

## KAJIAN PENGARUH SUDUT PENYINARAN PADA ALAT PEMANAS AIR TENAGA SURYA SISTEM PIPA PANAS

Manuel J. H. Purba<sup>1</sup>, Farel H. Napitupulu<sup>2</sup>, Syahril Gultom<sup>3</sup>, Pramio G. Sembiring<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

E-mail : manueljhonhamonanganpurba@yahoo.com

### ABSTRAK

Energi surya yang sampai ke permukaan bumi, dapat dikumpulkan dan diubah menjadi energi panas yang berguna melalui bantuan suatu alat yang disebut kolektor surya. Kolektor termal surya merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menyerap energi surya, yang kemudian mengubah energi surya menjadi energi termal, dan mentransfer energi tersebut ke fluida kerja untuk kemudian digunakan secara langsung atau disimpan terlebih dahulu pada suatu unit penyimpanan panas. Dalam aplikasinya kolektor termal surya banyak digunakan sebagai alat pemanas air pada rumah-rumah. Air panas dibutuhkan oleh masyarakat luas, misalnya untuk air mandi ataupun mencuci barang yang berlemak dimana lebih mudah melarutkannya dalam sabun dengan menggunakan air hangat dibandingkan dengan air dingin. Pada umumnya air panas diperoleh dengan cara memasak air dengan menggunakan bahan bakar. Perlu diketahui penggunaan bahan bakar, yang umumnya adalah bahan bakar fosil akan menimbulkan polusi udara, yaitu terbentuknya CO, CO<sub>2</sub> dan lain-lain. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kolektor surya dengan ukuran 1,16 m x 0,80 m x 0,21 m. Kolektor surya terdiri dari lapisan kayu (Triplek), sterofoam dan rockwool sebagai isolator, plat aluminium sebagai penyerap panas dan kaca sebagai penutup. Selain kolektor, dirancang juga ruang penampungan sebagai tempat pemanas air dengan ukuran 0,80 m x 0,45 m x 0,23 m dengan volume tampungan 5 liter. Pengujian dilakukan selama 12 hari pada kondisi cuaca cerah. Pengujian pertama dilakukan pada posisi sudut horizontal, Pengujian kedua pada sudut 45<sup>0</sup>, pengujian ketiga pada sudut 60<sup>0</sup>. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi terbesar kolektor dari tiga variasi sudut yang dilakukan. Hasil dari penelitian ini didapatkan sudut terbaik yaitu pada sudut 45<sup>0</sup> dengan suhu air mencapai 59,60 °C

Kata Kunci: Pemanas Air, Kolektor Surya, Pindahan Panas

### 1. PENDAHULUAN

Sekitar setengah energi matahari masuk mencapai permukaan bumi. Bumi menerima 174 peta watt (PW) radiasi matahari masuk di bagian atas atmosfer. Sekitar 30% tercermin kembali ke ruang sementara sisanya diserap oleh awan, samudra, dan tanah. Total energi matahari yang diserap oleh awan, samudra, dan tanah adalah sekitar 3,850,000 exa joules (EJ) per tahun. Jumlah energi surya mencapai permukaan bumi begitu luas. Bila dibandingkan, energi surya dua kali lebih banyak daripada semua sumber non-terbarukan seperti batu bara, minyak, gas alam, dll.

Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. Energi surya sangat luar biasa karena tidak bersifat polutif, bersifat kontinyu, dan tak dapat habis.

Energi surya yang sampai ke permukaan bumi, dapat dikumpulkan dan diubah menjadi energi panas yang berguna melalui bantuan suatu alat yang disebut kolektor surya. Kolektor termal surya merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menyerap energi surya, yang kemudian mengubah energi surya menjadi energi termal, dan mentransfer energi tersebut ke fluida kerja untuk kemudian digunakan secara langsung atau disimpan terlebih dahulu pada suatu unit penyimpanan panas. Dalam aplikasinya kolektor termal surya banyak digunakan sebagai alat pemanas air pada rumah-rumah.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Energi adalah sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan, tetapi dapat dirasakan. Energi tidak dapat pula diciptakan dan dimusnahkan. Namun, semua energi dapat diubah dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain [1] Oleh karena itu, hukum kekekalan energi menyatakan energi total sistem tetap konstan, meskipun energi dapat berubah menjadi bentuk lain.

Secara umum energi dapat dikategorikan menjadi beberapa macam, yaitu energi mekanis, listrik, elektromagnetik, kimia, nuklir, dan surya.

