

Studi Eksperimental Kolektor Surya Terkonsentrasi Menggunakan Media Penyimpan Panas Pasir Dengan Variasi Penempatan Pipa Absorber Yang Berbentuk Spiral

Kadek Adi Jaya Purnayasa, Made Sucipta, Ketut Astawa.
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Prinsip kerja kolektor surya terkonsentrasi adalah memindahkan radiasi matahari ke fluida kerja, dimana radiasi matahari yang jatuh pada cover cermin sebagian akan langsung dipantulkan, kemudian sebagiannya akan diserap, dan sebagiannya lagi akan diteruskan kepelat penyerap. Radiasi yang sampai pada pelat penyerap akan diserap panasnya oleh pelat penyerap. Panas yang diserap oleh pelat penyerap akan diserap oleh pasir laut hitam sebagai media penyimpanan panas yang kemudian digunakan untuk memanaskan fluida kerja yang berupa air mengalir. Untuk proses perpindahan panas dari radiasi matahari sampai pada fluida kerja terjadi melalui tiga mekanisme perpindahan panas yaitu, konduksi, konveksi, dan radiasi. Secara konduksi, terjadi pada air yang diam dan pada pelat penyerap. Secara konveksi, terjadi antara permukaan pelat penyerap dengan fluida kerja yang mengalir. Kemudian pertukaran panas radiasi terjadi diantara pelat penyerap bagian atas dengan pelat penyerap bagian bawah.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan pasir laut hitam sebagai media penyimpanan panas. Kemudian didalam pasir tersebut terdapat pipa Absorber yang berbentuk spiral untuk mengalirkan fluida kerja berupa air. Dalam pengujian yang dilakukan, variabel bebas yang diuji adalah variasi penempatan pipa absorber yang berbentuk spiral pada posisi atas, bawah, kanan, dan kiri didalam pipa receiver.

Dari hasil pengujian kolektor surya terkonsentrasi ini dapat disimpulkan bahwa variasi pipa absorber pada posisi atas mendapatkan hasil performansi yang paling baik dibandingkan dengan variasi pipa absorber pada posisi lain, Adapun hasil dari pengujian itu antara lain : temperatur air keluar sebesar 43°C pada pukul 12.20 WITA, energi berguna sebesar 70.12J/s pada pukul 12.20 WITA, dan efisiensi sebesar 20.2959% pada pukul 12.20 WITA, hal ini disebabkan karena posisi suatu pipa sangat mempengaruhi baik atau tidaknya suatu penyerapan panas, dimana pipa absorber pada posisi atas mempunyai jarak yang paling dekat dengan radiasi sinar matahari langsung, sehingga penyerapan panas dari media penyimpan lebih baik dari yang lainnya.

Kata kunci : kolektor surya terkonsentrasi, pipa absorber berbentuk spiral, unjuk kerja kolektor.

Abstract

The working principle of concentrated solar collectors is to transfer solar radiation to a working fluid, where the solar radiation falling on the cover will be directly reflected in part mirror, then partially be absorbed, and partly will be forwarded to the absorber plate. Radiation to the absorber plate will be absorbed by the heat absorber plate. The heat absorbed by the absorber plate will be absorbed by the black sea sand as a heat storage medium which is then used to heat the working fluid is water flowing. For the process of transfer of heat from solar radiation to the working fluid occurs through three mechanisms of heat transfer, namely, conduction, convection, and radiation. By conduction, occurs in stagnant water and the absorber plate. In convection, occurs between the surface of the absorber plate with a working fluid flows. Then the radiant heat exchange occurs between the absorber plate absorber plate top with the bottom.

The method used in this research is to use sea sand black as a heat storage medium. Later in the sand there Absorber spiral pipe to drain the working fluid is water. In tests conducted, the independent variables tested is how the influence of variations in the placement of absorber pipe spiral on the top, bottom, right, and left.

From the results of testing solar collectors are concentrated, it is concluded that the variations in pipe absorber at the top to get the performance that is best compared with the variation of pipe absorber at other positions, As a result of the testing, among others: the temperature of the water out at 43°C at 12.20 PM, energy useful for 70.12J/s at 12.20 PM, and the efficiency of 20.2959% at 12.20 PM, this is because the position of the pipe greatly affect whether or not a heat absorption, where the absorber pipe at the top have the closest distance to radiation direct sunlight, so the heat absorption of the storage media is better than the other.

