

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Panas matahari merupakan salah satu energi yang potensial untuk dikelola dan dikembangkan dan menjadi energi terbarukan. Energi radiasi matahari merupakan salah satu jenis energi alternatif yang banyak digunakan untuk pengembangan teknologi dan juga digunakan sebagai pengganti energi fosil seperti gas, minyak bumi, dan lain sebagainya. Karena sifat dari panas matahari bersifat berkelanjutan maka dapat dikembangkan untuk beberapa kebutuhan rumah tangga. Ada beberapa cara pemanfaatan panas matahari yaitu pemanas ruangan, penerangan ruangan, kompor matahari, pengeringan hasil pertanian, destilasi air kotor, pemanas air, dan pembangkit listrik (Clup 1991).

Indonesia merupakan negara yang terletak digaris katulistiwa yang mendapatkan energi matahari sepanjang tahun. Salah satu aplikasi energi yang semakin umum digunakan dikota – kota besar adalah sitem pemanas air yang memanfaatkan energi dari sinar matahari. Hal ini dikarenakan kebiasaan masyarakat perkotaan untuk mandi lebih awal karena harus berangkat bekerja lebih pagi atau bisa juga dikarenakan kebutuhan unuk menghilangkan penat sehabis kerja seharian.

Agar dapat memanfaatkan energi radiasi matahari sebagai pemanas air tenaga surya maka dibuat alat Water Heater Menggunakan Pembangkit Panas Termal Surya Type Parabolic Silindrik. Secara umum, waktu paling efektif untuk

pemanasan air dimulai pukul 09.00 pagi sampai 15.00 sore, setelah itu akan memanfaatkan kinerja tangki sebagai media penyimpan panas. Setelah air dipanaskan kemudian air dikumpulkan didalam suatu wadah yaitu penyimpanan air panas (*termal Storage*). Supaya temperatur air tetap panas hingga 12 jam kemudian, dibutuhkan isolator panas yang baik pada penyimpanan air panas agar dapat menyimpan panas untuk jangka waktu yang relatif lama.

Matahari hanya bersinar pada siang hari, maka tangki penyimpanan air harus dapat menyimpan air panas yang telah dipanaskan sepanjang pagi hingga sore hari dapat digunakan 12 jam kemudian tanpa harus kehilangan panasnya secara drastis. Untuk menjaga suhu air tetap panas, maka penyimpan air panas harus dirancang agar dapat mengisolasi panas air. Dibutuhkan isolator yang dapat menjaga suhu air agar tetap panas didalam thermal storage dalam waktu yang lama (± 12 jam).

Untuk memenuhi beberapa faktor diatas oleh sebab itu penulis akan melakukan penelitian dan pembuatan *water heater* dengan judul “Analisis penurunan temperatur air pada tangki air panas menggunakan bahan rockwool sebagai isolator”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh temperatur lingkungan terhadap laju kehilangan panas pada dinding tangki air panas
2. Menghitung panas yang hilang pada tangki penyimpanan air panas

1.3 Batasan Masalah

1. Bahan tangki adalah jenis plastik akrilik
2. Bahan yang digunakan pada isolator tangki adalah rockwool
3. Pipa penukar kalor menggunakan bahan tembaga berdiameter $\frac{3}{4}$ inchi
4. Menggunakan isolator rockwool dengan ketebalan 2,5 cm
5. Kapasitas penyimpan air panas 100 liter
6. Waktu pengujian dilakukan pukul 16.00 – 05.00 WIB

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan profil temperatur air yang diinginkan dengan menggunakan tangki air yang dilapis dengan rockwool.
2. Mengetahuai panas yang hilang pada tangki air.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa lain maupun masyarakat umum tentang perancangan tangki pada pembuatan air panas type parabola silinder.
2. Sebagai acuan pembuatan tangki tempat penyimpanan air panas

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.3 Landasan Teori

Energi adalah sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tetapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (*energy is the capacity for doing work*). (Astu Pudjarso, Djati Nursuhud : 2008).

