

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Solar Water Heater

Solar Water Heater atau Pemanas Air Tenaga Surya adalah sebuah sistem yang menggunakan energi matahari untuk memanaskan air melalui kolektor surya yang kemudian disimpan ke dalam tangki penyimpanan. Kinerja dari pemanas air tenaga surya ini tergantung dari jumlah energi panas matahari yang tersedia maupun sistem yang digunakan. Fluida yang mengalir dengan memanfaatkan perbedaan massa jenis air di dalam tangki. Pada beberapa sistem pemanas air tenaga surya telah dilengkapi dengan heater tambahan sehingga dapat memanaskan air walaupun tidak terdapat sinar matahari. Panas dari matahari masuk ke dalam kolektor melalui kaca kristal yang akan menyebarkan panas tersebut secara merata di dalam kolektor, lalu air yang mengalir melalui pipa tembaga di dalam kolektor akan menyerap panas tersebut, sehingga dihasilkan panas yang sebanding dengan panas yang berada di dalam kolektor. Untuk membuat suatu kolektor surya buatan dalam hal ini adalah kolektor surya jenis plat datar, maka perlu dilakukan berbagai pertimbangan seperti bahan pembuat kolektor.

2.2 Kolektor Surya

Pada penelitian ini akan digunakan kolektor jenis plat datar sebagai kolektor panas alat pemanas air tenaga surya.

2.2.1 Kolektor Surya Plat Datar

Kolektor surya plat datar adalah sebuah kolektor surya berbentuk memanjang, dengan kemiringan tertentu untuk menangkap energi radiasi matahari. Proses penggunaannya lebih mudah dan sederhana dibanding dengan kolektor surya prisma. Komponen-komponen sebuah kolektor surya plat datar terdiri dari permukaan “hitam” sebagai penyerapan energi radiasi matahari yang kemudian dipindahkan ke fluida. Penutup tembus cahaya (kaca) berfungsi mengurangi efek radiasi dan konveksi yang hilang ke atmosfer. Pipa-pipa aliran fluida berfungsi mengalirkan fluida yang akan dipanaskan serta isolasi untuk mengurangi kerugian konduksi ke lingkungan. Performansi kolektor dinyatakan

dengan keseimbangan energi yang menggambarkan distribusi energi matahari yang datang terhadap energi yang bermanfaat dan beberapa energi yang hilang.

Prinsip kerja pada *solar water heater* dengan menggunakan plat datar, yaitu bahwa air yang masuk kedalam kolektor melalui pipa distribusi yang akan mendapatkan panas yang baik melalui radiasi langsung matahari maupun konveksi. Hal ini di sebabkan energi radiasi matahari di dalam 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 masa jenis. Air yang bersuhu tinggi memiliki masa jenis yang lebih kecil, sehingga cenderung akan mengalir kearah yang lebih tinggi. Sebaliknya air yang bersuhu rendah memiliki masa jenis lebih besar dan cenderung akan bergerak kebawah, sehingga terjadi konveksi secara alami. (Sudrajat & Santosa, 2014)



Gambar 2.1 Kolektor Surya Plat Datar

Kolektor panas dengan tipe ini dirancang untuk penggunaan energi panas pada temperatur di bawah 100°C . Spesifikasi tipe ini dapat dilihat dari absorbernya yang berupa pelat datar yang terbuat dari material dengan konduktivitas termal tinggi, dan dilapisi dengan cat berwarna hitam. Kolektor pelat datar memanfaatkan radiasi matahari langsung dan terpencar (beam and diffuse), pembuatan yang sederhana dan murah, dan hanya membutuhkan sedikit perawatan. Aplikasi umum kolektor tipe ini antara lain digunakan untuk pemanas air, pemanas gedung, dan pengkondisian udara. Komponen utama pada kolektor

pelat datar antara lain; kerangka, penutup transparan, absorber, pipa logam dan insulasi.

2.3 Bahan Kolektor

Dalam pembuatan kolektor panas jenis plat datar, membutuhkan berbagai pertimbangan bahan yang akan digunakan. Bahan-bahan yang digunakan diharapkan memiliki kemampuan penyerapan kalor yang tinggi dan insulasi termal yang baik untuk mendapatkan kinerja kolektor yang maksimal. Salah satu pertimbangan dalam pemilihan bahan adalah dengan melihat nilai konduktivitas bahan tersebut. Bahan logam yang memiliki konduktivitas tinggi dipilih sebagai media penangkap panas radiasi yang akan memberikan panas didalam kolektor, logam tersebut akan memiliki konduktivitas yang lebih tinggi apabila dicat berwarna hitam dikarenakan benda hitam dapat menyerap panas lebih maksimal. Untuk menghindari hilangnya panas di dalam kolektor, pada bagian bawah diberikan bahan yang memiliki nilai konduktivitas rendah sebagai insulasi termal pada kolektor.

