

**PEMANAS AIR TENAGA SURYA JENIS KOLEKTOR  
TERPADU DENGAN TANGKI TERSUSUN SERI**

**TUGAS AKHIR**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat sarjana S-1



Dijuluki Oleh :

**Anthon Cahyadi**

**NIM : 995214037**

Kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SANATA DHARMA**

**YOGYAKARTA**

**2006**

**PEMANAS AIR TENAGA SURYA JENIS KOLEKTOR  
TERPADU DENGAN TANGKI TERSUSUN SERI**

**TUGAS AKHIR**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat sarjana S-1



Diajukan Oleh :

**Anthon Cahyadi**

**NIM : 995214037**

Kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SANATA DHARMA**

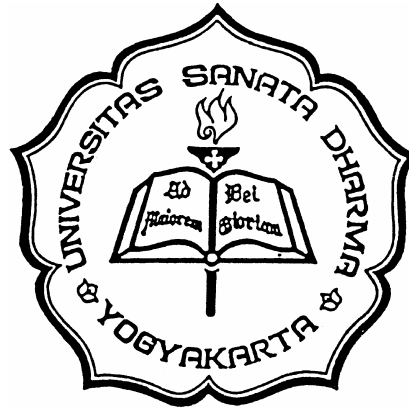
**YOGYAKARTA**

**2006**

# **INTEGRATED COLLECTOR TYPE SOLAR WATER HEATER WITH SERIES TANKS**

## **FINAL PROJECT**

Presented as Partial Fulfillment of The Requirements  
To Obtain The Sarjana Teknik Degree  
In Mechanical Engineering



By :

**Anthon Cahyadi**

**Student Number : 995214037**

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM  
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
ENGINEERING FACULTY  
SANATA DHARMA UNIVERCITY  
YOGYAKARTA**

**2006**

## TUGAS AKHIR

### PEMANAS AIR TENAGA SURYA JENIS KOLEKTOR TERPADU DENGAN TANGKI TERSUSUN SERI

Disusun oleh:

Nama : Anthon Cahyadi

NIM : 995214037

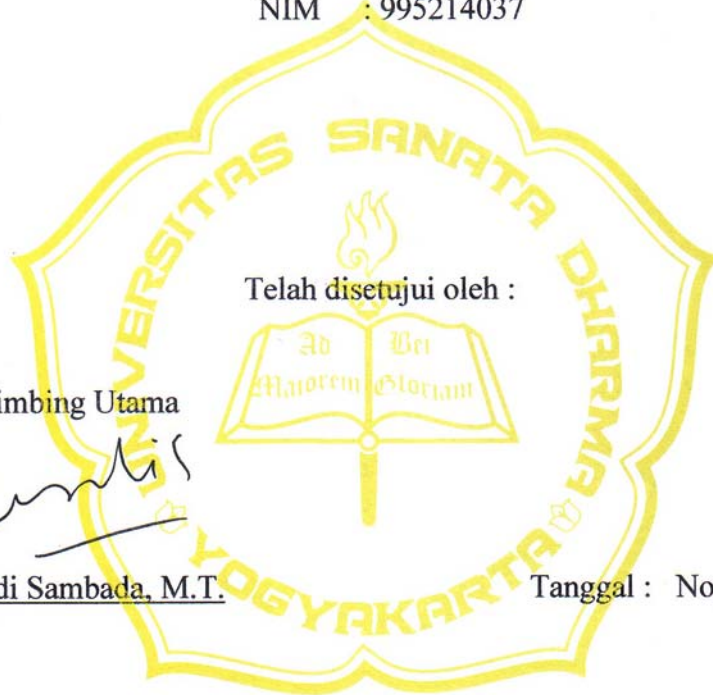
Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama



Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.

Tanggal : Nopember 2006



**TUGAS AKHIR**  
**PEMANAS AIR TENAGA SURYA JENIS KOLEKTOR**  
**TERPADU DENGAN TANGKI TERSUSUN SERI**

Dipersiapkan dan ditulis oleh:

NAMA : Anthon Cahyadi

NIM : 995214037

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 18 Nopember 2006  
dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Ketua : Ir. YB. Lukiyanto, M.T.

Sekretaris : Ir. FX. Agus Unggul Santoso

Anggota : Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.



Yogyakarta, Nopember 2006

Fakultas Teknik,

Universitas Sanata Dharma Yogyakarta,

Dekan



Ir. Greg. Heliarko, S.J., SS., B.ST., MA., M.Sc.

## **PERYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Nopember 2006

Anthon Cahyadi

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan yang berupa dorongan, motivasi, bimbingan, sarana, materi, sehingga dapat terselasaikannya Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan ini, antara lain :

1. Romo Dr. Ir. P. Wiryono Priyotamtama, SJ., Rektor Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Romo Ir. Greg. Heliarko, SJ., SS., B. S. T., M. A., M.Sc., Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
3. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
4. Bapak Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T. Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir.
5. Bapak Budi Sugiarto, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Intan, laboran dari laboratorium Proses Produksi.
7. Segenap Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, kekeliruan, dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan dikemudian hari.

Semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat memberikan tambahan wawasan dan pengetahuan yang berguna bagi semua pembaca khususnya mengenai ilmu pengetahuan Rekayasa Tenaga Surya.

Yogyakarta, Nopember 2006

Penulis



## INTISARI

Dalam rumah tangga, industri maupun rumah sakit kerap kali memanfaatkan air panas dalam kesehariannya seperti untuk mandi, mencuci dan sebagainya. Untuk keperluan itu semua, dalam memanaskan air masih didominasi dengan menggunakan energi fosil khususnya minyak bumi yang suatu saat dapat habis. Dengan semakin berkurangnya energi fosil yang tersedia maka diperlukan energi alternatif untuk mendapatkan air panas yang salah satunya memanfaatkan panas dari radiasi matahari yang biasa disebut energi surya. Dalam penelitian ini meneliti pemanfaatan energi surya yang diterapkan pada kolektor pemanas air tenaga surya jenis terpadu ( *ICS jenis batch solar water heater* ). Sistem kerja pada kolektor surya terpadu ini sangat sederhana karena tidak menggunakan pompa maupun alat control lainnya. Prinsip kerjanya hanya memanfaatkan perbedaan massa jenis (  $\rho$  ) air akibat perbedaan temperatur air yang terjadi didalam tangki pemanas sehingga massa jenis (  $\rho$  ) air yang lebih kecil yang akan mengalir ke pipa keluar pada bagian atas tangki pemanas. Kolektor surya terpadu umumnya terdiri dari tangki penyimpanan yang dibuat didalam kolektor tersebut yang sekaligus berfungsi sebagai penyerap panas, reflektor untuk memantulkan energi surya ke tangki pemanas dan pada bagian atasnya ditutup dengan kaca. Hasil dalam penelitian pada kolektor surya terpadu dengan 2 ( dua ) tangki pemanas tersusun seri reflektor datar mempunyai efisiensi rata-rata maksimum 49 % dan menghasilkan rata-rata kenaikan temperatur air sebesar 15 °C dari temperatur awal air pada kondisi maksimum energi surya sebesar 882,5 W/m<sup>2</sup>. Pengukuran masukan energi surya pada penelitian ini menggunakan solar sel yang telah dikalibrasi.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
TITLE PAGE .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
DAFTAR DEWAN PENGUJI .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
INTI SARI .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Sistem kerja kolektor surya terpadu.....	6
2.2 Koefisien kerugian panas total .....	8
2.3 Pengukuran radiasi surya.....	8
2.4 Energi surya yang diserap kolektor.....	10

2.5	Energi berguna.....	11
2.6	Efisiensi kolektor.....	11
2.7	Efisiensi rata-rata kolektor.....	11
2.8	Parameter efisiensi.....	12
2.9	Perhitungan simulasi.....	12
BAB III	DATA PENELITIAN DAN PERHITUNGAN.....	14
3.1	Metode penelitian .....	14
3.1.1	Skema dan data alat .....	14
3.1.2	Langkah penelitian.....	18
3.2	Data Uji Coba dan Perhitungan tanggal 05 Juli 2006 .....	20
3.2.1	Perhitungan data uji coba 05 Juli 2006 .....	20
3.2.1.1	Koefisien kerugiam panas (U) .....	20
3.2.1.2	Energi surya total ( $G_{total}$ ).....	21
3.2.1.3	Energi surya yang diserap kolektor (Qs).....	22
3.2.1.4	Energi berguna ( $Q_{berguna}$ ).....	23
3.2.1.5	Efisiensi kolektor ( $\eta_c$ ) .....	24
3.2.1.6	Efisiensi kolektor rata-rata ( $\eta_{ave}$ ).....	25
3.2.1.7	Parameter efisiensi .....	25
3.2.2	Perhitungan simulasi 05 Juli 2006.....	27
3.2.2.1	Temperatur ruangan rata-rata ( $T_a$ ).....	27
3.2.2.2	Perhitungan temperature simulasi air (T).....	27
3.3	Data Uji Coba dan Perhitungan tanggal 06 Juli 2006 .....	30
3.3.1	Perhitungan data uji coba 06 Juli 2006 .....	30

3.3.1.1	Koefisien kerugiam panas ( $U$ ) .....	30
3.3.1.2	Energi surya total ( $G_{total}$ ).....	30
3.3.1.3	Energi surya yang diserap kolektor ( $Q_s$ ).....	31
3.3.1.4	Energi berguna ( $Q_{berguna}$ ).....	32
3.3.1.5	Efisiensi kolektor ( $\eta_c$ ) .....	32
3.3.1.6	Efisiensi kolektor rata-rata ( $\eta_{ave}$ ).....	33
3.3.1.7	Parameter efisiensi .....	33
3.3.2	Perhitungan simulasi 06 Juli 2006 .....	34
3.3.2.1	Temperatur ruangan rata-rata ( $T_a$ ).....	34
3.3.2.2	Perhitungan temperature simulasi air ( $T$ ).....	35
3.4	Data Uji Coba dan Perhitungan tanggal 07 Juli 2006 .....	36
3.4.1	Perhitungan data uji coba 07 Juli 2006 .....	36
3.4.1.1	Koefisien kerugiam panas ( $U$ ) .....	36
3.4.1.2	Energi surya total ( $G_{total}$ ).....	36
3.4.1.3	Energi surya yang diserap kolektor ( $Q_s$ ).....	37
3.4.1.4	Energi berguna ( $Q_{berguna}$ ).....	38
3.4.1.5	Efisiensi kolektor ( $\eta_c$ ) .....	38
3.4.1.6	Efisiensi kolektor rata-rata ( $\eta_{ave}$ ).....	39
3.4.1.7	Parameter efisiensi .....	39
3.4.2	Perhitungan simulasi 07 Juli 2006 .....	40
3.4.2.1	Temperatur ruangan rata-rata ( $T_a$ ).....	40
3.4.2.2	Perhitungan temperatur simulasi air ( $T$ ).....	41

BAB IV PEMBAHASAN PENELITIAN .....	42
4.1 Hubungan energi radiasi surya terukur terhadap waktu .....	42
4.2 Distribusi data uji coba dengan $Q_s$ terhadap waktu .....	44
4.3 Hubungan antara $Q$ berguna ( $Q_{\text{berguna}}$ ) dengan $Q_s$ terhadap waktu .....	47
4.4 Hubungan antara efisiensi kolektor ( $\eta_c$ ) dengan parameter efisiensi .....	50
4.5 Hubungan temperatur air simulasi dengan temperatur air hasil uji coba terhadap waktu .....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	55
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56

### DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kolektor surya ICS .....	4
Gambar 2.2 Kolektor surya terpadu dengan reflektor involut .....	5
Gambar 2.3 Kolektor surya terpadu dengan setengah reflektor involut .....	5
Gambar 2.4 Kolektor surya terpadu dengan reflektor datar .....	6
Gambar 2.5 Contoh susunan seri .....	7
Gambar 2.6 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran .....	8
Gambar 3.1 Skema alat .....	14
Gambar 3.2 Skema susunan seri .....	14

Gambar 3.3 Skema reflektor datar .....	15
Gambar 3.4 Foto kolektor surya terpadu .....	19
Gambar 4.1 Grafik masukan energi radiasi surya pada tanggal 05 Juli 2006.....	42
Gambar 4.2 Grafik masukan energi radiasi surya pada tanggal 06 Juli 2006.....	42
Gambar 4.3 Grafik masukan energi radiasi surya pada tanggal 07 Juli 2006....	43
Gambar 4.4 Grafik distribusi temperatur dan Qs terhadap waktu 05 Juli 2006 .....	44
Gambar 4.5 Grafik distribusi temperatur dan Qs terhadap waktu 06 Juli 2006 .....	45
Gambar 4.6 Grafik distribusi temperatur dan Qs terhadap waktu 07 Juli 2006 .....	45
Gambar 4.7 Grafik distribusi temperatur, Q berguna dan Qs 05 Juli 2006 .....	47
Gambar 4.8 Grafik Q berguna dengan Qs terhadap waktu 05 Juli 2006 .....	47
Gambar 4.9 Grafik distribusi temperatur, Q berguna dan Qs 06 Juli 2006 .....	48
Gambar 4.10 Grafik Q berguna dengan Qs terhadap waktu 06 Juli 2006 .....	48
Gambar 4.11 Grafik distribusi temperatur, Q berguna dan Qs 07 Juli 2006 .....	49
Gambar 4.12 Grafik Q berguna dengan Qs terhadap waktu 07 Juli 2006 .....	49
Gambar 4.13 Grafik kurva efisiensi 05 Juli 2006 .....	50
Gambar 4.14 Grafik kurva efisiensi 06 Juli 2006 .....	51
Gambar 4.15 Grafik kurva efisiensi 07 Juli 2006 .....	51

Gambar 4.16 Grafik kurva efisiensi.....	52
Gambar 4.17 Grafik T simulasi air dengan T air 05 Juli 2006 .....	53
Gambar 4.18 Grafik T simulasi air dengan T air 06 Juli 2006 .....	53
Gambar 4.19 Grafik T simulasi air dengan T air 07 Juli 2006 .....	54

### DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data percobaan 05 Juli 2006.....	20
Tabel 3.2 Data $G_{total}$ 05 Juli 2006.....	22
Tabel 3.3 Data $Q_s$ 05 Juli 2006.....	23
Tabel 3.4 Data $Q_{berguna}$ 05 Juli 2006 .....	24
Tabel 3.5 Data efisiensi 05 Juli 2006.....	25
Tabel 3.6 Data parameter efisiensi 05 Juli 2006.....	26
Tabel 3.7 Data hasil perhitungan 05 Juli 2006.....	26
Tabel 3.8 Data $T_a$ 05 Juli 2006.....	27
Tabel 3.9 Data $\beta$ dan $\gamma$ 05 Juli 2006.....	28
Tabel 3.10 Temperatur simulasi 05 Juli 2006.....	29
Tabel 3.11 Data percobaan 06 Juli 2006.....	30
Tabel 3.12 Data $G_{total}$ 06 Juli 2006.....	31
Tabel 3.13 Data $Q_s$ 06 Juli 2006.....	31
Tabel 3.14 Data $Q_{berguna}$ 06 Juli 2006 .....	32
Tabel 3.15 Data efisiensi 06 Juli 2006.....	32
Tabel 3.16 Data parameter 06 Juli 2006 .....	33

Tabel 3.17 Data hasil perhitungan 06 Juli 2006.....	34
Tabel 3.18 Data $T_a$ 06 Juli 2006.....	34
Tabel 3.19 Data $\beta$ dan $\gamma$ 06 Juli 2006 .....	35
Tabel 3.20 Temperatur simulasi 06 Juli 2006.....	35
Tabel 3.21 Data percobaan 07 Juli 2006.....	36
Tabel 3.22 Data $G_{total}$ 07 Juli 2006.....	37
Tabel 3.23 Data $Q_s$ 07 Juli 2006.....	37
Tabel 3.24 Data $Q_{berguna}$ 07 Juli 2006 .....	38
Tabel 3.25 Data efisiensi 07 Juli 2006.....	38
Tabel 3.26 Data parameter 07 Juli 2006 .....	39
Tabel 3.27 Data hasil perhitungan 07 Juli 2006.....	40
Tabel 3.28 Data $T_a$ 07 Juli 2006.....	40
<i>Tabel 3.29 Data <math>\beta</math> dan <math>\gamma</math> 07 Juli 2006 .....</i>	<i>41</i>
Tabel 3.30 Temperatur simulasi 07 Juli 2006.....	41



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Peranan matahari bagi kehidupan bumi sangat penting. Energi radiasi dari matahari ( energi surya ) membuat kehidupan di bumi menjadi hangat, membuat sirkulasi udara dan air di bumi, tumbuhan bisa berfotosintesis, dan banyak hal lainnya. Dari semua peranan matahari bagi kehidupan bumi maka dapat dikatakan bahwa matahari merupakan sumber energi.