Sejarah peradaban manusia mencatat bahwa tenaga surya sangat berpengaruh terhadap segala aspek kehidupan manusia dan lingkungan awal sejak kehidupan didunia. Ribuan tahun silam radiasi surya dapat menghasilkan bahan bakar fosil yang kita kenal sekarang sebagai minyak bumi dan sangat bermanfaat bagi manusia, juga irigasi dan sumber tenaga listrik. Radiasi sinar matahari juga sangat berpengaruh terhadap proses fotosintesis yang merupakan dasar dari proses pertumbuhan segala jenis tumbuhan yang ada didunia.

Dalam era ini, penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia. Namun hal ini berbanding terbalik dengan ketersediaan sumber daya alam tersebut.

Lakitan, B. (2004) menyatakan bahwa energi surya yang sampai ke bumi, sebagian kecil akan dikonversi menjadi bahan kimia oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis yang kompleks. Produk akhir dari fotosintesis tersebut adalah biomassa. Dengan demikian biomassa adalah energi surya tak langsung, sedangkan sinar matahari sebagai sumber energi secara langsung.

2.4 Pemanas Air Tenaga Surya

Pemanas air tenaga surya merupakan suatu alat yang digunakan untuk memanaskan air dengan memanfaatkan energi surya. Salah satu jenis pemanas air tenaga surya adalah pemanas air *coil water heater type parabolik silindrik*. 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 dipanaskan ke kolektor. Demikian siklus ini bekerja, air dingin akan terpanasi oleh kolektor sehingga menjadi lebih

ringan dan akan dipompa ke bagian atas tangki penyimpanan air panas. Siklus ini akan terus bekerja sehingga seluruh air akan terpanasi dengan suhu secara merata.



Gambar 2.4 Pemanas Air Tenaga Surya

2.2.1 Kolektor Surya

Kolektor surya berfungsi mengumpulkan dan menyerap radiasi sinar matahari dan mengkonversinya menjadi energi panas. Ketika cahaya matahari menimpa absorber pada kolektor surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan pada berbagai aplikasi yang membutuhkan panas.

Kinerja sistem surya termal sangat dipengaruhi oleh rancangan dan pemilihan jenis kolektor surya, desain sistem/aplikasi, serta pemilihan material. Kolektor surya dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran tergantung pada aplikasi yang dibutuhkan. Saat ini terdapat berbagai jenis kolektor surya termal, antara lain:

2.2.1.1 Kolektor Surya Pelat Datar

Kolektor surya pelat datar merupakan jenis kolektor yang saat ini sudah

banyak dipasarkan. Kolektor ini umumnya digunakan untuk memanaskan air atau udara dengan suhu operasi yang cukup rendah, yaitu dibawah 80°C .Ciri khas kolektor pelat datar adalah berupa kotak logam/baja terisolasi yang memiliki pelat penyerap (*absorber*) berwarna hitam dan ditutupi oleh lapisan kaca/plastik transparan/tembus cahaya. Kolektor jenis ini bekerja seperti efek rumah kaca yang menjebak panas didalam pelat kaca transparan dan kemudian mentransfernya ke fluida cair atau udara.Keuntungan kolektor surya jenis ini adalah tidak membutuhkan biaya yang tinggi dan dapat menerima radiasi surya langsung maupun radiasi sebaran. Kolektor surya pelat datar pada umumnya terdiri dari komponen-komponen, seperti :

a. Lapisan penutup (*cover*)

Berfungsi melewatkan sinar radiasi agar diterima oleh pelat penyerap dan mengurangi jumlah panas yang keluar dari kolektor

b. Pelat penyerap (*absorber*)

Berfungsi menyerap sinar matahari sebanyak mungkin dan merubahnya menjadi energi panas untuk ditransfer ke fluida pemanas (cairan atau udara), biasanya berwarna gelap, material yang biasa digunakan adalah tembaga, aluminium dan baja tahan karat.

c. Penyekat / isolasi (*insulation*)

Berfungsi untuk meminimalisir panas yang hilang dari absorber menuju lingkungan.

d. *Frame / Casing*

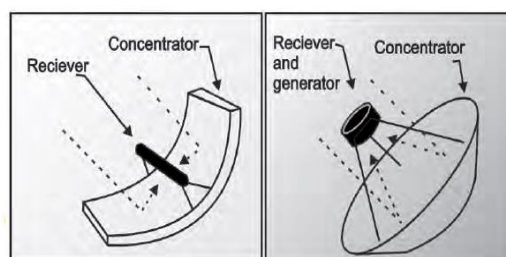
Berfungsi sebagai struktur pembentuk dan penahan beban kolektor.

