

RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT PEMANAS AIR TENAGA SURYA SISTEM PIPA PANAS

Andre J.D Manurung¹, Himsar Ambarita², Taufiq B. N.³, Tulus B. Sitorus⁴, Dian M. Nasution⁵
^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
 E-mail : andrejdmnurung@yahoo.co.id

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. Pada umumnya air panas diperoleh dengan cara memasak air dengan menggunakan bahan bakar. Tujuan dari rancang bangun ini adalah Merancang sebuah kolektor alat pemanas air tenaga surya sistem pipa – panas, Mengetahui intensitas radiasi yang diterima oleh kolektor surya plat datar. Alat yang dirancang adalah 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 5 (lima) hari pada kondisi cuaca cerah. Dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh panas radiasi rata-rata yang dapat diserap kolektor adalah 1856,755 watt, kehilangan panas rata-rata Kolektor adalah 520,33 Watt.

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.

Pemanas air tenaga surya (PATS) merupakan produk teknologi yang memanfaatkan energi termal surya yang cukup populer dan banyak digunakan, terutama di hotel, villa peristirahatan 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 [3].

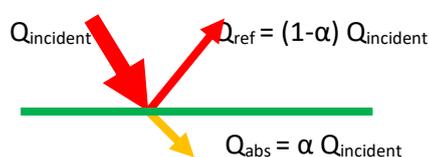
Dengan memanfaatkan efek termosiphon dari refrigeran, maka refrigeran yang panas akan mengalami penurunan berat jenis atau perubahan fasa dari cair menjadi gas. Akibat perubahan berat jenis dan perubahan wujud maka refrigeran tersebut akan naik ke bagian atas dan akan memanasi air yang ada pada tangki penyimpanan 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 pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Ilustrasi Panas yang Diserap oleh Absorber Alat Pemanas Tenaga Surya

Pada gambar 2.1 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 [4]:

$$Q_{incident} = \int_1^2 I dt$$

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 [4]:

$$Q_{abs} = \alpha Q_{incident}$$

Dan panas yang dipantulkan kembali ke atmosfer adalah [3]

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

Dimana

α = 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:

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

Dimana :

m_w : massa air (kg)

$C_{p,w}$: Panas jenis dari air ($kJ/kg \cdot ^\circ C$)

T_{w1} : Temperatur awal air sebelum dipanaskan kolektor ($^\circ C$)

T_{w2} : Temperatur actual setelah dipanaskan oleh kolektor ($^\circ C$)

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:

$$\eta = m_w C_{p,w} (T_{w2} - T_{w1}) / Q_{incident} \dots \dots (2.31)$$

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

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2014 sampai dengan Juni 2014. Lokasi penelitian bertempat di Gedung Magister Pascasarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Metode Desain

Perancangan alat pemanas air meliputi kolektor. Kolektor yang dipilih dalam perancangan ini adalah kolektor pelat datar. Tujuannya untuk meningkatkan efisiensi alat dengan memperluas bidang serap radiasi surya tanpa mengubah dimensi kolektor tersebut atau menambah dimensi dari kolektor. Perancangan kolektor yang akan dibahas meliputi pelat absorber, penutup transparan (kaca) dan isolasi Kolektor.

Perancangan alat pemanas air bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar untuk memanaskan air. Oleh karena itu pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam perancangan pemanas air, yaitu ekonomis, kuat, produktifitas tinggi, mudah pembuatan dan mudah dioperasikan

Perancangan Alat

Rangka alat pemanas air ini harus kuat dan kokoh karena rangka memiliki fungsi sebagai tumpuan kolektor. Pemilihan rangka alat pemanas ini mempertimbangkan beban yang akan dipikul oleh rangka tersebut dengan kemiringan kolektor 60° .

Perancangan Kolektor Surya

Pelat absorber berfungsi untuk menyerap radiasi surya dan mengkonversikannya menjadi panas. Kemudian energi matahari yang diserap dan dialirkan ke pipa nantinya akan semakin besar. Kemudian energidialirkan melalui fluida kerja yaitu air yang terdapat didalam pipa secara konveksi. Kemudian air yang berada dalam pipa mengalirkan energi ke air yang berada pada tanki air.

