

# STUDI PEMANFAATAN PEMANAS AIR TENAGA SURYA TIPE KOTAK SEDERHANA YANG DILENGKAPI *THERMAL STORAGE* SOLAR WATER HEATER

Agorlif Efrata Slanturi<sup>1</sup>, Himsar Ambarita<sup>2</sup>.

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, Jln. Almamater Kampus Usu Medan 20155 Medan Indonesia  
Email: agorlif\_sianturi@yahoo.com

## Abstrak

Indonesia adalah salah satu Negara terletak digaris khalustiwa pada  $6^{\circ}$ LU dan  $11^{\circ}$ LS ini dan menguntungkan Indonesia untuk dapat mengembangkan potensi energy yang dimiliki matahari. Salah satu teknologi pemanfaatan energy matahari adalah solar water heater yang menggunakan prinsip dari system kolektor surya plat datar untuk pemanas air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah kalor yang diterima air sebanyak 100 liter dan biaya penghematan air panas. Kolektor ini sudah banyak digunakan terutama dirumah tangga, rumah sakit, dan hotel.

Solar water heater ini di rancang dengan kapasitas air 100 liter dengan menggunakan stread acid sebagai penyimpan panas di dalam kolektor gunanya adalah untuk mandi, dan lain sebagainya. Potensi kolektor surya ini juga dapat dimanfaatkan bagi manusia terutama air panas untuk mandi. Temperatur biasa yang dipakai adalah sekitar  $35^{\circ}$ c s/d  $40^{\circ}$ c.

Kata kunci : Solar Water Heater, stread acid, pemakaian untuk mandi

## 1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari manusia tentu saja menginginkan suatu perubahan dimana setiap rumah tangga mempunyai air panas yang selalu tersedia setiap waktu. System air panas ini atau air untuk mandi adalah proses dimana setiap manusia ingin menggunakan dan memakainya disaat mandi dan juga pemakaian lainnya. Air panas ini juga sudah banyak terpakai dan digunakan seperti di rumah-rumah, hotel dan lainnya. System air panas ini dimaksudkan untuk memberikan kenyamanan dan kesegaran bagi manusia. Jadi air panas ini sangat bermanfaat bagi kita terutama disaat pemakaian mandi pagi dan juga malam hari, dan lain sebagainya.

Seiring berjalannya waktu semakin bertambah pula jumlah populasi Manusia di Bumi, maka dengan demikian kebutuhan energi akan semakin bertambah. Untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut maka dibutuhkan juga pengembangan teknologi yang lebih efisien seiring semakin terbatasnya sumber energi yang tersedia di Alam.

Salah satu titik penggunaan energi yang cukup besar di Indonesia adalah penggunaan air panas (*solar water heater*)

di setiap rumah-rumah, hotel, dan rumah sakit. Di masa yang akan datang diyakini akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya taraf hidup masyarakat dan pemanasan global yang telah berlangsung.

Manusia senantiasa menginginkan hal baru dalam efisiensi dan hidup yang lebih praktis, hal ini dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya adalah bagaimana penghematan biaya air panas secara maksimal.

## 2. Landasan Teori

Matahari adalah suatu bola dari awan gas dengan suhu yang sangat panas. Diameter bola matahari adalah  $1,39 \times 10^9$  km, sedangkan jauh rata-rata dengan bumi adalah  $1,5 \times 10^{11}$  km. Matahari berputar pada sumbunya dengan kecepatan sekali putar dalam empat minggu. Karena matahari terdiri dari kumpulan awan gas dan tidak solid maka bagian ekuatorialnya berputar sekali dalam 27 hari sedangkan kutub-kutubnya berputar sekali dalam 30 hari. Suhu efektif pada permukaan besarnya  $5760$  K. sedang pada inti temperaturnya dapat mencapai lebih kurang  $8 \times 10^6$  sampai dengan  $40 \times 10^6$  K [1].

**1. Kolektor Surya**

*Kolektor surya plat datar* adalah suatu bentuk khusus alat penukar panas dimana perpindahan panas radiasi memegang peranan yang sangat penting. Apabila pada pesawat penukar panas konvensional, energi panas dipindahkan antar fluida dan radiasi bukanlah suatu hal yang penting maka pada *kolektor surya plat datar*, energi dipindahkan dari sumber energi radiasi yang berjarak tertentu, dan melalui prinsip *konversi fotothermal*, energi radiasi matahari diubah menjadi energi panas [2].



