

**PENGEMBANGAN KONSTRUKSI DAN ANALISIS KINERJA  
SISTEM KOLEKTOR PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN  
MENGUNAKAN KONSENTRATOR PARALEL SEMI SILINDRIS**



Anna Yefriana Mangago      05 35 032  
Ina Pratiwi                      05 35 036  
Andi Ilham                        05 35 043

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
2008**

## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Pengembangan Konstruksi Dan Analisis Kinerja Sistem Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Menggunakan Konsentrator Paralel Semi Silindris” oleh Anna Yefriana (05 35 032)/ Ina Pratiwi (05 35 036)/ A. Ilham (05 35 043) telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar diploma III pada Kamis 25 September 2008. Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar. September 2008

Mengesahkan

Pembimbing I



Ir. Abdi Wibowo, MT  
NIP : 131 964 661

Pembimbing II



Ir. Firman, MT  
NIP : 131 964 665

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang



Muh. Tekad, ST.MT  
NIP: 131 884 322



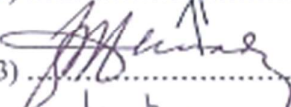

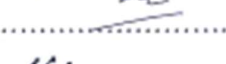



## PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, Kamis 25 September 2008, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh Mahasiswa: **Anna Yefriana (05 35 032)/ Ina Pratiwi (05 35 036)/ A. Ilham (05 35 043)** dengan judul “ **Pengembangan Konstruksi Dan Analisis Kinerja Sistem Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Menggunakan Konsentrator Paralel Semi Silindris** “.

Makassar, September 2008

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir:

1. Ir. Laode Musa	Ketua	1) 
2. J a m a l, ST. MT	Sekretaris	2) 
3. DR.Jumadi Tangko, M.Ed	Anggota	3) 
4. Apollo, ST	Anggota	4) 
5. Ir. Abdi Wibowo, MT	Pembimbing I	5) 
6. Ir. Firman, MT	Pembimbing II	6) 

## ABSTRAK

**(Anna Yefriana/ Ina Pratiwi/ A. Ilham)**, Pengembangan Konstruksi Dan Analisis Kinerja Sistem Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Menggunakan Konsentrator Paralel Semi Silindris, Makassar. Pembimbing **Ir. Abdi Wibowo, MT** dan **Ir. Firman, MT**.

Kolektor surya merupakan salah satu peralatan yang di gunakan untuk mengubah energi radiasi matahari ke bentuk energi panas. Salah satu bentuk dari kolektor surya adalah kolektor surya dengan konsentrator saluran semi silindris yang memiliki kemampuan untuk menerima intensitas radiasi matahari. Tujuan diadakannya penelitian kolektor surya konsentrator saluran semi silindris ialah untuk memperoleh desain geometris dari kolektor konsentrator saluran semi silindris dan Untuk memperoleh nilai efisiensi aktual sistem kolektor seharian (*long term/long day efficiency*). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode pengujian efisiensi sistem keseluruhan (efisiensi seharian) dengan sistem efek termosiphon selama tiga hari dengan selang waktu pengambilan data selama tiga puluh menit. Dimensi saluran kolektor surya dengan konsentrator berbentuk semi silindris yang optimal dalam memantulkan radiasi matahari adalah tinggi konsentrator 59 mm, lebar saluran 118 mm, jarak titik fokus dari dasar konsentrator 29,5 mm, Dengan hasil penelitian pada hari pertama yakni efisiensi sistem terendah sebesar 2,6 % dan efisiensi sistem tertinggi sebesar 14,1% dengan efisiensi rata-rata 9,5 %. Pada hari kedua di peroleh efisiensi terendah adalah 4,1% dan tertinggi 13,4 % dengan efisiensi rata-rata sebesar 9,5 %, dan pada hari ketiga diperoleh efisiensi terendah adalah 3,9 % dan efisiensi tertinggi 13,9 % dengan efisiensi rata-rata sebesar 9,7 %. Sehingga menghasilkan nilai efisiensi rata-rata selama tiga hari pengujian adalah  $(9,5 \% + 9,5 \% + 9,7 \%) / 3 = 9,57 \%$ .



## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat yang diberikan selama ini kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan satu tugas berat dalam rangka penyelesaian studi di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Sebagai manusia biasa, penulis sangat menyadari bahwa Tugas Akhir yang sederhana ini masih banyak terdapat kekurangan yang memerlukan perbaikan. Hal ini tidak lain disebabkan karena keterbatasan kemampuan dan ilmu yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu berbagai masukan dan saran yang sifatnya membangun sangatlah diharapkan demi sempurnanya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proses awal selesainya Tugas Akhir ini, banyak sekali pihak yang telah terlibat dan berperan serta untuk mewujudkan selesainya Tugas Akhir ini, karena itu penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada mereka yang secara moril maupun materil telah banyak membantu penulis untuk merampungkan Tugas Akhir ini.

Pertama-tama ucapan terima kasih penulis haturkan kepada Bapak **Drs. Firman, M.Si** selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang dan **Jamal, ST** selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi yang selama ini telah membantu penulis hingga dapat menyelesaikan studi di Politeknik. Selanjutnya ucapan terima kasih penulis haturkan kepada pembimbing penulis Bapak **Ir. Abdi Wibowo, MT** selaku Pembimbing I dan Bapak **Ir. Firman, MT**

selaku Pembimbing II yang mana keduanya dengan penuh kesabaran memberikan bimbingannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Selanjutnya ucapan terima kasih penulis haturkan secara khusus kepada orang tua yang penulis hormati dan cintai yang telah membesarkan penulis dengan penuh kesabaran hingga penulis dapat berhasil menyelesaikan studi pada jejang yang lebih tinggi juga kepada seluruh saudara penulis, yang dengan semangat serta dorongannya selama ini.

Juga kepada sahabat penulis yang banyak memberikan dorongan agar cepat selesai dan ikut membantu penulis mencari data selama penelitian ini dilakukan, dan rekan-rekan lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu pada kesempatan ini, harapan penulis semoga apa yang telah dibantukan selama ini secara moril maupun materil mendapatkan imbalan amal dari Tuhan Yang Maha Esa dan semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Akhirnya, semoga Tuhan Yang Maha Esa, memberikan perlindungan kepada kita semua.

Makassar, September 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>Halaman Judul</b> .....	<b>i</b>
<b>Halaman Pengesahan Pembimbing</b> .....	<b>ii</b>
<b>Penerimaan Panitia Ujian</b> .....	<b>iii</b>
<b>Abstrak</b> .....	<b>iv</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>v</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>vii</b>
<b>Daftar Gambar</b> .....	<b>ix</b>
<b>Daftar Simbol</b> .....	<b>x</b>
<b>Daftar Lampiran</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I Pendahuluan</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II Tinjauan Pustaka</b>	
2.1 Radiasi Surya .....	6
2.2 Teori Perpindahan Panas .....	6
2.3 Proses perpindahan panas pada kolektor surya .....	10
2.4 Kolektor Surya Konsentrator Saluran Semi Silindris .....	11
2.5 Mekanisme Sirkulasi Air Sistem Alamiah .....	12
2.6 Rumus Yang digunakan dalam perhitungan .....	15
<b>BAB III Metode Perancangan dan Prosedur Percobaan</b>	
3.1 Metode Perancangan .....	17
3.2 Metode Pengamatan Efisiensi Sehari-hari Sistem Kolektor Konsentrator Saluran Semi Silindris .....	21
<b>BAB IV Analisa Pembahasan</b>	
4.1 Analisa Data .....	26
4.2 Pembahasan .....	29
<b>BAB V Penutup</b>	
5.1 Kesimpulan .....	31
5.2 Saran .....	31
<b>Daftar Pustaka</b> .....	32
<b>Lampiran</b> .....	34

## DAFTAR GAMBAR

### Halaman

Gambar 2.1	Macam-macam radiasi .....	10
Gambar 2.2	Proses perpindahan panas pada kolektor surya .....	11
	dengan konzentrador saluran semi silindris	
Gambar 2.3	Potongan saluran konzentrador semi silindris .....	12
Gambar 3.1	Konstruksi kolektor surya .....	18
Gambar 3.2	Konstruksi tangki penyimpanan air panas pada kolektor konzentrador saluran semi silindris sistem termosipon .....	19
Gambar 3.3	Dimensi konstruksi pipa absorber dan konzentrador saluran semi silindris .....	20
Gambar 3.4	Titik fokus sinar datang .....	21
Gambar 3.5	Skema sistem pengujian kolektor konzentrador saluran semi silindris untuk efisiensi seharian .....	24



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
$A$	: Luas kolektor	$m^2$
$C_p$	: Panas spesifik air	$kJ/kg.°C$
$E$	: Persamaan waktu	
$q_{in}$	: Energi thermal input kolektor	$W$
$q_u$	: Energi thermal yang diserap kolektor	$W$
$q_{loss}$	: Rugi-rugi energi thermal	$W$
$G_{bT}$	: Intensitas radiasi pada bidang miring	$W/m^2$
$h$	: koefisien konveksi	$W/m^2.°C$
$k$	: Daya hantar (konduktivitas) thermal	$W/m.°C$
$L$	: Panjang	$m$
$m_s$	: Massa fluida sistem	$kg$
$t$	: Waktu	detik
$T_i$	: Temperatur air masuk kolektor	$°C$
$T_o$	: Temperatur air keluar kolektor	$°C$
$T_u$	: Temperatur udara	$°C$
$T_1$	: Temperatur tangki bagian bawah	$°C$
$T_2$	: Temperatur tangki bagian tengah	$°C$
$T_3$	: Temperatur tangki bagian atas	$°C$
$T_t$	: Temperatur rata-rata dalam tangki	$°C$

$\rho$	: Massa jenis air	$\text{kg/m}^3$
$\eta$	: Efisiensi	%
$\emptyset$	: Garis lintang daerah	derajat
$\Delta t$	: Beda suhu	$^{\circ}\text{C}$



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran A .....	35
Tabel 1 Hasil Pengamatan Kolektor Surya, 9 September 2008 ...	35
Tabel 2 Hasil Pengamatan Kolektor Surya, 10 September 2008 ..	36
Tabel 3 Hasil Pengamatan Kolektor Surya, 11 September 2008 ..	37
Lampiran B .....	38
Tabel 4 Hasil Analisa Pengamatan Kolektor Surya 9 September 2008 .....	38
Tabel 5 Hasil Analisa Pengamatan Kolektor Surya 10 September 2008 .....	39
Tabel 6 Hasil Analisa Pengamatan Kolektor Surya 11 September 2008 .....	40
Lampiran C .....	41
Grafik 1 Karakteristik Efisiensi Sistem Kolektor Surya 9 September 2008 .....	41
Grafik 2 Karakteristik Efisiensi Sistem Kolektor Surya 10 September 2008 .....	42
Grafik 3 Karakteristik Efisiensi Sistem Kolektor Surya 11 September 2008 .....	43
Lampiran D .....	44
Tabel 7 Tabel Cp dan $\rho$ air .....	44
Lampiran E .....	45
Tabel 8 Hasil Analisa Pemanas air Surya Plat Datar Merek Wika ..	45
Lampiran F .....	46
Tabel 9 Data Hasil Analisa Konsentrator Saluran Trapesium .....	46
Lampiran G.....	47
Gambar G.1 Pemanas air tenaga surya dengan kolektor surya konsentrator paralel semi silindris .....	47
Gambar G.2 Kolektor surya konsentrator paralel semi silindris	47
Gambar G.3 Pipa masukan kolektor.....	48
Gambar G.4 Pipa Keluaran kolektor .....	48

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ilmu pengetahuan dan teknologi pada era globalisasi sekarang ini perkembangannya sangat pesat. Hal tersebut tentu saja mempengaruhi kehidupan ekonomi dan kehidupan sosial manusia, oleh sebab itu manusia di tuntut untuk menyesuaikan diri dengan perkembangan tersebut agar dapat bertahan. Manusia mencari dan meneliti penemuan-penemuan yang baru yang dapat di manfaatkan terutama dalam hal permasalahan energi

Energi merupakan permasalahan global yang menjadi perbincangan utama penduduk bumi, dan salah satunya ialah energi matahari. Energi matahari adalah sumber kehidupan utama mahluk hidup di bumi dan Indonesia menjadi salah satu negara yang diuntungkan karena berada pada daerah khatulistiwa. Energi yang di timbulkan oleh radiasi matahari merupakan salah satu bentuk energi terbarukan, dan salah satu manfaat dari energi tersebut adalah untuk memanaskan air. Agar dapat memanfaatkan radiasi sinar matahari untuk memanaskan air digunakan suatu alat yang fungsinya mengumpulkan energi radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi kalor. Alat ini disebut dengan kolektor surya dan alat konversi energi surya yang telah di kembangkan adalah *converter termal* seperti kolektor pemanas air surya (*solar water heater collector*).

