

## KAJIAN UNJUK KERJA PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI SISTEM PIPA PANAS MENGGUNAKAN FLUIDA KERJA REFRIGERAN R-134a

STUDY ABOUT PERFORMANCES OF A COMMERCIAL HOT WATER BOILER BY SOLAR  
POWER ENERGY PIPING SYSTEM USE R-134A FLUID REFRIGERANT.

Jesayas Sembiring, Himsar Ambarita, Farel H. Napitupulu, Sari Farah Dina  
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 Indonesia  
e-mail: sembiring.jesayas@gmail.com

### ABSTRAK

Air panas dibutuhkan manusia untuk air minum, mandi dan air pengisi ketel uap. Secara umum air panas diperoleh dengan membakar energi fosil. Membakar energi fosil menimbulkan karbon dioksida ke atmosfer dan merupakan salah satu sumber naiknya suhu bumi. Untuk keamanan hidup dimasa depan perlu disikapi dengan bijak melalui pemanfaatan energi terbarukan yaitu tenaga matahari. Tenaga matahari sumber energi bersih, kontiniu dan tidak dapat habis. Kolektor matahari plat datar sudut  $30^{\circ}$  digunakan untuk memerangkap energi panas matahari dan panasnya ditransfer ke pipa-pipa panas yang berisi R134a, sehingga terjadi peningkatan suhu R134a, akibat perbedaan massa jenis R134a panas dan dingin maka R134a bersirkulasi secara alamiah hingga air menjadi panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar efisiensi kolektor satu kaca penutup pada tekanan 90 psi, 100 psi dan 110 psi. Dari hasil kajian diperoleh efisiensi kolektor paling baik adalah tekanan 110 psi dan galat efisiensi kolektor 0 %.

**Kata kunci:** air panas, tenaga matahari, refrigeran 134a, efisiensi kolektor

### ABSTRACT

Generally, Hot water is needed to drink, to take a bath and to steam a boiler by humankind for daily needs and it is created by flaming fossil energy. Flaming fossil fuel is not only generating carbon dioxide to the atmosphere but also one of the reason to make the higher temperature of the earth which spark climate changes. Solar power is one of the best solution to solve this problem for our safety future. Solar power is a clean energy, continuous, and un limited. Thermal solar collector flat plate  $30^{\circ}$  is used to trapped the solar energy and the power is transferred to the pipes which is filled by R-134a refrigerant so the effect is occurring raised temperature as R134a refrigerant. Due to "rho" differences, hot and cold, Refrigerant - 134a is circulating naturally to create the hot water. This thesis aims to know the pressure of one closed-glass collector efficiency in 90 Psi, 100 Psi and 110 Psi. So from this study we know that the best collector efficiency pressure is in 110 Psi and 0% Galat collector efficiency.

**Keywords :** hot water, solar power, refrigerant 134a, efficiency collector.

### PENDAHULUAN

Tenaga matahari merupakan sumber energi alternatif yang terdapat di alam. Tenaga matahari sangat luar biasa karena merupakan sumber energi bersih, tidak bersifat polutif, kontinyu dan tak dapat habis. Tenaga matahari dapat diubah menjadi energi panas melalui melalui peralatan tertentu.

Tenaga matahari yang sampai ke permukaan bumi, dapat dikumpulkan dan diubah menjadi energi panas yang

berguna melalui bantuan suatu alat yang disebut kolektor matahari. Kolektor matahari merupakan suatu alat yang digunakan untuk menyerap tenaga matahari kemudian mengubah tenaga matahari menjadi energi panas dan ditransfer ke fluida kerja R134a. pemanas air tenaga matahari. Dalam aplikasinya kolektor matahari sudah banyak digunakan sebagai alat pemanas air: di perumahan, rumah sakit dan Hotel.

Saat ini untuk memperoleh air panas dengan cara membakar bahan bakar dan perlu diketahui membakar bahan bakar, akan menimbulkan polusi udara dan terbentuknya carbon dioksida atau CO<sub>2</sub> ke atmosfer yang merupakan salah satu sumber pemanasan global. Perlu diketahui bahwa konsumsi bahan bakar energi fosil setiap tahun meningkat dan bahan bakar jenis ini merupakan sumber energi yang tak dapat diperbarui sehingga suatu saat akan habis dan perlu dicari sumber energi alternatif.

