

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebutuhan Air Panas

Air panas merupakan salah satu kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari keperluan rumah tangga seperti menyeduh minuman sampai dengan mandi. Air panas tidak hanya dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga saja melainkan juga dibutuhkan didalam dunia industri seperti pensterilan bahan dalam temperatur yang tinggi, dan lain sebagainya. Banyak cara untuk mendapatkan air panas tersebut, mulai dari menggunakan bahan bakar fosil sampai dengan energi listrik. Akan tetapi pada saat ini, cadangan bahan bakar fosil di Indonesia semakin menipis. Maka dibutuhkan suatu alat untuk mendapatkan air panas tersebut dengan lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, salah satu cara untuk mengatasi persoalan tersebut yaitu dengan pemanas air energi surya.

2.2 Energi Surya

Indonesia merupakan negara tropis karena matahari bersinar sepanjang tahun. Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia. Sumber energi berjumlah besar dan bersifat kontinu terbesar yang tersedia bagi umat manusia adalah energi surya. Sementara energi surya ini belum lagi dipakai sebagai sumber primer energi bahan bakar sekarang ini, penelitian dan pengembangan besar-besaran sedang dijalankan untuk mencari suatu sistem yang ekonomis untuk memanfaatkan energi surya ini. Energi surya adalah sangat atraktif karena tidak bersifat polutif, tak dapat habis dan gratis. Dua kekurangan utama dari energi surya ini ialah bahwa ia sangat halus (dilute) dan tidak konstan.

2.3 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 persatuan 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 watt/m².

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. Transmisi memberikan nilai besar radiasi yang dapat diteruskan oleh suatu lapisan permukaan. Kemampuan penyerapan (absorbsivitas) dari suatu permukaan merupakan hal yang penting dalam pemanfaatan radiasi surya (Widodo, M., 2017).

Besarnya kalor radiasi yang diserap melalui pipa aluminium kolektor dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini

$$Q_{\text{abs}} = I_r \cdot \tau \alpha \cdot A_c$$

Dimana = I_r = Intensitas radiasi matahari

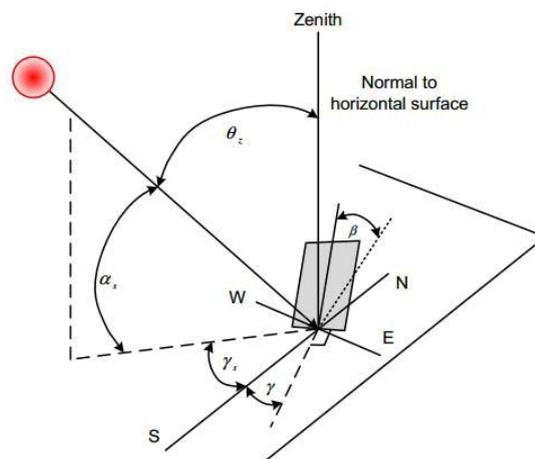
α = absorbsivitas pipa

τ = transmisivitas kaca penutup kolektor

2.4 Kemiringan Panel

Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan panas yang maksimal pada kolektor solar water heater adalah dengan menentukan posisi sudut kemiringan panel terhadap pergerakan arah matahari. Kemiringan atau *slope* adalah sudut antara permukaan bidang yang dinyatakan dengan permukaan horizontal. Menurut Ismail (2015) kemampuan kolektor surya untuk menangkap dan menyimpan radiasi dipengaruhi oleh intensitas penyinaran matahari yang tertangkap oleh reflektifitas kolektor.

Untuk menggambarkan posisi matahari terhadap permukaan horizontal di bumi setiap saat, sudut berdasarkan koordinat bumi perlu dipahami. Sudut tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Posisi matahari dijelaskan oleh sudut-sudut matahari

Sudut ketinggian matahari (α_s), adalah ketinggian matahari diukur dalam derajat dari bidang datar bumi terhadap proyeksi sinar radiasi untuk posisi matahari. Ketika matahari berada di kaki langit, $\alpha_s = 0^\circ$ dan ketika berada tepat di atas kepala, $\alpha_s = 90^\circ$. Di sebagian besar lintang, matahari tidak akan pernah berada langsung di atas kepala.