Keywords: concentrated solar collectors, spiral-shaped absorber pipe, performance collectors

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi yang sangat pesat di dunia ini akan membawa beberapa dampak negatif

bagi umat manusia. Terutama pada masalah energi, kenapa? karena hampir setiap hari seluruh umat manusia selalu menggunakan energi. Otomatis

energi yang di perlukan sangatlah banyak. Sehingga energi tersebut akan habis sedikit demi sedikit seiring berjalannya waktu. Salah satunya dengan cara mencari sumber-sumber energi yang dapat diperbarui dengan pengetahuan dan teknologi yang kita miliki saat ini. Penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT), yang ketersediaannya melimpah akan sangat bermanfaat bagi umat manusia. Dimana hal ini juga akan mengurangi ketergantungan manusia terhadap sumber energi konvensional (minyak dan gas bumi), yang ketersediaannya sangat terbatas. EBT sebagai energi yang pada umumnya berasal dari sumber non-fosil, dapat diperbarui, tidak akan pernah habis dan ramah lingkungan. Sumber energi yang termasuk dalam kategori EBT antara lain adalah energi panas bumi, air/hidro, angin, biomasa, gelombang air laut dan pasang surut air laut. Indonesia merupakan negara tropis yang mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Pulau Bali salah satu contoh pulau yang beriklim tropis, Pulau Bali adalah bagian dari Kepulauan Sunda Kecil sepanjang 153 km dan selebar 112 km sekitar 3,2 km dari Pulau Jawa. Secara astronomis, Bali terletak di $8^{\circ}25'23''$ Lintang Selatan dan $115^{\circ}14'55''$ Bujur Timur yang membuatnya beriklim tropis seperti bagian Indonesia yang terletak antara Pulau Jawa dan Pulau Lombok. Energi surya adalah energi radiasi yang dipancarkan secara langsung dari matahari ke bumi, berupa energi termal akibat temperatur permukaan matahari yang sangat tinggi. Untuk itu dibutuhkan suatu peralatan yang berfungsi untuk mengumpulkan energi radiasi yang datang dari matahari, peralatan ini disebut kolektor surya.

Kolektor surya adalah sebuah alat yang mampu menyerap dan memindahkan panas dari energi surya ke fluida kerja. Ketika cahaya matahari menimpa reflector pada kolektor surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan ke fluida kerja yang bersirkulasi di dalam kolektor surya. Saat ini semakin banyak pemanfaatan dari kolektor surya sebagai alat pemanas udara maupun air. Pada penelitian ini akan dianalisa variasi penempatan pipa absorber berbentuk spiral terhadap kolektor surya terkonsentrasi dengan menggunakan pasir laut hitam sebagai media penyimpanan panas.

Kolektor surya termal ada 2 macam, yaitu kolektor surya pelat datar dan kolektor surya terkonsentrasi. Kolektor surya terkonsentrasi terdiri dari kolektor surya terkonsentrasi tanpa media penyimpan dan kolektor surya terkonsentrasi dengan media penyimpan. Disini penulis akan membahas tentang kolektor surya terkonsentrasi dengan pasir laut hitam sebagai media penyimpanan panas. Pasir laut hitam akan diletakkan didalam pipa berbentuk tabung, sehingga penerimaan panas bagian atas terkena radiasi matahari langsung sedangkan yang bagian bawah terkena pantulan dari reflector. Untuk

memaksimalkan penyerapan panas maka posisi atau penempatan pipa absorber yang berbentuk spiral perlu diteliti, sehingga nantinya kolektor surya ini diharapkan dapat menghasilkan panas yang lebih tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai pemanas air yang selanjutnya dapat digunakan di lingkungan terpencil.

2. Dasar Teori

2.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas atau *heat transfer* adalah ilmu yang meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur, dimana energi yang berpindah tersebut dinamakan kalor atau panas (*heat*). Panas akan berpindah dari medium yang bertemperatur lebih tinggi ke medium yang temperaturnya lebih rendah. Perpindahan panas ini berlangsung terus sampai ada kesetimbangan temperatur diantara kedua medium tersebut.

