

**UNJUK KERJA KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR PADA KONDISI  
DINAMIS**

**Skripsi**

**Oleh  
RISKY DWI PRINTO**



**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

## **ABSTRAK**

### **UNJUK KERJA KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR PADA KONDISI DINAMIS**

**Oleh**

**Risky Dwi Printo**

Energi merupakan suatu hal yang sangat penting dalam meningkatkan perekonomian suatu negara, dengan memanfaatkan sumber daya yang ada sebagai energi terbarukan, kesempatan untuk melakukan kegiatan yang produktif cukup banyak, dengan demikian hal ini tentu dapat meningkatkan perekonomian dan menekan angka kemiskinan di suatu negara. Sejalan dengan itu semua pemerintah indonesia telah mengesahkan peraturan presiden nomor 5 tahun 2006 yang tujuannya agar terwujudnya energi yang optimal pada tahun 2025. Pemanfaatan energi baru dan terbarukan salah satu nya adalah tenaga surya menjadi lebih dari 5%. Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi surya atau matahari. Salah satu pemanfaatan energi matahari adalah untuk memanaskan air. Untuk dapat memanaskan air dengan tenaga surya diperlukan seperangkat alat yang disebut kolektor surya pelat datar. Selanjutnya kolektor surya pelat datar pemanas air ini nantinya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, perhotelan, rumah sakit, perkantoran ataupun kebutuhan perindustrian. Sebelum digunakan untuk khalayak ramai dan di komersialkan, kolektor surya harus diuji. Salah satu tujuan dari menguji kolektor surya ini adalah untuk mengetahui nilai efisiensi kolektor yang dibuat dan kemudian diberikan informasi tersebut kepada pengguna.

Pengujian dilakukan dengan memposisikan kolektor surya tegak lurus terhadap matahari yang bertujuan agar mendapatkan intensitas radiasi matahari yang maksimal. Parameter yang diuji adalah temperatur air masuk, temperatur air keluar, temperatur lingkungan, intensitas radiasi matahari dan laju aliran massa dengan memvariasikan temperatur air masuk yakni 28 °C, 31 °C, 33 °C dan 35 °C.

Dari pengujian ini diperoleh hasil kinerja kolektor surya yaitu, efisiensi sebesar 35,58% dengan koefisien rugi panas sebesar  $-6,9997051 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  dengan nilai efek dinamis sebesar  $-1029,85 \text{ J}^\circ\text{C}$ .

**Kata Kunci:** Energi berguna, Kolektor Surya Pelat Datar, Pemanas Air, Kondisi Dinamis.

## **ABSTRACT**

### **WORK METHOD OF FLAT PLATE SOLAR COLLECTOR IN DYNAMIC CONDITIONS**

**By**

**Risky Dwi Printo**

Energy is the important thing to improve the economy of a country by utilizing existing resources as renewable energy. The opportunity to do productive activities are quite a lot, thus it can certainly boost the economy and hold down the rate of poverty in a country. Along with it all the Indonesian government has passed a presidential decree number 5 of 2006 whose purpose in order to realize optimal energy in 2025. The utilizing of new and renewable energy one of which is solar power to more than 5%. One of renewable energy is solar energy. One of the utilization of solar energy is to heat water. To be able to heat the water with solar power is necessary a set of tools called flat plate solar collector. Furthermore, this flat plate solar collector water heater later can be used to fill the needs of households, hotels, hospitals, offices or industrial needs. Before being used to general public and in merchantability, solar collectors must be tested. One of the aim of solar collectors test was to determine the value of collector's efficiency was made and then given the information to the user.

Testing is done by positioning the solar collector is perpendicular to the sun which aims to get the maximum intensity of solar radiation. The parameters was tested are incoming water temperature, water out temperature, environment temperature, solar radiation intensity and mass flow rate by varying the temperature of incoming water that is 28 0C, 31 0C, 33 0C and 35 0C.

These test obtained the result from performance of a solar collector that is, an efficiency of 35.58% with a coefficient of heat loss amounted  $-6.9997051 \text{ W / m}^2 \text{ 0C}$  with a value of dynamic effects of  $-1029.85 \text{ J / 0C}$ .

**Key words :** Useful energy, Flat Plate Solar Collector, Water Heater, Dynamic Conditions.

**UNJUK KERJA KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR PADA KONDISI  
DINAMIS**

**Oleh  
Risky Dwi Printo**

**SKRIPSI  
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

**Judul Skripsi**

**: UNJUK KERJA KOLEKTOR SURYA  
PELAT DATAR PADA KONDISI  
DINAMIS**

**Nama Mahasiswa**

**:Risky Dwi Printo**

**Nomor Pokok Mahasiswa**

**:1115020165**

**Program Studi**

**:Teknik Mesin**

**Fakultas**

**:Teknik**

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**



**Dr. Amrizal, S.T.,M.T.**

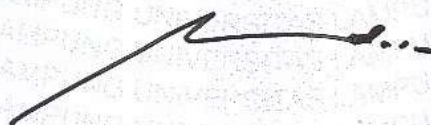
**NIP. 197002021998031004**



**Dr. Amrul, S.T.,M.T**

**NIP. 197103311999031003**

**Ketua Jurusan Teknik Mesin**



**Ahmad Su'udi, S.T.,M.T**

**197408162000121001**



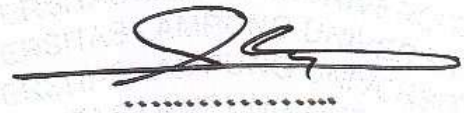
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

**Ketua** : Dr. Amrizal, S.T.,M.T.



**Anggota** : Dr. Amrul, S.T.,M.T.



**Penguji**

**Bukan Pembimbing** : A. Yudi Eka Risano, S.T.,M.Eng



### 2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



**Prof. Suharno M.S., M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 19620717 198703 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 Oktober 2016**

## PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 36 PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS LAMPUNG No. 996 TAHUN 2016.

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



**RISKY DWI PRINTO**  
**1115021065**



## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Natar tanggal 22 September tahun 1993, sebagai anak kedua dari pasangan Sugiono dan Isnaini. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Natar Kecamatan Natar Lampung Selatan pada tahun 2005, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 3 Natar kecamatan Natar Lampung Selatan pada tahun 2008, Pendidikan Sekolah Menengah Akhir di SMA Negeri 1 Natar kecamatan Lampung Selatan dan pada tahun 2011, dan pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung Melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) jalur Undangan.

Selama Menjadi Mahasiswa, penulis juga aktif dalam organisasi internal kampus, yaitu sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) Sebagai Anggota Kaderisasi pada tahun 2013-2014, menjadi pengurus Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (FOSSI-FT) sebagai Kepala Departemen Hubungan Masyarakat (HUMAS) tahun 2013-2014, menjadi Pengurus Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM-FT) sebagai Gubernur Mahasiswa Fakultas Teknik pada tahun 2014-2015. Kemudian pada bidang akademik penulis mengerjakan kerja praktek di PT.Keong Nusantara Abadi di Natar Lampung Selatan pada tahun 2014. Pada tahun 2015 penulis melakukan penelitian pada bidang konversi energi sebagai tugas akhir dengan judul “Unjuk Kerja Kolektor Surya Pelat



Datar Pada Kondisi Dinamis” dibawah bimbingan Bapak Dr. Amrizal, S.T.,M.T dan Dr. Amrul, S.T.,M.T.

