

**KARAKTERISTIK KOLEKTOR SURYA CPC UNTUK POMPA
AIR ENERGI TERMAL MENGGUNAKAN POMPA RENDAM**

TUGAS AKHIR

**Untuk memenuhi sebagai persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1**

Program Studi Teknik Mesin

Jurusan Teknik Mesin



Diajukan oleh :

Yulia Venti Yoanita

055214021

Kepada

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2009**

**KARAKTERISTIK KOLEKTOR SURYA CPC UNTUK POMPA
AIR ENERGI TERMAL MENGGUNAKAN POMPA RENDAM**

TUGAS AKHIR

**Untuk memenuhi sebagai persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1**

Program Studi Teknik Mesin

Jurusan Teknik Mesin



Diajukan oleh :

Yulia Venti Yoanita

055214021

Kepada

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2009**

**CHARACTERISTIC OF CPC SOLLAR COLLECTOR FOR
THERMAL ENERGI WATER PUMP USING SUBMERGE PUMP**

A THESIS

Presented as Partial Fulfillment of the Requirements

To Obtain the *Sarjana S-1*

In Mechanical of Engineering



By:

Yulia Venti Yoanita

055214021

To

**FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA
2009**

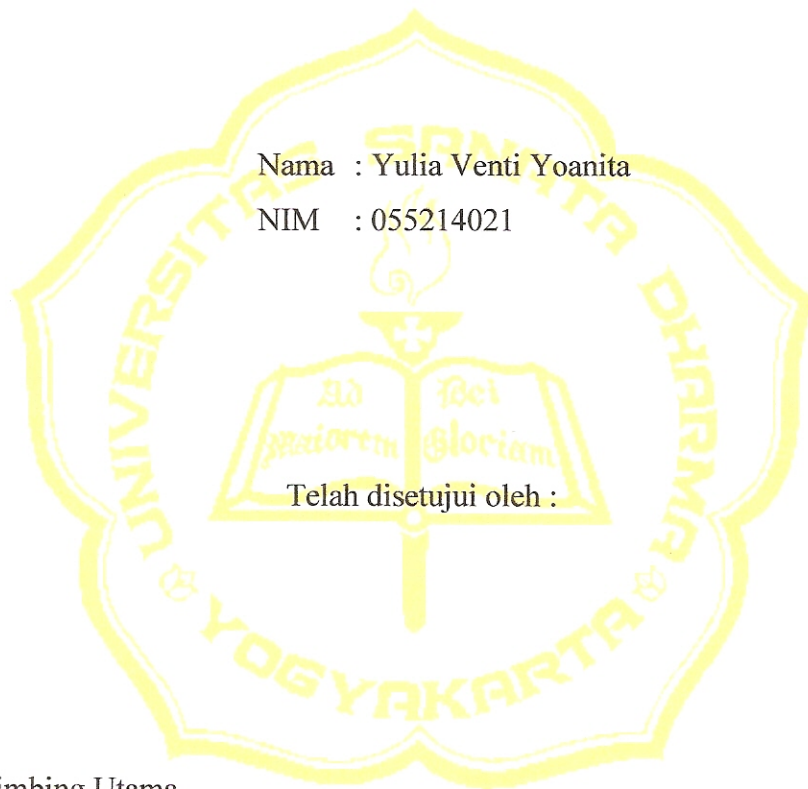
TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK KOLEKTOR SURYA CPC UNTUK POMPA AIR ENERGI TERMAL MENGGUNAKAN POMPA RENDAM

Disusun oleh:

Nama : Yulia Venti Yoanita

NIM : 055214021



Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama

A handwritten signature in purple ink, appearing to read "Rusdi", with a horizontal line underneath.

Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.

Tanggal: 12 Januari 2009

TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK KOLEKTOR SURYA CPC UNTUK POMPA AIR ENERGI TERMAL MENGGUNAKAN POMPA RENDAM

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

NAMA : Yulia Venti Yoanita

NIM : 055214021

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 9 Januari 2009

Susunan Dewan Penguji

- Ketua : Budi Setyahandana, S.T., M.T.
Sekretaris : Ir. Yohanes Baptista Lukiyanto, M.T.
Anggota : Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.

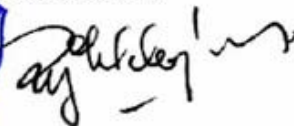


Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Yogyakarta, 12 Januari 2009
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta



Wakil Dekan I



Josef Agung Cahyanto, S.T., M.T.

PERNYATAAN

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 yang sengaja tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 12 Januari 2009



Yulia Venti Yoanita

ABSTRAK

Air merupakan kebutuhan yang terpenting bagi masyarakat. Memindahkan air dari satu tempat ke tempat yang lain diperlukan pompa air untuk mengalirkannya. Cara pemanfaatan energi surya untuk memompa adalah dengan menggunakan kolektor CPC (*Compound Parabolic Collector*) yang mengkonversikan radiasi surya yang datang menjadi panas. Pompa air ini juga dapat digerakkan dengan bahan bakar minyak (motor bakar) atau energi listrik (motor listrik). Cara pemanfaatan energi surya ini dapat menanggulangi untuk daerah yang masih kesulitan mendapatkan air karena keterbatasan listrik. Tujuan penelitian yaitu membuat kolektor CPC (*Compound Parabolic Collector*), untuk mengetahui efisiensi sensibel kolektor (η) maksimum, daya pemompan (W_p) maksimum, efisiensi sistem (η_{sistem}) maksimum, faktor efisiensi (F') maksimum yang dihasilkan dengan variasi volume air pada tabung.

Dalam penelitian ini bertujuan membuat kolektor CPC (*Compound Parabolic Collector*) dengan variabel yang diukur dalam pengujian yaitu volume air hasil pemompaan, tekanan, suhu kolektor, suhu pipa kecil benzine, suhu pipa oli, sinar matahari yang datang.

Hasil dari penelitian ini yaitu telah dibuat kolektor model CPC (*Compound Parabolic Collector*), efisiensi sensibel kolektor maximum yang dihasilkan adalah 0,1268%, daya pemompaan maximum yang dihasilkan adalah 0,0893%, efisiensi sistem maximum yang dihasilkan adalah 0,00132% dan faktor efisiensi maximum yang dihasilkan adalah 0,57218%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas lindungan dan karunian-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dalam mencapai gelar sarjana.

Dalam menyusun laporan ini penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Budi Sugiharto,S.T.,M.T sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
2. Bapak Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, dorongan serta meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Seluruh dosen, staf dan karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta atas kuliah, bimbingan , serta fasilitas yang diberikan selama masa kuliah.

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 kemajuan yang akan datang.

Yogyakarta, 12 Januari 2009

Penulis

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya mahasiswa Universitas Sanata Dharma :

Nama : YULIA VENTI YOANITA

Nomor Mahasiswa : 055214021

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma karya ilmiah saya yang berjudul :

KARAKTERISTIK KOLEKTOR SURYA CPC UNTUK POMPA AIR ENERGI TERMAL MENGGUNAKAN POMPA RENDAM

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan demikian saya memberikan kepada Universitas Sanata Dharma hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data, mendistribusikan secara terbatas dan mempublikasikan di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya maupun memberikan royalti kepada saya selama tetap mencantumkan saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Yogyakarta.

Pada tanggal : 12 Januari 2009

Yang menyatakan



(Yulia Venti Yoanita)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
DAFTAR DEWAN PENGUJI	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian yang Telah Dilakukan	4
2.2. Landasan Teori	5
2.3. Cara Kerja Alat	8
BAB III : METODE PENELITIAN	11

3.1. Deskripsi Alat	11
3.2. Skema Alat Penelitian	11
3.3. Variabel yang Divariasikan	11
3.4. Variabel yang Diukur	11
3.5. Peralatan Pendukung	13
3.6. Langkah Penelitian	14
3.6.1 Pengujian kolektor	14
3.6.2 Pengujian pompa	14
3.7. Analisa Data	15
BAB IV : HASIL PENELITIAN	16
4.1. Data Penelitian	16
4.2. Perhitungan Efisiensi Sensibel Kolektor (η_s)	29
4.3. Perhitungan Daya Pemompaan (W_p)	31
4.4. Perhitungan Efisiensi Sistem (η_{sistem})	33
4.5. Perhitungan Faktor Efisiensi (F')	35
4.6. Analisis Data	37
BAB V : KESIMPULAN	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Cara kerja alat	10
Gambar 3.1.	Skema alat	12
Gambar 3.2.	Skema penempatan termokopel	14
Gambar 3.3.	Skema pengujian pompa dengan pemanas spritus	15
Gambar 4.1.	Grafik efisiensi sensibel kolektor	37
Gambar 4.2.	Grafik daya pemompaan	38
Gambar 4.3.	Grafik efisiensi sistem	39
Gambar 4.4.	Grafik hubungan antara energi matahari yang datang, waktu dan faktor efisiensi pada data 1	40
Gambar 4.5.	Grafik hubungan antara energi matahari yang datang, waktu dan faktor efisiensi pada data 2	41
Gambar 4.6.	Grafik hubungan antara energi matahari yang datang, waktu dan faktor efisiensi pada data 3	42
Gambar 4.7.	Grafik hubungan antara energi matahari yang datang, waktu dan faktor efisiensi pada data 4	43
Lampiran 1.	Sel surya yang telah dikalibrasi untuk mengukur radiasi surya	46
Lampiran 2.	Temokopel dan displaynya	46
Lampiran 3.	Adaptor	47
Lampiran 4.	<i>Thermo Logger</i>	47
Lampiran 5.	Kolektor CPC	48
Lampiran 6.	Manometer	48

Lampiran 7.	Gambar Pompa dan Kondenser	49
Lampiran 8.	Gambar Alat	49

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data 1 menggunakan Kolektor CPC	16
Tabel 4.2. Data 2 menggunakan Kolektor CPC	19
Tabel 4.3. Data 3 menggunakan Kolektor CPC	23
Tabel 4.4. Data 4 menggunakan Kolektor CPC	25
Tabel 4.5. Data Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 0 ml	27
Tabel 4.6. Data Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 125ml	28
Tabel 4.7. Data Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 250ml	27
Tabel 4.8. Perhitungan Efisiensi Sensibel kolektor pada data 1	29
Tabel 4.9. Perhitungan Efisiensi Sensibel kolektor pada data 2	30
Tabel 4.10. Perhitungan Efisiensi Sensibel kolektor pada data 3	30
Tabel 4.11. Perhitungan Efisiensi Sensibel kolektor pada data 4	30
Tabel 4.12. Data Daya Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 0 ml	31
Tabel 4.13. Data Daya Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 125 ml	32
Tabel 4.14. Data Daya Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 250 ml	32
Tabel 4.15. Perhitungan Efisiensi Sistem pada tabung 2 dengan volume air 0 ml	33
Tabel 4.16. Perhitungan Efisiensi Sistem pada tabung 2 dengan volume air 125 ml	34
Tabel 4.17. Perhitungan Efisiensi Sistem pada tabung 2 dengan volume air 250 ml	34
Tabel 4.18. Perhitungan Faktor Efisiensnsi pada data 1	36
Tabel 4.19. Perhitungan Faktor Efisiensnsi pada data 2	36
Tabel 4.20. Perhitungan Faktor Efisiensnsi pada data 3	36
Tabel 4.21. Perhitungan Faktor Efisiensnsi pada data 4	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat sehari-hari akan air (air tanah) berguna untuk memenuhi kebutuhan hidup seperti minum, memasak, mencuci dan lain-lain. Diperlukan pompa air untuk mengalirkan air dari sumber ke tempat yang memerlukan.

Sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup dengan radiasi harian rata-rata $4,8 \text{ kWh/m}^2$ (Sumber dari Kementerian Energi Republik Indonesia). Cara pemanfaatan energi surya untuk memompa adalah dengan menggunakan kolektor CPC (*Compound Parabolic Colector*) yang mengkonversikan radiasi surya yang datang menjadi panas. Pompa air ini juga dapat digerakkan dengan bahan bakar minyak (motor bakar) atau energi listrik (motor listrik).

Tetapi belum semua daerah di Indonesia dapat menikmati jaringan listrik atau belum memiliki sarana transportasi yang baik sehingga bahan bakar minyak tidak mudah didapat. Selain itu penggunaan bahan bakar minyak atau energi listrik menyebabkan biaya penyediaan air menjadi mahal, sehingga mengurangi kemampuan sebagian masyarakat dalam memenuhi kebutuhan hidup yang lain. Untuk kondisi daerah seperti itu, umumnya penyediaan air dilakukan dengan tenaga manusia, antara lain membawa air dengan tampungan air (ember), menimba atau dengan pompa tangan. Jika penyediaan air dilakukan dengan tenaga

manusia maka bukan hanya tenaga tetapi waktu untuk melakukan kegiatan lain yang lebih produktif akan berkurang.

Alternatif lain adalah memanfaatkan sumber energi alam untuk memompa air, tergantung potensi yang ada di daerah tersebut maka sumber-sumber energi alam yang dapat dimanfaatkan untuk memompa air adalah energi air, energi angin atau energi surya. Pemanfaatan energi surya untuk memompa air dapat dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan sel surya atau menggunakan kolektor surya.

Sel surya masih merupakan teknologi yang mahal bagi masyarakat terutama masyarakat di negara berkembang seperti Indonesia sehingga penerapannya sangat terbatas. Disisi lain kolektor termal merupakan teknologi yang sederhana dan murah sehingga mempunyai peluang dimanfaatkan masyarakat untuk memompa air. Informasi tentang unjuk kerja kolektor surya untuk memompa air atau yang lebih sering disebut pompa air energi surya CPC (*Compound Parabolic Collector*) di Indonesia belum banyak sehingga perlu dilakukan banyak penelitian untuk memaksimalkan penggunaannya.

1.2. Perumusan Masalah

Pada penelitian ini akan dikembangkan model kolektor CPC (*Compound Parabolic Collector*) sederhana dengan menggunakan reflektor aluminium *foil*. Kesulitan dalam penelitian ini adalah cuaca dan penyambungan pipa evaporator. Sehingga untuk mengetahui daya pompa tersebut diganti dengan energi termal pemanas spritus.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian yaitu membuat kolektor CPC (*Compound Parabolic Collector*), untuk mengetahui efisiensi sensibel kolektor (η) maksimum, daya pemompan (W_p) maksimum, efisiensi sistem (η_{sistem}) maksimum, faktor efisiensi (F') maksimum yang dihasilkan dengan variasi volume air pada tabung.

Manfaat penelitian yaitu :

1. Hasil penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut sehingga dapat menambah kepustakaan dan dapat dikembangkan dimasyarakat
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut, sehingga dapat diaplikasikan menjadi alat yang berguna bagi masyarakat. Pembuatan pompa air energi termal menggunakan bahan yang ada di pasar lokal dan teknologi yang didukung kemampuan industri lokal.
3. Masyarakat dapat menghemat pemakaian energi listrik dan energi fosil.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian yang Telah Dilakukan

Penelitian pada pompa air energi termal memperlihatkan bahwa waktu pengembunan uap dipengaruhi oleh temperatur dan debit air pendingin masuk kondenser (Sumathy et. al., 1995). Sebuah prototipe pompa air energi surya yang bekerja dengan siklus Rankin diuji untuk mengetahui unjuk kerjanya menggunakan fluida kerja refrijeran R 113 (Spindler et. al, 1996). Penelitian unjuk kerja pompa air energi surya termal dengan kolektor pelat datar seluas 1 m², variasi tinggi head 6, 8 dan 10 m memperlihatkan bahwa ukuran vesel uap fluida kerja berpengaruh pada unjuk kerja pompa (Sumathy, 1999). Penelitian secara teoritis pompa air energi surya termal dengan dua macam fluida kerja, yaitu n-pentane dan ethyl ether memperlihatkan bahwa efisiensi pompa dengan ethyl ether 17% lebih tinggi dibanding n-pentane untuk tinggi head 6 m (Wong, 2000). Analisa termodinamika untuk memprediksi unjuk kerja pompa air energi surya termal pada beberapa ketinggian head memperlihatkan bahwa jumlah siklus/ hari tergantung pada waktu pemanasan fluida kerja dan waktu yang diperlukan untuk pengembunan uap. Waktu pemanasan tergantung pada jumlah fluida awal dalam sistem. Waktu pengembunan tergantung pada luasan optimum koil pendingin (Wong, 2001). Penelitian pompa air energi surya termal menggunakan kolektor pelat datar sederhana seluas 1 m², fluida kerja *ethyl ether* menghasilkan kapasitas pemompaan 700-1400 l/hari tergantung pada ketinggian head (6-10 m). Efisiensi

sistem mencapai 0,42-0,34 % (Wong, 2001). Penelitian pompa air energi surya termal dengan menggunakan model matematis memperlihatkan unjuk kerja pompa ditentukan oleh fraksi uap dari siklus. Daya pompa meningkat dengan naiknya temperatur maksimum siklus, sementara penurunan efisiensi disebabkan kerugian panas karena proses penguapan dan pengembunan air (Mahkamov, 2005).

2.2 Landasan Teori

Efisiensi sensibel kolektor didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang dipakai untuk menaikkan temperatur sejumlah massa fluida kerja dalam kolektor dari temperatur awal sampai temperatur penguapan dengan jumlah energi termal yang datang selama interval waktu tertentu.

$$\eta_s = \frac{\left(\frac{m_f \cdot C_p \cdot \Delta T}{dt} \right)}{A_c \cdot G_t} \quad (1)$$

dengan :

A_c : luasan kolektor (m^2)

c_p : panas jenis fluida kerja ($J/(kg.K)$)

dt : lama waktu pemanasan (s)

G_t : radiasi sinar matahari yang datang (W/m^2)

m_f : massa fluida kerja pada evaporator (kg)

ΔT : perubahan temperatur oli (K)

Banyaknya air yang keluar tiap satuan waktu disebut dengan debit (Q).

Debit yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = V / t \quad (2)$$

dengan:

V : jumlah keluaran air (m^3)

t : waktu (detik)

Daya pemompaan yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_p = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (3)$$

dengan:

ρ : massa jenis air (kg/m^3)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

Q : debit pemompaan (m^3/s)

H : head pemompaan (m)

Daya pemanas spritus yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_{spritus} = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (4)$$

dengan:

m : massa air yang dipanasi (kg)

C_p : panas jenis spritus ($J/(kg.K)$)

ΔT : perubahan suhu ($^{\circ}C$)

Efisiensi sistem didefinisikan sebagai perbandingan antara daya pemompaan yang dihasilkan selama waktu tertentu dengan jumlah radiasi surya yang datang selama waktu tertentu. Efisiensi sistem dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta_{Sistem} = \frac{W_P}{W_{spritus}} \quad (5)$$

dengan :

W_p : daya pemompaan (Watt)

$W_{spritus}$: daya spritus (Watt)

Karena temperatur kolektor berubah-ubah, maka persamaan perolehan panas kolektor dan persamaan efisiensi biasanya dinyatakan sebagai fungsi dari temperatur fluida masuk, yang relatif mudah dikontrol dan diukur selama pengujian dan operasinya. Dalam bagian ini dipergunakan faktor efisiensi (F') yang memungkinkan penggunaan temperatur fluida rata-rata.

$$F' = \frac{m_s \cdot c_s \cdot \frac{dT_s}{d\theta} + U_s A_s (T_s - T_a)}{Ac \cdot \{(\tau \cdot \alpha) \cdot G_T - U_L \cdot (T_{s2} - T_a)\}} \quad (6)$$

F' = faktor efisiensi

m_s = massa oli evaporator (kg)

c_s = panas jenis oli (J/(kg.K))

T_s = temperatur oli pada evaporator ($^{\circ}C$)

θ = waktu pemanasan oli (s)

A_c = luasan kolektor (m^2)

$\tau \cdot \alpha$ = transfusifitas kaca

G_T = radiasi surya yang datang (W/m^2)

U_L = faktor koefisien panas di kolektor ($W/(m^2 \cdot K)$)

T_{s2} = temperatur rata – rata oli masuk dan keluar ($^{\circ}C$)

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

U_s = koefisien kerugian tangki penyimpanan ($W/(m^2 \cdot K)$)

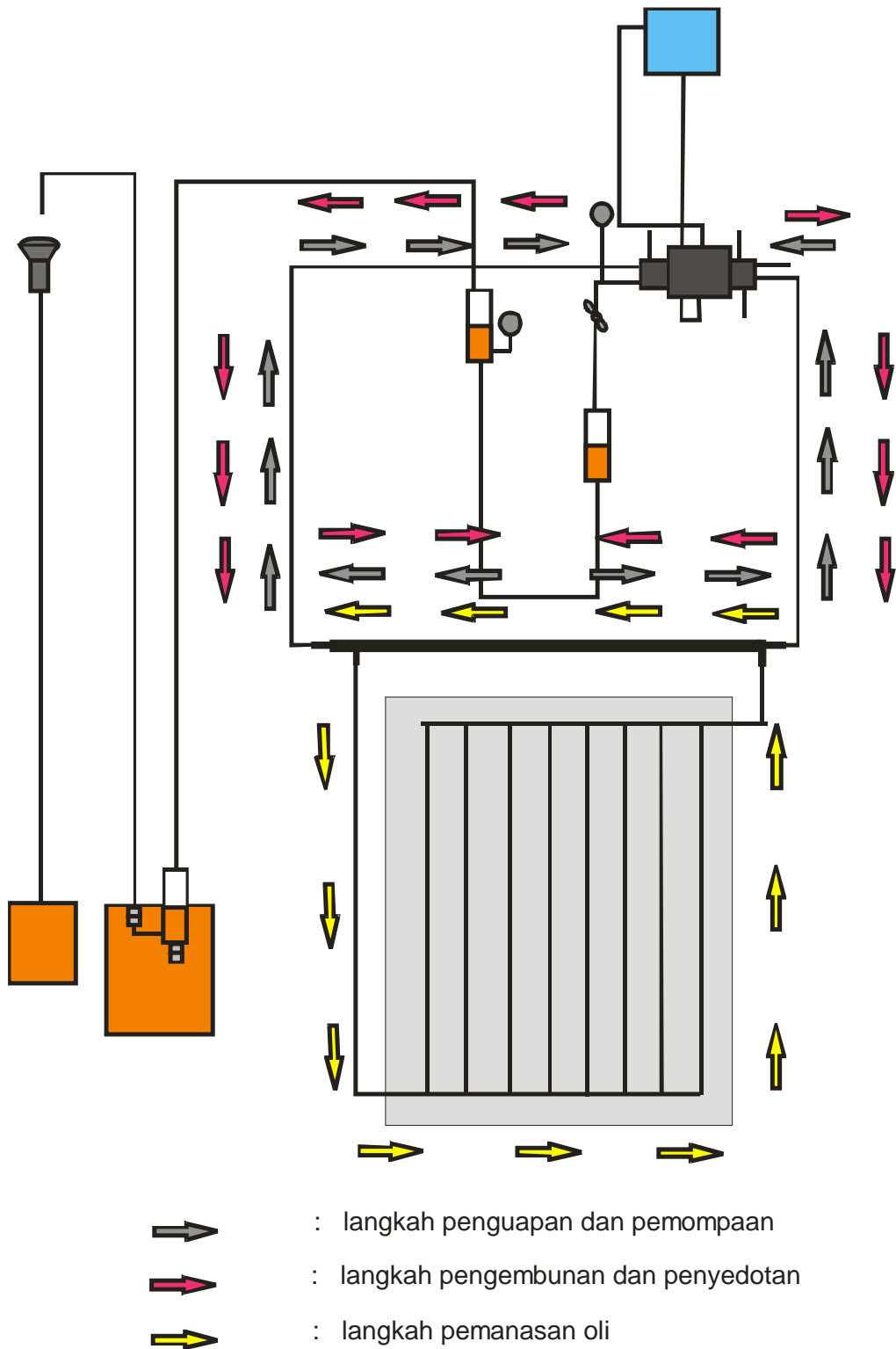
A_s = luasan evaporator (m^2)

2.3 Cara Kerja Alat

Pompa air yang digunakan adalah jenis pompa dengan piston air. Kondenser yang digunakan berbentuk tabung. Pendingin menggunakan air yang dihubungkan kondenser dan pipa dengan menggunakan selang. Kolektor yang digunakan dengan pemodelan kolektor CPC (*Compound Parabolic Collector*). Tangki diletakkan lebih tinggi dari kondenser agar air pendingin dapat bersirkulasi secara alami tanpa perlu menggunakan pompa.

