

PERANCANGAN WATER HEATER KAPASITAS 0,1 LITER PER DETIK DENGAN MEMANFAATKAN PANAS MATAHARI UNTUK Mendukung KETAHANAN ENERGI

Taufik Hamdani¹, Sudarmanto^{2*}, Dedet Hermawan Setiabudi³, Benedictus Mardwianta⁴, Nurfi Ahmadi⁵, Abdul Haris Subarjo⁶, Mardiana Irawati⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Yogyakarta
sudarmanto@itda.ac.id^{2*}

Abstract

Population growth and technology development are increasing rapidly. These cause the use of energy on the earth is increasing. One effort to obtain energy sources is to utilize solar energy using solar water heater. This research was expected to help the society to save energy derived from fossils. A testing was conducted by designing solar water heater with collector size of 60 cm x 50 cm using black painted aluminum-coated styrofoam insulator and the storage tank made of stainless steel with volume of 40 liter using black painted aluminum-coated styrofoam. In conducting the testing, the data were taken at 09.00 a.m until 04.00 p.m for 5 days. The research was conducted at ITD Adisutjipto. The analysis and discussion showed the solar water heater design and the storage tank used to perform performance the test (efficiency). Within 5 days testing the average of water temperature out (Tout) was 59.75 oC to 76.59 oC with the average rate efficiency of 54.07 % to 54.9 % and the average storage drop rate of 2.97 K / Hr or 17.84 K for 6 hours.

Keywords: *solar energy, solar water heater, thermal efficiency.*

1. Pendahuluan

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/menkes/sk/xi/2002 standar temperature air panas untuk keperluan mandi dan mencuci tangan adalah 40–45°C [1]. Ketahanan energi merupakan jaminan terhadap ketersediaan energi dan akses masyarakat untuk memperoleh energi dengan harga yang terjangkau dan jangka panjang serta tidak terpengaruh oleh gejolak situasi regional dan internasional [2]. Kebutuhan sumber energi saat ini sangatlah mendesak, berbagai macam produk yang berkaitan dengan kinerja manusia menggunakan tenaga listrik. Sumber energi menarik untuk dikembangkan, yang mana sumber matahari merupakan salah satunya, pembangunan modul solar sel dapat menyerap energi matahari serta merubah menjadi sumber listrik. Kebutuhan energi meningkat seiring dengan perkembangan industri. Akan tetapi, peningkatan kebutuhan tidak diimbangi oleh peningkatan pasokan listrik [3]. Pemanas air merupakan salah satu peralatan yang banyak digunakan oleh manusia untuk menghangatkan air yang digunakan untuk mandi [4]. Pemanas yang menggunakan energi listrik mengkonsumsi daya yang tidak sedikit [5]. Pemanas atau heater merupakan jenis pemanas yang memanfaatkan arus listrik sebagai input daya untuk menghasilkan listrik, arus listrik yang dihasilkan kebanyakan arus bolak balik (AC) karena daya yang dibutuhkan cukup besar untuk menaikkan suhu air pada heater tersebut [6]

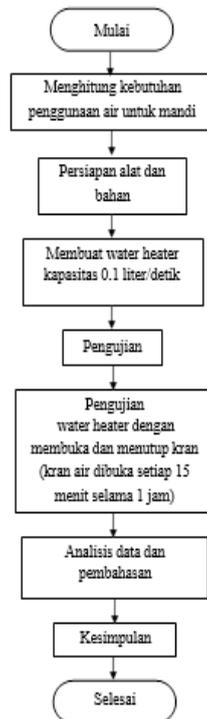
Kebutuhan air hangat untuk keperluan mandi untuk kebutuhan rumah tangga maupun perhotelan sangatlah penting, selama ini kebutuhan tersebut terpenuhi dengan cara dipanaskan menggunakan tungku atau pemanas listrik. sebagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan air panas dengan menggunakan tenaga surya [7]. Kendala utama pemanas air tenaga surya adalah biaya pengadaan awal. Parameter yang sangat berpengaruh pada kolektor surya pemanas air adalah *absorber* pada kolektor surya (*Solar collector*) [8].