Kolektor surya berfungsi menyerap energi dari radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi energi kalor yang berguna untuk memanaskan air

dalam pipa-pipa absorber, sehingga temperatur air akan meningkat dan terjadi konveksi alami berdasarkan efek termosipon karena adanya perbedaan massa jenis fluida. Secara umum jumlah energi panas yang di peroleh kolektor surya dapat di kelompokkan menjadi 2 jenis yaitu kolektor konsentrasi dan kolektor non konsentrasi.

Kolektor non konsentrasi seperti kolektor surya plat datar merupakan kolektor di mana luas bidang penyerapan sama dengan bidang penyinaran, sedangkan kolektor konsentrasi merupakan kolektor di mana luas penyerapan tidak sama dengan luas penyinaran. Kolektor surya plat datar menghasilkan suhu yang lebih rendah di bandingkan dengan kolektor konsentrasi, hal ini disebabkan karena : pertama, luasan penyerapan yang besar menyebabkan kerugian panas yang terjadi juga akan meningkat dan yang kedua adalah radiasi kurang meningkat karena sinar tidak terfokus pada suatu bidang dalam hal ini pipa absorber. Berbeda dengan kolektor konsentrasi yang luasan penyerapannya berkurang sehingga kerugian panas yang terjadi juga akan berkurang dan meningkatnya radiasi matahari karena terfokusnya sinar matahari ke luas bidang dalam hal ini pipa absorber.( Ferli dkk,2007:2). Hal inilah yang menjadi acuan kami untuk merancang sebuah kolektor surya dengan model baru yakni kolektor surya dengan konsentrator saluran semi silindris. Berbeda dengan jenis kolektor sebelumnya, kolektor surya jenis ini menggunakan konsentrator yang berbentuk semi silindris yang terbuat dari potongan-potongan kecil cermin yang memanjang. Kolektor ini berfungsi untuk mengkonsentrasikan energi matahari dengan konsentrasi pipa-pipa absorbernya yang terpasang secara berderet .

Melalui perhitungan secara geometris maka kolektor surya ini dapat didesain seperti dimensi saluran konsentrator semi silindris. Pemodelan ini diharapkan dapat menghasilkan nilai performansi (efisiensi) kolektor yang lebih tinggi dari kolektor surya dengan jenis saluran berbentuk trapesium yang telah dirancang bangun oleh Ferli,dkk yang menghasilkan efisiensi rata-rata sebesar 9,6 %.

Hasil rancang bangun ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan IPTEK dan penambahan fasilitas alat pengujian pada Laboratorium Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang khususnya Laboratorium Energi Alternatif.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang sudah di paparkan sebelumnya permasalahan sebagai berikut :

- a. Bagaimana menentukan desain geometris dari kolektor surya dengan konsentrator saluran semisilindris.
- b. Seberapa besar nilai efisiensi aktual sistem kolektor seharian (*long term/long day efficiency* ) dan analisis kerja kolektor.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perancangan dan penelitian ini adalah :

- a. Rancangan konstruksi kolektor konsentrator saluran semi silindris yang meliputi dimensi saluran konsentrator semi silindris, dengan pengaturan pipa dan tangki volume yang tetap
- b. Perhitungan efisiensi aktual dengan metode pengujian efisiensi seharian sistem kolektor konsentrator saluran semi silindris pada kondisi sistem kolektor tanpa beban dengan prinsip kerja kolektor secara termosipon.
- c. Konstruksi luas kolektor dan volume tangki sama dengan rancangan yang sudah ada.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan diadakannya penelitian berikut adalah :

- a. Untuk memperoleh desain geometris dari kolektor konsentrator saluran semi silindris
- b. Untuk memperoleh nilai efisiensi aktual sistem kolektor seharian (*long term/long day efficiency*).

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut :

- a. Diperoleh suatu fasilitas peralatan atau sarana praktikum mahasiswa pada Laboratorium Sistem Konversi Energi khususnya sarana pengujian Energi

Alternatif berupa unit peralatan Kolektor Pemanas Air Surya (*Solar Water Heater*) dengan Konsentrator Saluran Semi Silindris.

- b. Dengan adanya rancang bangun unit peralatan kolektor surya dengan konsentrator semi silindris ini diharapkan dapat memenuhi sasaran pemerintah dari segi kontinuitas operasional peralatan laboratorium dan dari segi pemeliharaan peralatan yang dimiliki oleh Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dengan adanya pengembangan variasi model dari konsentrator saluran-saluran kolektor pemanas air surya dari bentuk trapesium menjadi semi silindris. Diharapkan dapat memberikan tambahan modul (job praktikum) sehingga wawasan dan pengetahuan mahasiswa khususnya tentang pengujian pemanas air surya dapat lebih berkembang.





## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Radiasi Surya**

Radiasi surya yang tersedia di luar atmosfer bumi yang disebut dengan Konstanta Surya (*Solar Constant*),  $G_{SC}$  secara teoritis mempunyai nilai intensitas radiasi surya sebesar  $1353 \text{ W/m}^2$ . Sedangkan nilai intensitas radiasi surya secara aktual yang mengenai permukaan bumi,  $G_b$  dapat diukur dengan peralatan solarimeter (piranometer). Nilai intensitas radiasi matahari aktual pada bidang miring (permukaan kolektor),  $G_{bT}$  secara teoritis dihitung berdasarkan (tergantung pada) lokasi pengamatan dan waktu pengamatan serta arah radiasi sorotan matahari yaitu posisi matahari relatif terhadap bidang.

#### **2.2 Teori Perpindahan Panas**

Menurut Kreith (1985:4), perpindahan panas adalah "Perpindahan energi dari satu daerah ke daerah lain sebagai akibat dari adanya perbedaan suhu antara kedua daerah tersebut". Dengan kata lain bahwa perpindahan panas adalah peristiwa berpindahnya energi dari suatu benda atau material ke benda yang lain, yang disebabkan oleh adanya perbedaan suhu diantara kedua benda atau material tersebut.

Hal serupa juga diuraikan oleh Holman (1994 :1) yaitu " Perpindahan kalor atau alih bahang (*heat transfer*) ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material".

Setelah menyimak kedua pernyataan di atas, maka dapat di simpulkan bahwa proses perpindahan panas terjadi apabila adanya perbedaan suhu antara benda-benda atau material yang saling bersinggungan. Proses perpindahan panas ini bersikulasi dari sistem yang bersuhu tinggi ke sistem yang bersuhu rendah.

Pada umumnya, perpindahan panas dikenal atas 3 (tiga) jenis, yaitu : konduksi (hantaran), konveksi (rambatan), dan radiasi (pancaran).

### **2.2.1 Perpindahan Panas Konduksi**

Konduksi Menurut Kreith (1985:4) menyatakan bahwa “Proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung”. Berdasarkan pengertian tersebut, nampak bahwa laju perpindahan panas sebanding dengan gradien suhu normal. Menurut Holman (1994:2) menyatakan bahwa “Energi berpindah secara konduksi atau hantaran dan bahwa laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien suhu normal”.

Pada proses konduksi, terjadi pergerakan molekul pada suatu zat (padat, cair atau gas). Karena adanya pergerakan molekul yang semakin cepat, maka suhu pada zat tersebut akan semakin tinggi. Jika pada daerah yang berdekatan memiliki pergerakan molekul yang relatif lambat dengan kata lain suhunya lebih rendah maka, akan terjadi pemindahan energi dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah. Menurut Kreith (1985:5) menyatakan bahwa “Perpindahan energi tersebut dapat berlangsung dengan

tumbukan elastik (*elastic impact*) atau dengan pembauran (*diffusion*) elektron-elektron yang bergerak secara lebih cepat dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah”.

### **2.2.2 Perpindahan Panas Konveksi**

Sebagaimana telah diketahui bahwa plat logam panas akan menjadi dingin lebih cepat bila di taruh pada tempat yang udaranya bergerak dibandingkan apabila disimpan di udara tenang. Hal ini disebut peristiwa konveksi, sedangkan definisi konveksi itu sendiri adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cair atau gas.

Pada proses perpindahan panas konveksi dikenal ada dua yaitu, jika suatu plat panas dibiarkan berada di udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar, maka udara itu akan bergerak sebagai akibat terjadinya gradien densitas di dekat plat itu. Peristiwa ini dinamakan konveksi alamiah (*natural convection*) atau konveksi bebas. Untuk membedakannya dari konveksi paksa (*forced convection*) yang terjadi apabila dengan sengaja memberikan udara untuk dihembuskan di atas plat itu, contohnya dengan kipas angin.

### **2.2.3 Perpindahan Panas Radiasi**

Proses dimana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi menuju pada benda yang bersuhu rendah dan kedua benda tersebut terpisah pada ruang

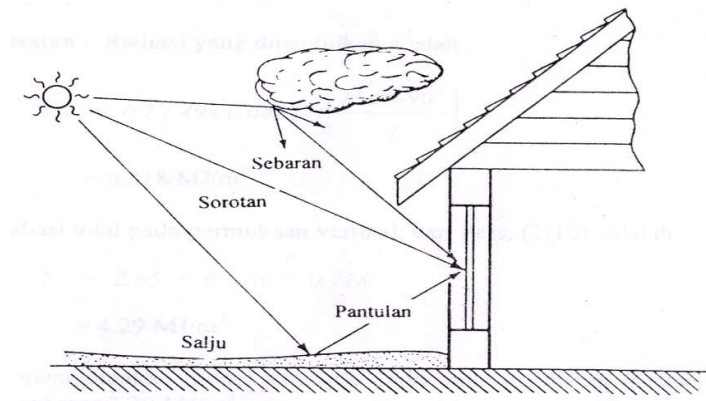
yang sama, walaupun didalam ruang tersebut hampa udara. Energi yang berpindah dengan cara tersebut diistilahkan dengan Panas Radiasi.

Gerakan panas radiasi didalam ruang mirip perambatan cahaya dan dapat diuraikan dengan teori gelombang. Apabila gelombang radiasi menjumpai benda yang lain, maka energinya diserap di dekat permukaan benda tersebut.

Intensitas pancaran tergantung pada suhu dan sifat permukaan. Energi radiasi bergerak dengan kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s) dan gejala-gejalanya menyerupai radiasi cahaya.

Radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi terdiri dari tiga macam yaitu :

- **Radiasi langsung**, atau sinar matahari langsung jatuh ke permukaan bumi.
- **Radiasi sebaran**, yaitu radiasi yang dipancarkan ke permukaan penerima oleh atmosfer, dan karena itu berasal dari seluruh hemisfer langit.
- **Radiasi pantulan**, yaitu radiasi yang dipantulkan dari permukaan yang berdekatan, jumlah radiasi yang dipantulkan tergantung dari reflektansi  $\alpha$  dari permukaan yang berdekatan itu, dan kemiringan permukaan yang menerima.



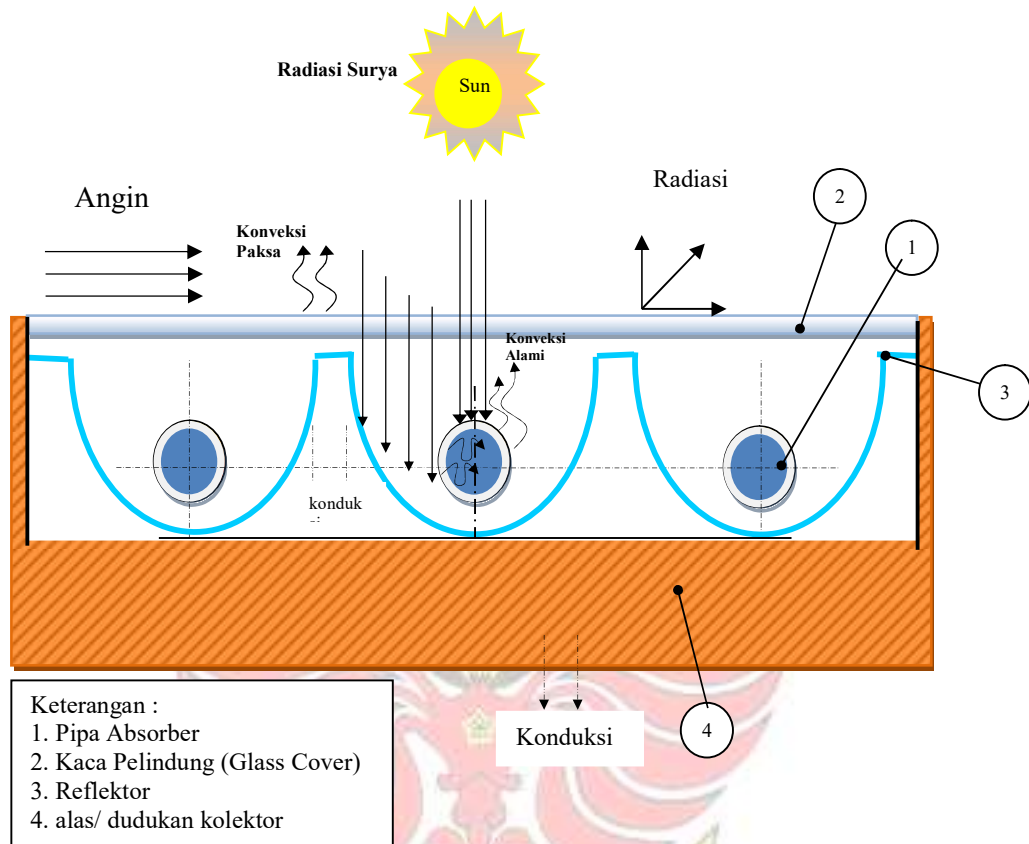
Gambar 2.1 *Macam-macam radiasi*

Bila energi radiasi mengenai permukaan suatu bahan, maka sebagian dari energi radiasi itu akan dipantulkan (refleksi), sebagian diserap (absorpsi), dan sebagian lagi diteruskan (transmisi).