2.2.1.2 Kolektor Tabung Hampa (*Vacuum Tube Collector*)

Jenis ini dirancang untuk menghasilkan energi panas dengan temperatur yang lebih tinggi. Keistimewaannya terletak pada efisiensi transfer panasnya yang tinggi tetapi faktor kehilangan panasnya yang relatif rendah. Hal ini dikarenakan fluida yang terjebak diantara absorber dan *cover*-nya dikondisikan dalam keadaan vakum, sehingga mampu meminimalisasi kehilangan panas yang terjadi dari permukaan luar absorber menuju lingkungan. Kolektor jenis ini menggunakan teknologi tinggi dan mahal sehingga lebih sesuai untuk aplikasi besar seperti sistem pendingin dan pembangkit listrik.

2.2.1.3 Kolektor Parabola / Konsentrator

Jenis ini dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan energi panas pada temperature tinggi $> 100^{\circ}\text{C}$. Kolektor surya jenis ini mampu memfokuskan energi radiasi cahaya matahari pada suatu *receiver*, sehingga dapat meningkatkan kuantitas energi panas yang diserap oleh *absorber*. Komponen konsentrator harus terbuat dari material dengan transmissivitas tinggi.



Gambar 2.5 Kolektor Parabola/Konsentrator

2.2.2 Coil

Pegas *coil* atau *coil spring* adalah elemen mekanis yang dipasang di antara

dua bagian suspensi mekanis mesin, untuk melindungi benturan atau menyimpan energi dan mengembalikannya saat diperlukan. Ini terdiri dari kumparan berliku biasanya kawat bulat atau persegi atau bagian persegi panjang. Bahan kawat harus memiliki batas elastisitas tinggi sehingga memenuhi permintaan yang ditunjukkan. *Coil Spring* digunakan di sebagian besar kendaraan modern karena efektivitasnya yang besar, sehingga menghadirkan keuntungan besar untuk sistem *suspense* kendaraan. *Coil* yang digunakan pemanas air tenaga surya adalah tembaga yang memiliki penghantar panas yang baik.



Gambar 2.6 Coil Tembaga

2.2.3 Tangki Penyimpanan Air Panas

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 agar 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, dengan bentuk kubus dan miliki kapasitas 100 liter. Agar air yang ada didalam tangki tetap pada temperatur panas dan energi panas yang ada panas pada air tidak merambat

keluar maka tangki ditambahkan bahan isolator panas berupa rockwool.

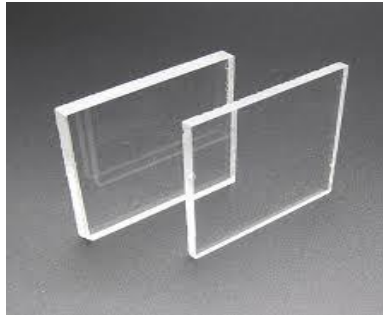


Gambar 2.7 Tangki Air

2.2.3.1 Bahan Tangki Air

Bahan yang akan digunakan pada sistem penyimpanan panas adalah akrilik. Akrilik menyerupai kaca namun berbeda dengan kaca, akrilik lebih ringan dan kuat dibanding kaca. Bahan dasar *acrilic polymethyl methacrylate* (PMMA) adalah struktur kimia polimer yang didalamnya terdapat molekul yang terbentuk dari monumer – monumer yang membuka amat kompleks. Penemuan kimia ini, diawali bersama dengan asam akrilik yang ditemukan pada tahun 1843 yang seterusnya diformulasikan maka membuahkan *ester methyl methacrylate* yang telah siap untuk diaplikasikan. Akrilik biasanya digunakan untuk aquarium, kaca pengamat, penggunaan ilmiah, ruang hiperbak, ruang vakum, dispenser minyak otomatis, dispenser makanan dan lain - lain.

