

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Energi radiasi matahari merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat di manfaatkan untuk berbagai keperluan guna menggantikan energi yang di hasilkan oleh minyak bumi. Sebagai negara yang terletak di garis khatulistiwa, Indonesia memperoleh radiasi surya yang cukup melimpah dengan rata-rata 4,5 KWh/ <sup>2</sup> setiap hari. Radiasi surya ini dapat dikonversikan menjadi energi thermal yang berguna, misal untuk pemanasan air dan udara (pengering), pompa air, desalinasi air laut/payau, dan pengkondisian udara. Metode untuk pengkonversian tersebut di bahas secara rinci pada teknologi termal surya.

Pemanfaatan energi radiasi matahari sebagai sumber energi terbarukan perlu dikembangkan dalam rangka menghemat penggunaan sumber energi fosil yang semakin menipis ketersediaannya (Nurwati,2012). Perkembangan teknologi energi surya yang terjangkau, tidak habis, dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar. Perkembangan ini akan meningkatkan keamanan energi negara-negara melalui pemanfaatan sumber energi yang sudah ada, tidak habis, dan tidak tergantung pada impor, meningkatkan kesinambungan, mengurangi polusi, mengurangi biaya mitigasi perubahan iklim, serta menjaga harga bahan bakar fosil tetap rendah.

Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksploitasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. ri dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan.

Energi terbarukan ini dirasa cocok untuk memenuhi kebutuhan sistem pemanas yang ada di setiap tempat (Alamendah, 2014).

Adapun temuan, menyebut manfaat mandi air panas setara dengan jalan kaki selama 30 menit. dengan mandi air panas dapat mengurangi puncak kadar gula darah. dan Pada saat bersamaan, energi yang dikeluarkan melonjak signifikan. suhu air saat mandi juga memengaruhi seberapa banyak energi yang keluar dari tubuh. dan berendam di air panas suam-suam kuku bersuhu 40 derajat Celsius selama sejam, energi yang dikeluarkan jauh lebih tinggi. Dan berendam satu jam di air panas dapat membakar 140 kalori. (faulkner, 2017)

Teknologi pemanas air dengan menggunakan bantuan Energi Matahari semacam ini sekarang sudah mulai populer dan banyak menjadi solusi di gedung perkantoran, hotel, maupun rumah sakit.

Kolektor plat datar merupakan jenis kolektor yang paling umum. Ada dua jenis kolektor datar yaitu kolektor datar plat konvensional dan kolektor plat datar evacuated tube. Jenis kolektor plat datar konvensional adalah jenis yang paling umum digunakan di rumah tangga, perhotelan, perkantoran dsb (umumnya digunakan untuk memanaskan air untuk mandi dan mencuci). Pada prinsipnya terdiri dari kotak berisolasi didalamnya terdapat pipa/saluran dan terdapat plat absorber dari logam berwarna hitam yang menyerap panas. Energy surya diterima plat absorber dan dikonversikan menjadi panas. Fluida dalam pipa/saluran mengambil panas dari plat absorber.

Dari penelitian ini penulis akan menggunakan jenis isolator dan tangki dengan kapasitas tangki 100 liter sebagai penampung air panas. Pada tangki water heater. Bahan dan isolator tangki sangat berpengaruh untuk memperlambat laju perpindahan panas air yang di dalam tangki. Ukuran tangki dan isolator sangat mempengaruhi ketahanan water heater yang di hasilkan, jenis isolator yang digunakan dalam

penelitian ini adalah serbuk gergaji dan rockwool yang nantinya melapisi tangki plastik tersebut. dari uraian diatas penulis mengangkat permasalahan tersebut sebagai judul tugas akhir yaitu : “Analisa Perpindahan Panas Tangki Air Menggunakan Isolator Ganda”.

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, penulis merumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh intensitas radiasi terhadap profil temperatur pada sistem penyimpanan air panas dengan isolator ganda.
2. Bagaimana perilaku hilangnya panas pada dinding-dinding pada tangki penyimpanan air panas.