### 2.3 Proses Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya

Menurut Howel (1982), ada tiga mekanisme dasar untuk menganalisis perpindahan panas pada kolektor ini, yaitu mekanisme konduksi, konveksi dan radiasi. Suatu gambaran mengenai tiga cara perpindahan panas dalam sebuah alat pemanas surya dapat dijelaskan sebagai berikut : panas mengalir secara konduksi sepanjang pelat penyerap (*absorber*) dan melalui dinding luar masuk ke permukaan dinding dalam saluran. Kemudian panas dari permukaan dinding dalam dipindahkan ke fluida dalam saluran dengan cara konveksi. Pelat penyerap (*absorber*) yang panas itu melepaskan panas ke pelat datar dan kaca penutup dengan cara konveksi alamiah dan cara radiasi.

Berikut ini digambarkan prinsip perpindahan panas atau penyerapan radiasi termal matahari ke pelat datar dan pipa penyerap.



Gambar 2.2 Proses Perpindahan panas pada kolektor surya dengan konsentrator saluran semi silindris

#### 2.4 Kolektor Surya Konsentrator Saluran Semi Silindris

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. Prinsip kerjanya adalah panas dari

matahari diterima oleh kolektor yang terdapat di dalam pipa-pipa berisi air. Panas yang diterima kolektor akan dipantulkan ke pipa-pipa absorber sehingga suhu air akan meningkat. Air yang temperaturnya lebih tinggi (mempunyai massa jenis lebih kecil) akan mengalir ke atas dan masuk kembali ke dalam tangki penyimpanan, sedangkan air yang temperaturnya lebih rendah (mempunyai massa jenis lebih besar) akan mengalir ke bawah (efek thermosipon) keluar dari tangki penyimpanan. Salah satu bentuk dari kolektor surya adalah konsentrator berbentuk saluran semi silindris. Hamsah (2000),” kolektor jenis ini memiliki kemampuan untuk menerima intensitas radiasi matahari bergantung dari pergeseran pipa absorber, massa laju aliran, temperature fluida masuk, temperature udara sekeliling dan radiasi matahari yang jatuh pada bidang miring”



Gambar 2.3. Potongan Saluran konsentrator semi silindris

## 2.5 Mekanisme Sirkulasi Air Sistem Alamiah

Proses perpindahan panas pada kolektor surya dengan menggunakan metode radiasi dimulai ketika energi panas surya yang dihasilkan matahari dipancarkan kemudian diserap oleh kaca dan pipa, setelah itu terjadi proses konduksi, konveksi dan radiasi didalam kolektor. Pada pipa absorber terjadi

proses radiasi dan konveksi. Proses radiasinya yakni pipa penyerap terkena sinar matahari langsung, dan proses konveksinya terjadi karena panas yang di terima oleh kaca di teruskan kedalam kolektor dan di terima oleh pipa penyerap. Di dalam pipa penyerap terjadi proses konduksi dan konveksi, proses konduksinya yakni panas merambat ke seluruh permukaan dalam dan luar pipa dan proses konveksinya panas yang di terima oleh pipa diserap oleh air sehingga mengekspansi air yang lewat kolektor. Akibat perbedaan berat jenis antara air tereksansi panas di kolektor dengan air yang tersimpan di tangki, maka air yang tereksansi panas akan naik ke atas tangki. Siklus ini terus berlangsung sehingga air pada tangki perlahan-lahan akan naik temperaturnya.

### **2.5.1 Sistem Termosipon**

Sistem termosipon paling banyak dimanfaatkan pada saat ini, beberapa faktor yang mendukung sistem ini antara lain :

- a. Sangat ekonomis, karena instalasinya tidak memerlukan sirkulasi paksa melalui pompa sehingga mengurangi sistem kontrol,
- b. Sistem perpindahan panas yang alamiah,
- c. Sistemnya sederhana dan umum dipergunakan.

### **2.5.2 Spesifikasi Kerja Sistem Termosipon**

Kekhususan sistem ini terletak pada sistem kerja dan konstruksinya. Sistem ini merupakan dasar dari seluruh sistem sirkulasi pemanas air tenaga surya. Pengertian tentang termosipon adalah sirkulasi fluida kerja yang terjadi pada sistem tertutup dimana berat jenis fluida yang lebih tinggi berada dibawah



dan berat jenis fluida yang lebih rendah berada di atas. Kerja sistem dimulai ketika energi panas surya mencapai kolektor yang terdiri dari lembaran konsentrator cermin dan pipa-pipa yang dialiri air. Pada saat inilah terjadi konversi energi panas matahari menjadi energi panas yang terkumpul pada kolektor, akumulasi panas pada kolektor ini kemudian secara konduksi menghantarkan panas pada media kerja yang mengalir pada pipa kolektor. Ketika terpanasi air akan mengalami perkembangan struktur atom sehingga berat jenis air yang rendah cenderung menempati posisi di atas dibandingkan air yang mempunyai berat jenis yang tinggi. Kecenderungan ini memaksa air bersirkulasi secara teratur dari tangki penyimpanan sehingga mencapai tangki kembali.

Letak tangki air selalu diletakkan pada titik yang paling tinggi dari sistem. Tekanan yang mengarah ke bawah dari tangki memindahkan air ke saluran pipa dan menekan masuk ke dalam pipa-pipa kolektor. Pada saat yang bersamaan kolektor itu menerima energi radiasi dan mengubahnya ke dalam bentuk panas dan mengkonduksikan ke fluida yang lewat di dalam pipa-pipa kolektor.

Dalam tangki berlangsung apa yang disebut stratifikasi, air tetap bersirkulasi secara perlahan-lahan dalam tangki tetapi secara bertahap air yang temperaturnya rendah menuju ke dasar tangki sedangkan air yang temperatur tinggi tetap berada pada bagian permukaan atas, sehingga ada beberapa perbedaan level temperatur. Jadi hal inilah, mengapa kita dapat mengambil air yang lebih panas pada bagian atas.

Alasan stratifikasi inilah yang menyebabkan mengapa posisi tangki harus terletak di atas kolektor. Jika tidak, sistem ini akan mengalir kembali ke bawah

pada malam hari bila tidak ada panas dari matahari, gejala ini disebut aliran balik (*reverse flow*).

## 2.6 Rumus – Rumus Yang Digunakan Dalam Perhitungan

Adapun rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut :

### A. Efisiensi Aktual Sehari-hari Sistem Kolektor Surya Konsentrator Saluran Semi Silindris.

Pada metode perhitungan efisiensi sistem kolektor surya konsentrator saluran semi silindris secara keseluruhan dihitung dengan menggunakan perhitungan efisiensi sehari-hari, dimana setiap pengukuran beda temperatur masuk dan keluar tangki penyimpan air panas dan energi radiasi matahari dicatat dalam kurun waktu tertentu.

Untuk mencari efisiensi sistem pada kolektor surya konsentrator saluran semi silindris dapat di gunakan rumus- rumus sebagai berikut :

a) Energi input kolektor , ( $E_{in}$ )

$$E_{in} = E_s \cdot A_s \text{ (kJ)} \quad (2.1)$$

dimana :

$$E_s = \text{Energi radiasi matahari} = (G_{bt} \cdot t) \text{ (kJ/m}^2\text{)}$$

$$A_a = \text{Luasan apparatur , (m}^2\text{)}$$

b) Energi output kolektor , ( $E_{out}$ ) (2.2)

$$E_{out} = m_s \cdot C_p \cdot \Delta T \text{ , (kJ)}$$

dimana :

$m_s$  = Massa fluida yang di panaskan , (kg)

$C_p$  = Kapasitas panas pada air pada  $T_{fr}$  , (kJ/kg.°C)

$T_{fr}$  = Temperatur rata-rata air dalam tangki =  $\left( \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \right)$  (°C)

$\Delta T$  = Beda temperatur tangki , (°C)

c) Efisiensi Aktual Sehari-hari ( $\eta_a$ )

$$\eta_a = \frac{E_{output}}{E_{input}} \times 100\% \quad (2.3)$$

#### B. Penyimpan Air Panas (*Hot Water Storage*)

Tangki penyimpanan adalah bagian yang penting dari sistem pemanas energi matahari karena merupakan tempat penyimpanan air panas. Penggunaan air panas ini tidak sering kali bersamaan waktunya dengan saat pemanasan air. Intensitas radiasi matahari bervariasi menurut tutupan awan. Selain ini, penggunaan air panas tidak sering ada. Karena itu penyimpanan air panas harus menjadi penyangga antara kolektor dengan peralatan pemanas.

Kapasitas penyimpanan optimum tergantung pada pemakaian. Jika kapasitas terlampaui kecil, maka sebagian energi yang mungkin telah terkumpulkan dan digunakan sebenarnya dibuang. Dengan demikian luas permukaan kolektor kurang dimanfaatkan. Tetapi jika kebalikan penyimpanan berukuran lebih besar, yaitu ongkosnya bertambah dan rugi kalornya juga besar.

## BAB III

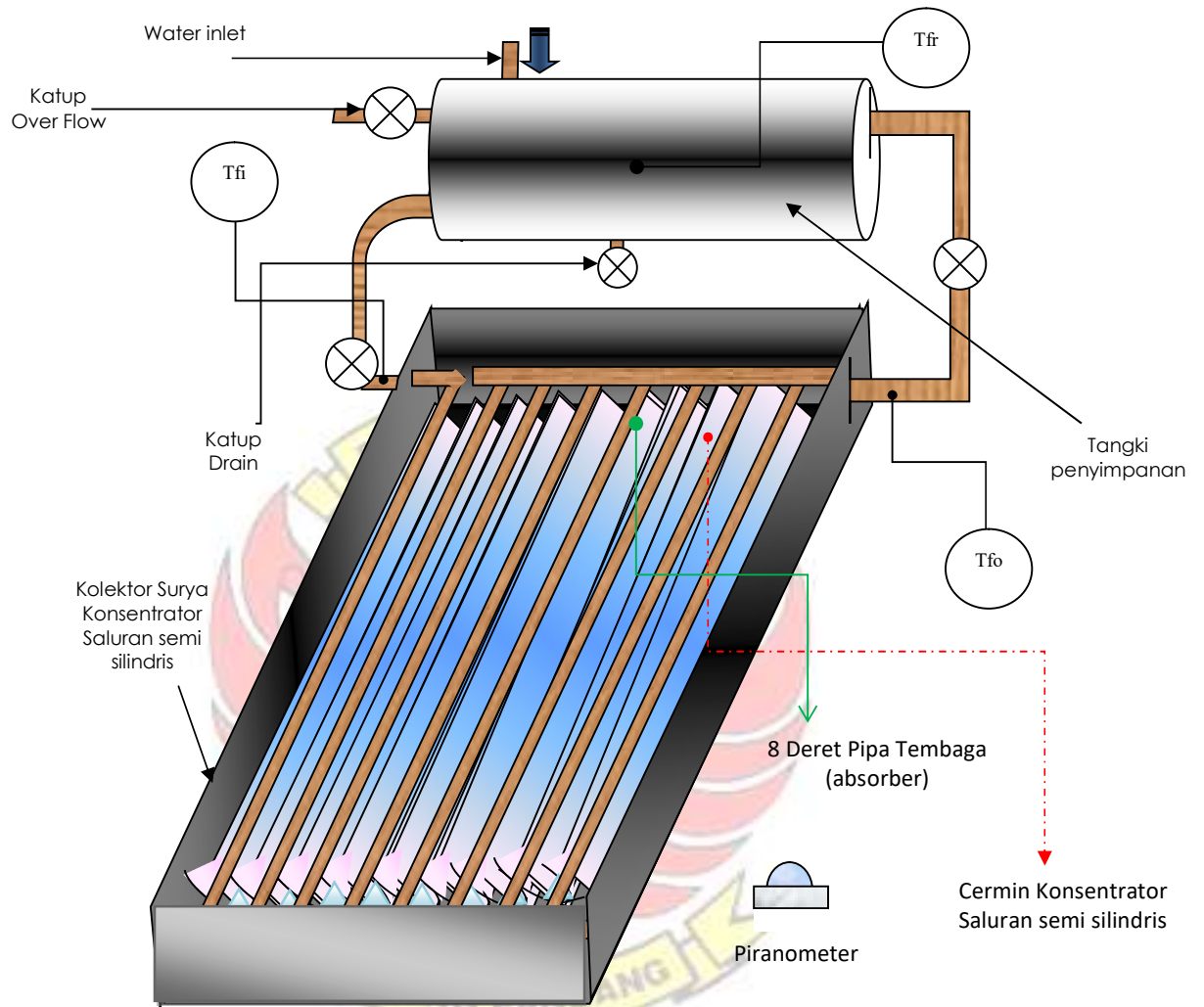
### METODE PERANCANGAN DAN PROSEDUR PENGUJIAN