Hubungan antara suatu permukaan dengan radiasi surya yang datang dapat digambarkan dengan beberapa istilah yang diwakili oleh simbol-simbol sudut di bawah ini:

- Φ = sudut lintang merupakan sudut lokasi permukaan terhadap ekuator, dimana untuk arah Utara diberi tanda positif; $-90^\circ \leq \Phi \leq 90^\circ$.
- δ = sudut deklinasi matahari terhadap garis zenith di ekuator pada saat jam 12.00 waktu matahari atau letak sudut kemiringan bumi-matahari akibat rotasi bumi pada arah sumbu axis bumi-matahari. Untuk arah Utara diberi tanda positif; $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$.
- β = sudut kemiringan, yaitu sudut antara permukaan bidang yang dimaksud dengan bidang horisontal; $0 \leq \beta \leq 180^\circ$
- γ = sudut azimuth permukaan, yaitu sudut antara proyeksi dan arah normal permukaan pada bidang horisontal dengan garis meridian, (titik nol di Selatan, ke arah Timur bertanda negatif, ke arah Barat bertanda positif); $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$.
- θ = sudut insiden datang, yaitu sudut antara radiasi langsung pada permukaan dengan arah normal dan permukaan tersebut.

- θ_z = sudut zenith matahari, yaitu sudut antara radiasi langsung dan matahari dengan garis normal bidang horisontal.

- α = sudut ketinggian matahari, yaitu sudut antara radiasi langsung dan matahari dengan bidang horisontal.

- ω = sudut jam, yaitu perpindahan sudut dan matahari ke arah Timur atau Barat dari garis bujur lokal akibat rotasi bumi pada axisnya sebesar 15 tiap jam (harga nol tepat pada jam 12.00 waktu matahari, ke arah pagi bertanda positif, ke arah petang bertanda negatif).

- ω = sudut jam, yaitu perpindahan sudut dan matahari ke arah Timur atau Barat dari garis bujur lokal akibat rotasi bumi pada axisnya sebesar 15 tiap jam (harga nol tepat pada jam 12.00 waktu matahari, ke arah pagi bertanda positif, ke arah petang bertanda negatif).

Sedangkan hubungan antara sudut datang dengan sudut-sudut yang lain oleh Beckman ditulis sebagai berikut:

$$\cos\theta = \sin\delta \cdot \sin\theta \cdot \cos\beta - \sin\delta \cdot \cos\theta \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma + \cos\delta \cdot \cos\theta \cdot \cos\beta \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\theta \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma \cdot \sin\omega$$

(Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013)

Untuk suatu permukaan horisontal dimana $\beta = 0$, maka sudut datang akan sama dengan sudut zenith, karena garis normal permukaan berimpit dengan zenith, maka Persamaan menjadi:

$$\cos\theta_z = \cos\theta \cos\delta \cos\omega + \sin\delta \sin\theta \quad (\text{Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013})$$

Untuk sudut datang pada permukaan yang menghadap ke arah Utara atau Selatan dengan kemiringan, mempunyai hubungan sudut yang sama dengan sudut datang pada permukaan horisontal pada sudut lintang yang sudah disesuaikan sebagai $(\Phi - \beta)$. Sesuai dengan perjanjian tanda, untuk belahan bumi Utara, maka persamaan sudut datang pada Persamaan dapat dimodifikasi menjadi:

$$\cos\theta = \cos(\Phi - \beta) \cos\delta \cos\omega + \sin(\Phi - \beta) \sin\delta$$

(Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013)

Sedangkan untuk belahan bumi selatan, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\cos\theta_z = \cos(\Phi+\beta) \cos\delta \cos\omega + \sin(\Phi+\beta) \sin\delta$$

(Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013)

Sudut jam matahari terbenam (ω_s) yang tercapai dapat dirumuskan sebagai:

$$\cos \omega_s = -\tan\phi \tan\delta \quad (\text{Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013})$$