Keuntungan yang mendasar dalam pemanfaatan energi surya adalah energi ini didapat secara cuma-cuma ( gratis ), tidak menghasilkan gas berbahaya, dapat digunakan di daerah terpencil sekalipun, dan tidak akan habis.

Selama ini pemanfaatan energi surya terus berkembang mengikuti kebutuhan peradaban manusia. Sebagai contoh, di negara maju energi surya sudah diterapkan untuk bahan bakar kendaraan yang selama ini bahan bakar kendaraan didominasi oleh energi fosil khususnya minyak bumi. Dan contoh pemanfaatan lainnya untuk pembangkit listrik, penerangan, pemanas air, pengering kayu atau hasil pertanian, memasak dan sebagainya.

Untuk memanfaatkan energi surya dapat diterapkan dengan dua cara yaitu;

- a. *Pemanfaatan photon* ( energi surya fotovoltaik )

Energi surya fotovoltaik dihasilkan dengan mengubah energi radiasi matahari menggunakan sistem yang disebut solar sel ( *Solar Cell* ). Dan *solar cell* terdiri dari rangkaian panel unsur semikonduktor, misalnya lapisan

unsur silikon yang tipis. Bila solar cell ini terkena sinar matahari maka pada lapisan silikon terjadi pemisahan elektron dari atom silikon sehingga terjadi arus listrik.

a. *Pemanfaatan panas* ( energi surya termal )

Energi surya termal didapat dari memantulkan energi surya ke suatu titik atau garis sehingga panas dari energi surya terkumpul menjadi satu dan menjadikan panas yang tinggi atau memanfaatkan pelat datar hitam untuk menyerap panas energi surya. Alat pengumpul atau penyerap energi surya ini biasa disebut kolektor termal. Kolektor termal dibagi menjadi berbagai macam yaitu kolektor termal jenis pelat rata, kolektor termal jenis parabola, dan ICS ( Integral Collector Storage ).

Disamping banyak keuntungan yang diperoleh dari memanfaatkan energi surya, kekurangan dari pemanfaatan energi surya itu sendiri adalah alat hanya dapat digunakan pada waktu siang hari saja. Untuk mengatasi kekurangan tersebut maka diperlukan alat penyimpan panas, seperti: tangki penyimpan panas.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Penelitian tentang kolektor jenis terpadu ( ICS jenis *batch solar heater* ) yang menggunakan dua tangki pemanas terpasang seri dengan reflektor datar.

### 1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui efisiensi kolektor jenis terpadu dengan dua tangki pemanas terpasang seri.
- b. Mengetahui temperatur air panas yang dapat dihasilkan oleh pemanas air jenis terpadu ( ICS jenis *batch solar heater* )
- c. Membandingkan antara temperatur simulasi dengan temperatur hasil eksperimental.

### 1.4 Batasan Masalah

- a. Susunan pipa yang menghubungkan tangki tersusun seri
- b. Jumlah tangki yang digunakan 2 ( dua ) tangki.
- c. Perhitungan perpindahan panas pada pipa diabaikan.
- d. Volume tiap tangki 44,8 liter
- e. Kemiringan kolektor 30°

### 1.5 Manfaat Penelitian

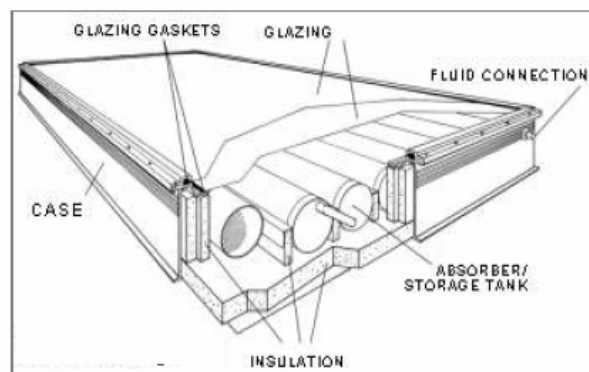
Menambah kepustakaan rekayasa tenaga surya khususnya mengenai kolektor termal surya jenis terpadu ( ICS jenis *batch solar heater* ).

## BAB II

### DASAR TEORI

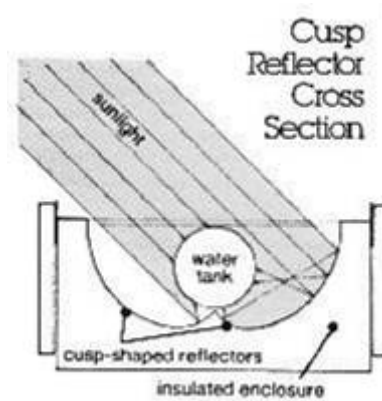
Kolektor surya jenis *Integral Collector Storage* ( ICS ) pertama kali digunakan sekitar akhir abad 18. Meskipun terlihat simpel hanya tangki pemanas dengan pipa-pipa penyalur air ditaruh didalam kotak berisolasi dan ditutup kaca, akan tetapi untuk menganalisa kemampuan termalnya sangat rumit dalam mendistribusikannya ke kaca, permukaan penyerap panas, hidrodinamika air dalam tangki, isolasi pada kolektor dan masih banyak faktor lainnya yang dapat mempengaruhi kemampuan termalnya.

Keuntungan dalam pemakaian kolektor surya jenis ICS ini adalah tidak memakai pompa dan alat kontrol lainnya sehingga tidak ada energi lain yang terpakai selain energi surya. Kelemahan kolektor surya ICS ini terdapat pada kerugian panas terbesar pada waktu malam hari karena sebagian besar energi yang diterima kolektor ICS adalah energi radiasi langsung surya bukan energi dari konveksi. Untuk mengurangi kerugian panas pada malam hari ini dapat dilakukan dengan cara menutup kolektor, sirkulasi dibuat pendek.

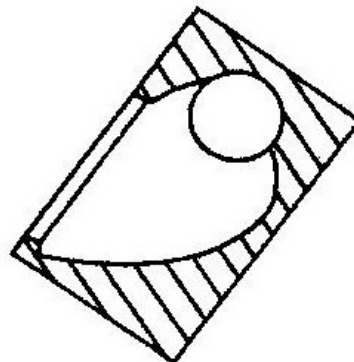


Gambar 2.1 Kolektor surya ICS

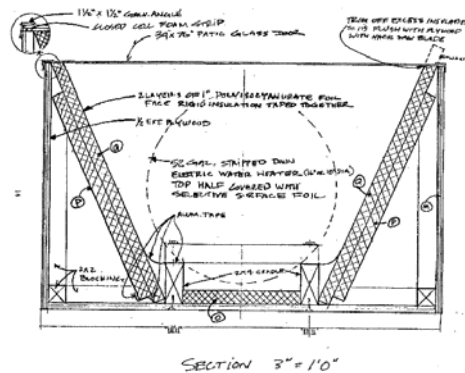
Dalam waktu yang cukup lama, bentuk dari kolektor surya ICS mengalami beberapa perubahan dengan tuntutan untuk meningkatkan efisiensi dan kemampuan kapasitasnya. Untuk meningkatkan efisiensi dan kemampuan kapasitas pada kolektor surya ICS, perubahan yang dilakukan lebih menitik beratkan pada memfokuskan energi radiasi langsung surya yang masuk kolektor ke tangki pemanas dengan reflektor dan mengurangi kerugian panas total pada saat kolektor digunakan. Kolektor jenis ini biasa disebut *kolektor surya terpadu* ( ICS jenis *batch solar water heater* ). Macam-macam reflektor dari kolektor surya terpadu :



Gambar 2.2 Kolektor surya terpadu dengan reflektor involut



Gambar 2.3 Kolektor surya terpadu dengan setengah reflektor involut



Gambar 2.4 Kolektor surya terpadu dengan reflektor datar

Salah satu cara untuk mengurangi kerugian panas yaitu dengan cara memperkecil luasan permukaan tangki pemanas. Selain itu, dapat juga pengurangan kerugian panas total dilakukan dengan cara menggunakan tangki pemanas dengan permukaan yang mempunyai harga emisivitas rendah (permukaan selektif).

Untuk memfokuskan energi radiasi langsung surya ke tangki dengan hasil yang lebih baik dapat dilakukan dengan reflektor involut ideal atau dengan memiringkan kolektor agar dapat menerima energi radiasi langsung surya secara optimal.

## 2.1 Sistem kerja kolektor surya terpadu (*ICS batch solar heater*)

Prinsip kerja kolektor surya terpadu yaitu memanfaatkan perbedaan massa jenis air ( $\rho$ ) ketika air dipanaskan. Cara kerjanya, air yang berada didalam tangki pemanas setelah dipanaskan temperaturnya akan meningkat. Dengan meningkatnya temperatur air maka diikuti dengan turunnya massa jenis air tersebut sehingga air yang bermassa jenis lebih kecil (ringan) akan mengalir ke bagian atas tangki yang sudah ada saluran pipa air untuk mengalirkan keluar air

panas. Kejadian mengalirnya air yang bermassa jenis kecil keatas tangki akan berhenti sampai semua air didalam tangki pemanas mempunyai temperatur yang sama atau seragam.

Dan air dingin akan mengalir melalui pipa masuk bagian tangki pemanas bila air panas yang berada dibagian atas kolektor diambil keluar. Dengan masuknya air dingin ke tangki pemanas akan terjadi pencampuran air dingin dan air panas dibagian bawah tangki pemanas. Hal ini dapat menurunkan temperatur air panas didalam tangki pemanas.

Untuk menghindari lebih banyak pencampuran air dingin dengan air panas dibagian bawah tangki pemanas maka dapat dilakukan dengan memasang dua tangki pemanas dengan susunan seri.



*Gambar 2.5 Contoh susunan seri*

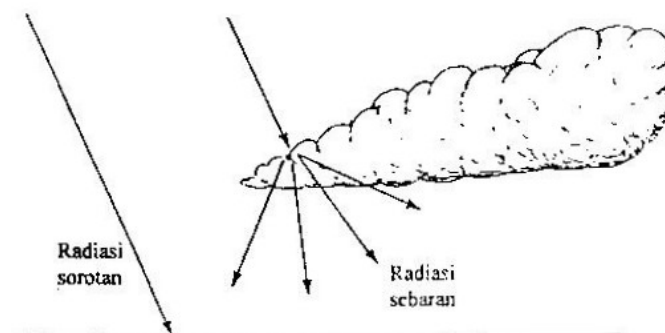
Pada saat pemanasan, air panas pada tangki pemanas pada sisi masuk air dingin akan mengalir ke tangki pemanas pada sisi air keluar. Bila air dingin masuk maka hanya pada bagian bawah tangki pemanas pipa air masuk saja yang terjadi pencampuran air dingin dan air panas.

## 2.2 Koefisien kerugian total ( U )

.Kehilangan panas pada kolektor surya terpadu ini dipengaruhi oleh luasan total tangki ( A ) dan koefisien kerugian total ( U ). Jika luasan total pada tangki besar maka kehilangan panas yang terjadi pada kolektor juga besar. Berdasarkan data empiris, pada umumnya koefisien kerugian total ( U ) untuk kolektor jenis terpadu sebesar  $2 \text{ W /m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  dan mekanisme kerugian panas pada kolektor surya jenis terpadu ini mirip dengan kolektor surya pelat datar.

## 2.3 Pengukuran radiasi surya

Radiasi surya yang terdapat di luar atmosfer bumi sebesar  $1353 \text{ W /m}^2$ . Besaran ini sering disebut konstanta surya atau radiasi sorotan. Konstanta surya akan mengalami pengurangan sebelum mencapai permukaan bumi. Hal ini disebabkan oleh penyerapan dan pemantulan di atmosfer. Selain penyerapan dan pemantulan tersebut, radiasi sorotan terkadang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air sebelum mencapai bumi sebagai radiasi sebaran ( *diffuse* )



Gambar 2.6 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran  
(Arismunanda, W . Rekayasa Tenaga Surya, hal 17)



Untuk mengukur besarnya radiasi surya yang diterima bumi saat itu dapat dilakukan dengan beberapa alat ukur, seperti ; piranograf, piranometer , solar sel dan lainnya.

Pada penelitian ini pengukuran besaran radiasi surya dilakukan dengan menggunakan solar sel. Solar sel merupakan semikonduktor yang bila mendapat energi surya dari pita gelombang tertentu langsung diubah menjadi listrik. Apabila solar sel mendapat energi surya dan diberi suatu tahanan beban yang dihubungkan melintang pada sel tersebut maka akan mengalir arus listrik dalam sirkuit luar.

Dalam pengambilan data energi surya pada penelitian ini yang diukur adalah beda potensial listrik ( Voltase ) yang terjadi pada solar sel Karena itu memerlukan beberapa tahap untuk mengukur energi radiasi surya yang diterima kolektor. Persamaan-persamaan dibawah ini yang digunakan dalam mengukur energi surya yang masuk ke kolektor.