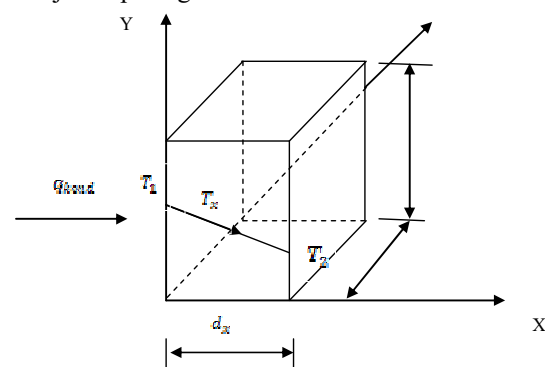
Perpindahan panas dapat terjadi melalui beberapa mekanisme, yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.1.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah merupakan perpindahan panas yang terjadi pada suatu media padat atau pada media fluida yang diam akibat adanya perbedaan temperatur antara permukaan yang satu dengan permukaan yang lain pada media tersebut.

Konsep yang ada pada konduksi adalah merupakan aktivitas atomik dan molekuler. Sehingga peristiwa yang terjadi pada konduksi adalah perpindahan energi dari partikel yang lebih energetik (molekul lebih berenergi/bertemperatur tinggi) menuju partikel yang kurang energetik (molekul kurang berenergi/bertemperatur lebih rendah), akibat adanya interaksi antara partikel-partikel tersebut.

Untuk kondisi perpindahan panas keadaan *steady* melalui dinding datar satu dimensi seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Perpindahan panas konduksi pada dinding datar. (DeWitt, 1996)

Persamaan laju konduksi dikenal dengan Hukum Fourier tentang Konduksi (*Fourier Law of Heat Conduction*), yang terlihat pada persamaan 1 sebagai berikut :

$$Q_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

q_{kond} = laju perpindahan panas konduksi (W)

k = konduktivitas termal bahan (W/m.K)

A = luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m^2)

$\frac{dT}{dx}$ = gradien temperatur pada penampang tersebut (K/m)

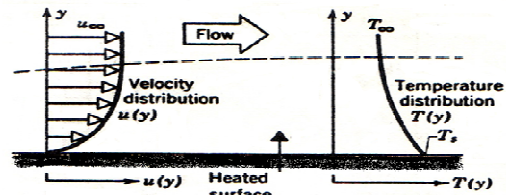
Tanda negatif (-) diisi agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa panas mengalir dari media yang bertemperatur lebih tinggi menuju media yang temperaturnya rendah. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. diatas, bahwa kalor berpindah dari T_1 ke T_2 karena T_2 temperaturnya lebih rendah dari T_1 . Jika dilihat dari persamaan 1, dT adalah selisih antara T_2 dan T_1 sehingga hasil yang didapat menjadi negatif. Agar memperoleh hasil yang positif pada hasil akhir perhitungan, oleh karena itu ditambahkan tanda negatif, sehingga tanda positif tersebut menunjukkan adanya kalor yang berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Konduktivitas termal dari beberapa logam dan non logam yang digunakan dalam konstruksi kolektor surya ditunjukkan pada tabel 1. Sebagai berikut :

Tabel 1. Konduktivitas termal bahan

Bahan	Konduktivitas Termal (k) W/(m.K)
Tembaga	385.0
Aluminium	211.0
Timah putih	66.0
Baja, 1% karbon	45.0
Baja tahan Karat	16.0
Kaca	1.05
Batu pasir	1,83
ABS (Akrilonitril-Butadien-Stiren)	0.27
Polikarbonat	0.2
Karet alam 30 Durometer	0.14
Karet alam 70 Durometer	0.17
Isolasi papan kaca serat	0.043

2.1.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan media padat yang diam menuju fluida yang mengalir atau bergerak atau sebaliknya akibat adanya perbedaan temperatur. Suatu fluida memiliki temperatur, yang bergerak dengan kecepatan, di atas permukaan media padat yang terlihat pada (Gambar 2) dibawah ini.



Gambar 2. Perpindahan panas konveksi dari permukaan media padat ke fluida yang mengalir.

Laju perpindahan panas konveksi adalah merupakan hukum Newton tentang pendinginan (*Newton's Law of Cooling*) yang terlihat pada persamaan 2 dibawah ini :

$$Q_{konv} = h.A.s.(T_s - T_\infty) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

q_{konv} =Laju perpindahan panas konveksi (W)

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

A_s =Luas permukaan perpindahan panas (m²)

T_s =Temperatur permukaan (K)

T_∞ =Temperatur fluida (K)

Menurut aliran fluidanya, perpindahan panas konveksi dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. Konveksi paksa (*forced convection*), terjadi bila aliran fluidanya disebabkan oleh gaya luar, seperti: blower, pompa, atau kipas angin.
- b. Konveksi alamiah (*natural convection*), terjadi bila aliran fluidanya disebabkan oleh efek gaya apungnya (*buoyancy forced effect*). Pada fluida, temperatur berbanding terbalik/berlawanan dengan massa jenis (*density*). Dimana, makin tinggi temperatur fluida maka makin rendah massa jenis fluida tersebut, sebaliknya makin rendah temperatur maka makin tinggi massa jenisnya. Fluida dengan temperatur lebih tinggi akan menjadi lebih ringan karena massa jenisnya mengecil maka akan naik mengapung di atas fluida yang lebih berat.