Solar water heater merupakan salah satu pemanfaatan energi matahari, tetapi kinerja dari *solar water heater* masih belum optimal karena hasil pemanasannya belum mampu mencukupi

kebutuhan air panas untuk satu rumah tangga, sehingga perlu dilakukan penelitian-penelitian [9]. Pemanas air energi surya dengan prinsip mengumpulkan energi surya kemudian digunakan untuk memanaskan air. Penggunaan energi surya ini dapat memangkas biaya energi listrik dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan yaitu mengurangi emisi karbon dioksida, sehingga ramah lingkungan [10], [11].

Energi surya yang sampai kepermukaan bumi dapat dikonversi menjadi energi panas dengan menggunakan kolektor surya. Didalam kolektor terdapat beberapa komponen diantaranya pipa pemanas sebagai media untuk mengalirkan air kedalam tangki penyimpanan [12].

2. Metodologi Penelitian



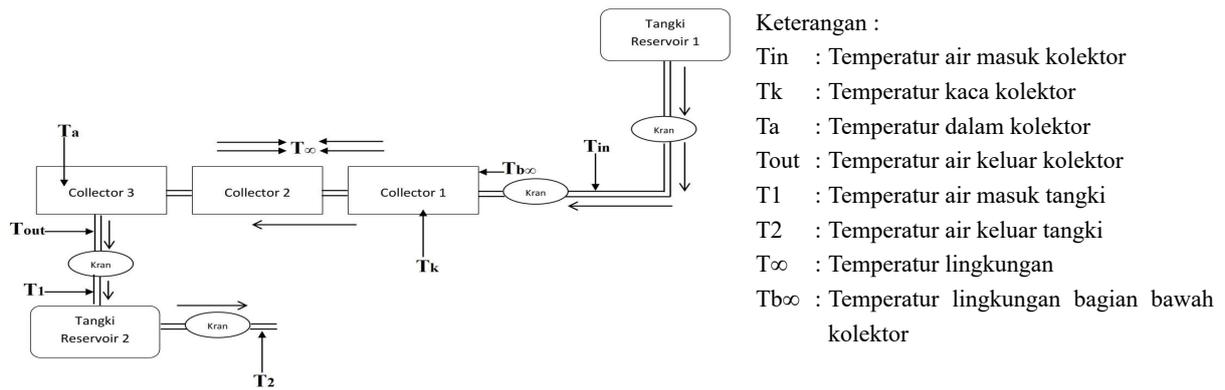
Gambar 1. Diagram Alur penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dimaksudkan untuk menilai perancangan water heater kapasitas 0,1 liter per detik dengan memanfaatkan panas matahari. Pada penelitian ini dilakukan treatment dengan pemberian suatu kondisi yang akan dinilai pengaruhnya. Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi variabel lain. Variabel bebas merupakan variabel yang variabelnya diukur, dimanipulasi, atau dipilih oleh peneliti untuk menentukan hubungannya dengan suatu gejala yang diobservasi. Sebagai variabel bebas pada penelitian ini adalah kecepatan angin.

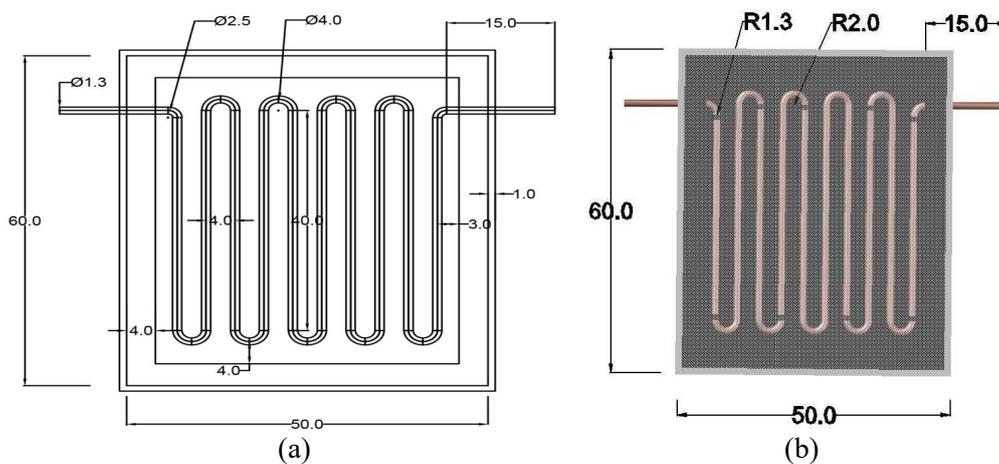
Variabel tergantung merupakan variabel yang memberikan reaksi atau respon jika dihubungkan dengan variabel bebas. Variabel tergantung adalah variabel yang variabelnya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variabel bebas. Variabel tergantung pada penelitian ini adalah intensitas matahari (Eglob), temperatur air dan besarnya energi panas (kalor) yang diserap pipa kolektor pada water heater.