Pemanas air tenaga matahari sistem pipa mulai dimanfaatkan sebagai pemanas air, diharapkan menjadi salah satu solusinya. Penggunaan R134a sebagai fluida kerja pada pemanas air tenaga matahari sistem pipa panas dapat beroperasi dengan alami tanpa pompa mekanik yakni fluida kerja R134a bersirkulasi terus menerus sampai air menjadi panas akibat perbedaan massa jenis antara fluida kerja wujud cair dengan fluida kerja wujud gas. Energi panas yang diterima kolektor dari matahari ditransfer ke pipa panas yang berisi fluida kerja, sehingga fluida kerja naik temperaturnya dan terjadi perubahan wujud dari wujud cair menjadi wujud gas dan naik ke bagian atas. Setelah tiba di tangki air fluida kerja mentransfer energi panas ke air, sehingga temperatur air naik. Sebaliknya pada fluida kerja terjadi perubahan wujud dari wujud uap menjadi wujud cair, karena massa jenisnya lebih besar akan turun ke bagian bawah dan siap untuk dipanaskan kembali oleh tenaga matahari.

Sesuai dengan data refrigeran yang ditinjau dari sudut: kesehatan, keamanan dan masalah pengadaannya, maka penulis akan melakukan penelitian terhadap PATM menggunakan fluida kerja R-134a dengan variasi kaca penutup dan tekanan yaitu pada tekanan: 90 psi, 100 psi dan 110 psi

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Air yang digunakan pada pengujian ini adalah air murni dan bersih yang biasa dipakai untuk minum. Sumber air tersebut diambil dari kran air PAM Tirtanadi. Fluida kerja yang digunakan ialah refrigeran 134a sebanyak satu tabung (Gambar 1)



Gambar 1. Refrigeran 134a

Alat Pemanas air tenaga matahari dengan sudut kemiringan kolektor 30<sup>0</sup>. yang digunakan pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 2 berikut ini.

Spesifikasi alat pemanas air tenaga matahari adalah sebagai berikut kapasitas tangki air 5 kg, Plat absorber mempunyai ukuran tebal 0,8 mm, lebar 200 mm dan panjang 1000 mm dan bahan dari tembaga yang dicat warna hitam. Ketiga plat absorber dan pipa panas menyatu pada satu rumah kolektor dengan panjang kolektor 1150 mm, lebar 800 mm dan tebal 150 mm.. Pelat penyerap panas dengan pipa panas berada pada kedudukan yang sama. Tetapi tidak saling berhubungan. Jarak antara plat penyerap panas yang satu dengan yang lain 50 mm. Jarak antara pipa panas 100 mm. Pipa panas dihubungkan langsung dengan plat penyerap panas dengan dengan solderan.



Gambar 2. Pemanas air tenaga matahari



Gambar 3. Manifold Gauge

Penutup kolektor dibuat variasi kaca bening tebal 5 mm dan jarak kaca penutup dengan plat kolektor 200 mm. Untuk mengetahui

tekanan fluida kerja digunakan manifold gauge (Gambar 3)

Sebelum dimasukkan R134a ke dalam pipa panas, terlebih dahulu diperiksa apakah terdapat kebocoran pada pipa panas, karena apabila ada kebocoran akan mempengaruhi hasil pengujian. Alat untuk memeriksa kebocoran pipa panas digunakan pompa vakum (Gambar 4)



Gambar 4. Pompa Vakum

Apabila tidak ada kebocoran dapat dilakukan pengisian R134a kedalam pipa panas 1; 2 dan 3 dengan tekanan yang berbeda yaitu 90 psi, 100 psi dan 110 psi. Pipa panas tersebut terbuat dari bahan tembaga dengan diameter 9,525 mm dan panjang 1050 mm.

Plat absorber mempunyai ukuran tebal 0,8 mm, lebar 200 mm dan panjang 1000 mm dan bahan dari tembaga yang dicat warna hitam. Ketiga plat absorber dan pipa panas menyatu pada satu rumah kolektor dengan panjang kolektor 1150 mm, lebar 800 mm dan tebal 150 mm.. Pelat penyerap panas dengan pipa panas berada pada kedudukan yang sama. Tetapi tidak saling berhubungan. Jarak antara plat penyerap panas yang satu dengan yang lain 50 mm. Jarak antara dua pipa pipa panas 100 mm. Pipa panas dihubungkan langsung dengan plat penyerap panas dengan solderan.