#### 3.1 Metode Perancangan

Komponen-komponen yang dirancang adalah :

- a. Boks kolektor surya (*solar collector box*), berfungsi untuk menyerap energi radiasi matahari yang kemudian memindahkannya menjadi energi termal fluida. Dalam hal ini kolektor surya yang dibuat adalah jenis kolektor dengan konsentrator saluran semi silindris dan fluida yang digunakan adalah air, dalam hal ini kita menggunakan peralatan yang ada.
- b. Tangki penyimpanan air panas (*hot water storage*) yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan air panas yang berasal dari kolektor surya. Dengan menggunakan peralatan yang sudah ada serta volume yang tetap.
- c. Sistem pipa penyaluran air (*water distribution piping*) yang berfungsi untuk mengalirkan air dari *raw water* (PAM) ke tangki penyimpan, dari tangki penyimpan menuju kolektor surya, dan mengalirkan air panas dari kolektor surya kembali ke dalam tangki. Di dalam perancangannya, pipa distribusi air ini akan dilengkapi dengan sistem pengaturan aliran air (menggunakan sistem katup air) agar aliran fluida dapat diatur.
- d. Alat-alat ukur, berfungsi mengukur beberapa besaran-besaran yang dibutuhkan dalam pengujian serta memberikan hasil pengukuran yang akurat.

### 3.1.1 Kolektor Surya Konsentrator Saluran Semi Silindris

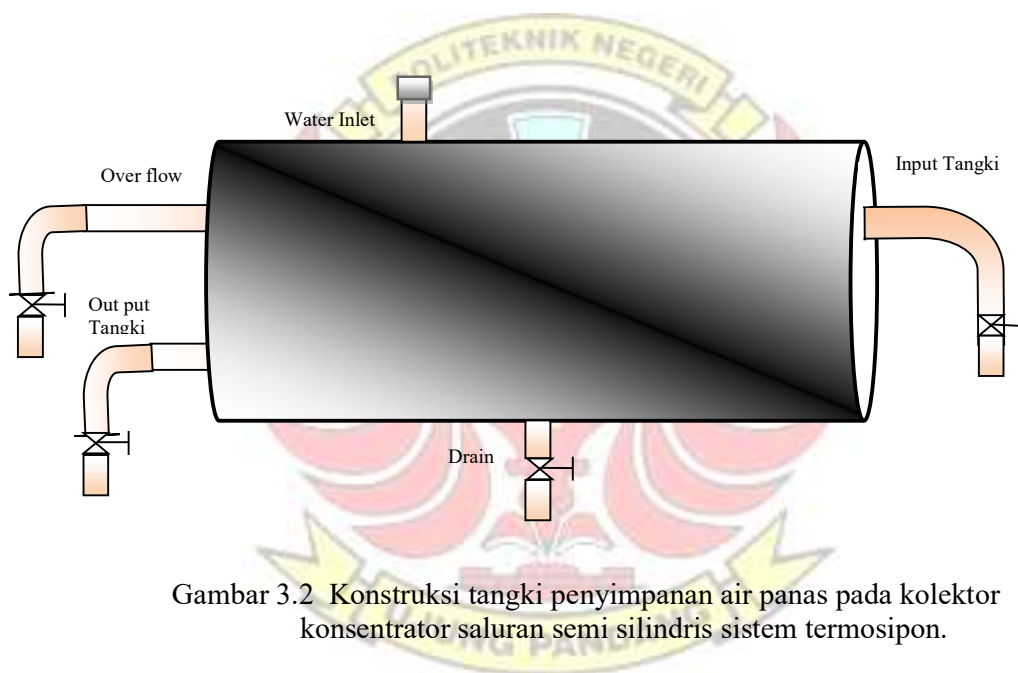


- Intensitas radiasi surya,  $G_{bT}$  ( $W/m^2$ )
  - Temperatur air rata-rata dalam tangki,  $T_{fr} = (T_1 + T_2 + T_3) / 3$  ( $^{\circ}C$ )
  - Massa jenis air,  $\rho_w$  (Tabel properties air pada  $T_{fr}$ ), ( $kg/m^3$ )
  - Panas jenis air,  $C_{pw}$  (Tabel properties air pada  $T_{fr}$ ), ( $J/kg^{\circ}C$ )
  - Beda temperatur air masuk dan keluar tangki,  $\Delta T = (T_{fo} - T_{fi})$  ( $^{\circ}C$ )
  - Energi termal/detik yang bermanfaat,  $E_{output} = m_s \cdot C_p \cdot \Delta T$ , ( $kJ$ )
  - Energi surya /detik yang masuk kolektor,  $E_{input} = G_{bT} \cdot A_a \cdot t$ , ( $kJ$ )
  - Efisiensi aktual seharian,  $\eta_a = E_{out} / E_{in}$ , (%)
- $T_{fo}$  = Temperatur fluida keluar tangki / masuk ke unit kolektor  
 $T_{fi}$  = Temperatur fluida masuk tangki / keluar dari unit kolektor  
 $T_{fr}$  = Temperatur fluida rata-rata di tangki penyimpan panas

Gambar 3.1 Konstruksi kolektor surya.

Kolektor surya konsentrator saluran semi silindris terdiri dari konstruksi kotak kolektor (*containment box*), material isolator, pipa penyerap, saluran konsentrator cermin, dan kaca penutup. Material pipa penyerap terbuat dari pipa tembaga dengan diameter  $\frac{1}{2}$  inci, dimana penentuan dimensi material yang digunakan merupakan penyesuaian kolektor surya merek wika.

### 3.1.2 Tangki Penyimpanan Air Panas

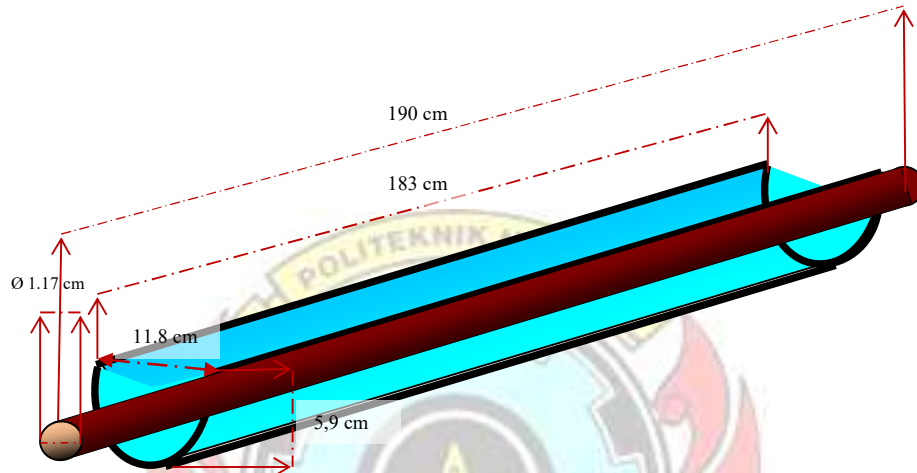


Gambar 3.2 Konstruksi tangki penyimpanan air panas pada kolektor konsentrator saluran semi silindris sistem termosipon.

Tangki penyimpanan air (*hot water storage*) terdiri dari tabung yang terbuat dari aluminium dengan ketebalan 2 mm, dengan diameter 300 mm dan panjang 900 mm yang berfungsi untuk menyimpan air panas dengan kapasitas 50 liter. Disekeliling tabung tersebut terpasang material isolasi (*insulator*) dan terbungkus lagi oleh cover yang terbuat dari pelat besi dengan ketebalan 1 mm yang berfungsi untuk mengisolasi kehilangan panas akibat konveksi dan radiasi terhadap lingkungan luar.

### 3.1.3. Konstruksi Konsentrator Semi Silindris dan Pipa Absorpsi

Konsentrator semi silindris terbuat dari potongan-potongan kecil cermin yang memanjang yang mengkonsentrasikan energi dari radiasi matahari ke pipa-pipa absorbernya.



Gambar 3.3 Dimensi Konstruksi Pipa Absorber dan Konsentrator saluran semi silindris

### 3.1.3 Posisi Eksentrisitas Kolektor Surya Konsentrator Saluran Semi Silindris

Posisi eksentrisitas adalah jarak antara sumbu pipa absorber terhadap sumbu konsentrator cermin dimana posisi pipa absorber berada koaksial di dalam konsentrator cermin. Bila posisi sumbu pipa absorber berada di atas sumbu pipa kaca disebut positif eksentrisitas, sedangkan negatif eksentrisitas bila posisi sumbu pipa absorber berada di bawah sumbu pipa kaca.

Dengan mengasumsi bahwa sinar datang yang mengenai reflektor adalah sejajar, maka pergeseran posisi pipa absorber terhadap *focal line* ke arah atas

maupun ke bawah (pergeseran eksentrisitas) akan mempengaruhi jumlah radiasi matahari yang mengenai bidang absorber. Pengujian pendahuluan yang di lakukan yaitu pengukuran temperatur permukaan pipa absorber dengan pemanasan fluida udara pada rentang waktu tertentu untuk beberapa posisi eksentrisitas.

Gambar 3.4 Berikut merupakan dari konsentrator semi silindris



Gambar 3.4 Titik Fokus sinar datang

### 3.2 Metode Pengamatan Efisiensi Sehari-hari Sistem Kolektor Konsentrator Saluran Semi Silindris

Metodologi yang digunakan dalam proses penelitian, antara lain meliputi: penggunaan alat dan bahan pengujian, metode pengamatan dan pengukuran, prosedur penelitian, alir perhitungan efisiensi aktual, dan perhitungan efisiensi aktual sehari-hari sistem kolektor konsentrator saluran semi silindris.



