

---

---

**KAJIAN UNJUK KERJA PEMANAS AIR ENERGI SURYA  
SISTIM PIPA PANAS MENGGUNAKAN FLUIDA KERJA R 134a**

**Jesayas Sembiring<sup>1</sup> , Leonardo Sihombing<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Simalungun  
Jl. Sisingamangaraja Barat Pematangsiantar Telp : (0622) 24670

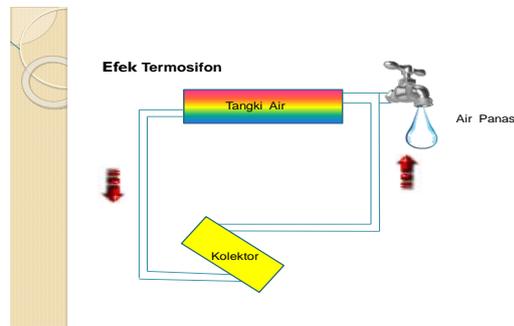
**ABSTRAK**

Energi Surya merupakan energi terbarukan yang didapat dari alam secara gratis, bersih dan kontiniu. Menggunakan alat pemanas air energi surya sistim pipa panas, energi surya dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air tanpa mengeluarkan biaya operasional yang besar. Pada pemanas air energi surya sistim pipa panas, panas energi surya dikumpulkan oleh kolektor surya kemudian ditrasfer 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 merupakan fluida kerja mudah menguap dan masuk ke dalam klasifikasi keamanan sifat racun rendah dan tidak terbakar. Dengan demikian pemakaian refrigeran R134a sebagai fluida kerja pada pengujian ini cukup aman dan terjamin tidak merusak lingkungan serta tidak mengganggu kesehatan manusia. Air panas merupakan kebutuhan manusia untuk air minum dan mandi dan pada umumnya air panas diperoleh dengan membakar bahan bakar fosil. Perlu diketahui bahwa dengan membakar bahan bakar fosil akan menghadirkan gas CO, CO<sub>2</sub> ke permukaan atmosfer dan gas tersebut merupakan pemicu polusi udara. Untuk menghindari terbentuknya lebih banyak gas CO dan CO<sub>2</sub> 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 sistim pipa panas menggunakan dua kaca penutup. Hasil kajian diperoleh, tekanan fluida kerja mempengaruhi unjuk kerja kolektor surya yaitu efisiensi kolektor pada tekanan 90 psi 7,91%; tekanan 100 psi 14,83% dan tekanan 110 psi 16,95%. Efisiensi terbaik adalah 16,95% pada tekanan 110 psi.

*Kata Kunci:* energi surya, fluida kerja refrigeran r134a, tekanan, efisiensi kolektor

**PENDAHULUAN**

Sumber daya alam khususnya energi Surya di Indonesia sangat berlimpah dan tidak terbatas karena Indonesia terletak pada 6<sup>0</sup> LU dan 11<sup>0</sup> LS sehingga akan disinari Matahari sepanjang hari. Energi surya salah satu energi terbarukan yang diperoleh dengan gratis, kontiniu, bersih dan tidak dapat habis. Alat pemanas air energi surya dapat beroperasi secara alami tanpa menggunakan pompa mekanik yakni dengan prinsip sirkulasi efek termosifon, seperti gambar 1 di bawah. Sehubungan dengan itu pemanas air energi surya sistim pipa panas cukup menarik untuk dikaji lebih mendalam sebagai energi alternatif, karena terdapat peluang untuk mengurangi ketergantungan produksi air panas dari ketel uap untuk memenuhi kebutuhan air panas sebagai air minum, air mandi dan air pengisi ketel uap. Pemanas air energi surya sistim pipa panas dapat digunakan dengan sederhana dan murah untuk mereduksi ketergantungan terhadap bahan bakar kayu dan bahan bakar fosil untuk memanaskan air.

