

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Kolektor Surya

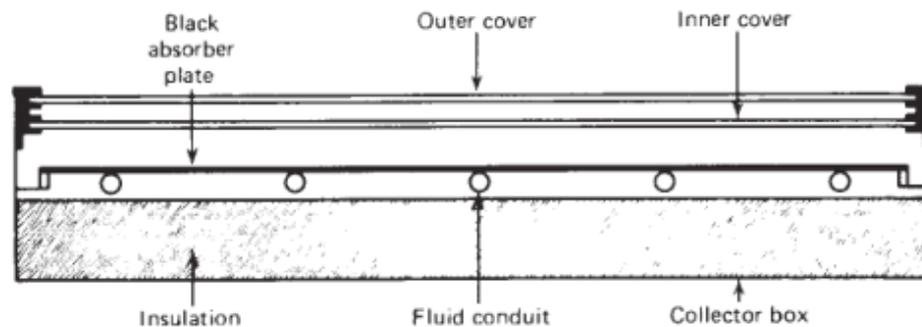
Kolektor surya berfungsi untuk mengumpulkan radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas yang kemudian diteruskan ke fluida yang berada di dalam pipa-pipa kolektor.

##### 2.1.1. Jenis-Jenis Solar Kolektor

Berdasarkan dimensi, geometri dan penyerapannya kolektor surya dibedakan menjadi tiga, yaitu:

a. Kolektor Surya Pelat Datar (*Flat Plat Collector*)

Kolektor surya pelat datar merupakan sebuah media yang digunakan untuk memanaskan fluida kerja yang mengalir dengan mengkonversikan energi radiasi matahari menjadi panas. Kolektor surya plat datar mempunyai temperatur keluaran dibawah  $95^{\circ}\text{C}$ . Performansi kolektor dinyatakan dengan keseimbangan energi yang menggambarkan distribusi energi matahari yang datang terhadap energi yang bermanfaat dan beberapa energi yang hilang. (Kristanto,2011).



**Gambar 2.1.** Penampang kolektor plat datar dasar

Sumber : *Solar Engineering of Thermal Processes*, Duffie & Beckman 2013

Kolektor surya plat datar umumnya dipasang pada tempat yang diam seperti dinding maupun atap rumah (Duffie dan Beckmen, 2013). Prinsip kerja pada Kolektor surya plat datar dengan menggunakan pelat datar, yaitu bahwa air yang masuk kedalam kolektor melalui pipa distribusi yang akan mendapatkan panas yang baik melalui radiasi langsung matahari maupun konduksi dan konveksi. Hal ini di sebabkan energi radiasi matahari didalam kolektor yang dibatasi kaca bening

tembus cahaya. Terjadinya perpindahan panas terhadap pipa – pipa distribusi maka suhu air di dalam pipa tersebut akan secara langsung bertambah, hal tersebut mengakibatkan adanya perbedaan massa jenis. Air yang bersuhu tinggi memiliki massa jenis yang lebih kecil, sehingga cenderung akan mengalir kearah yang lebih tinggi. Sebaliknya air yang bersuhu rendah memiliki massa jenis lebih besar dan cenderung akan bergerak kebawah, sehingga terjadi konveksi secara alami (Marbun, 2009).

Susunan pipa pada kolektor berpengaruh terhadap kinerja kolektor dimana dengan lebih panjang pipa laluan mengakibatkan luas permukaan pipa semakin besar dan meningkat kinerja kolektor (Made Wirawan dkk, 2015). Jenis material yang digunakan berpengaruh terhadap kinerja evaporator karena berkaitan dengan konduktivitas bahan tersebut (Rustan Hatib, 2015). Variasi laju alir menunjukkan bahwa peningkatan laju alir meningkatkan panas yang dapat diserap (Wirawan dan Sutanto, 2011). *Twisted tape* pada tube memberikan peningkatan terhadap efisiensi hingga 8% dikarenakan bertambahnya bilangan reynold dalam tube (Sharma, 2014).