Prinsip kerja pemodelan pompa air ini dapat dijelaskan sebagai berikut: mula-mula alat tersebut berisi fluida kerja, tanpa berisi udara sedikitpun. Pada kolektor berisi oli, pada evaporator berisi benzene. Pemanasan dilakukan pada pipa besi (evaporator). Oli dalam evaporator yang dipanaskan akan menyalurkan panas ke pipa yang berisi benzene sehingga dapat berubah menjadi uap. Kemudian uap akan berkumpul di condenser dan uap akan memberikan tekanan

pada pompa untuk mendorong air keluar melalui tabung 1, tabung 2, tabung 3 dan keluar melalui katub satu arah sisi tekan pompa menuju porong keluaran. Setelah proses pemompaan selesai, maka uap yang masuk ke kondenser akan mengembun. Pengembunan disebabkan pendingin yang terdapat pada kondenser. Hal itu menyebabkan air pendingin menjadi panas, sehingga menyebabkan terjadinya sirkulasi air pada tabung pendingin. Uap yang mengembun dan kembali ke evaporator akan menyebabkan tekanan dalam kondenser (pompa) turun menjadi lebih rendah dari pada tekanan udara luar (atmosfir). Hal tersebut berakibat air dari sumber (porong masukan) masuk melalui klep bagian bawah tabung 3 (sisi sedot) pompa. Proses ini berjalan secara terus menerus.



Gambar 2.1. Cara kerja alat

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Alat

Pompa air energi surya pada penelitian ini terdiri dari 3 komponen utama:

1. Kolektor CPC (*Compound Parabolic Collector*) dengan reflektor aluminium *foil* dan fluida pemanas oli.
2. Pompa dengan piston air
3. Kondenser sebagai tempat pengembunan sehingga uap air dapat menjadi fluida cair dan kembali ke pemanas.

3.2 Skema Alat Penelitian

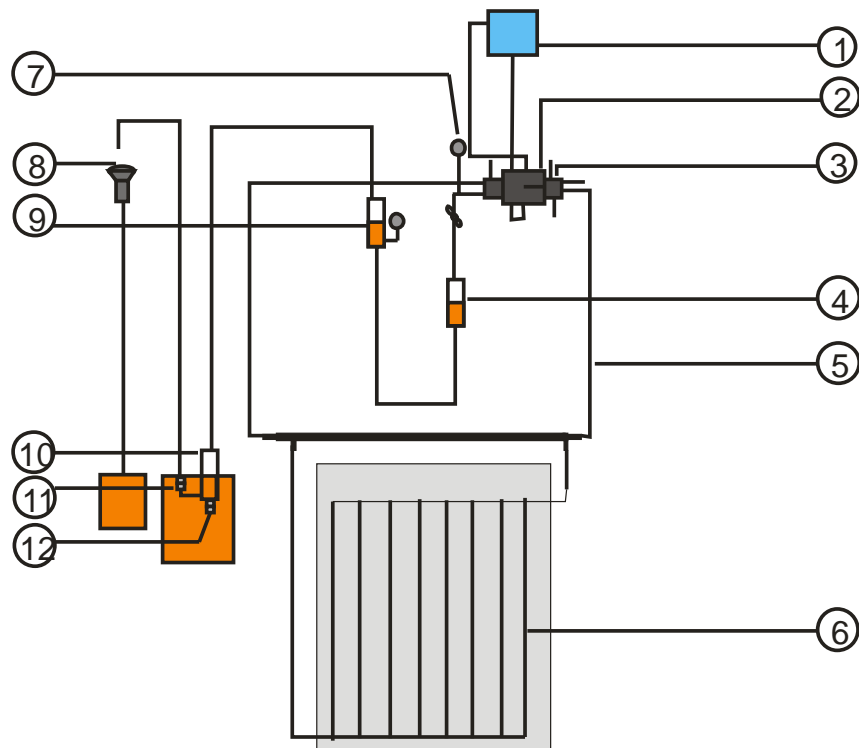
Skema pompa air energi surya dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.3 Variabel yang Divariasikan

Variabel yang digunakan dalam pengujian sebanyak tiga variasi, yakni tanpa air atau 0 ml, 125 ml, dan 250 ml.

3.4 Variabel yang diukur

Variabel yang diukur dalam penelitian yaitu volume air hasil pemompaan, tekanan, suhu kolektor, suhu pipa kecil benzine (kanan dan kiri), suhu pipa oli.



Gambar 3.1. Skema alat

Keterangan gambar :

1. Tangki penampung air.
2. Tangki pendingin.
3. Kondenser.
4. Tabung 1
5. Selang air
6. Evaporator
7. Manometer
8. Corong
9. Tabung 2
10. Tabung 3

11. Klep Tekan
12. Klep hisap

3.5 Peralatan Pendukung

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah :

a. Manometer

Alat ini digunakan untuk mengukur tekanan fluida kerja pada saat pemompaan, pada sisi sebelum tabung 1 dan disamping tabung 2.

b. *Stopwatch*

Alat ini digunakan untuk mengukur waktu air mengalir .

c. Gelas Ukur

Gelas ukur dipakai untuk mengukur banyaknya air yang keluar dari pompa air setelah jangka waktu tertentu. Gelas ukur yang dipakai maksimal dapat mengukur 1 liter.

d. Ember

Ember digunakan untuk menampung air yang akan dipompa. Air didalam ember ini juga dijaga ketinggiannya agar sama dari waktu ke waktu dengan cara diisi secara terus menerus.

f. *Thermo Logger*

Alat ini digunakan untuk mengukur suhu pada kolektor, dan suhu air kondensor per menit.

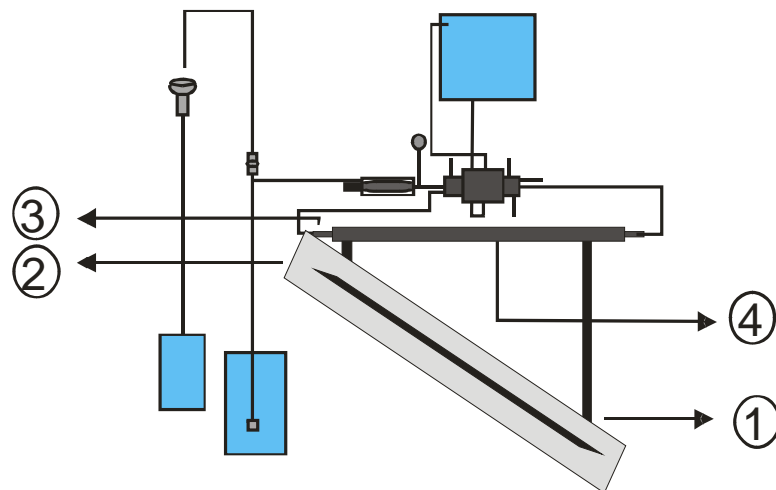
g. Selang U

Alat ini digunakan untuk pemisah tercampurnya benzine dengan air

3.6 Langkah Penelitian

3.6.1. Pengujian Kolektor

- a. Mempersiapkan kolektor CPC (*Compound Parabolic Collector*) yang telah berisi oli.
- b. Menempatkan termokopel T1, T2, T3, T4 pada kolektor.
- c. Mencatat suhu T1, T2, T3, T4 dan tegangan (volt) matahari tiap 10 menit sekali.

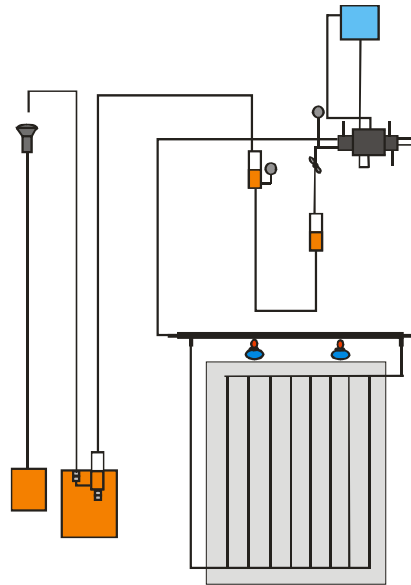


Gambar 3.2 Skema penempatan termokopel

3.6.2. Pengujian Pompa

- a. Mempersiapkan pompa yang telah berisi fluida kerja dengan head pemompaan dan volume tabung 2 sesuai yang diinginkan.
- b. Memasang *thermo logger* serta api spritus pada alat penelitian
- c. Mencatat keluaran air yang dihasilkan (cc), bersamaan dengan pencatatan waktu air mengalir.

- d. Percobaan tersebut diulangi dengan menggunakan volume air pada tabung 2 sesuai dengan variasi yang dilakukan.



Gambar 3.3 Skema pengujian pompa dengan pemanas spiritus

3.7 Analisa Data

Data yang diambil dan dihitung dalam penelitian yaitu :

1. Volume keluaran air (V) dan waktu uap terbentuk (s) yang digunakan untuk menghitung debit aliran air (Q).
2. Tinggi head (H) dan hasil perhitungan debit aliran (Q) untuk menghitung daya pompa (W_p).
3. Perhitungan daya pompa (W_p), luas kolektor (A_c) dan perhitungan radiasi surya yang datang (G_t) untuk menghitung efisiensi sistem (η_{sistem}).