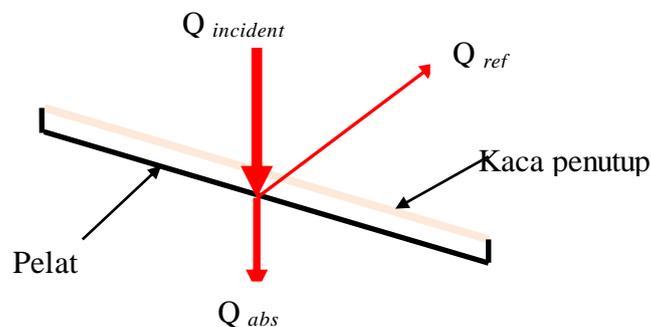


Gambar Prinsip Sirkulasi Efek Termosifon (Sembiring, J., 2016)

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Perpindahan panas

Prinsip kerja pemanas air energi surya sistem pipa panas menggunakan tiga modus perpindahan yaitu perpindahan panas secara konduksi, 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 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 di bawah.



Gambar Fluida Kerja R134a (Sembiring, J., 2016)

**Peralatan**

**1. Pompa Vacuum**

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



Gambar Pompa Vakum (Simbolon, F.,2014)

**2. Manifold Gauge**

Manifold Gauge berfungsi untuk menentukan besar tekanan fluida kerja R134a di dalam pipa panas ditunjukkan seperti pada gambar di bawah



Gambar Manifold Gauge (Sembiring, J.,2016)

### 3. Agilen 34972 A

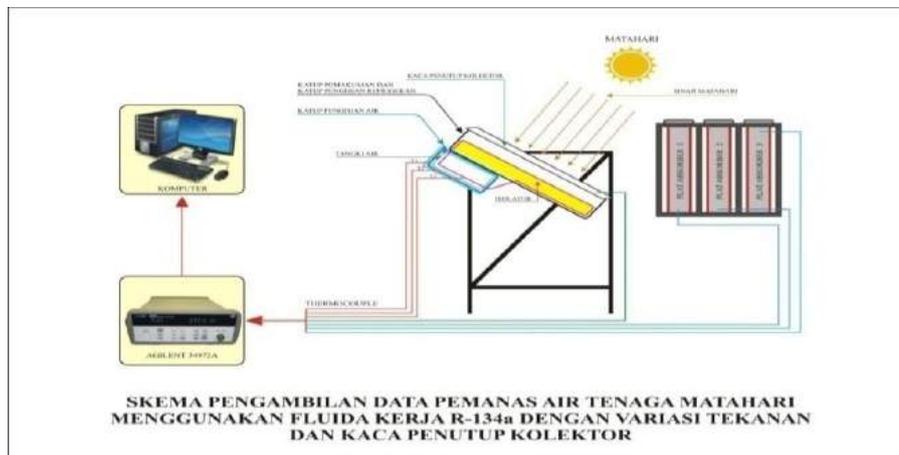
Angilen berfungsi untuk membaca dan mencatat temperatur titik – titik yang ingin diketahui temperaturnya, seperti gambar 6 di bawah.



Gambar Agilen 34972 A (Simbolon, F.,2014)

### 4. Pemanas Air Energi Surya

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



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

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil pengujian pemanas air energi surya sistim pipa panas dengan variasi tekanan fluida kerja refrigeran R134a menggunakan penutup kolektor dua kaca diperoleh data hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel di bawah.

Tabel Hasil Pengujian Dua Kaca Penutup Kolektor dengan Variasi Tekanan.