**a. Menghitung arus keluaran solar sel (  $I_{ph}$  )**

$$I_{ph} = \frac{V}{R} \dots\dots\dots( 1 )$$

Dengan :

V = voltase terukur ( Volt )

R = tahanan ohm (  $\Omega$  ), dalam eksperimen digunaka R = 10  $\Omega$

**b. Energi surya yang terukur solar sel ( G )**

Merupakan energi radiasi surya per satuan luasan. G dihitung berdasarkan arus keluaran solar sel yang telah terkalibrasi yaitu dengan persamaan

$$G = \frac{I_{ph}}{0,4} \times 1000 \text{ W/m}^2 \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

$I_{ph}$  = arus keluaran solar sel ( Amper )

**c. Energi surya total (  $G_{total}$  )**

Energi surya total merupakan energi yang diterima kolektor berdasarkan waktu seketika atau sesaat.

$$G_{total} = G \times A_r \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

$G_{total}$  = energi surya total ( W )

$G$  = energi radiasi surya per satuan luasan ( W /m<sup>2</sup> )

$A_r$  = luasan total reflektor ( m<sup>2</sup> )

**2.4 Energi surya yang diserap kolektor (  $Q_s$  )**

Energi surya yang diserap kolektor merupakan rata-rata energi yang diterima kolektor berdasarkan waktu seketika.

$$Q_{sj} = \frac{(G_{total1} + G_{total2}) \times t}{2} \dots\dots\dots (4)$$

$$Q_s = \frac{Q_{sj}}{t} \text{ Watt} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan :

$Q_{sj}$  = Energi surya yang diserap kolektor ( Joule )

$G_{total 1,2}$  = energi matahari total dalam interval waktu ( W )

$t$  = interval waktu ( detik )

## 2.5 Energi berguna ( $Q_{\text{berguna}}$ )

$Q_{\text{berguna}}$  merupakan energi internal yang terpakai oleh air didalam tangki pemanas untuk menaikkan temperturnya. Persamaan untuk  $Q_{\text{berguna}}$  adalah sebagai berikut

$$Q_{\text{berguna}} \text{ J} = M \cdot C_p \cdot ( T_2 - T_1 ) \dots\dots\dots ( 6 )$$

$$Q_{\text{berguna}} = \frac{Q_{\text{berguna}} \text{ J}}{t} \text{ Watt} \dots\dots\dots ( 7 )$$

Dengan :

$Q_{\text{berguna}} \text{ J}$  = energi yang terpakai ( J )

$M$  = massa air ( kg )

$C_p$  = kalor spesifik air ( J /kg.°C )

$T_{1,2}$  = Temperatur air tangki dalam interval waktu (°C )

## 2.6 Efisiensi kolektor ( $\eta_c$ )

Dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut

$$\eta_c = \frac{Q_{\text{berguna}} \text{ J}}{Q_{\text{sj}}} \dots\dots\dots ( 8 )$$

Dengan :

$Q_{\text{berguna}} \text{ J}$  = energi yang berguna ( J )

$Q_{\text{sj}}$  = energi yang diserap kolektor ( J )

## 2.7 Efisiensi rata-rata kolektor ( $\eta_{\text{ave}}$ )

Persamaannya ;

$$\eta_{c \text{ ave}} = \frac{\sum Q_{\text{berguna}}}{\sum Q_{\text{sj}}} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan :

$Q_{\text{berguna}}$  = jumlah total energi yang berguna ( J )

$Q_{\text{sj}}$  = jumlah total energi yang diserap kolektor ( J )

## 2.8 Parameter efisiensi

$$\text{Parameter efisiensi} = \frac{T_{\text{air}} - T_{\text{lingkungan}}}{G_{\text{total}}} \dots\dots\dots(10)$$

## 2.9 Perhitungan simulasi ( T )

Temperatur simulasi disini berguna untuk mengetahui temperatur air panas pada kolektor surya terpadu secara matematis. Temperatur air panas simulasi dibutuhkan dalam perancangan untuk menghasilkan temperatur air panas yang optimal. Temperatur simulasi dapat diketahui dengan persamaan berikut ini.

$$T = \frac{\beta}{\gamma} + \left( T_0 - \frac{\beta}{\gamma} \right) \cdot e^{-\gamma t} \dots\dots\dots(11)$$

Dengan :

$T_0$  = temperatur awal air ( ° C )

$t$  = waktu selama pemanasan ( detik )

harga  $\beta$  dan  $\gamma$  dapat dihitung dengan rumus

$$\beta = \frac{Q_s + mc_p \cdot T_0 + UATa}{Mc_p} \dots\dots\dots(12)$$

$$\gamma = \frac{mc_p + UA}{Mc_p} \dots\dots\dots(13)$$

Dengan :

$Q_s$  = energi radiasi matahari yang diserap kolektor ( W )

$mc_p$  = beban kapasitas alir ( W / $^{\circ}$ C )

$M$  = massa air ( kg )

$c_p$  = kalor spesifik air ( J /kg. $^{\circ}$ C )

$U$  = koefisien kerugian total ( W /m<sup>2</sup>. $^{\circ}$ C )

$A$  = luasan total permukaan tangki ( m<sup>2</sup> )

$T_0$  = temperatur awal air (  $^{\circ}$ C )

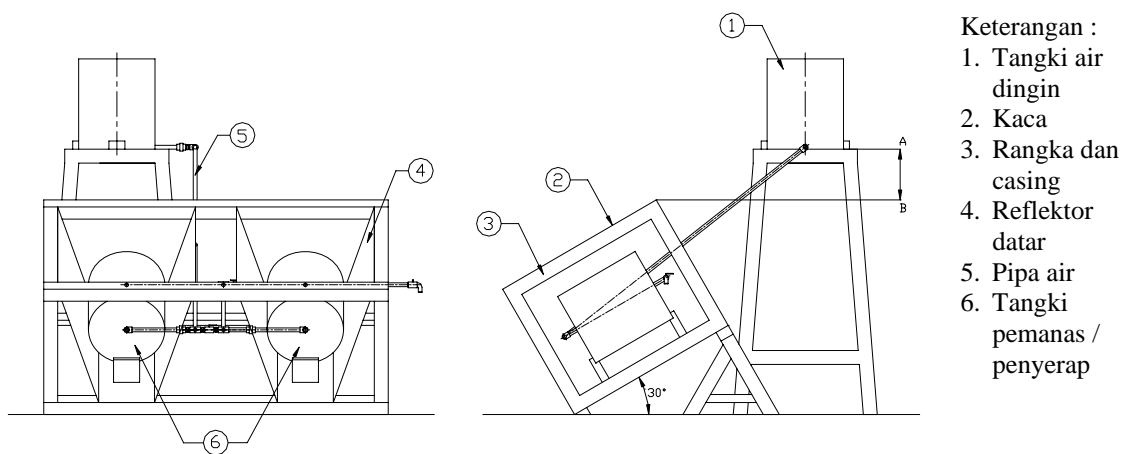
$T_a$  = temperatur ruangan rata-rata (  $^{\circ}$ C )

## BAB III

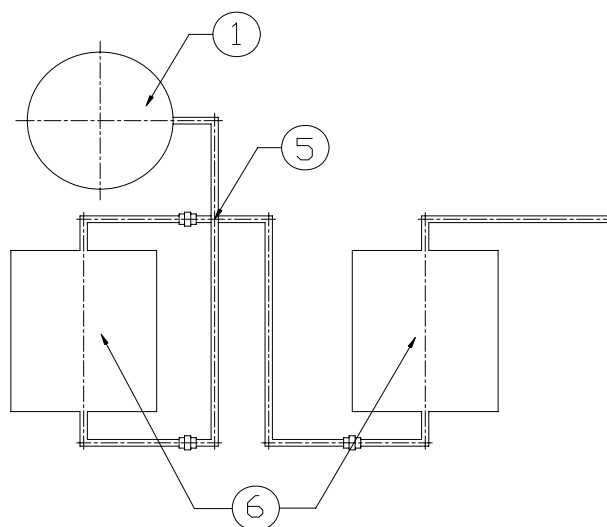
### DATA PENELITIAN DAN PERHITUNGAN

#### 3.1 Metode Penelitian

##### 3.1.1 Skema dan Data Alat



Gambar 3.1 Skema alat



Gambar 3.2 Skema susunan seri

Keterangan :

1. Tangki air dingin ( air input )

Dimensi dan bahan sama dengan tangki air panas.

2. Kaca

Tebal = 0,005 m

Panjang = 1,63 m

Lebar = 0,81 m

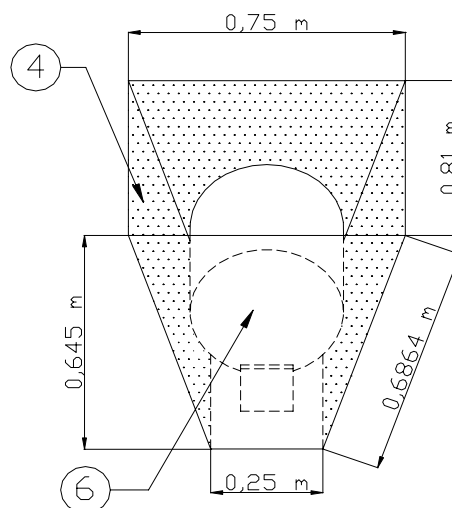
Luasan kaca (  $A_c$  ) = 1,63 m x 0,81 m  
= 1,3203 m<sup>2</sup>

3. Rangka dan casing

Kemiringan kolektor (  $\beta$  ) = 30°

4. Reflektor

Bahan dari alumunium foil dan triplek



Gambar 3.3 Skema reflektor datar

$$\begin{aligned} \text{Luasan reflektor persegi panjang ( 4 buah )} &= 4 \times 0,81 \times 0,6864 \\ &= 2,224 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan reflektor trapesium ( 4 buah )} &= 4 \times \frac{0,25 + 0,75}{2} \times 0,645 \\ &= 0,3225 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan total reflektor dalam kolektor (A}_r\text{)} &= 2,224 + 0,3225 \\ &= 3,514 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

5. Pipa besi ukuran ½ inci

6. Tangki air panas

Bercat flat hitam

Terbuat dari plat besi dan berbentuk tabung

$$\text{Massa tangki} \quad ( M_{\text{tangki}} ) \quad = \quad 3 \text{ kg}$$

$$\text{Diameter luar tangki} \quad ( D_o ) \quad = \quad 0,357 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} \quad = \quad 0,0005 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tabung} \quad ( L ) \quad = \quad 0,450 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter dalam tangki} \quad ( D_i ) \quad &= \quad 0,357 - ( 2 \times 0,0005 ) \\ &= \quad 0,356 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling lingkaran luar} \quad &= \quad \pi \cdot 0,357 \\ &= \quad 1121,55 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} \quad ( V ) \quad &= \quad \frac{\pi \cdot (0,356)^2 \cdot 0,450}{4} \\ &= \quad 0,0448 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



### Luasan pada tangki

$$\text{Luasan sisi samping tangki} = 1121,55 \times 0,450$$

$$= 0,5047 \text{ m}^2$$

$$\text{Luasan sisi atas bawah} = 2 \times \frac{\pi \times (0,357^2)}{4}$$

$$= 0,2002 \text{ m}^2$$

$$\text{Luasan total untuk 1 tangki} = 0,5047 + 0,2002$$

$$= 0,7049 \text{ m}^2$$

### Massa air yang ditampung tangki

Dengan menganggap massa jenis ( $\rho$ ) air pada temperatur 27° C maka massa air dapat diketahui dengan cara mengkalikan volume tangki dengan massa jenis air.

$$M = V \times \rho$$

$$= 0,04454 \text{ m}^3 \times 995,7 \text{ kg /m}^3$$

$$= 44,6 \text{ kg}$$

### Untuk susunan seri

Dengan mengasumsikan, air panas dari tangki satu mengalir ke tangki dua karena terjadi perbedaan massa jenis setelah sistem bekerja maka perubahan temperatur air didalam kedua tangki dianggap tidak sama. Karena itu, beban pada susunan seri terdapat pada kedua tangki tersebut sehingga

$$\text{Luasan total 2 tangki} \quad (A) = 2 \times 0,7049$$

$$= 1,4098 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Massa tangki total 2 tangki } (M_{\text{tangki}}) &= 2 \times 3 \text{ kg} \\ &= 6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air total 2 tangki } (M_{\text{air}}) &= 2 \times 44,6 \text{ kg} \\ &= 89,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 3.1.2 Langkah penelitian

#### a. Pembuatan alat

1. Pengelasan dan merangkai pipa dan tangki agar tersusun seri dan paralel.
2. Pembuatan reflektor datar dan rangka kolektor untuk dudukan rangkaian pipa dan tabung. Reflektor datar dipilih pada alat pemanas ini tujuannya untuk mengurangi kerugian panas dari ruangan dalam kolektor ke lingkungan. Bahan yang digunakan antara lain :  
aluminium foil, kertas karton, triplek, kayu, besi siku, paku, baut dan mur.
3. Menempatkan kolektor pada posisi kemiringan  $30^\circ$  dengan membuat dudukan dari kayu. Dan diteruskan dengan membuat dudukan untuk tangki air dingin ( air input ). Dalam menentukan ketinggian tangki air dingin ( air input ) sama seperti halnya pada kolektor pemanas air termosifon, yaitu ; tangki air dingin ( air input ) diletakkan lebih tinggi dari kolektor dengan ketentuan jarak *elevasi tangki* ( jarak A-B pada *gambar 3.1* ) tidak boleh kurang dari 25 cm. Ini dikarenakan agar

perbedaan massa jenis yang terjadi dapat mengatasi tinggi gesekan dari sistem sehingga air dapat mengalir keluar.

4. Menutup sisi-sisi kolektor dengan triplek dengan ketebalan 3 mm dan dilapisi gabus setebal 2 cm agar kolektor dapat terisolasi.
5. Pemasangan kaca.



*Gambar 3.4 Foto kolektor surya terpadu*

#### **b. Pengukuran masukan energi matahari**

1. solar sel (*solar cell*) dipanaskan dan diatur posisinya sama dengan kemiringan kolektor.
2. diukur voltasenya setiap 10 menit bersamaan dengan pengambilan data.

#### **c. Pengambilan data**

1. kaca ditutup sebelum melakukan pengambilan data

2. setiap 10 menit sampai dengan 120 menit diukur temperatur lingkungan, temperatur ruangan dalam kolektor, temperatur tangki, temperatur air keluar, dan voltase dari solar sel..

### 3.2 Data Uji Coba dan Perhitungan tanggal 05 Juli 2006

Tabel 3.1 Data percobaan 05 Juli 2006

Pukul	Waktu (menit)	Input (Volt)	T Lingkungan (°C)	T Ruangan (°C)	T Tangki (°C)	T Air (°C)
13.30	0	3,16	32,0	51,0	37,1	27,0
13.40	10	1,00	30,0	49,3	50,2	35,0
13.50	20	3,07	31,5	55,6	52,9	36,0
14.00	30	0,63	29,0	48,1	48,9	37,0
14.10	40	0,69	29,0	44,2	43,8	37,0
14.20	50	0,93	30,5	46,6	46,0	37,0
14.30	60	0,74	30,0	48,1	50,9	37,0
14.40	70	1,98	31,0	52,6	55,9	38,0
14.50	80	2,19	31,0	53,6	57,9	39,0
15.00	90	0,82	29,0	48,8	51,5	39,0
15.10	100	1,63	31,0	50,5	52,1	39,0
15.20	110	1,74	30,5	49,3	51,2	39,0
15.30	120	1,36	30,0	47,7	49,5	37,0

#### 3.2.1 Perhitungan data uji coba 05 Juli 2006

##### 3.2.1.1 Koefisien kerugian total ( U )

Harga koefisien kerugian total pada kolektor surya terpadu ( ICS *jenis batch* ) diambil secara umum dan umumnya harga U untuk kolektor surya terpadu adalah  $2 \text{ W /m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  .

