

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

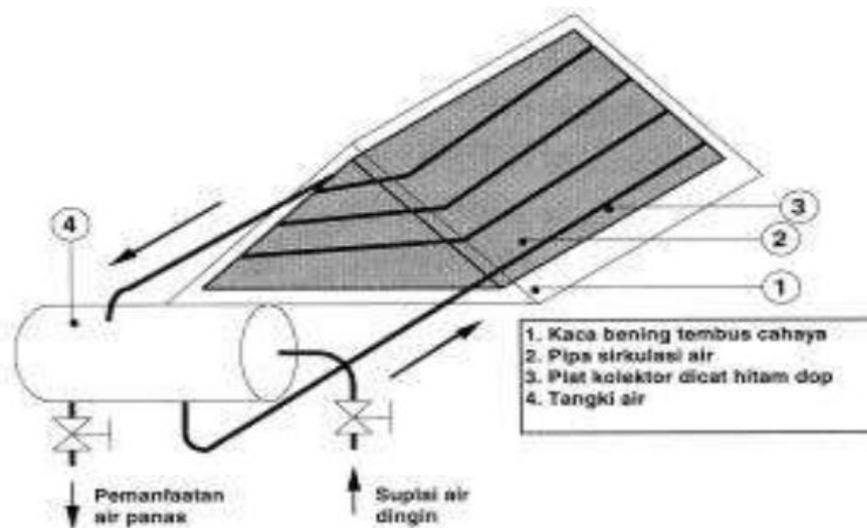
#### **2.1 Klasifikasi Kolektor Surya**

Kolektor surya merupakan suatu bagian dari peralatan yang dibutuhkan untuk mengubah energi radiasi matahari ke bentuk energi panas untuk berbagai keperluan, misalnya sebagai pemanas air. Kolektor surya akan menyerap energi dari radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi panas yang berguna untuk memanaskan air di dalam pipa-pipa kolektor, sehingga suhu air akan meningkat dan terjadi konveksi alami berdasarkan efek termosipon karena adanya perbedaan masa jenis fluida (James Laeyadi, 2000).

##### **2.1.1 Kolektor Surya Prismatik**

Keunggulan dari kolektor surya tipe plasmatik ini adalah kemampuannya untuk dapat menerima energi radiasi matahari dari segala posisi matahari. Kolektor surya tipe prismatik dapat digolongkan dalam kolektor plat datar dengan permukaan kolektor berbentuk prisma yang tersusun dari 4 bidang yang membentuk prisma, 2 bidang berbentuk segi-tiga sama kaki dan dua bidang yang lain berbentuk segi-empat siku-siku. Untuk mendapatkan hasil yang optimal permukaan kolektor dicat dengan warna hitam kusam yang berfungsi untuk menyerap radiasi surya yang datang dan mentransfer kalor yang diterima ke fluida kerja. Untuk menjaga agar tidak terjadi kerugian panas secara radiasi dan konveksi ke atmosfer, maka digunakan kaca pelindung sehingga terjadi efek rumah kaca sehingga bagian bawah plat kolektor diberi isolator untuk meminimalisir kerugian panas pada bagian bawah plot kolektor. Sebagai titik tolak dalam melakukan perhitungan untuk mendesain kolektor surya tipe prismatik disamping data intensitas radiasi matahari pada lokasi diaman kolektor tersebut ditempatkan hal terpenting lainnya adalah perhitungan geometris dari kolektor (luasan permukaan kolektor, kemiringan kolektor terhadap intensitas radiasi matahari langsung), efek termosipon pada pipa-pipa sirkulasi untuk menemukan kemampuan sistem melakukan konveksi alami, serta suhu masuk dan keluar pipa sirkulasi. Prinsip kerja dari system pemanas air dengan kolektor surya prismatik ini ditunjukkan dalam gambar (James Laeyadi, 2000). Air dingin yang berada dalam tangki penampung mengalir masuk ke kolektor melalui pipa

sirkulasi dan akan mendapatkan transfer kalor baik secara konveksi maupun radiasi akibat terperangkapnya radiasi surya dalam kolektor yang dibatasi oleh plat dan kaca bening tembus cahaya. Karena adanya transfer kalor tersebut maka suhu air di dalam pipa yang ditimpa radiasi surya langsung akan lebih tinggi dibandingkan suhu air pada bagian pipa yang lain. Perbedaan suhu air di dalam pipa ini akan menimbulkan adanya perbedaan masa jenis dari air, dimana air yang bersuhu lebih tinggi memiliki masa jenis yang lebih kecil, sehingga memiliki kecenderungan untuk bergerak ke posisi yang lebih tinggi, demikian pula air di dalam pipa yang memiliki suhu lebih rendah memiliki masa jenis yang lebih besar dan cenderung untuk bergerak ke bawah sehingga terjadi peristiwa konveksi secara alami (James Laeyadi, 2000).