2.1.3 Perpindahan Panas Radiasi

Energi dari medan radiasi ditransportasikan oleh pancaran atau gelombang elektromagnetik (photon), dan asalnya dari energi dalam material yang memancar. Transportasi energi pada peristiwa radiasi tidak harus membutuhkan media, justru radiasi akan lebih efektif dalam ruang hampa. Berbeda dengan perpindahan panas konduksi dan konveksi yang mutlak memerlukan media perpindahan.

Besarnya radiasi yang dipancarkan oleh permukaan suatu benda riil (nyata), $q_{rad,g}$ (W), terlihat pada persamaan 3, 4, 5 dibawah ini :

$$q_{rad,g} = \epsilon . \sigma . T_s^4 . A \dots \dots \dots (3)$$

Sedangkan untuk benda hitam sempurna (*black body*), dengan emisivitas ($\epsilon = 1$) memancarkan radiasi, $q_{rad,b}$ (W). sebesar:

$$q_{rad,b} = \sigma \cdot T_s^4 \cdot A \dots \dots \dots (4)$$

Dan untuk laju pertukaran panas radiasi keseluruhan antara permukaan dengan sekelilingnya (*surrounding*), dengan temperatur sekeliling, T_{sur} , adalah :

$$q_{rad} = \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \cdot A \dots \dots \dots (5)$$

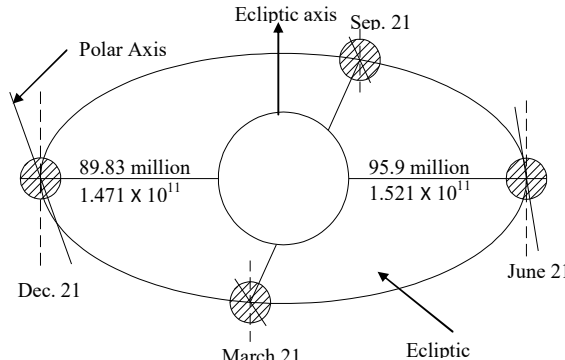
Dimana :

- q_{rad} = laju pertukaran panas radiasi (W)
- ϵ = emisivitas ($0 \leq \epsilon \leq 1$)
- σ = konstanta proporsionalitas dan disebut konstanta Stefan-boltzmann yang nilainya $5,67 \times 10^{-8}$ (W/m²K⁴)
- A = luas bidang permukaan (m²)
- T_s = temperatur benda (K)

2.2 Radiasi Surya

2.2.1 Konstanta Surya

Matahari merupakan sebuah bola gas yang berdiameter $1,39 \times 10^9$ m, mempunyai massa sebesar 2×10^{30} Kg. Lapisan luar matahari disebut fotosfer memancarkan suatu spectrum radiasi yang kontinu dengan temperatur permukaan efektif sebesar 5762 K sedangkan intinya mencapai temperatur 8×10^6 K dan densitasnya 10^5 Kg/m³. Keseluruhan energi ditimbulkan karena adanya reaksi fusi pada inti matahari, dan energi ditransmisikan secara radial sebagai radiasi elektromagnetik dan disebut sebagai energi surya. Jarak rata-rata antara matahari bumi adalah $1,495 \times 10^{11}$ m, jarak terpendek dan terjauh adalah $1,47 \times 10^{11}$ m dan $1,521 \times 10^{11}$ m, yang masing-masing terjadi pada 21 Desember dan 21 Juni yang terlihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Hubungan matahari dengan bumi. (Kreith, 1982)

Radiasi yang dipancarkan oleh permukaan matahari, E_s , adalah sama dengan hasil perkalian konstanta Stefan-Boltzmann σ , temperatur absolute pangkat empat T_s^4 , dan luas permukaan πd_s^2 , (Arismunandar, 1995):

$$E_s = \sigma \pi d_s^2 T_s^4 \text{ (watt)} \dots \dots \dots (6)$$

Di mana d_s adalah diameter matahari (m).