Dalam pelaksanaan penelitian eksperimen, peneliti melakukan studi literatur yaitu melakukan kajian secara tertulis tentang perancangan water heater kapasitas 0,1 liter per detik dengan memanfaatkan panas matahari.

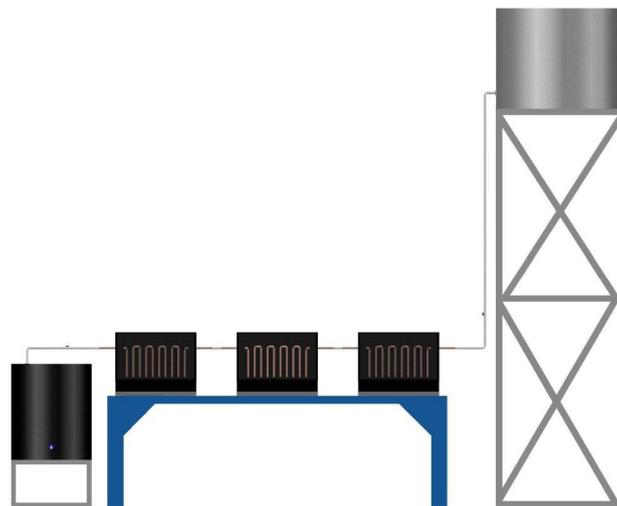
Skema pengujian water heater dan pemasangan Thermokopel :



Gambar 2. Skema pengujian water heater dan pemasangan Thermokopel



Gambar 3. (a) Desain *water heater* dan (b) Desain 3D *water heater* dalam satuan sentimeter



Gambar 4. Desain pengujian *water heater*

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data dari hasil penelitian yang telah dilakukan, mengenai perancangan water heater dengan memanfaatkan panas matahari maka dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dari bab sebelumnya dan dapat digunakan untuk memberikan analisis

maupun memberikan gambaran tentang laju kenaikan temperatur, rugi-rugi panas (heat losses), energi panas yang diserap, dan efisiensi thermal kolektor.

Data hasil yang didapat dari observasi dan eksperimen berupa data yang masih perlu diolah untuk mendapatkan hasil secara statistik. Data yang diperoleh berupa Radiasi Matahari (W/m^2), Temperatur air masuk kolektor ($^{\circ}C$), Temperatur Kaca ($^{\circ}C$), Temperatur Kolektor ($^{\circ}C$), Temperatur air keluar kolektor ($^{\circ}C$), Temperatur tangki penyimpanan ($^{\circ}C$), Temperatur Lingkungan ($^{\circ}C$) dan Kecepatan Angin ($^{\circ}C$).

Data hasil dari pengujian yang diambil pada tanggal 14 Juni 2017 dapat dilihat pada tabel 1. Pada pengujian alat yang telah dilakukan memperoleh data yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Data Pengamatan 14 Juni 2017.

No	Waktu (Jam)	Tin($^{\circ}C$)	Tk ($^{\circ}C$)	Ta ($^{\circ}C$)	Tout($^{\circ}C$)	T1 ($^{\circ}C$)	T2 ($^{\circ}C$)
1	09:00	30.7	36.5	50.6	54.5	59.5	45.6
		30.1	38.2	52.9	56.8	60.8	
		31.1	40.5	55.8	57.7	62.7	
	X	30.63	38.40	53,10	56.30	61.00	
2	10:00	32.1	43.5	65.2	57.3	58.3	54.9
		32.6	45.6	70.9	71.8	71.6	
		32.8	46.1	72.3	71.9	72.2	
	X	32.50	45.07	69.47	67.00	67.37	
3	11:00	34.1	57.2	92.6	83.9	83.9	63.7
		35.1	58.9	95.2	84.2	84.2	
		35.1	58	94.3	83.4	83.4	
	X	34.77	58.03	94.03	83.83	83.83	
4	12:00	35.9	59	91.8	83.9	84.8	64
		36.1	60	96.3	84.2	85.2	
		36.3	61	97.6	85.3	86.3	
	X	36.10	60.00	95.23	84.47	85.43	
5	13:00	35.9	57.4	84.1	70.5	71.5	64.4
		36.1	57.9	85.1	78.4	76.6	
		36.4	58	86.9	76.6	77.8	
	X	36.26	57.77	85.37	75.20	75.3	
6	14:00	36.5	57.8	78.5	75.6	73.6	63.5
		36.1	56.1	79.7	71.4	71.1	
		36.2	55.7	77.1	68.2	68.2	
	X	36.27	56.53	78.43	71.76	70.97	
7	15:00	35.8	51.8	70.8	68.7	68	60.2
		35.6	48.3	64.8	65.9	61.5	
		35.2	40.4	67.8	63.7	64.7	
	X	35.53	46.83	67.80	66.10	64.74	