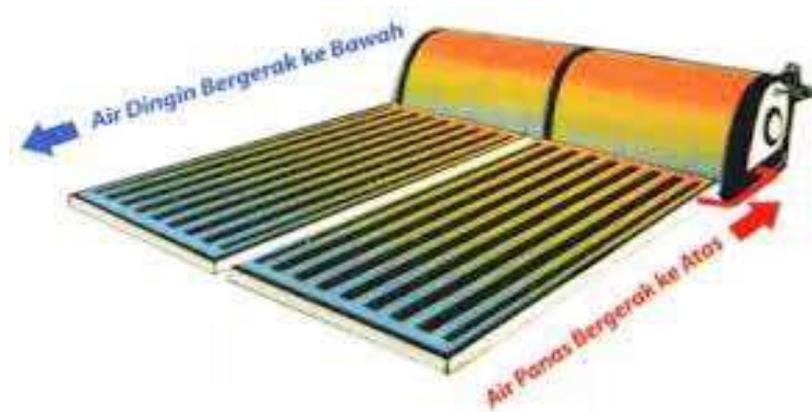


Gambar 2.1 Kolektor Surya Prismatik

### 2.1.2 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 prismatic. 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. Skema kolektor surya plat datar

ditunjukkan pada gambar. Performansi kolektor dinyatakan dengan keseimbangan energi yang menggambarkan distribusi energi matahari yang datang terhadap energi yang bermanfaat dan beberapa energi yang hilang (Philip Kristanto, 2001). Prinsip kerja pada solar water heater dengan menggunakan palt datar, yaotu 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 (Marbun, 2009).



Gambar 2.2 Kolektor Surya Plat Datar

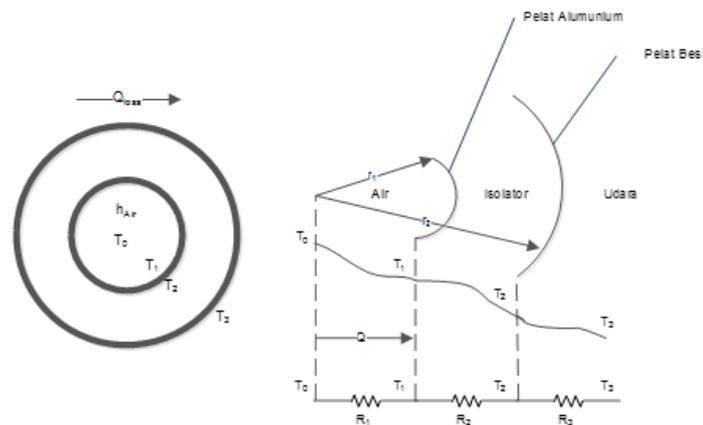
## 2.2 Teori Perpindahan Panas

Agar dapat memperlambat proses pelepasan panas, maka dibuatlah isolator mengelilingi tangki penyimpan air panas. Isolator yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Serbuk gergajian pohon kelapa. Panas yang dikandung dalam air akan mengalir melepaskan dari sistem panas dalam air melewati dinding alumunium ( $r_1$  ke  $r_2$ ). Panas yang keluar melalui  $r_2$  akan di hambat menggunakan isolator alami ( $r_2 - r_3$ ) dan kemudian mengalir keluar melalui selimut luar (casing) secara perlahan-lahan ( $r_3 - r_4$ ).

Kapasitas penyimpanan panas pada tangki dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q = \frac{\rho \cdot v}{t} \cdot Cp \cdot \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

Dimana Q adalah kalor yang disimpan (KJ),  $\rho$  adalah kepadatan air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $v$  adalah volume tangki ( $\text{m}^3$ ),  $Cp$  adalah panas spesifik fluida ( $\text{KJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ) dan  $\Delta T = T_o - T_a$ ) serta  $t$  adalah waktu penyimpanan air dalam tangki.