Radiasi ekstraterrestrial merupakan radiasi surya di luar bumi atau radiasi di bumi jika tidak ada atmosfer. Menghitung radiasi ekstraterrestrial akan berguna dalam mengestimasi fraksi dan radiasi beam maupun difusi dan total intensitas yang jatuh pada suatu permukaan. Radiasi surya yang diterima oleh suatu permukaan horizontal di luar atmosfer bumi pada kondisi dimana arah rambatan radiasi tegak lurus bidang permukaan, oleh Beckman dirumuskan sebagai:

$$G_o = G_{sc} [1 + 0,033\cos(360n/365)]\cos\phi$$

(Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013)

Dimana G_{sc} adalah konstanta matahari, dan n menyatakan urutan hari.

$$G_o = G_{sc} [1 + 0,033\cos(360n/365)](\cos\phi\cos\delta\cos\omega + \sin\phi\sin\delta)$$

(Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013)

Dengan mensubstitusikan Persamaan (θ_z) ke dalam persamaan di atas, maka diperoleh:

$$H_o = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left[1 + 0,033 \cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right] \times \left(\cos\phi\cos\delta\cos\omega + \left(\frac{\pi\omega_s}{180}\right)\sin\phi\sin\delta\right)$$

(Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013)

Seringkali diperlukan perhitungan radiasi surya harian, maka Persamaan dapat diintegrasikan selama periode dan matahari terbit hingga terbenam. Radiasi surya harian, H_0 dinyatakan dalam satuan joule per meter persegi menurut persamaan yang diberikan Beckman sebagai berikut:

$$I_0 = \frac{12 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left[1 + 0,033 \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right] \\ \times \left(\cos\phi \cos\delta (\sin\omega_1 - \sin\omega_2) + \pi \left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{180}\right) \sin\phi \sin\delta \right)$$

(Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013)

Besar intensitas matahari langsung (I_b) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$I_b = H_o(1-k) \quad (\text{Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013})$$

k merupakan perbandingan intensitas radiasi matahari ekstraterrestrial (I_o) dengan intensitas radiasi total yang diterima permukaan yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$k = I_o / H_o \quad (\text{Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013})$$

Besar intensitas matahari difuse dapat dihitung dengan mengurangi radiasi total yang diterima permukaan bumi dengan radiasi langsung yang dirumuskan sebagai berikut :

$$I_d = H_o - I_b \quad (\text{Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013})$$

Permukaan pengumpul radiasi surya plat datar menyerap baik radiasi langsung maupun radiasi difusi. Radiasi yang datang pada suatu permukaan miring dapat diperkirakan dengan suatu faktor geometrik, R , yang menyatakan perbandingan radiasi total yang jatuh pada permukaan miring terhadap radiasi yang diterima apabila pada posisi horisontal.

$$R = I_T / I \quad (\text{Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013})$$

Faktor geometrik R dapat diimplementasikan pada komponen radiasi langsung maupun difusi:

$$R = (I_b/T) R_b + (I_d/T) R_d \quad (\text{Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013})$$

Indeks b , d , dan T secara berturut-turut menyatakan komponen radiasi langsung, komponen difusi, dan posisi miring. Dalam hubungan dengan geometri radiasi surya, R_b dapat ditetapkan dengan persamaan:

$$R_b = \cos\theta / \cos\theta_z \quad (\text{Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013})$$

Penentuan faktor R_d adalah berdasarkan keadaan langit. Apabila langit cerah maka $R_1 R_b$, apabila langit berawan secara merata maka $R_d = 1$. Liu dan Jordan (1963) mengembangkan suatu model radiasi total pada permukaan miring yang terdiri atas tiga komponen yaitu radiasi langsung, radiasi difusi dan radiasi yang dipantulkan secara difusi dan tanah. Jadi radiasi surya total pada permukaan yang membentuk sudut β adalah:

$$I_T = I_b R_b + I_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + I_{p_g} \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$$

(Duffie, J.A. dan Beckman W.A. 2013)