**Gambar : 1 Kolektor Surya Pemanas air - Konduksi**

$$q = -k \cdot A \left( \frac{dT}{dx} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana q= Laju perpindahan panas (watt)  
 k= Konduktivitas Termal ( W / (m.K)  
 A= Luas penampang m<sup>2</sup>  
 dT/dx= Gradien temperatur dalam aliran panas (K/m)

**- Konveksi**

$$qh=A(T_w-T) \text{ watt} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana h= Koefisien konveksi ( W / m<sup>2</sup>.K)  
 A=Luas permukaan kolektor surya m<sup>2</sup>  
 T<sub>w</sub>= Temperatur dinding (K)  
 T = Temperatur fluida (K)  
 Q =Laju perpindahan panas (watt)

**- Radiasi**

$$Q_r = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4) \dots \dots \dots (3)$$

Dimana, Q = laju perpindahan panas (W)  
 ε = emisivitas panas permukaan ( 0 ≤ ε ≤ 1)  
 σ = konstanta Stefan Boltzmann (5,67 x 10<sup>-8</sup> W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)  
 A= luas penampang (m<sup>2</sup>)

Performansi kolektor dinyatakan dengan keseimbangan energi yang menggambarkan distribusi energi matahari yang datang terhadap energi yang bermanfaat dan beberapa energi yang hilang [3].

$$A_c = \{ \{ H R (\tau a) \}_b + \{ H R (\tau a) \}_d = Q_U + Q_L + Q_s \dots \dots \dots (4)$$

**Gaya apung (Buoyancy force)**

Misalnya sebuah plat yang panas diletakkan pada posisi vertikal di udara terbuka yang awalnya diam. Setelah beberapa saat akan terlihat aliran udara di sekitar plat vertikal tersebut. Aliran udara di sekitar plat tersebut akan berada di dalam lapisan batas, yang biasa disebut *boundary layer* [4].

**Kontinuitas:**

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \dots \dots \dots (5)$$

**Momentum arah-x:**

$$u \frac{\partial \rho u}{\partial x} + v \frac{\partial \rho u}{\partial y} = - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \dots \dots \dots (6)$$

**Momentum arah-y**

$$u \frac{\partial \rho v}{\partial x} + v \frac{\partial \rho v}{\partial y} = - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - \rho g \dots \dots (7)$$

**Energi**

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{k}{\rho c_p} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \dots \dots \dots (8)$$

**2. Phase Change Material (PCM)**

Penyimpanan energi bisa dilakukan dalam bentuk panas sensibel, panas laten, atau hasil energi kimia yang dapat balik (*reversibel*). Energi yang disimpan tersebut tidak hanya digunakan untuk memanaskan suatu fluida, tetapi juga mampu untuk mendinginkan atau mempertahankan temperatur suatu fluida agar tetap konstan. Penyimpanan energi kimia belum digunakan secara praktis. Hal ini disebabkan biaya dan penggunaannya memerlukan perhatian khusus. Saat ini, penelitian tentang material penyimpan panas dipusatkan pada panas sensibel dan panas laten [5].

✓ **Panas Laten**

Suatu bahan biasanya mengalami perubahan temperatur bila terjadi perpindahan panas antara benda dengan lingkungannya. Pada suatu situasi tertentu, aliran panas ini tidak merubah temperaturnya. Hal ini terjadi bila bahan mengalami perubahan fasa. Misalnya padat menjadi cair (mencair), cair menjadi

uap (mendidih) dan perubahan struktur kristal (zat padat). Energi yang diperlukan disebut panas transformasi.

✓ **Panas Sensibel**

Tingkat panas atau intensitas panas dapat diukur ketika panas tersebut merubah temperatur dari suatu benda. Perubahan intensitas panas dapat diukur dengan termometer. Ketika perubahan temperatur didapatkan, maka dapat diketahui bahwa intensitas panas telah berubah dan disebut sebagai panas sensibel. Dengan kata lain, panas sensibel adalah panas yang diberikan atau yang dilepaskan oleh suatu jenis fluida sehingga temperaturnya naik atau turun tanpa menyebabkan perubahan fasa fluida tersebut.

Material yang digunakan sebagai *PCM* harus memiliki panas laten yang besar dan konduktifitas termal yang tinggi. *PCM* tersebut juga harus memiliki temperatur titik cair yang bekerja pada rentang temperatur yang diizinkan, reaksi kimia yang stabil, biaya rendah, tidak beracun, dan tidak menyebabkan korosi.

*PCM* diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *organik* dan *non organik*. *PCM* organik merupakan *PCM* dari golongan hidrokarbon, asam/ester atau garam, alkohol, freon, dan polimer. Keuntungan penggunaan *PCM* organik adalah sifat fisik dan kimia yang stabil dan perilaku termal material yang baik. Kerugian penggunaan *PCM* ini adalah konduktifitas termal rendah, massa jenis rendah, titik lebur rendah, kelembapan tinggi, mudah terbakar, dan perubahan volume.

*PCM non organik* merupakan campuran unsur metal pembentuk garam. Keuntungan penggunaan *PCM non organik* adalah penyimpanan energi yang tinggi, konduktifitas termal tinggi, dan tidak mudah terbakar. Kerugian penggunaan *PCM* ini adalah mudah menyebabkan pengkaratan, pemisahan unsur ketika terjadi perubahan fasa, dan penurunan suhu yang drastis [6].