Analisa dengan cara membuat grafik daya pemompaan, efisiensi sistem dan faktor efisiensi dengan waktu menurut volume air dalam tabung 2.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Data Penelitian

Pada pengambilan data penelitian ini didapat data-data pengukuran seperti tabel 4.1 sampai dengan tabel 4.7

Tabel 4.1 Data 1 menggunakan kolektor CPC

Waktu	P(Psi)	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
10:52	0	569	27	27	27	27
10:53			27	26	26	27
10:54			27	26	27	27
10:55			27	26	27	27
10:56			27	27	26	27
10:57			27	26	27	27
10:58			27	27	27	27
10:59			27	27	27	27
11:00			27	26	27	27
11:01			26	27	26	27
11:02			0	354	25	26
11:03	22	25			25	25
11:04	24	26			25	26
11:05	26	26			26	27
11:06	25	26			26	27
11:07	27	27			26	27
11:08	27	27			27	27
11:09	28	28			27	28
11:10	29	30			27	28
11:11	29	30			28	28
11:12	0	212	29	32	28	29
11:13			30	32	28	28
11:14			30	32	28	28
11:15			30	32	28	28

Tabel 4.1 Data 1 menggunakan kolektor CPC (lanjutan)

Waktu	P(Psi)	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
11:16	0	212	29	32	27	28
11:17			29	32	27	28
11:18			29	30	27	28
11:19			28	30	27	27
11:20			27	29	27	27
11:21			27	30	27	27
11:22	0	540	27	30	27	27
11:23			24	30	25	26
11:24			24	30	26	26
11:25			27	33	28	28
11:26			26	34	27	28
11:27			28	35	29	30
11:28			30	37	29	32
11:29			30	37	30	32
11:30			29	37	29	32
11:31			27	38	27	29
11:32	0	457	27	40	27	30
11:33			27	41	28	32
11:34			29	43	30	33
11:35			33	43	33	35
11:36			34	45	33	35
11:37			34	45	33	36
11:38			34	45	33	35
11:39			34	46	33	36
11:40			34	48	34	36
11:41			34	48	34	35
11:42	0	259	33	46	35	36
11:43			33	46	35	35
11:44			32	45	35	35
11:45			32	45	36	35
11:46			32	45	37	35
11:47			29	44	37	35
11:48			27	45	35	35
11:49			28	45	37	35
11:50			30	44	38	37
11:51			32	45	40	37
11:52	0	85	32	46	40	37
11:53			33	45	41	37

Tabel 4.1 Data 1 menggunakan kolektor CPC (lanjutan)

Waktu	P(Psi)	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
11:54			32	46	41	37
11:55			32	46	40	37
11:56	0	85	32	46	41	37
11:57			33	48	40	38
11:58			34	49	41	40
11:59			34	49	42	40
12:00			34	49	41	40
12:01			34	50	40	41
12:02	0	345	34	50	38	41
12:03			34	50	38	41
12:04			34	50	38	41
12:05			34	49	40	41
12:06			33	50	40	40
12:07			34	49	41	41
12:08			33	46	41	40
12:09			32	48	41	37
12:10			32	49	42	37
12:11			32	49	43	36
12:12	0	155	32	51	43	38
12:13			33	51	44	40
12:14			30	52	43	41
12:15			30	54	43	43
12:16			32	57	42	44
12:17			33	58	41	45
12:18			34	59	42	46
12:19			34	60	43	46
12:20			36	61	44	49
12:21			38	61	48	51
12:22	0	212	40	61	50	51
12:23			38	61	51	51
12:24			37	60	52	51
12:25			35	59	52	49
12:26			29	59	53	48
12:27			33	59	54	50
12:28			36	60	56	51
12:29			37	59	56	51
12:30			37	59	56	51
12:31			35	59	54	50

Tabel 4.1 Data 1 menggunakan kolektor CPC (lanjutan)

Waktu	P(Psi)	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
12:32	0	221	35	58	56	50
12:33			33	57	54	50
12:34			35	58	56	51
12:35			36	57	54	50
12:36			33	56	53	49
12:37			32	54	52	48
12:38			32	54	52	48

Tabel 4.2 Data 2 menggunakan kolektor CPC

Waktu	P(Psi)	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
9:57	0	779	25	27	29	29
9:58			25	28	29	30
9:59			22	28	28	28
10:00			26	29	28	30
10:01			28	32	29	32
10:02			28	32	29	30
10:03			24	33	28	29
10:04			22	33	28	28
10:05			22	34	28	29
10:06			27	35	29	32
10:07	0	68	32	38	30	33
10:08				41	32	33
10:09			33	41	32	34
10:10			33	42	32	34
10:11			30	40	30	32
10:12			27	41	29	32
10:13			27	40	29	32
10:14			28	41	30	33
10:15			28	42	30	32
10:16			30	43	33	34
10:17	0	212	30	43	32	34
10:18			28	43	32	34
10:19			30	44	33	35
10:20			28	43	32	35
10:21			28	44	30	34
10:22			29	44	32	35

Tabel 4.2 Data 2 menggunakan kolektor CPC (lanjutan)

Waktu	P(Psi)	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
10:23			30	46	34	35
10:24			33	46	34	36
10:25			33	48	34	36
10:26			33	46	35	36
10:27	0	540	33	46	35	36
10:28			30	45	34	35
10:29			29	44	35	35
10:30			28	44	35	35
10:31			29	44	35	35
10:32			29	44	35	36
10:33			29	45	35	35
10:34			29	44	36	36
10:35			30	46	36	36
10:36			32	46	37	37
10:37	0	128	32	48	37	37
10:38			32	49	38	38
10:39			32	48	40	38
10:40			33	48	41	38
10:41			33	48	41	38
10:42			32	48	42	38
10:43			32	46	41	38
10:44			33	46	41	38
10:45			32	46	41	38
10:46			32	46	42	38
10:47	0	59	32	45	42	38
10:48			32	45	42	38
10:49			32	44	42	37
10:50			32	44	41	37
10:51			32	43	42	37
10:52			32	43	41	37
10:53			30	42	40	36
10:54			29	42	38	35
10:55			29	41	38	35
10:56			30	41	38	35
10:57	0	85	29	41	38	35
10:58			30	40	38	36
10:59			30	40	37	35
11:00			29	40	37	35

Tabel 4.2 Data 2 menggunakan kolektor CPC (lanjutan)

Waktu	P(Psi)	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
11:01			29	38	36	35
11:02			29	38	36	35
11:03			29	38	36	35
11:04			29	37	35	34
11:05			28	36	36	34
11:06			29	36	35	34
11:07	0	345	28	36	35	34
11:08			29	36	35	33
11:09			28	36	35	34
11:10			28	35	35	33
11:11			28	35	34	33
11:12			27	35	34	32
11:13			27	35	34	32
11:14			28	35	34	33
11:15			28	35	34	33
11:16			29	35	35	33
11:17	0	155	29	35	34	32
11:18			29	35	34	33
11:19			28	35	34	32
11:20			29	35	33	32
11:21			28	35	34	32
11:22			29	35	33	32
11:23			28	35	34	32
11:24			28	35	33	32
11:25			29	35	34	32
11:26			28	35	33	32
11:27	0	123	29	35	33	30
11:28			29	34	33	30
11:29			29	34	33	32
11:30			28	34	33	30
11:31			28	33	32	30
11:32			28	33	32	30
11:33			28	33	30	29
11:34			28	33	30	30
11:35			28	33	30	29
11:36			28	33	32	30
11:37	0	220	28	33	32	30
11:38			28	33	30	30

Tabel 4.2 Data 2 menggunakan kolektor CPC (lanjutan)

Waktu	P(Psi)	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)		
11:39			28	33	30	29		
11:40			28	33	30	29		
11:41			28	33	30	29		
11:42			28	33	30	29		
11:43			29	32	30	29		
11:44			29	33	30	29		
11:45			29	33	30	29		
11:46			29	33	30	29		
11:47			0	241	28	33	30	29
11:48					28	33	30	28
11:49	28	33			29	29		
11:50	28	32			29	28		
11:51	29	33			30	28		
11:52	28	34			30	29		
11:53	28	34			30	28		
11:54	29	33			29	28		
11:55	28	34			30	29		
11:56	29	34			30	29		

Tabel 4.3 Data 3 menggunakan kolektor CPC

Waktu	P	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)		
10:30	0	666	26	26	26	27		
10:31			25	26	26	26		
10:32			26	27	27	27		
10:33			27	27	27	27		
10:34			27	27	27	27		
10:35			26	27	26	27		
10:36			25	26	25	26		
10:37			24	26	26	26		
10:38			25	27	27	27		
10:39			26	27	27	27		
10:40			22	27	26	26		
10:41			0	679	22	28	27	27
10:42					26	32	28	27
10:43	26	32			28	27		

Tabel 4.3 Data 3 menggunakan kolektor CPC (lanjutan)

Waktu	P	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
10:44			27	34	28	28
10:45			27	35	29	29
10:46			29	36	30	30
10:47			29	37	29	30
10:48			28	37	28	30
10:49			28	37	28	30
10:50			29	38	29	32
10:51	0	146	30	41	30	33
10:52			30	43	30	33
10:53			30	42	30	33
10:54			30	43	30	33
10:55			30	43	32	33
10:56			30	43	32	33
10:57			30	42	33	33
10:58			29	42	33	33
10:59			27	41	32	30
11:00			27	41	33	32
11:01	0	433	27	41	33	32
11:02			29	42	35	34
11:03			29	43	35	34
11:04			29	43	36	35
11:05			27	43	36	34
11:06			28	45	36	35
11:07			27	46	38	35
11:08			27	49	40	36
11:09			29	50	43	38
11:10			32	51	43	40
11:11	0	705	29	52	43	41
11:12			33	56	43	43
11:13			33	56	43	44
11:14			34	57	43	45
11:15			34	58	44	46
11:16			34	59	46	48
11:17			33	59	46	48
11:18			33	59	50	48
11:19			34	59	51	50
11:20			34	60	52	49
11:21	0	159	35	59	54	50

Tabel 4.3 Data 3 menggunakan kolektor CPC (lanjutan)

Waktu	P	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
11:22			35	59	56	51
11:23			35	59	56	50
11:24			35	59	56	50
11:25			35	59	54	50
11:26			35	58	56	50
11:27			35	57	54	50
11:28			34	56	53	49
11:29			34	54	52	48
11:30			35	53	52	49
11:31	0	612	34	52	52	48
11:32			35	52	51	48
11:33			34	52	50	46
11:34			35	52	51	46
11:35			35	53	51	48
11:36			35	56	51	48
11:37			35	54	51	46
11:38			35	56	52	48
11:39			35	56	52	49
11:40			36	56	53	49
11:41	0	100	36	56	53	49
11:42			36	56	53	49
11:43			35	56	53	49
11:44			35	56	53	49
11:45			35	54	52	48
11:46			35	54	52	48
11:47			35	53	52	46
11:48			34	52	51	46
11:49			34	52	51	46
11:50			35	52	51	46
11:51	0	608	34	52	51	45
11:52			34	53	51	45
11:53			35	53	51	46
11:54			35	54	51	46
11:55			35	54	51	46
11:56			35	53	51	46
11:57			35	52	51	46
11:58			35	52	51	45
11:59			35	51	51	45

Tabel 4.3 Data 3 menggunakan kolektor CPC (lanjutan)

Waktu	P	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
12:00			35	50	49	44
12:01	0	94	35	50	49	44
12:02			34	49	48	43
12:03			34	49	46	43
12:04			33	48	46	42
12:05			33	46	45	42
12:06			33	45	45	42
12:07			33	44	44	41
12:08			33	44	44	41
12:09			32	43	43	41
12:10			33	43	43	41
12:11	0	64	32	43	43	40
12:12			32	43	43	40
12:13			32	43	43	38
12:14			32	42	41	37
12:15			30	41	41	36
12:16			32	42	40	36
12:17			32	41	40	37
12:18			32	41	40	38
12:19			30	41	40	37
12:20			32	41	38	37

Tabel 4.4 Data 4 menggunakan kolektor CPC

Waktu	P	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
9:32	0	105	26	25	26	27
9:33			26	26	26	27
9:34			27	26	26	27
9:35			27	25	27	27
9:36			27	26	26	27
9:37			27	26	27	27
9:38			27	27	27	27
9:39			27	27	27	27
9:40			27	27	27	27
9:41			27	27	27	27
9:42			0	62	27	26

Tabel 4.4 Data 4 menggunakan kolektor CPC (lanjutan)

Waktu	P	Watt/m	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
9:43			27	27	27	27
9:44			27	27	27	27
9:45			27	27	27	27
9:46			27	27	27	27
9:47			27	27	27	27
9:48			27	27	27	27
9:49			27	27	27	27
9:50			27	27	27	27
9:51			27	27	27	27
9:52	0	63	27	27	27	27
9:53			27	27	27	27
9:54			27	27	27	27
9:55			27	27	27	27
9:56			27	27	27	27
9:57			27	27	27	27
9:58			27	27	27	27
9:59			27	27	27	27
10:00			26	26	27	27
10:01			25	26	26	27
10:02	0	262	26	27	26	26
10:03			25	27	27	27
10:04			26	27	27	27
10:05			27	27	27	27
10:06			27	27	27	27
10:07			27	27	27	27
10:08			28	27	27	27
10:09			28	28	27	28

Tabel 4.5 Data pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 0 ml.

