

KAJIAN UNJUK KERJA PEMANAS AIR ENERGI SURYA SISTEM PIPA PANAS MENGUNAKAN SATU KACA PENUTUP

Jesayas Sembiring

ABSTRAK Energi Surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat potensial. Menggunakan alat pemanas air energi surya sistem pipa panas, energi surya dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air tanpa mengeluarkan biaya operasional yang besar. Alat pemanas air energi surya sistem pipa panas, panas energi surya dikumpulkan oleh kolektor surya kemudian ditransfer ke air dengan sirkulasi alami, sehingga air didalam tangki secara perlahan akan naik suhunya menjadi air panas. Menggunakan fluida kerja refrigeran R 134a sebagai fluida kerja untuk mentrasfer energi panas surya merupakan solusi terbaik karena fluida kerja refrigeran R 134a merupakan fluida kerja mudah menguap dan masuk kedalam klasifikasi keamanan sifat racun rendah dan tidak terbakar. Dengan demikian pemakaian fluida kerja refrigeran R134a sebagai fluida kerja pada penelitian kajian unjuk kerja pemanas air energi surya sistem pipa panas dengan sudut kolektor 30^0 cukup aman dan terjamin tidak merusak lingkungan serta tidak mengganggu kesehatan manusia. Air panas merupakan kebutuhan manusia. Pada umumnya air panas diperoleh dengan membakar bahan bakar fosil. Perlu diketahui bahwa dengan membakar bahan bakar fosil akan menghadirkan gas CO, CO₂ ke permukaan atmosfer dan gas tersebut merupakan pemicu polusi udara. Untuk menghindari terbentuknya lebih banyak gas CO dan CO₂ ke permukaan atmosfer maka salah satu solusinya adalah memanaskan air menggunakan pemanas air energi Surya. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki dan mengetahui pengaruh besar tekanan fluida kerja R134a terhadap unjuk kerja pemanas air energi surya sistem pipa panas menggunakan satu kaca penutup. Hasil kajian diperoleh tekanan fluida kerja mempengaruhi unjuk kerja kolektor surya yaitu efisiensi kolektor pada tekanan 90 psi 5,94%; tekanan 100 psi 10,12% dan tekanan 110 psi 13,38%. Efisiensi terbaik adalah 13,38% pada tekanan 110 psi.

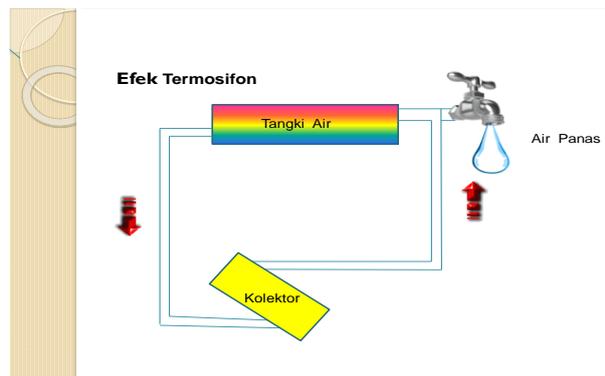
KATA KUNCI Energi surya, fluida kerja refrigeran R134a, tekanan, efisiensi kolektor

PENDAHULUAN Latar Belakang

Sumber daya alam yang berlimpah tidak dapat langsung dimanfaatkan melainkan harus diimbangi dengan peningkatan sumber daya manusia, guna mengelola sumber daya alam seperti: energi potensial air terjun, energi

Sembiring adalah Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Santo Thomas Medan