Nilai konduktivitas thermal yang dimiliki akrilik adalah $0,19 \text{ W/mK}$ dan tangki akrilik lebih dapat menahan panas 20% lebih baik dibanding kaca. Dibutuhkan suhu dari $250^{\circ}\text{--}300^{\circ}\text{ F}$, (dari $121^{\circ}\text{--}149^{\circ}\text{ C}$) untuk membengkokkan dan membentuk plastik akrilik. Kepadatan akrilik berkisar antara $1150\text{--}1190 \text{ kg/m}^3$ kurang dari setengah kepadatan kaca berkisar antara $2400\text{--}2800 \text{ kg/m}^3$ itu mengapa akrilik lebih ringan dibanding kaca.



Gambar 2.8 Akrilik

Keuntungan dari akrilik :

- a. Dapat dibentuk secara thermal
- b. Tidak mengandung racun
- c. Kuat, lentur, ringan dan tahan lama
- d. Sifat tahan UVnya sangat baik.
- e. Tahan benturan keras 17x lebih besar dari kaca.
- f. Tahan cuaca tidak berubah kuning ataupun menunjukkan tanda-tanda aging.
- g. Bersifat struktural dan dapat dibuat menahan beban.

2.2.4 Isolator

Isolasi adalah penyekat atau pengisolasi temperatur. Jika suatu material isolasi memiliki nilai kurang dari nilai suatu sistem, maka material tersebut disebut isolator. Material isolasi memiliki nilai yang bervariasi sesuai dengan jenisnya. Jenis material isolasi dikelompokkan menurut penerapan dan jangkauan temperatur penggunaannya. Jenis-jenis material isolasi dan penerapannya dapat dilihat pada tabel 2.1. Jenis isolasi yang digunakan pada tangki penyimpanan air panas adalah isolasi jenis rockwool.

Tabel 2.2 Jenis-Jenis *Material* Isolasi Dan Penerapannya

Jenis	Jangkauan Suhu ($^{\circ}C$)	KONDUKTIVITAS <i>thermal</i> ($mW/m.^{\circ}C$)	Densitas (Kg/m^3)	Penerapan
Super Isolasi linde hampa	-240 – 1100	0.0015 – 0.72	Berbagai	Banyak
Busa Uretana	-180 – 150	16 – 20	25 – 48	Pipa panas dan dingin
Blok Kaca sel	-200 – 200	29 – 108	110 – 150	Pipa dan sambungan pipa
Selubung kaca serat sebagai pembungkus	-28 – 290	22 – 78	10 – 50	Tangki dan alat-alat
Selubung kaca serat	-170 – 230	32 – 55	10 – 50	Pipa
Kaca serat pra cetak bentukan	-50 – 230	36 – 39	10 – 50	Tangki
Lembaran elastomer	40 – 100	36 – 39	70 – 100	Tangki
Anyaman kaca serat	60 – 370	30 – 55	10 – 50	Pipa dan sambungan pipa
Elastomer pra cetak bentukan	-40 – 100	36 – 39	70 – 100	Pipa dan sambungan pipa
Kaca serat dengan selubung uap	-5 – 70	29 – 45	10 – 32	Pipa-pia alat pendingin
Kaca serat tanpa selubung uap	0 – 250	29 – 45	24 – 48	Pipa panas
Papan kaca serat	20 – 450	33 – 52	25 – 100	Ketel uap, tangki penukar kalor
Papan dan blok kaca sel	20 – 500	29 – 108	110 – 150	Pipa
Papan dan blok busa uretana	100 – 150	16 – 20	24 – 65	Pipa panas
Bentukan pra cetakan serat mineral	0 – 650	35 – 91	125 – 100	Pipa
Selubung serat mineral	0 – 750	37 – 81	125	Pipa panas

Blok woll mineral	450 – 1000	52 – 130	175 – 290	Pipa panas
Papan dan blok kalsium silikat	320 – 1000	32 – 85	100 – 106	Pipa panas ketel uap pelapis

Rockwool merupakan material insulasi, termasuk jenis insulasi termal dan insulasi akustik. Terbuat dari bahan tambang fiber ringan dengan inti berupa batu alam yang dipadukan dengan damar panas. Bahan baku terdiri dari batu vulkanik atau basal, yang dibuat dalam tungku. Batu-batu tersebut dipanaskan hingga mencair menjadi lava, kemudian lava tersebut ditiupkan kedalam ruang berputar, yang menarik lava menjadi serat. Pabrikan menambahkan sejumlah pengikat kecil dan minyak untuk menjamin kualitas kompresi. Serat tersebut kemudian dikumpulkan dan dikompresi menjadi tikar besar. Sebelum memasuki oven perawatan *curing*, kepadatan dan struktur keseluruhan dari rockwool disesuaikan dan disetujui. Ketika rockwool telah mealui oven perawatan *curing*, wool dipotong menjadi kubus, lembaran, menyerupai bentuk pipa dan bentuk-bentuk lainnya sesuai dengan keperluan pasar. Rockwool juga memiliki sifat tahan panas mencapai suhu 650°C, dengan koduktifitas termal 0,042 W/mk, sementara glaswool sampai pada suhu 350⁰ C.