Jam	t (dtk)	V.out (ml)	T1(°C)	T3(°C)	P 1(Psi)	P 2 (Psi)
13.29			27	27	0	0
13.42	37	100	37	34	2	1
13.42	18	80	36	42	2	1
13.45	10	30	36	42	2	1
13.46	10	30	38	43	3	2
13.48	10	20	38	43	3	2
13.49	20	40	38	44	3	2
13.50	10	30	38	45	2	1
13.51	7	20	38	48	2	1
13.53	7	30	41	43	2	1
13.54	7	20	37	43	2	1
13.55	17	30	38	43	2	1
13.56	24	40	40	40	2	1
13.57	26	40	40	41	2	2
13.58	7	20	40	40	2	2

Tabel 4.6 Data pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 125 ml.

Jam	t (dtk)	V.out (ml)	T1(°C)	T3(°C)	P 1(Psi)	P 2 (Psi)
12.50			26	26	0	0
12.52	18	110	36	36	1	0
12.52	8	20	35	36	1	1
12.54	8	15	35	42	1	1
12.55	11	15	38	41	1	1
12.56	10	20	38	42	2	1
12.58	7	20	40	42	2	1
12.59	8	20	37	42	2	1
13.00	6	10	40	43	2	1
13.02	12	20	41	43	2	1
13.03	25	24	43	45	2	1
13.03	20	18	43	46	2	1
13.04	22	20	44	46	2	1

Tabel 4.7 Data pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 250 ml.

Jam	t (dtk)	V.out (ml)	T1	T3	P 1 (Psi)	P 1 (Psi)
19.21			25	24	0	0
19.31	60	120	37	32	1	0
19.32	32	100	40	36	1	0
19.33	11	30	41	38	1	1
19.34	9	20	41	36	1	0
19.34	6	30	43	41	1	1
19.35	6	15	43	42	1	1
19.35	9	35	42	36	1	0
19.36	11	35	43	42	2	1
19.37	6	25	43	43	2	1
19.38	8	40	43	41	1	0
19.39	10	30	44	41	1	0
19.40	7	30	44	43	1	0
19.40	6	30	44	42	2	1
19.40	6	25	43	41	2	1
19.41	7	20	45	43	2	1
19.42	4	20	45	44	1	1

4.2 Perhitungan Efisiensi Sensibel Kolektor (η_s)

Efisiensi sensibel kolektor (η_s) pada data tabel 4.1 sampai tabel 4.4 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Berikut prosedur perhitungan efisiensi sensibel kolektor pada tabel 4.1 data 1 yang diperlukan luas kolektor (A_c) = 0,8 m², panas jenis fluida kera (C_p oli) = 800 J/kg.K, lama waktu pemanasan (dt) = 600 detik, radiasi sinar matahari yang datang (G_t) = 569 W/m, masa fluida kerja pada evaporator (m_f) = 0,45 kg, perubahan temperatur pada titik termokopel empat (ΔT) = 0^oC

$$\eta_s = \frac{\left(\frac{0,45 \cdot 800 \cdot 0}{600} \right)}{0,8 \cdot 569} \times 100 \%$$

$$\eta_s = 0\%$$

Perhitungan efisiensi sensibel kolektor pada data yang lain dapat dilakukan dengan cara yang sama dapat dilihat tabel 4.8 sampai tabel 4.11

Tabel 4.8 Perhitungan efisiensi sensibel kolektor pada data 1

waktu	d t (dtk)	mf (kg)	Ac (m ²)	Cp (j/kg.K)	T4 (^o C)	ΔT4 (^o C)	G (watt/m ²)	Ef.kol.sen (%)
10:52	600	0,45	0,8	2300	27	0	569	0
11:12	600	0,45	0,8	2300	29	3	212	3,05
11:32	600	0,45	0,8	2300	30	3	457	1,42
11:42	600	0,45	0,8	2300	36	6	259	4,99
11:52	600	0,45	0,8	2300	37	1	85	2,53
12:02	600	0,45	0,8	2300	41	4	345	2,50
12:22	600	0,45	0,8	2300	50	12	221	11,70

Tabel 4.9 Perhitungan efisiensi sensibel kolektor pada data 2

waktu	d t (dtk)	mf (kg)	Ac (m ²)	Cp (j/kg.K)	T4 (°C)	ΔT4 (°C)	G (watt/m ²)	Ef.kol.sen (%)
09:57	600	0,45	0,8	2300	29	2	779	0
10:07	600	0,45	0,8	2300	33	4	68	12,68
10:17	600	0,45	0,8	2300	34	1	212	1,01
10:27	600	0,45	0,8	2300	36	2	540	0,79
10:37	600	0,45	0,8	2300	37	1	128	1,68
10:47	600	0,45	0,8	2300	38	1	59	3,65
11:37	600	0,45	0,8	2300	30	3	220	2,94

Tabel 4.10 Perhitungan efisiensi sensibel kolektor pada data 3

waktu	d t (dtk)	mf (kg)	Ac (m ²)	Cp (j/kg.K)	T4 (°C)	ΔT4 (°C)	G (watt/m ²)	Ef.kol.sen (%)
10:30	600	0,45	0,8	2300	27	0	666	0
10:50	600	0,45	0,8	2300	32	6	146	8,86
11:10	600	0,45	0,8	2300	40	8	705	2,44
11:20	600	0,45	0,8	2300	49	9	159	12,20
11:30	600	0,45	0,8	2300	49	0	612	0
11:40	600	0,45	0,8	2300	49	0	100	0

Tabel 4.11 Perhitungan efisiensi sensibel kolektor pada data 4

waktu	d t (dtk)	mf (kg)	Ac (m ²)	Cp (j/kg.K)	T4 (°C)	ΔT4 (°C)	G (watt/m ²)	Ef.kol.sen (%)
9:32	600	0,45	0,8	2300	27	0	105	0
9:42	600	0,45	0,8	2300	27	0	62	0
9:52	600	0,45	0,8	2300	27	0	63	0

4.3 Perhitungan Daya Pemompaan (Wp)

Daya pemompaan (Wp) pada data tabel 4.5 sampai tabel 4.7 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan (2). Berikut prosedur perhitungan daya pemompaan pada tabel 4.5 data pemompaan pada tabung 2 dengan volume 0 ml yang diperlukan massa jenis air (ρ) = 1000 kg/m³, percepatan gravitasi (g) = 9,8 m/s², jumlah keluaran air (V.out) = 0,0001 m³, waktu (t) = 37 detik, head pemompaan (H) = 1,5 m.

Debit :

$$\begin{aligned} Q &= 0,0001 / 37 \\ &= 0,0000027 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Daya Pemompaan :

$$\begin{aligned} W_p &= 1000 \cdot (9,8) \cdot (0,0000027) \cdot (1,5) \\ &= 0,037621622 \text{ watt} \end{aligned}$$

Daya pemompaan pada data yang lain dapat dilakukan dengan cara yang sama dapat dilihat tabel 4.12 sampai tabel 4.14

Tabel 4.12 Perhitungan Daya Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 0 ml

t (dtk)	V.out (m ³)	head(m)	Debit (m ³ /dt)	Daya Pompa (watt)
37	0,00010	1,5	0,0000027	0,0397
18	0,00008	1,5	0,0000044	0,0653
10	0,00003	1,5	0,0000030	0,0441
10	0,00003	1,5	0,0000030	0,0441
10	0,00002	1,5	0,0000020	0,0294
20	0,00004	1,5	0,0000020	0,0294
10	0,00003	1,5	0,0000030	0,0441
7	0,00002	1,5	0,0000028	0,0420
7	0,00003	1,5	0,0000042	0,0630
7	0,00002	1,5	0,0000028	0,0420

Tabel 4.12 Perhitungan Daya Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 0 ml
(lanjutan)

t (dtk)	V.out (m³)	head(m)	Debit (m³/dt)	Daya Pompa (watt)
17	0,00003	1,5	0,0000017	0,0259
24	0,00004	1,5	0,0000016	0,0245
26	0,00004	1,5	0,0000015	0,0226
7	0,00002	1,5	0,0000028	0,0420

Tabel 4.13 Perhitungan Daya Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 125 ml.

t (dtk)	V.out (m³)	head	Debit (m³/dt)	Daya Pompa (watt)
18	0,00011	1,5	0,0000061	0,0893
8	0,00002	1,5	0,0000025	0,0367
8	0,00002	1,5	0,0000018	0,0275
11	0,00002	1,5	0,0000013	0,0200
10	0,00002	1,5	0,0000020	0,0294
7	0,00002	1,5	0,0000028	0,0420
8	0,00002	1,5	0,0000025	0,0367
6	0,00001	1,5	0,0000016	0,0245
12	0,00002	1,5	0,0000016	0,0245
25	0,00002	1,5	0,0000009	0,0141
20	0,00002	1,5	0,0000009	0,0132
22	0,00002	1,5	0,0000009	0,0133

Tabel 4.14 Perhitungan Daya Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 250 ml.

t (dtk)	V.out (m³)	head(m)	Debit (m³/dt)	Daya Pompa(watt)
60	0,00012	1,5	0,0000020	0,0294
32	0,00010	1,5	0,0000031	0,0459
11	0,00003	1,5	0,0000027	0,0400
9	0,00002	1,5	0,0000022	0,0326
6	0,00003	1,5	0,0000050	0,0735
6	0,00002	1,5	0,0000025	0,0367
9	0,00004	1,5	0,0000038	0,0571
11	0,00004	1,5	0,0000031	0,0467
6	0,00003	1,5	0,0000042	0,0612

Tabel 4.14 Perhitungan Daya Pemompaan pada tabung 2 dengan volume air 250 ml. (lanjutan)

t (dtk)	V.out (m ³)	head(m)	Debit (m ³ /dt)	Daya Pompa(watt)
8	0,00004	1,5	0,0000050	0,0735
10	0,00003	1,5	0,0000030	0,0441
7	0,00003	1,5	0,0000042	0,0630
6	0,00003	1,5	0,0000050	0,0735
6	0,00003	1,5	0,0000041	0,0613
7	0,00002	1,5	0,0000029	0,0420
4	0,00002	1,5	0,0000050	0,0735

4.4 Perhitungan Efisiensi Sistem

Efisiensi sistem pada data dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4). Efisiensi sistem pada data yang lain dapat dilakukan dengan cara yang sama dapat dilihat tabel 4.15 sampai tabel 4.17. data yang diperlukan daya pemompaan (W_p) = 0,0398 watt, daya spritus ($W_{spritus}$) = 56 watt

$$\eta_{Sistem} = \frac{0,0398}{56} \times 100 \%$$

$$\eta_{Sistem} = 0,071\%$$

Tabel 4.15 Perhitungan Efisiensi Sistem pada tabung 2 dengan volume air 0 ml

t (dtk)	V.out (m ³)	Debit (m ³ /dt)	Daya Pompa (watt)	efi.sistem(%)
37	0,00010	0,0000027	0,0398	0,071
18	0,00008	0,0000044	0,0653	0,116
10	0,00003	0,0000030	0,0441	0,079
10	0,00003	0,0000030	0,0441	0,079
10	0,00002	0,0000020	0,0294	0,053
20	0,00004	0,0000020	0,0294	0,053
10	0,00003	0,0000030	0,0441	0,079
7	0,00002	0,0000029	0,0420	0,075
7	0,00003	0,0000043	0,0630	0,113