## 1.3 Batasan masalah

1. Menggunakan sumber energi panas matahari untuk memanaskan air. Maka dari itu sifat energi panas matahari tidaklah konstan, tergantung pada panasnya matahari.
2. Sistem coil water heater yang akan dibuat hanya digunakan untuk sistem domestik saja.
3. Menggunakan tangki yang berbahan akrilik dengan ketebalan 3 mm berbentuk kubus.
4. Menggunakan isolator ganda (serbuk gergaji dan rockwool) dengan ketebalan rockwool 25 mm dan ketebalan serbuk gergaji 50 mm.
5. Kapasitas penyimpanan air panas 100 liter.

#### 1.4 Tujuan penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh isolator ganda pada tangki yang menggunakan rockwool dan serbuk gergaji.
2. menghitung besarnya kehilangan panas pada sisi isolator dari pukul 16.00 – 05.00

#### 1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memaksimalkan energi surya yang melimpah sebagai energi alternatif untuk pemanasan yang lebih cepat.
2. Air yang dipanaskan dapat digunakan untuk mandi dengan temperatur yang ideal untuk mandi.
3. Dapat di terapkan untuk membantu proses produksi energi listrik di indonesia.
4. Dapat dijadikan referensi bagi pembuatan tangki tempat penyimpanan air panas menggunakan isolator ganda (serbuk gergaji dan rockwool).

## BAB 2

### TUJUAN PUSTAKA

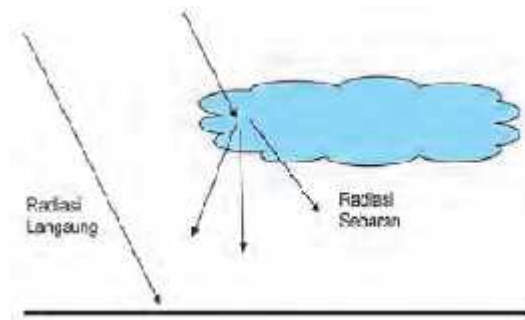
#### 2.1. Landasan Teori

Pemanas air coil water heater type kolektor silinder parabola merupakan salah satu dari sistem pemanas air tenaga surya atau tenaga matahari. Pemanas air tenaga surya menggunakan sinar matahari sebagai sumber panas, ini berbeda dengan pemanas air elektrik yang memerlukan tenaga listrik sebagai sumber energi panas. Pemanas air tenaga matahari ini jauh lebih sederhana dan lebih efisien dibandingkan dengan pemanas air elektrik, karena pemanas air tenaga surya hanya memerlukan panas matahari yang cukup untuk membangkitkan panas yang digunakan untuk memanaskan air di dalam kolektor. Berbeda dengan yang elektrik dimana pemanas air elektrik hanya dapat beroperasi bila ada tenaga listrik, hal ini akan menyulitkan bila pemanas air elektrik ini harus beroperasi di daerah yang belum terjangkau listrik.

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.

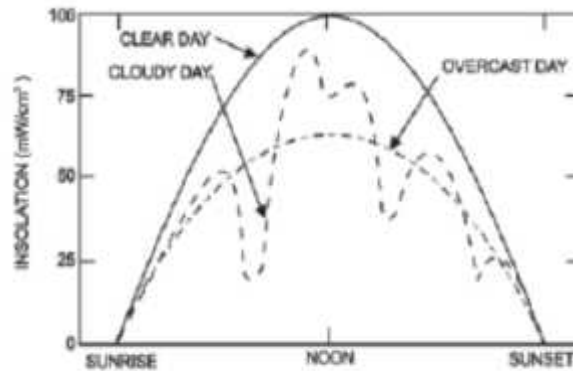
## 2.2. Energi Surya

Energi dari matahari tiba di bumi dalam bentuk radiasi elektromagnetik yang mirip dengan gelombang radio tetapi mempunyai kisaran frekuensi yang berbeda. Energi dari matahari tersebut dikenal di Indonesia sebagai energi surya. 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 dipencarkan oleh molekul gas, debu dan uap air di atmosfer (*diffuse radiation*).