Energi surya merupakan energi yang bersumber dari matahari dan merupakan energi terbesar yang diterima bumi. Energi matahari mempengaruhi pola cuaca, arah angin, gelombang laut, dan iklim. Energi surya sampai ke bumi dalam bentuk radiasi matahari. Energi matahari juga mempengaruhi terbentuknya energi lain seperti energi angin dan energi gelombang laut.

Pemanas air tenaga surya (PATs) merupakan produk teknologi yang memanfaatkan energi termal surya yang cukup populer dan banyak digunakan, terutama di hotel, villa, perumahan hingga perumahan. Seiring dengan itu, mulai beredar beberapa merek PATs domestik maupun impor yang banyak dipasarkan di masyarakat. Untuk perlindungan terhadap konsumen, telah dikeluarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu SNI 04-3020-1992, berupa uji mutu sistem PATs yang diharapkan memberikan gambaran pada masyarakat akan mutu PATs yang dipasarkan [2].

### Cara Kerja Alat PATs

Cara kerja alat pemanas air tenaga surya sistem pipa-panas dengan media pemanas refrigeran, Dengan didasari oleh teori efek rumah kaca, maka efektifitas pengumpulan panas bisa ditingkatkan. Sehingga energi panas yang dipancarkan oleh matahari diserap dan dikumpulkan untuk ditingkatkan temperaturnya oleh kolektor. Panas tersebut dialirkan terhadap pipa tembaga yang berisi refrigeran, kemudian refrigeran akan menjadi panas [4].

Dengan memanfaatkan efek termosiphon dari refrigeran, maka refrigeran yang panas akan mengalami penurunan berat jenis atau perubahan fasa dari cair menjadi gas. Akibat perubahan berat jenis dan perubahan wujud maka refrigeran tersebut akan naik ke bagian atas dan akan memanasi air yang ada pada tangki penyimpan air.

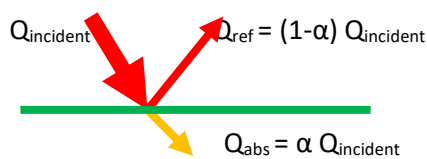
Refrigeran pada tangki akan mengalami pendinginan oleh air dengan kata lain panas diserap oleh air. Oleh karena itu, air akan mengalami peningkatan berat jenis dan perubahan wujud dari gas menjadi cair. Hal itu akan mengakibatkan refrigeran akan turun kembali menuju kolektor. Kemudian dipanaskan oleh matahari kembali. Hal itu akan terjadi secara terus – menerus hingga air menjadi panas.

Cara kerja alat pemanas air tenaga surya sistem termosiphon. Pada saat matahari bersinar, kolektor menangkap sinar matahari dan secara mekanis mengalirkan panas ke pipa-

pipa tembaga yang berisi refrigeran, sehingga suhu air di dalamnya perlahan meningkat. Air yang lebih panas akan bergerak ke atas memasuki tangki penyimpanan dan air yang lebih dingin akan turun memasuki rangkaian pipa tembaga untuk dipanaskan. Begitu seterusnya air bergerak sendiri sampai seluruh air dalam tangki penyimpanan mencapai suhu yang diinginkan. Ketika suhu air panas di tangki penyimpanan sama dengan suhu air panas di panel kolektor, dengan sendirinya air berhenti mengalir.

### Energi Berguna Kolektor

Untuk menghitung energi yang diserap atau energi yang berguna untuk kolektor alat pemanas air tenaga surya terlebih dahulu diketahui bagaimana proses distribusi energy matahari yang dialami oleh kolektor itu sendiri. Hal itu dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2.3. Ilustrasi Panas yang Diserap oleh Absorber Alat Pemanas Tenaga Surya

Pada gambar di atas dapat kita lihat bahwa panas matahari ( $Q_{incident}$ ) sebagian dipantulkan ke atmosfer dan sebagian lagi diserap oleh kolektor. Panas yang diserap oleh kolektor ( $Q_{abs}$ ) inilah yang akan digunakan untuk memanaskan refrigeran. Besarnya  $Q_{incident}$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini [3]:

$$Q_{incident} = \int_1^2 I dt \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$A$  = luas penampang dari pelat absorber ( $m^2$ )

$I$  = intensitas cahaya matahari ( $W/m^2$ )

Sedangkan panas yang diserap oleh absorber dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut [3]:

$$Q_{abs} = \alpha Q_{incident} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dan panas yang dipantulkan kembali ke atmosfer adalah [3]

$$Q_{ref} = (1 - \alpha) Q_{incident} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana

