

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Negara Indonesia merupakan negara yang mendapat pancaran sinar matahari sepanjang tahun dikarenakan letak geografisnya yang berada di garis khatulistiwa. Energi matahari merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang mana ketersediaannya semakin menipis. Energi matahari merupakan sumber energi yang tidak terbatas dan bersifat terus-menerus, sehingga telah banyak negara di belahan dunia yang memanfaatkannya menjadi energi panas atau listrik untuk memenuhi kebutuhan energi manusia.

Salah satu pengaplikasian pemanfaatan energi matahari yang semakin umum dikota-kota besar adalah sebagai pemanas air (water heater). Salah satu kebutuhan yang semakin perlu untuk dipenuhi oleh masyarakat perkotaan adalah ketersediaan akan air panas untuk keperluan sanitasi. Sedangkan pada hotel dan rumah sakit, ketersediaan sistem pemanas air sebagai sarana untuk sanitasi telah menjadi salah satu kriteria penting yang dipersyaratkan oleh pengunjung atau pasien.

Untuk memanfaatkan energi matahari menjadi pemanas maka dibuat Solar Water Heater dengan pembangkit tenaga surya tipe parabola silinder. Kelemahan water heater tenaga surya adalah kehilangan panas akibat perbedaan suhu lingkungan dengan suhu didalam tangki penyimpanan, yang dimana waktu

pemanasan dilakukan disiang hari dan akan digunakan pada malam hari dan pagi hari. Selain masalah kehilangan panas pada tangki penyimpanan, kehilangan panas juga terjadi di konstruksi perpipaan solar water heater nya. Apabila kehilangan panas lebih banyak daripada panas yang dihasilkan maka waktu pemanasan air akan semakin lama yang bisa terjadi kemungkinan air tidak akan mencapai temperatur yang telah ditargetkan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana profil temperatur pada sistem perpipaan?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan air terhadap laju pemanasan pada perpipaan solar water heater?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh intensitas matahari terhadap profil temperatur air pada saat sebelum masuk ke dalam coil solar water heater dan pada saat setelah masuk ke dalam coil solar water heater.
2. Mengetahui perfoma coil solar water heater terhadap variasi laju aliran selama proses pemanasan.

## **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Menggunakan pipa berbahan tembaga dengan diameter 3/8 inchi
2. Kapasitas tangki 100 liter
3. Penelitian dilakukan pukul 10.00 – 16.00 WIB

4. Menggunakan pompa dengan kapasitas 0,8 LPM, 1 LPM, dan 1,2 LPM
5. Mencari analisa panas yang dihasilkan oleh solar water heater

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui efisiensi energi yang digunakan ketika proses pemanasan sedang berlangsung.
2. Dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa lain maupun masyarakat umum tentang pembuatan solar water heater dengan biaya yang terjangkau.

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Energi**

Energi adalah sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tetapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. (Astu Pudjanarso, Djati Nursuhud: 2008)

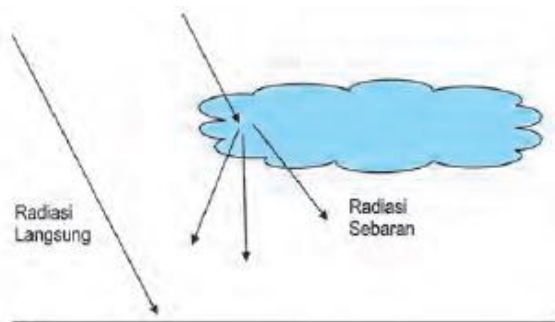
Energi pada saat ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Selama ini penyangga utama kebutuhan energi masih mengandalkan energi fosil yang tidak dapat dihindarkan bahwa cadangan sumber energi fosil di seluruh dunia semakin menipis. Dengan menipisnya sumber energi fosil, maka terjadi pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarui menuju sumber energi terbarui. Potensi energi terbarukan, seperti: biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin masih belum banyak dimanfaatkan, padahal potensi energi terbarukan ini sangatlah besar khususnya di Indonesia. Dari sekian banyak sumber energi terbarukan, energi surya merupakan alternatif yang paling potensial untuk dimanfaatkan di wilayah Indonesia yang tepat berada di garis equator.