### 3.2.1.2 Energi surya total ( $G_{total}$ )

Dari data input pada *tabel 3.1* dan tahanan (  $R$  ) sebesar  $10 \Omega$  maka energi surya total dapat diperoleh dengan cara :

#### a. Menghitung arus keluaran solar sel ( $I_{ph}$ )

$$\begin{aligned} I_{ph} &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{3,16}{10} \\ &= 0,316 \text{ Amper} \end{aligned}$$

#### b. Energi surya yang terukur solar sel ( $G$ )

$$\begin{aligned} G &= \frac{I_{ph}}{0,4} \times 1000 \text{ W/m}^2 \\ &= \frac{0,316}{0,4} \times 1000 \text{ W/m}^2 \\ &= 790 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

#### c. Energi surya total ( $G_{total}$ )

$$\begin{aligned} G_{total} &= G \times A_r \\ &= 790 \times 3,541 \text{ m}^2 \\ &= 2776,06 \text{ W} \end{aligned}$$

Tabel 3.2 Data  $G_{total}$  05 Juli 2006

Waktu (menit)	Input (Volt)	$I_{ph}$ (amper)	G ( $W/m^2$ )	$G_{total}$ (W)
0	3,16	0,316	790,0	2776,06
10	1,00	0,100	250,0	878,50
20	3,07	0,307	767,5	2697,00
30	0,63	0,063	157,5	553,46
40	0,69	0,069	172,5	606,17
50	0,93	0,093	232,5	817,01
60	0,74	0,074	185,0	650,09
70	1,98	0,198	495,0	1739,43
80	2,19	0,219	547,5	1923,92
90	0,82	0,082	205,0	720,37
100	1,63	0,163	407,5	1431,96
110	1,74	0,174	435,0	1528,59
120	1,36	0,136	340,0	1194,76

### 3.2.1.3 Energi surya yang diserap kolektor ( $Q_s$ )

Energi yang diserap kolektor (  $Q_s$  ) didapat dengan persamaan 4 dan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 Q_{sj} &= \frac{(G_{total1} + G_{total2}) \times t}{2} \\
 &= \frac{(2776,06 + 878,5) \times 600}{2} \\
 &= 1096863 \text{ J}
 \end{aligned}$$

kemudian dengan persamaan 5 maka didapat  $Q_s$  dalam satuan Watt

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{1096863 \text{ Joule}}{600 \text{ detik}} \\
 &= 1827,28 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, harga  $Q_s$  dapat dilihat dari tabel berikut

Tabel 3.3 Data Qs 05 Juli 2006

Waktu ( menit )	Qsj ( J )	Qs ( W )
0	0,0	0,00
10	1096368,0	1827,28
20	1072648,5	1787,75
30	975135,0	1625,23
40	347886,0	579,81
50	426951,0	711,59
60	440128,5	733,55
70	716856,0	1194,76
80	1099003,5	1831,67
90	793285,5	1322,14
100	645697,5	1076,16
110	888163,5	1480,27
120	817005,0	1361,68

#### 3.2.1.4 Energi berguna ( $Q_{\text{berguna}}$ )

Didapat dengan persamaan 6 berikut ini

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{berguna}} \text{ J} &= M \cdot C_p \cdot ( T_2 - T_1 ) \\
 &= 89,2 \cdot 4178,7 \cdot ( 35 - 27 ) \\
 &= 2982412,4 \text{ J}
 \end{aligned}$$

kemudian membagi dengan interval waktu tiap pengambilan data seperti

pada persamaan 7 maka didapat  $Q_{\text{berguna}}$  dalam satuan Watt

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{berguna}} &= \frac{2982412,4 \text{ Joule}}{600 \text{ detik}} \\
 &= 4970,7 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Berikut, harga  $Q_{\text{berguna}}$  berdasarkan perhitungan diatas

Tabel 3.4 Data  $Q_{\text{berguna}}$  05 Juli 2006

Waktu (menit)	$Q_{\text{berguna J}}$ (J)	$Q_{\text{berguna}}$ (W)
0	0,0	0,00
10	2982412,4	4970,69
20	372801,6	621,34
30	372801,6	621,34
40	0,0	0,00
50	0,0	0,00
60	0,0	0,00
70	372801,6	621,34
80	372801,6	621,34
90	0,0	0,00
100	0,0	0,00
110	0,0	0,00
120	-745603,1	-1242,67

### 3.2.1.5 Efisiensi kolektor ( $\eta_c$ )

Dengan membagi antara energi yang berguna dengan energi yang diserap kolektor, efisiensi kolektor dapat diketahui sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \eta_c &= \frac{Q_{\text{berguna J}}}{Q_{\text{sj}}} \\
 &= \frac{2982412,4}{1096863} \\
 &= 2,72 \\
 &= 272 \%
 \end{aligned}$$

Efisiensi yang tidak lazim ini dikarenakan pada saat awal pengambilan data, kolektor masih terpengaruh oleh panas dari percobaan sebelumnya.



Tabel 3.5 Data efisiensi 05 Juli 2006

Waktu ( menit )	efisiensi	efisiensi ( % )
0	0,000	0,0
10	2,720	272,0
20	0,348	34,8
30	0,382	38,2
40	0,000	0,0
50	0,000	0,0
60	0,000	0,0
70	0,520	52,0
80	0,339	33,9
90	0,000	0,0
100	0,000	0,0
110	0,000	0,0
120	-0,913	-91,3

### 3.2.1.6 Efisiensi rata-rata kolektor ( $\eta_{c \text{ ave}}$ )

$$\begin{aligned}
 \eta_{c \text{ ave}} &= \frac{\sum Q_{\text{berguna}} J}{\sum Q_{s_j}} \\
 &= \frac{3728015,5}{9319128} \\
 &= 0,40 \\
 &= 40 \%
 \end{aligned}$$

### 3.2.1.7 Parameter efisiensi

$$\begin{aligned}
 \text{Parameter efisiensi} &= \frac{T_{\text{air}} - T_{\text{lingkungan}}}{G_{\text{total}}} \\
 &= \frac{27 - 32}{2776,06} \\
 &= -0,0018
 \end{aligned}$$

Parameter ini dapat disusun dalam bentuk tabel dibawah ini

Tabel 3.6 Data parameter efisiensi 05 Juli 2006

Waktu ( menit )	$\frac{T_{\text{air}} - T_{\text{lingk}}}{G_{\text{total}}}$
0	-0,0018
10	0,0057
20	0,0017
30	0,0145
40	0,0132
50	0,0080
60	0,0108
70	0,0040
80	0,0042
90	0,0139
100	0,0056
110	0,0056
120	0,0059

Hasil perhitungan data uji coba dapat disusun menjadi tabel berikut

Tabel 3.7 Data hasil perhitungan 05 Juli 2006

Waktu (menit)	T Air (°C)	$G_{\text{total}}$ (W)	$Q_s$ ( W )	$Q_{\text{berguna}}$ ( W )	efisiensi	efisiensi ( % )
0	27,0	2776,06	0,00	0,00	0,000	0,0
10	35,0	878,50	1827,28	4970,69	2,720	272,0
20	36,0	2697,00	1787,75	621,34	0,348	34,8
30	37,0	553,46	1625,23	621,34	0,382	38,2
40	37,0	606,17	579,81	0,00	0,000	0,0
50	37,0	817,01	711,59	0,00	0,000	0,0
60	37,0	650,09	733,55	0,00	0,000	0,0
70	38,0	1739,43	1194,76	621,34	0,520	52,0
80	39,0	1923,92	1831,67	621,34	0,339	33,9
90	39,0	720,37	1322,14	0,00	0,000	0,0
100	39,0	1431,96	1076,16	0,00	0,000	0,0
110	39,0	1528,59	1480,27	0,00	0,000	0,0
120	37,0	1194,76	1361,68	-1242,67	-0,913	-91,3

### 3.2.2 Perhitungan Simulasi 05 Juli 2006

Dalam perhitungan simulasi juga dibutuhkan data seperti harga  $M$ ,  $C_p$ , luasan total tangki,  $Q_s$ ,  $U$ , distribusi temperatur dari data eksperimen pada waktu yang sama.

#### 3.2.2.1 Temperatur ruangan rata-rata ( $T_a$ )

$$\begin{aligned} T_a &= \frac{(T_{\text{ruangan 1}} + T_{\text{ruangan 2}})}{2} \\ &= \frac{(51 + 49,3)}{2} \\ &= 50,2 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Tabel 3.8 Data  $T_a$   
05 Juli 2006

Waktu ( menit )	$T_a$ ( $^\circ\text{C}$ )
10	50,2
20	52,5
30	51,9
40	46,2
50	45,4
60	47,4
70	50,4
80	53,1
90	51,2
100	49,7
110	49,9
120	48,5

#### 3.2.2.2 Perhitungan temperatur simulasi air ( $T$ )

Untuk mendapatkan harga temperatur simulasi air panas ( $T$ ) digunakan persamaan berikut ini  
harga  $\beta$  dapat dihitung dengan persamaan 12

$$\beta = \frac{Qs + mc_p \cdot T_0 + UATa}{Mc_p}$$

$$\beta = \frac{1827,28 + 0,27 + 2 \cdot 1,4098 \cdot 50,2}{89,2 \cdot 4178,7}$$

$$= 0,00528$$

dan untuk harga  $\gamma$

$$\gamma = \frac{mc_p + UA}{Mc_p}$$

$$= \frac{0 + 2 \cdot 1,4098}{89,2 \cdot 4178,7}$$

$$= 7,5633 \times 10^{-6}$$

Tabel 3.9 Data  $\beta$  dan  $\gamma$  05 Juli 2006

Waktu ( menit )	$\beta$	$\gamma$	$\beta / \gamma$
0	0,00000	$7,5633 \times 10^{-6}$	0,00000
10	0,00528	$7,5633 \times 10^{-6}$	698,21356
20	0,00519	$7,5633 \times 10^{-6}$	686,49295
30	0,00475	$7,5633 \times 10^{-6}$	628,25268
40	0,00190	$7,5633 \times 10^{-6}$	251,78555
50	0,00225	$7,5633 \times 10^{-6}$	297,77090
60	0,00233	$7,5633 \times 10^{-6}$	307,51013
70	0,00359	$7,5633 \times 10^{-6}$	474,08386
80	0,00531	$7,5633 \times 10^{-6}$	702,72140
90	0,00393	$7,5633 \times 10^{-6}$	520,11137
100	0,00326	$7,5633 \times 10^{-6}$	431,32205
110	0,00435	$7,5633 \times 10^{-6}$	574,89379
120	0,00402	$7,5633 \times 10^{-6}$	531,43198

Berdasarkan temperatur awal air (  $T_0$  ) = 27 °C maka temperatur air panas

simulasi didapat dari persamaan 11 berikut ini

$$T = \frac{\beta}{\gamma} + \left( T_0 - \frac{\beta}{\gamma} \right) \cdot e^{-\gamma t}$$

sehingga untuk :

*temperatur simulasi air pada saat t = 600 detik ( 10 menit )*

$$\begin{aligned} T &= \frac{0,00528}{7,5633 \times 10^{-6}} + \left( 27 - \frac{0,00528}{7,633 \times 10^{-6}} \right) e^{-7,5633 \times 10^{-6} \cdot 600} \\ &= 698,21 + ( 27 - 698,21 ) \cdot 0,9954 \\ &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

*temperatur simulasi air pada saat t = 1200 detik ( 20 menit )*

$$\begin{aligned} T &= \frac{0,00519}{7,5633 \times 10^{-6}} + \left( 27 - \frac{0,00519}{7,633 \times 10^{-6}} \right) e^{-7,5633 \times 10^{-6} \cdot 1200} \\ &= 686,49 + ( 27 - 686,49 ) \cdot 0,9909 \\ &= 33 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan T simulasi air panas dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 3.10 Temperatur simulasi 05 Juli 2006

Waktu ( menit )	T simulasi ( °C )
0	27,0
10	30,0
20	33,0
30	35,1
40	31,0
50	33,1
60	34,5
70	41,0
80	51,1
90	46,7
100	44,9
110	53,7
120	53,7

### 3.3 Data Uji Coba dan Perhitungan tanggal 06 Juli 2006

Tabel 3.11 Data percobaan 06 Juli 2006

Pukul	Waktu (menit)	Input (Volt)	T Lingkungan (°C)	T Ruangan (°C)	T Tabung (°C)	T Air (°C)
09.20	0	1,65	27,0	33,0	27,5	27,0
09.30	10	2,18	28,0	48,9	59,6	30,5
09.40	20	3,24	28,5	57,2	55,8	34,5
09.50	30	2,61	28,0	57,7	57,4	36,0
10.00	40	3,20	28,0	59,0	60,8	38,0
10.10	50	3,45	29,0	63,5	68,5	40,0
10.20	60	3,53	30,0	66,7	71,8	42,0
10.30	70	1,85	29,0	62,8	72,3	44,0
10.40	80	1,12	28,5	56,4	68,9	43,0
10.50	90	1,95	29,5	56,0	62,8	42,0
11.00	100	2,51	29,0	59,0	64,9	42,0
11.10	110	1,05	28,0	55,0	62,2	42,0
11.20	120	0,87	29,0	54,5	61,5	42,0

#### 3.3.1 Perhitungan data uji coba 06 Juli 2006.

##### 3.3.1.1 Koefisien kerugian total ( U )

$$U = 2 \text{ W /m}^2 \cdot \text{°C} .$$

##### 3.3.1.2 Energi surya total ( $G_{\text{total}}$ )

Energi surya total pada uji coba tanggal 06 Juli 2006 dapat disusun seperti dibawah ini

Tabel 3.12 Data  $G_{total}$  06 Juli 2006

Waktu (menit)	Input (Volt)	$I_{ph}$ (amper)	G ( $W/m^2$ )	$G_{total}$ (W)
0	1,65	0,165	412,5	1449,53
10	2,18	0,218	545,0	1915,13
20	3,24	0,324	810,0	2846,34
30	2,61	0,261	652,5	2292,89
40	3,20	0,320	800,0	2811,20
50	3,45	0,345	862,5	3030,83
60	3,53	0,353	882,5	3101,11
70	1,85	0,185	462,5	1625,23
80	1,12	0,112	280,0	983,92
90	1,95	0,195	487,5	1713,08
100	2,51	0,251	627,5	2205,04
110	1,05	0,105	262,5	922,43
120	0,87	0,087	217,5	764,30

### 3.3.1.3 Energi surya yang diserap kolektor ( $Q_s$ )

Tabel 3.13 Data  $Q_s$  06 Juli 2006

Waktu (detik)	$Q_{sj}$ (J)	$Q_s$ (W)
0	0,0	0,00
10	1009396,5	1682,33
20	1428441,0	2380,74
30	1541767,5	2569,61
40	1531225,5	2552,04
50	1752607,5	2921,01
60	1839579,0	3065,97
70	1417899,0	2363,17
80	782743,5	1304,57
90	809098,5	1348,50
100	1175433,0	1959,06
110	938238,0	1563,73
120	506016,0	843,36