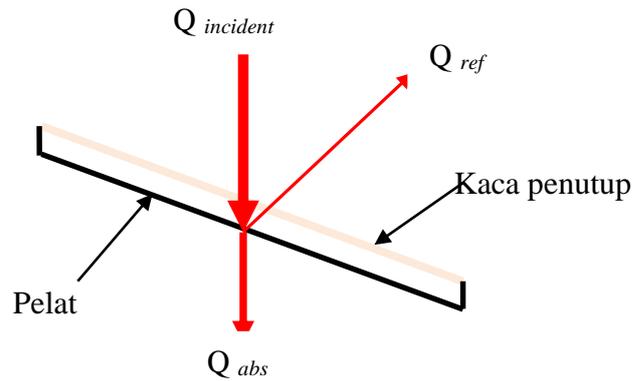
kinetik angin dan energi panas yang terdapat di Matahari. Khusus energi panas surya, Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang berlimpah dan tidak terbatas karena Indonesia terletak pada 6° LU dan 11° LS sehingga akan disinari Matahari sepanjang hari. Energi surya salah satu energi terbarukan yang diperoleh dari sumber daya alam dan dapat berkelanjutan dengan baik. Energi panas surya diperoleh dengan gratis, kontiniu, bersih dan tidak habis. Alat pemanas air energi surya dapat beroperasi secara alami tanpa pompa mekanik yakni dengan prinsip sirkulasi efek termosifon, sehingga dapat dijadikan sebagai energi alternatif. Sehubungan dengan itu pemanas air energi surya sistem pipa panas cukup menarik untuk dikaji lebih mendalam sebagai pemanas air, karena terdapat peluang untuk mengurangi ketergantungan produksi air panas dari ketel uap untuk memenuhi kebutuhan air panas sebagai air minum, air mandi, air pencuci peralatan rumah tangga yang berlemak dan air pengisi ketel uap. Pemanas air energi surya sistem pipa panas dapat digunakan dengan sederhana dan murah untuk mereduksi ketergantungan terhadap bahan bakar kayu dan bahan bakar fosil untuk memanaskan air. Pemanas air energi surya dapat dijadikan energi alternatif, dimana alat ini dapat beroperasi secara alami tanpa pompa mekanik yakni dengan prinsip sirkulasi efek termosifon.



Gambar 1 Prinsip Sirkulasi Efek Termosifon (Sembiring, 2016)

TINJAUAN Perpindahan panas

PUSTAKA Prinsip kerja pemanas air energi surya sistem pipa panas menggunakan tiga modus perpindahan yaitu perpindahan panas secara konduksi atau hantaran, konveksi dan radiasi. Menurut Soteris 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 (Soteris)

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 2 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 (Sembiring, 2016)

Peralatan

1. Pompa Vacuum
Pompa vacuum berfungsi memeriksa kebocoran pipa panas. Pompa yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Pompa Vakum (Simbolon, 2014)

2. 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 di bawah



Gambar 5 Manifold Gauge (Sembiring, 2016)

3. Agilen 34972 A

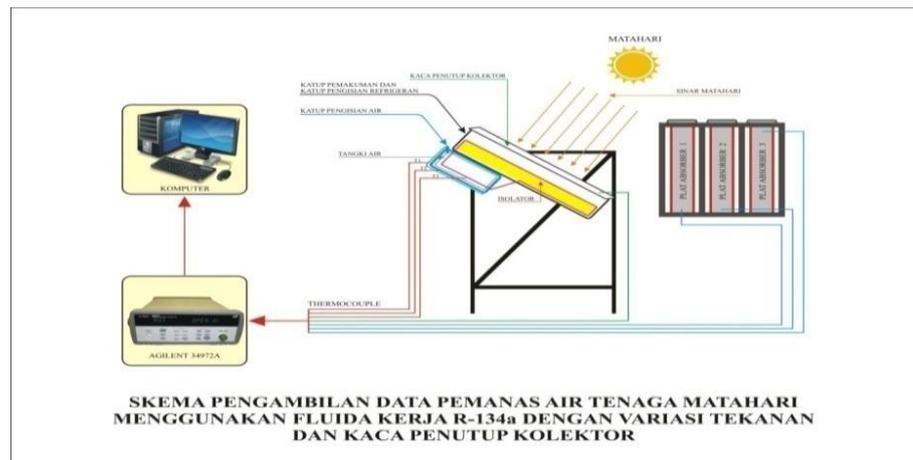
Angilen berfungsi untuk membaca dan mencatat temperatur titik-titik yang ingin diketahui temperaturnya, seperti Gambar 6.