Tabel 4.15 Perhitungan Efisiensi Sistem pada tabung 2 dengan volume air 0 ml
(lanjutan)

t (dtk)	V.out (m³)	Debit (m³/dt)	Daya Pompa (watt)	efi.sistem(%)
7	0,00002	0,0000029	0,0420	0,00075
17	0,00003	0,0000018	0,0259	0,00046
24	0,00004	0,0000017	0,0245	0,00044
26	0,00004	0,0000016	0,0227	0,00041
7	0,00002	0,0000028	0,0420	0,00075

Tabel 4.16 Perhitungan Efisiensi Sistem pada tabung 2 dengan volume air 125 ml.

t (dtk)	V.out (m³)	Debit (m³/dt)	Daya Pompa (watt)	efi.sistem(%)
18	0,00011	0,0000061	0,0898	0,160
8	0,00002	0,0000025	0,0368	0,066
8	0,00002	0,0000018	0,0276	0,049
11	0,00002	0,0000013	0,0201	0,036
10	0,00002	0,0000020	0,0294	0,053
7	0,00002	0,0000028	0,0420	0,075
8	0,00002	0,0000025	0,0368	0,066
6	0,00001	0,0000017	0,0245	0,044
12	0,00002	0,0000017	0,0245	0,044
25	0,00002	0,0000009	0,0142	0,026
20	0,00002	0,0000009	0,0132	0,024
22	0,00002	0,0000009	0,0134	0,023

Tabel 4.17 Perhitungan Efisiensi Sistem pada tabung 2 dengan volume air 250 ml.

t (dtk)	V.out (m³)	Debit (m³/dt)	Daya Pompa(watt)	Efi.sistem(%)
60	0,00012	0,0000020	0,0294	0,053
32	0,00010	0,0000032	0,0459	0,083
11	0,00003	0,0000027	0,0401	0,072
9	0,00002	0,0000022	0,0326	0,058
6	0,00003	0,0000050	0,0735	0,132
6	0,00002	0,0000025	0,0368	0,065

Tabel 4.17 Perhitungan Efisiensi Sistem pada tabung 2 dengan volume air 250 ml.

(lanjutan)

t (dtk)	V.out (m ³)	Debit (m ³ dt)	Daya Pompa(watt)	Efi.sistem
9	0,00004	0,0000039	0,0572	0,102
11	0,00004	0,0000032	0,0467	0,084
6	0,00003	0,0000042	0,0613	0,109
8	0,00004	0,0000050	0,0735	0,132
10	0,00003	0,0000030	0,0441	0,079
7	0,00003	0,0000043	0,0630	0,113
6	0,00003	0,0000050	0,0735	0,132
6	0,00003	0,0000042	0,0613	0,109
7	0,00002	0,0000029	0,0420	0,075
4	0,00002	0,0000050	0,0735	0,001

4.5 Perhitungan Faktor Efisiensi

Faktor Efisiensi (F') pada data tabel 4.1 sampai tabel 4.4 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5). Berikut prosedur perhitungan Faktor efisiensi (F') pada tabel 4.1 data 1 yang diperlukan $\rho_{\text{oli}} = 800 \text{ kg/m}^3$, massa oli evaporator (ms) = 0,45 kg, panas jenis oli (cs) = 2300 J/kg⁰C, waktu pemanasan oli (θ) = 600 detik, luasan kolektor (Ac) = 0,8 m², transfusifitas kaca ($\tau.\alpha$) = 0.81, faktor koefisien panas di kolektor (UL) = 4, Ta = 25 ⁰C, koefisien kerugian tangki penyimpanan (Us) = 0.014285714 W/K, luasan evaporator (As) = 0.024638 m², radiasi surya yang datang (G_T) = 569 watt, temperatur oli pada evaporator (Ts) = 27 ⁰C, temperatur rata – rata oli masuk dan keluar (T_{s2}) = 27 ⁰C, suhu lingkungan (Ta) = 25 ⁰C, Volume pipa besar = 0.00049126 m³, Volume pipa kecil = 0.00019493 m³, Volume oli evaporator = 0.00029633 m³.

$$F' = \frac{0,45 \cdot 2300 \cdot 0 + 0,014285714 \cdot 0,024638(27 - 25)}{0,8 \cdot \{(0,81) \cdot 569 - 4 \cdot (27 - 25)\}} \times 100\%$$

$$F' = 0,00000\%$$

Faktor efisiensi pada data yang lain dapat dilakukan dengan cara yang sama dapat dilihat tabel 4.18 sampai tabel 4.20

Tabel 4.18 Perhitungan Faktor Efisiensi pada data 1

t (mnt)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	dTs	G _T (W/m ²)	F' (%)
10	27	27	27	27	0	569	0,00000
30	29	32	28	29	3	212	4,32174
50	27	40	27	30	3	457	1,92490
60	33	46	35	36	6	259	8,52647
70	32	46	40	37	1	85	1,68212
80	34	50	38	41	4	345	4,08230
100	40	61	50	51	13	212	40,22187

Tabel 4.19 Perhitungan Faktor Efisiensi pada data 2

t (mnt)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	dTs	G _T (W/m ²)	F' (%)
0	25	27	29	29	0	779	0,00028
10	32	38	30	33	4	68	57,21830
20	30	43	32	34	1	212	1,71827
30	33	46	35	36	2	540	1,13793
40	32	48	37	37	1	128	4,94855
100	28	33	32	30	0	220	0,00140
110	28	33	30	29	1	241	0,00101

Tabel 4.20 Perhitungan Faktor Efisiensi pada data 3

t (mnt)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	dTs	G _T (W/m ²)	F' (%)
0	26	26	26	27		666	0,00016
10	26	27	27	27	0	679	0,00016
20	29	38	29	32	5	146	12,79887
30	27	41	33	32	0	433	0,00098
40	32	51	43	40	8	705	3,41681

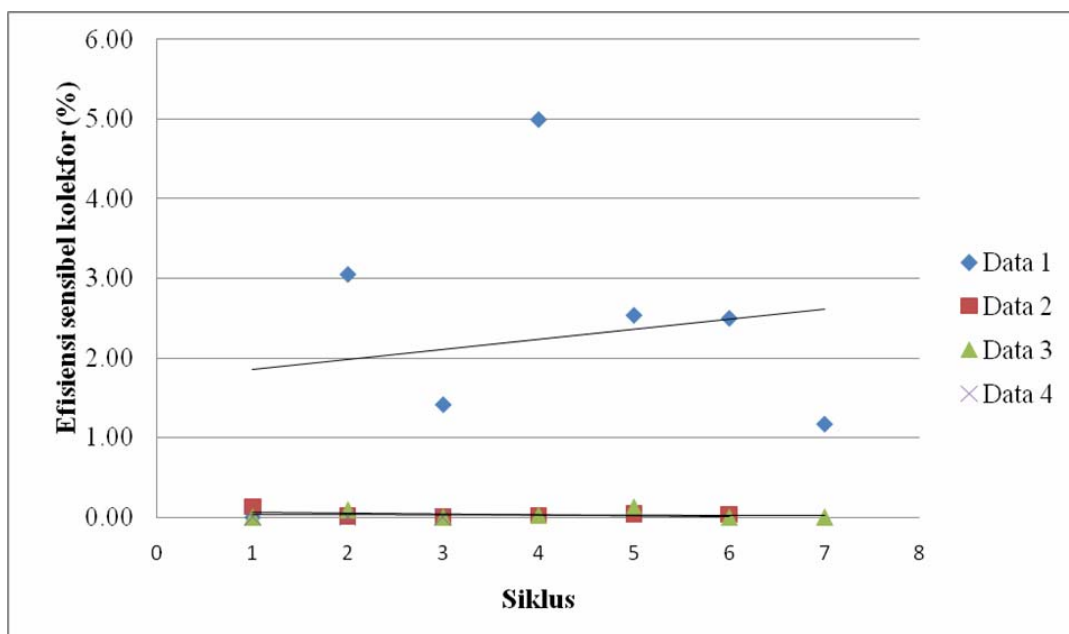
Tabel 4.20 Perhitungan Faktor Efisiensi pada data 3 (lanjutan)

t (mnt)	T1	T2	T3	T4	dTs	GT (W/m ²)	F'(%)
50	34	60	52	49	9	159	47,60189
60	35	53	52	49	0	612	0,00252

Tabel 4.21 Perhitungan Faktor Efisiensi pada data 4

t (mnt)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	dTs	G _T (W/m ²)	F'(%)
10	27	26	27	27	0	62	0,00199
20	27	27	27	27	0	63	0,00205

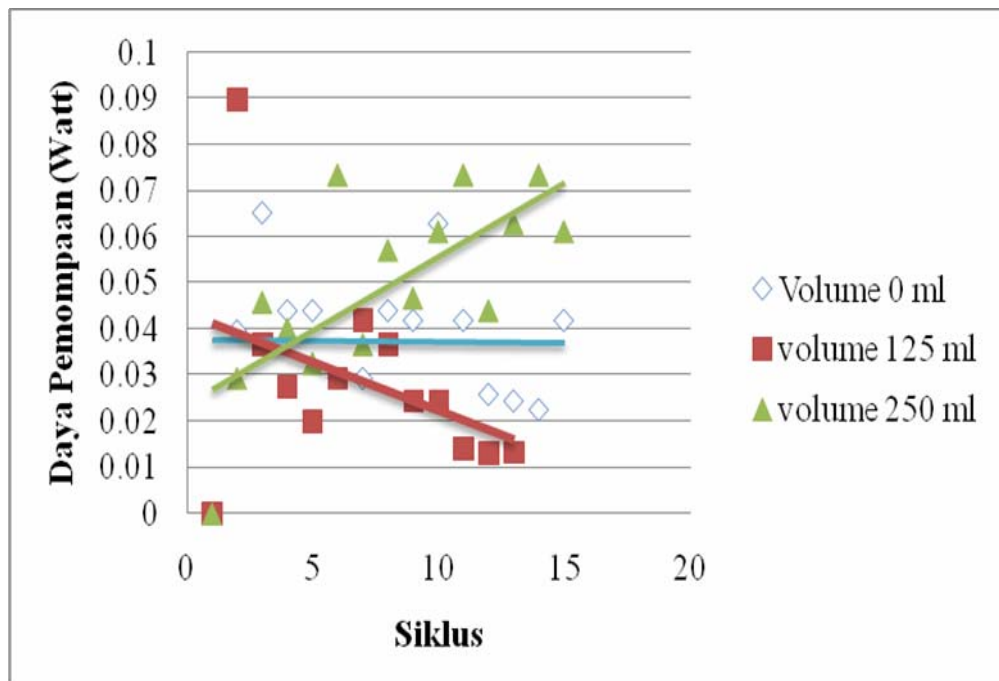
4.6 Analisa



Gambar 4.1. Grafik Efisiensi Sensibel kolektor

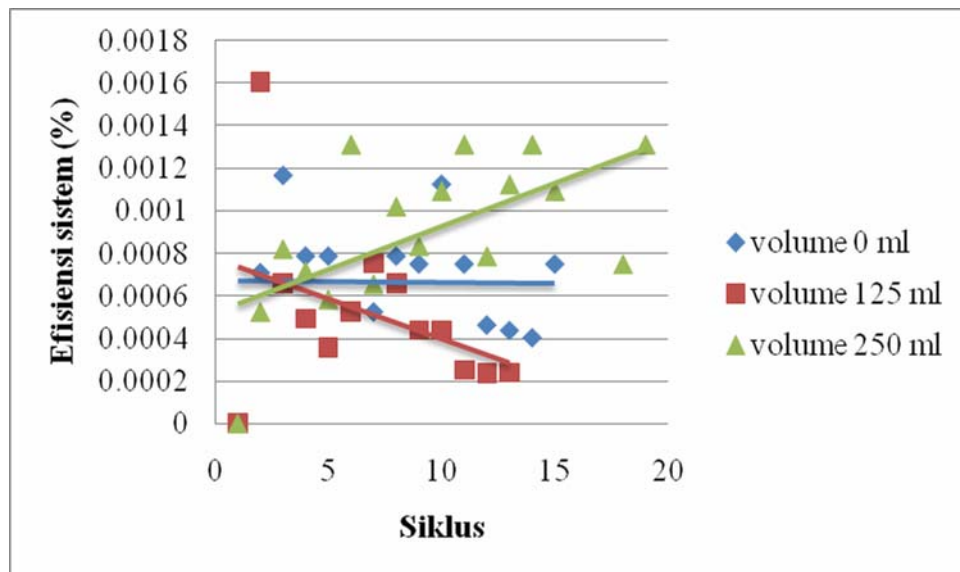
Dari Gambar 4.1. dapat kita lihat bahwa efisiensi sensibel kolektor ini tergantung pada perubahan suhu dan sinar matahari yang datang. Sinar matahari yang datang tergantung pada kondisi cuaca. Semakin baik cuacanya maka semakin

besar pula sinar matahari yang datang dan semakin besar pula perubahan temperatur pada kolektor, sehingga dapat menyebabkan besar efisiensi sensibel kolektornya.



