



TUGAS AKHIR - TM091486

**STUDI EKSPERIMENTAL PEMANAS AIR  
TENAGA SURYA PELAT *ABSORBER*  
TYPE *SINUSOIDAL* DENGAN VARIASI  
TERHADAP TINGKAT KEVACUMAN  
DAN *ASPECT RATIO***

IZHA MAHENDRA  
NRP 2109 100 010

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - TM091486

# **EXPERIMENTAL STUDY OF SOLAR WATER HEATER USING SINUSOIDAL ABSORBER WITH VACUM VARIATIONS AND ASPECT RATIO**

IZHA MAHENDRA  
NRP 2109 100 010

Academic Supervisor  
Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2014

# **STUDI EXPERIMENTAL PEMANAS AIR TENAGA SURYA PELAT *ABSORBER* TYPE *SINUSOIDAL* DENGAN VARIASI TERHADAP DERAJAT KEVAKUMAN DAN *ASPECT RATIO***

**Nama Mahasiswa** : Izha Mahendra  
**NRP** : 2109 100 010  
**Jurusan** : Teknik Mesin, FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Djatmiko I. , M.Eng.

## **ABSTRAK**

Pemanfaatan energi surya dengan menggunakan kolektor surya *absorber sinusoidal* telah banyak diteliti untuk pengoptimalan sumber energi yang ada. Penggunaan kolektor surya *absorber sinusoidal* adalah dengan memanfaatkan energi matahari berupa radiasi panas yang diserap oleh plat *absorber*. Kolektor surya dapat didesain dengan adanya variasi terhadap tingkat pemvakuman udara yang berada antara pelat *absorber* dengan kaca penutup dan variasi pengaruh aspek ratio yang merupakan jarak antara *absorber* dengan kaca penutup terhadap koefisien konveksi antara pelat *absorber* dengan kaca penutup. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah 1. mendapatkan rancang bangun kolektor surya pemanas air yang sederhana, bahan mudah didapat, dan mudah dalam pembuatannya 2. mengetahui pengaruh tingkat kevacuman terhadap energy berguna kolektor 3. mengetahui pengaruh *aspect ratio* terhadap energy berguna kolektor 4. mengetahui besarnya efisiensi kolektor surya. Dengan adanya variasi bertujuan untuk meminimalkan rugi panas yang terjadi karena konveksi bebas dari pelat *absorber* ke kaca penutup. Dengan mengurangi kehilangan panas dari bagian atas kolektor akan meningkatkan efisiensi kolektor

Sistem kolektor surya yang dirancang adalah kolektor dengan variasi tingkat kevacuman dan *aspect ratio* dengan tebal pelat ( $\delta$ ) 1 mm . Untuk tingkat pemvakuman -20 cm.Hg, -40 cm.Hg, dan -60 cm.Hg serta menggunakan *aspect ratio* 1, 1.33,

dan 2. Pengambilan data dilaksanakan dengan memvariasi debit *fluida* kerja dengan mengatur bukaan katup, yaitu dari 100 cc/menit sampai 300 cc/menit kenaikan 100 cc/menit. Dengan pemvariasian tingkat kevacuman di antara pelat *absorber* dan kaca penutup, diharapkan dapat memperkecil koefisien kehilangan, temperatur absorber naik, dan temperatur kaca penutup turun. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi kolektor.

Dari eksperimen ini diperoleh efisiensi tertinggi dari kolektor surya ketika intensitas matahari  $980,39 \text{ W/m}^2$  (sekitar jam 13.00) sebesar 93,29%. Efisiensi tersebut didapatkan ketika kolektor surya di set pada debit 300 cc/menit, tingkat kevacuman -60 cmHg, dan *aspect ratio* 2. Sehingga kita dapat menyimpulkan bahwa pada tingkat kevacuman -60 cmHg hambatan *thermal* yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan tingkat kevacuman -20 cmHg dan -40 cmHg. Sehingga pada kevacuman -60 cmHg rugi-rugi panas dari bagian atas kolektor berkurang. Dengan adanya hal ini dapat meningkatkan efisiensi dari kolektor surya.

***Kata kunci:*** *solar collector, alternative energy, sinusoidal absorber, solar energy, the collector efficiency.*

# **EXPERIMENTAL STUDY OF SOLAR WATER HEATER USING SINUSOIDAL ABSORBER WITH VACUUM VARIATIONS AND ASPECT RATIO**

**Student Name** : IZHA MAHENDRA  
**NRP** : 2109100010  
**Departement** : Mechanical Engineering  
**Academic Supervisor** : Prof. Dr. Ir. Djatmiko I., M.Eng

## **ABSTRACT**

The utilization of solar energy by using solar collector with sinusoidal absorber has been studied for optimization of existing energy sources. The use of solar collector with sinusoidal absorber is to utilize solar energy in the form of heat radiation is absorbed by the absorber plate. Solar collectors can be designed with variations in the level of air vacuum that resides between the absorber plate and glass cover variations influence the aspect ratio is the distance between the absorber to the glass cover of the convection coefficient between the absorber plates to the glass cover. The purpose of this study is 1. Get design solar collector water heater is simple, easily obtainable materials, and easy to manufacture 2. Vacuum level to determine the effect of useful energy collector 3. Determine the effect of the aspect ratio of the useful energy collector 4. To know the size of the solar collector efficiency. With that purpose to minimize the variation of the heat loss that occurs due to free convection from the absorber plate to the glass cover. By reducing the heat loss from the top of the collector will increase the efficiency of the collector

Solar collector system is designed collector with varying degrees of vacuum and aspect ratio with plate thickness ( $\delta$ ) of 1 mm. For the vacuum level of -20 cmHg, -40 cmHg, and -60 cmHg as well as using the aspect ratio 1, 1.33, and 2. The data

collection was carried out by varying the working fluid flow regulating valve opening, from 100 cc / minutes to 300 cc / minutes with rise 100 cc / minutes. With variation of vacuum level between the absorber plate and glass cover, is expected to reduce the coefficient of loss, absorber temperature rises, and the temperature of the glass cover down. So as to improve the efficiency of the collector.

From this experiment obtained the highest efficiency of solar collectors when the intensity of the sun 980.39 W/m<sup>2</sup> (about 13.00) at 93.29%. Efficiency is obtained when the solar collector is set to discharge 300 cc / min, -60 cmHg on vacuum level, and aspect ratio 2. So we can conclude that at the vacuum level of -60 cmHg thermal barrier is larger than the vacuum level of -20 cmHg and -40 cmHg. So at vacuum level -60 cmHg heat losses from the top of the collector is reduced. Given this can improve the efficiency of solar collectors

*Key words: solar collector, alternative energy, sinusoidal absorber, solar energy, the collector efficiency.*

**STUDI EXPERIMENTAL PEMANAS AIR TENAGA  
SURYA PELAT *ABSORBER* TYPE *SINUSOIDAL*  
DENGAN VARIASI TERHADAP DERAJAT  
KEVACUMAN DAN *ASPECT RATIO***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada  
Bidang Studi Konversi Energi  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**IZHA MAHENDRA**

**NRP. 2109 100 010**

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng ..... (Pembimbing)  
(NIP. 195310191979031002)
2. Prof. Dr. Eng. Ir. Prabowo, M. Eng ..... (Penguji I )  
(NIP. 196505051990031005)
3. Ary Bachtiar K.P., ST, MPE, Ph.D ..... (Penguji II)  
(NIP. 197105241997021001)
4. Bambang Arip D., ST, MSc, Ph.D ..... (Penguji III)  
(NIP. 197804012002121001)

**SURABAYA  
JANUARI 2014**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan ke hadapan ALLAH SWT, atas karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “STUDI EKSPERIMENTAL PEMANAS AIR TENAGA SURYA PELAT *ABSORBER* TYPE *SINUSOIDAL* DENGAN VARIASI TERHADAP TINGKAT KEVACUMAN DAN *ASPECT RATIO*”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani M.Eng selaku dosen pembimbing yang tidak henti-hentinya memberikan arahan, dukungan dan ilmu yang tak ternilai harganya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Prof. Dr. Eng. Ir. Prabowo, M.Eng, Ary Bachtiar K.P., ST, MT, Ph.D, Bambang Arip D., ST, MSc, Ph.D selaku dosen penguji seminar proposal Tugas Akhir maupun sidang Tugas Akhir atas semua kritik, saran dan masukan demi kesempurnaan proposal tugas akhir ini.
3. Alm Bapak Abdul Aziz A. dan Bapak Unggul W. selaku dosen wali penulis atas bimbingan, arahan, dan waktu untuk konsultasi demi kelancaran kuliah penulis.
4. Ibu drg. Ida Laella dan Drs.Heryanto terima kasih atas bimbingan, arahan dan kesabaran yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis bisa menjadi seperti sekarang. *Allahummaghfirlil dzunubii waa liwaa lidaiyya warhamhumaa kamaa robbayaanii shoghiroo.*
5. Kyko Dyonni Putri terima kasih atas kesabarannya menghadapi penulis, terima kasih buat pengertian dan supportnya “ Ich Liebe Dich”.



6. Pak Yoyok, Mas Erdien, dan Pak Minto yang membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan eksperimen ini dengan baik
7. Angkatan M52, gani, bayu, hanggar, endi, bondan, didit, dan semua kawan yang lain selaku teman seperjuangan penulis, terima kasih buat support yang kalian berikan kepada penulis sehingga penulis dapat mendapatkan inspirasi yang lebih baik dan positif.
8. Kru lab perpan terima kasih buat bantuan dan kegembiraan yang kalian berikan.
9. Seluruh anggota Mascord terima kasih telah menjadi tempat penghilang stres “keep safety riding” satu aspal satu saudara. “kon dulurku aku dulurmu”.
10. Tidak lupa, saya ucapkan kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Januari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Perumusan masalah.....	3
I.3 Batasan Masalah .....	4
I.4 Tujuan Penelitian .....	4
I.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5

### **BAB II DASAR TEORI**

2.1 Kajian Pustaka.....	7
2.1.1 Hollands (1965) .....	7
2.1.2 Robert L. San Martin dan Gary J. Fjeld (1975) .....	7
2.1.3 Meyer et al and Randall et al (1978).....	8
2.1.4 Wang Shing An (1979).....	9
2.1.5 Jong Ho Lee dan Kawan-kawan (1986).....	10
2.2 Tinjauan Umum <i>Solar Collector Water Heater</i> .....	11
2.2.1 Prinsip Kerja Sistem <i>Solar Collector</i> Sederhana ....	11
2.3 Perpindahan Panas Radiasi Pada Matahari.....	12
2.4 Analisa Teoritis .....	16
2.4.1 Geometris <i>Absorber</i> Gelombang .....	16
2.4.2 Radiasi Matahari .....	17
2.5 Analisa Perpindahan Panas Pada <i>Solar Collector</i> .....	21
2.5.1 Analisa Perpindahan Panas Antara <i>Cover</i> dan Udara Luar.....	21

2.5.2 Perpindahan Panas Antara Pelat <i>Absorber</i> dan <i>Cover</i> .....	24
2.5.3 Perpindahan Panas Antara Pelat <i>Absorber</i> dan <i>Air</i> .....	25
2.5.4 Koefisien Kerugian Panas Bawah ( $U_b$ ) .....	27
2.5.5 Koefisien Kerugian Panas Menyeluruh ( $U_L$ ) .....	27
2.5.6 Faktor Efisiensi Kolektor ( $F'$ ) .....	29
2.5.7 Faktor Aliran Kolektor ( $F''$ ).....	30
2.5.8 Faktor Pelepasan Panas ( $F_R$ ) .....	30
2.5.9 Analisa Panas yang Berguna Pada Kolektor ( $Q_u$ ) .	31
2.5.10 Analisa Efisiensi ( $\eta$ ).....	32
 <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Penjabaran Masalah.....	33
3.2 Parameter yang Diukur dan Peralatan Penelitian .....	33
3.3 Tahap Pengujian .....	37
3.4 Grafik .....	39
3.5 Flowchart Percobaan .....	40
3.6 Flowchart Perhitungan .....	42
3.7 Tabel Pengambilan Data .....	45
 <b>BAB IV ANALISA HASIL PENELITIAN</b>	
4.1 Data Penelitian .....	47
4.1.1 Data Penelitian.....	47
4.2 Perhitungan Kolektor Surya .....	43
4.2.1 Perhitungan Intensitas Radiasi Mengenai Pelat <i>Absorber</i> .....	47
4.2.2 Analisa Perpindahan Panas Antara <i>Cover</i> dan Udara Luar.....	48
4.2.3 Analisa Perpindahan Panas Antara Pelat <i>Absorber</i> dan <i>Cover Glass</i> .....	53
4.2.4 Analisa Perpindahan Panas Antara Pelat <i>Absorber</i> dan <i>Air</i> .....	54
4.2.5 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh .....	54
4.2.6 Faktor Efisiensi Kolektor.....	55

4.2.7 Faktor Pelepasan Panas ( $F_R$ ).....	55
4.2.8 Panas yang Berguna Pada Kolektor ( $Q_{\text{usefull}}$ ).....	56
4.2.9 Efisiensi Kolektor Surya.....	56
4.3 Pembahasan Grafik Percobaan.....	57
4.3.1 Pembahasan Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman Debit 100 cc/menit .....	57
4.3.2 Pembahasan Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman Pada Debit 200 cc/menit.....	59
4.3.3 Pembahasan Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman Pada Debit 300 cc/menit.....	60
4.3.4 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Tingkat Kevacuman -20 cmHg.....	62
4.3.5 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Tingkat Kevacuman -40 cmHg.....	63
4.3.6 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Tingkat Kevacuman -60 cmHg.....	65
4.3.7 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan <i>Aspect Ratio</i> Pada Tingkat Kevacuman -20 cmHg .....	66
4.3.8 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan <i>Aspect Ratio</i> Pada Tingkat Kevacuman -40 cmHg .....	68
4.3.9 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan <i>Aspect Ratio</i> Pada Tingkat Kevacuman -60 cmHg .....	69
4.3.10 Pembahasan Grafik Efisiensi Pada <i>Aspect Ratio</i> 1	71
4.3.11 Pembahasan Grafik Efisiensi Pada <i>Aspect Ratio</i> 1,33 .....	72
4.3.12 Pembahasan Grafik Efisiensi Pada <i>Aspect Ratio</i> 2	74
 <b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan Studi Eksperimen .....	77
5.2 Saran.....	78
 <b>Daftar Pustaka</b> .....	 79
<b>Lampiran</b> .....	80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Beberapa variasi penempatan pipa terhadap pelat <i>absorber</i> .....	2
Gambar 2.1	Trickle Collector .....	7
Gambar 2.2	<i>Thermal Trap Collector</i> .....	7
Gambar 2.3	Standart Collector .....	8
Gambar 2.4	<i>Slat for Suppresion of Convection from Meyer et al : (1978)</i> .....	9
Gambar 2.5	<i>Tube and sheet collector</i> .....	10
Gambar 2.6	<i>Corrugated sheet collector</i> .....	10
Gambar 2.7	Prinsip Kerja <i>Solar Collector</i> .....	12
Gambar 2.8	Intensitas <i>beam</i> , <i>diffuse</i> , dan intensitas di bidang <i>extraterrestrial</i> .....	15
Gambar 2.9	<i>Absorber</i> gelombang <i>sinusoidal</i> . .....	16
Gambar 2.10	Variasi besarnya radiasi yang diserap terhadap sumbu x.....	18
Gambar 2.11	Posisi vector dan vector karakteristik .....	19
Gambar 2.12	<i>Cross sectional absorber</i> .....	21
Gambar 2.13	Skema perpindahan panas pada kolektor .....	19
Gambar 2.14	Perhitungan dari factor bentuk (Sutrisno, 2002). .....	25
Gambar 2.15	Kehilangan panas pada sisi bawah kolektor .....	27
Gambar 2.16	Tahanan termal kolektor .....	29
Gambar 3.1	Posisi penempatan kabel <i>thermocouple</i> .....	34
Gambar 3.2	Skema instalasi alat.....	34
Gambar 3.3	Model kolektor surya tampak depan.....	34
Gambar 3.4	Model kolektor surya tampak samping.....	35
Gambar 3.5	Kolektor surya tampak samping .....	35
Gambar 3.6	Kolektor Surya.....	35

Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman pada debit 100 cc/menit.....	57
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman pada debit 200 cc/menit.....	59
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman pada debit 300 cc/menit .....	60
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Tingkat Kevacuman -20 cmHg .....	62
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Tingkat Kevacuman -40 cmHg .....	63
Gambar 4.6	Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Dan Kevacuman -60 cmHg .....	65
Gambar 4.7	Grafik Pengaruh Perubahan Aspect Ratio Pada Tingkat Kevacuman -20 cmHg.....	66
Gambar 4.8	Grafik Pengaruh Perubahan Aspect Ratio Pada Tingkat Kevacuman -40 cmHg.....	68
Gambar 4.9	Grafik Pengaruh Perubahan Aspect Ratio Pada Tingkat Kevacuman -60 cmHg.....	69
Gambar 4.10	Grafik Effisiensi pada Aspect Ratio 1 .....	71
Gambar 4.31	Grafik Effisiensi pada Aspect Ratio 1,33 .....	72
Gambar 4.34	Grafik Effisiensi pada Aspect Ratio 2 .....	74

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Variasi Debit Air, Tingkat Pemvacuman dan <i>Aspect Ratio</i> .....	39
-----------	---	----

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

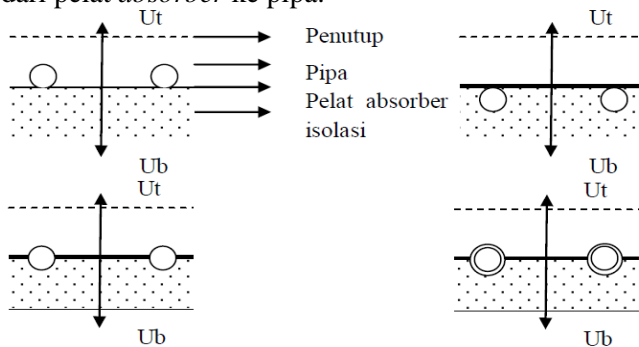
Di era sekarang energi sangat dibutuhkan oleh semua lapisan masyarakat di seluruh dunia. Untuk sekarang ini kita sangat bergantung pada energi fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam. Padahal kita mengetahui bahwa energi fosil jumlahnya terbatas dan menyebabkan berbagai dampak lingkungan seperti terjadinya polusi udara. Energi fosil merupakan *non renewable resources* sehingga jika diekplorasi secara terus menerus akan habis. Sehingga diperlukan penghematan dari energi fosil tersebut dan menemukan energi alternative sebagai pengganti energi fosil.

Salah satu energi alternative yang jumlahnya besar dan ramah lingkungan adalah energi surya. Sebagai Negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi matahari di Indonesia dapat diklasifikasikan sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m<sup>2</sup>.hari dengan variasi bulanan sekitar 10%, dan Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m<sup>2</sup>.hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Dengan demikian, rata-rata potensi radiasi matahari di Indonesia sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>.hari dengan variasi bulanan sekitar 9%.

Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu teknologi energi surya termal dan energi surya fotovoltaic. Tetapi pada tugas akhir ini hanya mempelajari pemanfaatan teknologi energi surya termal sebagai pemanas air. Studi tentang unjuk kerja kolektor surya sebagai pemanas air telah



banyak dilakukan. Kolektor surya pemanas air mempunyai berbagai macam variasi. Salah satu yang divariasikan adalah *absorber* dari kolektor surya tersebut. Kolektor surya pelat datar dengan *tube* telah banyak diteliti dengan memodifikasi posisi pipa terhadap pelat datar. Kolektor surya pelat datar sudah banyak diproduksi secara massal sebagai *water heater*. Berbagai macam modifikasi posisi pipa terhadap pelat datar seperti ditunjukkan pada gambar 1.1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa dibutuhkan pengelasan untuk menghubungkan pipa dan pelat. Sambungan tersebut menimbulkan adanya tahanan termal yang akan menghambat perpindahan panas dari pelat *absorber* ke pipa.



Gambar 1.1 Beberapa variasi penempatan pipa terhadap pelat *absorber*

Penggunaan pelat *absorber* gelombang pada kolektor surya pemanas air ini diharapkan dapat mengatasi kelemahan pada solar kolektor pelat datar dengan *tube*. Pada kolektor surya ini radiasi matahari yang diserap oleh pelat *absorber* akan langsung ditransfer ke air. Selain itu dengan dimensi kolektor yang sama, pelat *absorber* gelombang mempunyai luasan penyerapan panas lebih besar. Penggunaan pelat gelombang sebagai pelat *absorber* dapat meningkatkan *absorbsivitas* karena selain menerima radiasi matahari langsung, juga menerima pantulan dari pelat gelombang

disebelahnya. Dengan demikian diharapkan pelat *absorber* mempunyai performansi yang baik dan layak digunakan sebagai pelat *absorber* untuk pemanas air.

Kehilangan panas melalui bagian atas kolektor surya merupakan bagian dari rugi-rugi panas terbesar. Dengan mengurangi kehilangan panas dari bagian atas kolektor akan meningkatkan efisiensi kolektor. Untuk itu perlu dilakukan penelitian bagaimana cara mengurangi kehilangan panas tersebut.