Keterangan :

T_{in} = Temperatur air masuk kolektor

T_k = Temperatur kaca

T_a = Temperatur kolektor

T_{out} = Temperatur air keluar kolektor

T_1 = Temperatur air masuk tangki

T_2 = Temperatur air keluar tangki

Data hasil pengamatan temperatur lingkungan dan kecepatan angin pada 14 Juni 2017 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Data temperatur lingkungan dan kecepatan angina

No	Waktu (Jam)	$T_{\infty}(^{\circ}\text{C})$	$T_{s\infty}(^{\circ}\text{C})$	$T_{f\infty}(^{\circ}\text{C})$	$T_{b\infty}(^{\circ}\text{C})$	m/s
1	09:00	30.3	30.3	30.3	30.6	0.5
		28.5	28.5	28.5	30.1	1.2
		32.8	32.8	32.8	33.1	0.8
	X	30.53	30.53	30.53	31.27	0.83
2	10:00	30.8	30.8	30.8	32.6	0.6
		31.2	31.2	31.2	30.5	0.9
		31.7	31.7	31.7	32.6	0.4
	X	31.23	31.23	31.23	31.90	0.63
3	11:00	32.7	32.7	32.7	33.9	0.6
		31.8	31.8	31.8	33.4	1.4
		32.8	32.8	32.8	32	1.1
	X	32.43	32.43	32.43	33.10	1.03
4	13:00	34.3	34.3	34.3	32.2	1.9
		32.7	32.7	32.7	32.7	1.1
		31.3	31.3	31.3	31.4	0.6
	X	32.77	32.77	32.77	32.10	1.20
5	14:00	33.1	33.1	33.1	31.9	1.3
		33.2	33.2	33.2	31.9	0.9
		30.7	30.7	30.7	31.1	0.7
	X	32.33	32.33	32.33	31.63	0.97
6	15:00	30.1	30.1	30.1	32.1	0.9
		30	30	30	31.3	1.2
		30	30	30	31.2	2.1
	X	30.03	30.03	30.03	31.53	1.40
7	16:00	30.1	30.1	30.1	32.1	0.5
		30.1	30.1	30.1	31	0.2
		30.2	30.2	30.2	31	0.1
	X	30.13	30.13	30.13	31.37	0.27

Keterangan :

- T_{∞} = Temperatur lingkungan
- $T_{s\infty}$ = Temperatur lingkungan bagian samping kolektor
- $T_{f\infty}$ = Temperatur lingkungan bagian atas kolektor
- $T_{b\infty}$ = Temperatur lingkungan bagian bawah kolektor

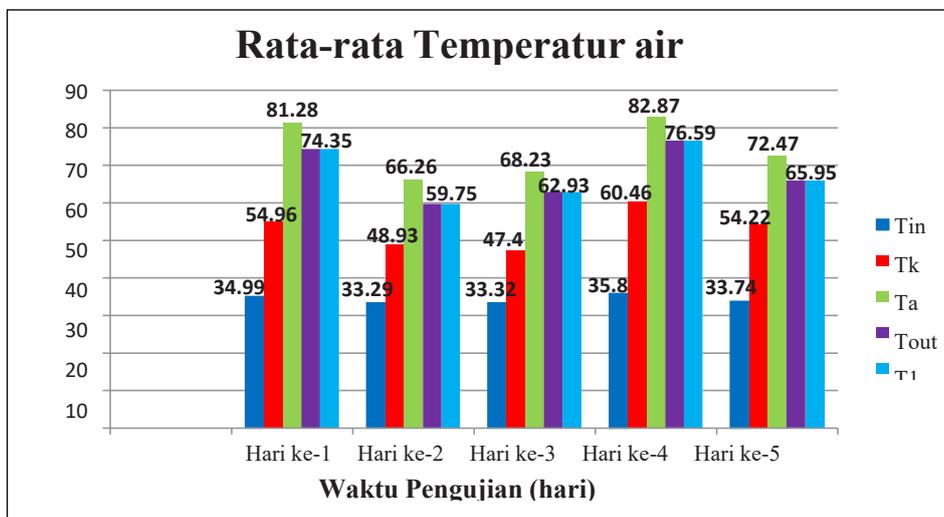
Intensitas Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari diperoleh dari data laporan BMKG Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya sehingga dari data pengukuran tanggal 14 – 18 Juni 2017 dapat dinyatakan intensitas radiasi seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Intensitas radiasi matahari bulan Juni 2017