#### *b. Concentrating Collector*

Kolektor jenis ini diaplikasikan pada temperatur  $100^{\circ}$ –  $400^{\circ}$ C dan mampu memfokuskan energi radiasi cahaya matahari pada suatu *receiver*, sehingga dapat meningkatkan kuantitas energi panas yang diserap oleh absorber. Spesifikasi jenis ini dapat dikenali dari adanya komponen konsentrator yang terbuat dari material dengan transmisivitas tinggi.

#### *c. Evacuated Receiver*

Pada kolektor surya jenis ini dirancang untuk menghasilkan energi panas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kolektor pelat datar maupun kolektor konsentrik. Keistimewaannya terletak pada efisiensi transfer panasnya yang tinggi tetapi faktor kehilangan panasnya yang relatif rendah. Pada kolektor surya jenis *evacuated receiver* fluida yang terjebak diantara absorber dan *cover*-nya dikondisikan dalam keadaan vakum, sehingga mampu meminimalisasi kehilangan panas yang terjadi secara konveksi dari permukaan luar absorber menuju lingkungan.

### 2.1.2. Radiasi Surya

Matahari merupakan bola gas panas dengan diameter  $1,39 \times 10^9$  m dengan jarak rata-rata  $1,5 \times 10^{11}$  m dari bumi. Matahari memiliki temperatur permukaan hingga 5777 K dengan densitas diperkirakan sekitar 100 kali dari air. Energi yang dihasilkan ditransfer ke permukaan dan diradiasikan ke angkasa. Radiasi yang mencapai bumi berkisar  $1367 \text{ W/m}^2$  atau sekitar  $4,92 \text{ MJ/m}^2 \text{ hr}$  (Duffie dan Beckman, 2013).

#### a. Proses Energi Radiasi dengan Benda Hitam

Saat suatu media transparan menerima radiasi matahari, maka benda tersebut akan dapat dilewati radiasi. Namun pada media yang berwarna hitam energi radiasi akan terserap, diasumsikan media berwarna hitam memiliki reflektivitas dan transmitivitas seharga 0. Kemudian didapatkan konsep benda hitam sempurna dan  $\alpha = 1$  yang didapat melalui persamaan :

$$\alpha + \gamma + \tau = 1 \quad \dots(\text{Kern,DQ.,1965})$$

dimana :

$\alpha$  = Absorptivitas/energi yang diserap benda

$\gamma$  = Reflektivitas/daya pemantulan benda

$\tau$  = Transmitivitas/daya tembus benda

#### b. Hubungan Emisivitas dan Absorpsi

Emisivitas adalah rasio energi yang diradiasikan oleh material tertentu dengan energi yang diradiasikan oleh benda hitam pada temperatur yang sama. Saat radiasi dari intensitas cahaya mengenai ke benda maka akan mempengaruhi daya pancar permukaan benda, yang akan mendapatkan persamaan :

$$E A = I \alpha A \quad \dots(\text{Kern,DQ.,1965})$$

$$E = I \alpha$$

dimana :

$I$  = Intesitas radiasi ( $\text{Btu/hr ft}^2$ )

$A$  = Luas permukaan benda

$\alpha$  = Absorptivitas/energi yang diserap media

$E$  = Emisivitas/daya pancar benda ( $\text{Btu/hr ft}^2$ )

### 2.1.3. Efisiensi Thermal

Untuk mengetahui panas yang dimanfaatkan pada kolektor dapat dilihat dengan persamaan :

$$Q_u = \dot{m} C_p dT \quad \dots(\text{Kern,DQ.,1965})$$

dimana :

$Q_u$  = Panas yang dimanfaatkan (Watt)

$\dot{m}$  = Laju alir massa air (kg/s)

$C_p$  = Kapasitas panas air (kJ/kg°C)

Setelah mengetahui panas yang dimanfaatkan untuk mendapat nilai efisiensi thermal kolektor dapat menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{Q_U}{I_T A_C} \quad (\text{Duffie dan Beckmen,2013})$$

dimana :

$\eta$  = Efisiensi thermal kolektor

$Q_u$  = Panas yang dimanfaatkan (Watt)

$I_T$  = Intensitas radiasi (W/m<sup>2</sup>)

$A_C$  = Luas permukaan plat absorber (m<sup>2</sup>)

### 2.1.4. Mekanisme Perpindahan Panas

Mekanisme perpindahan panas pada kolektor surya meliputi radiasi, konduksi dan konveksi.