## 1.2 Perumusan Masalah

Kehilangan panas melalui permukaan atas kolektor didominasi oleh kehilangan panas konveksi dari pelat *absorber* ke kaca penutup. Antara pelat *absorber* dengan kaca penutup merupakan suatu bentuk rongga (*cavity*), maka mekanisme perpindahan panasnya adalah konveksi alami (*free convection*). Koefisien perpindahan panas konveksi alami sangat tergantung pada tingkat kevakuman pada rongga tersebut.

1. Bagaimana pengaruh tingkat kevakuman udara antara pelat *absorber* dengan kaca penutup terhadap koefisien konveksi?
2. Bagaimana pengaruh aspek ratio yang merupakan jarak antara *absorber* dengan kaca penutup terhadap koefisien konveksi antara pelat *absorber* dengan kaca penutup?
3. Bagaimana menghitung koefisien kehilangan panas total yang terjadi antara pelat *absorber* dengan kaca penutup?
4. Bagaimana merancang kolektor surya agar mempunyai efisiensi sebaik mungkin sebagai pemanas air?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan dan asumsi yang dipakai dalam penelitian ini adalah:

1. Analisa performansi kolektor surya dilakukan pada kondisi *steady state*.
2. Intensitas matahari pada kondisi *clear sky*.
3. Aliran air yang mengalir didalam kolektor surya dianggap satu arah dan memenuhi luasan kolektor secara menyeluruh.
4. Kaca penutup diasumsikan tidak menyerap radiasi matahari.
5. Penggunaan bahan untuk *absorber* adalah pelat seng.
6. Penggunaan bahan isolasi adalah *Styrofoam*.
7. Pompa *vacuum* dapat digunakan dengan baik.
8. Alat ukur telah dikalibrasi.
9. *Solar Collector* dapat divakum dengan sempurna.
10. Pengambilan data dilaksanakan pada 09.00 – 15.00. Data-data lain yang diperlukan dalam perencanaan dan analisa diambil sesuai dengan literatur yang relevan.
11. Fluida kerja selama proses tidak mengalami perubahan fase.
12. Debu dan kotoran-kotoran diatas kolektor diabaikan.
13. Efek *shading* pada pelat *absorber* diabaikan.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Dalam studi ekperiment ini bertujuan untuk:

1. Mendapatkan rancang bangun kolektor surya pemanas air yang sederhana, bahan yang mudah didapat, mudah dalam proses pembuatannya dan memberikan efisiensi yang baik.
2. Mengetahui pengaruh tingkat kevacuman terhadap energi berguna yang dihasilkan kolektor surya.
3. Mengetahui pengaruh *aspect ratio* terhadap energi berguna yang dihasilkan kolektor surya.

4. Mengetahui besarnya efisiensi kolektor surya pelat gelombang dengan variasi aspek ratio dan derajat kevacuman antara *absorber* dengan kaca penutup.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memanfaatkan energi surya sebagai energi alternative yang ramah lingkungan.
2. Mendapatkan kolektor surya pemanas air dengan harga yang lebih murah dan memiliki efisiensi tinggi.
3. Menumbuhkan minat bereksperimen dalam memecahkan masalah di zaman sekarang.

### 1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan dari perencanaan yang dilakukan

BAB II : Tinjauan Pustaka

Bab ini menuliskan tentang tinjauan pustaka pada prinsip kerja kolektor surya pelat *absorber* gelombang *sinusoidal* dengan variasi aspek ratio dan derajat pemvacuman, prinsip perpindahan panas pada *solar kolektor*.

BAB III : Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang peralatan yang akan digunakan dalam penelitian, tahap-tahap penelitian dan pengambilan data.

BAB IV : Analisa Hasil Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang data-data yang didapatkan dari eksperimen kolektor surya dengan *absorber* gelombang *sinusoidal* dengan variasi aspek rasio dan derajat pemvacuman. Hasil yang didapatkan dari pengolahan data, dan analisa mengenai hasil-hasil yang didapat.

## BAB V : Kesimpulan dan Saran

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari eksperimen yang dilakukan dan sara-saran yang diberikan untuk perkembangan eksperimen kedepannya.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Beberapa penelitian terdahulu terkait dengan penggunaan pelat gelombang sebagai *absorber* pada kolektor surya adalah sebagai berikut:

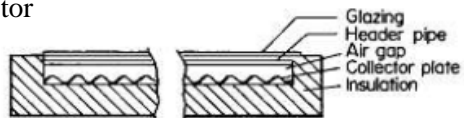
##### 2.1.1 Hollands ( 1965 )

Melakukan penelitian pada kolektor energi surya dengan menggunakan pelat *absorber* gelombang. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa dengan menggunakan pelat *absorber* gelombang akan meningkatkan *absorbsivitas* pelat terhadap radiasi matahari. Dengan adanya bentuk gelombang sinar matahari yang mengenai pelat *absorber* sebagian dipantulkan ke kaca dan sebagian lagi ke pelat gelombang disebelahnya.

##### 2.1.2 Robert L.San Martin dan Gary J. Fjeld ( 1975 )

Melakukan eksperimen dengan membandingkan tiga buah kolektor, diantaranya:

1. Trickle Collector



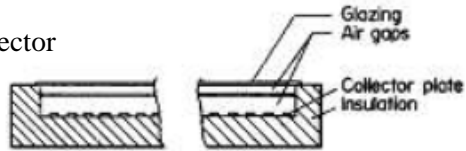
Gambar 2.1 *Trickle Collector*

2. Thermal Trap Collector



Gambar 2.2 *Thermal Trap Collector*

### 3. Standard Collector



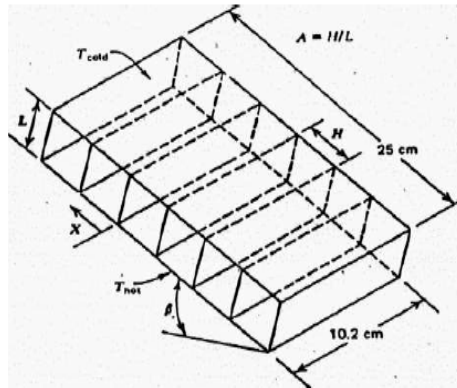
Gambar 2.3 Standart Collector

Ketiga kolektor di atas mempunyai ukuran berturut-turut 15,33 ft<sup>3</sup>, 8,16 ft<sup>3</sup>, dan 17,33 ft<sup>3</sup>. Masing-masing kolektor diisolasi dengan *polymer foam insulation* setebal 3 inci. Ketiga kolektor di atas menggunakan pelat *absorber* dari aluminium. Dari hasil eksperimen tersebut diketahui bahwa *Trickle collector* mempunyai efisiensi 35,2%, *Thermal Trap collector* 57%, dan *Standard collector* 62,4%.

#### 2.1.3 Meyer et al and Randall et al ( 1978 )

Tujuan mendesain *solar collector* dengan penambahan *parallel slat array* (TIM) adalah untuk mengurangi kehilangan panas (*heat loss*) yang melewati kaca penutup (*cover*).

Pada tahun 1978, Meyer dan Randall melakukan penelitian dengan cara membandingkan besarnya rugi-rugi panas antara kolektor surya yang diberikan penambahan *parallel slat array* dan kolektor surya tanpa penambahan *parallel slat array*, hasil penelitian menyebutkan pada sudut *solar collector* ( $\beta = 45^\circ$ ) dan *aspect ratio* ( $A = 2$ ), penambahan *parallel slat array* (TIM) dapat mengurangi setengah (0,5) kehilangan panas secara konveksi yang melewati *cover* bila dibandingkan dengan *solar collector* tanpa penambahan *parallel slat array* (TIM). Sedangkan pada sudut *solar collector* yang sama ( $\beta = 45^\circ$ ) dan *aspect ratio* ( $A = 4$ ), penambahan *parallel slat array* (TIM) dapat mengurangi sepertiga (0,33) kehilangan panas secara konveksi yang melewati *cover* bila dibandingkan dengan *solar collector* tanpa penambahan *parallel slat array* (TIM).



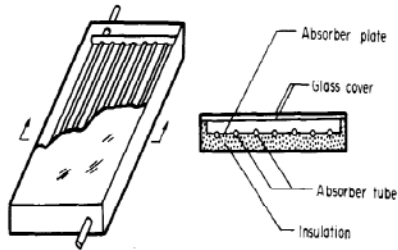
Gambar 2.4 Slat for Suppression of Convection from Meyer et al : (1978)

#### 2.1.4 Wang Shing An ( 1979 )

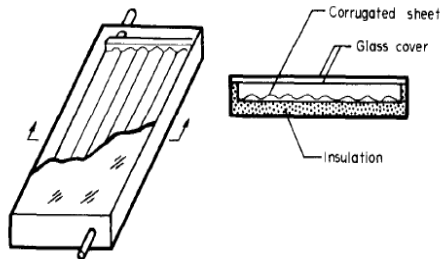
Menganalisa perpindahan panas dan melakukan pengujian dengan menggunakan kolektor pelat *absorber* gelombang dari baja dengan ketelabalan 0,8 mm untuk mengurangi kehilangan panas ke atas menggunakan *cover* ganda, dimana luasan pelat *absorber* 1,57 m<sup>2</sup> dengan kapasitas air 18,25 kg. Dari eksperimen ini diperoleh persamaan efisiensi kolektor:  $\eta = 0,68 - 7 \frac{(T_c - T_a)}{l}$ .

Pada eksperimen ini juga membandingkan antara *double commercial glass cover* ( $\tau \cdot \alpha = 0,66$ ) dengan *double water white glass cover* ( $\tau \cdot \alpha = 0,66$ ). Dari eksperimen ini diperoleh bahwa *water white glass cover* menghasilkan efisiensi lebih tinggi sekitar 11%.





Gambar 2.5 *Tube and sheet collector*



Gambar 2.6 *Corrugated sheet collector*

### 2.1.5 Jong Ho Lee dan kawan-kawan ( 1986 )

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian unjuk kerja kolektor surya pemanas air pelat *absorber* gelombang. Dalam penelitian ini diuji dua buah kolektor secara bersamaan dimana salah satu kolektor pada bagian ujung atas dan bawah diberi ventilasi sebanyak 4 di atas dan 4 di bawah dengan ukuran 3 cm x 15 cm. *Ventilator* ini berfungsi untuk mencegah timbulnya *overheating* pada kolektor. Pada eksperimen ini besarnya radiasi matahari sebagai *moving source* yang diterima oleh pelat bergantung pada *incident angle* yang terjadi pada permukaan gelombang pelat.

Pada pengujian Jong Ho Lee juga membandingkan antara hasil eksperimen dengan perhitungan secara teoritis pada *closed collector*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa efisiensi dari

hasil perhitungan lebih tinggi sekitar 5-10% dibandingkan dengan efisiensi hasil eksperimen.

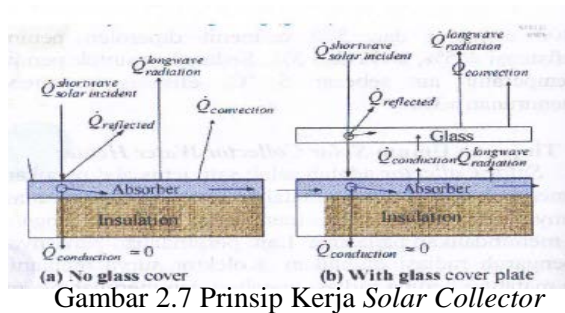
## **2.2 Tinjauan Umum *Solar Collector Water Heaters***

*Solar collector* adalah salah satu jenis alat penukar panas yang merubah energi radiasi matahari menjadi energi panas. Pada umumnya, alat penukar panas menggunakan fluida dimana fluida tersebut bertujuan untuk memindahkan panas dari radiasi matahari. Kolektor surya memanfaatkan energi matahari berupa radiasi matahari dan merubahnya menjadi energi panas pada fluida. Besarnya energi panas yang dipindahkan oleh kolektor surya, tergantung dari ketersediaan radiasi matahari tiap saat dan kemampuan kolektor untuk menyerap energi radiasi matahari tersebut.

Pada kolektor surya pemanas air (*Solar Collector Water Heater*), radiasi matahari dimanfaatkan untuk memanaskan air yang dialirkan melalui sebuah saluran yang melewati *absorber*. Radiasi matahari yang diserap *absorber* akan ditransfer ke fluida secara konveksi dan konduksi sehingga air akan menyerap energi panas yang akan menyebabkan air tersebut mengalami kenaikan temperature.

### **2.2.1 Prinsip Kerja Sistem *Solar Collector* Sederhana**

Sistem *solar collector* telah banyak berkembang saat ini, bentuk *solar collector* yang sederhana telah jauh lebih dulu ditemukan, sistem *solar collector* sederhana termasuk dalam *flat plate collector* memiliki keunggulan antara lain: murah dan mudah dalam pembuatan, pengoperasian, serta perawatan dibandingkan bentuk *solar collector* yang lain, namun efisiensinya masih rendah. Sistem *solar collector* sederhana terdiri dari: *cover strip*, *absorber plate*, *therma insulation*, *container or casing*.



Prinsip kerja dari kolektor surya tersebut adalah sebagai berikut: pada Gambar 2.7 (a), kolektor surya ini tidak menggunakan *glass* sebagai *cover*. Jadi radiasi matahari langsung diserap oleh *absorber*. Energi radiasi tersebut ada yang dipantulkan, diserap, dan diteruskan ke fluida yang mengalir dibawahnya. Dengan memberi warna hitam pada *absorber*, diharapkan *absorber* mempunyai absorpsivitas ( $\alpha$ ) yang tinggi mendekati 1. Kelemahan dari kolektor surya ini adalah rugi-rugi konveksi yang besar karena tidak adanya penutup yang mencegah besarnya fluida yang mengalir di atas *absorber*. Sedangkan pada Gambar 2.7 (b), radiasi matahari menembus kaca penutup lalu sinar matahari akan diteruskan menuju *absorber* dan diharapkan semua sinar matahari yang berupa energi panas terakumulasi di pelat *absorber*. Energi dari radiasi matahari yang terakumulasi di pelat *absorber* akan ditransfer ke fluida yang mengalir di bawah pelat *absorber*. Sehingga menyebabkan temperature fluida yang keluar mengalami peningkatan. Bagian isolasi yang berada di bawah pelat *absorber* berfungsi sebagai isolator agar panas tidak terdistribusi keluar sistem kolektor surya.

### 2.3 Perpindahan Panas Radiasi Pada Matahari

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan energi panas dengan bantuan gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas secara radiasi berbeda dengan perpindahan

panas secara konveksi maupun konduksi. Radiasi tidak membutuhkan perantara, bahkan radiasi lebih efektif bila terjadi pada ruang vakum. Radiasi yang dipancarkan oleh permukaan suatu zat berasal dari energi panas zat yang dipindahkan oleh permukaan tersebut. Besarnya laju perpindahan panas radiasi sangat dipengaruhi oleh kemampuan suatu permukaan untuk memancarkan energi ( $\epsilon$ ) dan perbedaan temperature ( $\Delta T$ ). Laju perpindahan panas radiasi dapat ditunjukkan oleh persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$Q_{\text{rad}} = A \cdot \sigma \cdot \epsilon_{\text{bahan}} \cdot (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4) \quad (2.1)$$

Dimana:  $q''$  = fluks panas radiasi ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$\sigma$  = konstanta Stephen Boltzman =  $5,67 \times 10^{-8} \text{W}/\text{m}^2 \text{K}^4$

$\epsilon_{\text{bahan}}$  = emisivitas bahan, besarnya 0 sampai 1

$T_s$  = temperature permukaan (K)

$T_{\text{sur}}$  = temperature *surrounding* (K)

Laju perpindahan panas radiasi juga dapat dituliskan dalam bentuk lain, seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$q''_{\text{rad}} = h_r \cdot (T_s - T_{\text{sur}}) \quad (2.2)$$

laju perpindahan panas radiasi untuk dua pelat parallel, ditunjukkan oleh persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$q''_{\text{rad}} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \cdot (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4) \quad (2.3)$$

Dimana :  $\epsilon_1$  = emisivitas permukaan bahan 1

$\epsilon_2$  = emisivitas permukaan bahan 2

Matahari adalah sumber energi bagi kehidupan di bumi. Energi yang dimiliki matahari disebut energi matahari dan diradiasikan hingga mencapai bumi. Matahari mengeluarkan energi radiasi rata-rata sebesar  $G_{sc} = 1353 \text{ W/m}^2$  setiap saat. Radiasi matahari yang sampai di permukaan bumi terdiri dari radiasi langsung (*beam*  $I_b$ ) dan radiasi hamburan (*diffuse*  $I_d$ ), serta radiasi pantulan dari sekitarnya. Radiasi matahari di luar atmosfer (*extraterrestrial*) pada bidang horizontal per jam, ditunjukkan pada persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$I_0 = \frac{12 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left( 1 + 0,33 \cos \frac{360n}{365} \right) \times \left[ \cos\phi \cdot \cos\delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180} \sin\phi \cdot \sin\delta \right] \quad (2.4)$$

Dengan :

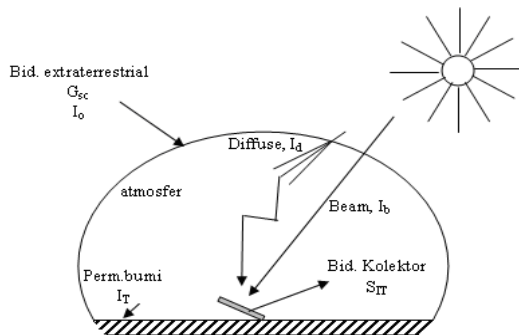
$I_0$  = radiasi matahari total di *extraterrestrial* pada permukaan horizontal tiap satuan jam ( $\text{MJ/m}^2$ )

$G_{sc}$  = konstanta matahari setiap saat =  $1353 \text{ W/m}^2$

$\omega_1$  = sudut waktu pada saat awal penelitian ( $^\circ$ )

$\omega_2$  = sudut waktu setelah penelitian berlangsung 1 jam ( $^\circ$ )

Intensitas matahari di daerah *extraterrestrial* tidak seluruhnya diterima oleh bumi. Atmosfer bumi memiliki kemampuan menyerap, meneruskan, dan memantulkan radiasi matahari. Sejumlah intensitas matahari yang secara langsung diteruskan hingga ke permukaan bumi, disebut intensitas *beam* ( $I_b$ ). Intensitas matahari yang diterima oleh permukaan bumi tetapi tersebar terlebih dahulu di atmosfer, disebut intensitas *diffuse* ( $I_d$ ). seperti terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.8 intensitas *beam*, *diffuse*, dan intensitas di bidang *extraterrestrial*

*Ratio* intensitas radiasi lingkungan ( $I_T$ ) dan intensitas radiasi matahari di *extraterrestrial* disebut *an hourly clearness index*  $k_T$  sesuai dengan persamaan 2.5.

$$k_T = \frac{I_d}{I_o} \quad (2.5)$$

Dengan:  $k_T$  = *an hourly clearness index*

$I$  = intensitas radiasi lingkungan ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )

$I_o$  = radiasi matahari total di *extraterrestrial* ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )

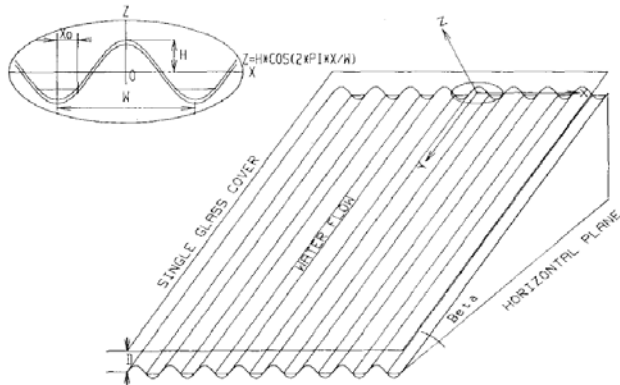
Untuk mengetahui besarnya intensitas *beam* ( $I_b$ ) dan intensitas *diffuse* ( $I_d$ ), dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan ( Duffie: 82 ) berikut:

$$\frac{I_d}{I} = \begin{cases} 1.0 - 0.09 k_T & \text{for } k_T \leq 0.22 & (2.6) \\ 0.9511 - 0.1604 k_T + 4.388 k_T^2 - 16.638 k_T^3 + 12.336 k_T^4 & \text{for } 0.22 \leq k_T \leq 0.8 & (2.7) \\ 0.165 & \text{for } k_T > 0.8 & (2.8) \end{cases}$$

Dari persamaan di atas dapat diperoleh besarnya  $I_d$  dan  $I_b$ . Dimana  $I_T = I_d + I_b$ .

## 2.4 Analisa Teoritis

Model *absorber* yang untuk analisa numeric ditunjukkan pada Gambar 2.9. analisa *corrugated collector* lebih rumit jika dibandingkan dengan analisa pelat datar. Karena pada dasarnya *absorber* gelombang mempunyai *solar incident angle* yang bervariasi sepanjang permukaan *absorber*.