##### **2.1.1. Energi Surya**

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksplotasi dengan tepat,

energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan bahkan untuk mendinginkan.

Energi surya atau energi yang berasal dari matahari, tiba di bumi dalam bentuk radiasi elektromagnetik yang mirip dengan gelombang radio tetapi memiliki frekuensi yang berbeda. Energi surya diukur dengan kepadatan daya pada suatu permukaan daerah penerima dan dikatakan sebagai radiasi surya. Rata-rata nilai dari radiasi surya diluar atmosfer bumi adalah  $1353 \text{ W/m}^2$ , dinyatakan sebagai konstanta surya. Total energi yang sampai pada permukaan horizontal di bumi adalah konstanta surya dikurangi radiasi akibat penyerapan dan pemantulan atmosfer sebelum mencapai bumi dan nilai tersebut disebut sebagai radiasi surya global. Radiasi surya global terdiri dari radiasi yang langsung memancar dari matahari (direct radiation) dan radiasi sebaran yang dipancarkan oleh molekul gas, debu dan uap air di atmosfer (diffuse radiation). Intensitas radiasi matahari merupakan banyaknya energi yang diterima bumi per satuan luas per satuan waktu ( $\text{Wh/m}^2$ ) yang nilainya berubah-ubah tergantung pada beberapa faktor, seperti letak astronomis suatu tempat terutama garis lintang lokasi, gerak semu harian-tahunan matahari, dan keadaan atmosfer bumi. Gerak semu harian.



Gambar 2.1 Radiasi Langsung dan Radiasi Sebaran

Intensitas radiasi surya pada kondisi cerah akan terus bertambah, sejak terbit matahari sampai siang hingga tercapainya kondisi puncak dan turun sampai matahari terbenam pada sore hari. Untuk Indonesia, jumlah jam surya adalah sekitar 4-5 jam per hari, sedangkan jam surya adalah lamanya matahari bersinar cerah dalam satu hari. Jumlah intensitas radiasi atau insolasi surya yang diterima dalam satu hari dinyatakan dengan satuan kilowatt-hours/m<sup>2</sup> (kWh/m<sup>2</sup>). Produksi energi surya pada suatu area dapat dihitung sebagai berikut : Energi surya yang dihasilkan (Watt)= Insolasi surya (W/m<sup>2</sup>) x luas area (m<sup>2</sup>). Besarnya radiasi surya pada permukaan bumi dapat diukur dengan menggunakan alat piranometer.

#### 2.1.2. Pemanas Air Tenaga Surya

Pemanas air tenaga surya merupakan suatu alat yang digunakan untuk memanaskan air dengan memanfaatkan energi surya yang dikumpulkan ataupun yang dipantulkan oleh kolektor. Klasifikasi kolektor dari pemanas air tenaga surya secara umum dilihat dari bentuk dan jenisnya, berdasarkan klasifikasi tersebut didapatkan bentuk dan jenis dari solar water heater yang masing-masing jenisnya dapat diteliti lebih lanjut. Salah satu jenis pemanas air tenaga surya adalah pemanas air coil water heater dengan menggunakan kolektor type parabolic silindrik. Pemanas air tenaga surya lebih efisien daripada pemanas air yang menggunakan energi listrik karena hanya memerlukan energi panas yang dihasilkan dari matahari untuk memanaskan air.

Pemanas air tenaga surya bekerja untuk memanaskan air melalui pemanas pada kolektor. Sinar matahari akan memanasi pipa-pipa coil kolektor yang akan menyebabkan air yang berada di dalam kolektor akan menjadi ikut terpanasi. Pada

saat air di dalam kolektor terkena panas, air akan dipompakan ke dalam tangki yang terletak di samping kolektor. Air yang telah hangat akan di pompakan ke bagian atas dari tangki, karena massa jenis air yang telah panas lebih ringan maka air panas akan tetap pada posisi atas, sedangkan posisi hisap dari pompa akan di buat pada bagian bawah tabung penyimpanan air, sehingga pompa akan menyedot air dingin pada bagian bawah tangki untuk di panaskan ke kolektor. Demikian siklus ini bekerja, air dingin akan terpanasi oleh kolektor sehingga menjadi lebih ringan dan akan dipompa ke bagian atas tangki penyimpan air panas. Siklus ini akan terus bekerja sehingga seluruh air akan terpanasi dengan suhu secara merata.