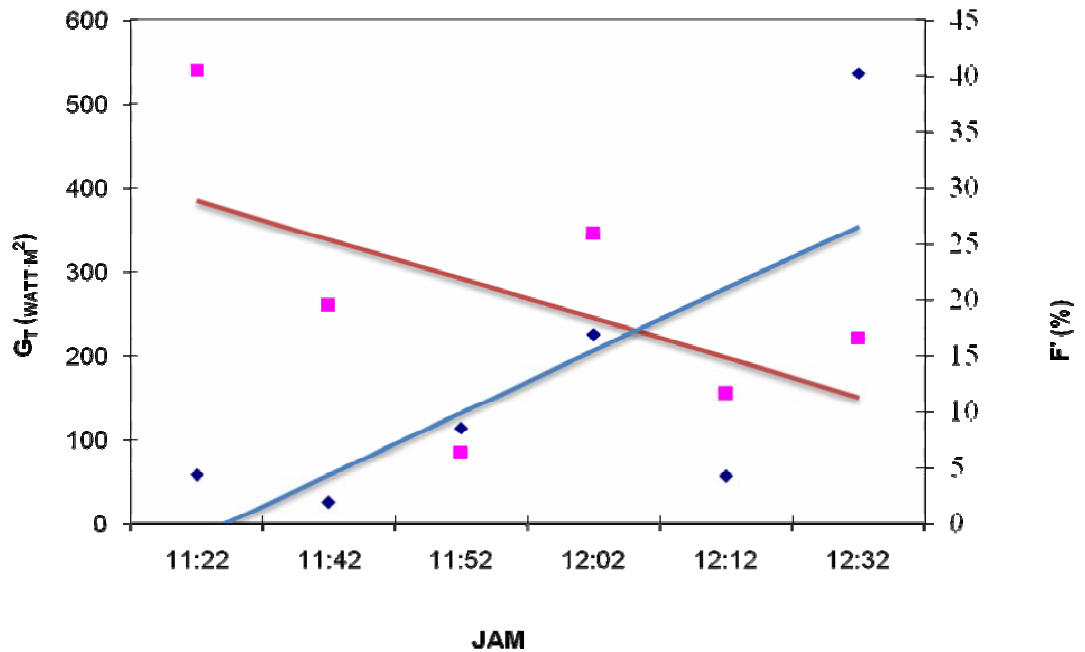
Gambar 4.2. Grafik hubungan daya pemompaan

Dari Gambar 4.2. dapat kita lihat bahwa daya pemompaan yang dihasilkan dari awal sampai akhir proses dipengaruhi debit air dan head. Semakin besar daya pemompaan semakin besar pula keluaran air dari pompa. Dan semakin tinggi pula head maka semakin besar pula daya pemompaan. Hal tersebut juga didukung adanya gaya gravitasi bumi yang dapat menyebabkan aliran uap bertekanan besar.



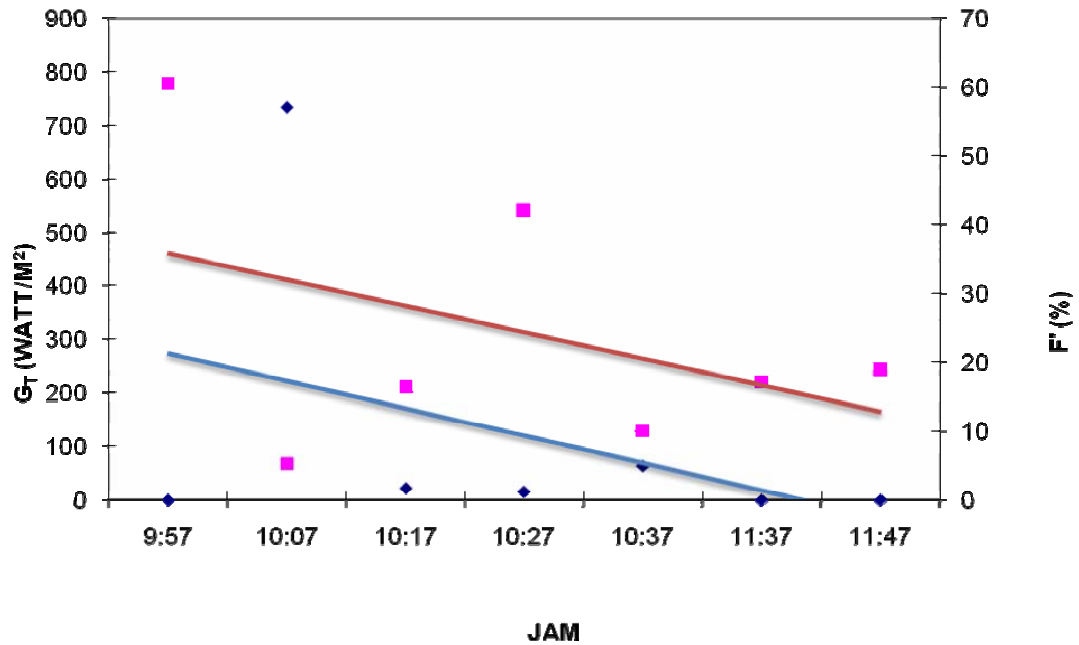
Gambar 4.3. Grafik Efisiensi sistem

Dari Gambar 4.3. dapat kita lihat bahwa efisiensi sistem tergantung pada daya pemompaan dan daya spritus, dapat dilihat pada Gambar 4.2. daya pemompaan semakin turun akan menyebabkan efisiensi sistemnya semakin turun juga. Semakin tinggi head maka semakin besar pula efisiensi sistemnya. Hal tersebut juga didukung adanya gaya gravitasi bumi yang dapat menyebabkan aliran uap bertekanan besar.



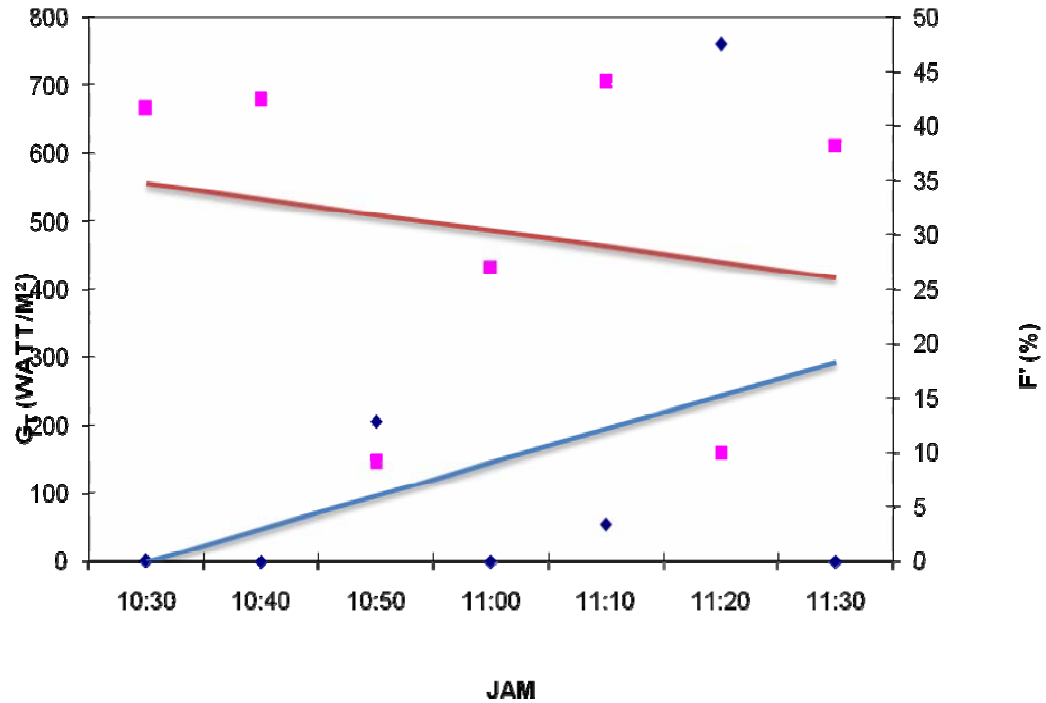
Gambar 4.4. Grafik hubungan antara energi matahari yang datang, waktu dan faktor efisiensi pada data 1

Dari Gambar 4.4. dapat kita lihat bahwa energi sinar matahari yang datang (G_t) dan waktu sangat mempengaruhi Faktor Efisiensi (F'). Dapat dilihat dipersamaan (6) bahwa semakin besar G_t akan menyebabkan F' akan turun. Hal ini juga dapat disebabkan karena adanya isolasi yang menyebabkan suhu di evaporator (T_s) menurun. Penurunan suhu di evaporator ini yang akan menyebabkan menurunnya ($T_s - T_a$), sehingga faktor efisiensinya juga turun.