Perancangan Kaca Penutup

Kaca penutup berfungsi untuk meneruskan radiasi surya dan mencegah panas yang keluar dari kolektor ke lingkungan pada bagian atas.

Perancangan Isolasi

Isolasi berfungsi untuk memperkecil panas yang hilang dari kolektor ke lingkungan pada bagian belakang dan samping kolektor. Pada isolasi terjadiperpindahan panas secara konduksi sehinggakehilangan panas dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan.

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. Laptop
 - Digunakan untuk menyimpan dan mengolah data yang telah didapatkan dari *Agilent 34972 A*.
3. *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.

4. *Hobo Microstation Data Logger*

Alat ini di hubungkan ke data logger untuk kemudian dihubungkan ke komputer untuk diolah datanya

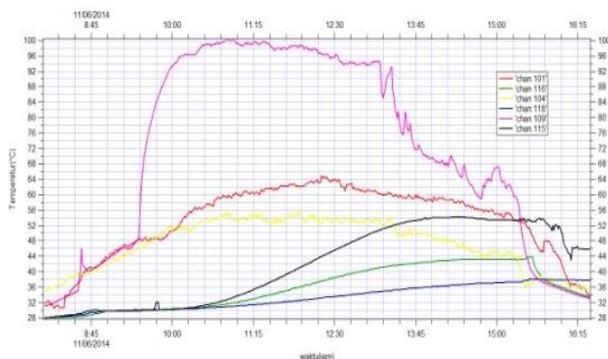
Metode Pengumpulan Data

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. Kolektor 3 titik, yaitu pada tekanan 0 CmHg, 20 CmHg, dan 30 CmHg. Pada tangki air 3 titik, yaitu pada tangki penampungan air.
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. Setelah pengujian, flashdisc dicabut dari agilent. Kemudian data hasil pengujian diolah menggunakan Microsoft excel, sehingga didapat data (lampiran). 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 11 Juni 2014



Gambar 4.1 Grafik temperatur vs waktu tanggal 11 Juni 2014

Gambar 4.1 dapat dilihat temperatur tertinggi absorber adalah 100°C berada pada chanel 9, pada pukul 10.47. Temperatur terendah mencapai 30,50 °C pada chanel 1, yaitu pada pukul 08.00 WIB.

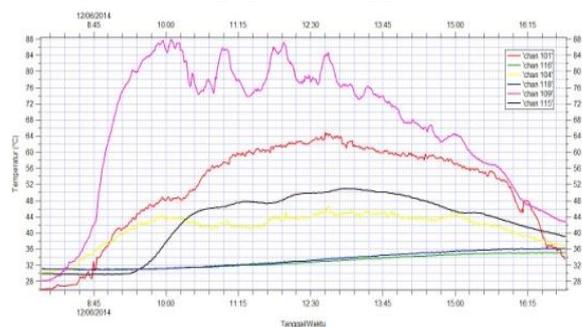
Kolektor dengan tekanan 0 CmHg, temperatur tertinggi adalah 64,90 °C pada pukul 12.16 WIB, temperatur terendah adalah 30,50 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 53,13 °C, dengan temperatur air maksimum 44°C pada pukul 15.30 WIB, dan temperatur terendah adalah 27,90 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 35,87°C.

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 38,10°C pada pukul

15.32 WIB, dan temperatur terendah adalah 28 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 33,30 °C.

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 temperturnya 71,36 °C, dengan temperatur air maksimum 54,20°C pada pukul 14.21 WIB, dan temperatur terendah adalah 28 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 41,84 °C.

Data Hasil Pengujian Tanggal 12 Juni 2014



Gambar 4.2 Grafik temperatur vs waktu tanggal 12 Juni 2014

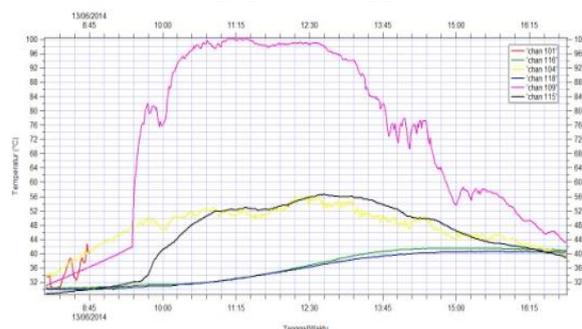
Gambar 4.2 dapat dilihat temperatur tertinggi absorber adalah 88 °C berada pada chanel 9, pada pukul 10.05. Temperatur terendah mencapai 26 °C pada chanel 1, yaitu pada pukul 08.00 WIB.