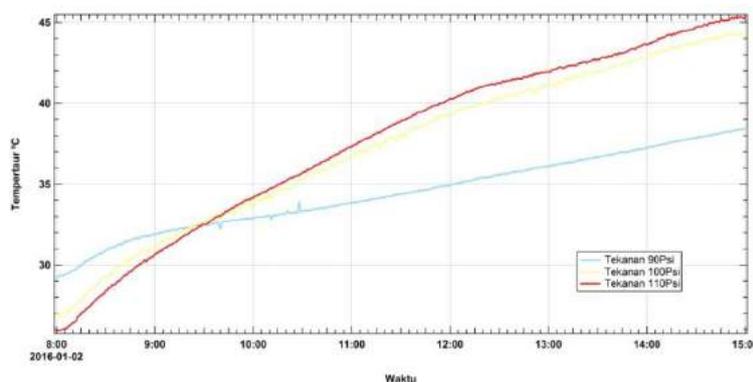
Penutup Kolektor	Tekanan (psi)	Temperatur Air Awal (°C)	Temperatur Air Maks (°C)	Jam (WIB)
2 Kaca	90	29,31	38,48	15,00
	100	27,08	44,35	15,01
	110	25,87	45,36	14,57

Sumber: Tesis.Sembiring, J.,2016

**Analisa 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 di bawah.

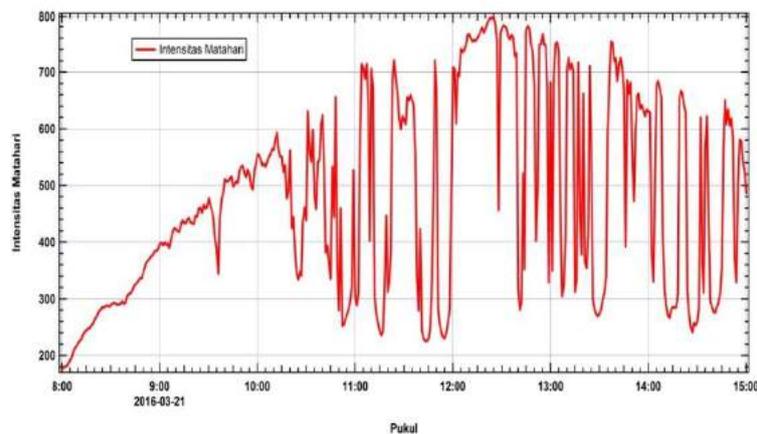


Gambar Temperatur Air Vs Waktu (Sembiring, J.,2016)

Dari gambar di atas, maka garis berwarna biru adalah grafik tekanan 90 psi dan temperatur air maksimum 38,48°C, garis warna kuning adalah grafik tekanan 100 psi dan temperatur air maksimum 44,35°C dan garis warna merah adalah tekanan tekanan 110 psi dengan temperatur air maksimum 45,36°C.

**PEMBAHASAN**

Pengujian pemanas air energi surya sistim pipa panas menggunakan dua kaca penutup kolektor dimulai pukul 08.00 WIB dengan intensitas awal 175,6 W/m<sup>2</sup> dan satu menit kemudian:179,4 W/m<sup>2</sup>. Berdasarkan gambar 9 di bawah Grafik Intensitas matahari vs waktu, dapat dihitung energi panas yang diserap kolektor.



Gambar Grafik Intensitas Matahari Vs Waktu (Sembiring, J.,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 m<sup>2</sup>

$\int_1^2 Idt$  adalah total intensitas matahari yang sampai di kolektor dari waktu t<sub>1</sub> sampai t<sub>2</sub>, 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<sub>1</sub> : Luas daerah dibawah kurva intensitas dalam satu menit

y<sub>0</sub> : Intensitas saat awal penelitian: 175,6 W/m<sup>2</sup>

y<sub>1</sub> : Intensitas satu menit kemudian: 179,4 W/m<sup>2</sup>

Δx : Waktu: 60 detik

$$\text{Maka: } L_1 = \frac{175.6 + 179.4}{2} \times 60 = 10.650$$

Luas dibawah kurva dalam satu menit adalah 10.650 Joule/m<sup>2</sup>. Air telah mencapai temperatur maksimum pada jam 15.00 WIB maka luas kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_{421}$$