Alat Agilent berfungsi membaca suhu titik – titik yang diketahui suhunya dan disimpan dalam flas disk. Alat ukur Agilen dapat dilihat pada gambar 5 berikut. Spesifikasi Agilen yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Daya 35 Watt
2. Jumlah saluran thermocouple 20 buah
3. Tegangan 250 Volt
4. Mempunyai 3 saluran utama

5. Dapat memindahi data hingga 250 saluran per detik
6. Mempunyai 8 tombol panel dan system control
7. Fungsional antara lain pembacaan suhu thermocouple RTD dan thermistor arus listrik AC



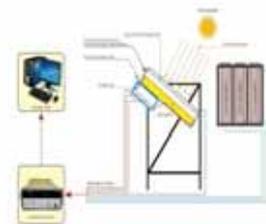
Gambar 5. Agilen

Alat Station Data Logger HOB0 Micro Station berfungsi untuk mengukur besarnya intensitas cahaya matahari, temperatur udara dan kelembapan udara (Gamabr 6)



Gambar 6. Hobo Micro Station Data Logger

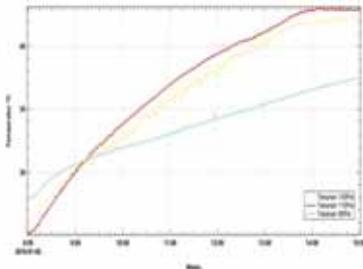
Gambar skema pemanas air tenaga matahari gambar 7 di bawah diperlihatkan dengan jelas menggambarkan proses pengambilan data dengan adanya sumber energi panas dari tenaga matahari.



Gambar 7. Skema Pengambilan Data

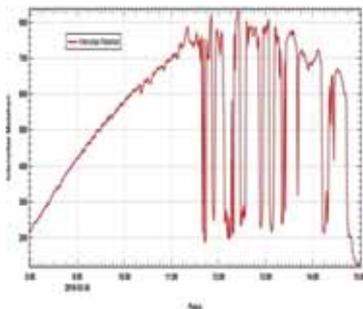
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengujian pemanas air tenaga matahari dengan satu kaca penutup kolektor variasi tekanan menghasilkan suhu air paling tinggi adalah 38,32°C; tekanan 90 psi; 42,07° C dan 44,11° C pada tekanan 110 psi . Hasil pengujian temperatur air vs waktu satu kaca penutup kolektor dengan tekanan 90 psi; 100 psi dan 110 psi diperlihatkan pada gambar 8 berikut ini. Gambar 8 di bawah memperlihatkan garis warna merah suhu air tekanan 110 psi, warna kuning suhu air tekanan 100 psi dan warna biru grafik suhu air tekanan 90 psi. dan tekanan 90 psi warna biru.



Gambar 8. Suhu Air vs Waktu.

Pengujian dimulai jam 08.00 WIB dengan intensitas awal 105,6 w/m<sup>2</sup> dan intensitas satu menit kemudian 109,4 w/m<sup>2</sup> pada jam 14.52 WIB. Grafik intensitas matahari yang terjadi pada saat pengujian seperti pada gambar 9 di bawah.



Gambar 9. Intensitas Matahari vs Waktu

**Energi yang sampai di kolektor.**

Dengan memperhatikan gambar 9 diatas maka dapat dihitung besarnya energi panas yang sampai di kolektor dari waktu t<sub>1</sub> sampai t<sub>2</sub> yaitu:

$$L_1 = \frac{y_0 + y_1}{2} \cdot Dx$$

Maka luas kurva menit pertama adalah

$$L_1 = \frac{105,6 + 109,4}{2} \cdot 60$$

$$L_1 = 6450 \text{ Joule/m}^2$$

Suhu air maksimum didapat pada jam 14.24 WIB maka luas di bawah kurva hingga waktu tersebut adalah:

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_{471}$$

Menggunakan bantuan microsoft excel didapat: 10.490.352 Joule/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Sehingga besar energi panas yang sampai di kolektor: } Q_{\text{incident}} &= 0,2 \times 10.490.352 \\ &= 2.098,07 \text{ kJ} \end{aligned}$$

**Energi yang diserap air**

Energi panas yang diserap air dihitung dengan persamaan

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

dimana:

m<sub>w</sub> = Massa air: 5 kg

C<sub>pw</sub> = Panas jenis air: 4,18 kJ/kg°C

T<sub>w1</sub> =Suhu awal air sebelum dipanaskan kolektor: 25,19°C

T<sub>w2</sub> = Temperatur maksimum air setelah dipanaskan kolektor :43.05°C

$$\begin{aligned} \text{Maka: } Q_u &= 5 \times 4,18 ( 43.05 - 25.19) \\ &= 372,856 \text{ kJ} \end{aligned}$$