Kolektor dengan tekanan 0 CmHg, temperatur tertinggi adalah 64,90 °C pada pukul 12.45 WIB, temperatur terendah adalah 26 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperturnya 51,23 °C, dengan temperatur air maksimum 35,10°C pada pukul 16.51 WIB, dan temperatur terendah adalah 30,80 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 32,80°C.

Kolektor dengan tekanan 20 CmHg, temperatur tertinggi adalah 46,60 °C pada pukul 12.49 WIB, temperatur terendah adalah 30 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperturnya 41,25 °C, dengan temperatur air maksimum 36,10°C pada pukul 16.31 WIB, dan temperatur terendah adalah 30.80 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 33,23 °C.

Kolektor dengan tekanan 30 CmHg, temperatur tertinggi adalah 88,10 °C pada pukul 10.05 WIB, temperatur terendah adalah 28,10 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperturnya 66,41°WIB, dengan temperatur air maksimum 51°C pada pukul 13.06 WIB, dan temperatur terendah adalah 29,60 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 42,63 °C.

Data Hasil Pengujian Tanggal 13 Juni 2014



Gambar 4.3 Grafik temperatur vs waktu tanggal 13 Juni 2014

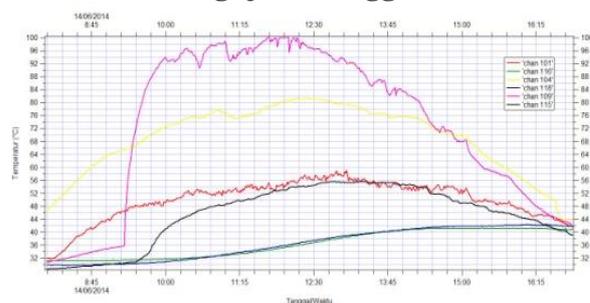
Gambar 4.3 dapat dilihat temperatur tertinggi absorber adalah 100 °C berada pada chanel 9, pada pukul 11.17. Temperatur terendah mencapai 31,00 °C pada chanel 9, yaitu pada pukul 08.00 WIB.

Kolektor dengan tekanan 0 CmHg, temperatur tertinggi adalah 56,10 °C pada pukul 12.38 WIB, temperatur terendah adalah 30,10 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 47,29 °C, dengan temperatur air maksimum 41,60°C pada pukul 15.07 WIB, dan temperatur terendah adalah 30,30 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 36,32°C.

Kolektor dengan tekanan 20 CmHg, temperatur tertinggi adalah 56,10 °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 40,70°C pada pukul 15.32 WIB, dan temperatur terendah adalah 29,90 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 35,75 °C.

Kolektor dengan tekanan 30 CmHg, temperatur tertinggi adalah 100 °C pada pukul 11,17 WIB, temperatur terendah adalah 31 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 71,74°WIB, dengan temperatur air maksimum 56,60°C pada pukul 12.43 WIB, dan temperatur terendah adalah 28,80 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 45,27 °C

Data Hasil Pengujian Tanggal 14 Juni 2014



Gambar 4.4 Grafik temperatur vs waktu tanggal 14 Juni 2014

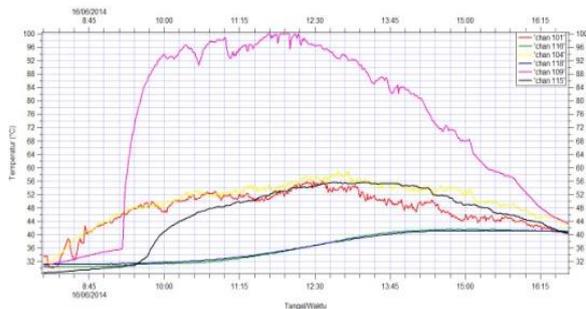
Gambar 4.4 dapat dilihat temperatur tertinggi absorber adalah 100 °C berada pada chanel 9, pada pukul 11.17. Temperatur terendah mencapai 31,80 °C pada chanel 1, yaitu pada pukul 08.00 WIB.