Konstanta surya didefinisikan sebagai energi dari matahari persatuan waktu yang diterima oleh suatu unit luasan permukaan tegak lurus arah rambatan radiasi, pada jarak rata-rata bumi dengan matahari diluar atmosfer bumi yang besarnya adalah (Arismunandar, 1995):

$$G_{sc} = \frac{\sigma d_s^2 T_s^4}{4R^2} \text{ (W/m}^2\text{)} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana R adalah jarak rata-rata antara matahari ke bumi.

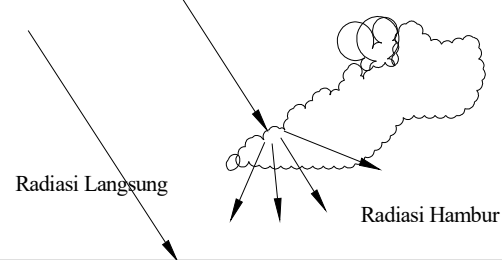
Dari persamaan di atas, maka diperoleh fluks radiasi per satuan luas dalam arah yang tegak lurus pada radiasi tepat di luar atmosfer bumi adalah (Arismunandar, 1995):

$$G_{sc} = \frac{5,67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^2) \times (1,39 \times 10^9 \text{ m})^2 \times (5,762 \times 10^3 \text{ K})^4}{4 \times (1,5 \times 10^{11} \text{ m})^2} = 1353 \text{ W/m}^2 \dots \dots \dots (8)$$

2.2.2 Radiasi Surya Pada Permukaan Bumi

Radiasi surya yang mencapai permukaan bumi terdiri dari dua bentuk radiasi yang ditransmisikan secara langsung tanpa direfleksikan oleh objek disebut radiasi langsung (*direct/beam radiation*), I_b . Radiasi langsung mempunyai sifat spekular, menimpa permukaan pada sudut yang ditentukan oleh garis yang menghubungkan pusat bumi dengan pusat surya. Apabila arah permukaan berubah, harga radiasi langsung dapat bertambah atau berkurang.

Sebagian radiasi surya dihamburkan, dipantulkan kembali ke angkasa dan diserap oleh atmosfer bumi. Namun sebagian dari radiasi ini diradiasikan kembali dan mencapai permukaan bumi dari semua arah secara seragam. Radiasi tersebut disebut radiasi hampur pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran. (Arismunandar, 1995)

Penjumlahan radiasi sorotan atau beam (I_b), dan radiasi sebaran atau diffuse (I_d) merupakan radiasi total (I), pada permukaan horizontal per jam yang dapat dirumuskan (Arismunandar, 1995):

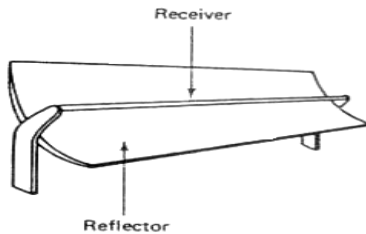
$$I = I_b + I_d \text{ (W/m}^2\text{)} \dots \dots \dots (9)$$

Selain dengan persamaan tersebut, harga I juga dapat diukur dengan menggunakan solarimeter.

2.3 Konsentrasi Linier

Konsentrasi linier yaitu pengumpul surya terpusat yang biasanya menggunakan reflektor

berbentuk persegi panjang yang dilengkungkan, sehingga konsentrasi radiasi matahari yang terjadi berbentuk garis lurus atau linier dengan demikian absorbernya akan memanjang. Dibawah ini bagian receiver dan reflector yang terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Konsentrasi linier. (Green, 1982)

2.4 Energi Berguna dan Efisiensi Kolektor Surya

2.4.1 Energi Berguna Kolektor Surya

Untuk perhitungan energi yang diserap atau energi yang berguna untuk kolektor alat pemanas air tenaga surya dapat digunakan persamaan : (Duffie et.al, 1980)

$$Q_u = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_o - T_i) \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

- Q_u = panas yang berguna (J/s)
- \dot{m} = laju aliran fluida (kg/s)
- c_p = kapasitas panas jenis fluida (J/(kg. °C))
- T_o = temperatur air keluar (°C)
- T_i = temperatur air masuk (°C)

2.4.2 Efisiensi Kolektor

Efisiensi kolektor merupakan perbandingan panas yang diserap fluida dan intensitas matahari yang mengenai kolektor. Performansi dari kolektor dapat dinyatakan dengan efisiensinya. Ada dua cara atau prosedur yang dipakai untuk mengidentifikasi efisiensi kolektor yaitu :

