

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis-jenis 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 Kolektor Surya Pelat Datar (*Flat Plat Collector*)

Kolektor surya plat 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°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).

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.



Flat Panel

Gambar 2.1 *Flat Plat Collector*

Terjadinya perpindahan panas terhadap pipa – pipa distribusi maka suhu air di dalam pipa tersebut akan secara langsung bertambah, hal tersebut mengakibatkan adanya perbedaan masa 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).

2.1.2 Concentrating Collector

Kolektor jenis ini diaplikasikan pada temperatur 100° – 400° 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.



Gambar 2.2 Concentrating Collector

2.1.3 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 reciever* 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.



Gambar 2.3 *Evacuated Collector*

2.2 Radiasi Surya

Salah satu energi terbarukan yang melimpah ketersediaannya yaitu energi radiasi surya. Sekitar setengah energi matahari masuk mencapai permukaan bumi. Jumlah energi surya yang mencapai permukaan bumi sangat besar. Bila dibandingkan, energi surya dua kali lebih banyak daripada semua sumber non-terbarukan seperti batu bara, minyak, gas alam, dan lain-lain.. Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki potensi energi radiasi surya yang sangat besar. Indonesia terletak di daerah khatulistiwa yang menyebabkan Indonesia beriklim tropis dan menerima radiasi surya yang hampir sama sepanjang tahunnya. Potensi energi surya rata-rata nasional adalah 16 MJ/hari. Potensi energi ini dapat digunakan untuk sebagai sumber energi termal.

Matahari mempunyai diameter $1,39 \times 10^9$ m. Bumi mengelilingi matahari dengan lintasan berbentuk ellipse dan matahari berada pada salah satu pusatnya. Jarak rata-rata matahari dari permukaan bumi adalah $1,49 \times 10^{11}$ m. Daya radiasi rata-rata yang diterima atmosfer bumi yaitu (G_{sc}) 1367 W/m (Isra,2018).

2.3 Emisivitas

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 :

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

α

dimana :

I = Intesitas radiasi (Btu/hr ft²)

A = Luas permukaan benda

α = Absortivitas/energi yang diserap media

E = Emisivitas/daya pancar benda (Btu/hr ft²)

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

dimana :

α = Absortivitas/energi yang diserap benda

γ = Reflektivitas/daya pemantulan benda

τ = Transmitivitas/daya tembus benda

2.4 Mekanisme Perpindahan Panas

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

2.4.1 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 :

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

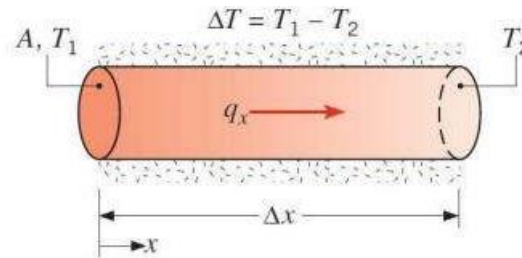
dimana :

dt = Temperature difference 2 sisi masuk dan keluar panas ($^{\circ}\text{C}$)

dx = Ketebalan dinding (m)

A = Luas permukaan dinding (m^2)

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



Gambar 2.4 Konduksi

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.

2.4.2 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 ($^{\circ}\text{C}$)

A = Luas permukaan kontak fluida (m^2)

h = Koefisien heat transfer ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

Sementara h dapat dicari dengan persamaan (Holman, 1988; Cengel, 1997):

$h = \frac{Nu.K}{D}$ dimana Nu adalah angka Nusselts, K menyatakan konduksi fluida ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$),

dan D adalah diameter pipa *stainless steel* (m).

2.4.3 Radiasi

Ketika radiasi dikeluarkan dari sumber radiasi ke penerima radiasi, sebagian energi di serap dan sebagian lagi dipantulkan. Berdasarkan hukum kedua 8 thermodynamika, Boltzman menetapkan laju transfer panas yang diberikan sebagai

berikut :

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

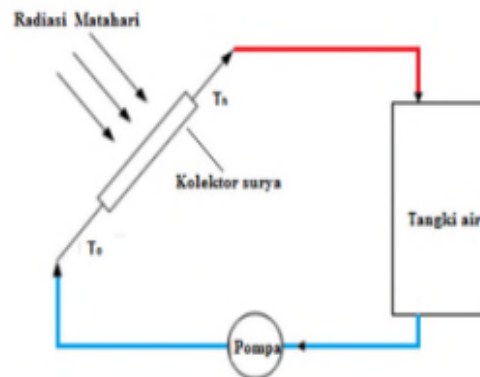
σ = Konstanta boltzman ($5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

ε = Emisivitas A = Luas permukaan absorber (m^2)

T = Absolut Temperatur (K)

2.5 Prinsip Kerja Solar Water Heater

Prinsip kerja *solar water heater* adalah pada saat matahari bersinar, lempengan penyerap panas yang ada dalam panel kolektor akan menangkap radiasi sinar matahari dan mengalirkan panas secara konduksi ke pipa *stainless steel*, kemudian air yang disirkulasikan dalam pipa *stainless steel* tersebut akan menerima perpindahan panas secara konveksi dari pipa *stainless steel*, sehingga suhu air di dalam pipa tersebut perlahan meningkat. Untuk sistem aktif pada dasarnya air dingin akan disirkulasikan oleh pompa dari dalam tangki ke dalam kolektor surya dan air yang telah panas akan kembali ke dalam tangki, hal tersebut mengakibatkan adanya perbedaan massa jenis. Air yang bersuhu tinggi memiliki massa jenis yang lebih kecil, sehingga cenderung akan mengalir ke arah yang lebih tinggi. Sebaliknya air yang bersuhu rendah memiliki massa jenis yang lebih besar dan cenderung akan bergerak ke bawah. Proses ini akan berkesinambungan sehingga mencapai suhu air panas yang dirancang untuk sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar



Gambar 2.5 Skema Prinsip Kerja Solar Water Heater

2.6 Laju Alir

Laju alir volumetrik adalah volume fluida yang mengalir melewati suatu area per satuan waktu. Satuan SI nya adalah m^3/s . Pengaruh laju alir pada alat pemanas air tenaga surya yaitu untuk menahan lamanya waktu pemanasan air pada pipa-pipa kolektor. Laju Alir terbaik terdapat pada laju alir yang kecil.

2.7 Kemiringan Panel Kolektor

Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan panas yang maksimal pada kolektor *solar water heater* adalah dengan menentukan posisi sudut kemiringan panel. Kemiringan atau *slope* adalah sudut antara permukaan bidang yang dinyatakan dengan permukaan horizontal (Ismail,2015). Adanya variasi sudut kemiringan panel kolektor berfungsi untuk menahan lamanya waktu pemanasan air pada kolektor dengan ketentuan air masih dengan mudah mengalir kembali menuju tangki.

2.8 Intensitas Cahaya

Menurut Satwiko (2004) Intensitas cahaya (luminous intensity) adalah kuat cahaya yang dikeluarkan oleh sumber cahaya ke arah tertentu. Lux adalah satuan turunan SI dari pencahayaan dan daya pancar cahaya, mengukur fluks cahaya per satuan luas. Dalam fotometri, ini digunakan sebagai ukuran intensitas, cahaya yang mengenai atau melewati permukaan. Untuk mengukur intensitas radiasi matahari menggunakan solar power meter dengan satuan Lux . Radiasi yang jatuh pada permukaan material akan mengalami refleksi, adsorbsivitas, dan transmisivitas. Refleksi adalah pemantulan dari sebagian radiasi tergantung pada harga indeks bias dan sudut datang radiasi.