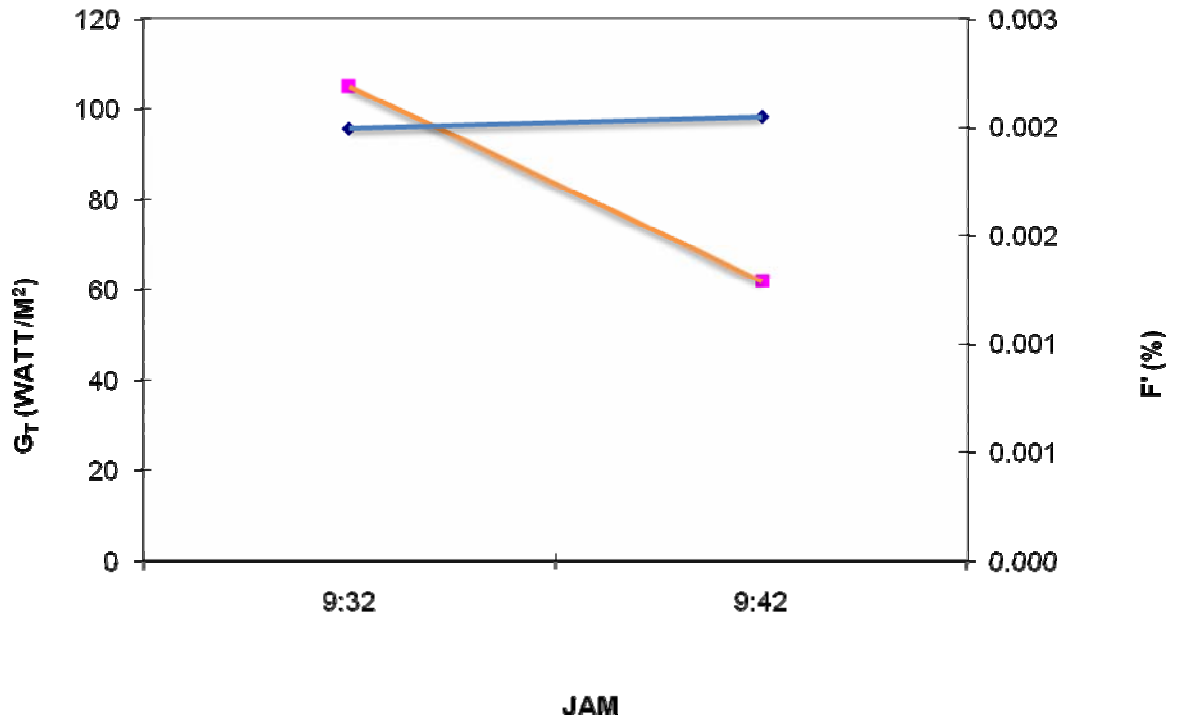
Gambar 4.5. Grafik hubungan antara energi matahari yang datang, waktu dan faktor efisiensi pada data 2

Dari gambar 4.5. dapat kita lihat bahwa energi sinar matahari yang datang (G_t) dan waktu sangat mempengaruhi Faktor Efisiensi (F'). Dapat dilihat dipersamaan (6) bahwa semakin besar G_t akan menyebabkan F' akan turun nilainya. Tapi dalam ini berbeda semakin rendah G_t nya maka semakin rendah juga F' nya. Hal ini juga dapat disebabkan suhu lingkungan dan temperatur pada evaporator. Besar dT_s yang diperoleh dari perhitungan T_s tidak menunjukkan perbedaan antara dT_s perhitungan yang pertama dengan perhitungan dT_s yang kedua.



Gambar 4.6. Grafik hubungan antara energi matahari yang datang, waktu dan faktor efisiensi pada data 3

Dari Gambar 4.6. dapat kita lihat bahwa energi sinar matahari yang datang (G_t) dan waktu sangat mempengaruhi Faktor Efisiensi (F'). Dapat dilihat dipersamaan (6) bahwa semakin besar G_t akan menyebabkan F' akan turun. Hal ini juga dapat disebabkan karena adanya isolasi yang menyebabkan suhu di evaporator (T_s) menurun. Penurunan suhu di evaporator ini yang akan menyebabkan menurunnya ($T_s - T_a$), sehingga faktor efisiensinya juga turun.



Gambar 4.7 Grafik hubungan antara energi matahari yang datang, waktu dan faktor efisiensi pada data 4

Dari Gambar 4.7. terlihat bahwa energi matahari yang datang mengalami kenaikan dari waktu ke waktu. Dengan nilai energi matahari yang datang semakin besar dari waktu ke waktu juga mempengaruhi besarnya faktor efisiensi seperti hubungannya pada persamaan (6). Faktor efisiensi turun dari waktu ke waktu karena dipengaruhi dT_s yang merupakan selisih dari T_s antara data pertama dan data kedua.

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data, perhitungan dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat model Kolektor CPC (*Compound Parabolic Collector*)
2. Efisiensi sensibel kolektor maksimum adalah 12,68 %,
3. Daya pemompaan maksimum adalah 0,0893 watt
4. Efisiensi sistem maksimum adalah 0,132 %,
5. Faktor efisiensi maksimum adalah 57,218 %,

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Balzar, A., Stumpf, P., Eckhoff, S., Ackermann, H., Grupp, M. 1996. A Solar Cooker Using Vacuum Tube Collectors With Integrated Heat Pipes. *Solar Energy* 58(1-3), pp.63-68.
- Doraswami, A. 1994. A Significant Advance in Solar Cooking. *Energy for Sustainable Development*, vol. 1, no. 2.
- Holman, J.P. 1994. *Perpindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga.
- Kumar Rakesh, Adhikari, R.S., Garg, H.P., Kumar Ashvini. 2001. Thermal Performance of A Solar Pressure Cooker Based on Evacuated Tube Solar Collector. *Applied Thermal Engineering*, 21, pp.1699-1706.
- Sharma, S.D., Sagara Kazunobu. 2004. Solar Cooker for Evening Cooking Using Latent Heat Storage Material Based on Evacuated Tube Solar Collector, *6th Workshop of IEA, ECES IA Annex 17*, Arvika, Sweden.

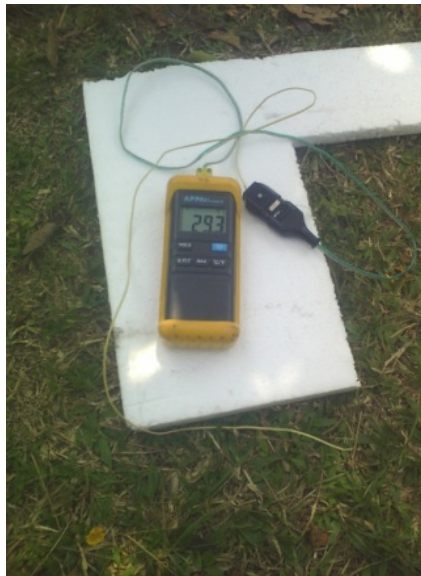
LAMPIRAN

LAMPIRAN

1. Lampiran Alat



Lampiran 1. Sel Surya yang Telah Dikalibrasi Untuk Mengukur Radiasi Surya



Lampiran 2. Termokopel dan Displainya



Lampiran 3. Adaptor



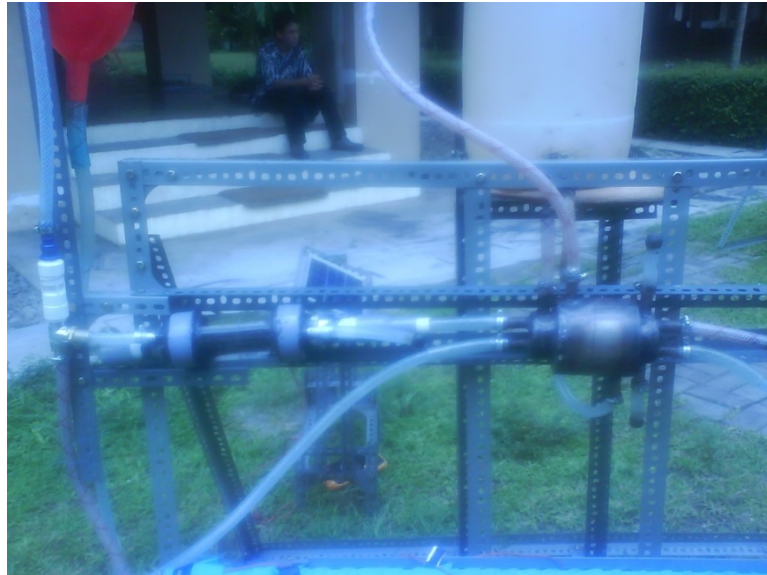
Lampiran 4. *Thermo Logger*



Lampiran 5. Kolektor CPC



Lampiran 6. Manometer



Lampiran 7. Gambar Pompa dan Kondenser



Lampiran 8. Gambar Alat

2. Lampiran Hasil Perhitungan Efisiensi Sensibel Kolektor

Perhitungan efisiensi sensibel kolektor secara lengkap sebagai berikut :

Lampiran 1. Perhitungan efisiensi sensibel kolektor pada data 1

waktu	d t (dtk)	mf (kg)	Ac (m ²)	Cp (j/kg.K)	T4 (°C)	ΔT4 (°C)	G (watt/m ²)	Ef.kol.sen (%)
10:52	600	0,45	0,8	2300	27	0	569	0
11:02	600	0,45	0,8	2300	26	-1	354	-0,61
11:12	600	0,45	0,8	2300	29	3	212	3,05
11:22	600	0,45	0,8	2300	27	-2	540	-0,79
11:32	600	0,45	0,8	2300	30	3	457	1,42
11:42	600	0,45	0,8	2300	36	6	259	4,99
11:52	600	0,45	0,8	2300	37	1	85	2,53
12:02	600	0,45	0,8	2300	41	4	345	2,50
12:12	600	0,45	0,8	2300	38	-3	155	-4,17
12:22	600	0,45	0,8	2300	50	12	221	11,70

Lampiran 2. Perhitungan efisiensi sensibel kolektor pada data 2

waktu	d t (dtk)	mf (kg)	Ac (m ²)	Cp (j/kg.K)	T4 (°C)	ΔT4 (°C)	G (watt/m ²)	Ef.kol.sen (%)
09:57	600	0,45	0,8	2300	29	2	779	0
10:07	600	0,45	0,8	2300	33	4	68	12,68
10:17	600	0,45	0,8	2300	34	1	212	1,01
10:27	600	0,45	0,8	2300	36	2	540	0,79
10:37	600	0,45	0,8	2300	37	1	128	1,68
10:47	600	0,45	0,8	2300	38	1	59	3,65
10:57	600	0,45	0,8	2300	35	-3	85	-7,61
11:07	600	0,45	0,8	2300	34	-1	345	-0,62
11:17	600	0,45	0,8	2300	32	-2	155	-2,78
11:27	600	0,45	0,8	2300	30	-2	123	-3,50
11:37	600	0,45	0,8	2300	30	3	220	2,94
11:47	600	0,45	0,8	2300	29	-1	241	-0,89

Lampiran 3. Perhitungan efisiensi sensibel kolektor pada data 3

waktu	d t (dtk)	mf (kg)	Ac (m ²)	Cp (j/kg.K)	T4 (°C)	ΔT4 (°C)	G (watt/m ²)	Ef.kol.sen (%)
10:30	600	0,45	0,8	2300	27	0	666	0
10:40	600	0,45	0,8	2300	26	-1	679	-0,31

Lampiran 3. Perhitungan efisiensi sensibel kolektor pada data 3 (lanjutan)

waktu	d t (dtk)	mf (kg)	Ac (m ²)	Cp (j/kg.K)	T4 (⁰ C)	ΔT4 (⁰ C)	G (watt/m ²)	Ef.kol.sen (%)
10:50	600	0,45	0,8	2300	32	6	146	8,86
11:00	600	0,45	0,8	2300	32	0	433	0
11:10	600	0,45	0,8	2300	40	8	705	2,44
11:20	600	0,45	0,8	2300	49	9	159	12,20
11:30	600	0,45	0,8	2300	49	0	612	0
11:40	600	0,45	0,8	2300	49	0	100	0
11:50	600	0,45	0,8	2300	46	-3	608	-1,06
12:00	600	0,45	0,8	2300	44	-2	94	-4,58
12:10	600	0,45	0,8	2300	41	-3	64	-10,10

Lampiran 4. Perhitungan sensibel kolektor pada data 4

waktu	d t (dtk)	mf (kg)	Ac (m ²)	Cp (j/kg.K)	T4 (⁰ C)	ΔT4 (⁰ C)	G (watt/m ²)	Ef.kol.sen (%)
9:32	600	0,45	0,8	2300	27	0	105	0
9:42	600	0,45	0,8	2300	27	0	62	0
9:52	600	0,45	0,8	2300	27	0	63	0
10:02	600	0,45	0,8	2300	26	-1	262	-0,82