1. *instantaneous procedure* yaitu pengukuran laju aliran massa dari fluida, beda temperatur fluida masuk dengan keluar, radiasi matahari (*insolation*) dilakukan dalam keadaan steady state. Efisiensi ini di tentukan oleh persamaan berikut :

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot I_T} = \frac{m \cdot c_p \cdot (T_o - T_i)}{A_c \cdot I_T} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

- η = efisiensi kolektor
- A_c = luas permukaan kolektor (m²)
- L = panjang kolektor palung (m)

I_T = total energi surya yang datang pada permukaan kolektor (W/m²)

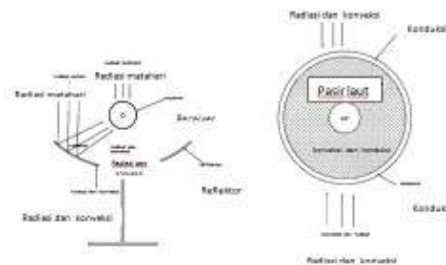
m = laju aliran massa (kg/s)

c_p = kapasitas panas jenis fluida (J/(kg. °C))

2. *Calorimetric procedure* yaitu : pengukuran efisiensi pada sistem tertutup dimana perubahan temperatur merupakan fungsi waktu dan berhubungan dengan sudut datang sinar matahari. Perhitungan efisiensinya adalah :

$$\eta = \frac{Q_u}{I_T \cdot A_c} \dots\dots\dots(12)$$

2.5 Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya Terkonsentrasi Dengan Absorber Berbentuk Silinder



Gambar 6. Perpindahan panas pada kolektor surya terkonsentrasi dengan absorber berbentuk silinder. (Duffie, 1980)

Proses perpindahan panas pada kolektor dapat dilihat pada gambar 6, dimana energi matahari yang menuju reflector terjadi secara radiasi dan konveksi. Didalam absorber terjadi perpindahan panas konduksi dan konveksi antara dinding dengan pasir laut. Sedangkan dari dinding luar absorber terhadap dinding dalam absorber terjadi perpindahan panas secara konduksi. Panas dari pasir laut akan diteruskan ke air yang mengalir didalam pipa tembaga.

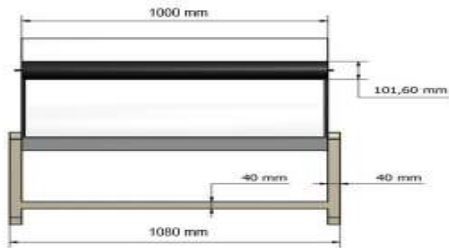
3. Metode Penelitian

3.1 Rancangan Penelitian

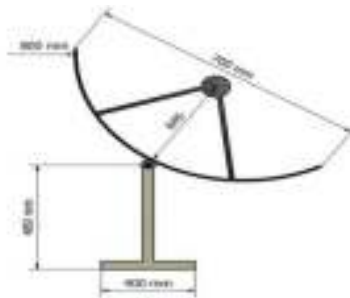
Penelitian ini menguji sebuah kolektor surya terkonsentrasi. Sebelum penelitian ini dilakukan diperlukan sebuah persiapan dan studi literatur, agar nantinya penelitian ini dapat dilakukan dengan lebih baik. Penelitian ini diawali dengan pembuatan kolektor surya terkonsentrasi, lalu dilanjutkan dengan pemasangan alat pengukur temperatur di titik-titik tertentu pada kolektor. Sebagai perbandingan dilakukan penelitian terhadap kolektor surya terkonsentrasi dengan variasi laju aliran air berbentuk spiral dan pasir sebagai media penyimpan panas. Setelah persiapan selesai maka dilakukan pengujian pada kolektor surya dengan cara pengamatan dan pencatatan data - data yang ditunjukkan oleh alat ukur. Dari data - data yang didapat pada pengujian,

dilakukan perhitungan temperatur keluar kolektor dan energi berguna secara aktual.