Beberapa jenis *PCM*

**Tabel:1**

properties	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Stearic acid	Acetamide	Acetanilide	Erythritol
Melting temperature (°C)	89	55.1	82	118.9	118
Latent heat of fusion (Kj/Kg)	162.8	160	263	222	339.8
Density (Kg/Kg <sup>3</sup> )					
Solid	1636	965	1159	1210	1480
Liquid	2.51	2.2	1.94	2	2.76
Thermal conductivity					
Liquid (W/m0C)	0.49	0.172	0.5	0.5	0.326

**Dasar pemilihan stearic acid sebagai *PCM* adalah:**

- titik leburnya tidak jauh berbeda dengan temperatur air panas untuk mandi (35-40°C)
- reaksi fisik stabil, artinya ketika mengalami perubahan fasa strukturnya tidak mengalami perubahan
- tidak beracun dan tidak berbahaya, *stearic acid* tidak mengandung unsur yang menyebabkan keracunan dan apabila kontak dengan kulit tidak menyebabkan iritasi.
- tidak mudah terbakar, hal ini disebabkan *stearic acid* merupakan golongan hidrokarbon dengan jumlah karbon 18 yang memiliki sifat seperti lilin
- tidak menyebabkan korosi, karena *stearic acid* bukan dari golongan *PCM non organik* (*non organik* mengandung garam yang menyebabkan korosi).

**3. Stearic Acid**

Asam lemak adalah asam *alkanoat* atau asam *karboksilat* berderajat tinggi (memiliki rantai karbon lebih dari 6) dengan rumus kimia R-COOH or R-CO<sub>2</sub>H. Umumnya asam lemak berfase cair atau padat pada suhu ruang (27 °C). Semakin panjang rantai karbon penyusunnya, semakin mudah membeku dan juga semakin sukar larut. Asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak dapat

bereaksi dengan senyawa lain membentuk persenyawaan lipida.

*Stearic acid* atau *asam oktadekanot* merupakan salah satu jenis asam lemak yang memiliki gugus 18 atom karbon. Asam stearat adalah asam lemak jenuh, yang berarti molekul terdiri dari rantai panjang atom karbon terikat bersama oleh ikatan tunggal dan dengan dua atom hidrogen terikat satu sama dari atom karbon internal [7].

Contoh-contoh dari asam lemak jenuh

**Tabel:2**

Nama asam	Struktur	Sumber
Butirat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}$	Lemak susu
Palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{C}$	Lemak hewani/ nabati
Stearat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{C}$	Lemak hewani/ nabati

### Sifat fisik dan kimia *stearic acid*

Asam *stearat* merupakan padatan pada temperatur ruang. Padatan tersebut berupa butiran seperti gula pasir yang berwarna putih seperti lilin. Asam *stearat* tidak larut dalam air. Asam stearat akan mencair pada suhu  $55,1^\circ\text{C}$  dan mendidih pada suhu  $361^\circ\text{C}$ . Massa jenis dari asam stearat adalah  $965\text{ kg/m}^3$  (*solid*) dan  $848\text{ kg/m}^3$  (*liquid*). Kalor jenis *solid* dan *liquid* masing-masing adalah  $1,6\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$  dan  $2,2\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ . Asam *stearat* memiliki kalor lebur  $160\text{ kJ/kg}$ .



**Gambar: 2 stearic acid**

### Penggunaan *stearic acid*

Penggunaan *Stearic acid* di dunia industri sangat besar. Beberapa penggunaan *stearic acid* antara lain adalah :

#### - Pembuatan deterjen, sabun, dan kosmetik

Asam stearat terutama digunakan dalam produksi deterjen, sabun, dan kosmetik seperti sampo. Sabun tidak dibuat langsung dari asam stearat, tetapi

secara tidak langsung dengan *saponifikasi* dari *trigliserida* terdiri dari ester asam stearat.

#### - Pembuatan lilin

Kebanyakan lilin dibuat dari hasil fraksi minyak bumi yang dikenal dengan lilin *parafin*. Namun, lilin juga dapat dibuat dari asam stearat. Penggunaan *stearat acid* sebagai lilin masih jarang karena harganya jauh lebih mahal dibandingkan dengan lilin parafin.

#### - Pelunakan tekstil dan karet

Asam stearat digunakan dengan minyak jarak untuk melunakkan produk tekstil. Campuran tersebut dipanaskan dan dicampur dengan soda api. Selain itu, garam turunan dari asam stearat digunakan sebagai bahan kimia yang digunakan untuk mendapatkan efek slip dalam produksi ban mobil dan melunakkan *PVC* [8].

### 3. Metode Penelitian

#### - Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan Pengerjaan Skripsi ini dilakukan dari Tanggal 1 mei 2012 hingga Oktober 2012. Adapun lokasi penelitian seperti pengujian dan pengambilan data dilakukan di laboratorium Teknik Pendingin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, serta melakukan *survey* Hotel A, Hotel B, dan Hotel C.

#### - Alat dan Bahan yang digunakan

Penelitian ini akan menggunakan bahan-bahan untuk pengukuran dan beberapa alat produksi dan alat ukur.