## **MOTO**

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan  
(QS. Asy-Syarah 6)

*Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). (QS. Asy-Syarah 7)*

Jika Engkau Mampu Terbang, terbanglah setinggi mungkin. jika tidak, maka berlarilah. Jika tak mampu maka berjalanlah. Jika tak mampu maka merangkaklah, karena jiwa, semangat, ideologi dan cita cita tak dapat dibunuh. Be Brave ! (Andriansyah, TM 07)

**"Hidup Hanya Satu kali, mati hanya satu kali. Maka mencintaipun cukuplah satu kali"**

*"Hidup adalah suatu tantangan yang harus dihadapi dan perjuangan yang harus dimenangkan" (RD.Printo)*

**"Air akan keruh bila diam dan tertahan. Sebaliknya ia akan jernih ketika mengalir"**

**"Lebih baik mati tertembus peluru di jalan daripada hidup dibawah rezim tiran"**

**KARYA INI KUPERSEMBAHKAN UNTUK:**

*Almarhumah Mamaku Tercinta dan Papa Serta Kakak  
Perempuanku Satu-satunya*

***Teman Teman Perjuangan***

*Almamater Tercinta*

*Teknik Mesin Universitas Lampung*

## SANWACANA

*Assalamuala'laikum Wr. Wb.*

Segala puji dan syukur hanya milik Allah SWT karena berkat rahmat dan pertolongan-Nya sematalah tugas akhir ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam tidak lupa curhkan kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW yang telah membimbing dan mengantarkan kita menuju zaman yang lebih baik seperti sekarang ini.

Selama proses penyusunan skripsi ini, terdapat banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu. Maka dalam kesempatan kali ini penghargaan dan terimakasih yang setinggi-tingginya penulis persembahkan kepada :

1. Allah SWT.
  2. Prof. Dr. Ir. H. Hasriadi Mat Akin, M.P., Selaku Rektor Universitas Lampung.
  3. Prof. Dr. Suharno, M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
  4. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T.selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
-



5. Bapak Indra Mamad Gandidi, S.T.,M.T., selaku koordinator tugas akhir jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Amrizal, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing pertama tugas akhir ini, yang banyak memberikan nasihat dan motivasi bagi penulis.
7. Bapak Dr. Amrul, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing kedua tugas akhir ini, yang telah banyak mencurahkan waktu dan fikiran bagi penulis.
8. Bapak A.Yudi Eka Risano, S.T.,M.Eng, selaku pembahas tugas akhir ini, yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
9. Orang tuaku, bapak, ibu, serta kakaku dan keluarga yang terus menerus mendo'akan dan mensupport baik secara moril dan materi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Partner seperjuangan selama tugas akhir Riski irawan yang sudah menunggu untuk wisuda bersama.
11. Keluarga besar Teknik Mesin Unila, khususnya angkatan 2011, Syarif "kete", Yudi, Tri, Anam, Husen, Fahmi, Embe, Ikhwan, Harry, Purga, Pendi, Fadli, Padang, Loho, Beni, Adi Yusuf dan lain lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
12. Rekan rekan di Fossi-FT, Alex, Dheni, Firdaus, Havif, Restu, Aji, dan Cholik.
13. Rekan-rekan Seperjuangan BEM-FT. Dirya, Faisal, Pras, Adit, Eko, Nanda, Zahidah, Yolanda, Zaina, Tyo, Reynaldi, Poppy, Sari dan lain lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

14. Sahabat Sahabat (“E4”+ 1) Lanjar “Bos” Ivan “Kurus” dan Adit “Cengoh”  
+ Sella Saptarani yang selalu menghibur disaat penat dan membosankan dengan motivasi nya.
15. Mas Marta selaku Admin S1 Teknik Mesin yang selalu membantu dengan totalitas dalam urusan administrasi.
16. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini belum sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan, akan tetapi semoga yang sederhana ini bermanfaat bagi penulis khususnya, dan bagi pembacanya.

*Wassalamual' aikum Wr. Wb.*

Bandar Lampung, Oktober 2016

Penulis

Risky Dwi Printo

## DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Sistematika Penulisan .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Matahari .....	6
2.2 Bagian-bagian Matahari .....	9
2.3 Manfaat dan Peran Matahari .....	12
2.4 Kolektor Surya .....	13
2.5 Klasifikasi Kolektor Surya .....	14
2.6 Manfaat Kolektor Surya .....	18
2.7 Tinjauan Perpindahan Panas .....	19
2.8 Regresi Linear .....	27
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Alat dan Bahan Pengujian.....	30
3.2 Proses Pembuatan Satu Set Pengujian .....	35
3.3 Metode Pengujian.....	36
3.4 Tahap Pelaksanaan .....	37
3.5 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	39

<b>IV.</b>	<b>ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Hasil Pengujian .....	40
4.2	Hasil Perhitungan MLR .....	46
4.3	Pembahasan.....	49
<b>V.</b>	<b>PENUTUP</b>	
4.1	Simpulan .....	52
4.2	Saran.....	52

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Data tentang Matahari .....	7
<b>Tabel 2.2</b> Ciri-ciri Fisik Matahari.....	7
<b>Tabel 3.1</b> Pengujian Kolektor Surya dengan $T_{in}$ 28 <sup>0</sup> C Kolektor Terbuka ..	37
<b>Tabel 3.2</b> Pengujian Kolektor Surya dengan $T_{in}$ 31 <sup>0</sup> C Kolektor Tertutup..	38
<b>Tabel 3.3</b> Pengujian Kolektor Surya dengan $T_{in}$ 33 <sup>0</sup> C Kolektor Terbuka ..	38
<b>Tabel 3.4</b> Pengujian Kolektor Surya dengan $T_{in}$ 35 <sup>0</sup> C Kolektor Tertutup..	38
<b>Tabel 4.1</b> Pengujian Kolektor Surya dengan $T_{in}$ 28 <sup>0</sup> C Kolektor Terbuka ..	42
<b>Tabel 4.2</b> Pengujian Kolektor Surya dengan $T_{in}$ 31 <sup>0</sup> C Kolektor Tertutup..	44
<b>Tabel 4.3</b> Pengujian Kolektor Surya dengan $T_{in}$ 33 <sup>0</sup> C Kolektor Terbuka ..	45
<b>Tabel 4.4</b> Pengujian Kolektor Surya dengan $T_{in}$ 35 <sup>0</sup> C Kolektor Tertutup..	46
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Pengujian Menggunakan MLR .....	47
<b>Tabel 4.6</b> Keterangan Hasil Nilai Menggunakan MLR .....	48

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Matahari .....	6
Gambar 2.2 Hubungan Antara Matahari dan Bumi .....	8
Gambar 2.3 Bagian-bagian Matahari .....	9
Gambar 2.4 Kolektor Surya Pelat Datar .....	15
Gambar 2.5 Konsentrator .....	17
Gambar 2.6 <i>Evacuated Receiver</i> .....	18
Gambar 2.7 Perpindahan Panas Pada Kolektor Pelat Datar.....	20
Gambar 2.8 Perpindahan Konduksi .....	22
Gambar 3.1 Solar Power Meter.....	30
Gambar 3.2 Sensor Radiasi .....	31
Gambar 3.3 Termometer Digital .....	31
Gambar 3.4 Termometer Digital .....	32
Gambar 3.5 Kolektor Surya Pelat Datar .....	32
Gambar 3.6 Pemanas Air .....	33
Gambar 3.7 Bak Penampung Air .....	33
Gambar 3.8 Pompa Aquarium .....	34
Gambar 3.9 Regulator .....	34
Gambar 3.10 Termocontrol.....	35
Gambar 4.1 Data Pengujian Kolektor Surya Pada Kondisi Dinamis.....	41
Gambar 4.2 Tabel Data Pengujian .....	47

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam perkembangan perekonomian. Kesempatan untuk melakukan kegiatan yang produktif cukup banyak dengan memanfaatkan sumber daya yang ada, sehingga kita dapat meningkatkan perekonomian dan menekan angka kemiskinan. Peran pemerintah sangat dibutuhkan untuk membuat kebijakan yang mampu mendorong pengembangan penyediaan energi.

Sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional, yang tujuannya adalah agar terwujudnya energi yang optimal pada tahun 2025. Pemanfaatan energi baru dan terbarukan salah satunya adalah tenaga surya menjadi lebih dari 5%. Oleh karena itu saat ini sedang berlangsung pengembangan pengembangan sumber energi terbarukan, dikarenakan persediaan sumber energi konvensional yang tersedia saat ini semakin menipis dan diperkirakan akan habis dalam kurun waktu beberapa tahun lagi. Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi surya atau matahari.