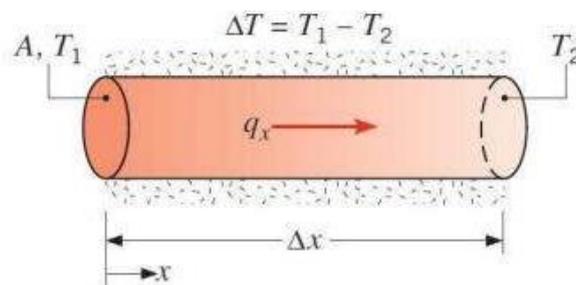
Dari persamaan-persamaan yang telah kita dapatkan ini dapat kita lihat hubungan kemiringan panel yang akan mempengaruhi total intensitas radiasi cahaya matahari yang jatuh pada bidang permukaan panel kolektor.

2.5 Perpindahan Panas

2.5.1 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas konduksi adalah proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung.

$$Q_{\text{kond}} = -k \times A \frac{\Delta t}{\Delta y}$$



Gambar 2.2. Laju Perpindahan Panas Konduksi (Kosim Abdurohman, 2014)

2.5.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas dari benda

bersuhu tinggi ke fluida bersuhu rendah atau sebaliknya jika suhu fluida lebih tinggi maka suhu benda akan lebih rendah. Salah satu hukum dalam penghantaran panas yang tertua adalah hukum pendinginan newton. Hukum ini menyatakan bahwa fluks panas (heat flux). Yang didefinisikan sebagai laju perpindahan panas per luas satuan. $Q_{kond} = h \times A (T_2 - T_1)$

$$h = 0,664 \times \frac{K}{L} \times Re^{0,5} \times Pr^{0,333}$$

Keterangan :

H = Q/t = Laju kalor per satuan waktu (J/s).

h = Koefisien Konveksi (W/m^2K).

K = Konduktivitas Termal Bahan ($W/m.K$)

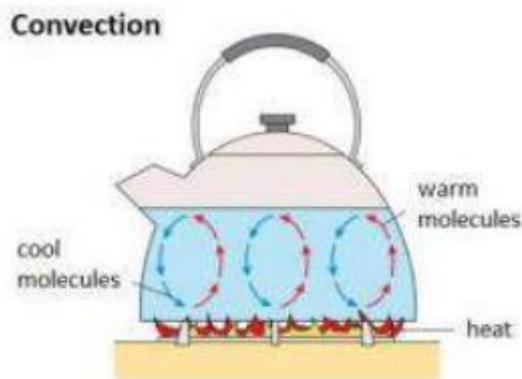
L = Panjang Plat (m)

ΔT = $T_2 - T_1$ = Perubahan Suhu ($^{\circ}C$).

A = Luas Penampang Pipa (m^2).

Re = Bilangan Reynolds

Pr = Bilangan Prandtl



Gambar 2.3 Perpindahan Panas Konveksi (JP.Holman, 2010)

2.5.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut istilah “radiasi” pada umumnya dipergunakan untuk segala jenis hal ikhwal gelombang elektromagnetik. Panas radiasi dipanacarkan oleh suatu benda dalam bentuk bac(batch) (kumpulan) energi

yang terbatas atau quanta.

$$Q_{\text{rad}} = \sigma AT^4$$

H = Laju penyerapan kalor.

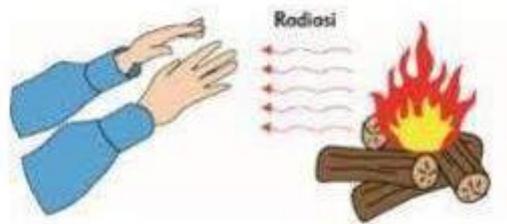
Q = Energi kalor yang diserap.

T = Waktu lama penyerapan

E = Koefisien emisivitas benda.

Σ = konstanta $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$.

A = luas permukaan benda.