Gambar 2.1 Radiasi Langsung Dan Radiasi Sebaran Pada Permukaan Horizontal

Insolasi surya adalah intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama satu jam, dinyatakan dengan lambang  $I$  dan satuan  $\text{W/m}^2$ . Nilai insolasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang.



Gambar 2.2 Variasi Insolasi Surya

Intensitas radiasi surya pada kondisi cerah (*clear day*) akan bertambah dari pagi, sejak terbit sampai siang hingga tercapainya kondisi puncak dan turun sampai matahari terbenam pada sore hari. Lamanya matahari bersinar cerah dalam satu hari dinyatakan sebagai jam surya. Untuk Indonesia, jumlah jam surya adalah sekitar 4 - 5 jam per hari. Jumlah intensitas radiasi / 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 piranometer. Piranometer digunakan untuk mengukur intensitas radiasi surya pada permukaan horisontal. Besarnya radiasi surya pada permukaan miring dipengaruhi oleh karakteristik dari permukaan sekitarnya dan berbeda untuk setiap tempat/ lokasi. Karena itu pada umumnya hanya digunakan data radiasi surya global untuk menentukan potensi energi surya di suatu lokasi.

### 2.2.1 Pengertian Energi Surya

Energi surya atau energi matahari merupakan sumber energi yang sangat potensial, dimana semua sumber energi yang ada di dunia ini tergantung pada keberadaan matahari. Setiap jam, bumi menerima  $173 \times 10^{12}$  kWh energi dari matahari. Sehingga, selama setahun bisa mencapai 5.160 Q (IQ =  $2,93 \times 10^{12}$  kWh) energi yang diterima bumi atau setara dengan 12.000 kali energi yang dibutuhkan

manusia. Tidak semua energi ini mencapai permukaan bumi. Sebagian energi sebesar 1.570 Q dipantulkan oleh awan, lautan dan daratan. (Neville, 1995)

Sebagian lagi energi panas matahari 1.120 Q digunakan dalam penguapan air dari samudera, danau dan sungai. Sisanya sebesar 2.490 Q tersedia untuk proses fotosintesis, pemanasan permukaan bumi dan sumber energi bagi kebutuhan umat manusia. Memanfaatkan daratan dengan berbasis kolektor energi surya / konverter saja, jumlah pasokan energi potensial surya yang tersedia untuk digunakan oleh manusia sekitar 1.100 Q. Nilai ini masih lebih dari 2.000 kali energi yang dibutuhkan umat manusia. (Neville, 1995).

Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi tergantung pada jarak antara bumi dengan matahari. Sepanjang tahun, jarak antara matahari dengan bumi bervariasi antara  $1,47 \times 10^8$  km sampai  $1,52 \times 10^8$  km. Akibatnya, *irradiance*  $G_{sc}$  berfluktuasi antara  $1.325 \text{ W/m}^2$  sampai  $1412 \text{ W/m}^2$ . Nilai rata-rata dari *irradiance* ini disebut dengan *solar constant* (konstanta surya).  $G_{sc} = 1.367 \text{ W/m}^2$ . Nilai kontan ini bukan radiasi yang samapai di permukaan bumi.

Pemanfaatan sumber energi surya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Sumber Energi Bertenaga Surya

<i>Solar powered energy sources</i>	
<i>Immediate source</i>	<i>Remarks</i>
<p><i>Solar – Thermal</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Heating &amp; Cooling</i></li> <li>2. <i>Mechanical</i></li> </ol>	<p><i>The provision of heat for heating and cooling buildings,</i></p> <p><i>process heat and hot water</i></p>
<p><i>Solar – Electric</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Solar – Thermal – Electric</i></li> <li>2. <i>Thermoelectricity</i></li> </ol>	<p><i>A variety of techniques for converting the energy in sunlight to electrical</i></p>



### 2.3. Tanki Air ( Thermal Storage)

Tangki peyimpan air panas adalah bagian dari sebuah alat water heater yang berfungsi sebagai media penyimpanan / pengumpulan air panas dan menjaga agar air yang ada didalam tangki tetap pada temperatur panas. Tangki ini langsung berhubungan dengan coil tembaga, dimana air / fluida yang ada didalam coil langsung dialirkan ketangki dengan menggunakan bantuan pompa berkapasitas 3 lpm.