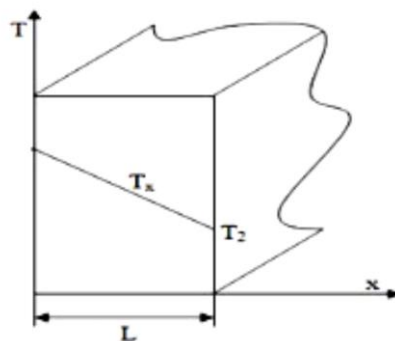
## **2.2 Perpindahan Panas**

Perpindahan panas atau perpindahan kalor merupakan ilmu yang berguna untuk memprediksi laju perpindahan energi yang berpindah antar material akibat perbedaan temperatur. Pada ilmu termodinamika dijelaskan bahwa perpindahan energi didefinisikan sebagai panas. Perpindahan panas tidak hanya menjelaskan bagaimana energi panas dapat dipindahlan, namun juga memprediksi seberapa besar laju perubahan tersebut dalam kondisi tertentu. Faktanya bahwa laju perpindahan panas merupakan hasil analisis dari perbedaan antara perpindahan panas dan termodinamika. Termodinamika berkaitan dengan kesetimbangan sistem; yang digunakan untuk memprediksi energi yang dibutuhkan untuk mengubah sistem dari keadaan setimbang ke keadaan yang lain; dan tidak digunakan untuk memprediksi seberapa cepat perubahan tersebut sejak sistem tidak dalam keadaan setimbang selama proses perubahan. Perpindahan panas menggunakan hukum termodinamika pertama dan kedua dengan beberapa aturan

tambahan untuk mendapatkan laju perpindahan panas. Macam-macam proses perpindahan kalor, yaitu :

### 2.2.1. Perpindahan kalor secara konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Secara umum laju aliran kalor secara konduksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :



Gambar 2.2 Perpindahan Kalor Secara Konduksi pada Bidang Datar

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (2.1)$$

(J.P Holman, 1994)

Keterangan :

q = laju aliran kalor (W)

k = konduktivitas termal bahan (W/m<sup>2</sup>.°C)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

dT/dx = gradient suhu terhadap penampang tersebut, yaitu laju perubahan suhu terhadap jarak dalam arah aliran panas x.



Semakin besar luas bidang panas dan selisih temperatur, maka semakin besar pula jumlah panas yang dirambatkan karena jumlah panas yang dirambatkan berbanding lurus dengan luas bidang panas dan selisih temperaturnya. Tetapi bila bidang panas yang melakukan rambatan panas makin tebal, maka semakin berkurang jumlah panas yang dirambatkan, karena jumlah panas yang dirambatkan berbanding terbalik dengan tebal bidang panas. Persamaan diatas bisa juga digunakan untuk konduksi melalui dinding homogen.

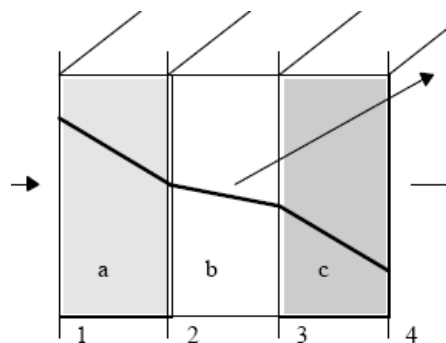
### 1. Konduksi Melalui Beberapa Lapis Dinding

Dalam hal ini persamaan (2.1) masih dapat digunakan untuk perhitungan, yang perlu diperhatikan disini adalah pada dinding yang terdiri dari beberapa lapis itu arah dari perpindahan panasnya (q) secara seri atau paralel.