Pengukuran Juni 2017	Maksimal (W/m ²)	Rata-rata (W/m ²)	Minimal (W/m ²)
Hari ke-1	929	432.7	198.2
Hari ke-2	798	290.7	111.5
Hari ke-3	941	388.8	124.6
Hari ke-4	905	476.2	331.6
Hari ke-5	958	399.7	153.7

Berdasarkan dari hasil pengamatan tanggal 14 – 18 Juni 2017 didapatkan data rata-rata keseluruhan pengujian sehingga dapat digunakan untuk menentukan laju kenaikan temperatur air, rugi-rugi panas (*heat loses*), laju energi panas (kalor) yang diserap pipa kolektor, kalor berguna yang diserap air, efisiensi thermalkolektor dan laju penurunan temperatur tangki air. Data rata-rata keseluruhan pengujian dapat dilihat pada gambar 5.

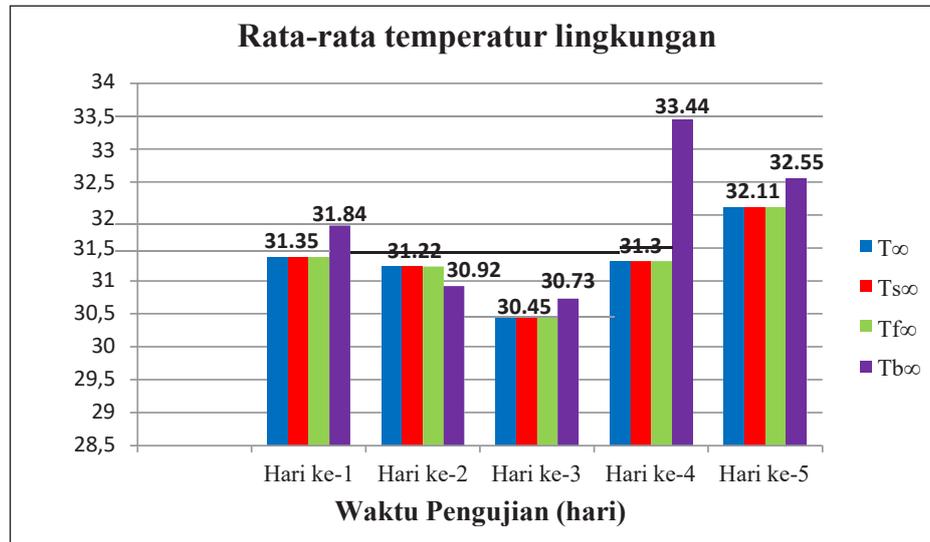


Gambar 5. Rata-rata temperatur air

Keterangan :

- Tin = Temperatur air masuk kolektor
- Tk = Temperatur kaca
- Ta = Temperatur kolektor
- Tout = Temperatur air keluar kolektor
- T1 = Temperatur air masuk tangki

Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara temperatur- temperatur pengamatan seperti, temperatur air masuk (Tin), temperatur kaca (Tk), temperatur kolektor (Ta), temperatur air keluar (Tout), temperatur air masuk tangki (T1). Dapat dilihat pada grafik.1 dalam 5 hari pengujian dipeoleh temperatur air keluar (Tout) rata-rata keseluruhan sebesar 59.75 oC (332.75 K) sampai dengan 76.59 oC (349.59 K). Hal ini sesuai dengan data radiasi matahari yang diperoleh dari BMKG Yogyakarta dimana intensitas radiasi matahari rata-rata sebesar 290.7 W/m2 sampai dengan 476.2 W/m2 .