Bahan dari tangki ini terbuat dari akrilik dengan ketebalan 3 mm, dan berbentuk kubus yang memiliki kapasitas 100 liter. Agar air yang ada didalam tangki tetap pada temperatur panas dan energi panas yang ada pada air tidak merambat keluar maka tangki akan ditambahkan isolator ganda yaitu serbuk gergaji dengan ketebalan 10cm dan rockwool dengan ketebalan 2,5cm.



Gambar 2.3 Thermal Storage

### 2.4. Bahan Pembuatan Tanki

Bahan tangki yang digunakan adalah akrilik dengan nilai konduktivitas thermal yang dimiliki adalah 0,19 W/mK. Dan Lembaran akrilik iyalah merupakan plastik yang menyerupai kaca namun sifat – sifatnya yang membuat unggul dari pada kaca dari banyak cara salah satu

perbedaannya kelenturan dari akrilik itu sendiri. Namun dahulu merek kelas tinggi akrilik dinamakan *polycast*, *lucite*, dan *plexiglas*. Akrilik tidak mudah pecah, bahan ringan dan mudah untuk dipotong, dibor, dikikir, dihaluskan, dan dicat. Sebagaimana yang biasa dijadikan berbahagai hal misalnya, diajdikan bingkai foto, perabotan, patung, hiasan dan lain-lain namun di masa sekarang banyak akrilik ekstrusi yang suda bermutu sangat baik. Akrilik ekstruksi yang baik untuk membuat plang, display, dan kenggunaan- kenggunaan lainnya.



Gambar 2.4 Akrilik

Dibutuhkan suhu dari 250°– 300° F, (dari 121°- 149° C) adalah semua yang diperlukan untuk membengkokkan dan membentuk plastik akrilik. Plastik akrilik mengacu pada kelompok bahan plastik sintetis, yang berasal dari asam akrilik, contoh dari plastik akrilik yang cukup umum. Produk akrilik terbuat dari 100% asli MMA (*Metil Metakrilat Monomer*) untuk memastikan bahwa produk akrilik kualitas tertinggi. Nilai konduktivitas thermal yang dimiliki akrilik adalah 0,19 W/Mk dan akrilik juga tidak mudah pecah, tahan cuaca, atau tidak berubah warna meskipun terkena paparan sinar matahari. Oleh karena itu kandungan sifat alami akrilik yang tidak beracun terhadap sebagian besar bahan kimia termasuk acid dan alkali yang paling umum, maka produk akrilik aman untuk digunakan dan diaplikasikan kesegala bidang termasuk medis.

## 2.5. Isolator Tanki

### 2.5.1 Serbuk gergaji

Negara Indonesia mempunyai kekayaan alam yang sangat melimpah, salah satunya adalah kekayaan hutan yang menghasilkan kayu yang sangat melimpah jumlahnya maupun jenisnya. Kita kenal pulau-pulau yang hutanya sangat luas yaitu Kalimantan Sumatra, Irian Jaya dan lainnya. Kebutuhan akan kayu untuk industri semakin meningkat, sehingga penebangan hutan untuk dimanfaatkan kayunya otomatis semakin meningkat pula. Apalagi sekarang banyak hutan Indonesia ditebangi secara liar dan tidak terkontrol. Kalau hal ini terus dibiarkan maka hutan kita akan habis. Untuk itu dibutuhkan usaha untuk memanfaatkan kayu semaksimal mungkin, sehingga tidak banyak terbuang secara percuma.