Energi surya merupakan energi panas yang dipancarkan oleh matahari ke muka bumi. Matahari merupakan sumber energi yang memancarkan energi panas yang sangat besar ke permukaan bumi. Panas yang diterima permukaan bumi mencapai  $1367 \text{ W/m}^2$ . (Incropera,1996)

Dalam pemanfaatan energi surya, letak geografis Indonesia sangat diuntungkan karena terletak di daerah khatulistiwa dimana panas yang diterima di negara ini lebih besar. Apabila jumlah energi surya yang sangat besar ini mampu dimanfaatkan dengan semaksimal mungkin, Indonesia mampu melepaskan diri dari ketergantungan terhadap sumber energi konvensional. Energi surya juga sangat cocok diterapkan di daerah-daerah terpencil di Indonesia, salah satu pemanfaatan energi matahari adalah untuk memanaskan air.

Energi radiasi matahari dapat dimanfaatkan dengan menggunakan satu perangkat yang mampu menangkap panas matahari. Panas matahari tersebut digunakan untuk memanaskan air yang kemudian penangkap panas tersebut mengubahnya menjadi energi kalor yang berguna, perangkat ini disebut kolektor surya. Salah satu tipe kolektor yang sering digunakan adalah kolektor surya pelat datar, untuk dapat memaksimalkan hasil pemanasan yang baik maka pelat absorber yang digunakan harus berbahan konduktor atau penghantar panas yang baik, seperti tembaga, aluminium, besi dll. Selanjutnya kolektor surya pelat datar pemanas air ini



dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, perhotelan, rumah sakit, perkantoran ataupun kebutuhan perindustrian.

Prinsip kerja dari sistem pemanas air dengan menggunakan pelat datar dapat memperlihatkan bahwa air yang masuk ke dalam pipa kolektor akan mengalami peningkatan temperatur. Peningkatan ini terjadi karena ada perpindahan panas secara konveksi, konduksi maupun radiasi, hal tersebutlah yang mengakibatkan temperatur air meningkat.

Unjuk kerja kolektor surya pelat datar dapat diperoleh melalui proses karakterisasi dengan menggunakan standar pengujian diantaranya ISO 9806-1, ASHRAE 93-86, EN 12975. Pada pengujian kolektor surya pelat datar pada kondisi *steady*, berdasarkan standar tersebut pengujian dilakukan pada siang hari pada saat intensitas matahari tinggi. Untuk dapat mengetahui efisiensi *thermal* pada kolektor, pengambilan data harus dilakukan dengan memvariasikan 4 nilai temperatur fluida masuk yang berbeda. Selama proses pengujian ini diharuskan cuaca cerah tidak berawan dan panas matahari tinggi. Dikarenakan pengujian kolektor surya kondisi *steady* yang ini cukup sulit dan memiliki prosedur yang ketat, penulis memutuskan untuk melakukan pengujian kolektor surya pelat datar pada kondisi dinamis. Dimana pengujian ini tidak mengharuskan panas matahari yang konstan, pengujian dapat dilakukan saat cuaca cerah dan berawan. Salah satu tujuan dari menguji kolektor surya ini adalah untuk

mengetahui nilai efisiensi kolektor yang dibuat dan kemudian diberikan informasi tersebut kepada pengguna.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian yang dilakukan kali ini adalah mengetahui kinerja kolektor surya pada saat intensitas radiasi matahari yang berfluktuasi.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang diberikan agar pembahasan dari hasil yang diperoleh lebih terarah adalah sebagai berikut:

1. Pengujian pada kondisi dinamis
2. Seperangkat kolektor surya merupakan buatan sendiri

## **1.4 Sistematika Penulisan**

Sistem penulisan dari penelitian ini adalah:

**BAB 1 : PENDAHULUAN**

Terdiri dari latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian ini

**BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA**

Terdiri dari teori-teori yang berhubungan dan mendukung pembahasan terhadap masalah yang diambil

**BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN**

Terdiri dari metode yang digunakan dalam pengambilan data pada pelaksanaan penelitian

**BAB 4 : HASIL dan PEMBAHASAN**

Terdiri dari data penelitian yang diperoleh dan pembahaasan

**BAB 5 : SIMUPULAN dan SARAN**

Terdiri dari simpulan yang didapat dari hasil penelitian dan pembahasan, serta saran yang dapat diberikan

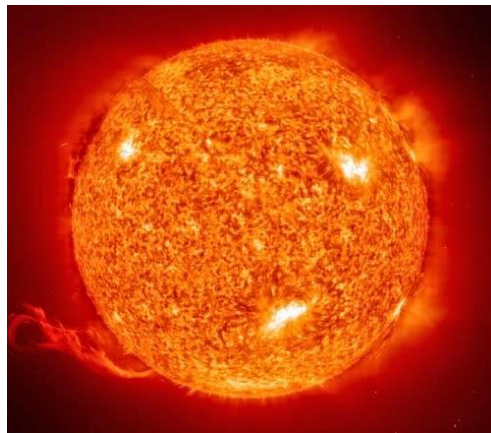
**DAFTAR PUSTAKA** : memuat literatur yang menunjang penyusunan laporan.

**LAMPIRAN** : memuat segala sesuatu yang berhubungan dengan materi yang dibahas sebagai pelengkap laporan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Matahari

Matahari adalah bintang besar di tata surya yang terbentuk dari gas hidrogen dan helium. Diameter matahari berkisar 1.392.684 km, dengan massa sebesar  $2 \times 10^{30}$  kilogram. Tiga perempat dari massa matahari terdiri dari hidrogen, sedangkan sebagian besar sisanya merupakan helium dan 1,69% terdiri dari oksigen, neon karbon, dan besi.



Gambar 2.1 Matahari

Jarak bumi dari matahari sejauh 149 juta kilometer, hal ini menyebabkan panas dan cahaya matahari sangat mendukung dan bermanfaat untuk kehidupan. Salah satunya adalah dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk berfotosintesis dan manusia mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik dan menggunakan panasnya untuk menjemur pakaian, dll. Dalam



klasifikasi nya bintang kelas spectral, matahari merupakan bintang kelas G2V, G2 menunjukkan permukaan matahari diperkirakan sekitar  $9.941^{\circ}$  fahrenheit atau sekitar  $5.505^{\circ}$  celcius, dan V menunjukkan angka romawi yang mengidentifikasikan matahari seperti bintang lainnya, matahari menghasilkan energi dari hasil fusi nuklir inti hidrogen dengan inti helium dan pada inti matahari, matahari memfusikan hidrogen dari 430 hingga 600 juta ton per detik nya. (Vries, 2011)

Tabel 2.1 Data tentang matahari

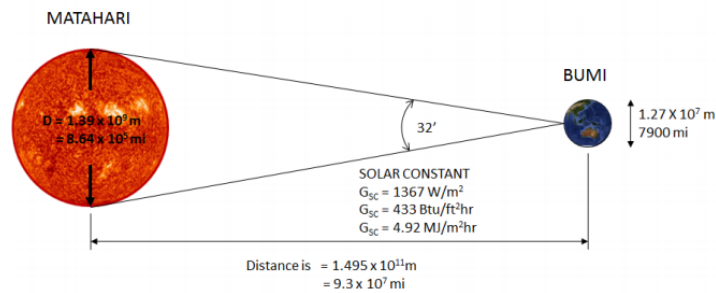
Matahari	
Data pengamatan	
Jarak rata-rata dari Bumi	$1,496 \times 10^8$ km
Kecerahan visual (V)	-26,74
Magnitudo absolut	4,83
Klasifikasi spektrum	G2V
Metalisitas	$Z = 0,0122$
Diameter sudut	31,6 – 32,7

Tabel 2.2 Ciri ciri fisik matahari

Ciri-ciri fisik	
Diameter rata-rata	$1,392684 \times 10^6$ km
Radius khatulistiwa	$6,96342 \times 10^5$ km
Keliling khatulistiwa	$4,379 \times 10^6$ km
Kecepatan	$9 \times 10^{-6}$
Luas permukaan	$6,0877 \times 10^{12}$ km <sup>2</sup>
Volume	$1,412 \times 10^{18}$ km <sup>3</sup>
Massa	$1,9891 \times 10^{30}$ kg

(Duffie,1991).

Pada gambar juga ditampilkan nilai konstanta matahari GSC, yang merupakan daya radiasi rata-rata yang diterima bumi (diluar atmosfer) dari matahari pada arah tegak lurus permukaan.