Pada gambar (2.1) memberikan contoh 3 lapis dinding yang mempunyai kehantaran thermal (k) yang berbeda dengan arah perpindahan kalor secara seri. Berdasarkan analogi listrik maka:

$$R = R_{12} + R_{23} + R_{34} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$R = \frac{L_{12}}{K_{12}A} + \frac{L_{23}}{K_{23}A} + \frac{L_{34}}{K_{34}A} \dots \dots \dots (2.3)$$



Gambar. 2.3 Konduksi Beberapa Lapis Dinding

## 2. Konduksi Melalui Tabung Silinder

Suatu silinder panjang berongga dengan jari-jari dalam  $r_i$ , jari-jari luar  $r_o$  dan panjang  $L$  dialiri panas sebesar  $q$ . Suhu permukaan dalam  $T_i$  dan suhu permukaan luar  $T_o$ .



Gambar. 2.4 Konduksi Melalui Tabung Silinder

Aliran panas hanya berlangsung ke arah radial (arah  $r$ ) saja. Luas bidang aliran panas dalam system silinder ini adalah :

$$A_r = 2\pi rL$$

Sehingga hukum Fourier menjadi :

$$q = kA_r \left( -\frac{dT}{dr} \right) = -k2\pi rL \frac{dT}{dr}$$

Kondisi batas (Boundary Condition, BC) :

$$r = r_i \rightarrow T = T_i$$

$$r = r_o \rightarrow T = T_o$$

Dengan kondisi batas di atas, persamaan aliran panas untuk koordinat silinder adalah :

$$q = \frac{2\pi kL(T_i - T_o)}{\ln(r_o/r_i)} \text{ atau } q = \frac{2\pi kL(T_i - T_o)}{2,3 \log(r_o/r_i)}$$

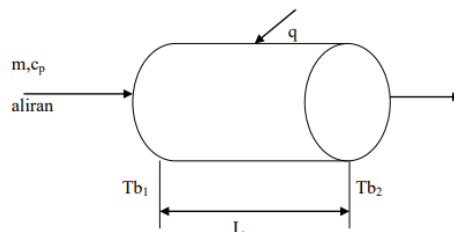
$$q = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{T_i - T_o}{\frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Persamaan aliran panas dapat ditulis :

$$q = \frac{2\pi kL(T_i - T_o)}{\ln(D_o/D_i)} \dots\dots\dots (2.5)$$

### 2.2.2. Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi adalah proses transport energi antara permukaan benda padat dan cair atau gas dengan kerja gabungan dari konduksi kalor penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Perpindahan kalor secara konveksi berlangsung beberapa tahap. Pertama, kalor akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida tersebut. Kedua, partikel-partikel tersebut akan bergerak ke daerah suhu yang lebih rendah dimana partikel tersebut akan bercampur dengan partikel-partikel fluida lainnya.



Gambar. 2.5 Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (free convection). Bila gerakan fluida disebabkan oleh paksaan gaya dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (forced convection). Proses

pemanasan atau pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran tertutup seperti pada gambar 2.3 merupakan contoh proses perpindahan panas. Laju perpindahan panas pada beda suhu tertentu dapat dihitung dengan persamaan

$$q = hA(T_w - T_\infty) \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- Q = laju perpindahan panas (Kj/det atau W)
- h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m<sup>2</sup>.°C)
- A = luas bidang permukaan perpindahan panas (ft<sup>2</sup>)
- Tw = temperatur dinding (°C)
- T∞ = temperatur sekeliling (°C)

### 2.2.3. Perpindahan Kalor Secara Radiasi

Perpindahan secara radiasi adalah perpindahan kalor antara satu benda ke benda yang lain dengan jalan melalui gelombang-gelombang elektromagnetik tanpa tergantung kepada ada atau tidaknya media atau zat diantara benda yang menerima pancaran panas tersebut.

$$q_{rad} = \epsilon A \sigma (T_s^4 - T_{sur}^4) \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- q<sub>rad</sub> = laju perpindahan panas radiasi (W)
- ε = emisivitas bahan
- A = luas permukaan (m<sup>2</sup>)
- σ = konstanta Stefan-Boltzmann (5,67 x 10<sup>-8</sup> W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)
- T<sub>s</sub> = temperatur permukaan (K)
- T<sub>sur</sub> = temperatur lingkungan (K)

### **2.3. Kolektor Surya**

Kolektor energi surya adalah jenis spesial penukar panas yang menyerap radiasi matahari, mengubahnya menjadi panas, dan menyalurkan panas tersebut ke fluida (biasanya udara, air atau minyak) yang mengalir melalui kolektor. Energi matahari yang telah dikumpulkan ataupun yang telah diubah bentuknya kemudian disimpan dan akan digunakan pada sore ataupun malam hari.