Gambar 2.3 Skema laju aliran panas (kiri) dan jala-jala thermal (kanan)  
Sumber: Pikra. G. (2010)

- Perpindahan Panas Pada Dinding dan Penutup Tangki

Secara umum, perpindahan panas dari air panas dalam tangki penyimpan hingga mengalami penurunan temperatur. Penurunan temperatur tersebut secara ringkas dapat dilihat melalui gambar 2. Rugi-rugi panas yang terjadi di dalam tangki penyimpan air panas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan tahan thermal 2 hingga persamaan 4:

$$R_1 = \frac{1}{hc \cdot 2\pi r_1 \cdot l_1} \dots\dots\dots (2)$$

$$R_2 = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k m i \cdot l_1} \dots\dots\dots (3)$$

$$R_3 = \frac{1}{h_u \cdot 2\pi r_2 \cdot l_1} \dots \dots \dots (4)$$

dimana  $R_1$  adalah tahanan thermal pada plat alumunium ( $^{\circ}\text{K}/\text{W}$ ),  $R_2$  adalah tahanan thermal pada isolator ( $^{\circ}\text{K}/\text{W}$ ),  $R_3$  adalah tahanan thermal pada plat besi ( $^{\circ}\text{K}/\text{W}$ ),  $h_c$  adalah koefesien konveksi panas pada fluida ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K}$ ),  $h_{ua}$  adalah koefesien konveksi panas pada udara luar,  $r_1$  jari-jari bagian dalam (m),  $l_1$  tinggi tangki,  $r_2$  adalah jari-jari dari pusat ke isolator bagian luar (m),  $k_{mi}$  adalah konduktifitas thermal material isolator ( $\text{W}/\text{m} \cdot ^{\circ}\text{K}$ ). Rugi-rugi panas pada dinding tangki penyimpanan panas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5 berikut:

$$Q_{dt} = \frac{\Delta T}{R_{tot}} = \frac{\Delta T}{R_1 + R_2 + R_3} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana  $Q_{dt}$  adalah rugi-rugi panas pada dinding tangki penyimpanan air panas (W). Rugi-rugi panas yang melalui kedua sisi dinding tangki dapat dihitung dengan menggunakan persamaan tahanan thermal 6 hingga 8 berikut ini:

$$R_1 = \frac{1}{h_c \cdot \pi r L_2} \dots \dots \dots (6)$$

$$R_2 = \frac{x}{k_{mi} \cdot \pi r L_2} \dots \dots \dots (7)$$

$$R_3 = \frac{1}{h_u \cdot \pi r L_2} \dots \dots \dots (8)$$

dimana  $R_1$  adalah tahanan thermal dari fluida ke pelat alumunium pada sisi atas ( $^{\circ}\text{K}/\text{W}$ ),  $R_2$  adalah tahanan thermal dari pelat alumunium ke isolator ( $^{\circ}\text{K}/\text{W}$ ) pada sisi atas tangki, dan  $R_3$  adalah tahanan thermal dari pelat besi ke udara luar ( $^{\circ}\text{K}/\text{W}$ ) pada bagian sisi atas tangki. Selanjutnya rugi-rugi panas pada kedua sisi atas dan bawah dihitung sebagai:

$$Q_{tt} = 2 \left[ \frac{\Delta T}{R_1 + R_2 + R_3} \right] \dots \dots \dots (9)$$

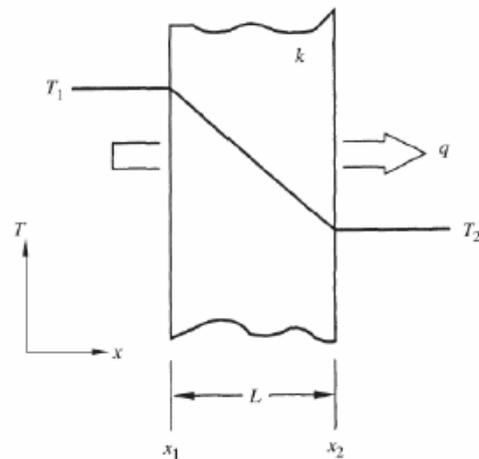
Dimana  $Q_{tt}$  adalah rugi-rugi pada kedua sisi atas dan bawah tangki (W) Sehingga rugi-rugi panas keseluruhan pada tangki penyimpanan air panas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 11 berikut ini:

$$Q_{HT} = Q_{dt} + 2 \cdot Q_{tt} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana  $Q_{HT}$  adalah rugi-rugi panas keseluruhan pada tangki penyimpanan air panas (W).