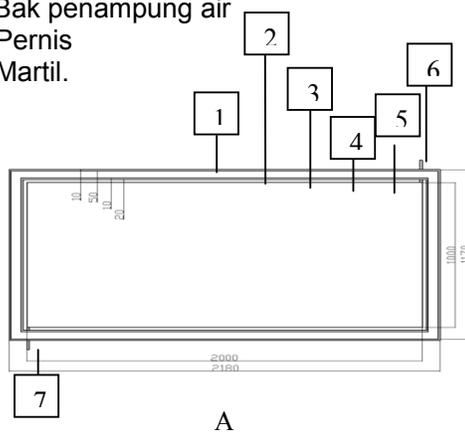
- Mesin Las
- Bor Tangan
- Palu/Martil
- Paku Keling
- Hobo Micro Station Data Longger
- Alat ukur Temperatur/Termokepel (Agilent)

#### - Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

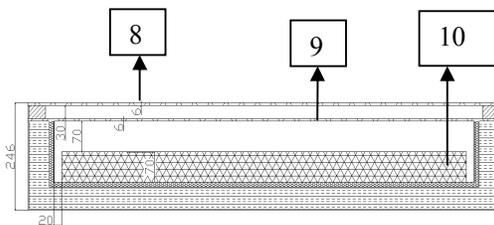
- a. Kabel termokopel
- b. Seperangkat alat komputasi
- c. Perekat
- d. Rangka *thermal storage* kolektor surya
- e. Plat datar
- f. Pelat aluminium ketebalan 2 mm

- g. Kaca bening ketebalan 5 mm
- h. Styrofoam massa jenis  $27 \text{ kg/m}^3$
- i. Rockwool massa jenis  $24 \text{ kg/m}^3$
- j. Kayu
- k. Pipa Tembaga  $\varnothing 12 \text{ mm}$  dan  $\varnothing 10 \text{ mm}$
- l. Stearic acid
- m. Lem
- n. Cat hitam
- o. Paku
- p. Seltip
- q. Kuas
- r. Air
- s. Bak penampung air
- t. Pernis
- u. Martil.



**Keterangan:**

- 1. Kayu
- 2. Styrofoam
- 3. Rockwool
- 4. Aluminium
- 5. Thermal storage
- 6. Pipa air keluar
- 7. Pipa air masuk
- 8. Kaca Atas
- 9. Kaca Bawah
- 10. Stearic acid



**Gambar: 3** Dimensi kolektor surya (satuan mm); (a) tampilan utama dan (b) potongan

**- Thermal storage**

*Thermal storage* sebagai wadah *stearic acid* yang dipanaskan oleh matahari. Di dalam *thermal storage* ini terdapat pipa-pipa tembaga yang berfungsi untuk memanaskan air pada proses *discharging*. *Thermal storage* memiliki dimensi 2 m x 1 m x 0,07 m.

**- Variabel Riset**

Adapun variabel *input* dari pengujian yang akan dianalisa antara lain adalah *charging stread acid* didalam *kolektor surya* dan *discharging* air panas ,disaat pengujian, pengambilan data di lab Pendingin, dan *survey* data di tiga hotel.

**- Metode Pengujian**

Pengujian yang saya lakukan pada penelitian ini sesuai dengan tanggung jawab penulis adalah mengetahui panas yang keluar dari pipa kolektor dan *stread acid* membandingkan data dengan hasil *survey*, mengetahui besarnya nilai *energi* radiasi yang diterima oleh *stread acid*, mengetahui penghematan biaya air panas dengan menggunakan *kolektor surya* pada beberapa hotel.

Melakukan perhitungan efisiensi dari data – data yang telah dikumpulkan baik dari studi literatur ,*survey* dan data – data yang didapat dari percobaan.

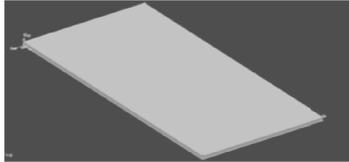
**4.Perancangan Dan Pembuatan Kolektor Surya**

Pemanas air yang akan dibuat dan dirancang pada penelitian ini adalah pemanas air dengan menggunakan *energy* matahari dan di simpan dalam *kolektor surya* menggunakan bahan *PCM stread acid* sebagai penyimpan panas,air dialirkan dari bak ke pipa *kolektor* sehingga terjadi kontak perpindahan panas antara pipa dan air.

**- Penentuan Dimensi dan Pembuatan pipa kolektor dan kolektor sebagai penyimpan bahan *Streacid***

Salah satu komponen *kolektor surya* untuk memanaskan air yang akan dirancang adalah pipa *kolektor* dan *kolektor surya* untuk bahan *strea acid*. Pipa *kolektor* dan *stread acid* dirancang sesuai dengan kapasitas *kolektor surya*

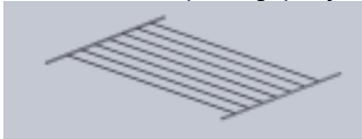
yang kami buat. kapasitas dan dimensi *kolektor* untuk memanaskan air yang kami buat dalam penelitian ini adalah panjang 2m dan lebar 1m dengan menggunakan strea acid 70kg sebagai penyimpan panas. Bahan-bahan yang kami buat untuk penelitian ini adalah kaca 2buah dengan ketebalan masing-masing 5mm, pipa *kolektor* dengan panjang 2m dan lebar 1m sebanyak 9 dan diameter pipa 1 inci dan  $\frac{1}{2}$  inci.