Gambar 6. Rata-rata temperatur lingkungan

Keterangan :

- T_∞ = Temperatur lingkungan
- T_{s∞} = Temperatur lingkungan bagian samping kolektor
- T_{f∞} = Temperatur lingkungan bagian atas kolektor
- T_{b∞} = Temperatur lingkungan bagian bawah kolektor

Gambar 6 merupakan grafik hubungan antara temperatur- temperatur lingkungan dan kecepatan angin. Berdasarkan dari hasil pengujian selama 5 hari diperoleh temperatur lingkungan rata-rata keseluruhan pengujian sebesar 30.45 °C (303.45 K) sampai dengan 33.44 °C (306.44 K). Sedangkan kecepatan angin diperoleh dengan rata-rata sebesar 0.67 m/s sampai dengan 1.37 m/s. Untuk temperatur lingkungan dan kecepatan angin digunakan untuk menentukan rugi-rugi panas (heat loses) pada water heater.

Besarnya Energi panas (kalor) yang diserap (Qabs)

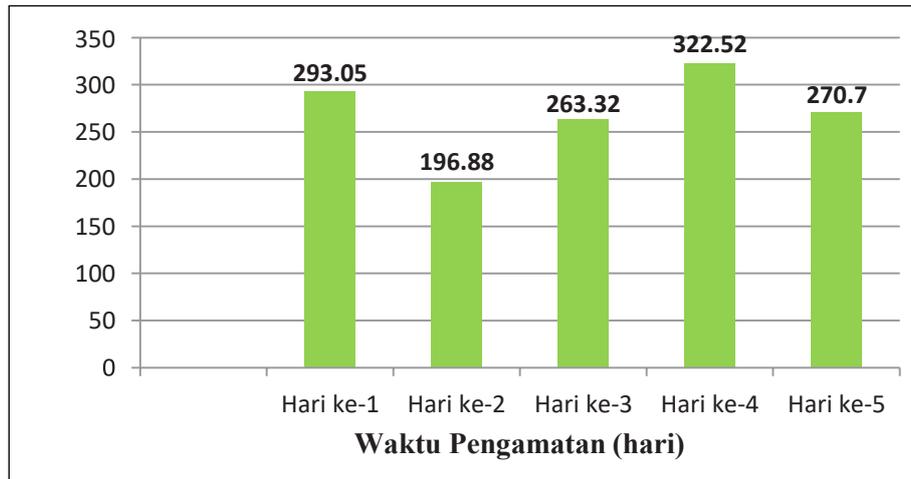
Kemampuan sistem kolektor untuk menerima radiasi matahari menjadi panas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (1)

$$Q_{abs} = I_r \cdot r \cdot \alpha \cdot A_k \tag{1}$$

Dari persamaan 2.6 Qabsorpsi (abs) dapat ditentukan, Qabs = 432.7 W/m2. 0.85. 0.96. 0.83 m² = 293.05 watt Dimana:

- I_r = intensitas radiasi matahari Eglob (W/m2)
- α = absorpsivitas pipa tembaga
- r = transmisivitas kaca penutup kolektor
- A_k = luas penampang kolektor (m2)

Besarnya energi kalor yang diserap



Gambar 7. Grafik besarnya energi kalor yang diserap

Dari grafik besarnya energi kalor yang diserap pada gambar 3, dapat dilihat bahwa dalam 5 hari pengujian diperoleh rata-rata total sebesar 196.88 watt sampai dengan 322.52 watt. Hal ini terjadi karena dipengaruhi radiasi yang diterima water heater berbeda-beda tiap harinya, dari data pengamatan yang didapat dari BMKG Yogyakarta radiasi rata-rata total yang diterima sebesar 290.7 W/m² sampai dengan 476.2 W/m².

Rugi-rugi Panas (QL)

Panas yang hilang dari kolektor ke lingkungan dipengaruhi oleh koefisien perpindahan panas total, luas permukaan plat absorber dan beda temperatur absorber dengan lingkungan dapat ditentukan dengan persamaan (2):