### 3.3.1.4 Energi berguna ( $Q_{\text{berguna}}$ )

Tabel 3.14 Data  $Q_{\text{berguna}}$  06 Juli 2006

Waktu (menit)	$Q_{\text{berguna}}$ J ( J )	$Q_{\text{berguna}}$ ( W )
0	0,0	0,00
10	1304805,4	2174,68
20	1491206,2	2485,34
30	559202,3	932,00
40	745603,1	1242,67
50	745603,1	1242,67
60	745603,1	1242,67
70	745603,1	1242,67
80	-372801,6	-621,34
90	-372801,6	-621,34
100	0,0	0,00
110	0,0	0,00
120	0,0	0,00

### 3.3.1.5 Efisiensi kolektor ( $\eta_c$ )

Tabel 3.15 Data efisiensi 06 Juli 2006

Waktu (detik)	efisiensi	efisiensi ( % )
0	0,000	0,0
10	1,293	129,3
20	1,044	104,4
30	0,363	36,3
40	0,487	48,7
50	0,425	42,5
60	0,405	40,5
70	0,526	52,6
80	-0,476	-47,6
90	-0,461	-46,1
100	0,000	0,0
110	0,000	0,0
120	0,000	0,0



### 3.3.1.6 Efisiensi rata-rata kolektor ( $\eta_{c \text{ ave}}$ )

$$\begin{aligned}\eta_{c \text{ ave}} &= \frac{\sum Q_{\text{berguna}}}{\sum Q_{\text{sj}}} \\ &= \frac{5592023,3}{14732445} \\ &= 37,9 \%\end{aligned}$$

### 3.3.1.7 Parameter efisiensi

Tabel 3.16 Data parameter  
06 Juli 2006

Waktu ( menit )	$\frac{T_{\text{air}} - T_{\text{lingk}}}{G_{\text{total}}}$
0	0,0000
10	0,0013
20	0,0021
30	0,0035
40	0,0036
50	0,0036
60	0,0039
70	0,0092
80	0,0147
90	0,0073
100	0,0059
110	0,0152
120	0,0170

Tabel 3.17 Data hasil perhitungan 06 Juli 2006

Waktu (menit)	T Air (°C)	G <sub>total</sub> (W)	Q <sub>s</sub> ( W )	Q <sub>berguna</sub> ( W )	efisiensi	efisiensi ( % )
0	27,0	1449,53	0,00	0,00	0,000	0,0
10	30,5	1915,13	1682,33	2174,68	1,293	129,3
20	34,5	2846,34	2380,74	2485,34	1,044	104,4
30	36,0	2292,89	2569,61	932,00	0,363	36,3
40	38,0	2811,20	2552,04	1242,67	0,487	48,7
50	40,0	3030,83	2921,01	1242,67	0,425	42,5
60	42,0	3101,11	3065,97	1242,67	0,405	40,5
70	44,0	1625,23	2363,17	1242,67	0,526	52,6
80	43,0	983,92	1304,57	-621,34	-0,476	-47,6
90	42,0	1713,08	1348,50	-621,34	-0,461	-46,1
100	42,0	2205,04	1959,06	0,00	0,000	0,0
110	42,0	922,43	1563,73	0,00	0,000	0,0
120	42,0	764,30	843,36	0,00	0,000	0,0

### 3.3.2 Perhitungan Simulasi 06 Juli 2006.

#### 3.3.2.1 Temperatur ruangan rata-rata ( T<sub>a</sub> )

Tabel 3.18 Data T<sub>a</sub>  
06 Juli 2006

Waktu ( menit )	T <sub>a</sub> ( °C )
10	41,0
20	53,1
30	57,5
40	58,4
50	61,3
60	65,1
70	64,8
80	59,6
90	56,2
100	57,5
110	57,0
120	54,8

### 3.3.2.2 Perhitungan temperatur simulasi air ( T )

Tabel 3.19 Data  $\beta$  dan  $\gamma$  06 Juli 2006

Waktu ( menit )	$\beta$	$\gamma$	$\beta / \gamma$
0	0,00000	$7,5633 \times 10^{-6}$	0,00000
10	0,00482	$7,5633 \times 10^{-6}$	637,60467
20	0,00679	$7,5633 \times 10^{-6}$	897,40204
30	0,00733	$7,5633 \times 10^{-6}$	968,78937
40	0,00729	$7,5633 \times 10^{-6}$	963,45799
50	0,00830	$7,5633 \times 10^{-6}$	1097,21698
60	0,00872	$7,5633 \times 10^{-6}$	1152,47587
70	0,00683	$7,5633 \times 10^{-6}$	902,87066
80	0,00395	$7,5633 \times 10^{-6}$	522,27999
90	0,00404	$7,5633 \times 10^{-6}$	534,45844
100	0,00569	$7,5633 \times 10^{-6}$	752,29891
110	0,00463	$7,5633 \times 10^{-6}$	611,59285
120	0,00268	$7,5633 \times 10^{-6}$	353,85626

Tabel 3.20 Temperatur simulasi 06 Juli 2006

Waktu ( menit )	T simulasi ( °C )
0	27,0
10	29,8
20	34,9
30	39,7
40	43,8
50	51,0
60	57,2
70	54,4
80	44,7
90	47,3
100	59,2
110	55,5
120	44,3

### 3.4 Data Uji Coba dan Perhitungan tanggal 07 Juli 2006

Tabel 3.21 Data percobaan 07 Juli 2006

Pukul	Waktu (menit)	Input (Volt)	T Lingkungan (°C)	T Ruangan (°C)	T Tabung (°C)	T Air (°C)
12.00	0	0,68	28,0	47,1	38,8	27,0
12.10	10	2,09	29,0	55,6	53,8	34,0
12.20	20	3,00	31,0	58,9	61,3	37,0
12.30	30	3,10	31,0	61,4	65,5	39,0
12.40	40	3,04	31,0	63,9	68,6	42,0
12.50	50	2,01	30,5	61,6	62,2	42,5
13.00	60	3,16	31,0	64,8	70,9	44,0
13.10	70	2,97	31,5	66,6	72,8	45,5
13.20	80	2,92	32,0	66,7	72,6	46,0
13.30	90	2,12	30,0	62,6	74,2	47,0
13.40	100	1,84	30,0	64,0	67,1	46,0
13.50	110	2,52	31,5	66,2	73,2	47,0
14.00	120	2,44	31,5	67,1	74,3	48,0

#### 3.4.1 Perhitungan data uji coba 07 Juli 2006

##### 3.4.1.1 Koefisien kerugian total ( U )

$$U = 2 \text{ W /m}^2 \cdot \text{°C}$$

##### 3.4.1.2 Energi surya total ( $G_{\text{total}}$ )

Energi surya total pada uji coba tanggal 06 Juli 2006 dapat disusun seperti dibawah ini

Tabel 3.22 Data  $G_{total}$  07 Juli 2006

Waktu (menit)	Input (Volt)	$I_{ph}$ (amper)	G ( $W/m^2$ )	$G_{total}$ (W)
0	0,68	0,068	170,0	597,38
10	2,09	0,209	522,5	1836,07
20	3,00	0,300	750,0	2635,50
30	3,10	0,310	775,0	2723,35
40	3,04	0,304	760,0	2670,64
50	2,01	0,201	502,5	1765,79
60	3,16	0,316	790,0	2776,06
70	2,97	0,297	742,5	2609,15
80	2,92	0,292	730,0	2565,22
90	2,12	0,212	530,0	1862,42
100	1,84	0,184	460,0	1616,44
110	2,52	0,252	630,0	2213,82
120	2,44	0,244	610,0	2143,54

### 3.4.1.3 Energi surya yang diserap kolektor ( $Q_s$ )

Tabel 3.23 Data  $Q_s$  07 Juli 2006

Waktu (detik)	$Q_{sj}$ (J)	$Q_s$ (W)
0	0,0	0,00
10	730033,5	1216,72
20	1341469,5	2235,78
30	1607655,0	2679,43
40	1618197,0	2697,00
50	1330927,5	2218,21
60	1362553,5	2270,92
70	1615561,5	2692,60
80	1552309,5	2587,18
90	1328292,0	2213,82
100	1043658,0	1739,43
110	1149078,0	1915,13
120	1307208,0	2178,68

### 3.4.1.4 Energi berguna ( $Q_{\text{berguna}}$ )

Tabel 3.24 Data  $Q_{\text{berguna}}$   
07 Juli 2006

Waktu (menit)	$Q_{\text{berguna J}}$ ( J )	$Q_{\text{berguna}}$ ( W )
0	0,0	0,00
10	2609610,9	4349,35
20	1118404,7	1864,01
30	745603,1	1242,67
40	1118404,7	1864,01
50	186400,8	310,67
60	559202,3	932,00
70	559202,3	932,00
80	186400,8	310,67
90	372801,6	621,34
100	-372801,6	-621,34
110	372801,6	621,34
120	372801,6	621,34

### 3.3.1.5 Efisiensi kolektor ( $\eta_c$ )

Tabel 3.25 Data efisiensi 07 Juli 2006

Waktu ( menit )	efisiensi	efisiensi ( % )
0	0,000	0,0
10	3,575	357,5
20	0,834	83,4
30	0,464	46,4
40	0,691	69,1
50	0,140	14,0
60	0,410	41,0
70	0,346	34,6
80	0,120	12,0
90	0,281	28,1
100	-0,357	-35,7
110	0,324	32,4
120	0,285	28,5

### 3.4.1.6 Efisiensi rata-rata kolektor ( $\eta_{c \text{ ave}}$ )

$$\begin{aligned}\eta_{c \text{ ave}} &= \frac{\sum Q_{\text{berguna}}}{\sum Q_{\text{sj}}} \\ &= \frac{7828832,6}{15986943} \\ &= 48,9 \%\end{aligned}$$

### 3.4.1.7 Parameter efisiensi

Tabel 3.26 Data parameter  
07 Juli 2006

Waktu ( menit )	$\frac{T_{\text{air}} - T_{\text{lingk}}}{G_{\text{total}}}$
0	-0,0017
10	0,0027
20	0,0023
30	0,0029
40	0,0041
50	0,0068
60	0,0047
70	0,0054
80	0,0055
90	0,0091
100	0,0099
110	0,0070
120	0,0077

Tabel 3.27 Data hasil perhitungan 07 Juli 2006

Waktu (menit)	T Air (°C)	G <sub>total</sub> (W)	Q <sub>s</sub> (W)	Q <sub>berguna</sub> (W)	efisiensi	efisiensi (%)
0	27,0	597,38	0,00	0,00	0,000	0,0
10	34,0	1836,07	1216,72	4349,35	3,575	357,5
20	37,0	2635,50	2235,78	1864,01	0,834	83,4
30	39,0	2723,35	2679,43	1242,67	0,464	46,4
40	42,0	2670,64	2697,00	1864,01	0,691	69,1
50	42,5	1765,79	2218,21	310,67	0,140	14,0
60	44,0	2776,06	2270,92	932,00	0,410	41,0
70	45,5	2609,15	2692,60	932,00	0,346	34,6
80	46,0	2565,22	2587,18	310,67	0,120	12,0
90	47,0	1862,42	2213,82	621,34	0,281	28,1
100	46,0	1616,44	1739,43	-621,34	-0,357	-35,7
110	47,0	2213,82	1915,13	621,34	0,324	32,4
120	48,0	2143,54	2178,68	621,34	0,285	28,5

### 3.4.2 Perhitungan Simulasi 07 Juli 2006.

#### 3.4.2.1 Temperatur ruangan rata-rata ( T<sub>a</sub> )

Tabel 3.28 Data T<sub>a</sub>  
07 Juli 2006

Waktu ( menit )	T <sub>a</sub> ( °C )
10	51,4
20	57,3
30	60,2
40	62,7
50	62,8
60	63,2
70	65,7
80	66,7
90	64,7
100	63,3
110	65,1
120	66,7



### 3.4.2.2 Perhitungan temperatur simulasi air ( T )

Tabel 3.29 Data  $\beta$  dan  $\gamma$  07 Juli 2006

Waktu ( menit )	$\beta$	$\gamma$	$\beta / \gamma$
0	0,00000	$7,5633 \times 10^{-6}$	0,00000
10	0,00365	$7,5633 \times 10^{-6}$	482,87309
20	0,00643	$7,5633 \times 10^{-6}$	850,19315
30	0,00764	$7,5633 \times 10^{-6}$	1010,43550
40	0,00771	$7,5633 \times 10^{-6}$	1019,16688
50	0,00642	$7,5633 \times 10^{-6}$	849,46177
60	0,00657	$7,5633 \times 10^{-6}$	868,60591
70	0,00772	$7,5633 \times 10^{-6}$	1020,65904
80	0,00744	$7,5633 \times 10^{-6}$	984,22075
90	0,00643	$7,5633 \times 10^{-6}$	849,80392
100	0,00514	$7,5633 \times 10^{-6}$	680,20665
110	0,00563	$7,5633 \times 10^{-6}$	744,32046
120	0,00635	$7,5633 \times 10^{-6}$	839,34116

Hasil perhitungan T simulasi air panas dapat dilihat pada tabel berikut

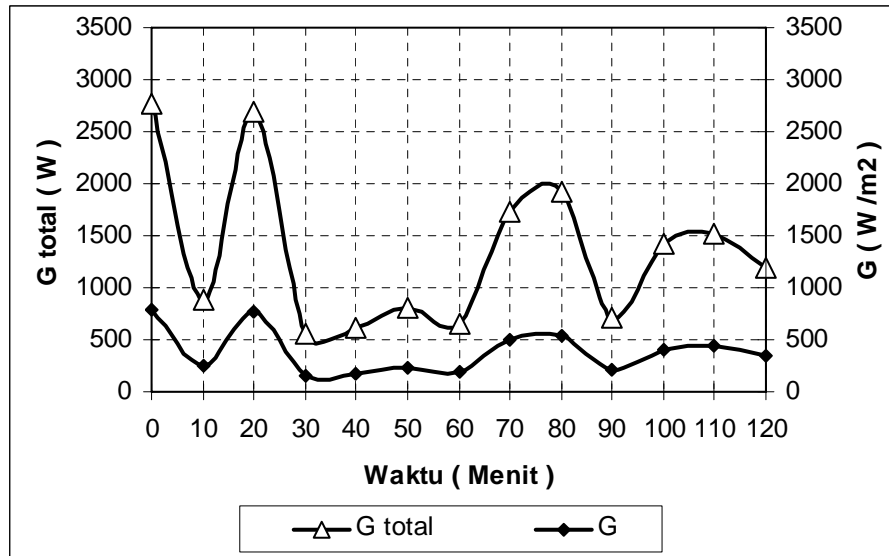
Tabel 3.30 Temperatur simulasi 07 Juli 2006

Waktu ( menit )	T simulasi ( °C )
0	27,0
10	29,1
20	34,4
30	40,3
40	44,8
50	45,5
60	49,6
70	58,1
80	61,1
90	59,9
100	56,0
110	61,9
120	70,1