Gambar 2.4. Perpindahan Panas Radiasi (JP.Holman, 2010)

2.6 Pemanas Air Tenaga Surya Pasif (Termosifon)

Pemanas air tenaga surya adalah suatu jenis pemanas air yang mengandalkan matahari sebagai sumber energi untuk memanaskan air. Pemanas air tenaga surya sering kita lihat sudah terinstal di berbagai rumah, karena pemanas dengan tipe atau jenis ini dikenal lebih hemat energi dibandingkan dengan pemanas yang menggunakan listrik sebagai sumber energinya. (Gihon. Matondang, A. Aziz, dan Rahmat I. Imainil. 2016).

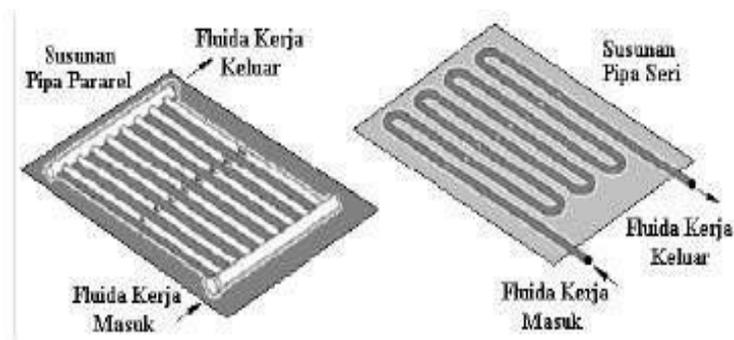
Cara kerjanya ialah dengan menggunakan plat datar, yaitu bahwa air yang masuk ke dalam kolektor melalui pipa distribusi yang akan mendapatkan panas yang baik melalui radiasi langsung matahari maupun konveksi. Hal ini disebabkan energi radiasi matahari di dalam kolektor yang dibatasi kaca bening tembus cahaya. Terjadinya perpindahan panas terhadap pipa pipa distribusi maka temperatur 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 ke arah yang lebih tinggi. Sebaliknya air yang bersuhu rendah memiliki massa jenis yang lebih besar dan cenderung

akan bergerak ke bawah, sehingga terjadi konveksi secara alami.

2.7 Komponen Utama Pemanas Air Tenaga Surya

2.7.1 Kolektor

Kolektor merupakan suatu komponen atau peralatan yang fungsinya untuk menangkap atau menerima sinar matahari yang digunakan untuk memanasi air yang mengalir di dalam kolektor. Bahan untuk kolektor ini menggunakan kaca dan tembaga. Kaca berfungsi sebagai penerima dan pengumpul sinar matahari. Kaca mempunyai konduktivitas thermal rata-rata $0,043 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, diperkirakan ada faktor warna yang berpengaruh pada kaca. Pemasangan kaca dapat tembus cahaya atau transparan.



Gambar 2.5. Susunan pipa kolektor pararel dan seri

2.7.2 Tangki Penampung Air

Air yang nantinya akan disirkulasikan terlebih dahulu akan disimpan dan ditampung di dalam tangki. Oleh karena itu penyimpan harus mempunyai sifat yang tahan terhadap air, diantaranya harus tahan terhadap terjadinya karat. Tangki penyimpan air sebaiknya menggunakan bahan yang tidak mudah berkarat dan juga dari bahan yang tahan terhadap panas, walaupun pada alat pemanas air ini suhu air yang dihasilkan tidak terlalu panas atau masih dibawah titik didih air 100°C . Alat pemanas air termosifon ini akan mempergunakan tangki yang terbuat dari plat aluminium. Karena logam aluminium mempunyai sifat yang tahan terhadap air panas dan tidak mudah korosi.

2.7.3 Stainless Steel sebagai Tube Saluran Air

Dalam pemanas air tenaga surya ini, digunakan pipa stainless steel sebagai penyalur aliran air pada panel kolektor. Pipa stainless steel dipilih karena mempunyai kecenderungan kuat atau tahan terhadap panas yang keluar dari kolektor dan juga memiliki sifat ketahanan yang kuat. Stainless steel merupakan logam penghantar panas yang kurang baik namun pada alat ini kami modifikasi tube tersebut dengan warna hitam agar dapat menyerap panas dengan baik.