{ (laminar)}$$

Penentuan Koefisien Konveksi

Kotak 1

$$\frac{h_i \cdot D_i}{k} = 0,17 \text{Re}_f^{0,23} \cdot \text{Pr}_f^{0,4} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_f}{\text{Pr}_w} \right)^{0,25}$$

$$\frac{h_i \cdot D_i}{k} = 0,03671$$

Sehingga diperoleh nilai $h = 0,3133 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Kotak 2

$$\frac{h_i \cdot D_i}{k} = 0,17 \text{Re}_f^{0,23} \cdot \text{Pr}_f^{0,4} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_f}{\text{Pr}_w} \right)^{0,25}$$

$$\frac{h_i \cdot D_i}{k} = 0,03664$$

Sehingga diperoleh nilai $h = 0,3084 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian dan analisa data yang dilakukan dapat disimpulkan;

1. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian menunjukkan bahwa kalor pemanas air yang dihasilkan pada kolektor 1 sebesar 72049,40 Joule dan pada kolektor 2 sebesar 57637,29 J.
2. Efisiensi kolektor pemanas air tenaga surya kolektor 1 sebesar 37,00% dan pada kolektor 2 sebesar 27,64%
3. Nilai koefisien konveksi udara panas yang dihasilkan pada kotak 1 sebesar 0,3133 $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ dan pada pada kotak 2 sebesar 0,3084 $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bambang Yuniarto, Uji Prestasi Pemanas Air Tenaga Matahari Jenis Tabung dengan Variasi Arah Kolektor Terhadap Datangnya Sinar Matahari ROTASI, Vol. 22 No. 2 Hal. 142-148., April 2020
- [2] Darwin, M. Ilham Maulana, Teuku Syahrul, Masri Ibrahim, " Pengaruh Variasi Bentuk Plat Terhadap Performansi Solar Water Heater", Jurnal Teknik Mesin Unsyiah, volume 8, nomor 1, p: 7-12, Juni 2020
- [3] Dedy Nataniel Uilly, , Purnawarman Ginting, Nasaruddin, Vinsensius Faot, Agustinus Laka, " Pengembangan Kolektor Surya Plat Datar untuk Meningkatkan Penyerapan Radiasi Surya dengan Menggunakan Absorber untuk Destilasi Air Payau Bagi Masyarakat Pesisir', Flywheel, Vol. 15 No. 1, hal. 27-34, Februari 2024
- [4] Finansius Gonsales Lumban Raja, Ayong Hiendro, Febri Prima, " Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya dan Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Kolektor Surya Terhadap Efisiensi Termal Kolektor Surya, Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN), Vol. 3, No. 1, p: 81-86, 2022.
- [5] Haslinda, Mahmuddin, Muh. Syafrun , "Peningkatan Effisiensi Thermal Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Penutup Kaca Bersusun Pada Alat Pengering Jagung", Teknik AMATA Vol. 03 No. 2, 2022
- [6] Indah Wardati, M. Ramdhan Kirom, Tri Ayodha Ajiwiguna, " Analisis Penerapan Termoelektrik Generator Pada Solar Water Heatertipe Kolektor Plat Datar Dengan Simulator Radiasi Mataharianalysis Of Teg Application In Solar Water Heater Flat Plate Collector Type With Solar Radiat, E-Proceeding Of Engineering : Vol.7, No.1, Page 1129, April 2020
- [7] Isra Hutauruk, Himsar Ambarita , Eko Yohanes Setyawan, Analisa Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Hybrid Dengan Variasi Sudut Kemiringan Kolektor 15° dan 30° Untuk Memanaskan 80 Liter Air", Flywheel, Volume 9, Nomor 2, September 2018
- [8] N. G. Prikhodko et. al., "Highly efficient collectors of solar energy using nanocarbon coatings based on vegetable raw materials", Procedia Manufacturing 12, 1 - 6, (2017)