Gambar 2.2 Hubungan antara matahari dengan bumi

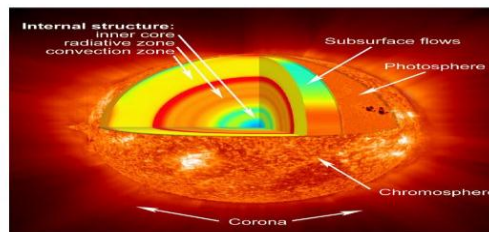
Karena lintasan bumi berbentuk ellips, maka jarak dari matahari ke bumi tidak konstan. Jarak terdekat  $1,47 \times 10^{11}$  m terjadi pada 3 januari dan jarak terjauh  $1,52 \times 10^{11}$  m pada 4 juli. Potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar  $4,8 \text{ KWh/m}^2$  atau setara dengan 112.000 GW, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MW. Matahari merupakan sumber energi yang benar-benar bebas untuk digunakan oleh setiap orang, tidak ada manusia yang memiliki matahari, maka setelah menutupi biaya investasi awal, pemakaian energi selanjutnya gratis.

Kolektor surya beroperasi tanpa mengeluarkan suara tidak seperti halnya turbin angin besar, sehingga tidak menyebabkan polusi suara. Kolektor surya biasanya memiliki umur yang sangat lama dan biaya pemeliharaannya sangat rendah karena tidak ada bagian yang bergerak. Kolektor surya juga cukup mudah diinstal. Energi surya adalah salah satu pilihan energi terbaik untuk daerah-daerah terpencil, apabila jaringan distribusi listrik tidak

praktis atau tidak memungkinkan untuk diinstalasi. Mengingat rasio elektrifikasi di Indonesia baru mencapai 55-60% dan hampir seluruh daerah yang belum dialiri listrik adalah daerah pedesaan yang jauh dari pusat pembangkit listrik. Sumber energi berjumlah besar dan kontinu terbesar yang tersedia bagi umat manusia adalah energi yang dipancarkan oleh matahari. Energi matahari sangat efektif karena tidak bersifat polutif dan tidak dapat habis. (Vries,2011)

## 2.2 Bagian-Bagian Matahari

Matahari memiliki bagian-bagian penting yang membentuknya, berikut adalah bagian dari matahari.



Gambar 2.3 Bagian-bagian matahari.

### a. Inti Matahari

Inti adalah area terdalam dari matahari yang memiliki suhu sekitar 15 juta °C. Berdasarkan perbandingan diameter, bagian inti berukuran seperempat jarak dari pusat ke permukaan dan 1/64 total volume matahari. Kepadatan nya adalah sekitar  $150 \text{ g/cm}^3$ . Suhu dan tekanan yang sedemikian tinggi nya memungkinkan adanya pemecahan atom-atom menjadi elektron, proton, dan neutron. (Reynold dan Perkins, 1983)

b. Zona Radiatif

Zona radiatif adalah daerah yang menyelubungi inti Matahari. Energi dari inti dalam bentuk radiasi berkumpul di daerah ini sebelum diteruskan ke bagian matahari yang lebih luar. Kepadatan zona radiatif adalah sekitar  $20 \text{ g/cm}^3$  dengan suhu dari bagian dalam ke luar antara 7 juta hingga 2 juta derajat Celcius. Suhu dan densitas zona radiatif masih cukup tinggi, namun tidak memungkinkan terjadinya reaksi fusi nuklir.

c. Zona konvektif

Zona konvektif adalah lapisan dimana suhu mulai menurun. Suhu zona konvektif adalah berkisar 2 juta °C. Energi dari inti matahari membutuhkan waktu 170.000 tahun untuk mencapai zona konvektif. Saat berada di zona konvektif, pergerakan atom akan terjadi secara konveksi di area sepanjang beberapa ratus kilometer yang tersusun atas sel sel gas raksasa yang terus bersirkulasi.

d. Fotosfer

Fotosfer atau permukaan matahari meliputi wilayah setebal 500 kilometer dengan suhu sekitar 5.500 derajat Celcius (10.000 derajat Fahrenheit). Sebagian besar radiasi matahari yang dilepaskan keluar berasal dari fotosfer. Energi tersebut diobservasi sebagai sinar matahari di Bumi, 8 menit setelah meninggalkan matahari.

e. Kromosfer

Kromosfer merupakan lapisan gas diatas fotosfer yang tebal nya sekitar 160.000 km. oleh karena itu, kromosfer sering disebut lapisan

atmosfer matahari. Suhu kromosfer diperkirakan sekitar  $4000^{\circ}\text{C}$ . Makin keatas suhu kromosfer semakin tinggi. Pada lapisan yang paling atas, suhu kromosfer diperkirakan mencapai  $10.000^{\circ}\text{C}$ . Warna dari kromosfer biasanya tidak terlihat karena tertutup cahaya yang begitu terang yang dihasilkan oleh fotosfer. Kromosfer dapat terlihat pada saat terjadi gerhana matahari total. Pada saat itu kromosfer tampak seperti gelang atau cincin berwarna merah.

f. Korona

Korona merupakan lapisan terluar dari matahari. Lapisan ini berwarna putih, namun hanya dapat dilihat saat terjadi gerhana karena cahaya yang dipancarkan tidak sekuat bagian matahari yang lebih dalam. Saat gerhana total terjadi, korona terlihat membentuk mahkota cahaya berwarna putih di sekeliling matahari. Lapisan korona memiliki suhu yang lebih tinggi dari bagian dalam matahari dengan rata-rata 2 juta derajat fahrenheit, namun di beberapa bagian dapat mencapai suhu 5 juta derajat fahrenheit.

g. Bintik matahari

Bintik matahari adalah granula-granula cembung kecil yang ditemukan di bagian fotosfer matahari dengan jumlah yang tak terhitung. Bintik matahari tercipta saat garis medan magnet matahari menembus bagian fotosfer. Ukuran bintik matahari dapat lebih besar daripada bumi. Bintik matahari memiliki daerah yang gelap bernama umbra, yang dikelilingi oleh daerah yang lebih terang disebut penumbra. Warna bintik matahari terlihat lebih gelap karena suhunya yang jauh lebih

rendah dari fotosfer. Suhu didaerah umbra adalah sekitar  $2.200^{\circ}\text{C}$  sedangkan didaerah penumbra adalah  $3.500^{\circ}\text{C}$ .

h. Lidah api (prominensa)

Lidah api adalah salah satu ciri khas matahari, berupa bagian matahari menyerupai lidah api yang sangat besar dan terang yang mencuat keluar dari bagian permukaan serta seringkali berbentuk *loop* (putaran).

Prominensa berisi materi dengan massa mencapai 100 miliar kg. Prominensa terjadi di lapisan fotosfer matahari dan bergerak keluar menuju korona matahari. Plasma prominensa bergerak di sepanjang medan magnet matahari. Pergerakan semburan korona tersebut terjadi pada kecepatan yang sangat tinggi, yaitu antara 20 ribu m/s hingga 3,2 juta km/s. Pergerakan tersebut juga menyebabkan peningkatan suhu hingga puluhan juta derajat dalam waktu singkat.

### 2.3 Manfaat Dan Peran Matahari

Matahari adalah sumber energi bagi kehidupan. Matahari memiliki banyak manfaat dan peran yang sangat penting bagi kehidupan seperti :

- a. Panas matahari memberikan suhu yang pas untuk kelangsungan hidup organisme di bumi.
- b. Cahaya matahari dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan berklorofil untuk melangsungkan fotosintesis.
- c. Makhluk hidup yang sudah mati akan menjadi fosil yang menghasilkan minyak bumi dan batu bara sebagai sumber energi. Hal ini merupakan peran dari energi matahari secara tidak langsung.

