

UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH TEKANAN FLUIDA KERJA R134a TERHADAP UNJUK KERJA PEMANAS AIR ENERGI SURYA

Jesayas Sembiring

ABSTRAK Suhu bumi saat ini semakin meningkat dan sumber energi fosil semakin menipis, hal ini perlu disikapi dengan bijak untuk memperoleh kenyamanan hidup manusia di masa depan melalui penelitian energi terbarukan. Energi terbarukan adalah energi yang secara ilmiah tidak dapat habis seperti air terjun, energi angin dan energi surya. Energi surya dapat dimanfaatkan memanaskan air. Air panas merupakan kebutuhan manusia untuk air minum dan air mandi. Pada umumnya untuk memperoleh air panas dengan membakar gas. Gas diperoleh dari alam, suatu saat akan habis sehingga dibutuhkan energi alternatif. Negara Indonesia terletak di lintasan matahari maka akan disinari matahari sepanjang hari, sehingga energi panas surya dapat dijadikan energi alternatif untuk memanaskan air dengan menggunakan kolektor surya. Kolektor surya plat datar dengan sudut kemiringan 30° digunakan untuk menyerap energi panas surya dan oleh kaca penutup kolektor surya, suhu energi surya meningkat dan ditransfer ke pipa panas yang berisi fluida kerja R134a. Akibatnya suhu fluida kerja R134a naik dan massa jenisnya menurun. Perbedaan massa jenis fluida kerja R134a yang panas dengan dingin, menyebabkan fluida kerja R134a mampu bersirkulasi di pipa panas secara alami dengan prinsip sirkulasi efek termosiphon. Saat fluida kerja R134a bersirkulasi melewati tangki air, fluida kerja R134a mentransfer panasnya ke air maka suhu air akan meningkat. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh tekanan fluida kerja R134a terhadap unjuk kerja pemanas air energi surya sistem pipa panas dan galat perhitungan efisiensi kolektor. Hasil kajian tekanan fluida kerja dapat mempengaruhi unjuk kerja kolektor surya yaitu efisiensi kolektor 15,50% tekanan 90 psi dengan galat 0,88%; efisiensi kolektor 28,24% tekanan 100 psi dengan galat efisiensi 0,07% dan efisiensi kolektor 35,49% tekanan 110 psi dengan galat 1,31%. Hasil kajian efisiensi kolektor terbaik 35,49% tekanan 110 psi dan galat efisiensi kolektor terbaik 0,07%.

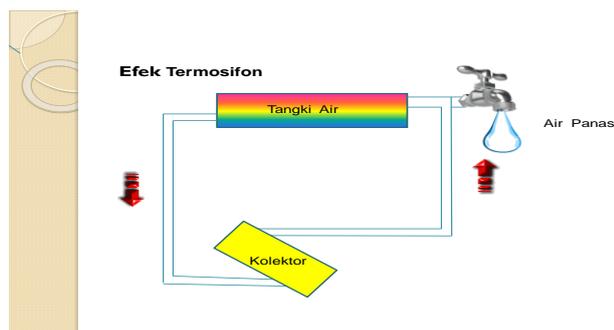
KATA KUNCI Energi surya, fluida kerja R134a, efisiensi kolektor, galat efisiensi kolektor

PENDAHULUAN Latar Belakang

Energi surya merupakan sumber energi bersih, kontiniu dan tak dapat habis. Energi surya yang sampai ke permukaan bumi dikumpulkan oleh kolektor surya kemudian ditransfer ke pipa panas yang berisi fluida kerja R134a. Saat ini untuk memperoleh air panas dengan membakar energi fosil sementara

Sembiring adalah Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Santo Thomas Medan

cadangan terbatas suatu saat akan habis, maka perlu dicari sumber energi alternatif. Pemanas air energi surya dapat dijadikan energi alternatif, dimana alat ini dapat beroperasi secara alami tanpa pompa mekanik yakni dengan prinsip sirkulasi efek termosifon. Dengan efek termosifon R134a, bila R134a dipanasi akan berubah fasa dari cair menjadi gas dan berat jenisnya menjadi turun demikian juga sebaliknya saat R134a mentransfer panas ke air maka R134a berubah fasa dari fasa gas menjadi fasa cair dan berat jenisnya naik. Akibat perubahan fasa ini maka R134a dapat bersirkulasi terus menerus sampai air menjadi panas.