Gambar: 2.5 Serbuk Kayu

Serbuk kayu memiliki nilai konduktivitas thermal  $0,19 \text{ W/Mk}$  dan memiliki beberapa sifat-sifat dari serbuk kayu :

a. Sifat higroskopik serbuk kayu

Akibat air yang keluar dari rongga sel dan dinding sel, kayu akan menyusut dan sebaliknya kayu akan mengembang apabila kadar airnya bertambah. Sifat kembang susut kayu dipengaruhi oleh kadar air, angka rapat kayu dan kelembaban udara.

b. Sifat fisik serbuk kayu

Sifat – sifat ini antara lain daya hantar panas, daya hantar listrik, angka muai dan berat jenis. Perambatan panas pada kayu akan tertahan oleh pori – pori dan rongga – rongga pada sel kayu. Karena itu kayu bersifat sebagai penyekat panas. Semakin banyak pori dan rongga udaranya kayu semakin kurang penghantar panasnya. Selain itu daya hantar panas juga dipengaruhi oleh kadar air kayu, pada kadar air yang tinggi daya hantar panasnya juga semakin besar.

c. Sifat mekanik serbuk kayu

Kayu bersifat anisotrop (*non isotropic material*), dengan kekuatan yang berbeda – beda pada berbagai arah . Sel kayu jika mendapat gaya tarik sejajar serat akan mengalami patah tarik sehingga kulit sel hancur dan patah. Jika gaya tarik terjadi pada arah tegak lurus serat, maka gaya tarik menyebabkan zat lekat

### 2.5.2 Rowool

Berbagai macam mineral berserat yang dijumpai dipasar umumnya adalah mineral *wool* atau susunan benang – benang atau serat- serat dari mineral, baik alami maupun buatan. Adapun yang paling banyak digunakan adalah *rockwool* dan *glasswool* dikarnakan memiliki nilai konduktivitas thernal 0,042 W/Mk.



Gamabar : 2.6 Rockwool

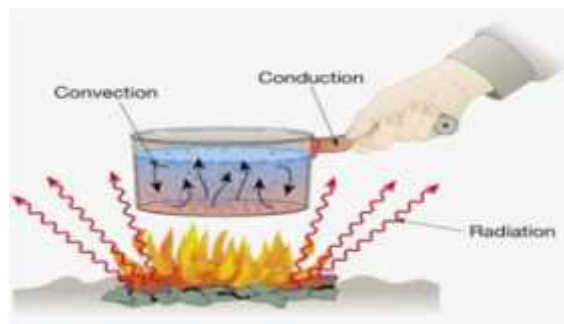
*Glasswool* dari mineral buatan ( serat – serat kaca halus ) sementara *rockwool* dari mineral, alami. secara fisik tampilan keduanya hampir sama karena

dijual dalam bentuk papan (board) maupun selimut (atau lembaran lunak). Keduanya banyak digunakan peredam bunyi maupun suhu. Rockwool juga dapat digunakan sebagai media tanam oleh petani hidroponik. Rockwool tahan samapai pada suhu  $650^{\circ}\text{C}$ , sementara glaswool sampai pada suhu  $350^{\circ}\text{C}$ . ketahan terhadap kelembaban rockwool hanya sampai 95% sementara glaswool mencapai hampir 100%.

## 2.6. Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah salah satu dari disiplin ilmu teknik termal yang mempelajari cara menghasilkan panas, menggunakan panas, mengubah panas, serta menukarkan panas di antara sistem fisik. Perpindahan panas diklasifikasikan menjadi konduktivitas termal, konveksi termal, radiasi termal, dan perpindahan panas melalui perubahan fasa.

Panas/kalor adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Panas bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah, seperti yang dijelaskan oleh hukum kedua termodinamika. Dalam kehidupan sehari-hari kita sangat akrab dengan benda atau alat-alat baik yang dapat menghantarkan panas (konduktor) maupun alat yang tidak dapat menghantarkan panas/kalor (isolator). Dikarenakan setiap benda memiliki energi dalam yang berhubungan dengan gerak acak dari atom-atom atau molekul penyusunnya.