### 3.2.1. Tempat Pengambilan Data

Lokasi pengambilan data pada penelitian kolektor surya dengan konsentrator saluran semi silindris adalah di Laboratorium Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

### 3.2.2. Alat dan Bahan Pengujian

Adapun material penelitian yang diperlukan dalam pengujian efisiensi sistem keseluruhan (efisiensi keseharian) kolektor surya saluran semi silindris adalah sebagai berikut :

#### a). Peralatan ukur yang dipergunakan :

- Solarimeter / Piranometer
- Termometer Batang
- Termokopel, (*Omega, 3 channel*)
- Stopwatch

#### b). Peralatan Bantu :

- Unit Kolektor Surya Konsentrtror Saluran Semi Silindris
- Tangki Penyimpan Air Panas (*Heat Storage Tank*)
- Pipa sirkulasi
- Katup-katup (*PVC - Ball Valve*)

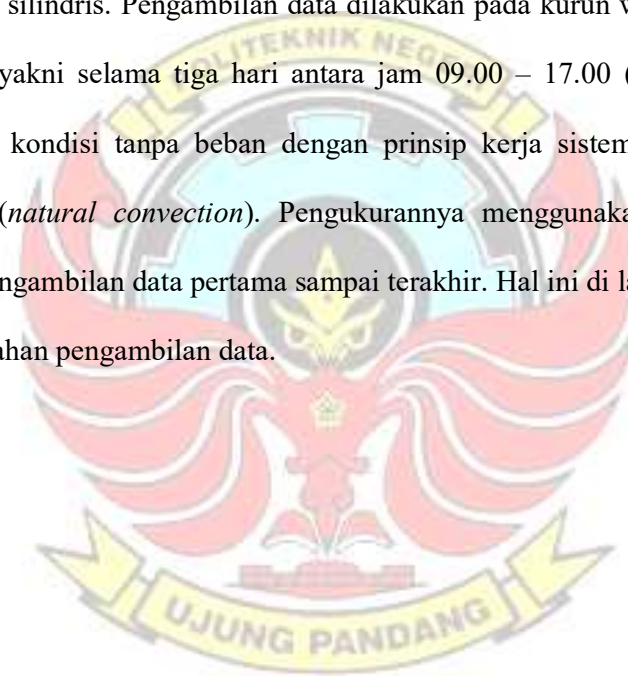
#### c). Material Kolektor Konsentrator Saluran Semi Silindris :

- Tabung absorber, (tembaga komersial,  $\phi$ : 1/2")
- Karet isolator kolektor (*rubber soft / starflex*)
- Lapisan kaca cermin

- Bahan isolator bingkai (gabus)
- Bingkai kolektor (besi plat)

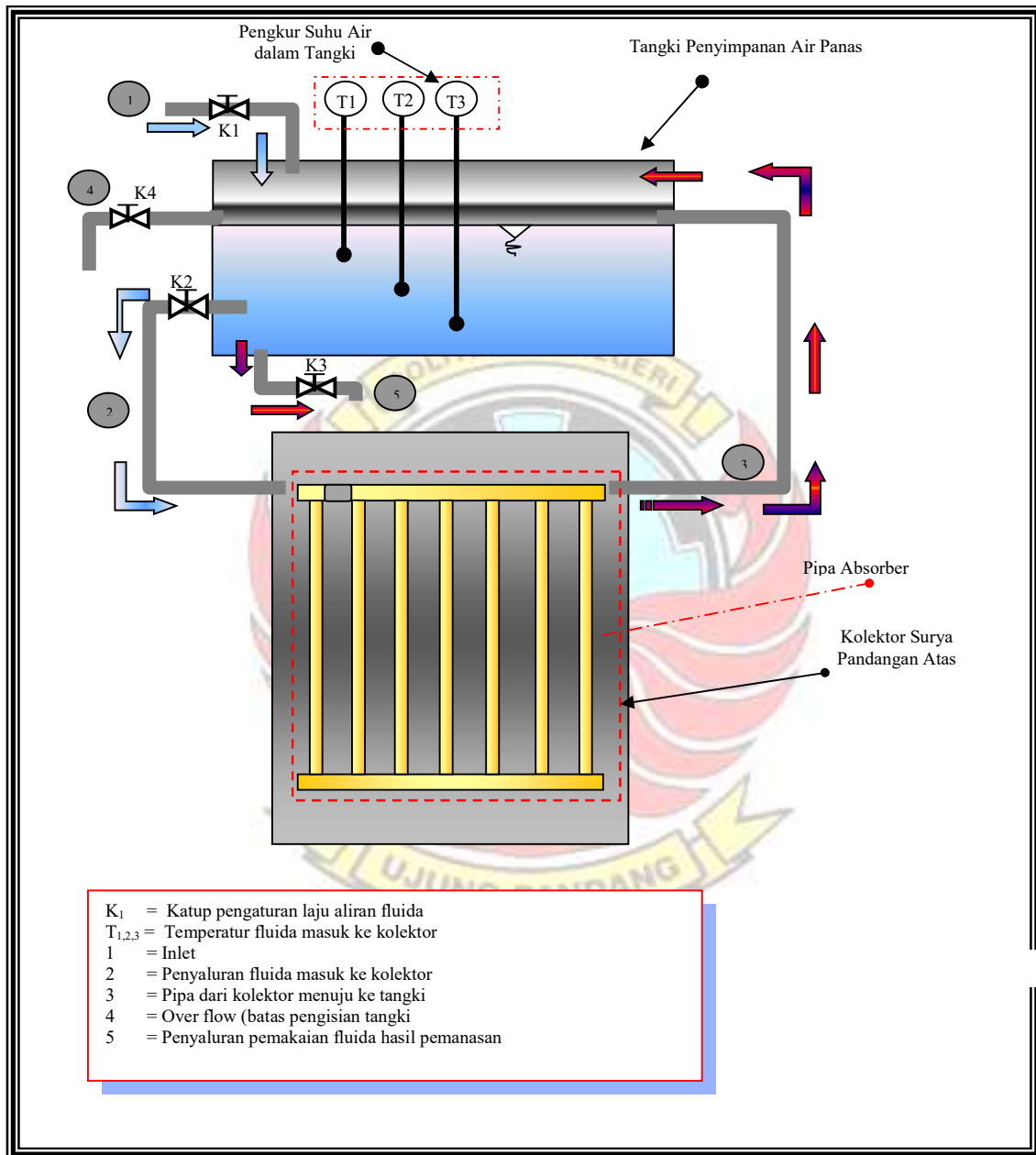
### 3.2.3 Metode Pengamatan dan Pengukuran

Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan metode efisiensi seharian untuk mengetahui unjuk kerja (*performansi*) sistem kolektor surya konsentrator saluran semi silindris. Pengambilan data dilakukan pada kurun waktu yang sudah di tentukan yakni selama tiga hari antara jam 09.00 – 17.00 (selang waktu 30 menit) pada kondisi tanpa beban dengan prinsip kerja sistem kolektor secara termosipon (*natural convection*). Pengukurannya menggunakan alat-alat yang sama dari pengambilan data pertama sampai terakhir. Hal ini di lakukan agar tidak terjadi kesalahan pengambilan data.



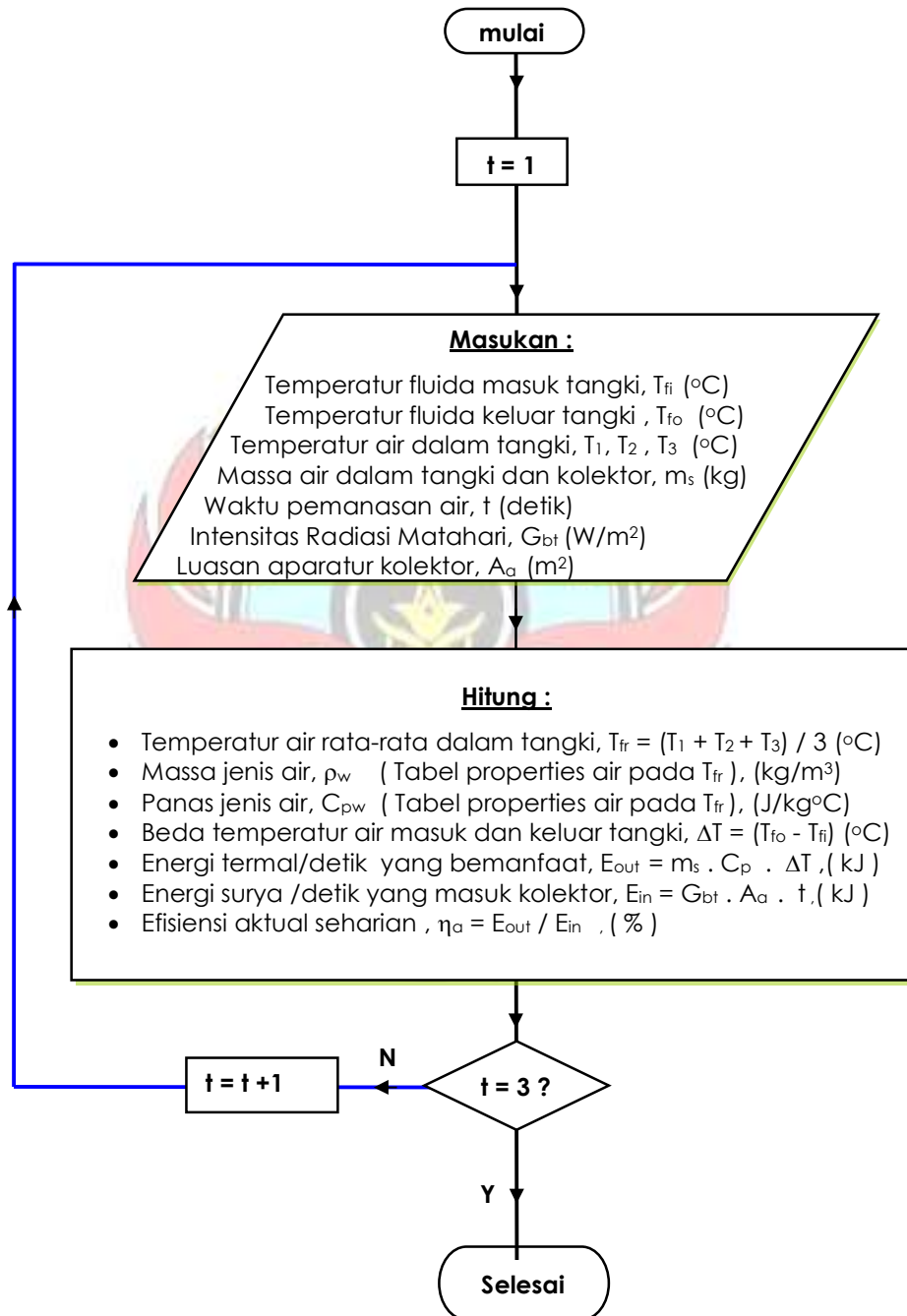
Adapun skema (instalasi) sistem pengujian dapat dilihat pada gambar 3.5

berikut ini :



Gambar 3.5 Skema Sistem Pengujian Kolektor konsentrator saluran Semi silindris untuk efisiensi se harian (*all-day efficiency*)

**3.2.4. Alur Perhitungan Efisiensi Aktual Sehari-hari Sistem Kolektor  
Konsentrator Saluran Semi Silindris**



**BAB IV**

Gambar 3.6 Alur Perhitungan Efisiensi Aktual Sehari-hari Sistem Kolektor konsentrator saluran semi silindris

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data

#### Perhitungan Efisiensi Aktual Sehari-hari Pada Sistem Kolektor Surya Konsentrator Semi Silindris

Untuk analisa data diambil data pada tabel hasil pengamatan nomor 17 hari Kamis, 9 September 2008 untuk jam 09.00 – 17.00 dengan nilai – nilai parameter yang diketahui sebagai berikut :

Input data :

Intensitas radiasi matahari, $G_{bt}$	: 896 W/m <sup>2</sup>
➤ Volume tangki, $V_t$	: 50 ltr = 0,050 m <sup>3</sup>
➤ Waktu pengamatan	: 09.00 s/d 17.00 Wita
Temperatur tangki bagian atas, ( $T_1$ )	: 39 °C
Temperatur tangki bagian tengah, ( $T_2$ )	: 39 °C
Temperatur tangki bagian bawah ( $T_3$ )	: 37,5 °C
➤ Waktu (t)	: 28800 s
➤ Panjang kolektor, ( $P_k$ )	: 2 m
➤ Lebar kolektor ( $L_k$ )	: 1 m
➤ Jumlah kolektor secara keseluruhan (n)	: 1

Penyelesaian :

c) Luas Apparature ( $A_a$ )

$$\begin{aligned} A_a &= n \cdot (L_k \cdot P_k) \\ &= 1 \cdot (1 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}) \\ &= 2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

d) Energi input kolektor ( $E_{in}$ )

$$\begin{aligned} E_{in} &= E_s \cdot A_a \\ &= 31264,9 \text{ kJ/m}^2 \cdot 2 \text{ m}^2 \\ &= 62529,8 \text{ kJ} \end{aligned}$$

e) Beda temperatur tangki ( $\Delta T$ )

$$\begin{aligned} \Delta T &= (T_{fo} - T_{fi}) \\ &= (43,0 - 37,5) \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 8,5 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

f) Temperatur rata-rata tangki ( $T_f$ )

$$\begin{aligned} T_f &= \frac{(T_1 + T_2 + T_3)}{3} \\ &= \frac{39 + 39 + 37,5}{3} \\ &= 38,5 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

g) Massa jenis air ( $\rho_w$ )

Berdasarkan tabel sifat air maka  $\rho_w$  pada

$$T = 38,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rho_w = 992,8 \text{ kg/m}^3$$

h) Panas spesifik air ( $C_{p_w}$ )

Berdasarkan tabel air pada  $T = 38,5 \text{ }^\circ\text{C}$  diperoleh

$$C_{p_w} = 4,1781 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

i) Massa fluida sistem ( $m_s$ )

$$V_s = 50 \text{ ltr}$$

$$= 0,050 \text{ m}^3$$

Maka :

$$\begin{aligned} m_s &= V_s \cdot \rho_{\text{air}} \\ &= 0,050 \text{ m}^3 \cdot 992,8 \text{ kg/m}^3 \\ &= 49,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

Energi yang berguna pada tangki ( $E_{\text{output}}$ )

$$\begin{aligned} E_{\text{output}} &= m_s \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 49,64 \text{ kg} \cdot 4,1781 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot 8,5 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 1762,8 \text{ kJ} \end{aligned}$$

j) Efisiensi Aktual Seharisan ( $\eta_a$ )

$$\begin{aligned} \eta_a &= \frac{E_{\text{output}}}{E_{\text{input}}} \times 100\% \\ &= \frac{1762,8}{62529,8} \times 100\% \\ &= 2,8 \text{ \%} \end{aligned}$$

Untuk data berikutnya dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan.