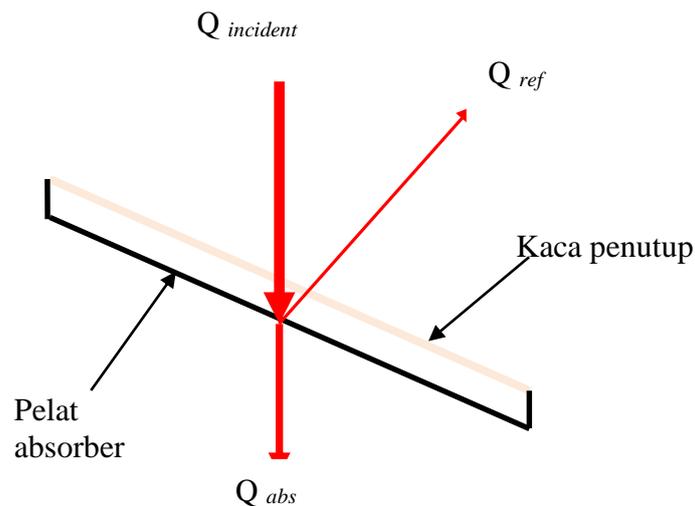


Gambar 1 Prinsip Sirkulasi Efek Termosifon

TINJAUAN Perpindahan panas

PUSTAKA

Proses perpindahan ada tiga cara yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi. Menurut Soteris (2009) energi panas yang diserap pelat kolektor tidak semuanya diserap tetapi sebagian dipantulkan kembali ke atmosfer. Gambar 2 di bawah merupakan ilustrasi proses distribusi radiasi energi surya yang dialami pelat kolektor surya.



Gambar 2 Distribusi Radiasi Energi Surya

METODE PENELITIAN Tempat melaksanakan pengujian di Lantai 4 Gedung Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

Bahan

1. Air bersih

Air yang digunakan pada pengujian ini adalah air murni dan bersih yang biasa digunakan untuk air mandi sebanyak 15 liter diambil dari PAM Tirtanadi.

2. Kaca penutup

Kaca penutup kolektor dipilih kaca bening tebal 5 mm dengan ukuran 120 x 80 cm sebanyak dua keping.

3. Refrigeran R134a

Fluida kerja yang digunakan pada pengujian ini adalah Refrigeran R134a sebanyak satu tabung, seperti Gambar 3 di bawah.



Gambar 3 Fluida Kerja R134a

Peralatan

1. Pompa Vacum

Pompa vacum berfungsi memeriksa kebocoran pipa panas. Pompa yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 Pompa Vakum

Sumber: Simbolon, 2014

1. Manifold Gauge

Manifold Gauge berfungsi menentukan besar tekanan fluida kerja R134a di dalam pipa panas dan alat manifold gauge yang digunakan ditunjukkan seperti pada Gambar 5



Gambar 5 Manifold Gauge

2. Agilen 34972 A

Angilen berfungsi untuk membaca dan mencatat temperatur titik-titik yang ingin diketahui temperaturnya, seperti Gambar 6 di bawah.