**Gambar: 4 Kolektor Surya yang di rancang**

**- Penentuan dimensi dan pembuatan kotak kayu kolektor**

Berikutnya adalah perancangan kotak kayu untuk tempat *kolektor*, kayu ini terbuat dari papan (kayu) tebal dengan 2cm, panjang 205cm, lebar 105cm sebanyak 5 papan dipaku dengan rapat dengan bentuk kotak persegi panjang.



**Gambar: 5 Pipa kolektor yang dirancang**

**- Penentuan pembuatan kotak yang akan di isolasi dengan *rockwool***

Peletakan bahan *rockwool* ini sama juga dengan pengerjaan diatas bedanya adalah *strofoam* dulu dibuat setelah itu baru dialasi dengan *rockwool* dengan rapi dan tidak ada yang kosong dipermukaan atas. Guna *strofoam* dan *rockwool* ini adalah untuk mengurangi panas yang hilang ke lingkungan, dan hasilnya pun maksimal.



**Gambar: 6 Kotak kayu kolektor - Penentuan pembuatan kotak yang akan di isolasi dengan *rockwool***

Peletakan bahan *rockwool* ini sama juga dengan pengerjaan diatas bedanya adalah *strofoam* dulu dibuat setelah itu baru dialasi dengan *rockwool* dengan rapi dan tidak ada yang kosong dipermukaan atas. Guna *strofoam* dan *rockwool* ini adalah untuk mengurangi panas yang hilang ke lingkungan, dan hasilnya pun maksimal.



**Gambar: 7 Penentuan pembuatan kotak yang akan di isolasi dengan *rockwool* - Peletakan Kolektor surya**

Setelah papan kolektor siap yang sudah dibuat dan dirancang menjadi persegi panjang dan juga siap diisolasi dengan *rockwool*, lalu *kolektor* diletakkan dengan bagus berdekatan dengan *strofoam*, *rockwool* lalu *kolektor* dipaskan sesuai dengan rancangan



**Gambar: 8 Peletakan kolektor surya - Pembuatan lubang untuk masuk dan keluarnya air di kolektor surya**

Setelah selesai di rancang dan diletakkan dengan pas *kolektor surya*, kemudian sisi papan di lubang dengan mesin bor gunanya untuk masuk pipa dan juga untuk bisa mengalirkan air kedalam *kolektor surya*



**Gambar: 9 Setelah di pasang pipa ke sisi papan**

**- Pemasangan kolektor Surya**

Setelah semua dibuat dan dipabrikasi dengan baik dan di isolasi kolektor surya maka dilakukan pemasangan kaca *kolektor*. Kaca *kolektor* dengan tebal 5mm, panjang 2m, lebar 1m

dan juga kaca ini di vakumkan agar udara yang didalam tidak cepat keluar. kaca ini fungsinya adalah untuk menangkap panas agar tidak keluar



**Gambar: 10 Kolektor Surya Yang sudah Jadi**

**5. Hasil Dan Pembahasan**

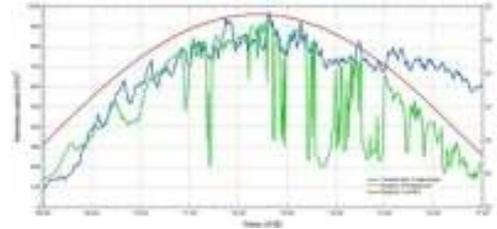
Data pengujian pada bab inii merupakan data yang diambil dari hasil analisis “ Pengujian Proses *Charging* sebuah pemanas air energi surya tipe kotak sederhana yang dilengkapi PCM dengan luas permukaan kolektor 2M<sup>2</sup>” dan “Pengujian Proses *Discharging Thermal Storage* Menggunakan *Stearic Acid* Sebagai Pemanas air. Hasil analisis tersebut mewakili data yang akan digunakan pada analisis data penghematan biaya. Berikut ini adalah hasil analisis pengujian yang dilaksanakan pada tanggal 10 September 2012.