Gambar 2.7 Perpindahan Panas

### 2.6.1 Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas karena adanya kontak langsung antar permukaan benda. Ketika suatu objek memiliki temperatur yang berbeda dari benda atau lingkungan di

sekitarnya, panas mengalir sehingga keduanya memiliki temperatur yang sama pada suatu titik kesetimbangan termal. Konduksi ini bergantung pada zat yang dilaluinya dan distribusi temperatur benda yang dilaluinya. Berlangsungnya konduksi ini dapat diketahui dengan perubahan temperatur. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung perpindahan panas secara konduksi :

Laju perpindahan panas secara konduksi (Royanu,2015)

$$q_{cond} = -kA \frac{\Delta T}{x} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- = laju perpindahan panas secara konduksi
- = konduktivitas termal
- = luas penampang yang dilewati panas
- = perbedaan temperatur
- = tebal penampang

Setiap benda memiliki konduktivitas thermal tertentu yang dapat mempengaruhi perpindahan panas pada benda, semakin tinggi konduktivitas thermal maka semakin cepat benda tersebut dapat mengalirkan panas.

### 2.6.2 Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya, dengan menggunakan media penghantar berupa fluida cair maupun gas. Aliran fluida akan berlangsung sendiri karena perbedaan masa jenis akibat perbedaan temperatur dan juga dapat dipaksa dengan menggunakan pompa atau kompresor. Aliran fluida ini dapat terjadi karena proses eksternal, seperti gravitasi atau gaya apung akibat energi panas yang mengembangkan volume fluida. Konveksi panas pada aliran massa dapat diartikan sebagai arus panas yang bergantung dengan aliran, luas penampang dan beda temperatur. Persamaan yang dapat digunakan:

Laju perpindahan panas secara konveksi (royani,2015)

$$= h \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

=laju perpindahan panas secara konveksi

= luas penampang yang dilewati panas

= perbedaan temperatur

$h$  = konduktansi termal

### 2.6.3 Perpindahan Panas Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan panas dengan pancaran/sinaran/radiasi gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara. Radiasi termal terjadi melalui ruang vakum atau medium transparan. Radiasi termal ini muncul sebagai akibat perpindahan acak dari atom dan molekul benda. Karena atom dan molekul ini terdiri dari partikel bermuatan (proton dan elektron), pergerakan mereka ini menghasilkan pelepasan radiasi elektromagnetik yang membawa energi. Radiasi dari matahari dapat digunakan untuk panas dan tenaga listrik. Radiasi termal dapat dikumpulkan di sebuah titik kecil dengan menggunakan kaca pemantul. Persamaan yang dapat digunakan:

Laju perpindahan panas radiasi (royani,2015)

$$= \dots (14 - 24) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

= energi radiasi

= luas permukaan

= konstanta Boltzman

1 = suhu pada permukaan benda

2 = suhu yang mengelilingi benda

### 2.7. Analisa Perpindahan Panas Tangki

Pada pemanas air tenaga surya, temperatur akan meningkat setelah melalui kolektor surya. Hal ini terjadi karena kolektor surya memiliki kemampuan untuk menyerap energi panas dari matahari melalui pipa – pipa yang ada dikolektor surya. Energi ialah sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan, tetapi dapat di rasakan. Energi tidak dapat pula di ciptakan dan tidak dapat di musnakan. Namun, semua energi dapat diubah dari bentuk yang satu ke bentuk yang lainnya. Oleh karena itu, hukum kekekalan energi menyatakan energi total sistem tetap konstan, meskipun energi dapat dikategorikan menjadi bentuk lain. Secara umum, energi dapat dikategorikan menjadi beberapa bagian, yaitu energi mekanis, listrik, elektromagnetik, kimia, nuklir, dan surya. Dalam era ini, penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia, kemajuan teknologi dan lain lain. Namun hal ini berbanding terbalik dengan ketersediaan sumber daya alam tersebut. Sehingga para ilmuwan telah mencoba mengembangkan potensi sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu contohnya air, angin dan energi surya. Jumlah energi panas (kalor) matahari yang diterima oleh kolektor surya dapat diukur dengan menggunakan perbedaan temperatur fluida yang mengalir. Perbedaan yang diukur yaitu temperatur fluida saat masuk dan fluida saat keluar dari kolektor surya. 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.

$$= \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

= Jumlah kalor yang diterima fluida dari kolektor surya (J).