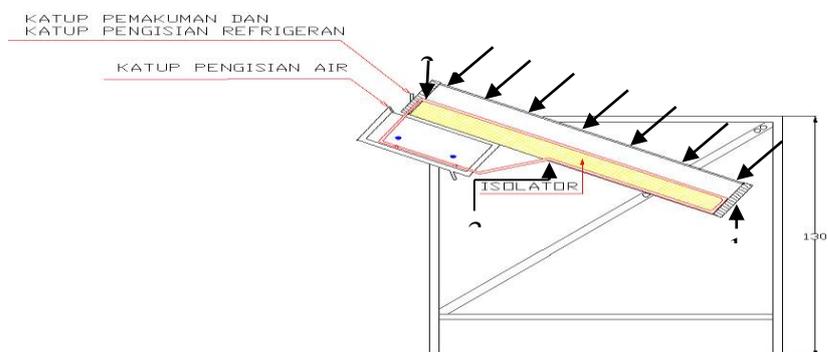


Gambar 6 Agilen 34972 A

Sumber: Simbolon, 2014

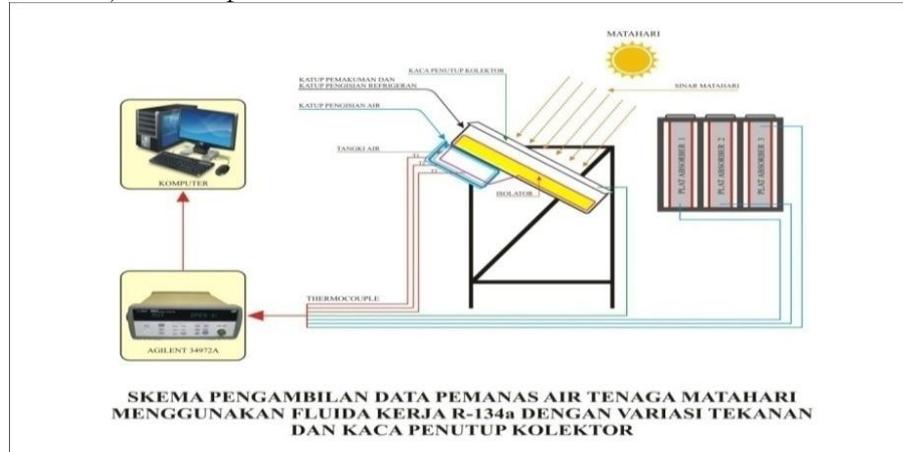
3. Pemanas Air Energi Surya

Pemanas Air Energi Surya yang digunakan pada pengujian ini diperlihatkan pada Gambar 7 di bawah.



Gambar 7 Pemanas Air Energi Surya

Susunan peralatan yang digunakan saat pengujian untuk proses pengambilan data ditunjukkan seperti Gambar 8 di bawah.



Gambar 8 Skema Pengambilan Data Pemanas Air Energi Surya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji eksperimental dengan variasi tekanan fluida kerja terhadap Pemanas Air Energi Surya diperoleh data hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1 Hasil Pengujian Dua Kaca Penutup Kolektor Variasi Tekanan

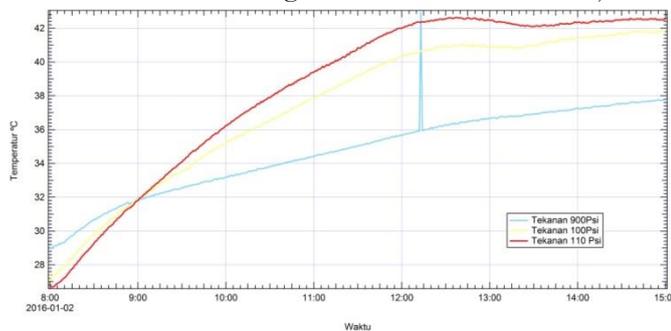
Penutup Kolektor	Tekanan (psi)	Temperatur Air Awal (°C)	Temperatur Air Maks (°C)	Jam (WIB)
2 Kaca	90	27,54	36,47	14,48
	100	25,84	40,50	14,10
	110	25,01	42,89	14,03
2 Kaca	90	28,00	37,47	15,16
	100	25,92	42,35	15,10
	110	25,19	43,05	14,24

Analisis penelitian

Tekanan 90 psi, 100 psi dan 110 psi

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa titik didih air Dengan menggunakan *software* Igor Pro, hasil pengujian di atas dibuat dalam bentuk grafik ditunjukkan seperti Gambar 9 di bawah.

berbanding lurus tekanan fluida kerja.

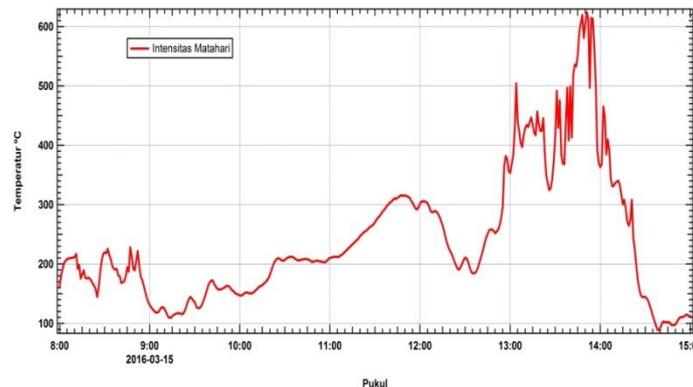


Gambar 9 Temperatur Air Vs Waktu

Berdasarkan grafik di atas garis berwarna biru adalah grafik tekanan 90 psi dengan temperatur air maksimum 36,47°C, warna kuning tekanan 100 psi dengan temperatur air maksimum 40,55°C dan warna merah tekanan 110 psi dengan temperatur air maksimum 42,89°C.