### 2.2.1 Perpindahan Kalor Konduksi

Perpindahan kalor konduksi adalah perpindahan energi sebagai kalor melalui sebuah proses medium stasioner, seperti tembaga, air, atau udara. Di dalam benda-benda padat maka perpindahan tenaga timbul karena atom-atom pada temperatur yang lebih tinggi bergetar dengan lebih bergairah, sehingga atom-atom tersebut dapat memindahkan tenaga kepada atom-atom yang lebih lesu yang berada di dekatnya dengan kerja mikroskopik, yakni kalor. Di dalam logam-logam, elektron-elektron bebas juga membuat kontribusi kepada proses hantaran kalor. Di dalam sebuah cairan atau gas, molekul-molekul juga mudah bergerak, dan tenaga juga dihantar oleh tumbukan-tumbukan molekul. (Reynold dan Perkins, 1983).



Gambar 2.4 Distribusi suhu untuk konduksi keadaan stedi melalui dinding datar.

Perpindahan kalor konduksi satu dimensi melalui padatan diatur oleh hukum Fourier, yang dalam bentuk satu dimensi dapat dinyatakan sebagai,

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

di mana  $q$  adalah laju perpindahan kalor dan  $T/x$  merupakan gradien suhu ke arah perpindahan kalor. Konstanta positif  $k$  disebut konduktivitas atau thermal conductivity benda itu, sedangkan tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu. (Holman, 1997)

Mekanisme konduksi termal pada gas cukup sederhana. Energi kinetik molekul ditunjukkan oleh suhunya, jadi pada bagian bersuhu tinggi molekul-molekul mempunyai kecepatan yang lebih tinggi daripada yang berada pada bagian

bersuhu rendah. Molekul-molekul itu selalu berada dalam gerakan rambang atau acak, saling bertumbukkan satu sama lain, dimana terjadi pertukaran energi dan momentum. Jika suatu molekul bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah, maka molekul itu mengangkut energi kinetik ke bagian sistem yang suhunya lebih rendah, dan di sini menyerahkan energinya pada waktu bertumbukkan dengan molekul yang energinya lebih rendah. Nilai konduktivitas termal itu menunjukkan berapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu.

Energi termal dihantarkan dalam zat padat menurut salah satu dari dua modus, melalui getaran kisi (lattice vibration) atau dengan angkutan melalui elektron bebas. Dalam konduktor listrik yang baik, dimana terdapat elektron bebas yang bergerak di dalam struktur kisi bahan-bahan, maka elektron, di samping dapat mengangkut muatan listrik, dapat pula membawa energi termal dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah, sebagaimana halnya dalam gas. Energi dapat pula berpindah sebagai energi getaran dalam struktur kisi bahan. Namun, pada umumnya perpindahan energi melalui getaran ini tidaklah sebanyak dengan cara angkutan elektron. Karena itu penghantar listrik yang baik selalu merupakan penghantar kalor yang baik pula, seperti halnya tembaga, aluminium dan perak. Sebaliknya isolator listrik yang baik merupakan isolator kalor. (Holman, 1997)

Nilai konduktivitas thermal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Konduktivitas thermal kebanyakan bahan merupakan fungsi suhu, dan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering kali diabaikan. Jika nilai konduktivitas thermal suatu bahan makin besar, maka makin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Karena itu, bahan yang harga  $k$ -nya besar adalah penghantar panas yang baik, sedangkan bila  $k$ -nya kecil bahan itu kurang menghantar atau merupakan isolator.

Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas Bahan (Holman, 10<sup>th</sup> Edition)

Material	Thermal conductivity <i>k</i>	
	W/m · °C	Btu/h · ft · °F
Metals:		
Silver (pure)	410	237
Copper (pure)	385	223
Aluminum (pure)	202	117
Nickel (pure)	93	54
Iron (pure)	73	42
Carbon steel, 1% C	43	25
Lead (pure)	35	20.3
Chrome-nickel steel (18% Cr, 8% Ni)	16.3	9.4
Nonmetallic solids:		
Diamond	2300	1329
Quartz, parallel to axis	41.6	24
Magnesite	4.15	2.4
Marble	2.08–2.94	1.2–1.7
Sandstone	1.83	1.06
Glass, window	0.78	0.45
Maple or oak	0.17	0.096
Hard rubber	0.15	0.087
Polyvinyl chloride	0.09	0.052
Styrofoam	0.033	0.019
Sawdust	0.059	0.034
Glass wool	0.038	0.022
Ice	2.22	1.28
Liquids:		
Mercury	8.21	4.74
Water	0.556	0.327
Ammonia	0.540	0.312
Lubricating oil, SAE 50	0.147	0.085
Freon 12, CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0.073	0.042
Gases:		
Hydrogen	0.175	0.101
Helium	0.141	0.081
Air	0.024	0.0139
Water vapor (saturated)	0.0206	0.0119
Carbon dioxide	0.0146	0.00844