## 4.2 PEMBAHASAN

Berdasarkan konstruksi Kolektor Konsentrator semi silindris menggunakan rangkaian plat-plat kaca cermin yang dipotong dengan ukuran 1 x 190 cm dengan ketebalan 0,5 cm yang disusun berbentuk semi silindris sebanyak 17 buah Dimana saluran kolektor konsentrator semi silindris tersebut dipasang secara paralel ( berderet ) dengan ketinggian 5,9 cm. Material pipa penyerap terbuat dari pipa tembaga dengan diameter  $\frac{1}{2}$  inci, sedangkan kotak kolektor (*containment box*) terbuat dari besi pelat dengan ketebalan 2 mm dimana proses

Hasil penentuan dari berbagai variasi bentuk konstruksi (letak) saluran konsentrator dan pipa absorber yang dilakukan secara manual diperoleh letak (posisi) Titik fokus pada saluran Konsentrator dan pipa absorber yang terbaik dalam memantulkan radiasi matahari adalah seperti terlihat pada gambar 3.4 (titik fokus sinar datang) yakni pada  $\frac{1}{2}$  jari-jari atau 0,25 diameternya .

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi sistem kolektor pada tanggal 9 September 2008 dan grafik hubungan antara efisiensi sistem kolektor dengan waktu diperoleh nilai efisiensi sistem yang cenderung meningkat dengan nilai efisiensi sistem terendah sebesar 2,6 % dan efisiensi sistem tertinggi sebesar 14,1 % dengan efisiensi rata-rata 9,5 %.

Untuk tanggal 10 September 2008 diperoleh efisiensi terendah adalah 4,1 % dan tertinggi 13,4 % dengan efisiensi rata-rata sebesar 9,5 %.

Untuk tanggal 11 September 2008 diperoleh efisiensi terendah adalah 3,9 % dan efisiensi tertinggi 13,9 % dengan efisiensi rata-rata sebesar 9,7 %.



Berdasarkan jumlah efisiensi rata-rata setiap hari maka efisiensi rata-rata selama tiga hari pengujian adalah  $(9,5 \% + 9,5 \% + 9,7 \% ) / 3 = 9,57 \% .$

Pada pemanas air surya plat datar merek Wika di peroleh efisiensi sistem terendah sebesar 21,21% dan efisiensi sistem tertinggi 90,93%.

Pada kolektor konsentrator saluran trapesium peroleh efisiensi sistem terendah sebesar 7,2% dan efisiensi sistem tertinggi 10,1%.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dimensi saluran kolektor surya dengan konsentrator berbentuk semi silindris yang optimal dalam memantulkan radiasi matahari adalah sebagai berikut :
  - Tinggi konsentrator 59 mm.
  - Lebar saluran 118 mm.
  - Jarak titik fokus dari dasar konsentrator 29,5 mm
2. Efisiensi rata-rata aktual se harian:
  - Untuk hari Selasa 9 September 2008 adalah 9,5 %
  - Untuk hari Rabu 10 September 2008 adalah 9,5 %
  - Untuk hari Kamis 11 September 2008 adalah 9,7 %

#### **5.2 Saran**

Untuk memperoleh hasil pengujian yang baik, sebaiknya pengujian dilakukan pada waktu cuaca cerah dimana radiasi matahari secara umum lebih besar dan menggunakan alat ukur yang lebih presisi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Charter, William W.S. and Pryor, T.L. 1981. *Solar Energy and Introduction to the Principles and Applications*. Australia: Beatrice Publishing.
- Duffie, John A. dan Beckman, William A. 1980. *Solar Engineering of Thermal Process*. New York: John Wiley & Sons.
- Holman, J.P. 1887. *Perpindahan Kalor*. Dilaihalihbahasakan oleh E.Jasjfi. Jakarta: Erlangga.
- Holman, J.P. 1994. *Perpindahan Kalor*. Dilaihalihbahasakan oleh E.Jasjfi. Jakarta: Erlangga.
- Howel, John R. 1982. *Solar Thermal Energy System Analysis and Design*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Huang, B.J dan C.T. Hsieh. 1982. *A Simulation Method For Solar Thermosiphon Collector*. USA: Jurnal Solar Energy Vol.35 pp. 31-43.
- Jansen, Ted. J. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. Dialihbahasakan oleh Wiranto Arismunandar. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Maridjo. 1992. *Penuntun Praktikum Mesin-mesin Konversi Energi*. Bandung: PEDC.
- Shukatme, S.P. 1984. *Solar Energy Principle of Thermal Collection and Storage*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Sularso, Kiyokatsu. 1991. *Dasar-dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Wahyudin, 1994. *Evaluasi Performansi Sistem Pemanas Air Energi Surya Konveksi Paksa Seri Paralel Di Laboratorium Teknik Energi*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Ferli, dkk. 2007. *Rancang Bangun Kolektor Surya Trapesium*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Arikande, Rudi. 2007. *Solar Water Heater Plat Datar*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Wibowo, Abdi dan Hamzah.N. 2008. *Desain dan analisis performansi Kolektor surya dengan konsentrator berbentuk trapesium*. Makassar : Politeknik Negeri Ujung Pandang.



The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. At the top, a yellow banner contains the text "POLITEKNIK NEGERI". The center features a light blue gear with a yellow star in its hub. Below the gear is a red and white stylized bird or flame-like shape. At the bottom, another yellow banner contains the text "UJUNG PANDANG".

# LAMPIRAN-LAMPIRAN

**Tabel 1 Hasil Pengamatan Kolektor Surya, Selasa 9 September 2008**

No.	Pukul	Vol.tangki	G <sub>bT</sub>	T <sub>kolektor</sub> ( °C )		T <sub>tangki air</sub> ( °C )		
	( WITA )	( liter )	( W/m <sup>2</sup> )	T <sub>fi</sub>	T <sub>fo</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
1	9:00	50	0.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
2	9:30	50	745.0	30.0	30.0	31.0	30.0	30.0
3	10:00	50	690.8	34.0	36.0	32.0	31.0	31.5
4	10:30	50	964.2	35.0	42.0	35.0	33.5	32.5
5	11:00	50	1117.9	36.0	51.0	37.0	37.0	35.0
6	11:30	50	1254.2	38.0	54.0	40.0	39.0	39.0
7	12:00	50	1119.0	40.0	56.5	43.5	43.0	42.5
8	12:30	50	1201.0	41.0	57.0	47.5	47.0	46.0
9	13:00	50	1260.3	43.0	56.5	53.5	49.0	49.0
10	13:30	50	1278.0	45.0	57.0	54.0	53.5	52.5
11	14:00	50	1298.0	48.0	60.0	57.0	56.5	56.0
12	14:30	50	1321.0	50.0	60.5	56.5	56.0	55.0
13	15:00	50	1221.0	48.5	57.5	54.5	53.0	53.0
14	15:30	50	1112.0	44.0	56.0	53.0	52.5	44.0
15	16:00	50	989.0	41.5	52.0	47.0	46.0	41.0
16	16:30	50	902.0	39.5	49.0	42.5	40.5	39.0
17	17:00	50	896.0	37.5	43.0	39.0	39.0	37.5

**Tabel 2 Hasil Pengamatan Kolektor Surya, Rabu 10 September 2008**

No.	Pukul	Vol.tangki	G <sub>bT</sub>	T <sub>kolektor</sub> ( °C )		T <sub>tangki air</sub> ( °C )		
	( WITA )	( liter )	( W/m <sup>2</sup> )	T <sub>fi</sub>	T <sub>fo</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
1	9:00	50	0.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
2	9:30	50	405.6	31.5	33.0	31.0	30.0	30.0
3	10:00	50	678.0	32.0	36.0	32.0	31.5	31.0
4	10:30	50	803.4	33.0	40.0	35.0	32.5	32.0
5	11:00	50	1010.5	34.0	45.0	38.5	35.0	33.0
6	11:30	50	1123.3	35.5	48.5	39.5	39.0	37.5
7	12:00	50	1003.5	37.0	52.5	43.0	43.0	39.0
8	12:30	50	1053.5	40.0	55.0	44.5	44.0	43.0
9	13:00	50	1127.8	41.0	57.0	47.0	46.5	44.0
10	13:30	50	1124.9	42.0	58.0	50.0	48.5	44.5
11	14:00	50	1343.5	43.5	59.5	51.0	49.0	47.5
12	14:30	50	1245.7	45.0	60.0	51.5	49.5	49.5
13	15:00	50	1204.0	47.0	54.0	50.0	50.0	50.0
14	15:30	50	1058.4	46.0	52.0	49.5	47.5	47.0
15	16:00	50	734.0	43.0	51.0	46.0	45.5	45.0
16	16:30	50	654.5	41.5	49.0	44.0	43.5	43.0
17	17:00	50	483.0	39.5	45.0	42.0	41.0	39.5

**Tabel 3 Hasil Pengamatan Kolektor, Surya Kamis 11 September 2008**

No.	Pukul	Vol.tangki	G <sub>bT</sub>	T <sub>kolektor</sub> ( °C )		T <sub>tangki air</sub> ( °C )		
	( WITA )	( liter )	( W/m <sup>2</sup> )	T <sub>fi</sub>	T <sub>fo</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
1	9:00	50	0.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
2	9:30	50	739.0	29.5	34.0	31.0	30.5	30.0
3	10:00	50	891.0	30.0	36.5	33.0	32.0	30.5
4	10:30	50	1002.0	30.5	39.0	37.0	34.5	31.0
5	11:00	50	1105.0	31.0	46.0	40.5	37.5	33.5
6	11:30	50	1228.0	33.0	48.0	43.0	41.0	37.5
7	12:00	50	1267.0	36.0	52.5	47.5	44.5	41.0
8	12:30	50	1204.0	39.0	53.5	51.0	49.5	43.5
9	13:00	50	1227.0	43.0	54.0	52.0	51.0	47.0
10	13:30	50	1298.0	44.5	56.0	54.0	53.0	48.0
11	14:00	50	1289.0	49.0	57.5	55.5	53.5	52.0
12	14:30	50	1350.0	48.0	58.0	56.0	54.5	51.0
13	15:00	50	1246.0	45.5	57.5	55.0	54.0	50.0
14	15:30	50	1096.0	43.0	56.0	54.0	52.0	49.5
15	16:00	50	779.0	42.5	52.0	50.0	49.5	49.0
16	16:30	50	681.0	41.5	51.0	48.0	47.5	47.0
17	17:00	50	507.0	39.5	49.5	46.0	44.5	44.0