Kolektor dengan tekanan 0 CmHg, temperatur tertinggi adalah 59,10 °C pada pukul 13.03 WIB, temperatur terendah adalah 31,80 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 50,01 °C, dengan temperatur air maksimum 41,30°C pada pukul 15.10 WIB, dan temperatur terendah adalah 31,10 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 36,40°C.

Kolektor dengan tekanan 20 CmHg, temperatur tertinggi adalah 81,50 °C pada pukul 12.13 WIB, temperatur terendah adalah 43,60 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 68,99 °C, dengan temperatur air maksimum 42,50°C pada pukul 16.24 WIB, dan temperatur terendah adalah 29,80 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 36,52 °C.

Kolektor dengan tekanan 30 CmHg, temperatur tertinggi adalah 100 °C pada pukul 11,55 WIB, temperatur terendah adalah 30,70 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 73,10°WIB, dengan temperatur air maksimum 55,70°C pada pukul 13.19 WIB, dan temperatur terendah adalah 28,60 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 45,55 °C

Data Hasil Pengujian Tanggal 16 Juni 2014



Gambar 4.5 Grafik temperatur vs waktu tanggal 16 Juni 2014

Gambar 4.5 dapat dilihat temperatur tertinggi absorber adalah 100 °C berada pada chanel 9, pada pukul 11.51. Temperatur terendah mencapai 30,10 °C pada chanel 1, yaitu pada pukul 08.00 WIB.

Kolektor dengan tekanan 0 CmHg, temperatur tertinggi adalah 56,10 °C pada pukul 12.37 WIB, temperatur terendah adalah 30,10 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 47,42 °C, dengan temperatur air maksimum 41,60°C pada pukul 14.44 WIB, dan temperatur terendah adalah 30,30 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 36,24°C.

Kolektor dengan tekanan 20 CmHg, temperatur tertinggi adalah 59,10 °C pada pukul 13.03 WIB, temperatur terendah adalah 31,80 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 50,16 °C, dengan temperatur air maksimum 41,30°C pada pukul 15.19 WIB, dan temperatur terendah adalah 31,10 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 36,35 °C.

Kolektor dengan tekanan 30 CmHg, temperatur tertinggi adalah 100 °C pada pukul 11,51 WIB, temperatur terendah adalah 30,70 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperaturnya 73,67°WIB, dengan temperatur air maksimum 55,70°C pada pukul 13,18 WIB, dan temperatur terendah adalah 28,60 °C pada pukul 08.00 WIB. Rata-rata temperatur air adalah 45,66 °C

5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari rancang bangun ini adalah:

1. Telah dirancang bangun sebuah alat pemanas air tenaga surya sistem pipa panas. Adapun ukuran kolektor surya adalah 1,16 m x 0,80 m x 0,169 m yang tersusun atas 3 lapisan yaitu kayu (triplek), rockwoll sebagai isolator dan plat alumunium sebagai penyerap panas.
2. Dari hasil perhitungan diperoleh Intensitas radiasi matahari total = 275,919 W/m²
3. Efisiensi terbaik kolektor dari tiap tekanan adalah :

0 CmHg	: 14 %
20 CmHg	: 15 %
30 CmHg	: 29 %

Saran

Supaya lebih memperhitungkan lagi pada saat pembuatan alat untuk mengurangi kebocoran-kebocoran untuk mengurangi kehilangan panas.

1. Pengujian sebaiknya dilakukan pada cuaca yang cerah agar diperoleh hasil yang maksimal
2. Perlu ketelitian dan ketepatan dalam meletakkan thermokopel Kolektor

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Watt, Franklin.2004. *21st Century Science Energy*. Australia
- [2] [www. Pemanas air.com /article/perkembangan-teknologi-swh/](http://www.Pemanasair.com/article/perkembangan-teknologi-swh/) (diakses tanggal 23 september 2014)
- [3] Ambarita, H. 2011.*Energi Surya*. Departemen TeknikMesin
- [4] Jansen,TedJ. Arismundar,Wiranto. *Teknologi Rekayasa Surya*. Pradya Paramita,1995