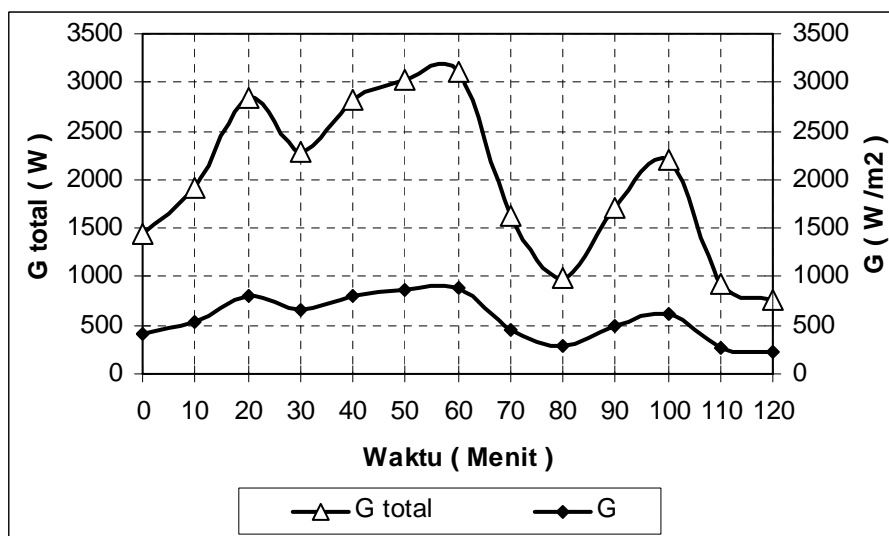
## BAB IV

### PEMBAHASAN PENELITIAN

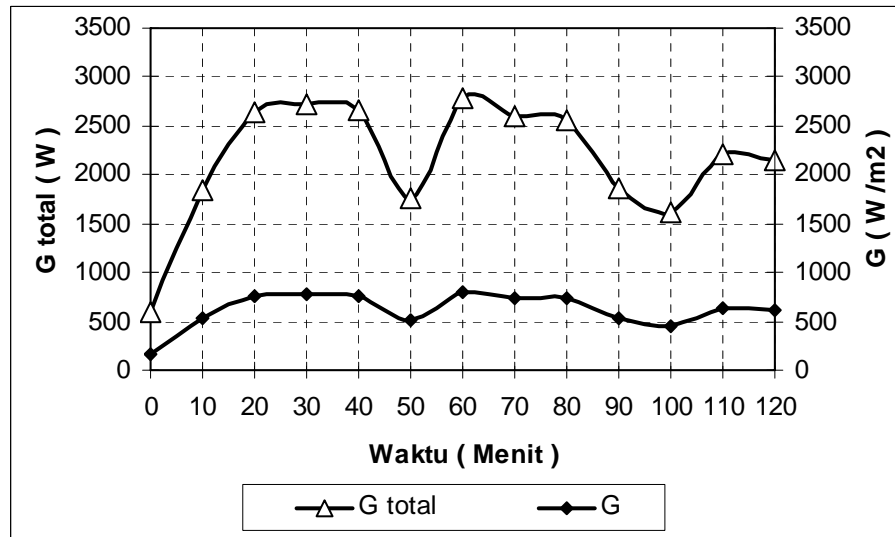
#### 4.1 Hubungan energi radiasi surya terukur terhadap waktu



Gambar 4.1 Grafik masukan energi radiasi surya pada tanggal 05 Juli 2006



Gambar 4.2 Grafik masukan energi radiasi surya pada tanggal 06 Juli 2006



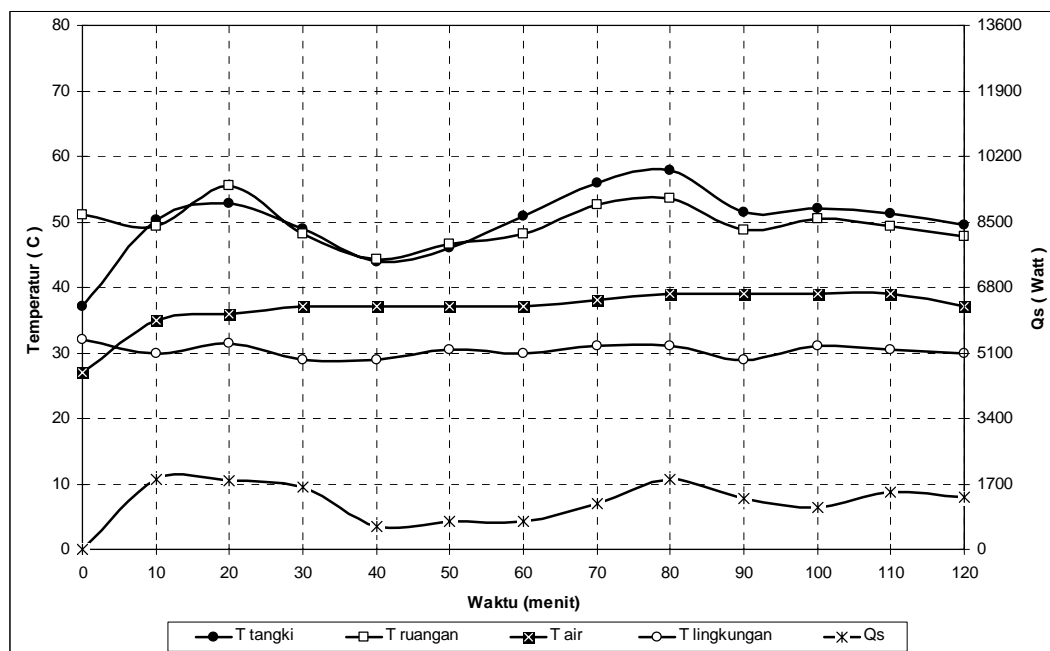
Gambar 4.3 Grafik masukan energi radiasi surya pada tanggal 07 Juli 2006

Berdasarkan tiga grafik diatas, menunjukkan pada saat pengukuran besaran masukan energi surya per satuan luas ( $G$ ) yang terukur maupun masukan energi surya yang total ( $G_{total}$ ) tiap waktunya lebih cenderung berubah – ubah. Secara garis besar, perbedaan besaran masukan energi surya tiap waktunya disebabkan oleh perbedaaan waktu pengukuran setelah matahari terbit dan cuaca cukup berawan selama pengukuran. Penyebab tersebut terlihat jelas pada grafik *Gambar 4.2* yang dimana pengukuran dimulai pukul 09.20 pagi tetapi masukan energi surya yang terukur relatif menurun setelah 1 jam pengukuran. Hal ini disebabkan oleh cuaca berawan menghalangi radiasi sorotan energi surya. Akan tetapi, berbeda dengan menurunnya masukan energi surya pada grafik *Gambar 4.1* yang dalam pengukurannya dimulai pada pukul 13.30. Penurunan masukan energi surya pada grafik *Gambar 4.1* memang disebabkan melemahnya masukan energi surya menjelang matahari terbenam dan cuaca berawan. Untuk grafik

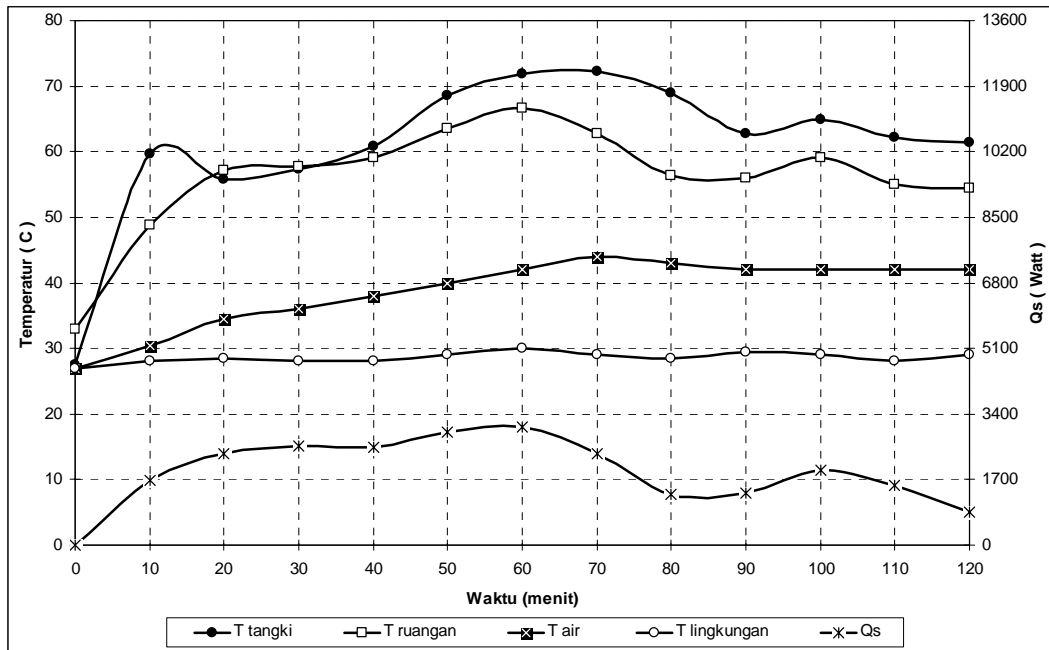
Gambar 4.3 yang dimulai pengukuran pada pukul 12.00 juga mengalami kondisi yang sama pada grafik Gambar 4.1 selama pengukuran.

Selain penyebab – penyebab yang secara garis besar sudah disebutkan, untuk masukan energi surya total (  $G_{total}$  ) yang terjadi juga dipengaruhi oleh luasan total permukaan reflektor dan masukan energi surya per satuan luas (  $G$  ) pada saat yang sama.

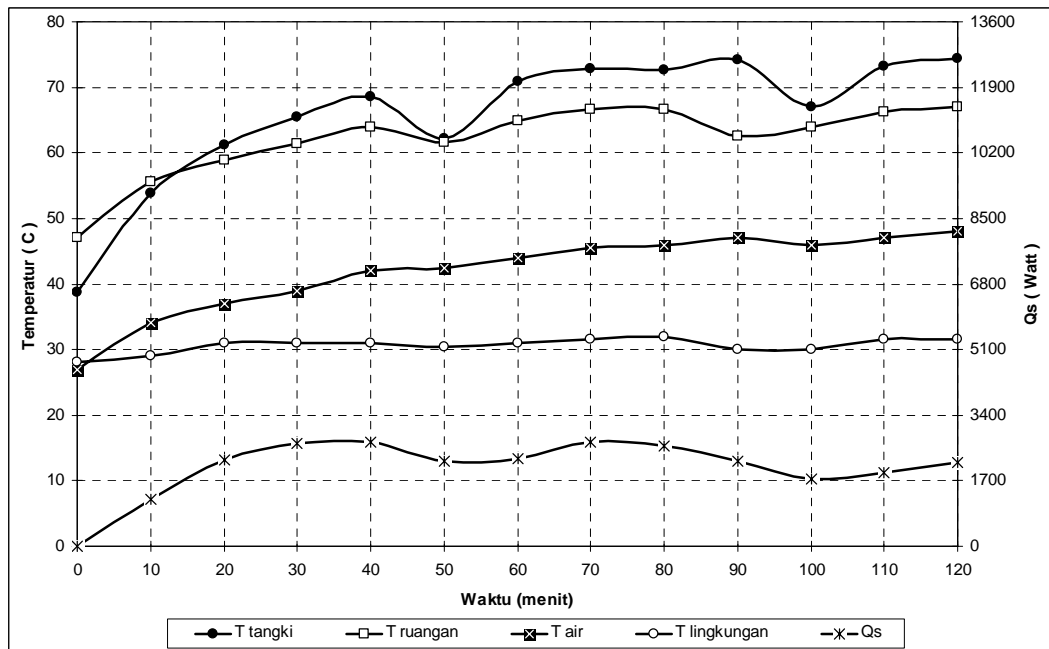
#### 4.1 Distribusi data uji coba dengan $Q_s$ terhadap waktu



Gambar 4.4 Grafik distribusi temperatur dan  $Q_s$  terhadap waktu 05 Juli 2006



Gambar 4.5 Grafik distribusi temperatur dan Qs terhadap waktu 06 Juli 2006



Gambar 4.6 Grafik distribusi temperatur dan Qs terhadap waktu 07 Juli 2006

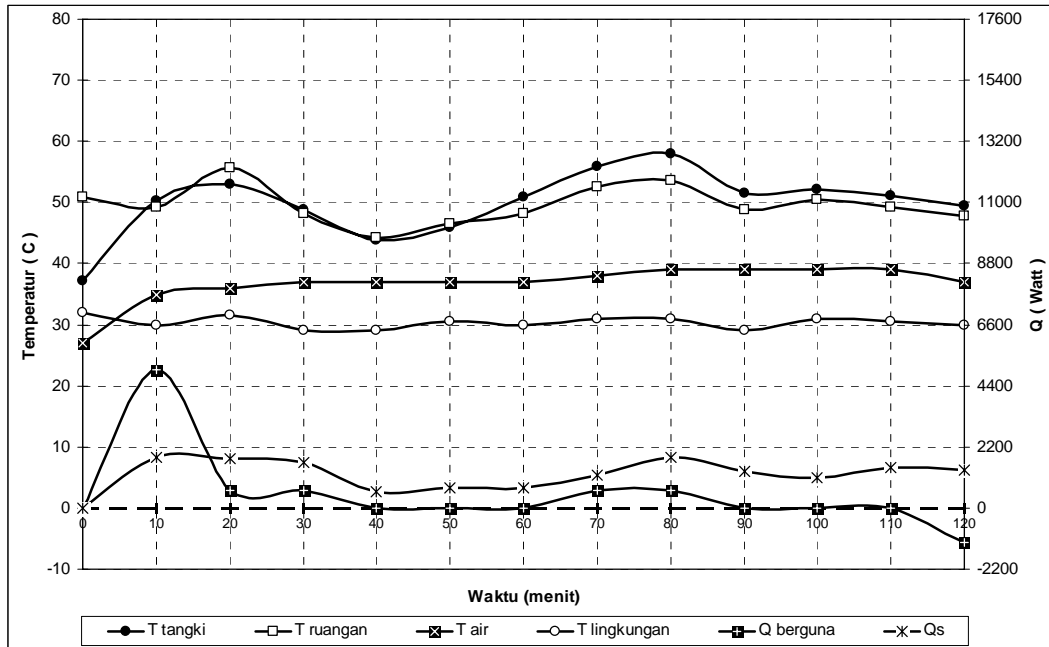
Dari grafik menunjukkan hasil pengukuran temperatur awal ruangan dan tangki memiliki selisih temperatur (  $T$  ) yang tinggi terhadap  $T$  air awal yang pada setiap data sebesar  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , seperti terlihat pada grafik *Gambar 4.4* memiliki  $T$  ruangan awal  $51\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T$  tangki awal =  $37,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , grafik *Gambar 4.5* memiliki  $T$  ruangan awal =  $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T$  tangki awal =  $27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan grafik *Gambar 4.6* memiliki  $T$  ruangan awal =  $47,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T$  tangki awal =  $38,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hal ini memungkinkan energi yang diterima air tidak hanya dari  $Q_s$  saja tetapi ditambah energi dari tangki yang panas terlebih dahulu sebelum melakukan pengukuran.