**Tabel 4 Hasil Analisa Pengamatan Kolektor Surya, Selasa 9 September 2008**

No.	Pukul	Vol.tangki	$G_{bT}$	$G_{bT}$ (rata-2) tn	$E_{sources}$	$T_{kolektor} (^{\circ}C)$		$T_{tangki\ air} (^{\circ}C)$			$t$	$T_{rata-2\ air}$ tangki	$r_w$	$m_s$	$C_{p\ w}$	$DT_{(air)}$	$E_{output}$	$E_{input}$	$h_{aktual}$
	(WITA)	(liter)	( $W/m^2$ )	( $W/m^2$ )	( $kJ/m^2$ )	$T_{fi}$	$T_{fo}$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	(detik)	( $^{\circ}C$ )	( $kg/m^3$ )	(kg)	( $kJ/kg^{\circ}C$ )	( $^{\circ}C$ )	( $kJoule$ )	( $kJoule$ )	(%)
1	9:00	50	0.0	0.0	0.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	0	30.0	-	-	-	-	-	-	-
2	9:30	50	745.0	745.0	1341.0	30.0	30.0	31.0	30.0	30.0	1800	30.3	995.6	49.78	4.1780	0.3	69.3	2682.0	2.6
3	10:00	50	690.8	717.9	2584.4	34.0	36.0	32.0	31.0	31.5	3600	31.5	995.2	49.76	4.1779	1.5	311.9	5168.9	6.0
4	10:30	50	964.2	800.0	4320.0	35.0	42.0	35.0	33.5	32.5	5400	33.7	994.5	49.73	4.1779	3.7	761.7	8640.0	8.8
5	11:00	50	1117.9	879.5	6332.2	36.0	51.0	37.0	37.0	35.0	7200	36.3	993.6	49.68	4.1779	6.3	1314.5	12664.4	10.4
6	11:30	50	1254.2	954.4	8589.8	38.0	54.0	40.0	39.0	39.0	9000	39.3	992.5	49.62	4.1781	9.3	1935.1	17179.6	11.3
7	12:00	50	1119.0	981.9	10604.0	40.0	56.5	43.5	43.0	42.5	10800	43.0	991.0	49.55	4.1786	13.0	2691.7	21208.0	12.7
8	12:30	50	1201.0	1013.2	12765.8	41.0	57.0	47.5	47.0	46.0	12600	46.8	989.4	49.47	4.1793	16.8	3480.3	25531.6	13.6
9	13:00	50	1260.3	1044.1	15034.3	43.0	56.5	53.5	49.0	49.0	14400	50.5	987.8	49.39	4.1803	20.5	4232.4	30068.6	14.1
10	13:30	50	1278.0	1070.0	17334.7	45.0	57.0	54.0	53.5	52.5	16200	53.3	986.4	49.32	4.1812	23.3	4811.9	34669.4	13.9
11	14:00	50	1298.0	1092.8	19671.1	48.0	60.0	57.0	56.5	56.0	18000	56.5	984.9	49.25	4.1823	26.5	5457.9	39342.2	13.9
12	14:30	50	1321.0	1087.0	21522.6	50.0	60.5	56.5	56.0	55.0	19800	55.8	985.2	49.26	4.1820	25.8	5322.1	43045.2	12.4
13	15:00	50	1221.0	1045.0	22572.0	48.5	57.5	54.5	53.0	53.0	21600	53.5	986.4	49.32	4.1812	23.5	4846.0	45144.0	10.7
14	15:30	50	1112.0	1012.0	23680.8	44.0	56.0	53.0	52.5	44.0	23400	49.8	988.1	49.40	4.1801	19.8	4095.8	47361.6	8.6
15	16:00	50	989.0	1011.0	25477.2	41.5	52.0	47.0	46.0	41.0	25200	44.7	990.3	49.52	4.1789	14.7	3034.9	50954.4	6.0
16	16:30	50	902.0	1004.0	27108.0	39.5	49.0	42.5	40.5	39.0	27000	40.7	991.9	49.60	4.1783	10.7	2210.5	54216.0	4.1
17	17:00	50	896.0	1085.6	31264.9	37.5	43.0	39.0	39.0	37.5	28800	38.5	992.8	49.64	4.1781	8.5	1762.8	62529.8	2.8
<b>Efisiensi rata-rata</b>																			<b>9.5</b>

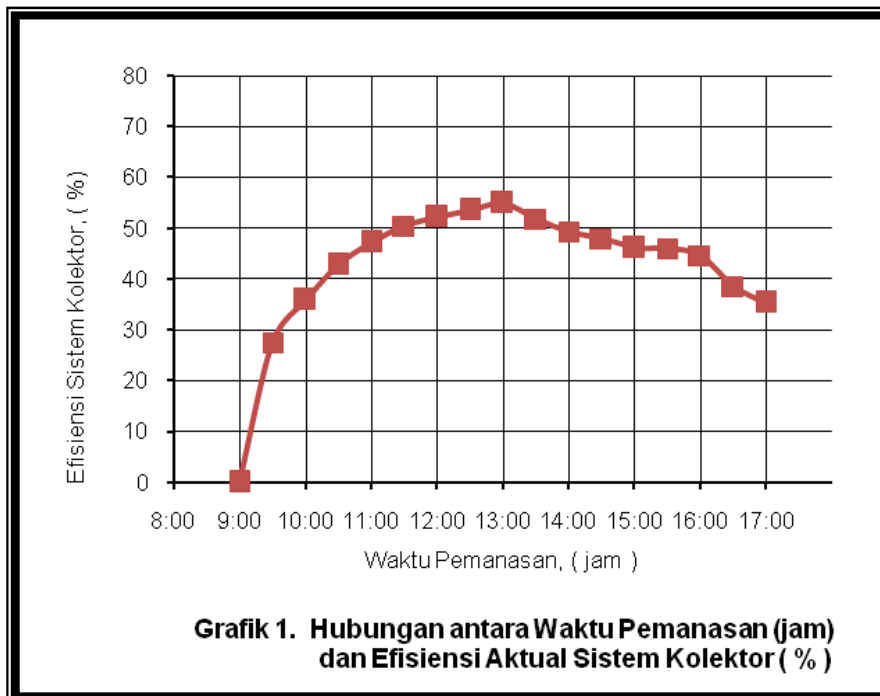
**Tabel 5 Hasil Analisa Pengamatan Kolektor Surya, Rabu 10 September 2008**

No.	Pukul	Vol.tangki	G <sub>bT</sub>	G <sub>bT (rata-2)</sub> t <sub>n</sub>	E <sub>sources</sub>	T <sub>kolektor</sub> (°C)		T <sub>tangki air</sub> (°C)			t	T <sub>rata-2</sub> air tangki	r <sub>w</sub>	m <sub>s</sub>	C <sub>p w</sub>	DT (air)	E <sub>output</sub>	E <sub>input</sub>	h <sub>aktual</sub>
	(WITA)	(liter)	(W/m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> )	(kJ/m <sup>2</sup> )	T <sub>fi</sub>	T <sub>fo</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	(detik)	(°C)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg)	(kJ/kg°C)	(°C)	(kJoule)	(kJoule)	(%)
1	9:00	50	0.0	0.0	0.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	0	30.0	-	-	-	-	-	-	-
2	9:30	50	405.6	405.6	730.1	31.5	33.0	31.0	30.0	30.0	1800	30.3	995.6	49.8	4.2	0.3	69.3	1460.2	4.7
3	10:00	50	678.0	541.8	1950.5	32.0	36.0	32.0	31.5	31.0	3600	31.5	995.2	49.8	4.2	1.5	311.9	3901.0	8.0
4	10:30	50	803.4	629.0	3396.6	33.0	40.0	35.0	32.5	32.0	5400	33.2	994.7	49.7	4.2	3.2	658.0	6793.2	9.7
5	11:00	50	1010.5	724.4	5215.5	34.0	45.0	38.5	35.0	33.0	7200	35.5	993.9	49.7	4.2	5.5	1141.9	10431.0	10.9
6	11:30	50	1123.3	804.2	7237.4	35.5	48.5	39.5	39.0	37.5	9000	38.7	992.7	49.6	4.2	8.7	1797.3	14474.9	12.4
7	12:00	50	1003.5	837.4	9043.7	37.0	52.5	43.0	43.0	39.0	10800	41.7	991.5	49.6	4.2	11.7	2416.8	18087.5	13.4
8	12:30	50	1053.5	868.3	10940.0	40.0	55.0	44.5	44.0	43.0	12600	43.8	990.7	49.5	4.2	13.8	2863.3	21880.1	13.1
9	13:00	50	1127.8	900.7	12970.1	41.0	57.0	47.0	46.5	44.0	14400	45.8	989.8	49.5	4.2	15.8	3274.8	25940.2	12.6
10	13:30	50	1124.9	925.6	14994.9	42.0	58.0	50.0	48.5	44.5	16200	47.7	989.0	49.5	4.2	17.7	3651.5	29989.8	12.2
11	14:00	50	1343.5	967.4	17413.2	43.5	59.5	51.0	49.0	47.5	18000	49.2	988.4	49.4	4.2	19.2	3959.2	34826.4	11.4
12	14:30	50	1245.7	992.7	19655.5	45.0	60.0	51.5	49.5	49.5	19800	50.2	987.9	49.4	4.2	20.2	4164.1	39310.9	10.6
13	15:00	50	1204.0	1010.3	21822.7	47.0	54.0	50.0	50.0	50.0	21600	50.0	988.0	49.4	4.2	20.0	4130.0	43645.3	9.5
14	15:30	50	1058.4	1014.0	23727.8	46.0	52.0	49.5	47.5	47.0	23400	48.0	988.9	49.4	4.2	18.0	3719.9	47455.6	7.8
15	16:00	50	734.0	994.0	25049.0	43.0	51.0	46.0	45.5	45.0	25200	45.5	990.0	49.5	4.2	15.5	3206.3	50098.0	6.4
16	16:30	50	654.5	971.4	26227.1	41.5	49.0	44.0	43.5	43.0	27000	43.5	990.8	49.5	4.2	13.5	2794.7	52454.2	5.3
17	17:00	50	483.0	940.9	27096.5	39.5	45.0	42.0	41.0	39.5	28800	40.8	991.9	49.6	4.2	10.8	2244.9	54193.0	4.1
<b>Efisiensi rata-rata</b>																			<b>9.5</b>

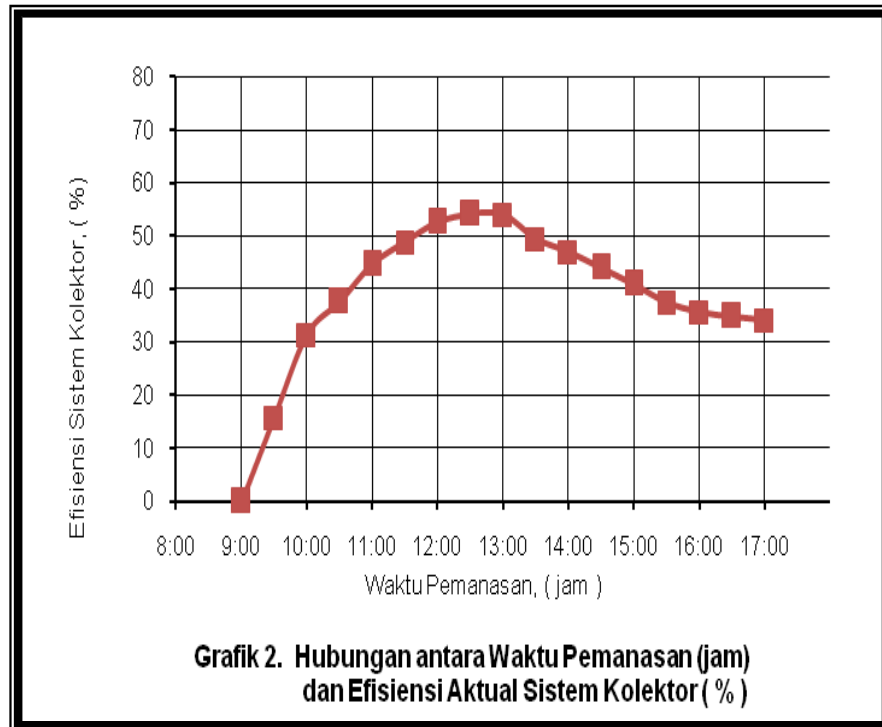
**Tabel 6 Hasil Analisa Pengamatan Kolektor Surya, Kamis 11 September 2008**

No.	Pukul	Vol.tangki	$G_{bT}$	$G_{bT}$ (rata-2) tn	$E_{sources}$	$T_{kolektor}$ (°C)		$T_{tangki\ air}$ (°C)			$t$	$T_{rata-2\ air}$ tangki	$\rho_{air}$	$m_s$	$C_p\ air$	$\Delta T_{(air)}$	$E_{output}$	$E_{input}$	$\eta_{sistem}$
	(WITA)	(liter)	(W/m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> )	(kJ/m <sup>2</sup> )	$T_{fi}$	$T_{fo}$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	(detik)	(°C)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg)	(kJ/kg°C)	(°C)	(kJoule)	(kJoule)	(%)
1	9:00	50	0.0	0.0	0.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	0	29.0	-	-	-	-	-	-	-
2	9:30	50	739.0	739.0	1330.2	29.5	34.0	31.0	30.5	30.0	1800	30.5	995.6	49.78	4.1780	0.5	104.0	2660.4	3.9
3	10:00	50	891.0	815.0	2934.0	30.0	36.5	33.0	32.0	30.5	3600	31.8	995.1	49.76	4.1779	1.8	381.1	5868.0	6.5
4	10:30	50	1002.0	877.3	4737.6	30.5	39.0	37.0	34.5	31.0	5400	34.2	994.3	49.72	4.1779	4.2	865.5	9475.2	9.1
5	11:00	50	1105.0	934.3	6726.6	31.0	46.0	40.5	37.5	33.5	7200	37.2	993.3	49.66	4.1780	7.2	1487.0	13453.2	11.1
6	11:30	50	1228.0	993.0	8937.0	33.0	48.0	43.0	41.0	37.5	9000	40.5	992.0	49.60	4.1783	10.5	2176.1	17874.0	12.2
7	12:00	50	1267.0	1038.7	11217.6	36.0	52.5	47.5	44.5	41.0	10800	44.3	990.5	49.52	4.1788	14.3	2966.3	22435.2	13.2
8	12:30	50	1204.0	1062.3	13384.8	39.0	53.5	51.0	49.5	43.5	12600	48.0	988.9	49.44	4.1796	18.0	3719.9	26769.6	13.9
9	13:00	50	1227.0	1082.9	15593.4	43.0	54.0	52.0	51.0	47.0	14400	50.0	988.0	49.40	4.1801	20.0	4130.0	31186.8	13.2
10	13:30	50	1298.0	1106.8	17929.8	44.5	56.0	54.0	53.0	48.0	16200	51.7	987.2	49.36	4.1806	21.7	4471.2	35859.6	12.5
11	14:00	50	1289.0	1125.0	20250.0	49.0	57.5	55.5	53.5	52.0	18000	53.7	986.3	49.31	4.1813	23.7	4880.0	40500.0	12.0
12	14:30	50	1350.0	1145.5	22680.0	48.0	58.0	56.0	54.5	51.0	19800	53.8	986.2	49.31	4.1813	23.8	4914.0	45360.0	10.8
13	15:00	50	1246.0	1153.8	24922.8	45.5	57.5	55.0	54.0	50.0	21600	53.0	986.6	49.33	4.1810	23.0	4743.8	49845.6	9.5
14	15:30	50	1096.0	1149.4	26895.6	43.0	56.0	54.0	52.0	49.5	23400	51.8	987.2	49.36	4.1807	21.8	4505.3	53791.2	8.4
15	16:00	50	779.0	1122.9	28297.8	42.5	52.0	50.0	49.5	49.0	25200	49.5	988.2	49.41	4.1800	19.5	4027.5	56595.6	7.1
16	16:30	50	681.0	1093.5	29523.6	41.5	51.0	48.0	47.5	47.0	27000	47.5	989.1	49.46	4.1795	17.5	3617.2	59047.2	6.1
17	17:00	50	507.0	1056.8	30436.2	39.5	49.5	46.0	44.5	44.0	28800	44.8	990.3	49.51	4.1789	14.8	3069.2	60872.4	5.0
<b>Efisiensi rata-rata</b>																			<b>9.7</b>