$$QL = F' \cdot UL \cdot (Tr - T_{\infty}) \tag{2}$$

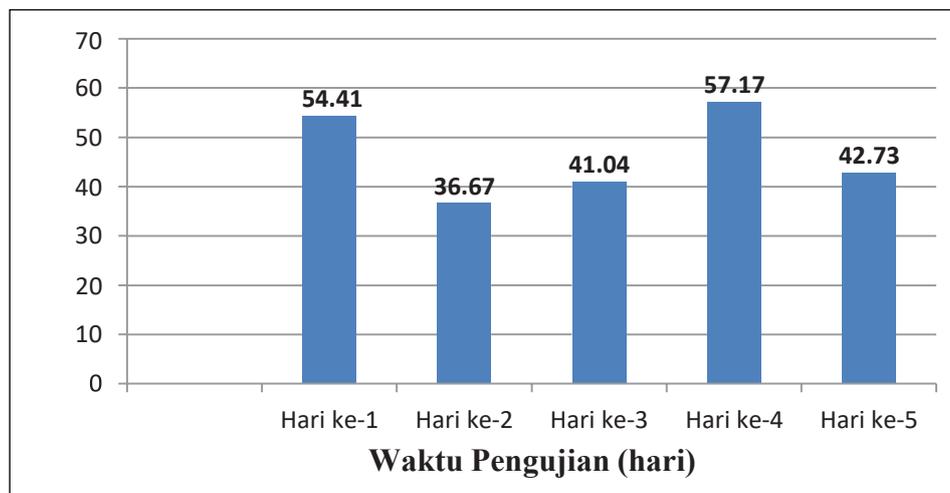
Dimana :

UL = koefisien perpindahan panas total (W/m².K)

F' = faktor efisiensi kolektor (0,8 – 0,9)

Tr = Temperatur rata-rata (temperatur masuk dan keluar kolektor) (K)

T_∞ = Temperatur lingkungan (K)



Gambar 8. Grafik total rugi-rugi panas (heat losses)

Dari grafik grafik total rugi-rugi panas (heat loses) pada grafik 4, dapat dilihat bahwa dalam 5 hari pengujian diperoleh heat loses rata-rata total sebesar 36.67 watt samapi dengan 57.17 watt. Hal ini terjadi karena dipengaruhi oleh temperatur rata-rata air masuk dan keluar, temperatur lingkungan dan kecepatan angin.

Kalor berguna yang diserap air atau panas yang berguna (Qu)

Kalor berguna yang diserap air dalam solar water heater dapat ditentukan menggunakan persamaan 3.

$$QU = - Qloss \tag{3}$$

Dari persamaan 3 Qu dapat ditentukan, $Qu = 293.05 - 54.41 = 238.64$ watt

Dimana :

- Qu = kalor berguna yang diserap (watt)
- Qabs = besarnya energi yang diserap (watt)
- Qloss = rugi-rugi panas pada kolektor (watt)

Effisiensi Thermal Kolektor

Efisiensi thermal kolektor dapat ditentukan menggunakan persamaan 4.

$$\eta = \frac{[Eg_{glob}.A_k.c_a - U_L(T_r - T_{\infty})]}{Eg_{glob}.A_K} \tag{4}$$

Dari persamaan 4 efisiensi kolektor dapat ditentukan,

$$\eta = \frac{0.85[432.7 \cdot 0.83 \cdot 0.85 \cdot 0.96 - 3.31 \cdot 0.83(23.32)]}{432.7 \cdot 0.83}$$

Dimana:

- $\eta = 0.542$
- $\eta = 54.2 \%$
- F' = faktor efisiensi kolektor (0,8 – 0,9)
- Eglob = intensitas radiasi matahari Ir (W/m2)
- A_c = luas penampang kolektor (m²)
- U_L = koefisien perpindahan panas keseluruhan (W/m².K)
- r = transmisivitas kaca penutup kolektor
- α = absorpsivitas pipa tembaga
- T_r = Temperatur rata-rata (temperatur masuk dan keluar kolektor)(K)
- T_∞ = Temperatur lingkungan (K)

Laju Penurunan Temperatur Tangki

Laju penurunan temperatur tangki air dapat ditentukan menggunakan persamaan 5 :

$$\Delta T = \frac{(T_1 - T_2)}{\text{hours}} \tag{5}$$

Dari persamaan 5 laju penurunan temperature tangki dapat ditentukan,

$$\Delta T = \frac{(339.4 - 321.6)}{6} = 2.97 \text{ K/jam}$$

Dimana :

ΔT = laju temperatur air (K/jam)

T2 = temperatur air keluar tangki (K)