Gambar 6 Agilen 34972 A (Simbolon, 2014)

4. Pemanas Air Energi Surya

Susunan alat Pemanas Air Energi Surya yang digunakan untuk mengambil data pada pengujian ini diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Skema Pengambilan Data Pemanas Air Energi Surya (Sembiring, 2016)

Berdasarkan hasil uji eksperimental pemanas air energi surya sistem pipa panas dengan variasi tekanan fluida kerja refrigeran R134a menggunakan penutup kolektor satu kaca diperoleh data hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1 Hasil Pengujian Satu Kaca Penutup Kolektor dengan Variasi Tekanan.

Penutup Kolektor	Tekanan (psi)	Temperatur Air Awal (°C)	Temperatur Air Maks (°C)	Jam (WIB)
1 Kaca	90	28,00	37,49	15,09
	100	25,92	42,35	15,05
	110	25,19	43,03	14,17
1 Kaca	90	29,78	38,32	15,58
	100	27,55	42,07	15,56
	110	26,45	44,11	15,52

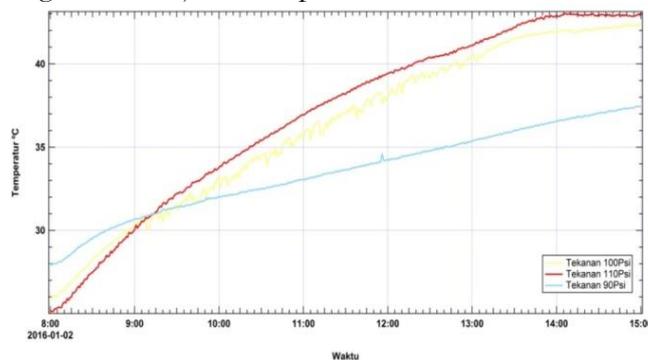
Sumber: Tesis.Sembiring, J.,2016

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis penelitian

Tekanan 90 psi, 100 psi dan 110 psi

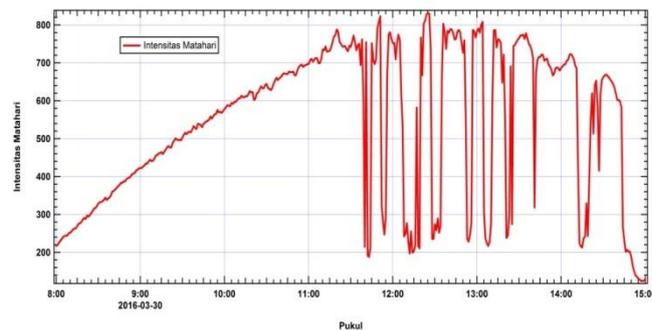
Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa, titik didih air berbanding lurus tekanan. Menggunakan *software* Igor Pro, hasil pengujian di atas dibuat dalam bentuk grafik ditunjukkan seperti Gambar 9 di bawah.



Gambar 9 Temperatur Air Vs Waktu (Sembiring, 2016)

Berdasarkan dari grafik di atas, maka garis berwarna biru adalah grafik tekanan 90 psi dengan temperatur air maksimum 38,32°C, garis warna kuning adalah grafik tekanan 100 psi dengan temperatur air maksimum 42,07°C dan garis warna merah adalah tekanan tekanan 110 psi dengan temperatur air maksimum 44,11°C.

Pengujian pemanas air energi surya sistem pipa panas menggunakan satu kaca penutup kolektor dimulai pukul 08.00 WIB dengan intensitas matahari awal 216,9 W/m² dan satu menit kemudian:219,4 W/m². Grafik Intensitas matahari vs waktu ditunjukkan pada gambar 10. Dari grafik intensitas matahari dapat dihitung energi panas yang diserap kolektor.