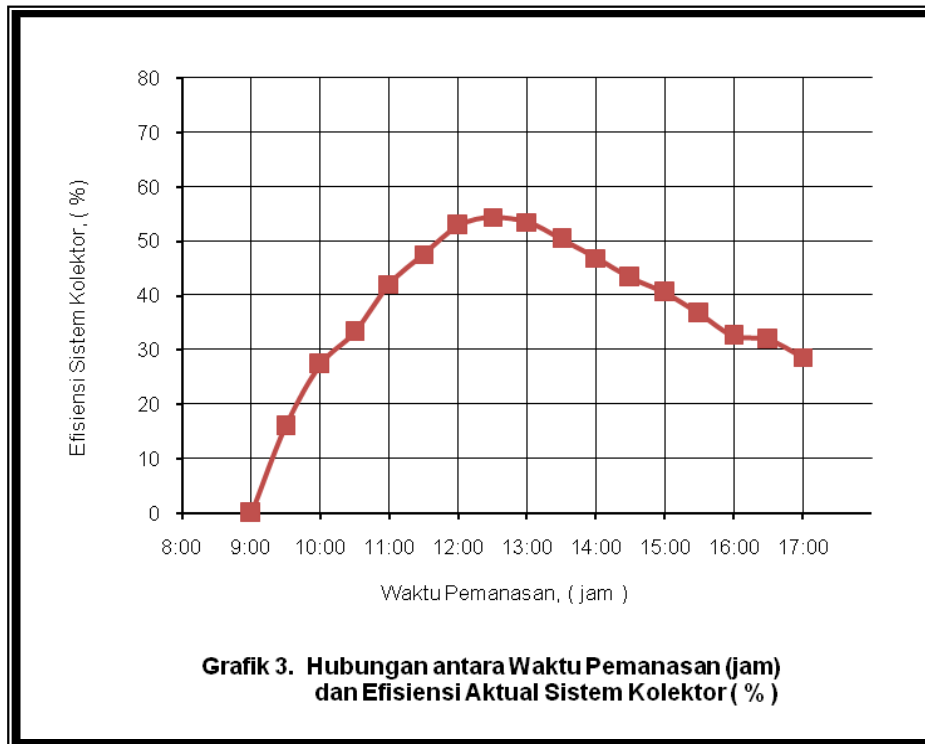
**Grafik 1. Karakteristik Efisiensi Sistem Kolektor Surya  
Selasa 9 September 2008**



**Grafik 2. Karakteristik Efisiensi Sistem Kolektor Surya,  
Rabu 10 September 2008**



**Grafik 3. Karakteristik Efisiensi Sistem Kolektor Surya  
Kamis 11September 2008**



Tabel 7. Tabel  $C_p$  dan  $\rho$  air

No	T	$\rho$	$C_p$
	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	( $\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{K}$ )
1	0	999.9	4,217
2	5	1,000.0	4,202
3	10	999.7	4,192
4	15	999.1	4,186
5	20	998.2	4,182
6	25	997.1	4,179
7	30	995.7	4,178
8	35	994.1	4,178
9	40	992.3	4,178
10	50	988.1	4,180
11	60	983.2	4,184
12	70	977.8	4,189
13	80	971.8	4,196
14	90	965.3	4,205
15	100	958.4	4,216

Sumber : Heat Transfer, ( Bejan, 1993 )



**Tabel 8. Hasil analisa Pemanas Air SuryaPlat Datar Merek Wika**

No.	JAM	T awal (°C)	T akhir (°C)	I (kW/m <sup>2</sup> )	Qin (kJ)	Q abs (kJ)	ηs (%)	Q loss (kJ)
1	9:05	32.5	34.7	0.904	6183.36	1311.33	21.21	4872.03
2	9:10	33.5	37.3	0.947	6477.48	2320.05	35.82	4157.43
3	9:15	34.5	39.3	0.965	6600.60	2925.28	44.32	3675.32
4	9:20	36.5	40.3	0.775	5301.00	2320.05	43.77	2980.95
5	9:25	37.5	42.7	0.880	6019.20	3127.02	51.95	2892.18
6	9:30	38.5	44.3	0.922	6306.48	3530.51	55.98	2775.97
7	9:35	39.5	47.0	0.950	6498.00	4539.23	69.86	1958.78
8	9:40	41.0	49.3	0.840	5745.60	5043.58	87.78	702.02
9	9:45	42.0	51.7	0.961	6573.24	5850.56	89.01	722.68
10	9:50	43.0	52.7	1.017	6956.28	5850.56	84.10	1105.72
11	9:55	44.5	55.0	1.027	7024.68	6354.92	90.47	669.76
12	10:00	45.0	55.7	1.038	7099.92	6455.79	90.93	644.13
13	10:05	46.0	56.3	1.041	7120.44	6254.04	87.83	866.40
14	10:10	46.0	56.3	1.039	7106.76	6254.04	88.00	852.72
15	10:15	46.5	53.3	1.075	7353.00	4135.74	56.25	3217.26
16	10:20	47.5	56.3	1.093	7476.12	5346.20	71.51	2129.92
17	10:25	47.5	53.3	1.093	7476.12	3530.51	47.22	3945.61
18	10:30	47.0	54.3	1.115	7626.60	4438.35	58.20	3188.25
19	10:35	48.0	54.0	1.101	7530.84	3631.38	48.22	3899.46
20	10:40	48.0	54.7	1.114	7619.76	4034.87	52.95	3584.89
21	10:45	48.5	56.3	1.119	7653.96	4740.97	61.94	2912.99
22	10:50	48.5	58.7	1.049	7175.16	6153.17	85.76	1021.99
23	10:55	48.0	56.0	1.056	7223.04	4841.84	67.03	2381.20
24	11:00	48.5	54.3	1.092	7469.28	3530.51	47.27	3938.77
25	11:05	48.0	56.3	1.145	7831.80	5043.58	64.40	2788.22
26	11:10	48.5	56.0	1.145	7831.80	4539.23	57.96	3292.58
27	11:15	49.5	56.3	1.151	7872.84	4135.74	52.53	3737.10
28	11:20	49.5	55.3	1.150	7866.00	3530.51	44.88	4335.49
29	11:25	50.0	58.0	1.145	7831.80	4841.84	61.82	2989.96
30	11:30	50.5	59.3	1.153	7886.52	5346.20	67.79	2540.32

Rudi Arikande, Kolektor Surya Plat Datar Wika



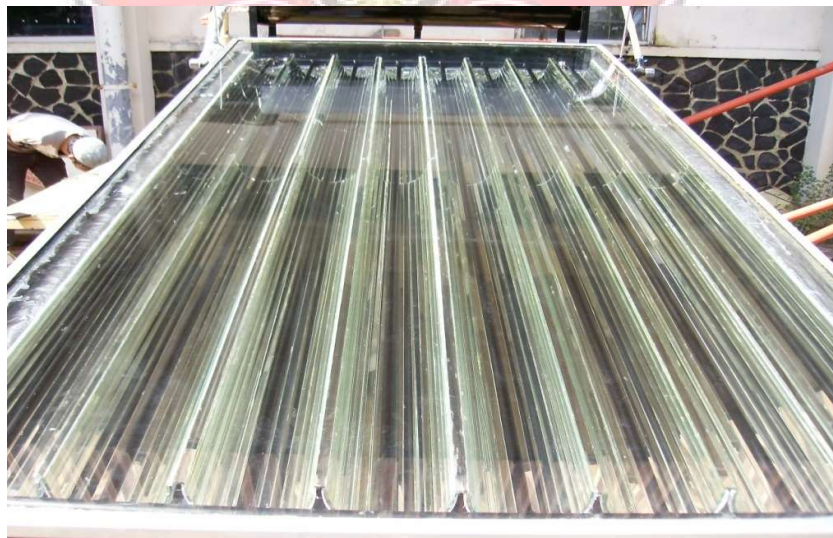
Tabel 9. Data hasil analisa konzentrador saluran trapesium

No.	Pukul	Vol.tangki	t	G <sub>bT</sub> (rata-2) 30'	G <sub>bT</sub> (rata-2) tn	E sources	E input	T <sub>tangki</sub> air ( °C )			T <sub>rata-2</sub> air tangki	ΔT (cir)	ρ air	m air	C <sub>p</sub> air	E output	η sistem	
	( WITA )	( liter )	( detik )	( W/m <sup>2</sup> )	( W/m <sup>2</sup> )	( kJ/m <sup>2</sup> )	( k joule )	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	( °C )	( °C )	( kg/m <sup>3</sup> )	( kg )	( kJ/kg°C )	( k joule )	( % )	
1	9:00	50	0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	30.0	30.0	30.0	-	-	-	-	-	-	-
2	9:30	50	1800	534.0	534.0	961.2	1922.4	30.0	31.0	31.0	30.7	0.7	995.5	49.78	4.1780	138.6	7.2	
3	10:00	50	3600	734.6	634.3	2283.5	4567.0	31.0	32.0	32.5	31.8	1.8	995.1	49.76	4.1779	381.1	8.3	
4	10:30	50	5400	929.7	732.8	3956.9	7913.9	32.5	33.5	34.0	33.3	3.3	994.6	49.73	4.1779	692.6	8.8	
5	11:00	50	7200	970.0	792.1	5702.9	11405.9	34.0	35.0	36.0	35.0	5.0	994.0	49.70	4.1779	1038.3	9.1	
6	11:30	50	9000	1020.0	837.7	7538.9	15077.9	36.0	36.6	38.0	36.9	6.9	993.4	49.67	4.1780	1424.9	9.5	
7	12:00	50	10800	1057.5	874.3	9442.4	18884.9	37.5	39.0	40.0	38.8	8.8	992.6	49.63	4.1781	1831.8	9.7	
8	12:30	50	12600	1040.0	898.0	11314.4	22628.9	39.5	41.0	42.0	40.8	10.8	991.9	49.59	4.1783	2244.9	9.9	
9	13:00	50	14400	930.0	902.0	12988.4	25976.9	42.0	42.0	44.0	42.7	12.7	991.1	49.56	4.1785	2623.0	10.1	
10	13:30	50	16200	887.0	900.3	14585.0	29170.1	43.0	44.0	45.0	44.0	14.0	990.6	49.53	4.1788	2897.6	9.9	
11	14:00	50	18000	790.0	889.3	16007.0	32014.1	44.0	44.0	45.0	44.3	14.3	990.5	49.52	4.1788	2966.3	9.3	
12	14:30	50	19800	790.0	880.3	17429.0	34858.1	44.0	44.5	44.5	44.3	14.3	990.5	49.52	4.1788	2966.3	8.5	
<b>efisiensi sistem rata-rata =</b>																	<b>9.1</b>	

Ferli,dkk



Gambar G.1 Pemanas air tenaga surya dengan kolektor surya konsentrator paralel semi silindris



Gambar G.2 Kolektor surya konsentrator paralel semi silindris