Sumber : *Soft file "Heat Transfer"* by J.P. Holman 10<sup>th</sup> Edition

### 2.2.2 Perpindahan Kalor Radiasi

Perpindahan kalor radiasi adalah perpindahan energi oleh penjaralan (rambatan) foton yang tak terorganisir. Setiap benda yang terus memancarkan foton-foton secara serampangan di dalam arah dan waktu, dan tenaga netto yang dipindahkan oleh foton-foton ini diperhitungkan sebagai kalor. Bila foton-foton ini berada di dalam jangkauan panjang gelombang 0,38 sampai 0,76  $\mu\text{m}$ , maka foton-foton tersebut mempengaruhi mata kita sebagai sinar cahaya yang tampak (dapat dilihat). Bertentangan dengan itu, maka setiap tenaga foton yang terorganisir, seperti transmisi radio, dapat diidentifikasi secara mikroskopik dan tak dipandang sebagai kalor. (Reynold dan Perkins, 1983)

Pembahasan termodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*blackbody*), memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan.

$$q_{\text{pancaran}} = \sigma A T^4$$

Di mana  $\sigma$  adalah konstanta Stefan-Boltzmann dengan nilai  $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ . Persamaan (2) disebut hukum Stefan-Boltzmann tentang radiasi termal, dan berlaku hanya untuk radiasi benda hitam. (Reynold dan Perkins, 1983)

### 2.2.3 Perpindahan Kalor Konveksi

Bila sebuah fluida lewat di atas sebuah permukaan padat panas, maka energi dipindahkan kepada fluida dari dinding oleh hantaran panas. Energi ini kemudian diangkut atau dikonveksikan (*convected*), ke hilir oleh fluida, dan didifusikan melalui fluida oleh hantaran di dalam fluida tersebut. Jenis proses perpindahan energi ini dinamakan perpindahan panas konveksi (*convection heat transfer*). (Stoecker dan Jones, 1982)

Jika proses aliran fluida tersebut diinduksikan oleh sebuah pompa atau sistem pengedar (*circulating system*) yang lain, maka digunakan istilah konveksi yang dipaksakan (*forced convection*). Bertentangan dengan itu, jika aliran fluida timbul karena gaya apung fluida yang disebabkan oleh pemanasan, maka proses tersebut dinamakan konveksi bebas (*free*) atau konveksi alami (*natural*). Persamaan dasar untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi yaitu:

$$q = hA \Delta T$$

Dimana :  $q$  = Laju perpindahan panas (W)

$h$  = Koefisien perpindahan panas konveksi ( $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ )

$A$  = Luas permukaan ( $\text{m}^2$ )

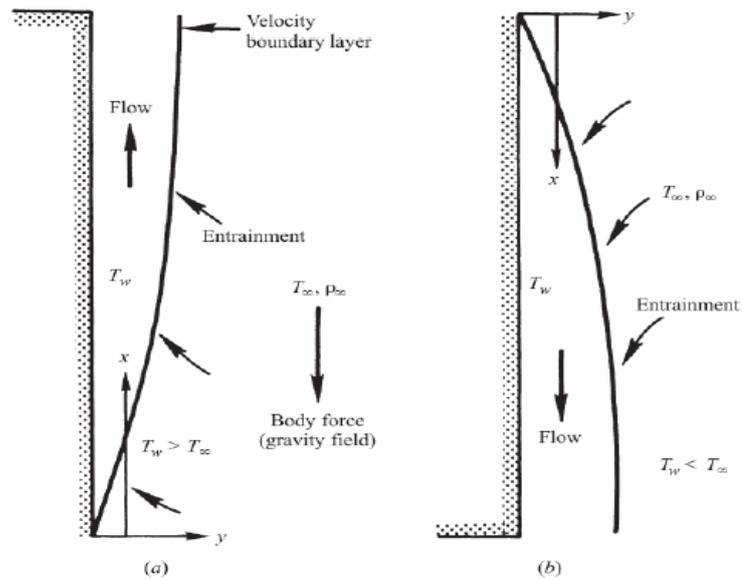
$\Delta T$  = Perbedaan temperatur ( $^\circ\text{C}$ )