Pada dasarnya ada dua tipe kolektor surya, yaitu: tidak terkonsentrasi dan yang terkonsentrasi. Kolektor yang tidak terkonsentrasi memiliki area yang sama untuk menangkap atau memantulkan radiasi matahari, sedangkan kolektor surya yang terkonsentrasi biasanya memiliki permukaan cekung yang berfungsi untuk menyerap atau memantulkan radiasi matahari pada area yang terfokus.

Kinerja kolektor surya sangat dipengaruhi oleh rancangan dan pemilihan materialnya, dan dibuat dalam berbagai bentuk sesuai dengan kebutuhan.

Komponen utama kolektor surya adalah cover yang berfungsi sebagai penutup kolektor yang transparan, absorber untuk menyerap energi dan mengkonversikan energi radiasi matahari menjadi energi panas, isolasi untuk menahan panas dalam kolektor dan saluran yang mengalirkan fluida yang membawa energi matahari.

#### **2.3.1. Kolektor Parabola Terkonsentrasi**

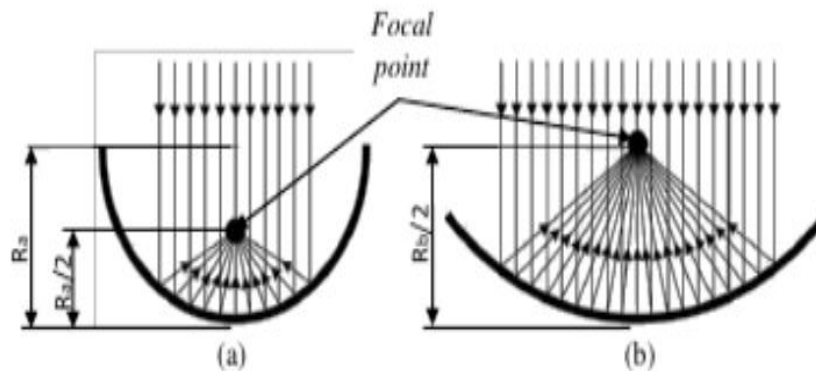
Jenis kolektor surya ini dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan energi panas pada temperatur tinggi. Kolektor surya ini mampu memfokuskan energi radiasi matahari pada suatu receiver yang dapat meningkatkan kuantitas panas yang akan diserap. Komponen konsentrator harus terbuat dari material yang memiliki daya pantul yang tinggi.

Tabel 2.1 Emivissity Solar Radiation

Material	Albedo (%)	Emittance (%)	SRI
White asphalt shingles	21	91	21
Black asphalt shingles	5	91	1
White granular-surface bitumen	26	92	28
Red clay tile	33	90	36
Red concrete tile	18	91	17
Unpainted concrete tile	25	90	25
White concrete tile	73	90	90
Galvanized steel (unpainted)	61	4	37
Aluminum	61	25	50
Siliconized white polyester over metal	59	85	69
Polyvinylidene fluoride (PVDF) white over metal	67	85	80
Black EPDM	6	86	-1
Gray EPDM	23	87	21
White EPDM	69	87	84
T-EPDM	81	92	102
Chlorosulfonated polyethylene (CSPE) synthetic rubber	76	91	95

Konversi energi matahari menjadi panas (pada kolektor surya plat datar) menghasilkan temperatur relatif rendah karena fluks energinya rendah karena panas yang dipantulkan tidak terfokuskan pada area yang lebih kecil.

Untuk menghasilkan panas dengan temperatur tinggi maka fluks energi matahari perlu ditingkatkan dengan metode mengkonsentrasikannya, yaitu dengan memantulkan radiasi matahari kepermukaan absorber yang lebih sempit. Sinar yang datang dari satu arah terdistribusi merata dan dipantulkan kearah focal point yang dimana pipa absorber ditempatkan.



Gambar 2.6 Arah Pantulan Sinar Matahari