Gambar 2.9 Absorber gelombang sinusoidal.

### 2.4.1 Geometris Absorber Gelombang

*Absorber* pada Gambar 2.9 tersebut menunjukkan pendekatan matematis dari pelat *absorber* dan sistem koordinat. Persamaan *absorber* gelombang dengan sumbu x di garis tengah adalah:

$$Z = H \cos \left( \frac{2 \pi x}{w} \right) \quad (2.9)$$

Dimana :Z = jarak pelat dari sumbu x ( m )

$H$  = jarak tertinggi dari garis tengah ( m )

$W$  = jarak satu gelombang pelat, *wavelength* ( m )

## 2.4.2 Radiasi Matahari

### a. Radiasi yang diserap

Ketika bentuk *absorber* tidak datar, radiasi yang diserap (  $S$  ) akan bervariasi sepanjang sumbu  $x$ . besarnya energi radiasi matahari yang dapat diserap adalah:

$$S(x) = I_b R_b(x) (\alpha\tau)_b + I_d (\alpha\tau)_d \frac{(1+\cos\beta)}{2} + \rho_g (I_b+I_d) (\alpha\tau)_g \frac{(1+\cos\beta)}{2} \quad (2.10)$$

Dimana:

$S$  = radiasi yang diserap *absorber* ( $W/m^2$ )

$I_b$  = intensitas *beam* ( $W/m^2$ )

$I_d$  = intensitas *diffuse* ( $W/m^2$ )

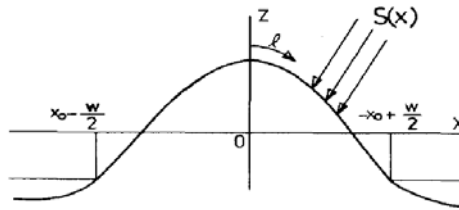
$R_b$  = rasio antara rata-rata radiasi *beam* pada permukaan miring dan pada permukaan horizontal

$(\alpha\tau)$  = *transmittance absorbtance product*

$\rho_g$  = *reflectance of glass*

$\beta$  = sudut kemiringan kolektor





Gambar 2.10 Variasi besarnya radiasi yang diserap terhadap sumbu x.

### b. Analisa Solar Beam

Penggunaan vector unit sangat tepat untuk mendefinisikan Gambar 2.10 untuk menghitung *incident angel* radiasi matahari terhadap *absorber*. Komponen karakteristik vector unit adalah:

$$\tan \alpha = \frac{dz}{dx} = -2\pi\phi \sin(2\pi x^*) \quad (2.11)$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+4\pi^2\phi^2\sin^2(2\pi x^*)}} \quad (2.12)$$

$$\sin \alpha = \frac{-2\pi\phi \sin(2\pi x^*)}{\sqrt{1+4\pi^2\phi^2\sin^2(2\pi x^*)}} \quad (2.13)$$

$$x^* = \frac{x}{w}, \quad \phi = \frac{H}{w} \quad (2.14)$$

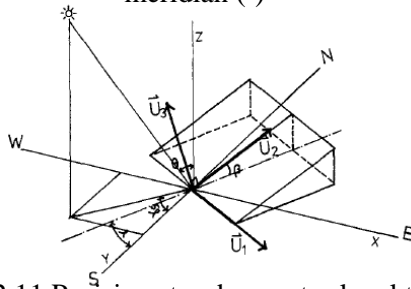
Sehingga vektornya adalah:

$$U = (\cos \alpha \sin \beta \cos \gamma - \sin \alpha \sin \gamma)\mathbf{i} - (\cos \alpha \sin \beta \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma)\mathbf{j} + (\cos \beta \cos \alpha)\mathbf{k} \quad (2.14)$$

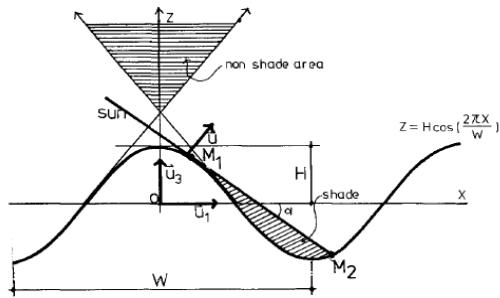
Dimana :  $\alpha$  = sudut pelat *absorber* ( $^\circ$ )

$\beta$  = sudut kemiringan kolektor ( $^\circ$ )

$\gamma$  = sudut bidang horizontal dengan meridian ( $^{\circ}$ )



Gambar 2.11 Posisi vector dan vector karakteristik.



Gambar 2.12 Cross sectional absorber.

Solar beam vektornya adalah:<sup>[1]</sup>

$$S = (\sin \psi \cos \omega \cos \delta - \cos \psi \sin \delta)\mathbf{i} - (\cos \delta \sin \omega)\mathbf{j} + (\cos \delta \cos \psi \cos \omega + \sin \delta \sin \psi)\mathbf{k} \tag{2.15}$$

Dimana :  $\psi$  = latitude ( $^{\circ}$ )

$\omega$  = sudut jam, bernilai nol pada noon 12:00 ( $^{\circ}$ )

$\delta$  = sudut deklinasi matahari terhadap garis *zenith* di equator ( $^{\circ}$ )

Ketika *corrugated absorber* muncul bayangan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12, adalah penting untuk menghitung daerah *absorber* yang mengalami *shade* untuk analisa *incident beam radiation*. Dapat ditunjukkan pada persamaan 2.16 dan 2.17 sebagai berikut:

$$\left| \frac{S.U_3}{S.U_1} \right| \geq \frac{2 \pi H}{w} \quad (2.16)$$

Menunjukkan tidak terbentuknya bayangan pada *absorber*. Sedangkan persamaan :

$$\left| \frac{S.U_3}{S.U_1} \right| < \frac{2 \pi H}{w} \quad (2.17)$$

Menunjukkan terbentuknya bayangan pada pelat *absorber*. Batas daerah yang terjadi bayangan adalah sebagai berikut:

$$x_1 = \frac{w}{2\pi} \sin^{-1} \left( -\frac{w}{2\pi H} \cdot \frac{U_3.S}{U_1.S} \right) \quad (2.18)$$

$$\frac{U_3.S}{U_1.S} (x_2 - x_1) = H \left\{ \cos \left( \frac{2\pi}{w} \cdot x_2 \right) - \cos \left( \frac{2\pi}{w} x_1 \right) \right\} \quad (2.19)$$

Dimana:  $U_1 = (\sin \gamma)i + (\cos \gamma)j$

$$U_2 = (-\cos \beta \cos \gamma)i + (\cos \beta \sin \gamma)j + (\sin \beta)k$$

$$U_3 = U_1 \times U_2 = (\cos \gamma \sin \beta)i - (\sin \gamma \sin \beta)j + (\cos \beta)k$$

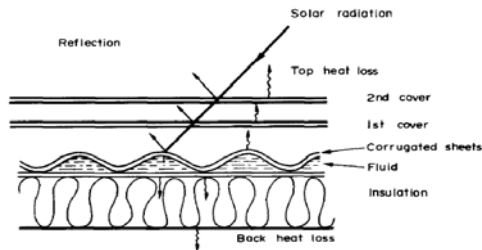
Dan  $R_b(x)$  adalah:

$$R_b(x) = [S \cdot U]^+ \quad (2.20)$$

Tanda (+) menunjukkan bahwa nilai  $R_b(x)$  adalah harus bernilai positif.

## 2.5 Analisa Perpindahan Panas Pada *Solar Collector*

Ada tiga perpindahan panas pada kolektor surya pemanas air dengan *absorber* gelombang ini, yaitu: konveksi, konduksi, dan radiasi. Energi radiasi matahari ( $S$ ) yang diterima oleh pelat *absorber* gelombang sebagian dimanfaatkan menjadi energi berguna ( $Q_u$ ) dan menjadi rugi panas ke atas kolektor ( $U_t$ ) dan rugi panas ke bawah ( $U_b$ ).



Gambar 2.13 Skema perpindahan panas pada kolektor.

### 2.5.1 Analisa Perpindahan Panas Antara *Cover* dan Udara Luar

#### a. Konveksi

Perhitungan koefisien perpindahan panas di atas kolektor / di atas pelat *absorber* dimulai dengan mencari nilai koefisien perpindahan panas konveksi oleh angin di atas kaca penutup. Kemudian mencari koefisien perpindahan panas radiasi di atas kaca penutup. Selanjutnya diikuti dengan koefisien perpindahan panas konveksi bebas dan radiasi pada area di antara kaca penutup dan *absorber*.

Koefisien perpindahan panas konveksi yang disebabkan oleh angin yang berhembus di atas penutup yaitu:

$$\text{Re}_L = \frac{\rho V L}{\mu} \quad (2.24)$$

$$\text{Gr}_L = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) L^3}{\nu} \quad (2.25)$$

Dimana

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

$V$  = kecepatan angin di atas collector (m/s)

$\text{Re}_L$  = bilangan Reynold

$\text{Gr}_L$  = bilangan Grasoft

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$\beta$  = koefisien ekspansi volumetric (untuk gas ideal  
 $\beta = 1/T$ )

$L$  = panjang kolektor (m)

$\nu$  = viskositas kinematik ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

Untuk nilai  $\text{Gr}_L / \text{Re}_L \ll 1$  maka aliran tersebut termasuk aliran *force convection*, sedangkan untuk  $\text{Gr}_L / \text{Re}_L \gg 1$  maka aliran tersebut *free convection*.

$$\text{Ra} = \frac{g \cdot \beta' \Delta T \cdot L^3}{\nu \alpha} \quad (2.26)$$

Dimana :

$\text{Ra}$  = Rayleigh Number

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$\Delta T$  = beda temperature antara pelat dan *cover* (K)

- $L$  = jarak pelat dan *cover* (m)  
 $\nu$  = viskositas kinematik ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 $\alpha$  = *thermal diffusivity* ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 $\beta'$  = volumetric coefficient expansion ( $\beta' = 1/T$ ) (1/K)

Untuk *free convection*, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Nu}_L = 0,54 \text{ Ra}_L^{1/4} \quad (2.27)$$

$$10^4 \leq \text{Ra}_L < 10^7 \quad (2.28)$$

Sedangkan untuk *force convection*, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Aliran *Turbulent* pada *flat plate*  

$$\text{Nu}_L = 0.453 \text{ Re}_L^{1/2} \text{ Pr}^{1/3} \quad (2.29)$$

- Aliran *Laminer* pada *flat plate* ( $\text{Re}_L \leq 5 \times 10^5$ )  

$$\text{Nu}_L = 0.038 \text{ Re}_L^{4/5} \text{ Pr}^{1/3} \quad (2.30)$$

## b. Radiasi

Koefisien perpindahan panas radiasi pada penutup ke udara luar (atmosfir) dapat dihitung dengan persamaan:

$$h_{r,c-a} = \frac{\sigma \varepsilon_c (T_c^4 - T_{sky}^4)}{(T_c - T_{sky})} \quad (2.31)$$

Dimana:

$\varepsilon_c$  = *emisivitas cover*

$\sigma$  = konstanta Stefan Boltzman =  $5,67 \times 10^{-8}$  ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}^4$ )

$T_c$  = *temperature cover penutup* (K)

$T_{\text{sky}}$  = temperature *sky* (K)

Menurut Swibank, *sky temperature* (temperature langit) dapat dihitung dari persamaan berikut ini:

$$T_{\text{sky}} = 0.05552 T_a^{1,5} \quad (2.32)$$

## 2.5.2 Perpindahan Panas Antara Pelat *Absorber* dan *Cover*

### a. Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi bebas terjadi antara pelat *absorber* dan kaca penutup (*cover*) ditentukan oleh bilangan *non-dimensional* yaitu bilangan Nusselt (Nu), Rayleigh (Ra), dan Grashof (Gr) yang merupakan perbandingan bilangan Rayleigh (Ra) dan bilangan Prandtl (Pr). Berdasarkan percobaan dari Holland et al. (1976) bilangan Nusselt diberikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Nu} = 1 + 1,44 \left[ 1 - \frac{1708 (\sin 1.8\beta)^{1,6}}{R_a \cos \beta} \right] \left[ 1 - \frac{1708}{R_a \cos \beta} \right]^+ + \left[ \left( \frac{R_a \cos \beta}{5830} \right)^{1/3} - 1 \right]^+ \quad (2.33.)$$

Pangkat positif pada persamaan (2.33) berarti hanya harga positif yang diperhitungkan, bila berharga negative maka dianggap sama dengan nol.

Koefisien perpindahan panas konveksinya diberikan dengan persamaan:

$$h_{c,p-c} = \frac{\text{Nu} \cdot k_f}{L} \quad (2.34)$$

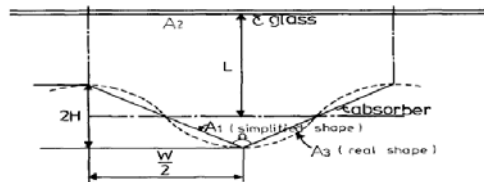
Dimana: Nu = Nusselt *number*

L = jarak rata-rata *absorber* dan kaca

$k_f$  = konduksi termal fluida pada  $T_{\text{avg}}$

## b. Radiasi

Faktor bentuk akan berpengaruh terhadap proses perpindahan panas radiasi dari pelat *absorber* gelombang ke kaca penutup. Penyelesaian perpindahan panas radiasi pada pelat gelombang menurut *Jong Ho Lee dkk*, adalah : gelombang sinus dari gelombang seng dianggap sebagai pelat datar, seperti pada gambar 2.14 sebagai berikut:



Gambar 2.14 Perhitungan dari factor bentuk (Sutrisno, 2002).

Faktor bentuk dari permukaan 1-2 atau 2-1 adalah sebagi berikut:

$$F_{p-c} = 1 - \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.35)$$

Dan koefisien perpindahan panas radiasi dari permukaan 1-2 atau 2-1 adalah:

$$h_{r,p-c} = \frac{\sigma(T_p^2 + T_c^2)(T_p + T_c)}{\frac{1-\epsilon_1}{\epsilon_1 A_1} + \frac{1}{A_1 F_{1-2}} + \frac{1-\epsilon_2}{\epsilon_2 A_2}} \quad (2.36)$$

### 2.5.3 Perpindahan Panas Antara Pelat *Absorber* dan Air

#### a. Konveksi

Antara pelat *absorber* gelombang dengan air terjadi proses perpindahan panas konveksi. Untuk mendapatkan nilai *Nusselt Number* dengan analisa perpindahan panas yang melibatkan aliran dalam (*internal flow*) dengan asumsi *heat fluxs*



konstan. Untuk mendapatkan besarnya Reynold *Number* menggunakan persamaan:

$$Re_D = \frac{\rho \cdot V \cdot Dh}{\mu} = \frac{4\dot{m}}{\pi \cdot Dh \cdot \mu} \quad (2.37)$$

Dimana :  $Re_D$  = bilangan Reynold  
 $\mu$  = *dynamic viscosity* (kg/m.s)  
 $Dh$  = diameter hidrolis (m)

Jika aliran di dalam pelat *absorber* adalah turbulen *flow* maka dari *Dittus-Boelter equation* adalah:

$$Nu_D = 0.023 Re^{4/5} Pr^{0.4} \quad (2.38)$$

Sedangkan jika aliran di dalam pelat *absorber* adalah laminar *flow* maka besarnya nilai  $Nu$ :

$$Nu_D = 4.36 \quad (2.39)$$

Jadi koefisien perpindahan panas konveksi antara pelat *absorber* gelombang dengan air adalah:

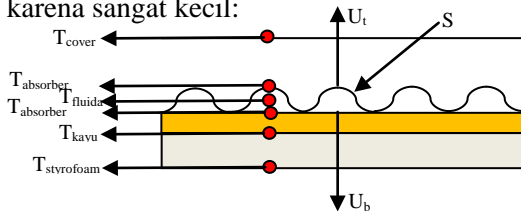
$$Nu = \frac{h \cdot Dh}{k_f} \quad (2.40)$$

$$h_{f-p} = \frac{Nu \cdot k_f}{Dh} \quad (2.41)$$

Dimana:  $Nu$  = Nusselt Number  
 $Dh$  = diameter hidrolis  
 $k_f$  = konduksi termal fluida pada  $T_{avg}$

### 2.5.4 Koefisien Kerugian Panas Bawah ( $U_b$ )

Proses perpindahan panas antara pelat datar ke *styrofoam* di bagian bawah kolektor seperti pada Gambar 2.15. Sedangkan koefisien perpindahan panas antara *styrofoam* dengan udara luar diabaikan karena sangat kecil:



Gambar 2.15 Kehilangan panas pada sisi bawah kolektor.

Jadi besarnya rugi- rugi panas bagian bawah adalah:

$$U_b = \frac{1}{\left[ \frac{L_w}{k_w} + \frac{L_s}{k_s} + \frac{2}{h_f} \right]} \quad (2.42)$$

- Dimana:
- $U_b$  = rugi-rugi bagian bawah ( $W/m^2K$ )
  - $k_w$  = konduktifitas kayu ( $W/mK$ )
  - $k_s$  = konduktifitas *styrofoam* ( $W/mK$ )
  - $L_w$  = ketebalan kayu (m)
  - $L_s$  = ketebalan *styrofoam* (m)
  - $h_f$  = koefisien konveksi fluida air ( $W/m^2K$ )

### 2.5.5 Koefisien Kerugian Panas Menyeluruh ( $U_L$ )

Mekanisme kerugian panas dari pelat *absorber* dapat dilihat pada Gambar 2.19. Radiasi matahari yang diteruskan kaca kemudian diserap oleh *absorber*. Panas dari *absorber* hilang ke atas secara konveksi dan radiasi ke *cover*. Kemudian dari *cover*

ke udara luar juga secara konveksi dan radiasi. Panas yang ditransfer ke bawah *absorber* menjadi energi berguna untuk memanaskan air. Tetapi ada kehilangan panas ke bawah kolektor secara konveksi (fluida) dan konduksi yaitu panas yang menuju ke kaca bawah dan *styrofoam*. Sehingga koefisien kerugian panas menyeluruhnya adalah:

$$U_L = U_t + U_b \quad (2.43)$$

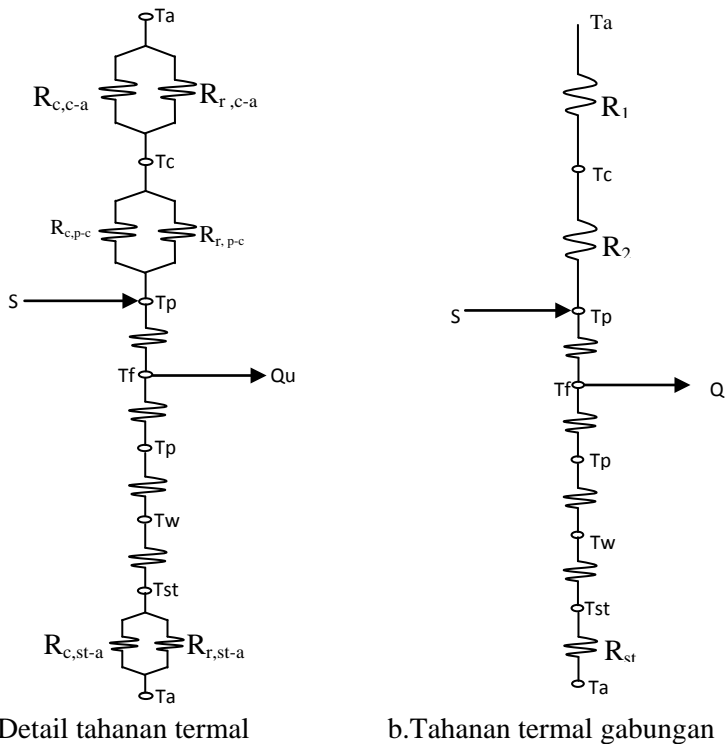
$$U_t = \frac{1}{(R_1 + R_2)}$$

Dimana:

$$R_1 = \frac{1}{h_{c-a}} + \frac{1}{h_{r,c-a}}$$

$$R_2 = \frac{1}{h_{p-c}} + \frac{1}{h_{r,p-c}}$$

$$U_b = \frac{1}{\left[ \frac{L_w}{k_w} + \frac{L_s}{k_s} + \frac{2}{h_f} \right]}$$



Gambar 2.16 Tahanan termal kolektor

### 2.5.6 Faktor Efisiensi Kolektor ( $F'$ )

Untuk menghitung besarnya factor efisiensi kolektor, terlebih dahulu kolektor surya *absorber* gelombang ini diasumsikan seperti kolektor surya pemanas air dengan menggunakan *tube*. Sehingga dapat diperoleh persamaan:

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{k \cdot \delta}} \quad (2.44)$$

$$F = \frac{\tan h_{fi} \left( \frac{m(W-D)}{2} \right)}{\left( \frac{m(W-D)}{2} \right)} \quad (2.45)$$

$$F' = \frac{1/U_L}{W \left[ \frac{1}{U_L [D + (W-D)F]} + \frac{1}{\pi \cdot D \cdot h_{f,i}} \right]} \quad (2.46)$$