Gambar 10 Grafik Intensitas Matahari Vs Waktu (Sembiring, 2016)

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 m²

$\int_1^2 Idt$ adalah total intensitas matahari yang sampai di kolektor dari waktu t₁ sampai t₂, dan dapat dihitung dari luas dibawah kurva dengan menggunakan metode trapesium yaitu setiap satu menit dihitung luas di bawah kurva memakai persamaan berikut

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

dimana:

L₁ : Luas daerah dibawah kurva intensitas dalam satu menit

y₀ : Intensitas saat awal penelitian: 216,9 W/m²

y₁ : Intensitas satu menit kemudian: 219,4 W/m²

Δx : Waktu: 60 detik

Maka:
$$L_1 = \frac{216.9 + 219.4}{2} \times 60 = 13089$$

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:

$$L = L_1 + L_2 \dots\dots + L_{479}$$

Menggunakan bantuan *microsoft excel* didapat:

$$L = 15.026.151$$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah:

$$\begin{aligned} Q_{\text{incident}} &= 0,2 \times 15.026.151 \\ &= 3005,23 \text{ kJ} \end{aligned}$$

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:

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

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

$$T_{w1} = \text{Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: } 29,78 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{w2} = \text{Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor: } 38,32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka: } Q_u &= 5 \times 4,18 (38,32 - 29,78) \\ &= 178,486 \text{ kJ} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_u}{Q_{\text{incident}}} \\ \eta &= \frac{178,486}{3005,23} \\ &= 0,594 \end{aligned}$$

Energi panas yang diserap kolektor tekanan 100 psi

Air mencapai temperatur maksimum pada jam 15.56 WIB maka luas kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 \dots\dots + L_{477}$$

Dengan menggunakan bantuan *microsoft excel* didapat: $L = 14.994.540$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah

$$\begin{aligned} Q_{\text{incident}} &= 0,2 \times 14.994.540 \\ &= 2998,908 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Energi yang diserap air

Energi panas yang diserap air dihitung dengan persamaan berikut:

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

dimana:

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

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

$$\begin{aligned}
 T_{w1} &= \text{Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: } 27,55 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{w2} &= \text{Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor: } \\
 &42,07^\circ\text{C} \\
 \text{Maka } Q_u &= 5 \times 4,18 (42,07 - 27,55) \\
 &= 303,468 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Efisiensi Kolektor

Efisiensi kolektor pada tekanan 100 psi adalah:

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Q_u}{Q_{\text{incident}}} \\
 \eta &= \frac{303,468}{2998,908}
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0,1012$$

Energi panas yang diserap kolektor Tekanan 110 psi.

Air telah mencapai temperatur maksimum pada jam 15.52 WIB maka luas di bawah kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 \dots + L_{473}$$

Menggunakan bantuan microsoft excel didapat:

$$L = 13.794.318$$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{incident}} &= 0,2 \times 13.794.318 \\
 &= 2758,863 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Energi yang diserap air

Energi panas yang diserap air dihitung dengan persamaan:

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

dimana:

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

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

$$T_{w1} = \text{Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: } 26,45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{w2} = \text{Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor: } 44,11^\circ\text{C}$$

Maka energi panas yang diserap air adalah

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 5 \times 4,18 (44,11 - 26,45) \\
 &= 369,094 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Efisiensi kolektor

Efisiensi kolektor pada tekanan 110 psi adalah

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Q_u}{Q_{\text{incident}}} \\
 \eta &= \frac{369,094}{2758,863} \\
 &= 0,1338
 \end{aligned}$$

SIMPULAN Dari hasil kajian dibuat kesimpulan:

1. Efisiensi kolektor 5,94% pada tekanan 90 psi
2. Efisiensi kolektor 10,12% pada tekanan 100 psi
3. Efisiensi kolektor 13,38% pada tekanan 110 psi
4. Efisiensi kolektor terbaik pemanas air energi surya sistem pipa panas dengan satu kaca penutup adalah 13,38% pada tekanan 110 psi

- RUJUKAN** Fransito, Simbolon. 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*
- Soteris. A.Kalogirou. 2009. *Solar Energy Engineering, Printed in the United States Of America*
- Tirtoatmodjo,R.. 1995. *Pemanas Air dengan Memanfaatkan Energi Matahari*. Universitas Kristen Petra Surabaya. Phublished by ITS Library Digital Content Publisher at 27 Agustus 2007.