

KAJIAN UNJUK KERJA PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI SISTEM PIPA PANAS MENGGUNAKAN FLUIDA KERJA R134a DENGAN SATU KACA PENUTUP KOLEKTOR

Jesayas Sembiring

Email: sembiring.jesayas@gmail.com

ABSTRAK Negara Indonesia terletak dilintasan Matahari maka akan disinari Matahari sepanjang hari, sehingga energi panas matahari dapat dijadikan energi alternatif untuk memanaskan air dengan menggunakan kolektor matahari. Kolektor matahari plat datar dengan sudut kemiringan 30^0 digunakan untuk menyerap energi panas matahari dan oleh kaca penutup kolektor, suhu energi panas matahari meningkat dan di transfer ke pipa panas yang berisi fluida kerja R134a. Akibatnya suhu fluida kerja R134a akan naik dan massa jenisnya menurun. Perbedaan massa jenis fluida kerja R134a yang panas dengan dingin, menyebabkan fluida kerja mampu bersirkulasi di pipa panas secara alami dengan prinsip sirkulasi efek termosiphon. Saat fluida kerja R134a bersirkulasi melewati tangki air, fluida kerja 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 matahari sistem pipa panas menggunakan satu kaca penutup kolektor. Hasil kajian adalah tekanan fluida kerja mempengaruhi unjuk kerja kolektor matahari yaitu efisiensi kolektor 9,13% pada tekanan 90 psi; efisiensi kolektor 15,90% pada tekanan 100 psi dan efisiensi kolektor 17,77% pada tekanan 110 psi. Hasil kajian efisiensi kolektor terbaik adalah 17,77% pada tekanan 110 psi.

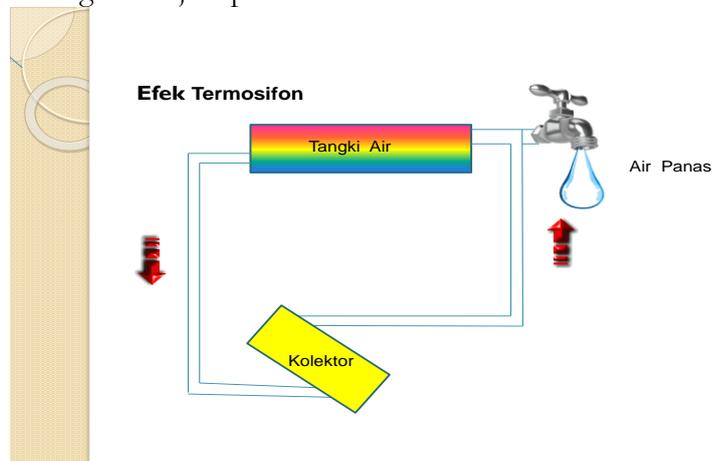
KATA KUNCI air panas, energi panas matahari, fluida kerja r134a, efisiensi kolektor

PENDAHULUAN Latar Belakang

Energi matahari merupakan sumber energi bersih, kontinyu dan tak dapat habis. Energi matahari yang sampai ke permukaan bumi dikumpulkan oleh kolektor matahari kemudian ditransfer ke pipa panas yang berisi fluida kerja R134a. Saat ini untuk memperoleh air panas dengan membakar energi fosil, sementara cadangan energi fosil terbatas suatu saat akan habis, maka perlu dicari sumber energi alternatif. Pemanas air energi matahari dapat dijadikan energi alternatif, dimana alat ini dapat beroperasi secara alami tanpa pompa mekanik yakni dengan prinsip sirkulasi efek termosifon. Dengan efek termosifon, bila R134a dipanasi akan berubah fasa dari cair menjadi gas dan massa jenisnya menjadi turun demikian juga sebaliknya saat R134a