- Dimana:
- $U_L$  = rugi-rugi panas total ( $W/m^2$ )
  - $W$  = jarak tiap pitch (m)
  - $D$  = diameter hidrolis *pitch* (m)
  - $F$  = fin efisiensi
  - $h_{fi}$  = koefisien konveksi fluida ( $W/m^2$ )

### 2.5.7 Faktor Aliran Kolektor ( $F''$ )

Sedangkan besarnya *collector flow factor* adalah:

$$F'' = \frac{\dot{m} \cdot c_p}{A_c \cdot U_L \cdot F'} \left[ 1 - \exp \left( - \frac{A_c U_L F'}{\dot{m} c_p} \right) \right] \quad (2.47)$$

- Dimana:
- $A_c$  = luasan *absorber* ( $m^2$ )
  - $c_p$  = panas spesifik fluida ( $kJ/kg \cdot K$ )
  - $U_L$  = koefisien kehilangan panas total ( $W/m^2 \cdot K$ )
  - $F'$  = factor efisiensi kolektor
  - $\dot{m}$  = laju aliran massa air ( $kg/s$ )

### 2.5.8 Faktor Pelepasan Panas ( $F_R$ )

Factor pelepasan panas ( $F_R$ ) untuk kolektor surya pemanas tipe aliran dibawah *absorber* adalah sebagai berikut:

$$F_R = F' \times F'' \quad (2.48)$$

Dimana:  $F_R$  = factor pelepasan panas  
 $F'$  = factor efisiensi kolektor  
 $F''$  = *collector flow factor*

### 2.5.9 Analisa Panas yang Berguna Pada Kolektor ( $Q_u$ )

Energi berupa panas yang berguna dari kolektor surya pemanas air di bawah *absorber* adalah sebagai berikut:

$$Q_{u,\text{desain}} = A_c \cdot F_R [S - U_L(T_i - T_a)] \quad (2.60)$$

Dimana:  $Q_u$  = energi berguna ( $W/m^2$ )  
 $S$  = radiasi surya per satuan luas yang diserap oleh *absorber* ( $W/m^2$ )  
 $U_L$  = koefisien kehilangan panas total ( $W/m^2 \cdot K$ )  
 $T_i$  = temperature fluida masuk ( $^{\circ}C$ )  
 $T_a$  = temperature lingkungan ( $^{\circ}C$ )  
 $F_R$  = *collector heat removal factor*

Sedangkan energi berguna dari kolektor surya pemanas air dengan *absorber* gelombang secara aktualnya menurut hukum termodinamika adalah sebagai berikut:

$$Q_{u,\text{aktual}} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{f,\text{out}} - T_{f,\text{in}}) \quad (2.61)$$

Dimana:  $Q_u$  = energi berguna ( $W/m^2$ )  
 $\dot{m}$  = laju aliran massa ( $kg/s$ )  
 $T_{fi}$  = temperature fluida masuk ( $K$ )

$T_{fo}$  = temperature fluida keluar (K)

### 2.5.10 Analisa Efisiensi ( $\eta$ )

Energi yang berguna secara teoritis dan actual pada kolektor surya telah dijelaskan di atas. Sedangkan efisiensi kolektor surya pemanas air tipe aliran di bawah *absorber* adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c I_T} \quad (2.62)$$

Dimana:  $\eta$  = efisiensi kolektor

$Q_u$  = energi berguna ( $W/m^2$ )

$A_c$  = luasan kolektor ( $m^2$ )

$I_T$  = intensitas matahari total ( $W/m^2$ )

## BAB III

### METODE PENELITIAN

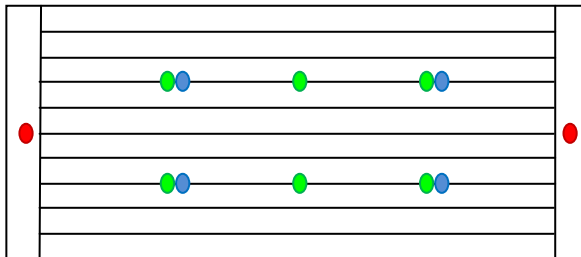
#### 3.1 Penjabaran Masalah

Perancangan kolektor surya pemanas air dengan menggunakan pelat *absorber* gelombang (*sinusoidal*) dengan adanya variasi *aspect ratio* dan derajat pemvakuman antara pelat *absorber* dengan *cover*. Pada penelitian ini dititik beratkan pada bagaimana membuat model kolektor surya untuk eksperiment sehingga dapat menghasilkan kolektor surya yang memiliki efisiensi perpindahan panas yang paling baik. Pengujian dilakukan dengan mengubah variabel *aspect ratio* dan derajat pemvakuman dengan radiasi matahari menggunakan sinar lampu.

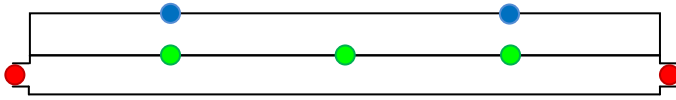
Perancangan kolektor surya ini dilakukan di laboratorium surya yang terletak di kampus teknik Mesin ITS Surabaya yang berada pada koordinat  $7^{\circ}16' \text{ LU} - 112^{\circ}43' \text{ BT} / 7,267^{\circ} \text{ LS} - 112,717^{\circ} \text{ BT}$ . Dengan suhu udara sekitar  $37^{\circ}\text{C}$ . sehingga diharapkan model eksperimental kolektor surya yang dibuat dapat menghasilkan kolektor surya yang dapat menyerap energi surya dengan efektif. Dimensi dari model eksperimen kolektor surya dapat dilihat seperti ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut:

#### 3.2 Parameter yang Diukur dan Peralatan Penelitian

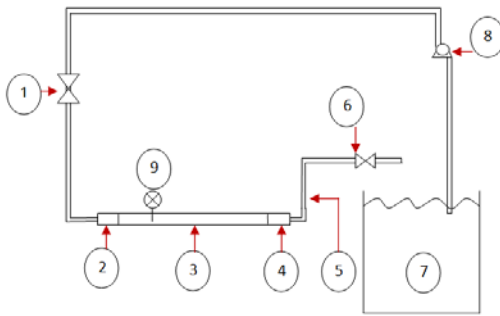
Berikut adalah gambar posisi penempatan *thermocouple* pada kolektor surya.







Gambar 3.1 posisi penempatan kabel *thermocouple*

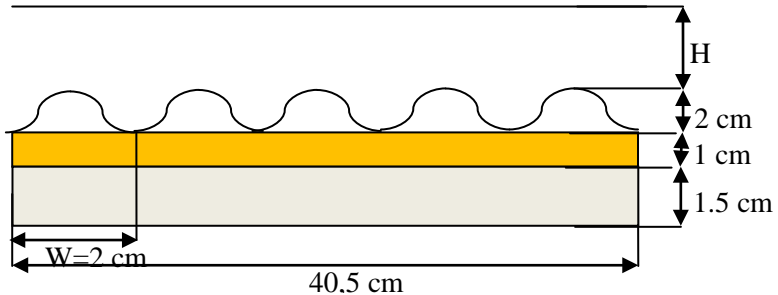


**Keterangan Gambar :**

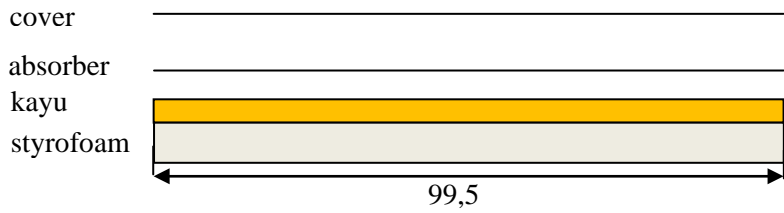
1. Gate valve in
2. Header inlet
3. Solar collector
4. Header outlet
5. Flow meter
6. Gate valve out
7. Bak penampung
8. Pompa
9. Pressure Gauge

Gambar 3.2 skema instalasi alat

$$\text{Aspect Ratio (A)} = \frac{W}{H}$$



Gambar 3.3 Model kolektor surya tampak depan



Gambar 3.4 Model kolektor surya tampak samping



Gambar 3.5 Kolektor surya tampak samping



Gambar 3.6 Kolektor Surya

Selama proses pengujian kolektor surya tersebut terdapat parameter yang diukur dengan posisi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut:

1. Temperature fluida kerja masuk kolektor ( $T_{f,i}$ )
2. Temperature fluida kerja keluar kolektor ( $T_{f,o}$ )
3. Temperature udara ambient ( $T_a$ )
4. Temperature plat *absorber* ( $T_p$ )
5. Temperature kaca penutup ( $T_c$ )
6. Kecepatan angin ( $v_w$ )
7. Intensitas radiasi ( $I_T$ )
8. Debit fluida kerja ( $Q_f$ )
9. Tekanan pemvakuman ( $P_v$ )
10. *Aspect Ratio*

Peralatan – peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat yang digunakan dalam penelitian di lapangan, berupa alat uji dan alat bantu untuk pengukuran. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Solar Collector*
2. *Absorber* gelombang
3. *Solarimeter*, digunakan untuk mengukur intensitas radiasi matahari  
 No. Seri : 97048 32 ML – 020 VM  
 Buatan : Eka Instrument Trading Co Ltd  
 Konversi : 7,65 mV/k m-2
4. *Anemometer*, digunakan untuk mengukur kecepatan angin
5. *Thermometer digital*, digunakan untuk mengetahui temperature pada setiap pengambilan data.
6. Gelas Ukur, digunakan untuk mengetahui besar debit air yang mengalir.
7. *Thermocouple*, digunakan sebagai sensor temperature yang diletakkan di masing-masing titik pengambilan data.
8. *Gate valve*, digunakan untuk mengatur besarnya debit air.

9. Pompa air, digunakan untuk mengalirkan air ke tangki *reservoir*.
10. *Reservoir*, digunakan sebagai *reservoir* untuk suplai air.
11. Bak penampung, digunakan untuk menampung air keluaran dari *solar collector*.
12. Pompa *vacuum*, digunakan untuk memvacumkan ruang antara *cover* dengan pelat *absorber*.
13. *Manifold*, untuk mengatur derajat pemvacuman

### 3.3 Tahap Pengujian

Pada pengujian ini akan dilakukan 3 tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pengambilan data, dan tahap akhir. Adapaun penjelasan masing-masing tahap akan dijelaskan sebagai berikut:

- a. Tahap Persiapan
  1. Mempersiapkan dan memastikan peralatan yang dipakai dalam kondisi baik, yaitu pompa, *solarimeter*, *anemometer*, *thermocouple*, dan *digital thermometer* dan rangkaian-rangkaian listrik yang dibutuhkan.
  2. Merangkai peralatan ukur dan peralatan bantu.
  3. Mengkalibrasi alat ukur.
- b. Tahap Pengambilan Data
  1. Pastikan peralatan sudah terpasang sesuai skema peralatan.
  2. Atur posisi *solar collector* pada *Aspect Ratio* 1, dengan cara mengatur ketinggian *cover* terhadap puncak gelombang *absorber* yang dapat dilihat pada gambar 3.3.
  3. Hidupkan pompa air.
  4. Tutup *valve water out*.
  5. Tunggu sampai header outlet dipenuhi dengan air.
  6. Buka *valve water out*.

7. Ukur debit air dengan gelas ukur sampai menunjukkan kondisi *steady state* pada 100 cc/menit.
  8. Mengatur pompa vakum pada tingkat pemvakuman -20cmHg.
  9. Buka *valve* yang menghubungkan pompa vakum dengan *manifold*.
  10. Nyalakan pompa vakum. Tunggu sampai jarum pada *pressure gauge* pada *manifold* menunjuk angka -20 cmHg.
  11. Tutup *valve* pada *manifold*. Lihat jarum pada *pressure gauge*, apabila masih menunjuk angka -20 cmHg ambil data yang diperlukan. Apabila jarum pada *pressure gauge* tidak menunjuk angka -20 cmHg, maka cek celah yang ada disekitar *cover* kolektor kemungkinan ada kebocoran pada kolektor.
  12. Ambil data berupa  $T_{out}$ ,  $T_{in}$ ,  $I_T$ ,  $T_a$ ,  $T_p$ ,  $T_c$ ,  $V_w$ .
  13. Memvariasikan debit air dari 100 cc/menit sampai dengan 300 cc/menit. Dengan kenaikan sebesar 100 cc/menit
  14. Memvariasikan tingkat kevakuman mulai dari -20 cmHg,dengan mengatur *valve* pada *manifold* yang menuju pompa vakum. Setelah *pressure gauge* menunjukkan tingkat kevacuman -20 cmHg, tutup *valve* pada *manifold*. Variasikan tingkat kevacuman sanpai dengan tingkat pemvakuman sebesar -60 cmHg. Dengan kenaikan sebesar -20 cmHg.
  15. Memvariasikan *aspect ratio* dari *aspect ratio* 1, *aspect ratio* 1.33 sampai dengan *aspect ratio* 2. Dengan cara merubah posisi *cover glass* terhadap pelat *absorber*.
  16. Ulangi langkah 3 sampai dengan langkah 12.
- c. Tahap akhir

1. Tutup *valve* air.
2. Matikan pompa air.
3. Matikan semua peralatan listrik.
4. Letakkan peralatan utama dan alat bantu sesuai tempatnya.

Tabel 3.1 Variasi Debit Air, Tingkat Pemvacuman dan *Aspect Ratio*

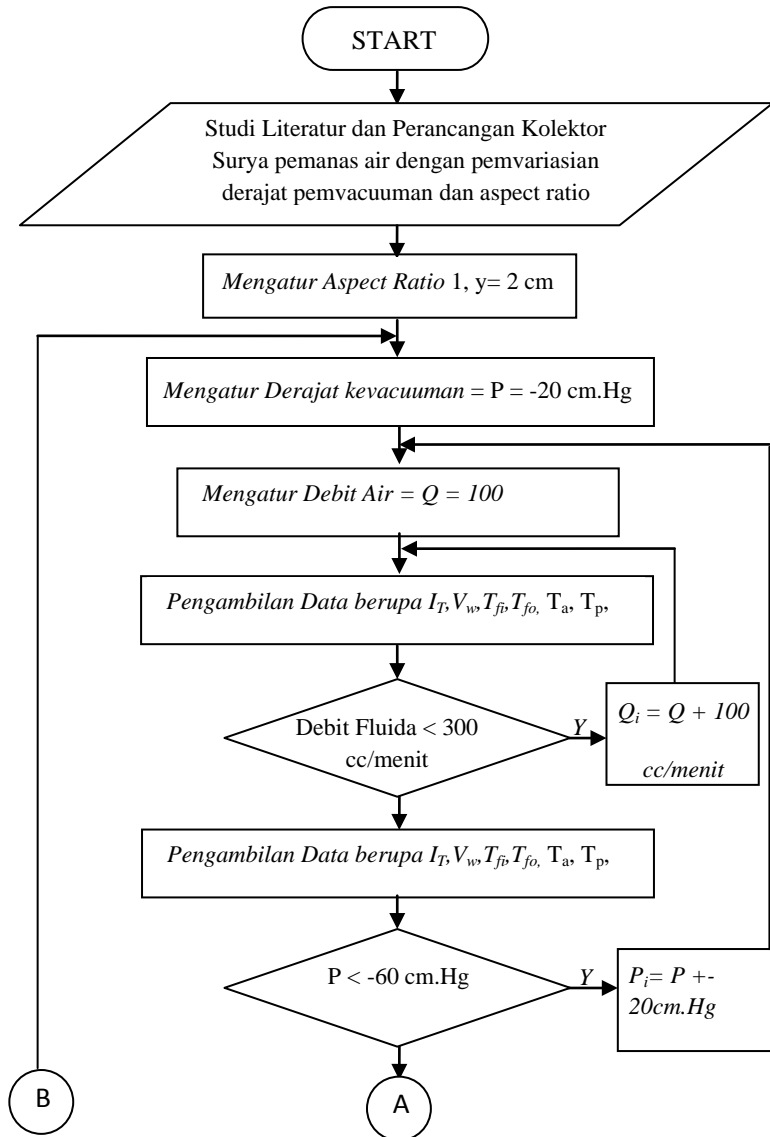
Variasi tingkat kevacuman	Variasi <i>Aspect Ratio</i>	Debit Air
-20 cmHg	1 (H=2cm)	100 cc/menit
-40 cmHg	1,33 (H=1,5cm)	200 cc/menit
-60 cmHg	2 (H=1cm)	300 cc/menit

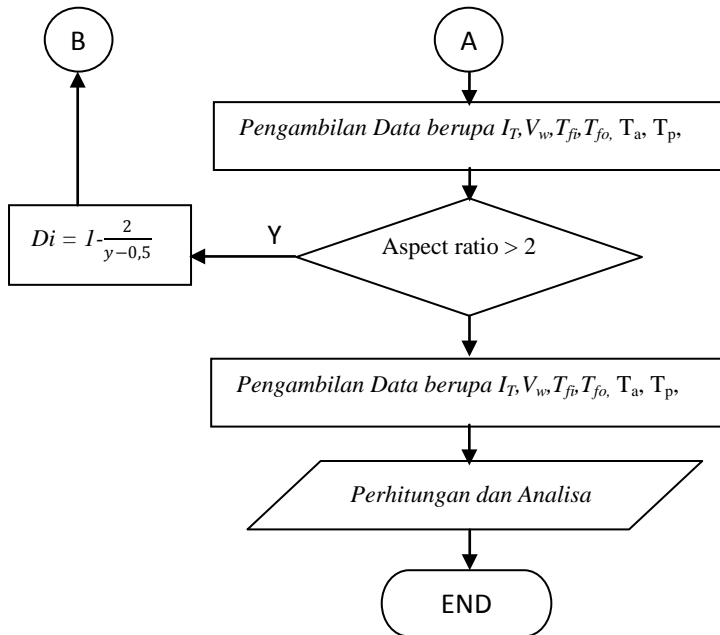
### 3.4 Grafik

Grafik yang ditampilkan adalah:

- a. *aspec ratio* =  $f(\eta, Q_u)$
- b. tingkat pemvacuman =  $f(\eta, Q_u)$
- c. debit =  $f(\eta, Q_u)$