- d. Pembangkit listrik tenaga matahari adalah modal baru pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan. Pembangkit listrik ini terdiri dari kaca-kaca besar atau panel yang akan menangkap cahaya matahari dan mengkonsentrasikannya ke satu titik.
- e. Pergerakan rotasi bumi menyebabkan ada bagian yang menerima sinar matahari dan ada yang tidak. Hal inilah yang menciptakan adanya hari siang dan malam di bumi. Sedangkan pergerakan bumi mengelilingi matahari menyebabkan terjadinya musim.
- f. Matahari menjadi penyatu planet-planet dan benda angkasa lain di sistem tata surya yang bergerak atau berotasi mengelilinginya. Keseluruhan sistem dapat berputar di luar angkasa karena ditahan oleh gaya gravitasi matahari yang sangat besar.

## **2.4 Kolektor Surya**

Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. 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 guna berbagai aplikasi. Kolektor surya yang pada umumnya memiliki komponen-komponen utama, yaitu :

- a. Cover, berfungsi untuk mengurangi rugi panas secara konveksi



menuju lingkungan.

- b. Absorber, berfungsi untuk menyerap panas dari radiasi cahaya matahari.
- c. Kanal, berfungsi sebagai saluran transmisi fluida kerja.
- d. Isolator, berfungsi meminimalisasi kehilangan panas secara konduksi dari absorber menuju lingkungan
- e. Frame, berfungsi sebagai struktur pembentuk dan penahan beban kolektor

## 2.5 Klasifikasi Kolektor Surya

Terdapat tiga jenis kolektor surya yang diklasifikasikan ke dalam *Solar Thermal Collector System* dan juga memiliki korelasi dengan pengklasifikasian kolektor surya berdasarkan dimensi dan geometri dari *receiver* yang dimilikinya.

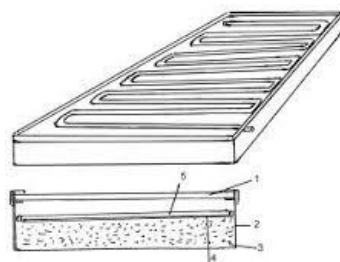
### 2.5.1 Kolektor Pelat Datar

Kolektor surya merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memanaskan fluida kerja yang mengalir ke dalamnya dengan mengkonversikan energi radiasi matahari menjadi panas. Fluida yang dipanaskan berupa cairan minyak, oli, dan udara. Kolektor surya pelat datar mempunyai temperatur keluaran dibawah  $95^{\circ}\text{C}$  dalam aplikasinya kolektor pelat datar digunakan untuk memanaskan udara dan air. (Shukatme,1996)

Keuntungan utama dari sebuah kolektor surya pelat datar adalah bahwa

memanfaatkan kedua komponen radiasi matahari yaitu melalui sorotan langsung dan sebaran, tidak memerlukan tracking matahari dan juga karena desainnya yang sederhana, hanya sedikit memerlukan perawatan dan biaya pembuatan yang murah. Pada umumnya kolektor jenis ini digunakan untuk memanaskan ruangan dalam rumah, pengkondisian udara, dan proses-proses pemanasan dalam industri.

Tipe ini dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan energi panas pada temperatur di bawah  $100^{\circ}\text{C}$ . Spesifikasi tipe ini dapat dilihat dari absorber -nya yang berupa pelat datar yang terbuat dari material dengan konduktivitas termal tinggi, dan dilapisi dengan cat berwarna hitam. Kolektor pelat datar memanfaatkan radiasi matahari langsung dan terpancar (*beam* dan *diffuse*), tidak membutuhkan pelacak matahari, dan hanya membutuhkan sedikit perawatan. Aplikasi umum kolektor tipe ini antara lain digunakan untuk pemanas air, pemanas gedung, pengkondisian udara, dan proses panas industri. Komponen penunjang yang terdapat pada kolektor pelat datar antara lain; transparent cover, absorber, insulasi, dan kerangka.



Gambar 2.4 Kolektor surya pelat datar

Prinsip dasar untuk menghitung efisiensi kolektor ini adalah dengan

membandingkan besar kenaikan temperatur fluida yang mengalir di dalam kolektor dengan intensitas cahaya matahari yang diterima kolektor. (Duffie,1991)

Dalam bentuk kondisi *steady* panas berguna dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_u = A_s[F'(\tau\alpha)S - F'U_L(T_m - T_a)] \quad (2.1)$$

Dimana:

$A_s$  = Luas permukaan kolektor ( $m^2$ )

$F'$  = Penyerapan kolektor (-)

$U_L$  = Koefisien kehilangan panas kolektor ( $watt/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$T_m$  = Temperatur rata rata Fluida ( $^\circ C$ )

$T_a$  = Temperatur Lingkungan ( $^\circ C$ )

$S$  = Intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ )

Untuk pengujian dinamis dapat dituliskan persamaan sebagai berikut:

$$m_e c_e \frac{dT}{dt} = A_s[F'(\tau\alpha)S - F'U_L(T_m - T_a)] - \dot{m} c_f (T_{out} - T_{in}) \quad (2.2)$$

dimana

$m_e c_e$  = Kapasitas efektif *thermal* ( $J/^\circ C$ )

$A_s$  = Luas area penyerapan ( $m^2$ )

$F'(\tau\alpha)$  = Effisiensi kerugian radiasi pada kondisi normal (-)

$F'$  = Penyerapan kolektor (-)

$U_L$  = Koefisien kehilangan panas kolektor ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

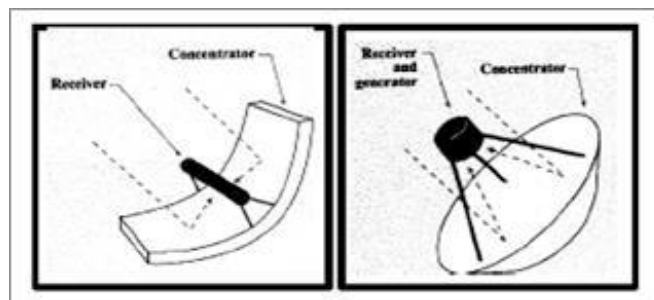
$T_{out}$  = Temperatur air keluar ( $^\circ C$ )

$T_{in}$  = Temperatur air masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )

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

### 2.5.2 Concentrating Collectors

Jenis ini dirancang untuk aplikasi yang memerlukan energi panas pada temperatur antara  $100^{\circ} - 400^{\circ}\text{C}$ . Kolektor surya jenis ini mampu memfokuskan energi radiasi cahaya matahari pada suatu *receiver*, sehingga dapat meningkatkan kuantitas energi panas yang diserap oleh absorber. Spesifikasi jenis ini dapat dikenali dari adanya komponen konsentrator yang terbuat dari material dengan transmisivitas tinggi. Berdasarkan komponen absorber-nya jenis ini dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu *Line Focus* dan *Point Focus*. (Giancolli,1998)



Gambar 2.5 Konsentrator

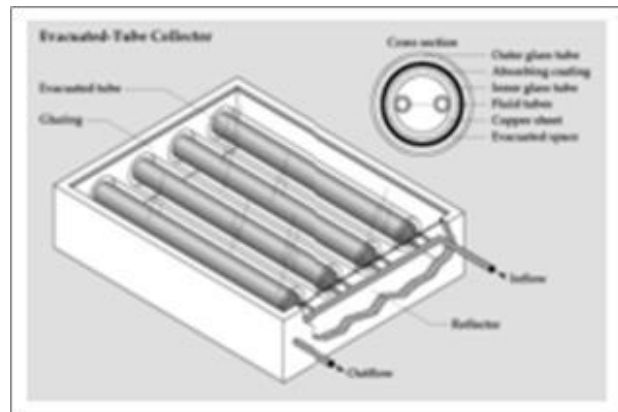
Agar cahaya matahari selalu dapat difokuskan terhadap absorber, konsentrator harus dirotasi. Pergerakan ini disebut dengan *tracking*.

Temperatur fluida melebihi  $400^{\circ}\text{C}$  dapat dicapai pada sistem kolektor ini seperti terlihat pada gambar diatas.

### 2.5.3 Evacuated Tube Collectors

Jenis ini dirancang untuk menghasilkan energi panas yang lebih tinggi di bandingkan dengan dua jenis kolektor surya sebelumnya. Keistimewaannya terletak pada efisiensi transfer panasnya yang

tinggi dan 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 secara konveksi dari permukaan luar absorber menuju lingkungan.