T1 = temperatur air setelah dipanaskan (K)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap “Perancangan *Water Heater* Kapasitas 0.1 Liter Perdetik dengan Memanfaatkan Panas Matahari”, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Rugi-rugi panas (*heat loses*) pada kolektor *water heater* ke lingkungan dalam 5 hari pengujian diperoleh rata-rata total sebesar 36.67 watt sampai dengan 57.17 watt. Hal ini terjadi karena dipengaruhi oleh temperatur rata-rata air masuk dan keluar, temperatur lingkungan dan kecepatan angin.
- b. Energi kalor berguna yang diserap air dalam pipa kolektor *solar water heater* dalam 5 hari pengujian rata-rata total sebesar 160.21 watt sampai dengan 265.35 watt.
- c. Efisiensi *thermal* kolektor dalam 5 hari pengujian diperoleh rata-rata total adalah sebesar 54.07 % sampai dengan 54.9 %. efisiensi kolektor rata-rata total sebesar 54 % perharinya. Hal ini terjadi karena *water heater* hanya mampu memanfaatkan panas yang diterima untuk memanaskan air sebesar 54 %, ini berarti 46 % energi panas terbuang ke lingkungan.
- d. Laju penurunan temperatur tangki penyimpanan air hangat dalam 6 jam pengamatan mulai pukul 12:00 WIB sampai pukul 17:00 laju penurunan tangki sebesar 2.97 K/jam atau sebesar 17.84 kelvin selama 6 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] e. a. KA. Ridwan, “Kajian Rancang Bangun Solar Water Heater (SWH) Analisis Terhadap Koefisien Laju Konveksi Dan Efisiensi Pemanas Air,” Politeknik Negeri Sriwijaya, Jurnal Kinetika, pp. 9 - 13, Vol. 10, No. 03 (November 2019).
- [2] R. E. Caraka, “Simulasi Kalkulator Energi Baru Terbarukan (Ebt) Guna Memenuhi Ketahanan Energi Di Indonesia,” Stat. J. Theor. Stat. Its Appl., vol. 16, no. 2, pp. 77–88, 2017, doi: 10.29313/jstat.v16i2.1956.
- [3] B. Mardwianta, A. H. Subarjo, and R. D. Cahyadi, “Studi Ekperimental Penambahan Reflektor Datar Pada Kompor Tenaga Surya Tipe Parabolic,” J. Surya Energy, vol. 6, no. 1, p. 31, 2022, doi: 10.32502/jse.v6i1.3753.
- [4] W. P. Harahap, “Pemanas air merupakan salah satu peralatan yang banyak digunakan oleh manusia untuk menghangatkan air yang digunakan untuk mandi.,” Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT], vol. Vol 1 Nomor 4, pp. 1-10, Desember 2021.
- [5] E. A. Ocsirendi, “Rancang bangun solar water heater dengan kolektor pelat datar berbentuk spiral berbasis mikrokontroler,” Jurnal Manutech, Vols. Vol.10, No.2, pp. 47-51, Desember 2018.
- [6] I. D. d. M. A. Jihan, “Rancang bangun pemanas air (water heater) dengan menggunakan baterai berbasis arduino pro mini,” Infomatek, vol. 21 , no. 2, pp. 91-96, Desember 2019.
- [7] S. E. S. a. I. Santosa, “Perancangan solar water heater jenis plat datar temperatur medium untuk aplikasi penghangat air mandi,” Jurnal Teknologi, vol. 7 , no. 2, pp. 118-127, Desember 2014,.
- [8] S. S. N. S. Rizki Ikhsan, “Studi kinerja solar water heater double plate dengan aliran zig-zag beralur balok,” Jurnal Rekayasa Mesin , vol. 8, no. 1, p. 37 – 46, 2017.

- [9] A. T. a. T. A. Susanto, “Optimalisasi kinerja solar water heater dengan pemilihan material kolektor surya pelat datar,” in *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)* , -, 2017 .
- [10] M. I. M. T. S. M. I. Darwin, “Pengaruh Variasi Bentuk Plat Terhadap Performansi Solar Water Heater,” *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, vol. 8, no. 1 , pp. 7-12, Juni 2020.
- [11] A. D. A. G. S. A. Elfirza Rosiana, “Pengatur Suhu Otomatis Pada Solar Water Heater Berbasis IoT,” *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 4, no. 3, p. 1567–1575, Desember 2022.
- [12] H. S. a. D. Irawan, “Pengaruh jarak antar pipa pada kolektor terhadap panas yang dihasilkan solar water heater (swh),” *Turbo*, vol. 6, no. 1, pp. 84-89, 2017.