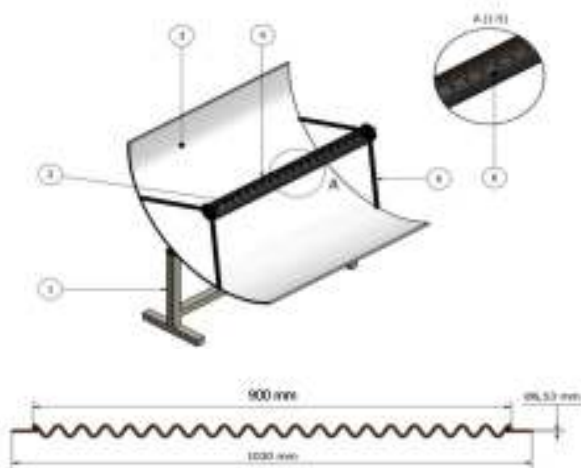
Alat pemanas air kolektor surya terkonsentrasi yang diuji terdiri dari *reflector*, *absorber* serta kaki penyangga *reflector*. Jarak titik pusat *absorber* terhadap *reflector* adalah 45 cm, ini karena jari-jari kelengkungan *reflector* adalah 80 cm. *Receiver* sebagai penyerap panas yang dipantulkan *reflektor* dibuat dari plat baja yang akan dicat hitam doff keseluruhan.



Gambar 7. Kolektor surya tampak depan



Gambar 8. Kolektor surya tampak samping

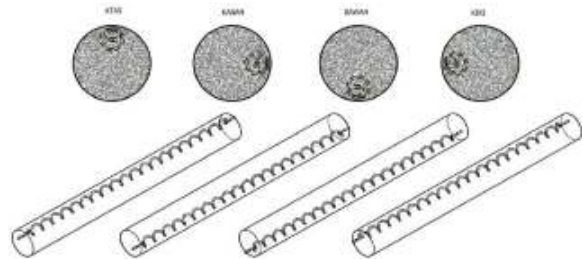


Gambar 9. Kolektor surya keseluruhan

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 7 sampai 9 diatas, dijelaskan bahwa kolektor surya terkonsentrasi terdiri dari beberapa bagian yang terlihat pada penjelasan dibawah ini.

Keterangan gambar :

1. Kaki penyangga reflector
2. Pipa absorber berbentuk spiral
3. Reflector
4. Pipa receiver
5. Kaki penyangga receiver
6. Pasir laut berwarna hitam



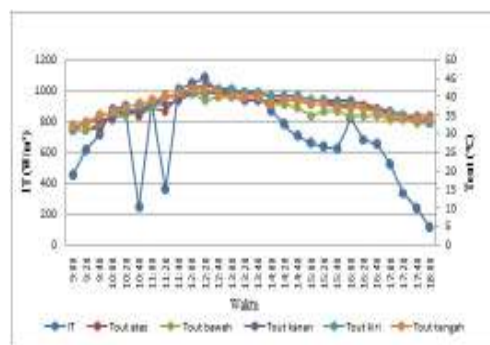
Gambar 10. Variasi penempatan pipa absorber

Pada gambar 10 diatas bisa kita lihat bahwa letak atau penempatan pipa *Absorber* yang berbentuk spiral memiliki variasi penempatan yang berbeda satu sama lain. Oleh karena itu, disini penulis memiliki tujuan untuk meneliti alat kolektor surya dengan variasi penempatan pipa absorber yang berbentuk spiral, sehingga nantinya mampu mendapatkan suatu keterangan data pada setiap letak atau penempatan pipa *Absorber* tersebut.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Temperatur Air Keluar (T_{Out})

Dari pengujian yang telah dilakukan dengan variasi penempatan pipa absorber yang berbentuk spiral pada kolektor surya terkonsentrasi , diperoleh temperatur air keluar kolektor seperti gambar 11 dibawah ini :



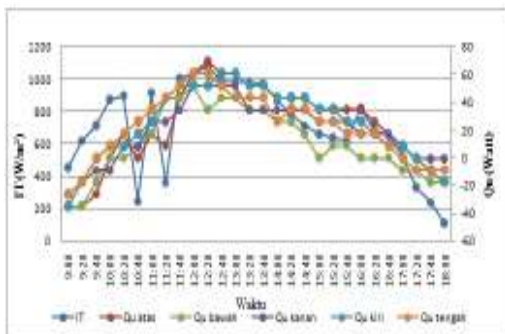
Gambar 11. Grafik perbandingan temperatur air keluar pipa absorber kerenggaan 5 cm pada posisi atas, bawah, kanan, kiri dan tengah.