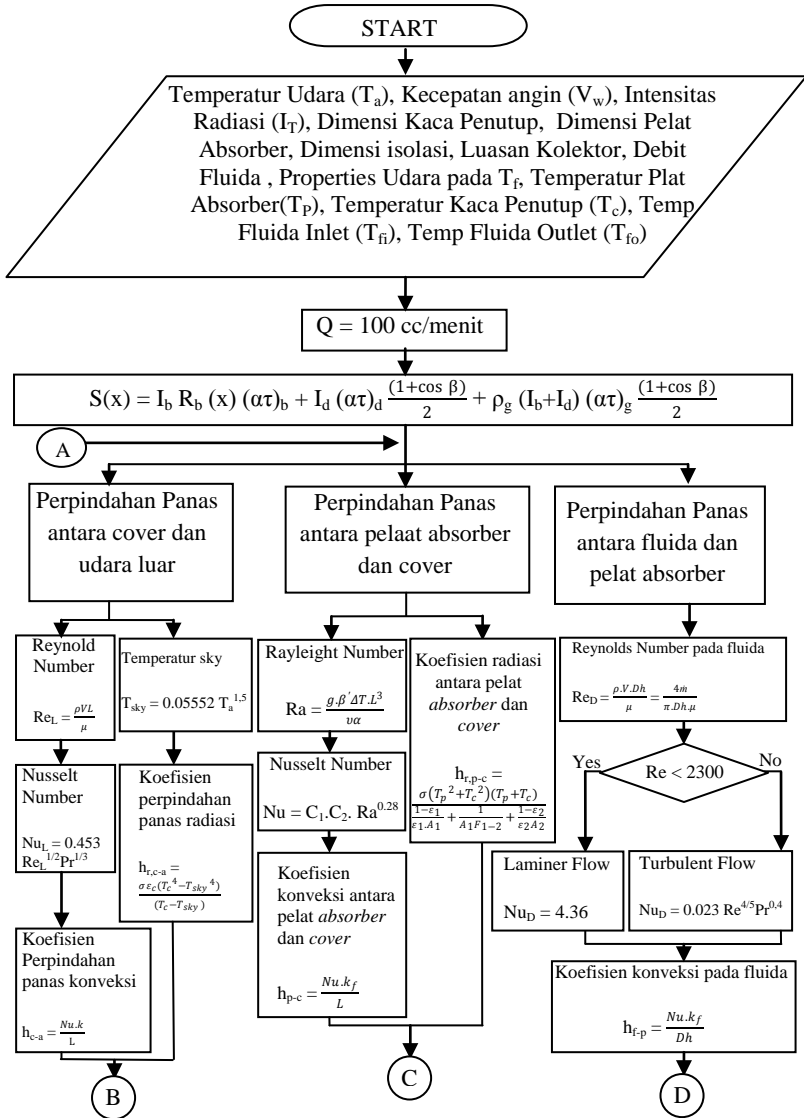
### 3.5 Flowchart Percobaan

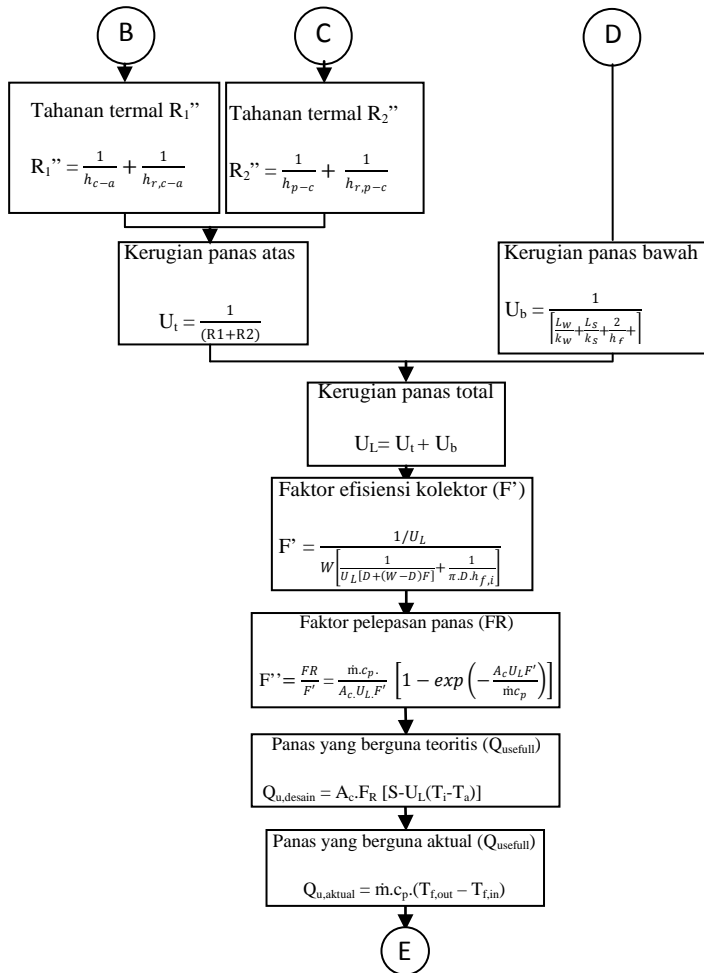


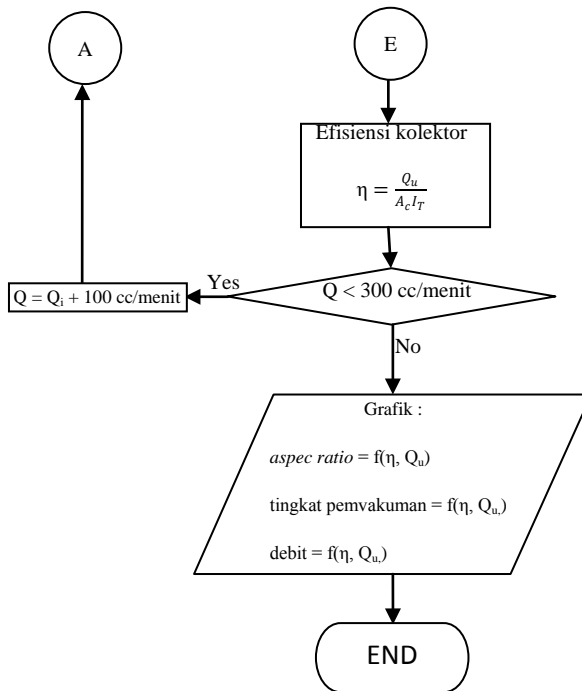




### 3.6 Flowchart Perhitungan









*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **ANALISA HASIL PENELITIAN**

#### **4.1 Data Penelitian**

Pengambilan data penelitian dilakukan di Jurusan Teknik Mesin ITS pada bulan September sampai dengan bulan Oktober. Jurusan Teknik Mesin ITS terletak pada posisi 7 LS dan 112,5 BT. Adapun variasi yang digunakan adalah pengaturan debit masuk fluida kerja berupa air, pengaturan kevacuman rongga antara *cover* dan pelat *absorber*, dan pengaturan *aspect ratio*. Debit masuk fluida kerja divariasikan dari 100 cc/menit sampai 300cc/menit, dengan kenaikan debit 100 cc/menit. Untuk variasi tingkat kevacuman antara -20 cmHg sampai -60 cmHg, dengan kenaikan tingkat kevacuman -20 cmHg. Sedangkan untuk *aspect ratio* divariasikan dari 1; 1,33 ; 2.

##### **4.1.1 Data Penelitian**

Data yang diambil pada penelitian ini berupa temperature, debit fluida, intensitas matahari, kecepatan angin, dan data penunjang yaitu berupa dimensi bagian-bagian kolektor surya. Data-data yang akan ditampilkan dalam bab 4 ini adalah data-data yang didapat melalui penelitian sebagai gambaran bagaimana penulis menganalisa unjuk kerja kolektor surya tersebut. Rentang pengambilan data diambil untuk masing-masing variasi kecepatan adalah tiap 1 jam dari jam 09.00 sampai dengan jam 15.00.

#### **4.2 Perhitungan Kolektor Surya**

Berdasarkan data yang tersedia, maka data tersebut dapat dianalisa. Analisa dibatasi dengan asumsi-asumsi untuk mempermudah perhitungan. Perhitungan kolektor surya dalam sub-bab ini menggunakan data pada tanggal 02 September 2013 pada pukul 12.00 WIB dan debit 100 cc/menit. Adapun data-data kolektor surya adalah sebagai berikut :

Intensitas matahari ( $I_T$ )	= 1010,84 W/m <sup>2</sup>
Temperatur ambient ( $T_a$ )	= 307,13 K
Kecepatan angin ( $V_w$ )	= 0,4572 m/s
Temperatur cover ( $T_c$ )	= 336,33 K
Temperature <i>absorber</i> ( $T_p$ )	= 332,17 K
Temperatur input air ( $T_{in}$ )	= 306 K
Temperature output air ( $T_{out}$ )	= 323,67 K

#### 4.2.1 Perhitungan Intensitas Radiasi Mengenai Pelat *Absorber*

a. Sudut deklinasi ( $\delta$ )

Jurusan Teknik Mesin ITS terletak pada 7 LS dan 112,5 BT . Data diambil pada tanggal 02 September 2013.maka:

$$n = 243+i \\ = 243+2=245$$

$\phi$  = garis lintang berharga positif jika berada pada posisi utara dan berharga negative jika berada pada posisi selatan. Karena Surabaya terletak pada 7 LS,maka:

$$\phi = -7^\circ$$

$$\delta = 23,45 \sin \left[ 360 \cdot \frac{248+n}{365} \right] = 23,45 \sin \left[ 360 \cdot \frac{248+245}{365} \right] = 5,78^\circ$$

$$B = (n-1) \frac{360}{365} = (245-1) \frac{360}{365} = 240,65$$

$$E = 229,2 (0,000075 + 0,001868 \cos B - 0,032077 \sin B - 0,014615 \cos 2B - 0,04089 \sin 2B)$$

$$\begin{aligned}
&= 229,2 (0,000075 + 0,001868 \cos (240,65) - \\
&0,032077 \sin (240,65) - 0,014615 \cos 2(240,65) - \\
&0,04089 \sin 2(240,65)) \\
&= -0,056
\end{aligned}$$

## b. Solar Time

$$\begin{aligned}
\text{Solar Time} &= \text{Standart time} + 4 (L_{st} - L_{loc}) + E \\
&= 12.00 + 4 (105 - 112,5) + (-0,056) \\
&= 11.30
\end{aligned}$$

c. Sudut waktu ( $\omega$ )

Sudut jam (*hour angle*) adalah perpindahan sudut matahari dari garis bujur local akibat dari rotasi bumi pada sumbunya dengan kecepatan  $15^\circ$  perjam. Sebelum jam 12.00 menunjukkan negative (-) dan setelah jam 12.00 menunjukkan positive (+). Sedangkan tepat jam 12.00  $\omega = 0^\circ$ .

$$\omega = -(12.00 - 11.30) \times 15^\circ = -10,5^\circ$$

d. Besarnya  $R_b(x)$ 

Profil *absorber* yang berbentuk gelombang *sinusoidal* mengakibatkan besarnya radiasi yang diserap oleh pelat *absorber* bervariasi sepanjang  $x$  karena mempunyai *incident angle* yang berbeda-beda. Pada contoh perhitungan ini digunakan  $x = 10$  mm. Dengan dimensi *absorber*  $W=70$ mm dan  $H=20$ mm.

$$\text{Slope} = \frac{dx}{dx} = \frac{-2\pi x}{w} \sin\left(\frac{2\pi x}{w}\right)$$

$$\text{Slope} = \frac{-2\pi(10)}{70} \sin\left(\frac{2\pi(10)}{70}\right) = -0,53$$

$$\alpha = \arctan(-0,53) = -28,13$$

$$R_b = S \cdot U \rightarrow$$

$$U_i = (\cos \alpha \sin \beta \cos \gamma - \sin \alpha \sin \gamma) i$$

$$U_i = (\cos (-28,13) \sin (0) \cos (0) - \sin (-28,13) \sin (0)) i$$

$$U_i = 0$$

$$U_j = -(\cos \alpha \sin \beta \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma) j$$



$$U_j = - (\cos (-28,13) \sin (0) \sin (0) - \sin (-28,13) \cos (0))j$$

$$U_j = -0,47$$

$$U_k = (\cos \beta \cos \alpha)k$$

$$U_k = (\cos (0) \cos (-28,13))k$$

$$U_k = 0,88$$

$$S_i = (\sin \phi \cos \omega \cos \delta - \cos \phi \sin \delta)i$$

$$S_i = (\sin (-7) \cos (-10,5) \cos (5,78) - \cos (-7) \sin (5,78))i$$

$$S_i = -0,219$$

$$S_j = (\cos \delta \sin \omega)j$$

$$S_j = (\cos (5,78) \sin (-10,5))j$$

$$S_j = -0,18$$

$$S_k = (\cos \delta \cos \phi \cos \omega - \sin \delta \sin \phi)k$$

$$S_k = (\cos (5,78) \cos (-7) \cos (-10,5) - \sin (5,78) \sin (-7))k$$

$$S_k = 0,98$$

$$U_i \cdot S_i = 0$$

$$U_j \cdot S_j = 0,0846$$

$$U_k \cdot S_k = 0,8624$$

$$R_b(x) = \sqrt{0^2 + 0,0846^2 + 0,8624^2} = 0,867$$

e. Besarnya radiasi matahari ( $I_0$ ,  $I_b$ ,  $I_d$ )

Dari penelitian dan perhitungan pada jam 12.00 diperoleh data sebagai berikut :

- *Incident angle* =  $12,78^\circ$
- *Effective incident angle diffuse from sky* =  $90^\circ$
- *Effective incident angle ground reflected* =  $59,7^\circ$
- $\alpha_b = 0,91$
- $\alpha_d = 0,88$
- $\alpha_g = 0,61$
- $\tau_b = 0,63$
- $\tau_d = 0,85$
- $\tau_g = 0,45$
- $(\alpha\tau)_b = 0,58$

- $(\alpha\tau)_d = 0,75$
- $(\alpha\tau)_g = 0,28$
- $\rho_g = 0,6$

$$I_0 = \frac{12 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left( 1 + 0,33 \cos \frac{360n}{365} \right) \times \left[ \cos\phi \cos\delta (\sin\omega_1 - \sin\omega_2) + \frac{\pi(\omega_1 - \omega_2)}{180} \sin\phi \sin\delta \right]$$

$$I_0 = \frac{12 \times 3600}{\pi} 1367 \left( 1 + 0,33 \cos \frac{360 \times 245}{365} \right) \times \left[ \cos(1-7) \cos(5,78) (\sin(15) - \sin 0) + \frac{\pi((15)-0)}{180} \sin(1-7) \sin(5,78) \right]$$

$$I_0 = 880,55 \text{ Watt/m}^2$$

$$K_T = \frac{I_T}{I_0} = \frac{1010,89}{3963} = 1,15$$

Dari persamaan 2.8 maka diperoleh:

$$\frac{I_d}{I_T} = 0,165$$

$$I_d = 0,165 \times 1010,89 = 117,19 \text{ Watt/m}^2$$

$$I_b = 1010,89 - 117,19 = 593,05 \text{ Watt/m}^2$$

- f. Besarnya radiasi matahari yang diserap *absorber*  $S(x)$   
 Besarnya radiasi yang diserap *absorber* bervariasi terhadap sumbu  $x$ . Pada  $x = 10 \text{ mm}$  besarnya  $S(x)$  adalah sebagai berikut:

$$S(x) = I_b R_b(x) (\alpha\tau)_b + I_d (\alpha\tau)_d \frac{(1+\cos\beta)}{2} + \rho_g (I_b + I_d) (\alpha\tau)_g \frac{(1-\cos\beta)}{2}$$

$$S(x) = 593,05 (0,867) (0,58) + 117,19 (0,75) \frac{(1+\cos 0)}{2} +$$

$$(0,6) (593,05+ 117,19 ) (0,28) \frac{(1-\cos 0)}{2}$$

$$S(x) = 386,11 \text{ W/m}^2$$

#### 4.2.2 Analisa Perpindahan Panas Antara Cover dan Udara Luar

##### a. Konveksi

- Temperatur rata-rata antara temperature *cover* dan temperature lingkungan

$$T_{f,c-a} = \frac{T_c + T_a}{2} = \frac{336,33 + 307,13}{2} = 321,73 \text{ K}$$

- Properti-properti fluida

Pada  $T_{f,c-a} = 321,73 \text{ K}$ , maka dapat diketahui property fluida dari referensi <sup>[7]</sup> pada *appendix A-4*, yaitu:

$$\rho = 1,0891 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 27,91 \times 10^{-3} \text{ W/m.K}$$

$$\mu = 1,95 \times 10^{-5} \text{ N.s/m}^2$$

$$Pr = 0,7040$$

- Bilangan *Reynold*

$$Re_L = \frac{\rho v L}{\mu} = \frac{(1,0891)(0,4572)(1,1)}{1,95 \times 10^{-5}} = 28108,44$$

- Bilangan *Nusselt* untuk konveksi paksa

Karena  $Re_L \leq 5 \cdot 10^5$ , maka merupakan aliran laminar. Bilangan *Nusselt*nya adalah:

$$Nu = 0,038 Re^{4/5} Pr^{1/3}$$

$$= 0,038 (28108,44)^{4/5} (0,7040)^{1/3} = 122,47$$

$$h_{c-a} = \frac{Nu \cdot k_f}{L} = \frac{(122,47)(27,9 \times 10^{-3})}{1,1} = 3,11 \text{ W/m}^2$$

##### b. Radiasi

Perhitungan temperature *sky* ( $T_{\text{sky}}$ ) adalah sebagai berikut:

$$T_{\text{sky}} = 0,0552 T_a^{1,5} = 0,0552 (307,13)^{1,5} = 297,12 \text{ K}$$

Dengan diketahui temperature *ambient*, temperature *cover*, *emisivitas* kaca, dan temperature langit, maka koefisien radiasi antara *cover* dan udara luar adalah sebagai berikut:

$$h_{r,c-a} = \frac{\sigma \cdot \varepsilon_c (T_c^4 - T_{\text{sky}}^4)}{(T_c^4 - T_{\text{sky}}^4)} = \frac{(5,67 \times 10^{-8})(0,88)(336,33^4 - 297,12^4)}{(336,33^4 - 297,12^4)} = 6,37 \text{ W}^2$$

- c. Tahanan thermal antara *cover* dan udara luar

$$R_1 = \frac{1}{h_{c-a} + h_{r,c-a}} = \frac{1}{3,11 + 6,37} = 0,48 \text{ W/m}^2$$

### 4.2.3 Analisa Perpindahan Panas Antara Pelat *Absorber* dan *Cover Glass*

- a. Konveksi

$$\left[ \frac{T_p - T_c}{R_{p-c}} \right] = \left[ \frac{T_c - T_a}{R_{c-a}} \right]$$

$$\left[ \frac{332,17 - 336,33}{R_{p-c}} \right] = \left[ \frac{336,33 - 307,13}{0,48} \right]$$

$$R_{p-c} = 0,07 \text{ W/m}^2$$

- b. Radiasi

- Faktor bentuk <sup>[7]</sup> dari permukaan 1-2

$$F_{1-2} = (1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2}) = (1 - \sin^2 \frac{129}{2}) = 0,097$$

$$h_{r,p-c} = \frac{\sigma (T_p^2 + T_c^2)(T_p + T_c)}{\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 \cdot A_1} + \frac{1}{A_1 F_{1-2}} + \frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 A_2}} = \frac{5,67 \times 10^{-8} (332,17^2 + 336,33^2)(332,17 + 336,33)}{\frac{1 - 0,95}{0,95 \times 0,4} + \frac{1}{0,4 \times 0,097} + \frac{1 - 0,88}{0,88 \times 0,42}} = 0,33 \text{ W/m}^2$$

- Tahanan thermal secara radiasi

$$R_{r,p-c} = \frac{1}{h_{r,p-c}} = \frac{1}{0,33} = 3,06 \text{ W/m}^2$$

c. Tahanan thermal antara pelat *absorber* dan *cover*

$$R_2 = R_{p-c} + R_{r,p-c} = 0,07 + 3,06 = 3,13 \text{ W/m}^2$$

#### 4.2.4 Analisa Perpindahan Panas Antara Pelat *Absorber* dan Air

a. Konveksi

- Temperatur rata-rata antara temperature *fluida inlet* (air masuk) dan temperature *fluida outlet* (air keluar)

$$T_{f,avg} = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = \frac{306 + 323,67}{2} = 314,83 \text{ K}$$

- Properti-properti fluida  
Pada  $T_{f,c-a} = 314,83 \text{ K}$ , maka dapat diketahui property fluida dari referensi <sup>[7]</sup> pada *appendix A-6*, yaitu:

$$\rho = 998,4 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0,633 \text{ W/m.K}$$

$$\mu = 6,43 \times 10^8 \text{ N.s/m}^2$$

$$cp = 4,14 \times 10^3 \text{ J/kg.K}$$

- Data-data tube

$$Q = 100 \text{ cc/menit} = 1,67 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_c = (0,5)(3,14)(0,02)^2 = 6,28 \times 10^{-4}$$

$$D_h = \frac{4 \cdot \text{flow area}}{\text{wetted perimeter}} = \frac{4 \times 6,28 \times 10^{-4}}{0,0628} = 0,04 \text{ m}$$

$$\dot{m} = \rho \cdot Q = (998,4) \cdot (1,67 \times 10^{-6}) = 0,0017$$

$$Re = \frac{4 \dot{m}}{\pi D_h \mu} = \frac{4 (0,0017)}{\pi (0,04)(6,43 \times 10^{-4})} = 82,4$$

Karena  $Re \leq 2300$ , maka aliran yang mengalir dibawah *absorber* merupakan aliran *laminar*. Dengan asumsi  $q'' = \text{konstan}$ , maka diperoleh nilai *Nusselt Number* ( $Nu$ ) = 4,36

$$h_f = \frac{Nu \cdot k_f}{D_h} = \frac{(4,36)(0,633)}{0,04} = 69,01 \text{ W/m}^2$$

#### 4.2.5 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh

a. Koefisien perpindahan panas bagian atas kolektor

$$U_L = \frac{1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{0,48 + 3,13} = 0,28 \text{ W/m}^2$$

b. Koefisien perpindahan panas bagian bawah kolektor

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } L_{\text{kayu}} &= 0,01 \text{ m} \\ L_{\text{styrofoam}} &= 0,015 \text{ m} \\ L_{\text{seng}} &= 0,003 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada  $T_f = 314,83 \text{ K}$ , maka dapat diketahui property *fluida* dari referensi <sup>[7]</sup> pada *Appendix A-3*, yaitu sebagai berikut

:

$$k_{\text{kayu}} = 0,12 \text{ W/m.K}$$

$$k_{\text{styrofoam}} = 0,045 \text{ W/m.K}$$

$$k_{\text{seng}} = 116 \text{ W/m.K}$$

$$U_b = \frac{1}{\left[ \frac{L_k}{k_k} + \frac{L_{st}}{k_{st}} + \frac{L_s}{k_s} + \frac{2}{h_f} \right]} = \frac{1}{\left[ \frac{0,01}{0,12} + \frac{0,015}{0,045} + \frac{0,003}{116} + \frac{2}{69,01} \right]} =$$

$$2,2438 \text{ W/m}^2$$

Jadi besarnya koefisien perpindahan panas total adalah:

$$U_L = U_t + U_b = 0,28 + 2,2438 = 2,5238 \text{ W/m}^2$$

#### 4.2.6 Faktor Efisiensi Kolektor

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{k \cdot \delta}} = \sqrt{\frac{2,2438}{(116) \cdot (0,003)}} = 2,69$$

$$F = \frac{\tanh[m(W-D)/2]}{(W-D)/2} = \frac{\tanh[(2,69)(0,07-0,04)/2]}{(0,07-0,04)/2} = 0,76$$

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{W \left[ \frac{1}{U_L[D+(W-D)F]} + \frac{1}{\pi \cdot D \cdot h_f} \right]} = \frac{\frac{1}{2,2438}}{0,07 \left[ \frac{1}{2,2438 [0,04 + (0,07-0,04)0,76]} + \frac{1}{\pi \cdot (0,04)(69,01)} \right]} = 0,712$$