Berdasarkan pada ketiga grafik tersebut, perubahan  $T$  tangki tergantung oleh energi surya yang diserap kolektor (  $Q_s$  ) saat itu. Bila  $Q_s$  mengalami penurunan maka  $T$  tangki juga cenderung turun. Ini menunjukkan energi yang diserap oleh permukaan tangki sebagian besar diperoleh dari energi radiasi langsung dari matahari.

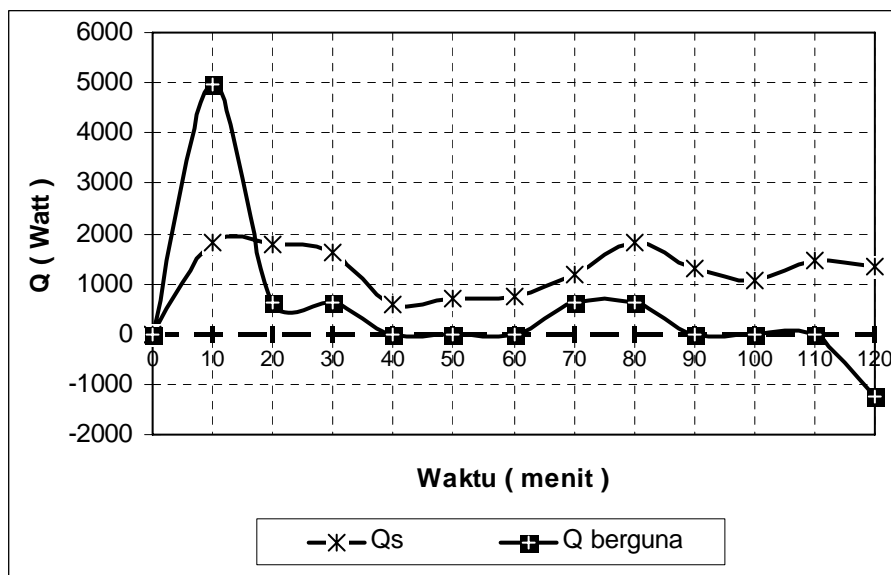
Perubahan  $T$  air pada grafik *Gambar 4.4*, *Gambar 4.5*, *Gambar 4.6* juga dipengaruhi oleh perubahan  $Q_s$ , kapasitas air, luasan dan konduktifitas termal bahan dari tangki pemanas tersebut. Selain mempengaruhi temperatur air, tangki pemanas juga mempengaruhi temperatur ruangan yang berada didalam kolektor. Perubahan temperatur ruangan dalam kolektor disebabkan tangki pemanas juga memancarkan energi radiasi ke lingkungan sekitarnya.

Bila  $T$  tangki mengalami penurunan maka  $T$  air belum tentu mengalami penurunan. Ini disebabkan karena tangki masih menerima  $Q_s$  saat itu meskipun tidak terlalu besar hanya menaikkan  $T$  air menjadi kecil. Terjadi penurunan  $T$  air apabila kolektor mengalami penurunan besaran  $Q_s$  dalam waktu cukup lama.

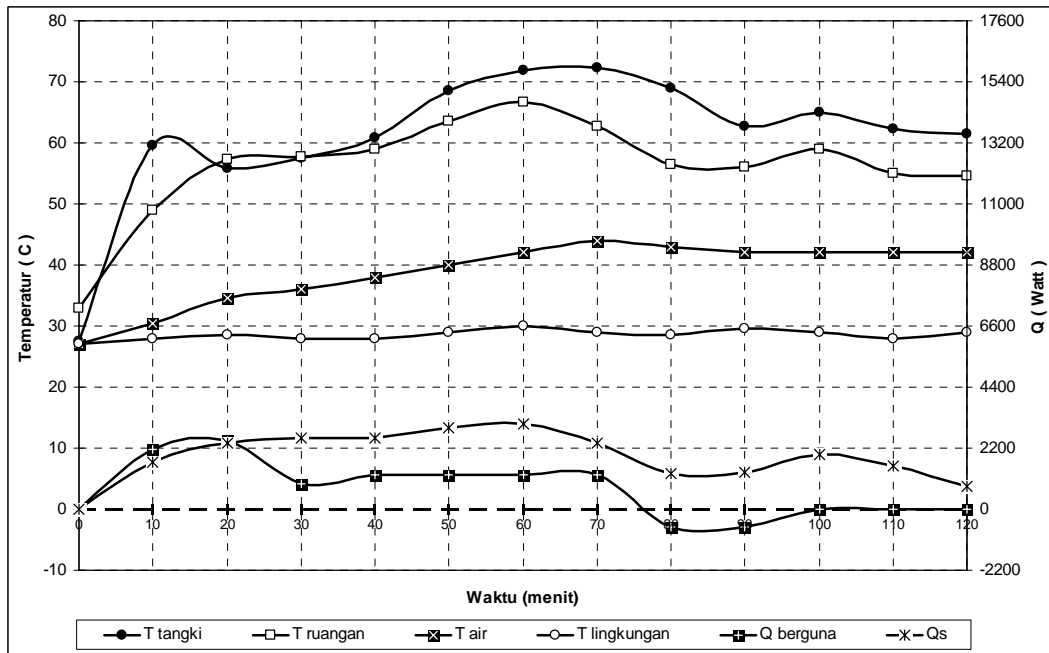
4.2 Hubungan antara  $Q$  berguna ( $Q_{\text{berguna}}$ ) dengan  $Q_s$  terhadap waktu



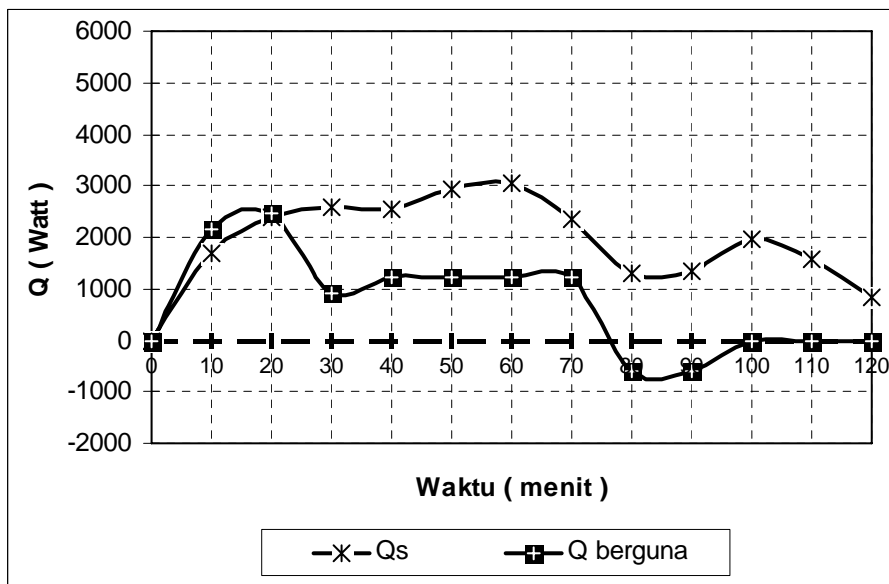
Gambar 4.7 Grafik distribusi temperatur,  $Q$  berguna dan  $Q_s$  05 Juli 2006



Gambar 4.8 Grafik  $Q$  berguna dengan  $Q_s$  terhadap waktu 05 Juli 2006

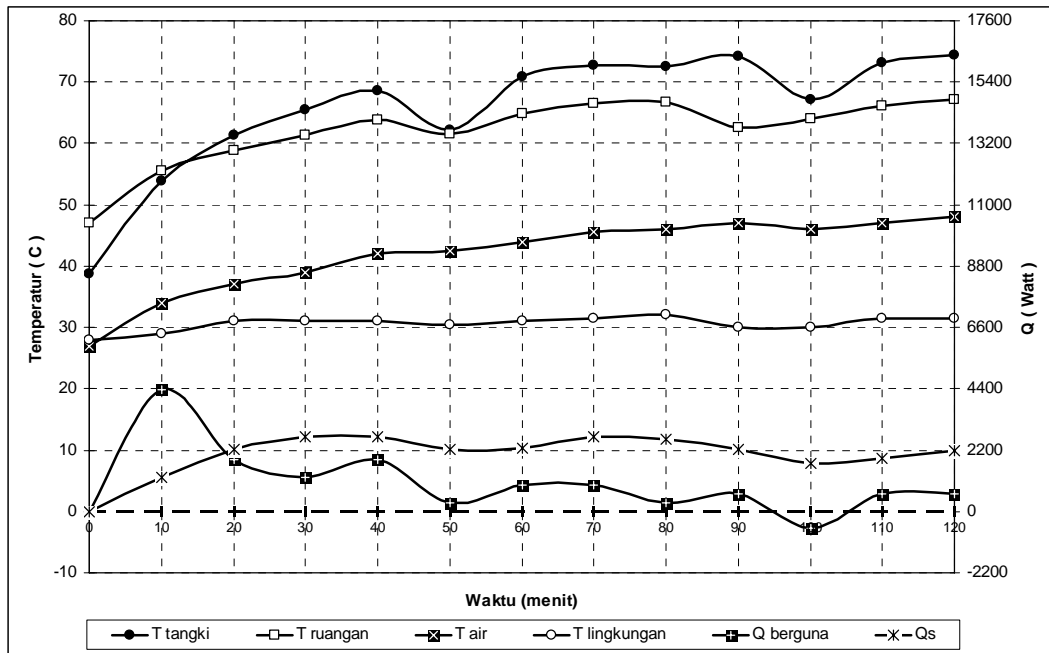


Gambar 4.9 Grafik distribusi temperatur, Q berguna dan Qs 06 Juli 2006

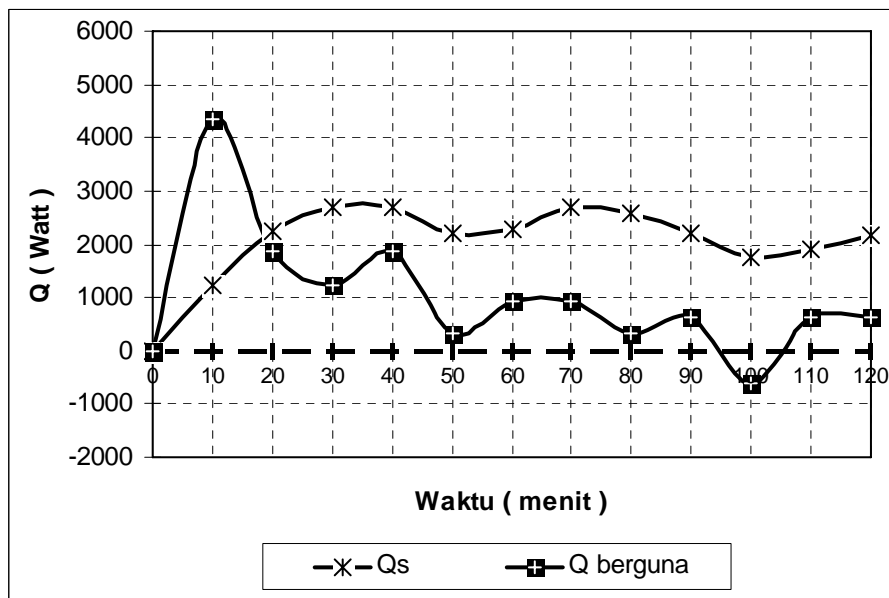


Gambar 4.10 Grafik Q berguna dengan Qs terhadap waktu 06 Juli 2006





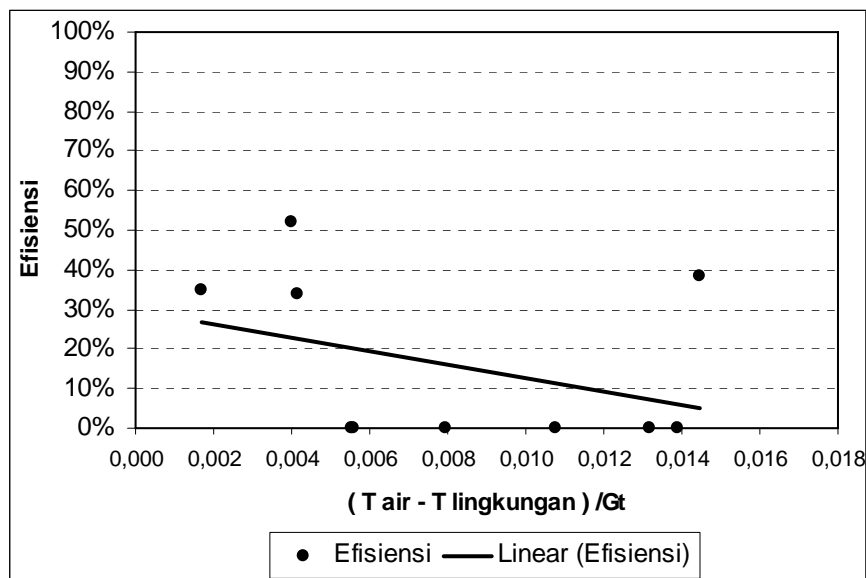
Gambar 4.11 Grafik distribusi temperatur, Q berguna dan Qs 07 Juli 2006



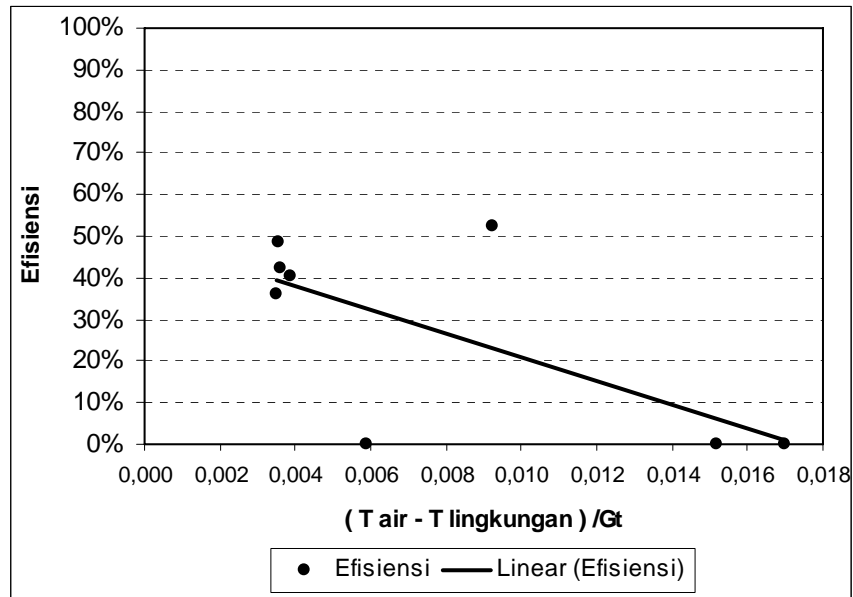
Gambar 4.12 Grafik Q berguna dengan Qs terhadap waktu 07 Juli 2006