**- Analisis radiasi pengukuran**

Data ini diperoleh dari hasil pengukuran di Gedung Pasca Sarjana Departemen Teknik Mesin FT-USU lantai 4. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur *station data logger HOBO Micro Station* pada tanggal 10 September 2012 dengan interval pembacaan data 1 menit. Data yang diambil adalah radiasi total (W/m<sup>2</sup>). Data radiasi pengukuran tanggal 10 September 2012. **Tabel:3**

Waktu (WIB)	I = Radiasi (W/m <sup>2</sup> )	Temperatur Lingkungan (°C)
8:00	136.9	25.04
9:00	354.4	28.64
10:00	480.6	31.46
11:00	679.4	32.38
12:00	850.6	33.60
13:00	810.6	33.08
14:00	689.4	32.90
15:00	646.9	32.18
16:00	423.1	32.46
17:00	198.1	31.20

Radiasi rata-rata pada tanggal 10 September 2012 dari pukul 08.00 – 17.00 WIB adalah 509,45 W/m<sup>2</sup> dan energi radiasi total adalah 16,51 MJ/m<sup>2</sup>.



**Gambar: 11 Grafik Waktu-vs-radiasi teoritis, radiasi pengukuran, dan temperatur lingkungan tanggal 10 September 2012**

**- Energi hilang melalui dinding dan alas kolektor**

Energi yang hilang melalui dinding dan alas kolektor pada pengujian tanggal 10 September 2012 dapat dihitung dengan menggunakan data temperatur yang diukur oleh Agilent. Panas hilang pada bagian ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu panas hilang melalui sisi I (sisi panjang x tinggi), sisi II (sisi lebar x tinggi), dan sisi III (alas).

**- Panas hilang sisi I**

Panas hilang pada sisi I merupakan panas hilang yang terjadi pada bagian sisi tegak kolektor, yaitu panjang dikali tinggi. Untuk menghitung panas hilang ini, nilai bilangan *Re*, bilangan *Nu*, koefisien konveksi *h<sub>s</sub>* sisi luar, dan koefisien konveksi *h<sub>3</sub>* sisi dalam kolektor (antara absorber dan kaca II) harus dihitung terlebih dahulu. Data-data analisis diambil dari hasil pengukuran pada pukul 13.00 tanggal 10 September 2012.

Pada pukul 13.00, temperatur lingkungan *T<sub>∞</sub>* adalah 33,08 °C, temperatur kayu *T<sub>12</sub>* adalah 44,38 °C, maka temperatur filmnya (*T<sub>f</sub>*) adalah (33,08°C+44,38°C)/2=38,73 °C. Sifat fisik udara pada kondisi temperatur film adalah ρ = 1,118404 kg/m<sup>3</sup>, μ= 1,360941x10<sup>-5</sup> Ns/m<sup>2</sup>, k= 2,719715x10<sup>-2</sup> dan Pr= 0,7043796.

Nilai bilangan *Re* adalah:

$$Re = \frac{\rho U_{\infty} L}{\mu} = \frac{(1,118404 \text{ kg/m}^3)(1,9 \text{ m/s})(2,180 \text{ m})}{1,360941 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2}$$

$$= 286060,79$$

Nilai bilangan  $Nu_x$  adalah:

$$Nu_x = 0,332 \times Re^{0,5} \times Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$= 0,332 \times (286060,79)^{0,5} \times (0,7043796)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 157,62676$$

Koefisien konveksi  $h_{\infty}$  adalah:

$$h_{\infty} = \frac{Nu_x k}{L}$$

$$= \frac{(157,62676)(2,684272 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K})}{0,126 \text{ m}}$$

$$= 2,13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

**- Panas hilang sisi II**

Panas hilang pada sisi II merupakan panas hilang yang terjadi pada bagian sisi tegak kolektor, yaitu lebar dikali tinggi. Untuk menghitung panas hilang ini, nilai bilangan  $Re$ , bilangan  $Nu$ , dan koefisien konveksi  $h_{\infty 2}$  sisi luar harus dicari terlebih dahulu. Sedangkan koefisien konveksi  $h_3$  sisi dalam kolektor (antara absorber dan kaca II) telah dihitung pada bagian sebelumnya. Perhitungan panas hilang pada sisi II hampir sama dengan sisi I. Yang membedakan adalah  $L$  pada sisi I adalah sisi panjang, sedangkan  $L$  pada sisi II adalah sisi lebar. Data-data diambil dari hasil pengukuran pada pukul 13.00 tanggal 10 September 2012 nilai bilangan  $Re$  adalah:

$$Re = \frac{\rho U_{\infty} L}{\mu}$$

$$= \frac{(1,118404 \text{ kg/m}^3)(1,9 \text{ m/s})(1,180 \text{ m})}{1,360941 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2}$$

$$= 151507,27$$

Nilai bilangan  $Nu$  adalah:

$$Nu_x = 0,332 \times Re^{0,5} \times Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$= 0,332 \times (151885,06)^{0,5} \times (0,6970763)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 114,71$$

Maka, koefisien konveksi  $h_{\infty 2}$  adalah:

$$h_{\infty 2} = \frac{Nu_x k}{L}$$

$$= \frac{(114,71)(3,152082 \times 10^{-2} \text{ W/m} \cdot \text{K})}{1,180 \text{ m}}$$

$$= 2,96 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

**- Data Hasil Pengukuran Air**

Data ini diperoleh dari hasil pengukuran di Gedung Pasca Sarjana Departemen Teknik Mesin FT-USU lantai 4. Pengukuran dilakukan pada tanggal 10

September 2012. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Agilent 34972 A*. Dengan pembacaan dengan interval 1 menit.