#### 4.2.7 Faktor Pelepasan Panas ( $F_R$ )

$$F'' = \frac{\dot{m} \cdot c_p}{A_c \cdot U_L \cdot F'} \left[ 1 - \exp\left( \frac{A_c \cdot U_L \cdot F'}{\dot{m} \cdot c_p} \right) \right]$$

$$F'' = \frac{(0,0017)(4140)}{(0,4)(2,2438)(0,712)} \left[ 1 - \exp\left(\frac{(0,4)(2,2438)(0,712)}{(0,0017)(4140)}\right) \right] = 0,95$$

$$F_R = F'' \times F' = 0,712 \times 0,95 = 0,68$$

#### 4.2.8 Panas yang Berguna Pada Kolektor ( $Q_{\text{usefull}}$ )

- $Q_{\text{usefull}}$  desain  
 $Q_u = A_c F_R [S - U_L(T_{\text{in}} - T_a)]$   
 $Q_u = (0,4)(0,95) [487,38 - 2,2438(306 - 307,13)]$   
 $Q_u = 133,578 \text{ Watt}$
- $Q_{\text{usefull}}$  actual  
 $Q_u = \dot{m} \cdot C_p (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$   
 $Q_u = (0,0017)(4140) (323,67 - 306)$   
 $Q_u = 122,8606 \text{ Watt}$

#### 4.2.9 Efisiensi Kolektor Surya

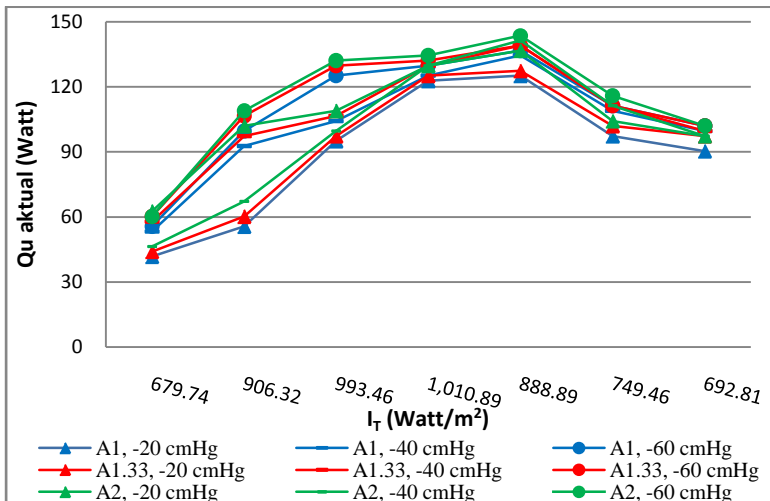
- Efisiensi desain  
 $\eta = \frac{Q_u \text{ desain}}{A_c I_T} = \frac{133,578}{(0,4)(1010,89)} = 0,3279 = 32,79\%$
- Efisiensi actual  
 $\eta = \frac{Q_u \text{ aktual}}{A_c I_T} = \frac{122,8606}{(0,4)(1010,89)} = 0,3016 = 30,16\%$

Perhitungan pada tanggal 2 September 2013 ditampilkan seperti perhitungan yang ditampilkan dalam sub-bab ini. Untuk perhitungan seluruh percobaan akan disajikan pada table perhitungan untuk masing-masing variasi berupa variasi debit, *aspect ratio*, dan tingkat kevacuman pada lembar LAMPIRAN.

Dari hasil perhitungan yang didapat, maka kita dapat memvisualisasikan unjuk kerja kolektor surya dalam bentuk grafik. Grafik yang akan ditampilkan dalam sub-bab ini adalah grafik hasil perhitungan pada kolektor surya dengan beberapa variasi berupa variasi debit, variasi *aspect ratio*, dan variasi tingkat kevacuman.

### 4.3 Pembahasan Grafik Percobaan

#### 4.3.1 Pembahasan Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman Pada Debit 100 cc/menit



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman pada debit 100 cc/menit

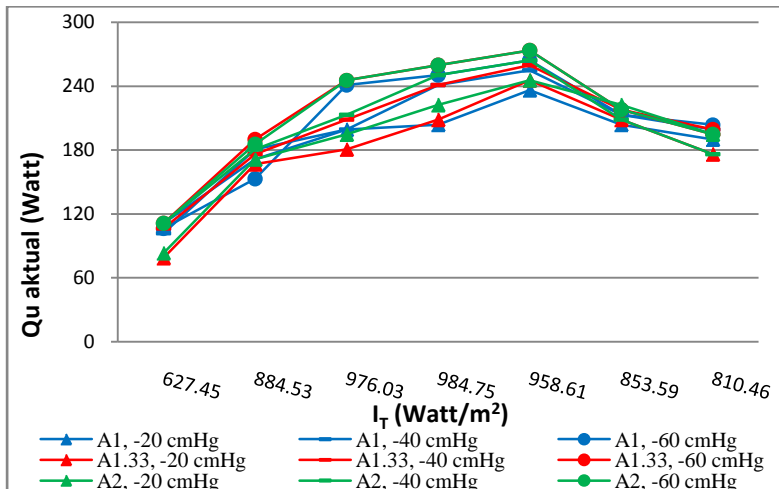
Pada gambar 4.1 kita dapat melihat bahwa ketika debit kolektor surya diset 100 cc/menit dan divariasikan terhadap tingkat kevacuman dan *Aspect Ratio*. Variasi tingkat kevacuman mulai dari tingkat kevacuman -20 cmHg, -40 cmHg, dan -60cmHg. Sedangkan untuk variasi *Aspect Ratio*,mulai dari Aspect Ratio 1 ; 1,33 ; dan 2. Maka kita dapatkan  $Q_u$  terbesar didapat ketika tingkat kevacuman sebesar -60 cmHg. Kemudian  $Q_u$  pada tingkat kevacuman sebesar -40 cmHg semakin berkurang. Dan  $Q_u$  paling rendah didapat ketika tingkat kevacuman sebesar -20 cmHg. Sedangkan pengaruh *Aspect Ratio* terhadap  $Q_u$  adalah semakin besar *Aspect Ratio* maka  $Q_u$  yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada



tingkat kevacuman -60 cmHg, pada *Aspect Ratio* 2 menghasilkan  $Q_u$  yang paling besar yaitu sebesar 143,73 Watt. Untuk *Aspect Ratio* 1,33,  $Q_u$  yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 139,09 Watt dibandingkan dengan  $Q_u$  yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada *Aspect Ratio* 2. Sehingga  $Q_u$  terendah dihasilkan ketika kolektor surya diset pada *Aspect Ratio* 1 yaitu sebesar 136,77 Watt.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan besarnya *Temperature out* air yang melewati pelat *absorber*. Dengan semakin besar *Temperature out* yang dihasilkan, menyebabkan  $Q_u$  yang didapat juga akan semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan rumus  $Q_{u, \text{aktual}} = IA - Q_{\text{loss}}$ . Dengan  $Q_u$  yang semakin besar, maka  $q_{\text{loss}}$  yang terjadi semakin kecil. Dikarenakan koefisien konveksi yang terjadi antara pelat *absorber* dan *cover* ( bisa dinyatakan sebagai  $h_{\text{vakum}}$ ) semakin kecil. Dengan semakin kecilnya  $h_{\text{vakum}}$  maka  $R_{\text{total}}$  antara pelat *absorber* dengan *cover* akan semakin besar, sesuai dengan rumus  $R_{\text{total}} = \frac{1}{h_v} + \frac{1}{h_r}$ . Sehingga menyebabkan  $q_{\text{loss}}$  akan turun dan memperbesar  $Q_u$ .

#### 4.3.2 Pembahasan Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman Pada Debit 200 cc/menit



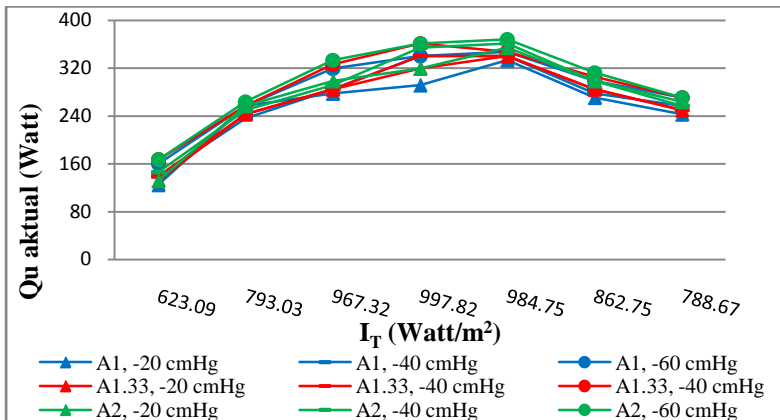
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman pada debit 200 cc/menit

Pada gambar 4.2 kita dapat melihat bahwa ketika debit kolektor surya diset 200 cc/menit dan divariasikan terhadap tingkat kevacuman dan *Aspect Ratio*. Variasi tingkat kevacuman mulai dari tingkat kevacuman -20 cmHg, -40 cmHg, dan -60cmHg. Sedangkan untuk variasi *Aspect Ratio*,mulai dari *Aspect Ratio* 1 ; 1,33 ; dan 2. Maka kita dapatkan  $Q_u$  terbesar didapat ketika tingkat kevacuman sebesar -60 cmHg. Kemudian  $Q_u$  pada tingkat kevacuman sebesar -40 cmHg semakin berkurang. Dan  $Q_u$  paling rendah didapat ketika tingkat kevacuman sebesar -20 cmHg. Sedangkan pengaruh *Aspect Ratio* terhadap  $Q_u$  adalah semakin besar *Aspect Ratio* maka  $Q_u$  yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada *Aspect Ratio* 2 dan *Aspect Ratio* 1,33 menghasilkan  $Q_u$  yang paling besar yaitu sebesar 273,55 Watt. Sehingga  $Q_u$  terendah

dihasilkan ketika kolektor surya diset pada *Aspect Ratio* 1 yaitu sebesar 264,27 Watt.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan besarnya *Temperature out* air yang melewati pelat *absorber*. Dengan semakin besar *Temperature out* yang dihasilkan, menyebabkan  $Q_u$  yang didapat juga akan semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan rumus  $Q_{u, \text{aktual}} = IA - Q_{\text{loss}}$ . Dengan  $Q_u$  yang semakin besar, maka  $q_{\text{loss}}$  yang terjadi semakin kecil. Dikarenakan koefisien konveksi yang terjadi antara pelat *absorber* dan *cover* ( bisa dinyatakan sebagai  $h_{\text{vakum}}$ ) semakin kecil. Dengan semakin kecilnya  $h_{\text{vakum}}$  maka  $R_{\text{total}}$  antara pelat *absorber* dengan *cover* akan semakin besar, sesuai dengan rumus  $R_{\text{total}} = \frac{1}{h_v} + \frac{1}{h_r}$ . Sehingga menyebabkan  $q_{\text{loss}}$  akan turun dan memperbesar  $Q_u$ .

#### 4.3.3 Pembahasan Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman Pada Debit 300 cc/menit

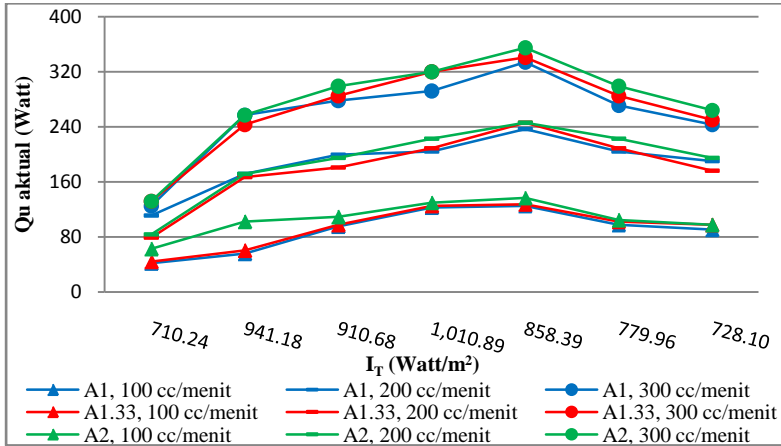


Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Tingkat Kevacuman pada debit 300 cc/menit

Pada gambar 4.3 kita dapat melihat bahwa ketika debit kolektor surya diset 300 cc/menit dan divariasikan terhadap tingkat kevacuman dan *Aspect Ratio*. Variasi tingkat kevacuman mulai dari tingkat kevacuman -20 cmHg, -40 cmHg, dan -60cmHg. Sedangkan untuk variasi *Aspect Ratio*,mulai dari Aspect Ratio 1 ; 1,33 ; dan 2. Maka kita dapatkan  $Q_u$  terbesar didapat ketika tingkat kevacuman sebesar -60 cmHg. Kemudian  $Q_u$  pada tingkat kevacuman sebesar -40 cmHg semakin berkurang. Dan  $Q_u$  paling rendah didapat ketika tingkat kevacuman sebesar -20 cmHg. Sedangkan pengaruh *Aspect Ratio* terhadap  $Q_u$  adalah semakin besar *Aspect Ratio* maka  $Q_u$  yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada *Aspect Ratio* 2 menghasilkan  $Q_u$  yang paling besar yaitu sebesar 368,58 Watt. Untuk *Aspect Ratio* 1,33,  $Q_u$  yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 361,63 Watt dibandingkan dengan  $Q_u$  yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada *Aspect Ratio* 2. Sehingga  $Q_u$  terendah dihasilkan ketika kolektor surya diset pada *Aspect Ratio* 1 yaitu sebesar 347,78 Watt.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan besarnya *Temperature out* air yang melewati pelat *absorber*. Dengan semakin besar *Temperature out* yang dihasilkan, menyebabkan  $Q_u$  yang didapat juga akan semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan rumus  $Q_{u, \text{aktual}} = IA - Q_{\text{loss}}$ . Dengan  $Q_u$  yang semakin besar, maka  $q_{\text{loss}}$  yang terjadi semakin kecil. Dikarenakan koefisien konveksi yang terjadi antara pelat *absorber* dan *cover* ( bisa dinyatakan sebagai  $h_{\text{vakum}}$ ) semakin kecil. Dengan semakin kecilnya  $h_{\text{vakum}}$  maka  $R_{\text{total}}$  antara pelat *absorber* dengan *cover* akan semakin besar, sesuai dengan rumus  $R_{\text{total}} = \frac{1}{h_v} + \frac{1}{h_r}$ . Sehingga menyebabkan  $q_{\text{loss}}$  akan turun dan memperbesar  $Q_u$ .

#### 4.3.4 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Tingkat Kevacuman -20 cmHg



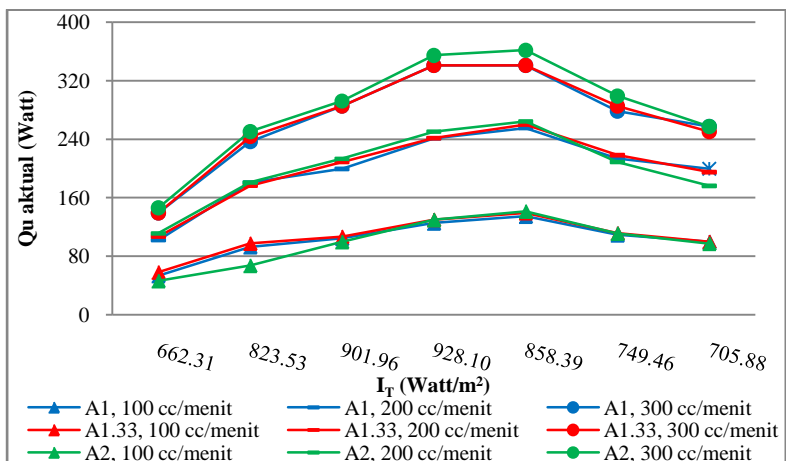
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Tingkat Kevacuman -20 cmHg

Pada gambar 4.4 kita dapat melihat bahwa ketika tingkat kevacuman kolektor surya diset pada -20 cmHg dan divariasikan terhadap *debit fluida* yang dialirkan dibawah pelat *absorber* dan *Aspect Ratio*. Variasi debit fluida mulai dari debit 100 cc/menit, 200 cc/menit, dan 300 cc/menit. Sedangkan untuk variasi *Aspect Ratio*, mulai dari *Aspect Ratio* 1 ; 1,33 ; dan 2. Maka kita dapatkan  $Q_u$  terbesar didapat ketika berada pada debit 300 cc/menit. Kemudian  $Q_u$  pada debit 200 cc/menit semakin berkurang. Dan  $Q_u$  paling rendah didapat ketika debit berada pada 100 cc/menit. Sedangkan pengaruh *Aspect Ratio* terhadap  $Q_u$  adalah semakin besar *Aspect Ratio* maka  $Q_u$  yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada *Aspect Ratio* 2 menghasilkan  $Q_u$  yang paling besar yaitu sebesar 354,67 Watt. Untuk *Aspect Ratio* 1,33,  $Q_u$  yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 340,76 Watt dibandingkan dengan  $Q_u$  yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada

*Aspect Ratio* 2. Sehingga  $Q_u$  terendah dihasilkan ketika kolektor surya diset pada *Aspect Ratio* 1 yaitu sebesar 333,80 Watt.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan besarnya debit air yang melewati pelat *absorber*. Dengan semakin besar debit air yang melewati pelat *absorber*, menyebabkan  $Q_u$  yang didapat juga akan semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan rumus  $Q_{u, \text{aktual}} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$ . Dengan  $Q_u$  yang semakin besar, maka  $q$  loss yang terjadi semakin kecil. Dikarenakan koefisien konveksi fluida semakin kecil. Dengan semakin kecilnya  $h_f$  maka  $R_{\text{total}}$  pada *fluida* akan semakin besar, sesuai dengan rumus  $R_{\text{total}} = \frac{2}{h_f}$ . Sehingga menyebabkan  $q$  loss akan turun dan memperbesar  $Q_u$ . Selain itu, dengan meningkatnya *mass flow rate* ( $\dot{m}$ ) maka  $Q_u$  yang dihasilkan akan semakin besar dikarenakan  $T_s$  pelat turun.

#### 4.3.5 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Tingkat Kevacuman -40 cmHg

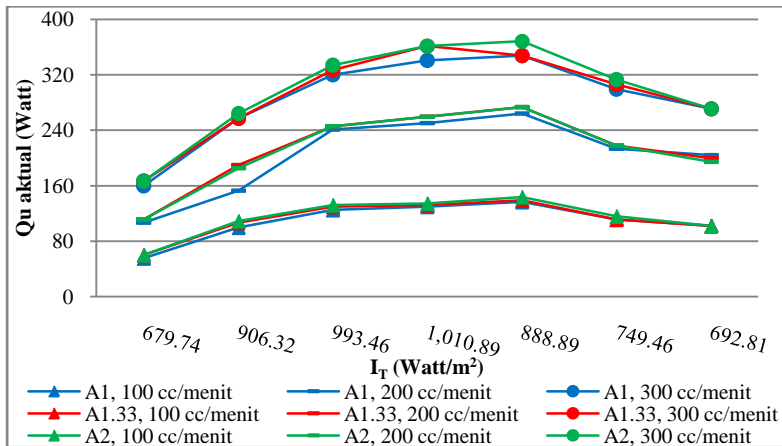


Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Tingkat Kevacuman -40 cmHg

Pada gambar 4.5 kita dapat melihat bahwa ketika tingkat kevacuman kolektor surya diset pada -20 cmHg dan divariasikan terhadap *debit fluida* yang dialirkan dibawah pelat *absorber* dan *Aspect Ratio*. Variasi debit fluida mulai dari debit 100 cc/menit, 200 cc/menit, dan 300 cc/menit. Sedangkan untuk variasi *Aspect Ratio*, mulai dari *Aspect Ratio* 1 ; 1,33 ; dan 2. Maka kita dapatkan  $Q_u$  terbesar didapat ketika berada pada debit 300 cc/menit. Kemudian  $Q_u$  pada debit 200 cc/menit semakin berkurang. Dan  $Q_u$  paling rendah didapat ketika debit berada pada 100 cc/menit. Sedangkan pengaruh *Aspect Ratio* terhadap  $Q_u$  adalah semakin besar *Aspect Ratio* maka  $Q_u$  yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada *Aspect Ratio* 2 menghasilkan  $Q_u$  yang paling besar yaitu sebesar 361.63 Watt. Untuk *Aspect Ratio* 1,33 dan *Aspect Ratio* 1,  $Q_u$  yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 340,76 Watt dibandingkan dengan  $Q_u$  yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada *Aspect Ratio* 2..