Jesayas adalah Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Simalungun

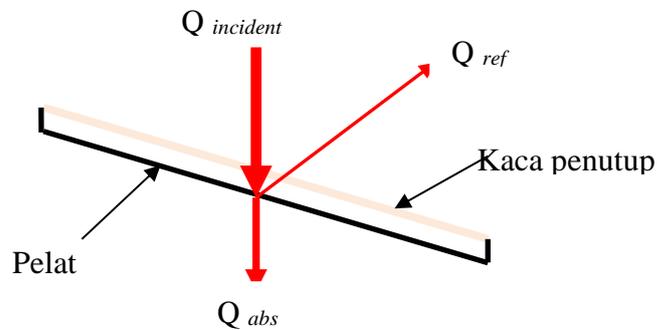
mentransfer energi panas ke air maka fluida kerja berubah fasa dari fasa gas menjadi fasa cair dan massa jenisnya naik. Akibat perubahan fasa ini maka fluida kerja R134a dapat bersirkulasi secara alami terus menerus sampai air didalam tangki menjadi panas.



Gambar 1 Prinsip Sirkulasi Efek Termosifon

TINJAUAN PUSTAKA **Perpindahan panas**

Proses perpindahan ada tiga cara yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi. Menurut Soteris energi panas yang diserap 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 matahari.



Gambar 2 Distribusi Radiasi Energi Surya

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

METODE PENELITIAN **Bahan**

1. Air bersih

Air yang digunakan pada penelitian 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 2 keping.

3. Refrigeran R134a 1 botol.

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 Vacuum

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



Gambar 4 Pompa Vacuum

2. Manifold Gauge

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



Gambar 5 Manifold Gauge

3. Agilen 34972 A

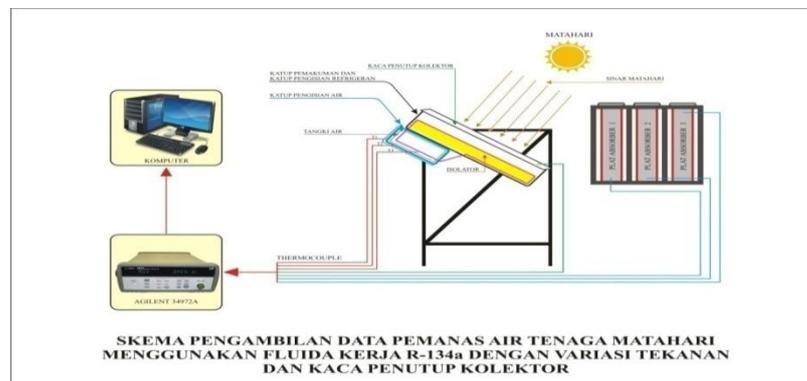
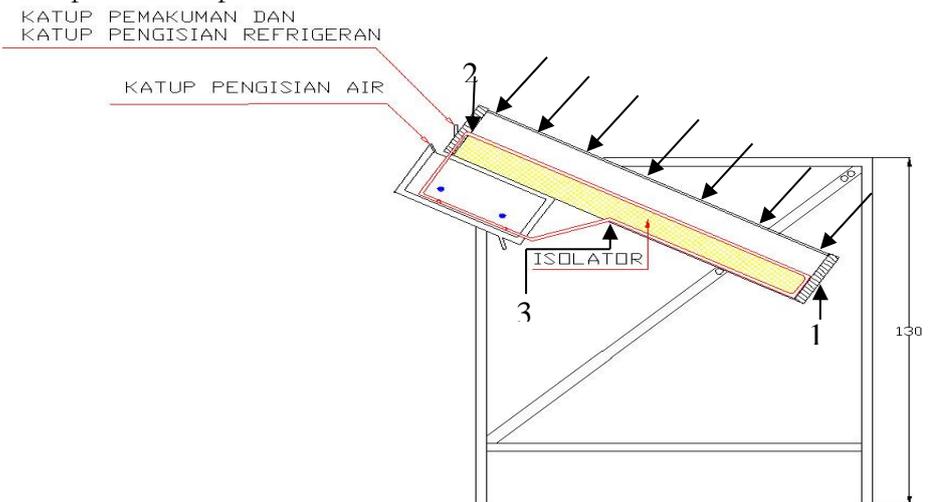
Angilen berfungsi untuk membaca dan mencatat temperatur titik – titik yang ingin diketahui temperaturnya, seperti Gambar 6 di bawah.