**Tabel:4 Temperatur Stearic acid dan air**

Waktu (WIB)	Temperatur Stearic Acid							Temperatur Air	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T19 (in)	T20 (out)
18:04	66.21	62.88	62.78	62.89	51.27	58.95	59.63	29.8	49.82
18:05	63.91	61.62	61.42	61.75	51.14	58.81	59.49	29.78	48.65
18:06	58.96	60.48	60.36	60.42	51.09	58.71	59.2	29.77	47.03
18:07	52.38	59.91	59.81	59.86	51.12	58.93	59.64	29.68	41.89
18:08	46.7	58.74	58.48	58.61	51.06	58.72	59.71	29.69	40.51
18:09	45.95	55.9	55.18	55.54	51.19	58.79	59.95	29.67	39.84
18:10	44.64	52.59	52.32	52.45	51.14	58.83	59.8	29.71	35.15
18:11	45.4	50.81	51.82	51.32	51.04	58.73	59.51	29.66	34.83
18:12	43.8	49.58	50.77	50.18	51.01	58.63	59.32	29.67	34.84
18:13	43.58	48.33	49.89	49.11	50.8	58.57	59.07	29.73	34.7
18:14	43.3	47.64	49.32	48.48	50.67	58.52	59.01	29.81	34.34
Σ (°C)	50.44	55.32	55.65	55.51	51.05	58.75	59.48	29.73	40.24

Jumlah energy yang diterima oleh air dihitung berdasarkan interval waktu. Jumlah air yang dipanaskan dengan laju aliran konstan untuk satu menit adalah 10 liter. Untuk menit pertama (18.04), jumlah energy yang diterima oleh air dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_{\max} - T_o)$$

Dimana :  $Q$  = Kalor yang diserap air (J)  
 $m$  = massa air (kg)  
 $C_p$  = kalor spesifik = 4,2 kJ / Kg<sup>0</sup>C

$$Q_1 = m \cdot C_p \cdot (T_{\max} - T_o)$$

$$= (10 \text{ kg})(4,2 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C})(49,82 - 29,80) = 840,84 \text{ kJ}$$

Untuk menit kedua (18.05), jumlah energy yang diterima oleh air adalah:

$$Q_2 = m \cdot C_p \cdot (T_{\max} - T_o)$$

$$= (10 \text{ kg})(4,2 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C})(48,65 - 29,78)$$

$$= 792,54 \text{ kJ}$$

Untuk menit ketiga (18.06), jumlah energy yang diterima oleh air adalah:

$$Q_3 = m \cdot C_p \cdot (T_{\max} - T_o)$$

$$= (10 \text{ kg})(4,2 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C})(47,03 - 29,77)$$

$$= 724,92 \text{ kJ}$$

Untuk menit keempat hingga menit kesepuluh, jumlah energy yang diterima oleh air masing-masing adalah

Jumlah energi total yang diterima air mulai menit pertama hingga menit kesepuluh adalah :

$$\begin{aligned}
 Q_T &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} \\
 &= 840,84 \text{ kJ} + 792,54 \text{ kJ} + 724,92 \text{ kJ} + \\
 &512,82 \text{ kJ} + 454,44 \text{ kJ} + 427,14 \text{ kJ} + \\
 &228,48 \text{ kJ} + 217,14 \text{ kJ} + 217,14 \text{ kJ} + \\
 &208,74 \text{ kJ} + 190,26 \text{ kJ} = 4814,16 \text{ kJ} \\
 &= 4,8 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

#### - Analisa Penghematan Biaya

Pada beberapa bangunan komersial seperti, rumah sakit, hotel, restaurant, dan perumahan sudah banyak menggunakan pemanas air. Pemanas air ini tentunya menggunakan energy untuk menghasilkan air panas. Biasanya pada beberapa bangunan komersial, pemanas air atau *water heater* menggunakan boiler sebagai sumber energinya dimana boiler tersebut menggunakan bahan bakar solar, dan ada juga yang menggunakan tenaga listrik. Namun, biaya penggunaan kedua *energy* tersebut tidaklah murah.

Pada kesempatan ini penulis mencoba untuk menganalisa besarnya biaya penghematan apabila menggunakan pemanas air yang memanfaatkan energi matahari jika dibandingkan dengan pemakaian energi listrik dan bahan bakar solar di beberapa hotel di Medan. Kolektor surya yang memanaskan air digunakan sebagai *preheating*.

#### Hotel A

Hotel A berlokasi di kota Medan. Hotel berbintang empat ini memiliki tujuh lantai dengan dua ratus buah kamar.

Sumber energy utama pemanas air di Hotel A bersumber dari listrik PLN dan dua buah boiler ( masing-masing berkapasitas 500 L). Boiler menggunakan bahan bakar solar. Konsumsi bahan bakar solar tiap boiler adalah 40 L. Dimana, konsumsi air panas setiap harinya mencapai 50 m<sup>3</sup>. Temperatur air panas yang diharapkan adalah 60°C. Pihak manajemen hotel mengklaim biaya untuk air panas mencapai Rp. 80.000.000,- tiap bulannya.