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan besarnya debit air yang melewati pelat *absorber*. Dengan semakin besar debit air yang melewati pelat *absorber*, menyebabkan  $Q_u$  yang didapat juga akan semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan rumus  $Q_{u, \text{aktual}} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$ . Dengan  $Q_u$  yang semakin besar, maka  $q$  loss yang terjadi semakin kecil. Dikarenakan koefisien konveksi fluida semakin kecil. Dengan semakin kecilnya  $h_f$  maka  $R_{\text{total}}$  pada *fluida* akan semakin besar, sesuai dengan rumus  $R_{\text{total}} = \frac{2}{h_f}$ . Sehingga menyebabkan  $q$  loss akan turun dan memperbesar  $Q_u$ . Selain itu, dengan meningkatnya *mass flow rate* ( $\dot{m}$ ) maka  $Q_u$  yang dihasilkan akan semakin besar dikarenakan  $T_s$  pelat turun.

#### 4.3.6 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan Debit Pada Tingkat Kevacuman -60 cmHg



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Perubahan Debit Dan Kevacuman - 60 cmHg

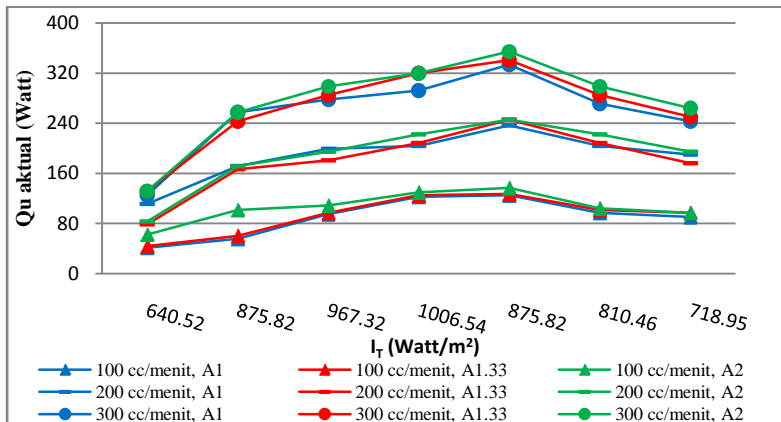
Pada gambar 4.6 kita dapat melihat bahwa ketika tingkat kevacuman kolektor surya diset pada -20 cmHg dan divariasikan terhadap *debit fluida* yang dialirkan dibawah pelat *absorber* dan *Aspect Ratio*. Variasi debit fluida mulai dari debit 100 cc/menit, 200 cc/menit, dan 300 cc/menit. Sedangkan untuk variasi *Aspect Ratio*, mulai dari Aspect Ratio 1 ; 1,33 ; dan 2. Maka kita dapatkan  $Q_u$  terbesar didapat ketika berada pada debit 300 cc/menit. Kemudian  $Q_u$  pada debit 200 cc/menit semakin berkurang. Dan  $Q_u$  paling rendah didapat ketika debit berada pada 100 cc/menit. Sedangkan pengaruh *Aspect Ratio* terhadap  $Q_u$  adalah semakin besar *Aspect Ratio* maka  $Q_u$  yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada *Aspect Ratio* 2 menghasilkan  $Q_u$  yang paling besar yaitu sebesar 368,58 Watt. Untuk *Aspect Ratio* 1,33,  $Q_u$  yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 361,63 Watt dibandingkan dengan  $Q_u$  yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada



*Aspect Ratio* 2. Sehingga  $Q_u$  terendah dihasilkan ketika kolektor surya diset pada *Aspect Ratio* 1 yaitu sebesar 347,78 Watt.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan besarnya debit air yang melewati pelat *absorber*. Dengan semakin besar debit air yang melewati pelat *absorber*, menyebabkan  $Q_u$  yang didapat juga akan semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan rumus  $Q_{u, \text{aktual}} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$ . Dengan  $Q_u$  yang semakin besar, maka  $q$  loss yang terjadi semakin kecil. Dikarenakan koefisien konveksi fluida semakin kecil. Dengan semakin kecilnya  $h_f$  maka  $R_{\text{total}}$  pada *fluida* akan semakin besar, sesuai dengan rumus  $R_{\text{total}} = \frac{2}{h_f}$ . Sehingga menyebabkan  $q$  loss akan turun dan memperbesar  $Q_u$ . Selain itu, dengan meningkatnya *mass flow rate* ( $\dot{m}$ ) maka  $Q_u$  yang dihasilkan akan semakin besar dikarenakan  $T_s$  pelat turun.

#### 4.3.7 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan Aspect Ratio Pada Tingkat Kevacuman -20 cmHg

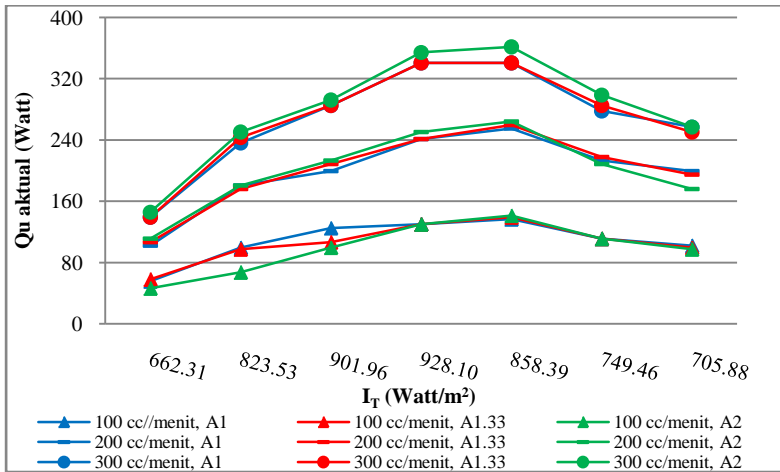


Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Perubahan Aspect Ratio Pada Tingkat Kevacuman -20 cmHg

Pada gambar 4.7 kita dapat melihat bahwa ketika kolektor surya divariasikan pada tingkat kevacuman -20 cmHg, -40 cmHg, dan -60 cmHg. Serta divariasikan terhadap *debit fluida* yang dialirkan dibawah pelat *absorber* dan *Aspect Ratio*. Untuk variasi debit fluida mulai dari debit 100 cc/menit, 200 cc/menit, dan 300 cc/menit. Sedangkan untuk variasi *Aspect Ratio*,mulai dari Aspect Ratio 1 ; 1,33 ; dan 2. Maka kita dapatkan  $Q_u$  terbesar didapat ketika berada pada *Aspect Ratio* 2. Kemudian  $Q_u$  pada *Aspect Ratio* 1,33 semakin berkurang. Dan  $Q_u$  paling rendah didapat ketika debit berada pada *Aspect Ratio* 1. Sedangkan pengaruh perubahan debit *fluida* terhadap  $Q_u$  adalah semakin besar debit *fluida* maka  $Q_u$  yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada debit 300 cc/menit menghasilkan  $Q_u$  yang paling besar yaitu sebesar 354,67 Watt. Untuk debit 200 cc/menit,  $Q_u$  yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 245,72 Watt dibandingkan dengan  $Q_u$  yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada debit 300 cc/menit. Sehingga  $Q_u$  terendah dihasilkan ketika kolektor surya diset pada debit 100 cc/menit yaitu sebesar 136,77 Watt.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan jarak antara *cover* dengan puncak gelombang *absorber* ( $H$ ). Semakin kecil nilai  $H$  / semakin dekat jarak antara *cover* dengan puncak gelombang *absorber* maka  $Nu_f$  yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan rumus  $Nu_f = \frac{g\beta\Delta T H^3}{\nu\alpha}$ . Dengan harga  $Nu_f$  semakin kecil maka koefisien konveksi yang terjadi antara pelat *absorber* dengan *cover* akan semakin kecil. Sesuai dengan rumus  $h_{c,p-c} = \frac{Nu_k}{H}$ . Sehingga dengan  $h_{c,p-c}$  semakin kecil maka  $q$  loss yang terjadi semakin kecil karena  $R_{total}$  antara pelat *absorber* dan *cover* semakin besar. Dengan nilai  $q$  loss semakin kecil maka  $Q_u$  yang dihasilkan akan semakin besar.

#### 4.3.8 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan Aspect Ratio dan Debit Pada Tingkat Kevacuman -40 cmHg



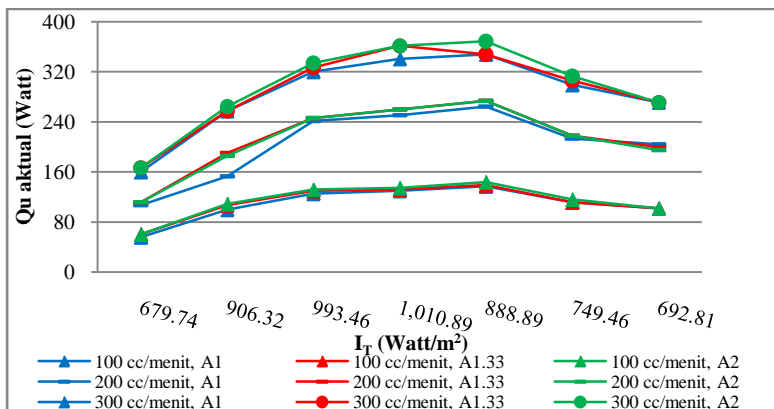
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Perubahan Aspect Ratio Pada Tingkat Kevacuman -40 cmHg

Pada gambar 4.8 kita dapat melihat bahwa ketika kolektor surya divariasikan pada tingkat kevacuman -20 cmHg, -40 cmHg, dan -60 cmHg. Serta divariasikan terhadap *debit fluida* yang dialirkan dibawah pelat *absorber* dan *Aspect Ratio*. Untuk variasi debit fluida mulai dari debit 100 cc/menit, 200 cc/menit, dan 300 cc/menit. Sedangkan untuk variasi *Aspect Ratio*, mulai dari Aspect Ratio 1 ; 1,33 ; dan 2. Maka kita dapatkan  $Q_u$  terbesar didapat ketika berada pada *Aspect Ratio* 2. Kemudian  $Q_u$  pada *Aspect Ratio* 1,33 semakin berkurang. Dan  $Q_u$  paling rendah didapat ketika debit berada pada *Aspect Ratio* 1. Sedangkan pengaruh perubahan debit *fluida* terhadap  $Q_u$  adalah semakin besar debit *fluida* maka  $Q_u$  yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada debit 300 cc/menit menghasilkan  $Q_u$  yang paling besar yaitu sebesar 361,63 Watt. Untuk debit 200 cc/menit,  $Q_u$  yang dihasilkan lebih rendah yaitu

sebesar 264,27 Watt dibandingkan dengan  $Q_u$  yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada debit 300 cc/menit. Sehingga  $Q_u$  terendah dihasilkan ketika kolektor surya diset pada debit 100 cc/menit yaitu sebesar 141,41 Watt.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan jarak antara *cover* dengan puncak gelombang *absorber* ( $H$ ). Semakin kecil nilai  $H$  / semakin dekat jarak antara *cover* dengan puncak gelombang *absorber* maka  $Nu_f$  yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan rumus  $Nu_f = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot H^3}{\nu \cdot \alpha}$ . Dengan harga  $Nu_f$  semakin kecil maka koefisien konveksi yang terjadi antara pelat *absorber* dengan *cover* akan semakin kecil. Sesuai dengan rumus  $h_{c, p-c} = \frac{Nu_f \cdot k}{H}$ . Sehingga dengan  $h_{c, p-c}$  semakin kecil maka  $q$  loss yang terjadi semakin kecil karena  $R_{total}$  antara pelat *absorber* dan *cover* semakin besar. Dengan nilai  $q$  loss semakin kecil maka  $Q_u$  yang dihasilkan akan semakin besar.

#### 4.3.9 Pembahasan Grafik Pengaruh Perubahan Aspect Ratio dan Debit Pada Tingkat Kevacuman -60 cmHg

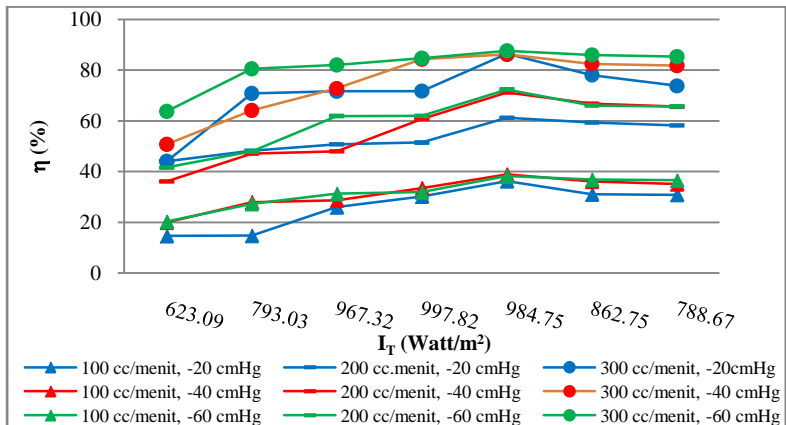


Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Perubahan Aspect Ratio Pada Tingkat Kevacuman -60 cmHg

Pada gambar 4.9 kita dapat melihat bahwa ketika kolektor surya divariasikan pada tingkat kevacuman -20 cmHg, -40 cmHg, dan -60 cmHg. Serta divariasikan terhadap *debit fluida* yang dialirkan dibawah pelat *absorber* dan *Aspect Ratio*. Untuk variasi debit fluida mulai dari debit 100 cc/menit, 200 cc/menit, dan 300 cc/menit. Sedangkan untuk variasi *Aspect Ratio*,mulai dari Aspect Ratio 1 ; 1,33 ; dan 2. Maka kita dapatkan  $Q_u$  terbesar didapat ketika berada pada *Aspect Ratio* 2. Kemudian  $Q_u$  pada *Aspect Ratio* 1,33 semakin berkurang. Dan  $Q_u$  paling rendah didapat ketika debit berada pada *Aspect Ratio* 1. Sedangkan pengaruh perubahan debit *fluida* terhadap  $Q_u$  adalah semakin besar debit *fluida* maka  $Q_u$  yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada debit 300 cc/menit menghasilkan  $Q_u$  yang paling besar yaitu sebesar 368,58 Watt. Untuk debit 200 cc/menit,  $Q_u$  yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 273,55 Watt dibandingkan dengan  $Q_u$  yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada debit 300 cc/menit. Sehingga  $Q_u$  terendah dihasilkan ketika kolektor surya diset pada debit 100 cc/menit yaitu sebesar 143,73 Watt.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan jarak antara *cover* dengan puncak gelombang *absorber* ( $H$ ). Semakin kecil nilai  $H$  / semakin dekat jarak antara *cover* dengan puncak gelombang *absorber* maka  $Nu_f$  yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan rumus  $Nu_f = \frac{g\beta\Delta T H^3}{\nu\alpha}$ . Dengan harga  $Nu_f$  semakin kecil maka koevisien konveksi yang terjadi antara pelat *absorber* dengan *cover* akan semakin kecil. Sesuai dengan rumus  $h_{c,p-c} = \frac{Nu_k}{H}$ . Sehingga dengan  $h_{c,p-c}$  semakin kecil maka  $q$  loss yang terjadi semakin kecil karena  $R_{total}$  antara pelat *absorber* dan *cover* semakin besar. Dengan nilai  $q$  loss semakin kecil maka  $Q_u$  yang dihasilkan akan semakin besar.

#### 4.3.10 Pembahasan Grafik Efisiensi Pada Aspect Ratio 1



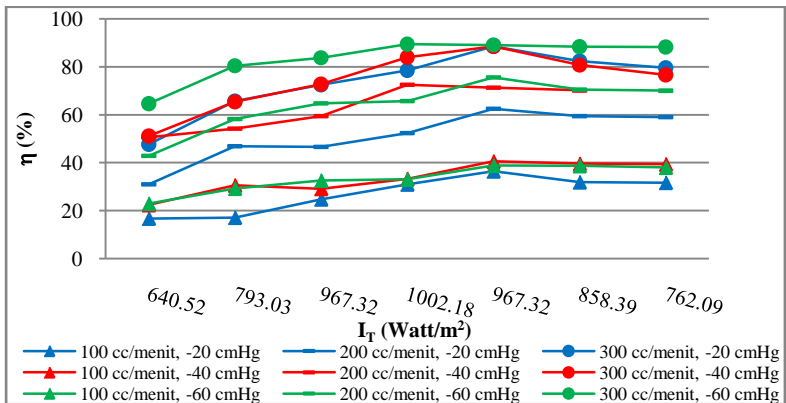
Gambar 4.10 Grafik Efisiensi pada Aspect Ratio 1

Pada gambar 4.10 kita dapat melihat bahwa ketika kolektor surya divariasikan pada tingkat kevacuman -20 cmHg, -40 cmHg, dan -60 cmHg. Serta divariasikan terhadap *debit fluida* yang dialirkan dibawah pelat *absorber* dan *Aspect Ratio*. Untuk variasi debit fluida mulai dari debit 100 cc/menit, 200 cc/menit, dan 300 cc/menit. Maka kita dapatkan efisiensi terbesar ketika divariasikan terhadap debit *fluida* didapat ketika berada pada debit 300 cc/menit. Kemudian efisiensi pada debit 200 cc/menit semakin berkurang. Dan efisiensi paling rendah didapat ketika debit 100 cc/menit. Sedangkan pengaruh perubahan tingkat kevacuman terhadap efisiensi adalah semakin vakum maka efisiensi yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada tingkat kevacuman -60 cmHg menghasilkan efisiensi yang paling besar yaitu sebesar 87,64%. Untuk tingkat kevacuman -40 cmHg, efisiensi yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 86,41% dibandingkan dengan efisiensi yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada tingkat kevacuman -60 cmHg. Sehingga efisiensi terendah dihasilkan

ketika kolektor surya diset pada tingkat kevacuman -20 cmHg yaitu sebesar 86,25%.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan besarnya debit fluida yang mengalir melewati pelat *absorber yang mempengaruhi besarnya mass flow rate* ( $\dot{m}$ ) dan besarnya *Temperature out*. Dengan semakin besar *mass flow rate* ( $\dot{m}$ ) yang dihasilkan dan semakin besarnya *Temperature out*, menyebabkan  $Q_u$  yang didapat juga akan semakin besar karena semakin besar *Aspect Ratio* menunjukkan bahwa rongga antara pelat *absorber* dengan *cover glass* semakin kecil. Hal tersebut menyebabkan kehilangan panas melalui bagian atas kolektor surya yang merupakan bagian dari rugi-rugi panas semakin kecil. Sehingga dengan  $Q_u$  yang dihasilkan semakin besar maka efisiensi dari kolektor surya tersebut juga akan semakin besar sesuai dengan rumus  $\eta = \frac{Q_u}{A_c I_T}$ .

#### 4.3.11 Pembahasan Grafik Efisiensi Pada Aspect Ratio 1,33



Gambar 4.11 Grafik Efisiensi pada Aspect Ratio 1,33

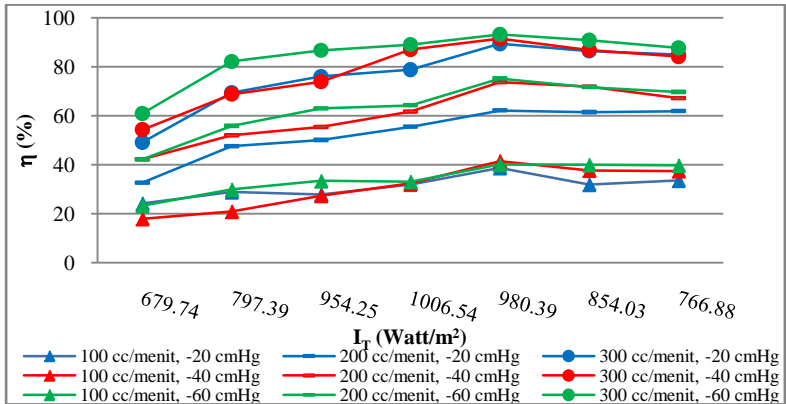
Pada gambar 4.11 kita dapat melihat bahwa ketika kolektor surya divariasikan pada tingkat kevacuman -20 cmHg, -

40 cmHg, dan -60 cmHg. Serta divariasikan terhadap *debit fluida* yang dialirkan dibawah pelat *absorber* dan *Aspect Ratio*. Untuk variasi debit fluida mulai dari debit 100 cc/menit, 200 cc/menit, dan 300 cc/menit. Maka kita dapatkan efisiensi terbesar ketika divariasikan terhadap debit *fluida* didapat ketika berada pada debit 300 cc/menit. Kemudian efisiensi pada debit 200 cc/menit semakin berkurang. Dan efisiensi paling rendah didapat ketika debit 100 cc/menit. Sedangkan pengaruh perubahan tingkat kevacuman terhadap efisiensi adalah semakin vakum maka efisiensi yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada tingkat kevacuman -60 cmHg menghasilkan efisiensi yang paling besar yaitu sebesar 89,54%. Untuk tingkat kevacuman -40 cmHg dan -20 cmHg, efisiensi yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 88,61% dibandingkan dengan efisiensi yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada tingkat kevacuman -60 cmHg.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan besarnya debit fluida yang mengalir melewati pelat *absorber* yang mempengaruhi besarnya *mass flow rate* ( $\dot{m}$ ) dan besarnya *Temperature out*. Dengan semakin besar *mass flow rate* ( $\dot{m}$ ) yang dihasilkan dan semakin besarnya *Temperature out*, menyebabkan  $Q_u$  yang didapat juga akan semakin besar karena semakin besar *Aspect Ratio* menunjukkan bahwa rongga antara pelat *absorber* dengan *cover glass* semakin kecil. Hal tersebut menyebabkan kehilangan panas melalui bagian atas kolektor surya yang merupakan bagian dari rugi-rugi panas semakin kecil. Sehingga dengan  $Q_u$  yang dihasilkan semakin besar maka efisiensi dari kolektor surya tersebut juga akan semakin besar sesuai dengan rumus  $\eta = \frac{Q_u}{A_c I_T}$ .