Banyak parameter yang mempengaruhi perpindahan kalor konveksi di dalam sebuah geometri khusus. Parameter-parameter ini termasuk luas permukaan ( $A$ ), konduktivitas termal fluida ( $k$ ), biasanya kecepatan fluida ( $V$ ), kerapatan ( $\rho$ ), viskositas, panas jenis ( $C_p$ ), dan kadang-kadang faktor lain yang berhubungan dengan cara-cara pemanasan (temperatur dinding seragam atau temperatur dinding berubah-ubah). Fluks kalor dari permukaan padat akan bergantung juga pada temperatur permukaan ( $T_s$ ) dan temperatur fluida ( $T_f$ ), tetapi biasanya dianggap bahwa ( $\Delta T = T_s - T_f$ ) yang penting. Akan tetapi, jika sifat-sifat fluida berubah dengan nyata pada daerah pengkonveksi (*convection region*), maka

temperatur absolute  $T_s$  dan  $T_f$  dapat juga merupakan faktor-faktor penting didalam korelasi. Jelaslah bahwa dengan sedemikian banyak variabel-variabel penting, maka korelasi spesifik akan sulit dipakai, dan sebagai konsekuensinya maka korelasi-korelasi biasanya disajikan dalam pengelompokkan-pengelompokkan tak berdimensi (*dimensionless groupings*) yang mengizinkan representasi-representasi yang jauh lebih sederhana. Juga faktor-faktor dengan pengaruh yang kurang penting, seperti variasi sifat fluida dan distribusi temperatur dinding, seringkali diabaikan untuk menyederhanakan korelasi-korelasi tersebut. (Stoecker dan Jones, 1982)

a. Konveksi alamiah (*Natural Convection*)

Konveksi alamiah (*natural convection*) atau konveksi bebas (*free convection*), terjadi karena fluida yang karena proses pemanasan berubah densitasnya (kerapatannya) dan bergerak naik. Radiator panas yang digunakan untuk memanaskan ruang merupakan suatu contoh piranti praktis yang memindahkan kalor dengan konveksi bebas. Gerakan fluida dalam konveksi bebas, baik fluida itu gas maupun zat cair terjadi karena gaya apung (*bouyancy force*) yang dialaminya apabila densitas fluida di dekat permukaan perpindahan kalor berkurang sebagai akibat proses pemanasan. Gaya apung itu tidak akan terjadi apabila fluida itu tidak mengalami sesuatu gaya dari luar seperti gravitasi (gaya berat), walaupun gravitasi bukanlah satu-satunya medan gaya luar yang dapat menghasilkan arus konveksi bebas. Fluida yang terkurung dalam mesin rotasi mengalami medan gaya sentrifugal, dan karena itu mengalami arus konveksi bebas bila salah satu atau beberapa permukaannya yang dalam kontak dengan fluida itu dipanaskan. (Holman, 1997)

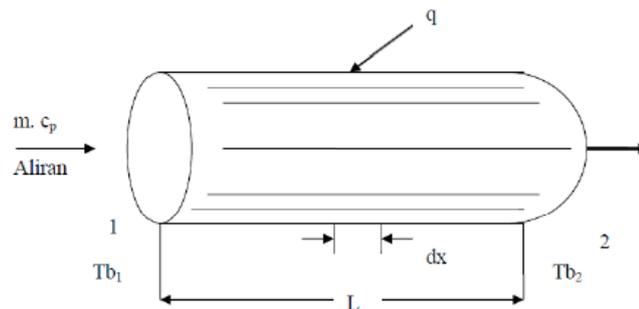


Gambar 2.5 Aliran Konveksi Bebas Di Atas Plat Rata Vertical

b. Konveksi Paksa (*Force Convection*)

Konveksi paksa adalah perpindahan panas yang mana dialirannya tersebut berasal dari luar, seperti dari blower atau kran dan pompa. Konveksi paksa dalam pipa merupakan persoalan perpindahan konveksi untuk aliran dalam atau yang disebut dengan internal flow. Adapun aliran yang terjadi dalam pipa adalah fluida yang dibatasi oleh suatu permukaan. Sehingga lapisan batas tidak dapat berkembang secara bebas seperti halnya pada aliran luar. Sebagai gambaran adalah fenomena perpindahan panas aliran di dalam pipa yang dinyatakan sebagai:

$$dq = m \cdot C_p \cdot \Delta T_b$$

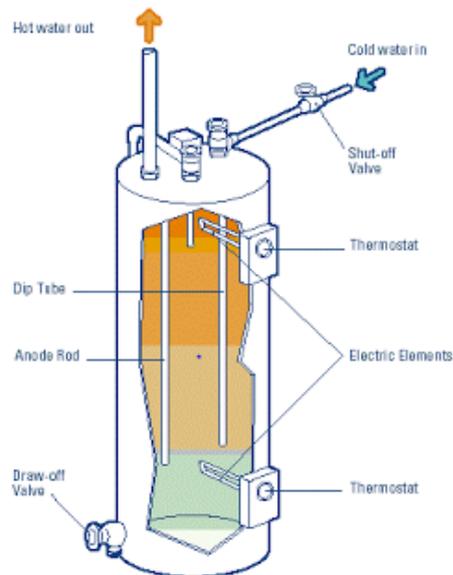


Gambar 2.6 Perpindahan Kalor Dinyatakan Dengan Perpindahan Suhu Limbak

## 2.3 Jenis-Jenis Pemanas Air di Pasaran

### 2.3.1 Pemanas Air Listrik

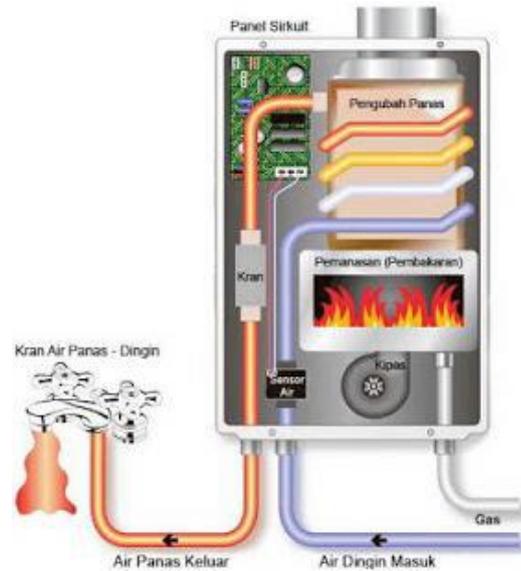
Pemanas air listrik memiliki prinsip kerja dengan cara mengalirkan air kedalam tangki berisolasi, didalam tangki terdapat elemen pemanas listrik yang terletak dibagian atas dan bawah tangki yang mulai bekerja memanaskan air hingga mencapai suhu yang diinginkan. Pemanas air listrik dilengkapi dengan adanya thermostat sehingga sistem dapat hidup/mati secara otomatis. Ketika temperatur dalam tangki mulai menurun, elemen pemanas akan berkerja kembali memanaskan air hingga temperatur yang sudah diatur. Kekurangan dari alat ini adalah dibutuhkannya energi listrik yang besar untuk dapat menghasilkan air panas yang dibutuhkan.



Gambar 2.7 Pemanas Air Listrik

### 2.3.2 Pemanas Air Berbahan Bakar Gas

Prinsip kerja dari pemanas air berbahan bakar gas ini adalah air dingin masuk melalui pipa-pipa kedalam tangki berisolasi. Kemudian api akan memanaskan air didalam pipa tersebut, sehingga air dingin di dalam pipa menjadi panas. Untuk mendapatkan temperatur yang lebih tinggi dilakukan dengan memperbesar bidang pemanas agar input enegi yang dihasilkan akan semakin besar. Dengan menggunakan pipa tembaga juga dapat mempercepat terjadinya perpindahan panas.



Gambar 2.8 Pemanas Air Berbahan Bakar Gas

## 2.4 Penyediaan Air Minum

### 2.4.1 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.

### 2.4.2 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 fisik
- b) Parameter kimiawi.

Tabel 2.2 Persyaratan Kualitas Air Minum Menurut Permenkes RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai $\text{NO}_2^-$ )	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai $\text{NO}_3^-$ )	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	$^{\circ}\text{C}$	suhu udara $\pm 3$
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kepadatan	mg/l	500
	4) Klorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5

#### 2.4.3 Reverse Osmosis

*Reverse Osmosis* atau osmosis balik merupakan proses yang dilakukan dengan memberikan tekanan atau dorongan, menahan semua ion, melepaskan air murni dan membuang air kotor. Membran *Reverse Osmosis* memiliki ukuran pori persepuluh ribu mikron dan dapat menghilangkan zat organik, bakteri, pirogen, juga koloid yang tertahan oleh struktur pori yang berfungsi sebagai penyaring. *Reverse osmosis* baik untuk TDS rendah maupun tinggi, dimana padatan total terlarut dapat diturunkan sampai tinggal beberapa persen saja dan zat organiknya juga bisa diturunkan. Membran *reverse osmosis* tidak membunuh mikroorganisme melainkan hanya menghambat dan membuangnya. Membran *reverse osmosis* terbuat dari bahan polimer permeator dengan jenis struktur molekul Poliamida

Aromatik dan mempunyai lubang pori-pori berukuran 1/10.000 atau 0,0001 mili mikron.