Gambar 6 Agilen 34972 A

4. Pemanas Air Energi Matahari

Pemanas Air Energi Matahari yang digunakan pada pengujian ini diperlihatkan pada Gambar 7 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 menggunakan Satu Kaca Penutup Kolektor.

Penutup Kolektor	Tekanan (psi)	Temp air awal ($^{\circ}\text{C}$)	Temp air maks ($^{\circ}\text{C}$)	Jam (WIB)
Satu Kaca	90	28,00	37,47	15,09
	100	25,92	42,35	15,03
	110	25,19	43,05	14,17

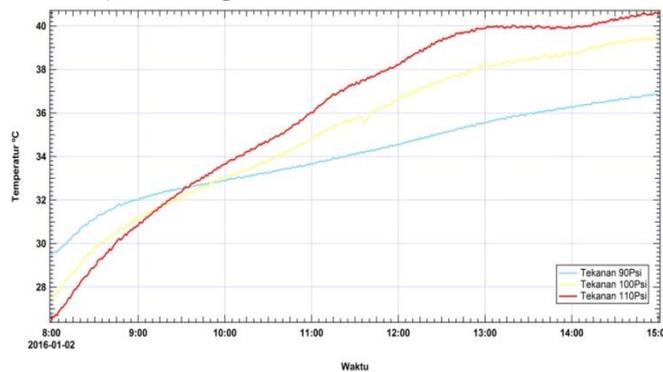
Sumber: Sembiring (2016)

Analisis penelitian

Tekanan 90 psi, 100 psi dan 110 psi

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa, titik didih air berbanding lurus tekanan fluida kerja.

Dengan menggunakan software Igor Pro, hasil pengujian di atas dibuat dalam bentuk grafik ditunjukkan seperti Gambar 9 di bawah.

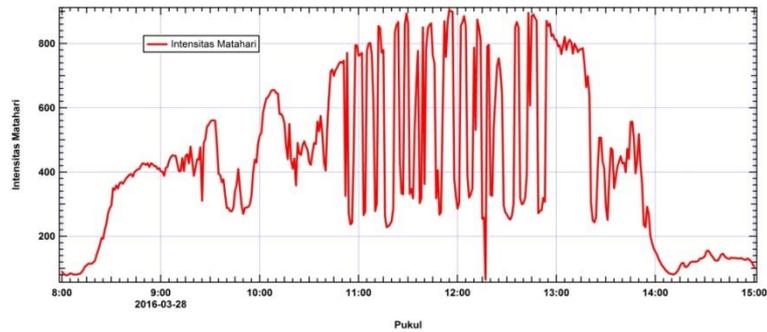


Gambar 9 Temperatur Air Vs Waktu

Berdasarkan grafik di atas garis berwarna biru adalah grafik tekanan 90 psi dan temperatur air maksimum $37,49^{\circ}\text{C}$, warna kuning tekanan 100 psi dan temperatur air maksimum $42,35^{\circ}\text{C}$ dan warna merah tekanan 110 psi dan temperatur air maksimum $43,03^{\circ}\text{C}$.

PEMBAHASAN

Pengujian pemanas air energi matahari dimulai pukul 08.00 WIB dengan intensitas matahari awal $105,6 \text{ W/m}^2$ dan satu menit kemudian: $109,4 \text{ W/m}^2$. Grafik Intensitas matahari vs waktu ditunjukkan seperti gambar 10. Dari grafik intensitas matahari tersebut 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