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

= Kalor jenis fluida (J/kg.°C).

= Selisih temperatur fluida saat masuk ke kolektor dan keluar dari kolektor °C

t = Selisih waktu (s)

Untuk kasus dimana parameter yang diketahui adalah temperatur fluida yang masuk dan keluar dari tangki penyimpanan, maka dapat berlaku juga bahwa temperatur fluida masuk ke tangki penyimpanan sama dengan temperatur fluida saat keluar. Hal ini dikarenakan kolektor surya dan tangki penyimpanan saling berhubungan. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan energi panas (kalor) yang diterima fluida dari kolektor surya jika parameter yang diketahui adalah temperatur fluida saat masuk dan keluar dari tangki penyimpanan.

$$Q_{in} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T_{storage\ tank} \cdot t \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

= Jumlah kalor yang diterima fluida dari kolektor surya (J).

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

= Kalor jenis fluida (J/kg.°C).

$\Delta T_{storage\ tank}$  = Selisih temperatur fluida saat masuk ke tangki penyimpanan dan keluar dari tangki penyimpanan °C

t = Selisih waktu (s)

Setelah fluida mengalir melalui kolektor surya, fluida akan mengalir menuju tangki penyimpanan. Setelah fluida ada di dalam tangki, maka tangki akan menyerap panas (kalor) dari fluida tersebut. Jumlah energi panas (kalor) yang diserap oleh tangki dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{out} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T_{storage\ tank} \cdot t \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- $Q_{serap}$  = Jumlah kalor yang diserap oleh dinding tangki penyimpanan (J)
- $m$  = Massa jenis fluida yang berada didalam tangki penyimpanan (kg)
- $C_p$  = Kalor jenis fluida (J/kg.°C).
- $T$  = Perubahan temperatur awal dan akhir fluida didalam tangki penyimpanan(°C).

Selama temperatur fluida yang berada didalam tangki penyimpanan mengalami perubahan temperatur akibat dari kalor fluida yang diserap oleh dinding – dinding tangki. Hal ini terjadi karena pengaruh dari temperatur udara yang berada diluar tagki penyimpanan lebih rendah dibandingkan dengan temperatur yang ada didalam tangki penyimpanan, sehingga mengalami *heat loss* (kalor yang terbuang) pada tangki penyimpanan. Jumlah energi panas (kalor) yang terbuang pada tangki penyimpanan diperoleh dari hasil pengurangan jumlah kalor yang ada didalam tangki dengan jumlah kalor yang diserap oleh dinding – dinding tangki penyimpanan. Berikut merupakan persamaan untuk menentukan *heat loss* pada tangki penyimpanan.

$$Q_{loss} = Q_{in} - Q_{serap} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

- = Jumlah kalor yang terbuang pada tangki penyimpanan (J)
- = Jumlah kalor yang diterima fluida dari kolektor surya (J).
- = Jumlah kalor yang diserap oleh fluida didalam tangki penyimpanan (J)

a. Persentase Kehilangan Panas Tangki (%Tloss)

$$\% Tloss = \frac{Q_{loss}}{Q} \times 100 \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

- %Tloss = Persentase Kehilangan Panas Tangki (%)
- $Q_{loss}$  = kerugian kalor (W)
- $Q$  = Kapasitas Penyimpanan Panas Tangki (J)

b. Efisiensi tangki ( )

$$= 100 - \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

$$= \text{Efisiensi Tangki ( )}$$

$t_{loss}$  = Persentase kehilangan panas tangki (%)