Rockwool atau poliuretan merupakan polimer termoset yang terbentuk dari reaksi antara senyawa diisosianat dengan senyawa polifungsi yang mengandung sejumlah gugus fungsi hidroksil (Poliol). Poliuretan memiliki banyak kegunaan yakni sekitar 70% digunakan sebagai busa, selebihnya sebagai bahan elastomer, lem, dan pelapis.



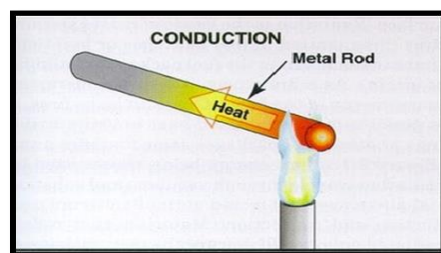
Gambar 2.9 Rockwool

2.5 Perpindahan Panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, energi kalor berpindah dari temperatur media yang lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua media tersebut. Proses terjadinya perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi dan radiasi (JP.Holman,1993:1).

2.3.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses dimana kalor mengalir dari temperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair, atau gas) atau antara medium – medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi. Secara umum laju aliran kalor secara konduksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :



Gambar 2.10 Perpindahan Kalor Konduksi Pada Bidang Datar

Laju perpindahan panas konduksi dinyatakan dengan hukum fourier (JP.Holman,1993:2):

$$qk = -kA \frac{\delta t}{\delta x} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

Q = laju perpindahan kalor (W)

k = konduktifitas termal bahan (W/ m².C°)

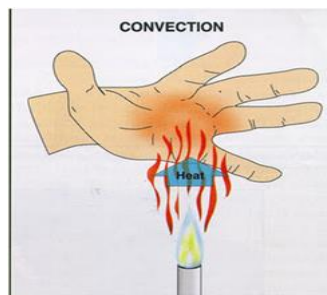
A = luas penampang (m²)

$\delta t/\delta x$ = gradien temperatur aliran panas (°C)

Tanda minus (-) diselipkan agar memenuhi hukum kedua thermodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu. Konduktifitas termal dari beberapa bahan menunjukkan berapa cepat kalor mengalir pada bahan tersebut.

2.3.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Proses perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan media padat atau fluida (cair/gas) yang diam menuju fluida yng mengalir atau bergerak, begitu pulak sebaliknya yang terjadi akibat adanya perbedaan temperatur benda padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya. (JP.Holman, 1993;11)



Gambar 2.11 Perpindahan Panas Konveksi

Laju perpindahan panas konveksi mengacu pada hukum Newton (JP.Holman,1993:11):

$$q = h \cdot A \cdot (T_2 - T_1) \dots \dots \dots (2.2)$$

Untuk menentukan besarnya koefisien konveksi (h) digunakan persamaan:

$$h = \frac{Nu \cdot k}{D} \dots \dots \dots (2.3)$$

Nuselt Number (Nu):

$$Nu = \{0,4530 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}\} \text{ untuk Re laminar} \\ \{0,0240 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}\} \text{ untuk Re turbulen} \dots \dots \dots (2.4)$$

Reynold Number (Re):

$$Re = \frac{m \cdot D}{\mu} \text{ atau } \frac{\rho \cdot v \cdot l}{\mu} \dots \dots \dots (2.5)$$

Prandtl Number (Pr):

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas konveksi (W)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m².°C)

A = Luas permukaan perpindahan panas (m²)

T₂ = Suhu permukaan bahan

T₁ = Suhu aliran

l = Panjang (m)

k = Konduktivitas termal bahan (W/m.°C)

Nu = Nusselt Number

Re = Reynold Number

m = Laju aliran massa (kg/s)

D = Diameter (m)

μ = viskositas bahan (N.s/m²)

ρ = massa jenis (kg/m³)

v = kecepatan angin (m/s)

Pr = Prandtl number

C_p = Kapasitas panas (J/kg. °C)

Perpindahan kalor tergantung dari jenis viskositas fluida. Karena viskositas mempengaruhi kecepatan, dan hal itu mempengaruhi laju perpindahan energi di daerah dinding.