Menurut Badan Lingkungan Hidup Palembang setelah menganalisis air *Feed* RO, produk RO, sampai *Reject* RO, dapat diketahui nilai dari TDS, *Conductivity*, DO, *Turbidity*, kandungan tembaga (Cu), COD, BOD, dan kesadahan total dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Nilai Uji Kelayakan Air Minum dan Air Mandi

NO	PARAMETER	SATUAN	NILAI			
			1	2	3	4
1.	TDS	mg/l	3,94	3,82	71,28	40,26
2.	<i>Conductivity</i>	-	6,57	6,37	118,8	67,1
3.	DO	mg/l	6,31	6,30	6,71	6,48
4.	<i>Turbidity</i>	-	0,07	0,13	0,17	0,62
5.	Tembaga	mg/l	0,04	0,14	0,01	0,01
6.	COD	mg/l	19,33	24,42	7,39	15,12
7.	BOD	mg/l	4,45	5,61	1,69	3,47
8.	Kesadahan Total	mg/l	109	112	372	286

Sumber : Badan Lingkungan Hidup, Palembang (2019)

Keterangan :

Titik 1 : Produk RO

Titik 2 : Produk Kolektor

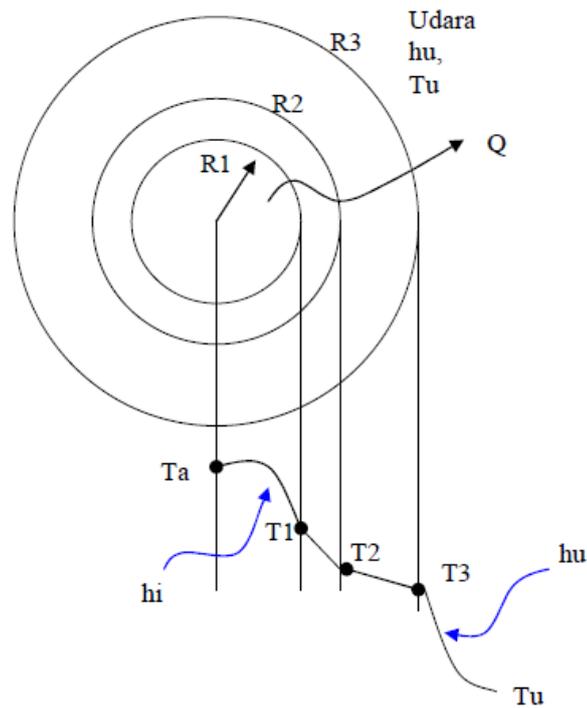
Titik 3 : *Reject* RO

Titik 4 : *Feed* RO

Nilai diatas memenuhi standar kelayakan air minum dan air untuk keperluan mandi yang merupakan produk dari alat *Solar Water Heater* ini.

## 2.5 Ketebalan Insulasi Kritis (*Critical Insulation Thickness*)

Isolasi dipasang pada suatu dinding alat dimaksudkan agar panas yang merambat di sekeliling alat itu sekecil mungkin. Selain itu juga faktor *safety*, yaitu agar orang yang bekerja di sekitar alat itu tidak merasa terlalu kepanasan. Harga isolasi tidaklah murah, oleh karenanya perlu perhitungan yang cukup teliti dalam menentukan tebal isolasi yang dibutuhkan suatu alat. Berikut ini contoh penentuan tebal isolasi suatu pipa.



Gambar 2.9 Skema Profil Suhu

Transfer panas terbesar jika tebal isolasi minimum, atau:

$$\frac{dQ}{dR_3} = 0$$

$$\frac{d\Sigma R}{dR_3} = 0$$

maka,

$$\frac{1}{k_{iso} \cdot R_3} - \frac{1}{h_u \cdot (R_3)^2} = 0$$

$$R_3 = \frac{k_{iso}}{h_u}$$

Pada kondisi ini,  $R_3$  merupakan tebal isolasi minimum atau kritis, dimana jika tebal isolasi lebih kecil dari  $R_3$  kritis ini maka  $Q$  semakin besar. Oleh karena dalam penentuan tebal isolasi harus lebih besar dari  $R_3$  kritis ini. Meskipun semakin besar  $R_3$  maka panas yang ditransfer semakin kecil, tetapi semakin tebal isolasi berarti biaya isolasi semakin tinggi pula. Oleh karenanya perlu diperhatikan tebal isolasi optimum atau *economic insulation thickness*.