Gambar 2.6 *Evacuated Receiver*

## 2.6 Manfaat Kolektor Surya

Kolektor surya dewasa ini mulai diterapkan diberbagai bidang seperti bidang pertanian, industri, dan teknologi. Dibidang pertanian manfaat kolektor surya sama sama kita ketahui yaitu sebagai media pengeringan untuk hasil pertanian, penggunaannya sangat efektif dan efesien walaupun memerlukan waktu yang lama, tetapi sangat hemat baik dari segi tenaga maupun biaya, untuk kedepan tidak mustahil permasalahan waktu akan ditemukan solusinya.

Dibidang industri kolektor surya pun sudah mulai dikembangkan seperti

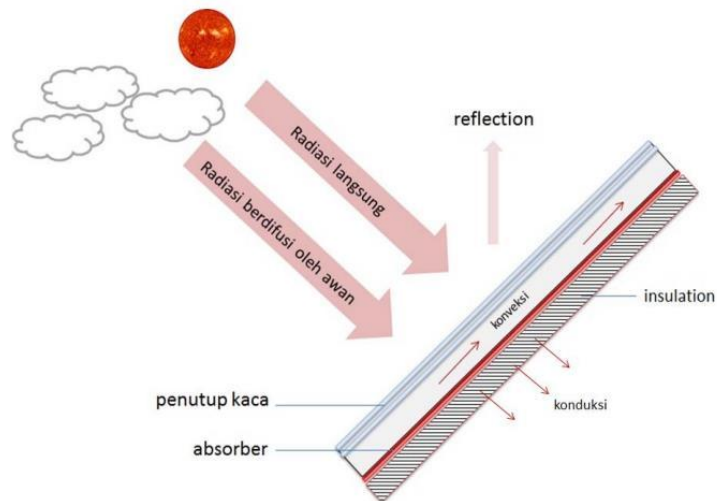
negara Jerman yang memanfaatkan tenaga matahari sebagai bahan bakar untuk kendaraan atau yang biasa disebut mobil. Tenaga surya prinsipnya ialah mengubah tenaga matahari menjadi energi listrik, hal ini sungguh merupakan penemuan yang mutakhir dibidang industri. Kita mengetahui bahwa bahan bakar minyak dewasa ini semakin menipis, maka dengan pemanfaatan tenaga surya sebagai bahan bakar mungkin untuk masa yang akan datang dapat menyelesaikan permasalahan ini.

Listrik merupakan kebutuhan masyarakat, penggunaan tenaga matahari sebagai bahan yang mengubah sinar menjadi energi listrik patut dikembangkan, seperti yang pernah diterapkan oleh pemerintah pada tahun 2002 di daerah Bireun, Aceh Utara, pemerintah mencoba memberikan listrik tenaga surya bagi masyarakat setempat, tetapi karena peralatan yang tidak mencukupi dan tidak memadai maka proyek ini hanya berjalan ditempat, Output dari tenaga matahari tersebut hanya menghasilkan tenaga sebesar 10 – 20 volt dalam semalam. Padahal jika dikembangkan dan diadakan penelitian lebih lanjut kemungkinan besar akan berhasil, tetapi mungkin mengingat dana yang juga sangat besar mungkin pemerintah menunda dulu proyek tersebut. Tetapi pada intinya tenaga surya bisa bermanfaat dan dapat menghasilkan listrik.

## **2.7 Tinjauan Perpindahan Panas**

Dalam perencanaan suatu alat dengan pemanfaatan tenaga surya perlu diketahui semua jenis perpindahan panas terjadi. Seperti ketika kolektor

menerima panas dari matahari maka hal itu terjadi dengan cara radiasi, kemudian panas dari pelat dan sisi kolektor berpindah secara konveksi dan konduksi ke udara. Untuk lebih jelasnya dapat kita perhatikan semua jenis perpindahan panas yang terjadi.



Gambar 2.7 Perpindahan panas pada kolektor pelat datar

Perpindahan panas merupakan perpindahan energi dari suatu daerah ke daerah lain yang terjadi karena perbedaan suhu. Panas ini akan mengalir dari tempat yang mempunyai temperatur tinggi ke tempat yang mempunyai temperatur rendah hingga tercapai temperatur yang sama. (Holman,1983)

Perpindahan panas secara garis besar dapat dibagi menjadi 3 bagian :

a. Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas yang mengalir melalui suatu bahan padat dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium (padat, cair



atau gas). Peristiwa ini menyangkut pertukaran energi pada tingkat molekuler. Pengamatan gejala fisika dan serentetan pemikiran telah menghasilkan laju aliran kalor untuk konduksi. Kepadatan aliran (*flux*) energi perpindahan kalor secara konduksi disebuah batangan padat, sebanding dengan beda suhu dan luas penampang serta berbanding terbalik dengan panjangnya.

Pengamatan dibuktikan dengan serentetan percobaan sederhana. Fourter telah memberikan sebuah model matematika untuk proses ini. Dalam hal satu dimensi, model matematikanya yaitu

$$Q = -kA \frac{\Delta T}{L} \quad (2.3)$$

dengan :

Q = Laju aliran energi (W)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  = Beda temperatur (K)

L = Ketebalan (m)

k = Daya hantar (konduktivitas) termal (W/mK)

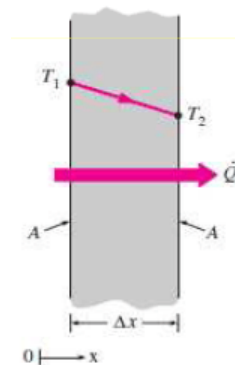
Daya hantar termal merupakan suatu karakteristik dari bahan dan perbandingan yang disebut hantaran (konduktivitas) yang ditentukan oleh struktur molekul bahan. Semakin rapat dan tersusun rapinya molekul-molekul yang umumnya terdapat pada logam akan memindahkan energi yang semakin cepat dibandingkan

dengan susunan yang acak dan jarang yang pada umumnya terdapat pada bahan bukan logam. Persamaan untuk laju perpindahan kalor konduksi secara umum dinyatakan dengan bentuk persamaan diferensial di bawah ini :

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.4)$$

Bahan yang mempunyai konduktifitas termal yang tinggi dinamakan konduktor, sedangkan bahan yang konduktifitas termal rendah disebut isolator. Nilai angka konduktifitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu.

(Bejan dan Kraus, 1948)



Gambar 2.8 perpindahan panas konduksi

Peristiwa perpindahan konduksi pada mesin pengering tenaga surya terjadi pada sisi-sisi kolektor yang diisolasi oleh *rockwool*, *steroform*, dan kayu. Energi panas hilang ( $Q_{loss}$ ) dan berpindah dari ruang dalam kolektor menuju temperatur yang lebih dingin (temperatur lingkungan).

b. Konveksi

Perpindahan panas yang disertai dengan perpindahan partikel-partikel zat tersebut.

Persamaan laju perpindahan panas secara konveksi telah diajukan oleh Newton pada tahun 1701 yang berasal dari pengamatan fisika.

$$Q_c = h_c A(T_s - T_f) \quad (2.5)$$

dengan :

$h_c$  = Koefisien konveksi ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$ )

$T_s$  = Suhu permukaan (K)

$T_f$  = Suhu fluida (K)

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

Beberapa parameter yang telah diuji dan mengenal bentuk korelasi yang banyak digunakan untuk menentukan koefisien konveksi ( $h_c$ ) yaitu :

1. Bilangan *Reynold* (Re)

Bilangan *Reynold* digunakan sebagai kriteria untuk menunjukkan aliran fluida itu laminar dan turbulen. Untuk bilangan  $Re < 2300$  dikatakan aliran laminar;  $Re > 2300$  dikatakan aliran turbulen.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (2.6)$$

dengan :

$\rho$  = Rapat massa ( $\text{kg/m}^3$ )

$v$  = Kecepatan aliran fluida (m/s)

$D$  = Diameter aliran fluida (m)

$\mu$  = Viskositas flida (Pa.det)

## 2. Bilangan Prandtl (Pr)

Bilangan *Prandtl* adalah bilangan tanpa dimensi yang merupakan fungsi dari sifat-sifat fluida. Bilangan *Prandtl* didefinisikan sebagai perbandingan viskositas kinematik terhadap difusitas thermal fluida yaitu :

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k} \quad (2.7)$$

dengan :

$C_p$  = Panas spesifik fluida ( $\text{J/kg.K}$ )

$\mu$  = Viskositas fluida (Pa.det)

$k$  = Konduktivitas thermal ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )

## 3. Bilangan Nusselt (Nu)

$$Nu = \frac{h_c \cdot D}{k} \quad (2.8)$$

dengan :

$h_c$  = Koefisien konveksi ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )

$D$  = Diameter efektif aliran fluida (m)

$k$  = Konduktifitas thermal fluida ( $\text{W}/\text{mK}$ )

### 3. Radiasi

Perpindahan energi secara radiasi berlangsung akibat foton-foton dipancarkan dengan arah, fase dan frekuensi yang serampangan dari suatu permukaan ke permukaan lain. Pada saat mencapai permukaan lain, foton yang diradiasikan juga diserap, dipantulkan atau diteruskan (ditransmisikan) melalui permukaan tersebut.