Menggunakan bantuan microsoft excel didapat:

$$L = 12.109.011$$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah:

$$Q_{incident} = 0,2 \times 12.109.011 = 2.421,8 \text{ kJ}$$

### 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/kg<sup>0</sup>C

$T_{w1}$  = Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: 29,31 <sup>0</sup>C

$T_{w2}$  = Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor: 38,48<sup>0</sup>C

$$\begin{aligned} \text{Maka: } Q_u &= 5 \times 4,18 (38,48 - 29,31) \\ &= 191,653 \text{ kJ} \end{aligned}$$

### 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

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

$$\eta = \frac{191,653}{2421,8}$$

$$= 7,91\%$$

### Energi panas yang diserap kolektor tekanan 100 psi

Air mencapai temperatur maksimum pada jam 15.01 WIB maka luas kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_{422}$$

Dengan menggunakan bantuan microsoft excel didapat:  $L = 12.138.936$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah

$$\begin{aligned} Q_{incident} &= 0,2 \times 12.138.936 \\ &= 2.427,787 \text{ kJ} \end{aligned}$$

### 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/kg<sup>0</sup>C

$T_{w1}$  = Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: 27,08 <sup>0</sup>C

$T_{w2}$  = Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor: 44,35<sup>0</sup>C

$$\begin{aligned} \text{Maka } Q_u &= 5 \times 4,18 (44,35 - 27,08) \\ &= 360,943 \text{ kJ} \end{aligned}$$

---

---

### Efisiensi Kolektor

Efisiensi kolektor pada tekanan 100 psi adalah:

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

$$\eta = \frac{360.943}{2.427,787}$$

$$\eta = 14,83\%$$

### Energi panas yang diserap kolektor Tekanan 110 psi.

Air telah mencapai temperatur maksimum pada jam 14.57 WIB maka luas di bawah kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 \dots + L_{418}$$

Menggunakan bantuan microsoft excel didapat:

$$L = 12.017.250$$

Sehingga energi panas yang sampai di kolektor adalah:

$$\begin{aligned} Q_{\text{incident}} &= 0,2 \times 12.017.250 \\ &= 2403,450 \text{ kJ} \end{aligned}$$

### Energi yang diserap air

Energi panas yang diserap air dihitung dengan persamaan:

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

dimana:

$m_w$  = Massa air: 5 kg

$C_{pw}$  = Panas jenis air: 4,18 kJ/kg<sup>0</sup>C

$T_{w1}$  = Temperatur air sebelum dipanaskan kolektor: 25,87 <sup>0</sup>C

$T_{w2}$  = Temperatur maksimum setelah dipanaskan kolektor: 45,36<sup>0</sup>C

Maka energi panas yang diserap air adalah

$$\begin{aligned} Q_u &= 5 \times 4,18 (45,36 - 25,87) \\ &= 407,341 \text{ kJ} \end{aligned}$$

### Efisiensi kolektor

Efisiensi kolektor pada tekanan 110 psi adalah

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

$$\eta = \frac{407,341}{2403,450}$$

$$= 16,95\%$$

### KESIMPULAN

Dari hasil kajian dibuat kesimpulan:

1. Efisiensi kolektor 7,91% pada tekanan 90 psi
2. Efisiensi kolektor 14,83% pada tekanan 100 psi

3. Efisiensi kolektor 16,95% pada tekanan 110 psi
4. Efisiensi kolektor terbaik pemanas air energi surya sistim pipa panas dengan dua kaca penutup adalah 16,95% pada tekanan 110 psi

#### **SARAN**

Untuk mendapatkan efisiensi kolektor lebih baik, maka tekanan fluida kerja harus diperbesar dan dibutuhkan penelitian lanjutan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- 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
- Tirtoatmodjo,R.,(1995). Pemanas Air dengan Memanfaatkan Energi Matahari, Universitas Kristen Petra Surabaya. Phublished by ITS Library Digital Content Publisher at 27 Agustus 2007.