PEMBAHASAN

Uji pemanas air energi surya dimulai pukul 08.00 WIB dengan intensitas matahari awal 161,9 W/m² dan satu menit kemudian: 180,6 W/m². Grafik Intensitas matahari vs waktu ditunjukkan gambar 10. Dari grafik intensitas matahari dapat dihitung energi panas yang diserap kolektor.



Gambar 10 Grafik Intensitas Matahari Vs Waktu

Energi panas yang diserap kolektor

Besar energi panas yang diserap kolektor menurut Mehmet Esen dapat dihitung dengan persamaan

$$Q_{incident} = A \int_1^2 I dt$$

dimana: A = luas penampang pelat absorber: 0,2 m²

$\int_1^2 I dt$ adalah total intensitas matahari yang sampai di kolektor dari waktu t_1 sampai t_2 , dan dapat dihitung dari luas dibawah kurva dengan menggunakan metode trapesium yaitu setiap satu menit dihitung luas dibawah kurva memakai persamaan berikut

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

dimana:

L_1 : Luas daerah dibawah kurva intensitas dalam satu menit

y_0 : Intensitas saat awal penelitian: 161,9 W/m²

y_1 : Intensitas satu menit kemudian: 180,6 W/m²

Δx : Waktu: 60 detik

$$\text{Maka: } L_1 = \frac{161.9 + 180.6}{2} \times 60 = 10275$$

Luas dibawah kurva dalam satu menit adalah 13089 Joule/m². Air telah mencapai temperatur maksimum pada jam 15.58 WIB maka luas kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 \dots\dots + L_{409}$$

Menggunakan bantuan microsoft excel didapat:

$$L = 6.021.060$$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah:

$$\begin{aligned} Q_{\text{incident}} &= 0,2 \times 6.021.060 \\ &= 1204,21 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Energi yang diserap air

Besar energi panas yang diserap air menurut Mehmet Esen dapat dihitung dengan persamaan:

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

dimana:

$$m_w = \text{Massa air: } 5 \text{ kg}$$

$$C_{pw} = \text{Panas jenis air: } 4,18 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_{w1} = \text{Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: } 27,54 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{w2} = \text{Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor: } 36,47 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka: } Q_u &= 5 \times 4,18 (36,47 - 27,54) \\ &= 186,637 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Efisiensi Kolektor

Menurut Josep Enaburekhan, besar efisiensi kolektor dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\eta = m_w C_{pw} (T_{w2} - T_{w1}) / Q_{\text{incident}}$$

Maka efisiensi kolektor pada tekanan 90 psi adalah

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_u}{Q_{\text{incident}}} \\ &= \frac{186,637}{1204,210} \\ &= 0,1550 \end{aligned}$$

Energi panas yang diserap kolektor tekanan 100 psi

Air mencapai temperatur maksimum pada jam 14.10 WIB maka luas kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 \dots\dots + L_{363}$$

Dengan menggunakan bantuan *Microsoft Excel* didapat: $L = 5442714$ Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah

$$\begin{aligned} Q_{\text{incident}} &= 0,2 \times 5442714 \\ &= 1088,542 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Energi yang diserap air

Energi panas yang diserap air dihitung dengan persamaan berikut:

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

dimana:

$$m_w = \text{Massa air: } 5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 C_{pw} &= \text{Panas jenis air: } 4,18 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \\
 T_{w1} &= \text{Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: } 25,84 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 T_{w2} &= \text{Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor:} \\
 &40,55^{\circ}\text{C} \\
 \text{Maka } Q_u &= 5 \times 4,18 (40,55 - 25,84) \\
 &= 307,439 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Efisiensi Kolektor

Efisiensi kolektor pada tekanan 100 psi adalah:

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Q_u}{Q_{\text{incident}}} \\
 \eta &= \frac{307,439}{1088,542} \\
 \eta &= 0,2824
 \end{aligned}$$

Energi panas yang diserap kolektor Tekanan 110 psi.