Insulasi termal sendiri merupakan metode atau proses yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas/kalor. Energi panas (kalor) bisa dipindahkan dengan cara konduksi, konveksi, dan radiasi atau ketika terjadi perubahan wujud. Energi panas dapat mengalir dari benda yang bersuhu tinggi menuju benda yang suhunya lebih rendah. Jumlah energi panas yang mengalir pada tiap bahan berbeda-beda, tergantung pada sifat material yang digunakan. Bahan yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas itu disebut isolator atau insulator. (Bergman, Dewitt, Incropera, & Lavine, 2011)

Dapat dilihat dari Tabel 2.1 dibawah ini nilai konduktivitas dari berbagai bahan yang dapat digunakan sebagai bahan penyusun kolektor panas surya:

Tabel 2.1. Nilai Konduktivitas Bahan Kolektor

Bahan	k (W/m.
Logam	
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
Bukan Logam	
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.*

Selain data di atas, dari penelitian yang dilakukan oleh Hary Wibowo (2008) tentang studi banding konduktivitas panas antara styrofoam dan sekam padi, didapatkan nilai konduktivitas dari styrofoam dengan ketebalan 1 cm memiliki nilai konduktivitas rata-rata sebesar 0,095 W/m.

2.4 Perpindahan Panas

2.4.1 Konduksi

Persamaan umum laju konduksi untuk perpindahan kalor dengan cara konduksi dikenal dengan hukum Fourier (Fourier's Law) dimana "laju perpindahan kalor konduksi pada suatu plat sebanding dengan beda dengan temperatur diantara dua sisi plat dan luasan perpindahan kalor, tetapi berbanding terbalik dengan tebal" seperti yang dirumuskan berikut ini :

$$q_{\text{konduksi}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (2.1)$$

dimana:

q_{konduksi} = Kalor konduksi (W/m²)

k = Konduktivitas termal (W/m.K)

ΔT = Perbedaan temperatur (K)

ΔX = ketebalan lempengan (m)

2.4.2 Konveksi

Perpindahan Panas Konveksi adalah bentuk perpindahan energi diantara permukaan benda padat dan fluida sekitar yang bergerak dan melibatkan pengaruh kombinasi konduksi dan pergerakan fluida. Aliran fluida yang lebih cepat, maka perpindahan panas konveksinya akan menjadi lebih tinggi. Besarnya nilai perpindahan panas konveksi dapat dicari menggunakan persamaan 2.2, yaitu:

$$q = h A_S (T_S - T_{\infty}) \quad (2.2)$$

Dimana,

h = koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A_S = luas permukaan perpindahan panas konveksi (m^2)

T_S = temperatur permukaan ($^\circ C$)

T_{∞} = temperatur fluida sekitar permukaan ($^\circ C$)

2.4.3 Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan energi yang terjadi melalui bahan anatar kalor juga dapat berpindah melalui daerah-daerah hampa. Penyinaran ideal atau benda hitam memancarkan energi dengan laju sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding dengan luas permukaan seperti pada persamaan dibawah ini :

$$q_{\text{radiasi}} = \sigma A T^2 \quad (2.3)$$

Dimana, q = energi radiasi

σ = konstanta Stefan-Boltzman dengan nilai $5,669 \times 10^{-8} W/m^2$

T = perbedaan temperatur.

$$q_{1-2} = \sigma A F \epsilon F_A (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.4)$$

Pada persamaan diatas pertukaran energi yang terjadi pada sifat optika permukaan, yaitu emisivitas, absorpsivitas, reflektivitas, dan transmisivitas juga mempengaruhi laju perpindahan kalor radiasi.

Berdasarkan Hukum Kirchhoff, kekuatan emisivitas dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

$$E_1A_1 = E_2A_2 \quad (2.5)$$

Karena energi yang dipancarkan oleh luas permukaan (A) suatu benda sama dengan energi yang diterima, maka:

$$E = I\alpha \quad (2.6)$$

Dimana, E = total emisivitas (Btu/hr.ft²)

I = Intensitas radiasi (Btu/hr.ft²)

α = fraksi yang diserap benda

2.5 Perhitungan Perpindahan Panas pada Kolektor

Jumlah energi panas (kalor) yang diterima oleh fluida pada kolektor surya bergantung pada laju aliran massa yang digunakan, kalor jenis dari fluida yang digunakan, dan perbedaan temperatur fluida saat masuk dan keluar dari kolektor surya yang ditunjukkan pada persamaan berikut. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan jumlah energi panas (kalor) yang diterima fluida dari kolektor surya.

$$Q_{out} = m \times cp \times \Delta T_{Collector} \quad (2.7)$$

Dimana:

Q_{out} = Jumlah kalor yang diterima fluida dari kolektor surya (J).

m = Laju aliran massa fluida yang masuk ke kolektor surya (kg/s).

cp = Kalor jenis fluida (J/kg.°C).