Dari grafik perbandingan diatas dapat dilihat bahwa temperatur air keluar tertinggi diperoleh pipa absorberkerenggaan 5 cm pada posisi atas yang terlihat pada grafik diatas, dengan temperatur air keluar mencapai 43°C pada pukul 12.20 Wita. Hal ini

disebabkan karena posisi pipa yang berada diatas yang paling dekat dengan radiasi cahaya matahari langsung, yang menyebabkan penyerapan panas dari media penyimpan lebih baik dari yang lainnya, sehingga temperatur air keluar pada pipa absorber kerenggangan 5 cm pada posisi atas mendapatkan hasil paling tinggi

4.2 Energi Berguna (Q_u)

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka didapat perhitungan energi berguna yang terlihat pada gambar 12 grafik dibawah ini :

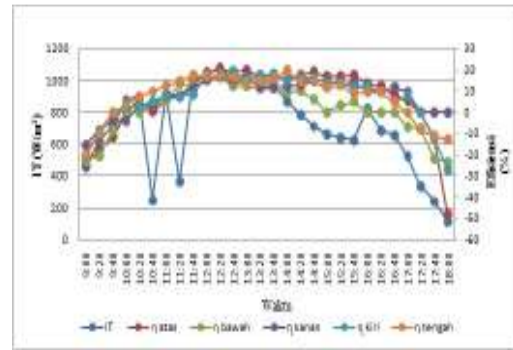


Gambar 12. Grafik perbandingan energi berguna pipa absorber kerenggangan 5 cm pada posisi atas, bawah, kanan, kiri dan tengah.

Dari perbandingan grafik diatas ditunjukkan bahwa energi berguna yang paling tinggi diperoleh pipa absorber pada posisi atas yang terlihat pada grafik diatas, dengan energi berguna sebesar 70,1232 Watt. Hal ini disebabkan karena temperatur air keluar tinggi serta pipa absorber yang berada diposisi atas akan mendapatkan penyerapan panas yang sangat baik pada saat pengujian ini mulai dilakukan, yaitu jam 09.00 Wita -18.00 Wita dikarenakan posisi pipa akan mengikuti perpindahan posisi matahari sehingga radiasi cahaya matahari langsung yang mengenai pipa receiver ditransfer pada media penyimpan panas, kemudian disalurkan dengan baik pada pipa absorber dan fluida yang mengalir, sehingga akan menghasilkan temperatur air keluar dan energi berguna yang tinggi.

4.3 Efisiensi Sesaat Kolektor (η)

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka didapat perhitungan efisiensi sesaat kolektor yang terlihat pada gambar 13 grafik dibawah ini :



Gambar 13. Grafik perbandingan efisiensi pipa absorber kerenggangan 5 cm pada posisi atas, bawah, kanan, kiri dan tengah.

Dari perbandingan grafik diatas dapat dilihat bahwa efisiensi yang paling tinggi diperoleh pipa absorber yang berukuran 5 cm pada posisi atas, dengan nilai efisiensi mencapai 20,2959% pada pukul 12.20 Wita. Hal ini disebabkan karena pada saat pengujian ini berlangsung intensitas radiasi matahari tinggi sehingga menghasilkan nilai efisiensi yang tinggi. Hal ini sangat berkaitan satu sama lain, dimana jika intensitas radiasi matahari tinggi maka nilai yang dihasilkan akan tinggi dan begitu juga sebaliknya, jika intensitas radiasi matahari rendah maka hasil yang diperoleh juga rendah. Maka dari itu efisiensi kolektor sangat dipengaruhi oleh temperatur air keluar dan energi berguna.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan mengenai studi eksperimental kolektor surya terkonsentrasi menggunakan media penyimpan panas pasir dengan variasi penempatan pipa absorber yang berbentuk spiral maka dapat disimpulkan bahwa, posisi suatu pipa sangat menentukan baik atau tidaknya suatu penyerapan panas, dimana pipa absorber pada posisi atas mempunyai jarak yang paling dekat dengan radiasi sinar matahari, sehingga penyerapan panas yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan pipa pada posisi lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Incropera and DeWitt., (1996), *Fundamentals of Heat and Mass transfer*, Jhon Wiley & Sons, Inc, New York.
- [2] Goswami and Kreith, (1982), *Solar Cells. Operating Principles, Technology, and System Applications*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- [3] Arismunandar., (1995), *Teknologi Rekayasa Surya*, PT. PradnyaParamita, Jakarta.
- [4] Martin A. Green, (1982), *Konsentrasi Linier*

- [5] Duffie and William A. Beckman., (1980), Solar
Engineering Of Thermal Energy Sistem,
McGraw-Hill Book Company, New York.