Dengan adanya kenaikan energi yang terpakai oleh air ( $Q$  berguna) melebihi energi radiasi surya yang diserap oleh kolektor ( $Q_s$ ) maka ini membuktikan bahwa sebelum melakukan pengambilan data, air sudah mendapat panas yang berasal dari sumber lain selain  $Q_s$ . Kejadian seperti ini sangat mempengaruhi dalam menentukan efisiensi kolektor. Akan tetapi selain pengaruh tersebut, dalam menentukan efisiensi kolektor juga dipengaruhi oleh kehilangan panas pada air seperti terlihat pada grafik *Gambar 4.8* dimana air melepas panas sebesar 1242,7 Watt pada menit ke-120, ini dikarenakan terjadi penurunan  $Q$  berguna yang disertai penurunan  $T$  air pada waktu itu. Perubahan  $Q$  berguna dipengaruhi oleh perubahan  $Q_s$  dan kerugian panas kolektor

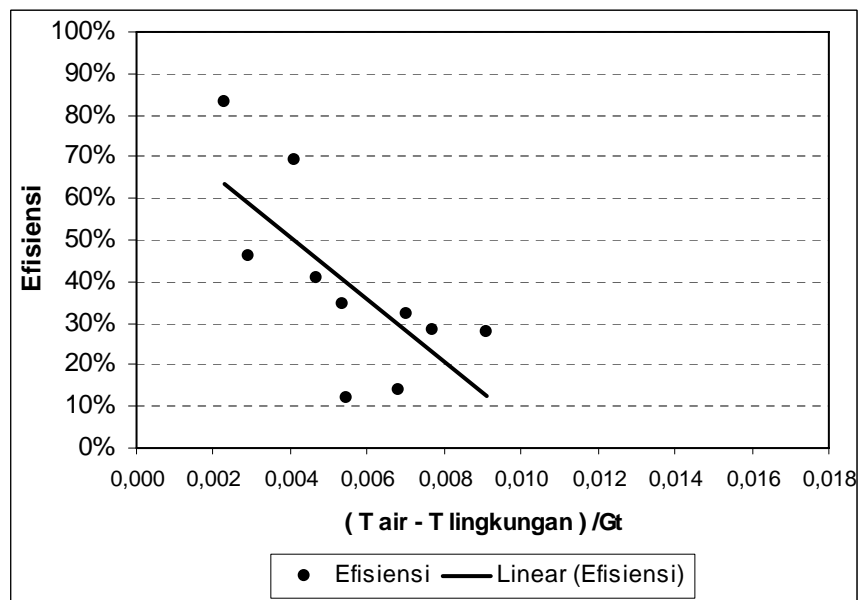
#### 4.3 Hubungan antara efisiensi kolektor ( $\eta_c$ ) dengan parameter efisiensi



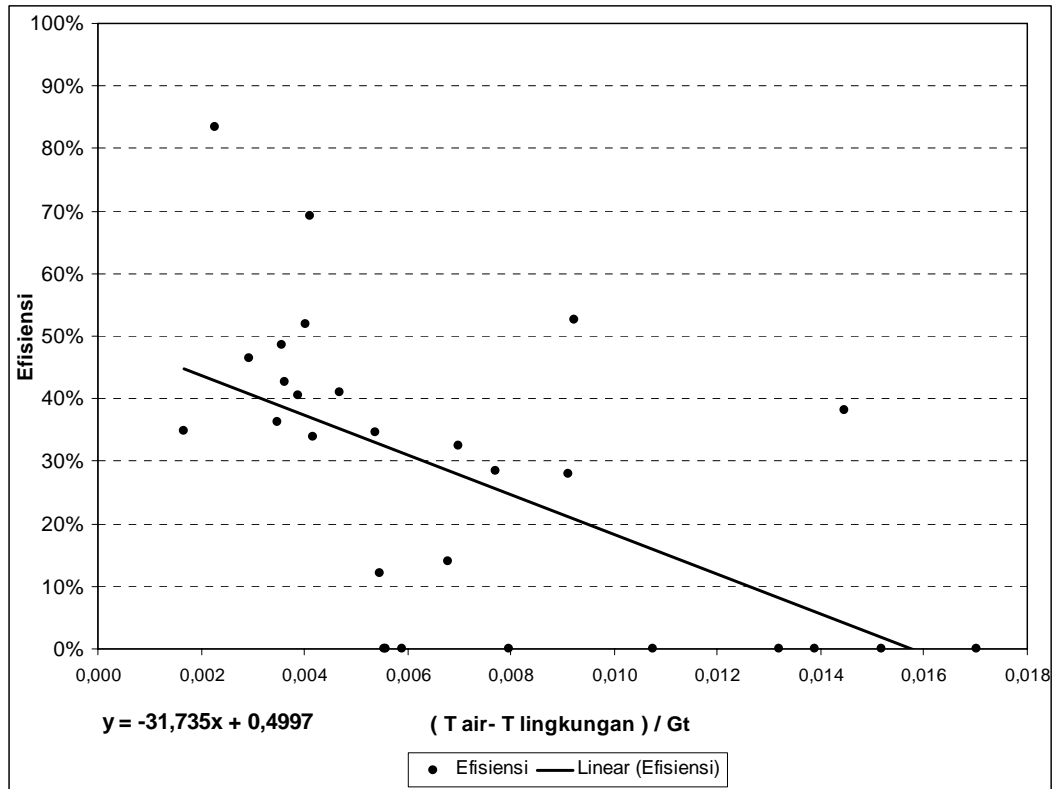
*Gambar 4.13 Grafik kurva efisiensi 05 Juli 2006*



Gambar 4.14 Grafik kurva efisiensi 06 Juli 2006



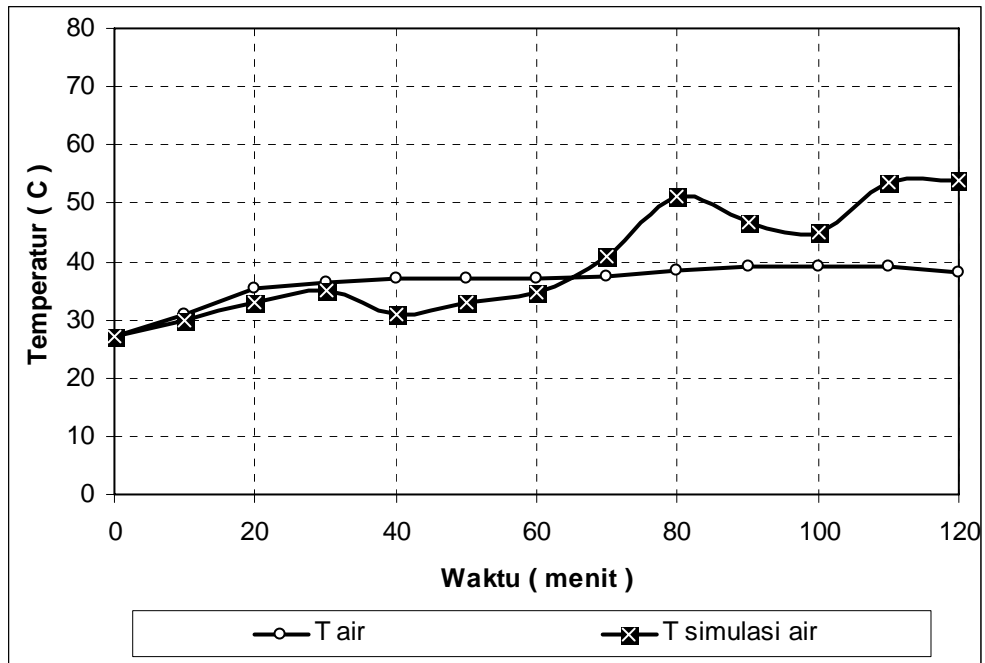
Gambar 4.15 Grafik kurva efisiensi 07 Juli 2006



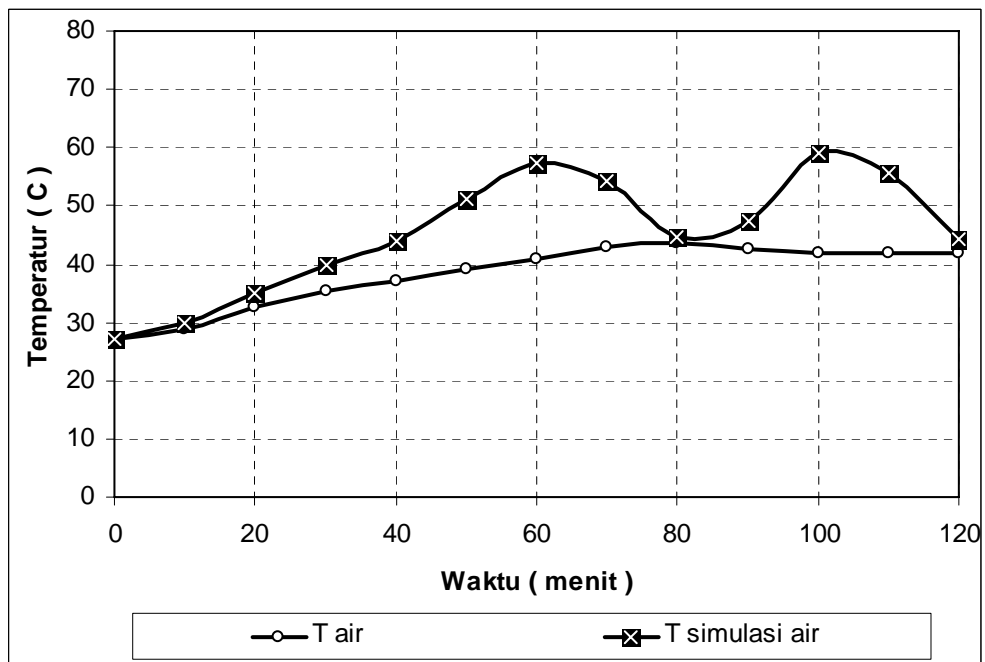
Gambar 4.16 Grafik kurva efisiensi

Berhubung terdapat ada kenaikan  $Q$  berguna melebihi  $Q_s$  dan pelepasan panas air maka kejadian ini mempengaruhi efisiensi kolektor pada setiap grafik. Untuk itu, efisiensi yang menunjukkan kejadian tersebut dianggap tidak ada. Efisiensi kolektor diatas banyak dipengaruhi oleh kenaikan  $T$  air dan energi surya yang diterima kolektor. Seperti pada grafik *Gambar 4.15* menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi diantara ketiga grafik tersebut. Ini karena, kenaikan  $T$  air pada data grafik *Gambar 4.15* lebih tinggi daripada kenaikan  $T$  air pada data grafik *Gambar 4.13* dan *Gambar 4.14*.

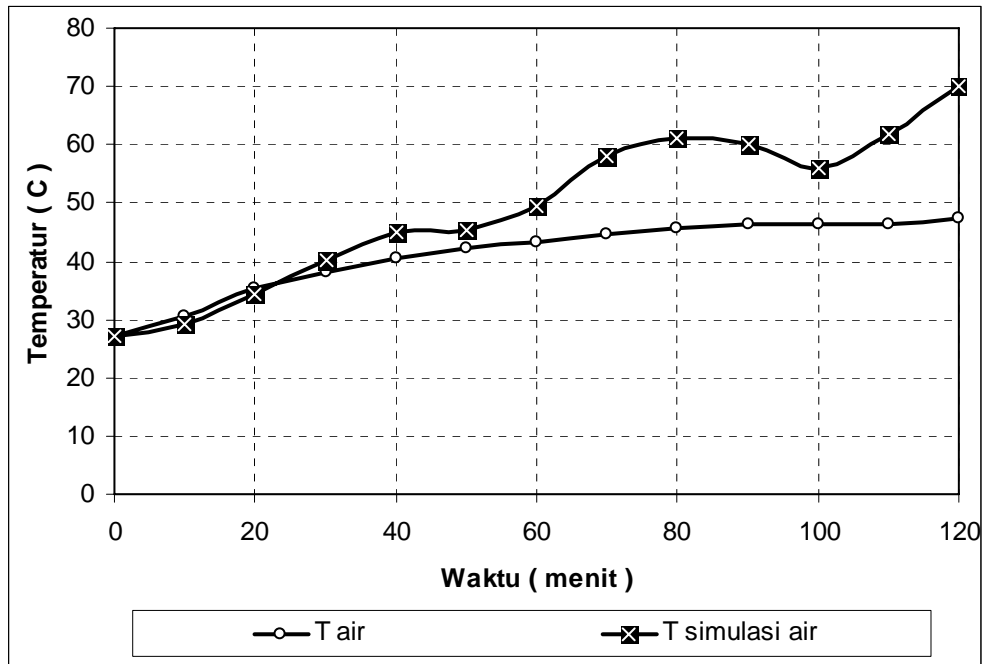
#### 4.4 Hubungan temperatur air simulasi dengan temperatur air hasil uji coba terhadap waktu



Gambar 4.17 Grafik T simulasi air dengan T air 05 Juli 2006



Gambar 4.18 Grafik T simulasi air dengan T air 06 Juli 2006



Gambar 4.19 Grafik T simulasi air dengan T air 07 Juli 2006

Berdasarkan besaran energi radiasi surya yang diterima oleh kolektor ( $Q_s$ ) yang sama dengan data uji coba maka dapat menentukan T simulasi air keluar setiap waktunya. Dari ketiga grafik T simulasi air diatas, menunjukkan bahwa pada waktu akhir uji coba T simulasi lebih besar daripada T air hasil uji coba. Seperti yang terlihat pada grafik *Gambar 4.17* T akhir air pada data = 37 °C dan T akhir pada simulasi = 53,7 °C , pada grafik *Gambar 4.18* menunjukkan T akhir air pada data = 42 °C dan T akhir simulasi = 44,3 °C dan untuk grafik *Gambar 4.19* T akhir air = 48 °C dan T akhir simulasi = 70,1 °C. Perbedaan ini disebabkan oleh panas yang hilang pada kolektor lebih besar daripada yang disimulasikan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari semua hasil uji coba, perhitungan, dan analisa data maka dapat ditarik beberapa kesimpulan:

- 1) Kolektor surya terpadu ( ICS jenis *batch solar heater* ) susunan seri dengan reflektor datar sebagai alat pada uji coba dapat mencapai efisiensi rata-rata maksimum sebesar 49 %.
- 2) Temperatur air panas rata-rata maksimum yang dicapai berdasarkan eksperimen sebesar 47,5 ° C.
- 3) Dengan kondisi yang sama, temperatur air panas hasil simulasi menunjukkan lebih tinggi daripada temperatur air panas hasil uji coba.

#### **5.2 Saran**

- a. Sebelum melakukan uji coba diharapkan temperatur tangki pemanas dan temperatur ruangan kolektor benar-benar tidak mendapatkan panas terlebih dahulu.
- b. Untuk mendapatkan pengukuran temperatur yang lebih baik diperlukan banyak titik pengukuran dalam kolektor.

## DAFTAR PUSTAKA

Lewandowski, A. Leboeuf, C.M. Kuischer, C.F. 1985. *A Cost and Performance Comparison of Drainback and Integral Collector Storage Systems for Residential Domestic Hot Water*. Colorado.

Jansen, T. J. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. Arismunandar, W. Jakarta : Pradnya Paramita.

Holman, J.P. 1994. *Perpindahan Kalor*. Jasjfi, E. Jakarta : Erlangga.