#### a. Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan panas melalui materi solid seperti dinding. Laju alir dari panas proporsional dengan perubahan temperatur yang melalui dinding dengan luasnya. Jika  $t$  merupakan temperatur dari dinding dan  $x$  merupakan ketebalan dinding dari arah flow panas maka laju alir panasnya sebagai berikut :

$$dQ = kA \left( -\frac{dt}{dx} \right) \quad \dots(\text{Kern,DQ.,1965})$$

dimana :

$dt$  = Temperature difference 2 sisi masuk dan keluar panas (°C)

$dx$  = Ketebalan dinding (m)

$A$  = Luas permukaan dinding (m<sup>2</sup>)

$k$  = Konduktivitas thermal dinding [ $W/m^2 (^{\circ}C/m)$ ]

Tingginya konduktivitas thermal dari suatu bahan mempengaruhi laju perpindahan panas. Berbagai material yang ada memiliki konduktivitas thermal yang berbeda-beda sehingga menjadikannya bersifat thermal konduktif maupun insulator.

**Tabel 2.1 Konduktivitas Berbagai Bahan**

<b>Jenis Material</b>	<b>Konduktivitas (W/mK)</b>
Perak (murni)	410
Tembaga (murni)	385
Alumunium (murni)	202
Nikel (murni)	93
Besi (murni)	73
Baja carbon, 1% C	43
Timbal (murni)	35
Baja krom-nikel (18% Cr, 8% Ni)	16,3
Kuarsa (sejajar sumbu)	41,6
Magnesit	4,15
Marmar	2,08-2,94
Batu pasir	1,83
Kaca, jendela	0,78
Kayu maple atau ek	0,17
Serbuk gergaji	0,059
Wol kaca	0,038

Sumber: Suryanto, Ari dkk. 2012. Modifikasi plat penyerap kalor matahari.

#### b. Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan panas antara fluida panas dengan fluida dingin melalui proses pencampuran. Laju alir panas secara konveksi dapat menggunakan persamaan :

$$dQ = hA dt \quad \dots(\text{Kern,DQ.,1965})$$

$dt$  = Temperature difference fluida panas dan dingin ( $^{\circ}C$ )

$A$  = Luas permukaan kontak fluida ( $m^2$ )

$h$  = Koefisien heat transfer [ $W/m^2 ^{\circ}C$ ]

#### c. Radiasi

Ketika radiasi dikeluarkan dari sumber radiasi ke penerima radiasi, sebagian energi di serap dan sebagian lagi dipantulkan. Berdasarkan hukum kedua

thermodynamika, Boltzman menetapkan laju transfer panas yang diberikan sebagai berikut :

$$dQ = \sigma \varepsilon dA T^4 \quad \dots(\text{Kern,DQ.,1965})$$

$\sigma$  = Konstanta boltzman ( $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )

$\varepsilon$  = Emisivitas

A = Luas permukaan absorber [ $\text{m}^2$ ]

T = Absolut Temperatur (K)

## 2.2. Pengolahan Air

### 2.2.1. Higiene Sanitasi

Air hygiene sanitasi merupakan air yang dipergunakan untuk kebersihan seperti mandi, sikat gigi, cuci bahan makanan, peralatan makan dan pakaian. Parameter fisik, biologi, dan kimia merupakan parameter yang harus diperiksa secara berkala sesuai dengan standar baku air hygiene sanitasi menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017.

**Tabel 2.2.** Parameter Kualitas Air Higiene

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (Total Dissolved Solid)	mg/L	1000
4.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3$
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berbau

### 2.2.2. Air Panas

Temperatur penggunaan air panas untuk mandi berkisar pada temperatur 42 – 45°C untuk dewasa dan 40 – 42°C untuk anak-anak (Nurhalim, 2011).