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

dimana: A = luas penampang pelat absorber: $0,2 \text{ m}^2$

$\int_1^2 Idt$ 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: $105,6 \text{ W/m}^2$

y_1 : Intensitas satu menit kemudian: $109,4 \text{ W/m}^2$

Δx : Waktu: 60 detik

$$\text{Maka: } L_1 = \frac{105.6 + 109.4}{2} \times 60 = 6450$$

Luas di bawah kurva dalam satu menit adalah 6450 Joule/m^2 . Air telah mencapai temperatur maksimum pada jam 15.16 WIB maka luas kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_{423}$$

Menggunakan bantuan microsoft excel didapat:

$$L = 10.836.402$$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah:

$$\begin{aligned} Q_{incident} &= 0,2 \times 10.836.402 \\ &= 2167,28 \text{ kJ} \end{aligned}$$

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 = Massa air: 5 kg

C_{pw} = Panas jenis air: 4,18 kJ/kg⁰C

T_{w1} = Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: 28,00 °C

T_{w2} = Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor: 37,47°C

Maka:

$$\begin{aligned} Q_u &= 5 \times 4,18 (37,47 - 28,00) \\ &= 197,923 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Efisiensi Kolektor

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

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

Maka efisiensi kolektor pada tekanan 90 psi adalah

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

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{197,923}{2167,28} \\ &= 0,0913 \end{aligned}$$

Energi panas yang diserap kolektor tekanan 100 psi

Air mencapai temperatur maksimum pada jam 15.10 WIB maka luas kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_{417}$$

Dengan menggunakan bantuan microsoft excel didapat: $L = 10.814.988$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah

$$\begin{aligned} Q_{incident} &= 0,2 \times 10.814.988 \\ &= 2162,99 \text{ kJ} \end{aligned}$$

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 = Massa air: 5 kg

C_{pw} = Panas jenis air: 4,18 kJ/kg⁰C

T_{w1} = Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: 25,92°C

T_{w2} = Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor: 42,35°C

$$\begin{aligned} \text{Maka } Q_u &= 5 \times 4,18 (42,35 - 25,92) \\ &= 343,387 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Efisiensi Kolektor

Efisiensi kolektor pada tekanan 100 psi adalah:

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

$$\eta = \frac{343,387}{2162,99}$$

$$\eta = 0,1590$$

Energi panas yang diserap kolektor Tekanan 110 psi.

Air telah mencapai temperatur maksimum pada jam 14.24 WIB maka luas di bawah kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 \dots + L_{371}$$

Menggunakan bantuan microsoft excel didapat:

$$L = 10.490.352$$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah:

$$Q_{\text{incident}} = 0,2 \times 10.490.352$$

$$= 2098,07 \text{ kJ}$$

Energi yang diserap air

Energi panas yang diserap air dihitung dengan persamaan:

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

dimana:

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

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

$$T_{w1} = \text{Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: } 25,19 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{w2} = \text{Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor: } 43,05 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Maka energi panas yang diserap air adalah

$$Q_u = 5 \times 4,18 (43,05 - 25,19)$$

$$= 372,856 \text{ kJ}$$

Efisiensi kolektor

Efisiensi kolektor pada tekanan 110 psi adalah:

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

$$\eta = \frac{372,856}{2098,07}$$

$$= 0,1777$$

SIMPULAN Dari hasil kajian dibuat kesimpulan:

1. Efisiensi kolektor 9,13% pada tekanan 90 psi
2. Efisiensi kolektor 15,90% pada tekanan 100 psi
3. Efisiensi kolektor 17,77% pada tekanan 110 psi
4. Efisiensi kolektor terbaik 17,77%

- RUJUKAN** Simbolon, Fransito. 2014. “Kajian Eksperimental Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Pipa Panas dengan Menggunakan Fluida Secondary R-141b dan R- 410a”.
- Sembiring, Jesayas. 2016. Kajian Unjuk Kerja Pemanas Air Tenaga Matahari Sistem 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*
- M. Esen, Yuksel, T. 2000. *Performance of Thermosyphon Flat Plate Solar Collector With Heat Pipes, Firat University Journal of Science and Enginnering 12 (2). 201-207.*
- Soteris. A.Kalogirou. 2009. *Solar Energy Engineering, Printed in the United States Of America*