Energi yang diradiasikan dari suatu permukaan ditentukan dalam bentuk daya pancar (*emissive power*) yang secara termodinamika dapat dibuktikan bahwa daya pancar tersebut sebanding dengan pangkat empat dari temperatur absolutnya. Untuk radiator ideal, biasanya berupa benda hitam (*black body*).

Daya pancar :

$$E = \varepsilon \sigma \cdot T^4 \quad (2.9)$$

dimana :

$E$  = Daya pancar ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$\varepsilon$  = Emisivitas

$\sigma$  = Ketetapan Stefan Boltzman ( $5,669 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$ )

$T$  = Suhu *absolute* (K)

Perpindahan panas secara radiasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- Luas permukaan benda yang bertemperatur, yang akan menentukan besar kecil jumlah pancaran yang akan dapat dilepaskan.
- Sifat permukaan yang berhubungan dengan kemudahan memancarkan atau menyerap panas.
- Kedudukan masing-masing permukaan satu terhadap yang lain akan menentukan besar fraksi pancaran yang dapat diterima oleh permukaan lain.

Karakteristik Radiasi dari Permukaan Benda Hitam:

- Emisi Permukaan

Sifat dari permukaan radiasi (emisivitas) didefinisikan sebagai perbandingan radiasi yang dihasilkan oleh permukaan benda hitam pada temperatur yang sama. Emisivitas mempunyai nilai yang berbeda tergantung kepada panjang gelombang dan arahnya. Nilai emisivitas bervariasi dari 0-1, di mana benda hitam mempunyai nilai emisivitas 1.

- Absorbsivitas (Penyerapan)

Absorpsi adalah proses pada saat suatu permukaan menerima radiasi. Akibat langsung dari proses penyerapan ini adalah terjadinya peningkatan energi dari dalam medium yang terkena panas tersebut.

- Transmisivitas

Transmisivitas adalah fraksi dari jumlah energi radiasi yang ditransmisikan perjumlah total energi radiasi yang diterima suatu permukaan.

## 2.8 Regresi linear

Regresi linear adalah alat statistik yang dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu atau beberapa variabel terhadap satu buah variabel. Variabel yang mempengaruhi sering disebut variabel bebas, variabel independen atau variabel penjelas. Variabel yang dipengaruhi sering disebut dengan variabel terikat atau variabel dependen. Regresi linear hanya dapat digunakan pada skala interval dan ratio.

Secara umum regresi linear terdiri dari dua, yaitu regresi linear sederhana yaitu dengan satu buah variabel bebas dan satu buah variabel terikat, dan regresi linear berganda dengan beberapa variabel bebas dan satu buah variabel terikat.

### 2.8.1 Regresi Linear Sederhana

Analisis regresi linear sederhana dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu buah variabel bebas terhadap satu buah variabel terikat. Persamaan umumnya adalah:

$$Y = a + b X \quad (2.10)$$

Dengan Y adalah variabel terikat dan X adalah variabel bebas.

Koefisien adalah konstanta yang merupakan titik potong antara garis regresi dengan sumbu Y pada koordinat kartesius.

### 2.8.2 Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda adalah analisis regresi yang menjelaskan hubungan antara peubah respon (*variabel dependen*) dengan faktor-faktor yang mempengaruhi lebih dari satu prediktor (*variabel independen*). Regresi linier berganda hampir sama dengan regresi linier sederhana, hanya saja pada regresi linier berganda variabel bebasnya lebih dari satu variabel penduga. Tujuan analisis regresi linier berganda adalah untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel atau lebih dan membuat prediksi perkiraan nilai Y atas X.

Secara umum model regresi linier berganda untuk populasi adalah sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon \quad (2.11)$$

Di mana  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$  adalah koefisien atau parameter model perkiraan.

Model regresi linier berganda untuk populasi diatas dapat ditaksir berdasarkan sebuah sampel acak yang berukuran n dengan model regresi linier berganda untuk sampel, yaitu:



$$\hat{Y} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n \quad (2.12)$$

Dengan:

$\hat{Y}$  = Nilai taksiran bagi variabel Y

$a_0$  = Taksiran bagi parameter konstanta  $a_0$

$a_1, a_2, a_3$  = Taksiran bagi parameter koefisien regresi  $a_1, a_2, a_3$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Alat dan Bahan Pengujian

##### 3.1.1 Alat yang digunakan

Berikut adalah alat alat yang digunakan saat pengujian berlangsung :

a. Solar power meter

Alat ini digunakan untuk mengukur intensitas matahari dengan satuan  $W/m^2$ , dan data yang diperoleh tersimpan di *microSD*



Gambar 3.1 Solar Power Meter

b. Sensor radiasi

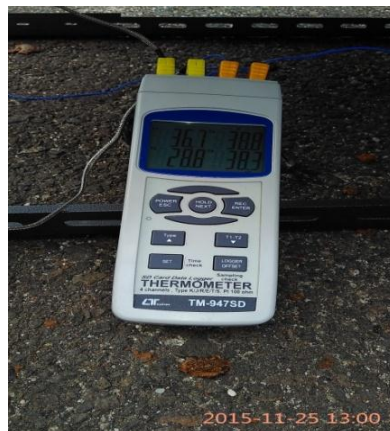
Alat ini berfungsi untuk menangkap besarnya intensitas matahari yang kemudian terekam pada solar power meter. Alat ini ditopang oleh sebuah tripod.



Gamabar 3.2 Sensor radiasi

c. Termometer digital

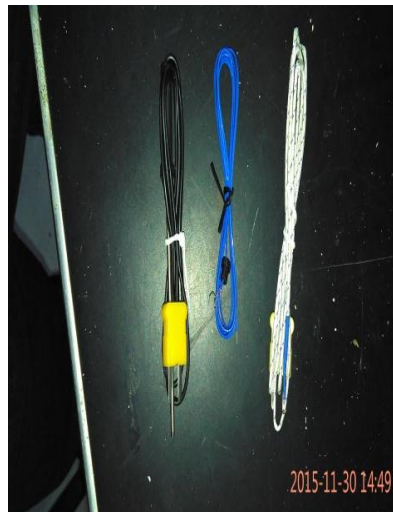
Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur air dan udara dengan satuan  $^{\circ}\text{C}$  yang kemudian terekam pada *microSD*. Pada alat ini terdapat 4 slot termokopel untuk mengukur temperatur.



Gamabar 3.3 Termometer Digital

d. Termokopel

Termokopel ialah sensor suhu yang sering digunakan untuk menangkap perubahan dan perbedaan temperatur. Pada pengujian ini digunakan 3 termokopel



Gamabar 3.4 Termokopel

e. Kolektor surya pelat datar

Alat yang digunakan untuk memanaskan fluida kerja yang mengalir didalam nya dengan meneruskan panas matahari kedalam pipa yang ada didalam kolektor tersebut.



Gamabar 3.5 Kolektor Surya Pelat Datar

f. Pemanas air

Seperangkat alat yang digunakan untuk menaikkan temperatur air dalam bak penampungan pada pengujian ini, dimana terdapat 2 buah pemanas air dengan spesifikasi daya masing – masing 1000 W, 220 V dan 500 W, 220 V.