$\alpha$  = difusifitas bahan

### Energi berguna yang diberikan Kolektor ke air

Energi panas yang sudah diterima oleh kolektor akan diberikan terhadap air. Besarnya energi tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$Q_u = m_w C_{p,w} (T_{w2} - T_{w1}) \dots \dots \dots (2.30)$$

Dimana :

$m_w$  : massa air (kg)

$C_{p,w}$ : Panas jenis dari air (kJ/kg. °C)

$T_{w1}$  : Temperatur awal air sebelum dipanaskan kolektor (°C)

$T_{w2}$  : Temperatur actual setelah dipanaskan oleh kolektor (°C)

### Efisiensi dari kolektor

Efisiensi dari kolektor dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara energy berguna yang diberikan Kolektor ke air dengan panas incident. Hal itu dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta = m_w C_{p,w} (T_{w2} - T_{w1}) / Q_{\text{incident}} \dots \dots (2.6)$$

### Sifat Refrigeran R-718

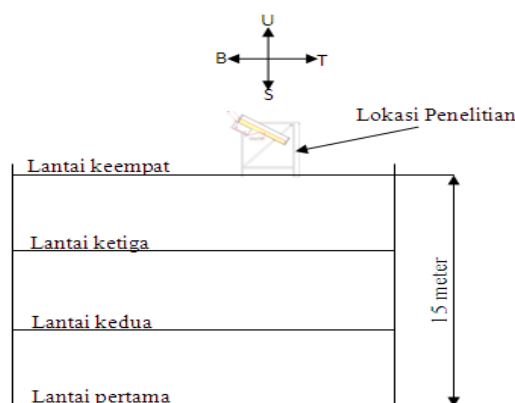
Tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0 °C).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

#### Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Lantai 4 gedung Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Adapun letak penelitian ini seperti ditunjukkan pada gambar berikut



#### Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, yaitu mulai bulan Juni 2014 sampai Agustus 2014. Hal itu sudah termasuk penyediaan bahan dan pengolahan data hasil penelitian.

### Alat dan Bahan Pengujian yang Digunakan

Peralatan Pengujian

Adapun beberapa alat pengujian yang digunakan adalah:

1. Alat Pemanas air, terdiri dari:

Kolektor

Tanki penampungan air



2. *Pressure gauge*  
Digunakan untuk mengukur tekanan refrigeran yang ada pada pipa sirkulasi refrigeran.
3. Pompa Vacum  
Digunakan untuk memeriksa apakah ada kebocoran pada pipa sirkulasi refrigeran.
4. *Agilent 34972 A*  
Alat ini dihubungkan dengan termokopel yang dipasang pada titik-titik yang akan diukur temperaturnya. Pencatatan data pengukuran disimpan pada *flashdisk* yang dihubungkan pada bagian belakang alat ini.
5. *Hobo Microstation Data Logger*  
Alat ini di hubungkan ke data logger untuk kemudian dihubungkan ke komputer untuk diolah datanya.
6. Laptop  
Digunakan untuk menyimpan dan mengolah data yang telah didapatkan dari *Agilent 34972 A*.

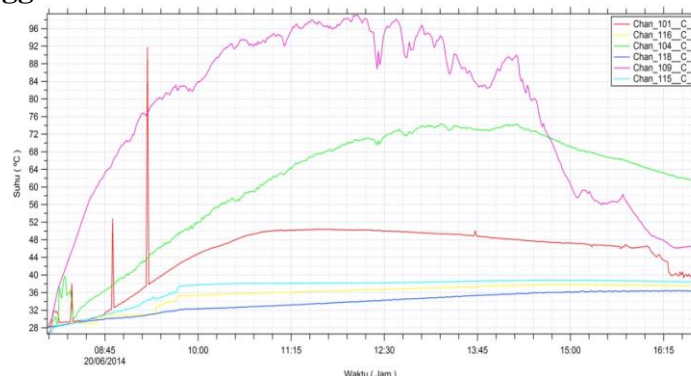
### Metode Pengumpulan Data

Prosedur pengujian dapat diuraikan sebagai berikut ini:

1. Proses assembling/ penyambungan semua komponen alat pemanas air tenaga surya. Dipastikan semua komponen terpasang dengan baik, terutama pada kaca. Agar panas tidak hilang dari kolektor.
2. Kemudian dipasang termokopel agilent. Pada kolektor 3 titik, yaitu pada tekanan 0 CmHg, 20 CmHg, dan 30 CmHg. Pada tangki air 3 titik, yaitu pada tangki penampungan air. Penelitian ini dilakukan pada tiga sudut penyinaran yaitu pada tahap pertama pada sudut  $0^0$ , tahap kedua pada sudut  $45^0$ , tahap ketiga pada sudut  $60^0$ .
3. Setiap tangki air diisi air sebanyak 5 liter. Kemudian Agilent dihidupkan, kemudian flashdisc dihubungkan ke agilent.
4. Pengujian dilakukan mulai pukul 8:00 hingga 17:00.
5. Sebelum melakukan penelitian dilakukan pemeriksaan peralatan untuk mengetahui apakah peralatan pengujian berfungsi dengan baik.
6. Setelah penelitian, flashdisc dicabut dari agilent. Kemudian data hasil pengujian diolah menggunakan Microsoft Excel. Sehingga didapat data. Data yang diperoleh berupa nilai intensitas matahari yang diserap tiap kolektor dan panas yang diserap air dari tiap kolektor.

#### 4. HASIL PENGUJIAN

##### Pengujian Pada tanggal 20 Juni 2014



Gambar 4.1 Grafik temperatur vs waktu tanggal 11 Juni 2014

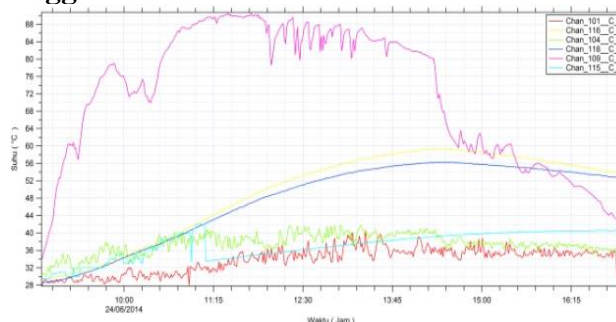
Temperatur tertinggi absorber adalah 80°C berada pada chanel 9, pada pukul 10.47. Temperatur terendah mencapai 30,50 °C pada chanel 1, yaitu pada pukul 08.00 WIB.

Pada kolektor dengan tekanan 0 CmHg, temperatur tertinggi adalah 64,90 °C pada pukul 12.16 WIB, temperatur terendah adalah 30,50 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 53,13 °C, dengan temperatur air maksimum 38,90°C pada pukul 14.35 WIB, dan temperatur terendah adalah 27,50 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 36.20°C.

Pada kolektor dengan tekanan 20 CmHg, temperatur tertinggi adalah 55,80 °C pada pukul 11.55 WIB, temperatur terendah adalah 34,70 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 47,26 °C, dengan temperatur air maksimum 38°C pada pukul 15.06 WIB, dan temperatur terendah adalah 28 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 35,00 °C.

Pada kolektor dengan tekanan 30 CmHg, temperatur tertinggi adalah 100 °C pada pukul 10.47 WIB, temperatur terendah adalah 31 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 71,36 °C, dengan temperatur air maksimum 37,70°C pada pukul 14.39 WIB, dan temperatur terendah adalah 27,90 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 27 °C.

##### Data Hasil Pengujian Tanggal 24 Juni 2014



Gambar 4.2 Grafik temperatur vs waktu tanggal 24 Juni 2014

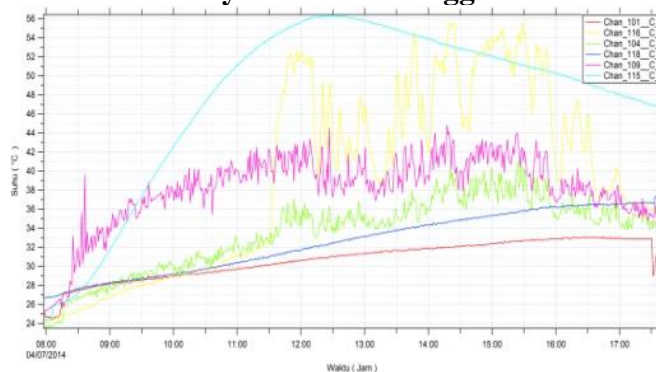
Temperatur tertinggi absorber adalah 100 °C berada pada chanel 9, pada pukul 12.30. Temperatur terendah mencapai 26 °C pada chanel 1, yaitu pada pukul 08.00 WIB.

Pada kolektor dengan tekanan 30 CmHg, temperatur tertinggi adalah 88,10 °C pada pukul 12.45 WIB, temperatur terendah adalah 26 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 51,23 °C, dengan temperatur air maksimum 59,90°C pada pukul 14.26 WIB, dan temperatur terendah adalah 26,70 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 52,30°C.