2.3.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan panas dari suatu benda yang terjadi berdasarkan suhunya, tanpa bantuandari suatu zat perantara atau medium. Telah diketahui bergerak dengan kecepatan cahaya yang sama dengan kurang lebih 3×10^8 m/s didalam ruang hampa.

Laju perpindahan radiasi dihitung dengan rumus (JP.Holman,1993:13):

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

Q = Laju perpindahan radiasi (W)

ε = Nilai emisivitas suatu benda ($0 \leq \varepsilon \leq 1$)

σ = Konstanta proporsionalitas, disebut juga konstanta Stefan Boltzmann,
dengan nilai $5,67 \times 10^{-8}$ (W/m²K⁴)

A = Luas bidang permukaan (m²)

T_1 = Temperatur benda (K)

T_2 = Temperatur sekeliling (K)

2.6 Analisa Perpindahan Panas Tangki

Pada pemanas air tenaga surya, temperatur akan meningkat setelah melau kolektor surya. Hal ini terjadi karena kolektor surya memiliki kemampuan untuk menyerap energi panas dari matahari melalui pipa – pipa yang ada dikolektor 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.

$$Q_{in} = m \times c_p \times \Delta T_{Collector} \times \Delta t \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

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

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

c_p = Kalor jenis fluida (J/kg.°C).

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

Δt = 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 penyimpan 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.

$$Q_{in} = \dot{m} \times c_p \times \Delta T_{storage\ tank} \times \Delta t \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

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

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

c_p = Kalor jenis fluida (J/kg.°C).

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

Δt = 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:

$$Q_{Serap} = m \times c_p \times \Delta T \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana:

Q_{serap} = Jumlah kalor yang diserap oleh dinding tangki penyimpanan (J)

m = Massa jenis fluida yang berada di dalam tangki penyimpanan (kg)

C_p = Kalor jenis fluida (J/kg.°C).

ΔT = Perubahan temperatur awal dan akhir fluida didalam tangki penyimpanan($^{\circ}\text{C}$).

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.

2.4.1 Energi Yang Terbuang Pada Tangki Air

Energi yang terbuang (Q_{loss}) pada tangki air adalah sebagai berikut :

$$Q_{\text{loss}} = Q \text{ sisi kanan} + Q \text{ sisi kiri} + Q \text{ sisi bawah} + \\ Q \text{ sisi atas} + Q \text{ sisi depan} + Q \text{ sisi belakang}$$

Untuk menghitung energi yang terbuang pada tangki air maka terlebih dahulu menghitung Q pada setiap sisi tangki, dengan persamaan :

$$Q = \frac{t_a - t_u}{\frac{1}{h_1 \times A_1} + \frac{t_1}{k.r.kw \times A_1} + \frac{t_2}{k.akr \times A_2} + \frac{1}{h_2 \times A_2}}$$

Diketahui :

T_a = Temperatur Dinding Dalam ($^{\circ}\text{C}$)

T_u = Temperatur Udara ($^{\circ}\text{C}$)

h_1 = Koefisien Perpindahan Panas Udara($\text{W}/\text{m}^2.\text{k}$)

h_2 = Koefisien Perpindahan Panas Air (W/m².k)

A_1 = Luas Sisi Rockwool (m²)

A_2 = Luas Sisi Akrilik (m²)

t_1 = Tebal Lapisan Rockwool (m²)

t_2 = Tebal Lapisan Akrilik (m²)

K_{Akr} = Konduktifitas Akrilik (W/m.k)

K_{Rwl} = Konduktifitas Rockwool (W/m.k)

2.4.2 Peforma Tangki (Q_{used})

Peforma tangki dapat dinyatakan dengan :

$$Q_{used} = Q_{in} - Q_{loss}$$

Diketahui :

Q_{in} = Energi yang masuk (J)

Q_{loss} = Energi yang terbuang (J)