$\Delta T_{Collector}$ = Selisih temperatur fluida saat masuk ke kolektor dan keluar dari kolektor (°C).

Sumber energi panas yang masuk kolektor berasal dari radiasi matahari yang dapat dihitung energinya dengan menggunakan rumus:

$$Q_{in} = I \times A_c \quad (2.8)$$

Dimana:

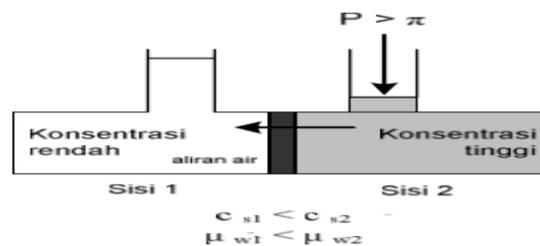
Q_{in} : Panas masuk kolektor dari radiasi matahari (J)

I : Intensitas matahari (W/m^2)

A_c : Luas kolektor (m^2)

2.6 Pengolahan Air dengan Reverse Osmosis

Reverse osmosis adalah kebalikan dari fenomena osmosis. Osmosis adalah proses perpindahan larutan dari larutan dengan konsentrasi zat terlarut rendah menuju larutan dengan konsentrasi zat terlarut lebih tinggi sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi.



Gambar 2.2 Skema Fenomena *Reverse Osmosis*

Prinsip dasar reverse osmosis adalah memberi tekanan hidrostatis yang melebihi tekanan osmosis larutan sehingga pelarut dalam hal ini air dapat berpindah dari larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah seperti yang terlihat pada gambar 2.2.

2.7 Pengaplikasian dan Penerapan

2.7.1 Air Panas

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/menkes/sk/xi/2002 standar temperatur air panas untuk keperluan mandi dan mencuci tangan adalah $40 - 45^{\circ}C$, maka *solar water heater* harus mencapai suhu tersebut, berikut dibawah ini adalah tabel suhu standar penggunaan air untuk keperluan rumah tangga:

Tabel 2.2. Suhu Standar Penggunaan Air Untuk Keperluan Rumah Tangga

Tabel 1. Suhu Standar Penggunaan Air Untuk Keperluan Rumah Tangga
(Sumber: Nurhalim, 2011)

NO	JENIS PEMAKAIAAN	TEMPERATUR (°C)
1	Minum	50 – 55
2	Mandi : Dewasa	42 – 45
	Mandi : Anak – Anak	40 – 42
3	Pancuran Mandi	40 -43
4	Cuci Muka Dan Tangan	40 – 42
5	Cuci Tangan Untuk Pengobatan	43
6	Bercukur	46 – 52
7	Dapur :	
	Macam – Macam Keperluan	45
	Pencucian Mesin Cuci	45 -60
	Pembilasan Mesin Cuci	70 – 80
8	Cuci Pakaian :	
	Macam – Macam Pakaian	60
	Bahan Sutra Dan Wol	33 – 49
	Bahan Linen Dan Katun	49 -60
9	Kolam Renang	21 -27
10	Cuci Mobil	24 -30

2.7.2 Air Minum

Menurut Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum adalah air yang melalui proses pengelolaan atau tanpa proses pengelolaan yang melalui syarat dan dapat langsung diminum. Sementara, menurut Permendagri No. 23 tahun 2006 tentang Pedoman Teknis dan Tata Cara Pengaturan Tarif Air Minum pada Perusahaan Daerah Air Minum, Departemen Dalam Negeri Republik Indonesia, air minum adalah air yang melalui proses pengelolaan atau tanpa pengelolaan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

2.7.3 Persyaratan Kualitas Air Minum

Persyaratan kualitas air minum sebagaimana yang ditetapkan melalui pengawasan kualitas air minum, meliputi persyaratan bakteriologis, kimiawi, radioaktif dan fisik. Terdapat 2 parameter kualitas air minum, yaitu sebagai berikut :

1. Parameter wajib yaitu :
 - a) Parameter mikrobiologi.
 - b) Parameter kimia an-organik.
2. Parameter yang tidak wajib, yaitu :
 - a) Parameter fisika.
 - b) Parameter kimia.