**Efisiensi kolektor**

Efisiensi kolektor pada tekanan 110 psi dapat dihitung menggunakan persamaan:

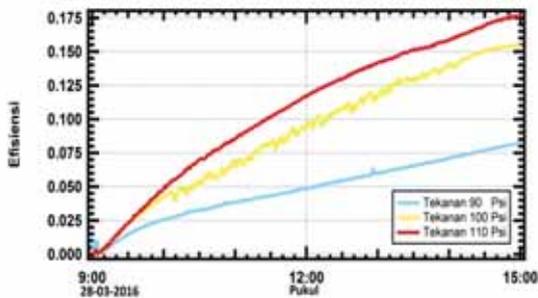
$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_u}{Q_{\text{incident}}} \\ &= \frac{372856}{209807} \end{aligned}$$

$$\eta = 0,1777$$

Dengan cara yang sama dapat dihitung efisiensi kolektor pada tekanan 90 psi yaitu 9,13% dan pada tekanan 100 psi: 15,90%.

**Verifikasi efisiensi kolektor**

Verifikasi efisiensi kolektor dibuat untuk mengetahui galat atau penyimpangan hasil perhitungan. Hasil verifikasi efisiensi kolektor tekanan 90 psi, 100 psi dan 110 psi dapat dilihat seperti Gambar 10 dibawah



Gambar 10. Verifikasi efisiensi kolektor

Hasil verifikasi efisiensi kolektor tekanan 90 psi; 100 psi dan 110 psi diperlihatkan pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Verifikasi efisiensi kolektor

| Tekanan R134a (psi) | Efisiensi eksperimen (%) | Efisiensi verifikasi (%) | Efisiensi Galat (%) |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| 90                  | 9,13                     |                          | 9,14                |
| 100                 | 15,90                    |                          | 15,88               |
| 110                 | 17,77                    | 17,77                    | 0,00                |

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan di lantai empat gedung Magister Teknik Mesin FT USU dengan penutup kolektor satu kaca bening 5 mm dan variasi tekanan R134a yaitu 90 psi, 100 psi dan 110 psi didapat:

1. Efisiensi kolektor yang paling baik adalah tekanan 110 psi, dimana efisiensi yang dihasilkan 17,77%.
2. Suhu air maksimum berbanding lurus dengan tekanan refrigeran R134a.
3. Efisiensi kolektor cenderung naik, seiring naiknya suhu air
4. Galat perhitungan adalah pada tekanan 90 psi: 0,01%; tekanan 100 psi: 0,02 % dan tekanan 110 psi: sebesar: 0%.
5. Untuk pengembangan penelitian kedepannya, sebaiknya peneliti berikutnya menaikkan tekanan fluida kerja R134a.

## DAFTAR PUSTAKA

- Burhanuddin, A (2005) Karakteristik Kolektor Surya Plat Datar dengan Variasi Jarak Penutup dan Sudut Kemiringan. Jurusan Fisika FMIPA UNS Semarang.
- Djuneidi, D.K. (1999). Pengaruh Jumlah Kaca Penutup terhadap Efisiensi Kolektor Surya Plat Datar Sistem Pipa Paralel, Tugas Akhir No.99.54365, Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra.
- Eneburekhan Joseph, Usman Tanko Yakasai,(2008),Performance Evaluation Of A Refrigerant-Charged Integrated Solar Water Heater In Northern Nigeria, Desalination 243 (2009) 208 – 217.
- Esen M. (2004) Thermal Performance of a Solar Integrated Vaccum Tube Collector Whit Heat Pipes Containing Different Refrigerant Solar Energy 76 (6) 751-757.
- Fransito Simbolon, (2014), Kajian Eksperimental, Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Pipa Panas dengan Menggunakan Fluida kerja R 410a dan R141b.
- Purnawirawan, Heru. (2001). Pengaruh Jumlah dan Jarak Kaca Terhadap Temperatur Plat Solar Kolektor, Tugas Akhir no.01.54.43. Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Tekad Sitepu (2015), Kajian Perpormans, Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Pipa Panas dengan Menggunakan Fluida kerja R 718 dan R141b.