Untuk memastikan biaya sesungguhnya, penulis mencoba

menganalisis biaya sumber energi yang dibayarkan oleh pihak hotel.

#### 1. Biaya Penggunaan Bahan Bakar Solar

Saat ini, harga bahan bakar solar per liternya untuk industry (nonsubsidi) sebesar Rp.7.800,-. Maka biaya penggunaan bahan bakar solar perhari (24 Jam) untuk dua buah boiler adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pengeluaran} &= \text{Rp } 7.800,- / \text{L} \times 80 \text{ L} \\
 &= \text{Rp } 624.000,-
 \end{aligned}$$

#### 2. Biaya Penggunaan Listrik PLN

Biaya penggunaan listrik PLN dapat dihitung dengan mengurangi jumlah air yang dipanaskan oleh boiler. Jumlah air yang dipanaskan oleh listrik adalah:

$$\begin{aligned}
 m &= 50000 \text{ kg} - 11788 \text{ kg} \\
 &= 38212 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Hotel A menggunakan listrik dengan batas daya 850 kVA. Ini artinya, Hotel A berada pada golongan R-3/TR (6600 VA ke atas ). Saat ini, harga listrik PLN pada golongan ini per kwh adalah Rp.1.380,-. Oleh Karena itu, biaya yang dibayarkan oleh pihak hotel penggunaan listrik untuk memanaskan air perhari (24 Jam) adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Pengeluaran} &= 4814,7 \text{ MJ} \times \\
 &\text{Rp.1380,} / 3,6 \text{ MJ} = \text{Rp. } 1.845.635,-
 \end{aligned}$$

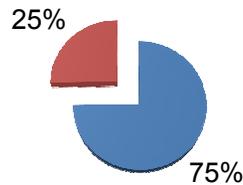
Untuk satu bulan, Hotel A harus membayar sekitar Rp.55.369.050,- penggunaan listrik.

Dari hasil perhitungan di atas, biaya total penggunaan energy listrik dan bahan bakar solar untuk satu bulan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Total} &= \text{Rp. } 18.720.000,- + \text{Rp.} \\
 &55.369.050,- = \text{Rp. } 74.089.050
 \end{aligned}$$

Hasil diatas menunjukkan bahwa biaya pengeluaran total yang diklaim pihak hotel tidak jauh berbeda dengan hasil perhitungan.

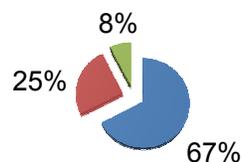
■ Listrik PLN ■ BOILER



(a)

■ Listrik PLN ■ BOILER

■ KOLEKTOR



(b)

**Gambar : 12 Persentase biaya penggunaan energy (a) sebelum dan (b) sesudah penggunaan kolektor**

### Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan Survey yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain yaitu:

1. Telah dibuat dan dirancang sebuah *kolektor surya* untuk pemanas air menggunakan bahan *Stearic acid* sebagai penyimpan panas, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Panjang kolektor : 2 m
- Lebar kolektor : 1 m
- Diameter dalam pipa ( $d_i$ ) : 8 mm
- Diameter luar pipa ( $d_o$ ) : 10 mm
- Menggunakan *Stearic acid* : 70 kg
- Tebal Aluminium : 2 mm
- Kapasitas air : 100 Liter

2. Energi panas air yang diterima dari *stearic acid* untuk 100 Liter air selama pengujian adalah 4,8 MJ

3. Penghematan biaya air panas dengan menggunakan *kolektor surya* pada beberapa hotel selama satu hari adalah:

- Hotel A = Rp. 1.845.635,- Rp1.661.635,-
- = Rp. 184.000,-

4. Persentase penghematan biaya dengan menggunakan *kolektor surya* pada beberapa Hotel sebesar (8%) untuk Hotel A.

### Daftar Pustaka

- [1] Pudjanarsa Astu, Djati Nursuhud Mesin Konversi Energi, edisi pertama, Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta 2006.
- [2] Duffie A John. 2006. Solar Engineering of Thermal Processes, Third Edition. John Wiley & Sons Inc. : New York
- [3] Yunus, A. Cengel. 2003. Heat Transfer A Practical Approach.
- [4] Ambarita, Himsar. 2011. Energi Surya. Medan: Departemen Teknik Mesin FT USU.
- [5] Agyenim, F., Eames, P., Hewitt, N., Smyth M. 2000.
- [6] Barrenechea, C., Cabeza, L.F., Castell, A., de Gracia, A., Fernández, A.I. 2010.
- [7] Guston, F. 1996. Fatty Acid & Lipid. Aspen Publisher : New York
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Stearic\\_acid](http://en.wikipedia.org/wiki/Stearic_acid) (diakses tanggal 7 April 2011)