Pada kolektor dengan tekanan 20 CmHg, temperatur tertinggi adalah 79,80 °C pada pukul 12.49 WIB, temperatur terendah adalah 30 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 41,25 °C, dengan temperatur air maksimum 56,30°C pada pukul 14.20 WIB, dan temperatur terendah adalah 27,50 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 50 °C.

Pada kolektor dengan tekanan 0 CmHg, temperatur tertinggi adalah 56,70 °C pada pukul 10.05 WIB, temperatur terendah adalah 28,10 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 66,41°WIB, dengan temperatur air maksimum 41°C pada pukul 13.06 WIB, dan temperatur terendah adalah 27 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 42,63 °C

#### Data Hasil Pengujian Pada sudut Penyinaran 60° Tanggal 04 Juli 2014



Gambar 4.3 Grafik temperatur vs waktu tanggal 04 Juli 2014

Temperatur tertinggi absorber adalah 100 °C berada pada chanel 9, pada pukul 11.17. Temperatur terendah mencapai 31,00 °C pada chanel 9, yaitu pada pukul 08.00 WIB.

Pada kolektor dengan tekanan 30 CmHg, temperatur tertinggi adalah 90 °C pada pukul 14.35 WIB, temperatur terendah adalah 28 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 47,29 °C, dengan temperatur air maksimum 56,70°C pada pukul 14.25 WIB, dan temperatur terendah adalah 26,70 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 36,32°C.

Pada kolektor dengan tekanan 20 CmHg, temperatur tertinggi adalah 80 °C pada pukul 12.38 WIB, temperatur terendah adalah 33,40 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 47,48 °C, dengan temperatur air maksimum 52,50°C pada pukul 14.35 WIB, dan temperatur terendah adalah 27,50 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 35,75 °C.

Pada kolektor dengan tekanan 0 CmHg, temperatur tertinggi adalah 70 °C pada pukul 11.17 WIB, temperatur terendah adalah 31 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 46,50°C, dengan temperatur air maksimum 48,80°C pada pukul 12.43 WIB, dan temperatur terendah adalah 26,80 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 34,50 °C

**KESIMPULAN**

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Efisiensi terbesar kolektor pada temperatur air maksimum alat pemanas air tenaga surya sistem pipa panas pada sudut penyinaran  $0^0$ (horizontal) dengan fluida sekunder R-718 yaitu pada tekanan 30 cmHg sebesar 9 %.
2. Efisiensi terbesar kolektor pada temperatur air maksimum alat pemanas air tenaga surya sistem pipa panas pada sudut penyinaran  $45^0$  dengan fluida sekunder R-718 yaitu pada tekanan 30 cmHg sebesar 27 %.
3. Efisiensi terbesar kolektor pada temperatur air maksimum alat pemanas air tenaga surya sistem pipa panas pada sudut penyinaran  $45^0$  dengan fluida sekunder R-718 yaitu pada tekanan 30 cmHg sebesar 24 %.
4. Dari tiga variasi sudut yang dilakukan efisiensi kolektor terbesar yaitu pada sudut  $45^0$  dengan tekanan 30 cmHg adalah sebesar 27 %.

**Saran**

Untuk keberhasilan penelitian selanjutnya maka penulis menyarankan :

1. Kotak isolasi tangki sebaiknya dilapisi dengan isolasi yang lebih baik lagi sehingga bisa seperti thermos yang bisa dipakai untuk menyimpan air panas lebih lama.
2. Penelitian sebaiknya dilakukan pada waktu yang tepat yaitu pada waktu yang cerah agar didapat hasil yang maksimal.
3. Perlu ketelitian dan ketepatan dalam meletakkan thermokopel pada kolektor.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Watt, Franklin.2004. *21<sup>st</sup> Century Science Energy*. Australia
- [2] Tulus B. Sitorus, Farel H. Napitupulu, Himsar Ambarita. 2017. J. Eng. Technol. Sci., Vol. 49, No. 5, 657-670.
- [3] Jansen,TedJ. Arismundar,Wiranto. *Teknologi Rekayasa Surya*. Pradya Paramita,1995
- [4] Lumban Toruan, Heri. 2012. Pengujian Proses Charging Sebuah Pemanas Air Energi Surya tipe Kotak.Departemen Teknik Mesin Usu.
- [5] Sitorus T.B., Napitupulu F.H. & Ambarita H. 2016. International Journal of Technology, IJTech Journal, Vol. 7 Issue 5, pp. 910-920.