Gambar 3.6 Pemanas Air

g. Bak penampung air

Bak ini berfungsi untuk menampung air yang akan digunakan.



Gambar 3.7 Bak Penampung Air

#### h. Pompa aquarium

Alat ini berfungsi untuk memompa air yang digunakan pada pengujian. Besarnya laju aliran massa yang dihasilkan pompa ini sebesar 0,022 kg/s



3.8 Pompa Aquarium

#### i. Regulator

Regulator berfungsi untuk menstabilkan output pada power supply. phases 1 input 220 V dan Output 0-250 V



Gambar 3.9 Regulator



j. Thermocontrol

Alat ini berfungsi untuk mengontrol temperatur air masuk.

Temperatur kontrol yang digunakan adalah *Autonics* tipe TZN4S



Gambar 3.10 Thermocontrol

### 3.2 Proses Pembuatan satu set pengujian

Pada pengujian ini diperlukan seperangkat kolektor surya, *heater*, pompa air dengan daya pompa yang rendah serta *thermocontrol*. Seperangkat kolektor surya, pompa air dan *thermocontrol* yang akan digunakan pada pengujian ini telah tersedia. Kolektor surya tersebut memiliki dimensi 100 cm x 80 cm, dan *heat exchanger* tersebut menggunakan pipa tembaga dengan diameter 9,525 mm dan panjang 16 meter. Pompa air yang digunakan adalah pompa aquarium dengan laju aliran massa 0,022 kg/s dan *thermocontrol* yang digunakan adalah *autonics* tipe TZN4S. Selanjutnya adalah membuat seperangkat pemanas air. Pemanas air digunakan untuk memvariasikan temperatur air masuk. Untuk membuat seperangkat pemanas air dibutuhkan bak penampung. Bak penampung air terbuat dari bahan plastik yang keliling

nya dilapisi *sterofoam* yang fungsinya agar mengurangi *heat loss*. Selanjutnya ialah melubangi penutup reservoir tersebut untuk memasukan *heater*. Pada pengujian ini digunakan dua buah pemanas air dengan spesifikasi masing masing 1000 W, 220 V, dan 500 W, 220 V. Saat membuat pemanas air langkah awal yang harus dilakukan adalah merangkai kabel dan steker menjadi satu agar bisa dialiri listrik kemudian kupas kabel keduanya dan dililitkan ke *heater*.

### 3.3 Metode pengujian

Dalam proses pengujian kolektor surya pelat datar kondisi dinamis ini memanfaatkan energi panas matahari. Energi panas matahari kemudian diteruskan untuk memanaskan fluida yang mengalir didalam pipa tembaga yang ada dibawah *photovoltaic*, selanjutnya diuji untuk mengetahui nilai perubahan temperatur air keluar yang terjadi akibat panas matahari yang diterima oleh kolektor surya. Adapun persiapan awal yang dilakukakan yaitu:

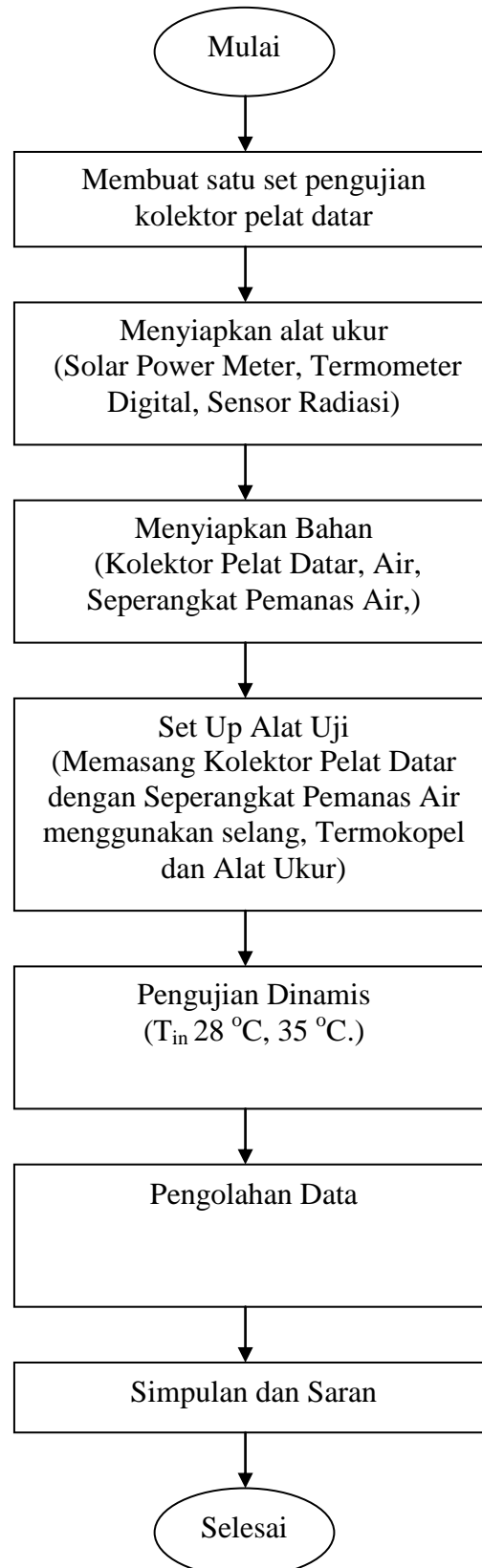
1. Meletakkan kolektor surya pada posisi menghadap utara dengan letak lintang  $\pm 5,27^\circ$  LS agar permukaan kolektor surya tegak lurus terhadap lintasan matahari, guna mendapatkan intensitas cahaya matahari lebih maksimal.
2. Menghubungkan sensor radiasi dengan solar power meter untuk mengukur intensitas matahari.
3. Menghubungkan termokopel dengan termometer digital yang kemudian termokopel tersebut diletakan pada ujung aliran masuk air dan ujung pipa untuk air keluar dan mengukur temperatur lingkungan.







### 3.5 Diagram Alir Metodologi Penelitian



## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap kolektor surya pelat datar kondisi dinamis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian kolektor surya jenis pelat datar pada kondisi dinamis lebih mudah dilakukan karena tidak menggunakan prosedur yang ketat seperti pengujian pada kondisi *steady*.
2. Kolektor surya memiliki efisiensi sebesar 35,58 % dengan koefisien rugi-rugi sebesar  $-6,997051 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  dan nilai efek dinamis sebesar  $-1029,85 \text{ J}^\circ\text{C}$

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, untuk pengembangan penelitian selanjutnya maka saran-saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Saat pembuatan kolektor sebaiknya dilakukan lebih teliti agar komponen pipa, pelat, dan absorber menempel sempurna sehingga tidak terjadi celah kosong antara pipa, pelat dan absorber, agar perpindahan panas lebih maksimal.

2. Disarankan agar pompa yang digunakan untuk mengalirkan air didalam kolektor menggunakan pompa peristaltik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bejan, Adrian dan Kraus, Alan D. 1948. Heat Transfer Handbook. John Wiley & sons. Newyork.
- Duffie, J.A. and Beckman, W.A. 1991. Solar Engineering of Thermal Processes. Second Edition. John Willey and Sons inc, New York
- Giancoli, D.C., 1998, Fisika Edisi Kelima (terjemahan Yuhliza Hanum), Erlangga, Jakarta.
- Holman, J.P. 1983. Heat Transfer sixth edition. McGraw Hill. London
- Incropera, Frank P dan De Witt, David P. 2007. Fundamentals Of Heat And Mass Transfer Sixth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Newyork
- Kreith, F. 1986. Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas. Terjemahan oleh Prijono, A. Erlangga. Jakarta
- Reynolds, William C dan Perkins, Henry C. 1983. Engineering Thermodynamics. McGraw Hill. New York
- Sukhatme, Suhas P. 1996. "Solar Energy, Principles Of Thermal Collection and Storage", 2 ed. Tata Mc Grow-Hill. New Delhi.
- Vries DKK. 2011. Energi yang Terbarukan. Jakarta