Air telah mencapai temperatur maksimum pada jam 14.03 WIB maka luas di bawah kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 \dots + L_{356}$$

Menggunakan bantuan *Microsoft Excel* didapat:

$$L = 5264745$$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{incident}} &= 0,2 \times 5264745 \\
 &= 1052,949 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Energi yang diserap air

Energi panas yang diserap air dihitung dengan persamaana:

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

dimana:

$$m_w = \text{Massa air: } 5 \text{ kg}$$

$$C_{pw} = \text{Panas jenis air: } 4,18 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_{w1} = \text{Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: } 25,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 T_{w2} &= \text{Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor:} \\
 &42,89^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Maka energi panas yang diserap air adalah

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 5 \times 4,18 (42,89 - 25,01) \\
 &= 373,692 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

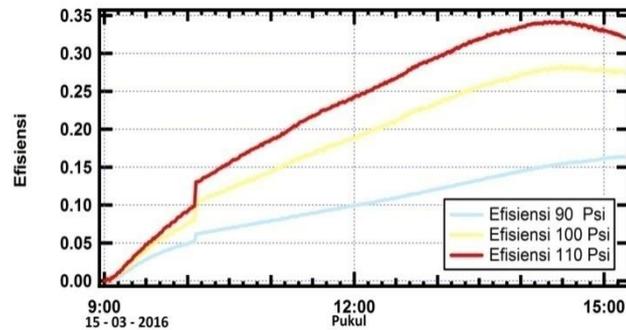
Efisiensi kolektor

Efisiensi kolektor pada tekanan 110 psi adalah:

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Q_u}{Q_{\text{incident}}} \\
 \eta &= \frac{373,692}{1052,949} \\
 &= 0,3549
 \end{aligned}$$

Verifikasi efisiensi kolektor

Verifikasi efisiensi kolektor dibuat untuk mengetahui galat atau penyimpangan hasil perhitungan efisiensi kolektor. Verifikasi efisiensi kolektor dihitung dengan perangkat lunak *Microsoft Excel*, kemudian dibuat gambar verifikasi efisiensi kolektor dengan menggunakan perangkat lunak Igor Pro. Dari gambar 11 di bawah didapat galat efisiensi kolektor pada tekanan 90 psi sebesar 0,88 %; galat pada tekanan 100 psi 0,07% dan galat pada tekanan 110 psi 1,31 %. Hasil galat efisiensi kolektor dibuat dalam grafik seperti Gambar 11 di bawah (Sembiring, 2016).



Gambar 11 Grafik Verifikasi Efisiensi Kolektor vs Waktu

Hasil verifikasi efisiensi kolektor ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah
Tabel 2 Hasil Verifikasi Efisiensi Kolektor

Tekanan (psi)	Efisiensi Hasil Eksperimen (%)	Efisiensi hasil Verifikasi (%)	Galat Efisiensi (%)
90	15,50	16,38	0,88
100	28,31	28,24	0,07
110	35,49	34,18	1,31

SIMPULAN Dari hasil kajian dibuat kesimpulan:

1. Efisiensi kolektor 15,50% pada tekanan 90 psi dengan galat 0,88%
2. Efisiensi kolektor 28,24% pada tekanan 100 psi dengan galat 0,07%
3. Efisiensi kolektor 35,49% pada tekanan 110 psi dengan galat 1,31%.
4. Efisiensi kolektor terbaik 35,49% dan galat terbaik 0,07%.

RUJUKAN Fransito Simbolon (2014), "Kajian Eksperimental Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Pipa Panas dengan Menggunakan Fluida Secondary R-141b dan R- 410a".

Jesayas Sembiring (2016) Kajian Unjuk Kerja Pemanas Air Tenaga Matahari Sistim Pipa Panas Menggunakan Refrigeran R134a

J. Eneburekhan., Usman T. Yakasai. (2008). *Performance Evaluation Of A Refrigerant-Charged Integrated Solar Water Heater In Northern Nigeria, Desalination 243 (2009) 208 – 217.*

Jhon A. Duffie (2006), *Solar Engineering Of Thermal Processes, Printed in the states Of America.*

- M. Esen., H. Esen. (2005), *Experimental Investigation Of A Two – Phase Closed Thermosyphon Solar Water Heater*, *Solar Energy* 459 – 468
- Soteris. A.Kalogirou (2009), *Solar Energy Engineering*, Printed in the United States Of America