#### 4.3.12 Pembahasan Grafik Efisiensi Pada Aspect Ratio 2



Gambar 4.12 Grafik Efisiensi pada Aspect Ratio 2

Pada gambar 4.12 kita dapat melihat bahwa ketika kolektor surya divariasikan pada tingkat kevacuman -20 cmHg, -40 cmHg, dan -60 cmHg. Serta divariasikan terhadap *debit fluida* yang dialirkan dibawah pelat *absorber* dan *Aspect Ratio*. Untuk variasi debit fluida mulai dari debit 100 cc/menit, 200 cc/menit, dan 300 cc/menit. Maka kita dapatkan efisiensi terbesar ketika divariasikan terhadap debit *fluida* didapat ketika berada pada debit 300 cc/menit. Kemudian efisiensi pada debit 200 cc/menit semakin berkurang. Dan efisiensi paling rendah didapat ketika debit 100 cc/menit. Sedangkan pengaruh perubahan tingkat kevacuman terhadap efisiensi adalah semakin vakum maka efisiensi yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dapat kita lihat ketika kolektor surya kita set pada tingkat kevacuman -60 cmHg menghasilkan efisiensi yang paling besar yaitu sebesar 93,29%. Untuk tingkat kevacuman -20 cmHg, efisiensi yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 91,53% dibandingkan dengan efisiensi yang dihasilkan ketika kolektor surya diset pada tingkat kevacuman -60 cmHg. Sehingga efisiensi terendah dihasilkan

ketika kolektor surya diset pada tingkat kevacuman -20 cmHg yaitu sebesar 89,42%.

Hal ini terjadi karena  $Q_u$  yang dihasilkan berkaitan dengan besarnya debit fluida yang mengalir melewati pelat *absorber yang mempengaruhi besarnya mass flow rate* ( $\dot{m}$ ) dan besarnya *Temperature out*. Dengan semakin besar *mass flow rate* ( $\dot{m}$ ) yang dihasilkan dan semakin besarnya *Temperature out*, menyebabkan  $Q_u$  yang didapat juga akan semakin besar karena semakin besar *Aspect Ratio* menunjukkan bahwa rongga antara pelat *absorber* dengan *cover glass* semakin kecil. Hal tersebut menyebabkan kehilangan panas melalui bagian atas kolektor surya yang merupakan bagian dari rugi-rugi panas semakin kecil. Sehingga dengan  $Q_u$  yang dihasilkan semakin besar maka efisiensi dari kolektor surya tersebut juga akan semakin besar sesuai dengan rumus  $\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot I_T}$ .

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan Studi Eksperimen

Dengan kajian studi pustaka dari beberapa buku dan jurnal, setelah itu dilakukan eksperimen pada kolektor surya dengan variasi terhadap tingkat kevacuman dan Aspect Ratio. Kemudian dianalisa dengan menampilkan visualisasi hasil dalam bentuk grafik. Setelah itu penulis memberikan kesimpulan mengenai eksperimen ini. Kesimpulan yang dapat disampaikan terhadap kolektor surya dengan variasi terhadap tingkat kevacuman dan *aspect ratio* adalah sebagai berikut::

1. Dengan semakin vacum tingkat kevacuman pada rongga antara pelat *absorber* dengan *cover*,  $Q_u$  yang dihasilkan akan semakin besar. Hal tersebut juga menyebabkan efisiensi yang di dapat juga semakin besar.
2. Dengan semakin besarnya *Aspect Ratio*, maka  $Q_u$  yang dihasilkan akan semakin besar. Hal tersebut juga menyebabkan efisiensi yang di dapat juga semakin besar.
3. Semakin besar debit *fluida* yang mengalir dibawah pelat *absorber*, maka  $Q_u$  yang dihasilkan akan semakin besar. Hal tersebut juga menyebabkan efisiensi yang didapat juga semakin besar.
4. Efisiensi terbesar terjadi ketika kolektor surya diset pada debit 300 cc/menit, tingkat kevakuman -60 cmHg, *Aspect Ratio* 2, dan pada jam 13.00WIB ketika intensitas matahari sebesar 980,39 Watt/m<sup>2</sup> dengan efisiensi sebesar 93,29%.

## 5.2 Saran

Pengembangan teknologi ke depannya merupakan kunci sukses dari bangsa ini. Selain itu pengembangan kearah teknologi yang ramah lingkungan dapat menjaga bumi kita dari kerusakan. Maka daripada itu, penulis memberikan saran dari studi eksperimen yang telah dilakukan untuk perkembangan teknologi secara umum, khususnya pada bidang energi surya. Saran yang dapat diberikan adalah:

1. Perlu diadakan studi eksperimen lebih lanjut dengan mengubah tingkat kevacuman rongga diantara pelat *absorber* dan *cover*. Apakah dengan lebih memvakumkan rongga di antara pelat *absorber* dan *cover* maka efisiensi dari kolektor surya akan selalu lebih besar.
2. Studi lebih lanjut dengan memvariasikan *aspect ratio* dan memvariasikan aliran *fluida* yang ada pada daerah *laminar* dan *turbulent*. Sehingga terlihat jelas pengaruh perubahan debit pada koefisien perpindahan panas.
3. Penggunaan material dari pelat *absorber* yang lain dapat dipertimbangkan untuk studi eksperimen ke depannya. Seperti menggunakan pelat sinusoidal dari stainlessstel, besi, atau material lainnya.
4. Perlu adanya studi eksperimental di dalam ruangan dengan menggunakan lampu sebagai sumber panas pengganti matahari agar data yang diperoleh bisa relevan dan tidak terganggu oleh adanya perubahan cuaca.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K.G.T. Hollands, 1965, "Honeycomb device in flat-plate solar collector", *Solar Energy* 9, 159-W.
- [2] R.L. San Martin and G.J. Field, 1975, " Experimental performance of three solar collectors", *Solar Energy* 17, 345-349.
- [3] Sutrisno, 2002, "Studi Eksperimental Kolektor Surya dengan Pemanas Air Dengan Menggunakan Plat Absorber Gelombang," Tugas Akhir Teknik Mesin, ITS, Surabaya.
- [4] Wang Shing-An, 1979, " An experimental study of corrugated steel sheet solar water heater", *Solar Energy* 23, 333-341.
- [5] Lee, J.H., Chung, M & Park, W.H, 1987, " An experimental and theoretical study on the corrugated water-trickle collector".
- [6] Duffie J.A. dan Beckman W.A, 1991, *Solar Engineering of Thermal Prozesse*,. Second Edition, John Willey and Sons inc, New York.
- [7] Frank P. Incropera dan David P. Dewitt, 1996, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Fifth Edition, John Wiew and Sons inc, New York.
- [8] Moran M.J. dan Shapiro H.N., 1996, *Fundamental of Engineering Thermodynamics*, Fourth Edition, John Willey andSons inc, New York.



## **BIODATA PENULIS**

Nama : Izha Mahendra  
Tempat, Tgl lahir : Malang, 01 Juli 1991  
Alamat : Jl. Gajah Mada 505  
Madiun  
E-mail : [littleboy\\_45@yahoo.com](mailto:littleboy_45@yahoo.com)  
Motto : “The Great Power Of Giving”

Izha Mahendra lahir di Malang pada tanggal 01 Juli 1991, menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN Pangongangan 4 Madiun (1997-2000) lalu pindah sekolah ke SDN Gelung 01 Paron, Ngawi hingga tamat (2000-2003). Kemudian melanjutkan sekolah di SMPN 1 Ngawi (2003-2006). Kemudian menyelesaikan sekolah di SMAN 3 Madiun (2006-2009). Setelah lulus kemudian melanjutkan studi di Bangku kuliah mengambil Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh (2009-2014) dengan mengambil bidang Konversi Energi. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi dan sempat bergabung dengan WE&T ITS, sebagai grader praktikum di laboratorium Perpindahan Panas dan Massa (2012-2013). Selain itu selama kuliah penulis juga pernah menjadi panitia pada acara IMIC (2011) dan IEMC (2012).

LAMPIRAN A

02/09/2013		ASPECT RATIO 1			KEVACUMAN -20 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
100	09:00	33.20	220	5.43	46.67	46.67	45.00	46.33	46.00	45.67	50.33	49.00	32.00	38.00	319.06
	10:00	33.53	280	7.20	50.33	51.67	49.67	49.67	50.67	50.33	56.33	58.33	32.00	40.00	323.39
	11:00	33.77	210	6.97	50.67	52.67	51.33	51.33	49.67	51.33	58.33	59.67	32.33	46.00	324.17
	12:00	34.13	290	7.73	56.67	59.67	57.00	62.67	55.67	63.33	64.00	62.67	33.00	50.67	332.17
	13:00	34.50	240	6.57	65.00	67.00	66.67	66.33	65.00	67.00	55.67	56.67	33.00	51.00	339.17
	14:00	34.37	250	5.97	55.33	54.67	56.00	55.33	56.67	59.00	54.00	54.00	33.00	47.00	329.17
	15:00	34.63	250	5.57	45.67	45.33	45.67	44.00	44.33	42.67	53.00	54.33	33.00	46.00	317.61



$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{T, \text{cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
322.67	306.20	305.00	311.00	710.24	314.43	1.1134	1.1176	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	71506.68	258.61
330.33	306.53	305.00	313.00	941.18	318.43	1.1001	1.4224	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	89042.09	308.13
332.00	306.77	305.33	319.00	910.68	319.38	1.0969	1.0668	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	66435.52	243.76
336.33	307.13	306.00	323.67	1,010.89	321.73	1.0891	1.4732	1.1	1.95E-05	0.7040	0.03	90571.64	312.29
329.17	307.50	306.00	324.00	858.39	318.33	1.1004	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	76363.52	272.50
327.00	307.37	306.00	320.00	779.96	317.18	1.1042	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	80046.83	282.99
326.67	307.63	306.00	319.00	728.10	317.15	1.1043	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	80061.41	283.03

					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.43	295.77	0.88	5.91	0.32	3.61	16.47	0.07	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.46	3.53
7.75	296.25	0.88	6.16	0.29	6.94	23.80	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.27	3.36
6.15	296.59	0.88	6.22	0.32	7.83	25.23	0.10	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.24	3.34
7.92	297.12	0.88	6.37	0.28	4.17	29.20	0.04	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.06	3.10
6.85	297.65	0.88	6.16	0.31	10.00	21.67	0.14	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.06	3.21
7.09	297.46	0.88	6.09	0.31	2.17	19.63	0.03	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.24	3.27
7.09	297.84	0.88	6.09	0.31	9.06	19.03	0.15	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.42	3.56

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>fav</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>fp</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	308.00	7.31E-04	6.24E-01	7.25E+01	4.36	68.02	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	309.00	7.18E-04	6.25E-01	7.38E+01	4.36	68.16	0.27	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	312.17	6.77E-04	6.30E-01	7.82E+01	4.36	68.62	0.27	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	314.83	6.43E-04	6.33E-01	8.24E+01	4.36	69.01	0.30	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.00	6.41E-04	6.33E-01	8.27E+01	4.36	69.03	0.28	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.00	6.67E-04	6.31E-01	7.95E+01	4.36	68.74	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	312.50	6.73E-04	6.30E-01	7.87E+01	4.36	68.67	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\epsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
F	$h_{fi}$	F'													
0.76	68.02	0.711	4178.40	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	562.51	153.95	0.54	53.79	41.72	0.15	14.58
0.76	68.16	0.710	4178.53	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	745.41	203.76	0.54	53.72	55.62	0.15	14.67
0.76	68.62	0.711	4178.96	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	721.25	197.38	0.54	53.78	95.04	0.26	25.90
0.76	69.01	0.711	4179.31	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	800.63	218.54	0.54	53.65	122.86	0.30	30.16
0.76	69.03	0.712	4179.33	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	679.84	186.15	0.54	53.81	125.18	0.36	36.19
0.76	68.74	0.711	4179.07	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	617.73	169.09	0.54	53.80	97.36	0.31	30.98
0.76	68.67	0.712	4179.00	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	576.66	158.39	0.54	53.98	90.40	0.31	30.81

LAMPIRAN A

03/09/2013		ASPECT RATIO 1			KEVACUMAN -20 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / meni t)	I <sub>r</sub> (mV )	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
200	09:00	33.10	280	4.80	43.33	42.67	41.33	46.67	46.00	45.67	46.67	45.33	32.00	40.00	317.28
	10:00	33.50	250	6.77	48.33	48.67	45.00	48.33	48.33	50.33	53.00	52.33	32.00	44.33	321.17
	11:00	33.80	220	7.47	50.33	51.33	50.00	51.00	50.00	52.00	58.00	56.33	32.33	46.67	323.78
	12:00	34.13	270	7.53	54.00	56.67	54.33	61.33	55.67	63.33	56.00	60.33	33.00	47.67	330.56
	13:00	34.47	250	7.33	64.00	65.00	63.67	66.00	64.33	66.33	58.67	56.67	33.00	50.00	337.89
	14:00	34.40	230	6.53	55.00	53.33	55.00	55.00	55.33	57.00	56.33	53.00	33.00	47.67	328.11
	15:00	34.60	220	6.20	46.00	44.33	45.33	44.00	44.00	43.00	46.67	49.33	33.00	46.67	317.44

$T_{cover\ avg}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{in}$ (K)	$T_{out}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_f$ cover- ambient	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	V (m/s)	L	m	Pr	k	Re <sub>L</sub>	Nu <sub>L</sub>
319.00	306.10	305.00	313.00	627.45	312.55	1.1196	1.4224	1.1	1.91E-05	0.7052	0.03	91947.85	316.27
325.67	306.50	305.00	317.33	884.53	316.08	1.1079	1.2700	1.1	1.92E-05	0.7047	0.03	80529.17	284.37
330.17	306.80	305.33	319.67	976.03	318.48	1.0999	1.1176	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	69942.52	254.01
331.17	307.13	306.00	320.67	984.75	319.15	1.0977	1.3716	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	85526.18	298.35
330.67	307.47	306.00	323.00	958.61	319.07	1.0979	1.2700	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	79227.01	280.63
327.67	307.40	306.00	320.67	853.59	317.53	1.1030	1.1684	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	73502.39	264.32
321.00	307.60	306.00	319.67	810.46	314.30	1.1138	1.1176	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	71558.71	258.77

					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
7.83	295.62	0.9	5.93	0.30	1.72	12.90	0.04	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.28	3.55	3.59
7.11	296.20	0.9	6.15	0.30	4.50	19.17	0.07	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.30	3.38	3.45
6.39	296.63	0.9	6.30	0.32	6.39	23.37	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.27	3.36
7.52	297.12	0.9	6.35	0.29	0.61	24.03	0.01	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.16	3.16
7.07	297.60	0.9	6.35	0.30	7.22	23.20	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.06	3.15
6.63	297.51	0.9	6.25	0.31	0.44	20.27	0.01	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.24	3.25
6.44	297.80	0.9	6.05	0.32	3.56	13.40	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.28	3.51	3.60

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	309.00	7.18E-04	6.25E-01	1.48E+02	4.36	68.16	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	311.17	6.90E-04	6.28E-01	1.54E+02	4.36	68.48	0.27	2.24	2.51	3.E-03	2.69	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	312.50	6.73E-04	6.30E-01	1.57E+02	4.36	68.67	0.27	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.33	6.62E-04	6.31E-01	1.60E+02	4.36	68.79	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	314.50	6.47E-04	6.33E-01	1.64E+02	4.36	68.96	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.33	6.62E-04	6.31E-01	1.60E+02	4.36	68.79	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	312.84	6.69E-04	6.30E-01	1.58E+02	4.36	68.72	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07



faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
F	$h_{fi}$	F'													
0.76	68.16	0.711	4178.53	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	496.94	138.95	0.55	54.95	111.25	0.44	44.00
0.76	68.48	0.711	4178.82	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	700.55	196.80	0.55	55.21	171.52	0.48	48.12
0.76	68.67	0.712	4179.00	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	773.02	217.03	0.55	55.18	199.34	0.51	50.68
0.76	68.79	0.711	4179.11	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	779.92	218.46	0.55	55.05	203.99	0.51	51.40
0.76	68.96	0.711	4179.27	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	759.22	213.01	0.55	55.14	236.45	0.61	61.21
0.76	68.79	0.711	4179.11	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	676.05	189.80	0.55	55.18	203.99	0.59	59.30
0.76	68.72	0.713	4179.04	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	641.88	180.78	0.55	55.35	190.12	0.58	58.21

LAMPIRAN A

05/09/2013		ASPECT RATIO 1			KEVACUMAN -20 cmHg											
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / meni t)	I <sub>T</sub> (mV )	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)	
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>				
300	09:00	33.30	220	5.40	43.00	41.67	41.67	46.00	45.67	45.00	46.67	45.33	32.00	38.00	316.83	
	10:00	33.57	270	6.90	48.67	47.67	45.00	48.00	48.00	49.00	52.00	51.67	32.00	44.33	320.72	
	11:00	33.77	220	7.37	50.00	51.00	49.67	51.33	50.33	52.00	56.67	55.33	32.33	45.67	323.72	
	12:00	34.20	290	7.73	54.00	57.00	55.00	61.67	55.00	63.00	57.67	60.00	33.00	47.00	330.61	
	13:00	34.47	250	7.33	63.00	64.67	62.67	65.00	61.67	66.33	57.00	56.00	33.00	49.00	336.89	
	14:00	34.40	240	6.60	55.33	54.33	55.00	55.33	55.67	56.67	53.00	54.00	33.00	46.00	328.39	
	15:00	34.57	230	6.27	45.67	43.33	45.00	44.67	43.33	43.67	45.67	49.00	33.00	44.67	317.28	

$T_{cover\ avg}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{in}$ (K)	$T_{out}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_r$ cover- ambient	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	V (m/s)	L	m	Pr	k	Re <sub>L</sub>	Nu <sub>L</sub>
319.00	306.30	305.00	311.00	705.88	312.65	1.1193	1.1176	1.1	1.91E-05	0.7052	0.03	72205.38	260.66
324.83	306.57	305.00	317.33	901.96	315.70	1.1092	1.3716	1.1	1.92E-05	0.7048	0.03	87153.70	302.95
329.00	306.77	305.33	318.67	962.96	317.88	1.1019	1.1176	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	70172.29	254.69
331.83	307.20	306.00	320.00	1,010.89	319.52	1.0964	1.4732	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	91677.40	315.38
329.50	307.47	306.00	322.00	958.61	318.48	1.0999	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	79480.13	281.36
326.50	307.40	306.00	319.00	862.75	316.95	1.1050	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	76942.97	274.18
320.33	307.57	306.00	317.67	819.17	313.95	1.1150	1.1684	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	74954.32	268.55

					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.45	295.91	0.9	5.94	0.32	2.17	12.70	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.28	3.56	3.61
7.56	296.30	0.9	6.13	0.30	4.11	18.27	0.07	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.40	3.47
6.40	296.59	0.9	6.26	0.32	5.28	22.23	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.30	3.29	3.36
7.95	297.22	0.9	6.37	0.28	1.22	24.63	0.01	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.15	3.16
7.08	297.60	0.9	6.31	0.30	7.39	22.03	0.10	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.09	3.19
6.87	297.51	0.9	6.21	0.31	1.89	19.10	0.03	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.26	3.29
6.67	297.75	0.9	6.03	0.32	3.06	12.77	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.28	3.53	3.60

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	308.00	7.31E-04	6.24E-01	2.18E+02	4.36	68.02	0.25	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	311.17	6.90E-04	6.28E-01	2.30E+02	4.36	68.48	0.27	2.24	2.51	3.E-03	2.68	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.00	6.79E-04	6.29E-01	2.34E+02	4.36	68.60	0.27	2.24	2.51	3.E-03	2.69	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.00	6.67E-04	6.31E-01	2.38E+02	4.36	68.74	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.00	6.54E-04	6.32E-01	2.43E+02	4.36	68.89	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.50	6.73E-04	6.30E-01	2.36E+02	4.36	68.67	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	311.83	6.82E-04	6.29E-01	2.33E+02	4.36	68.57	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\epsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
desain	desain														
0.76	68.02	0.711	4178.40	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	559.06	158.44	0.56	55.70	125.15	0.44	44.00
0.76	68.48	0.712	4178.82	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	714.35	202.44	0.56	55.70	257.28	0.71	70.79
0.76	68.60	0.711	4178.93	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	762.67	215.92	0.56	55.64	278.15	0.72	71.68
0.76	68.74	0.711	4179.07	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	800.63	226.18	0.56	55.52	292.07	0.72	71.70
0.76	68.89	0.711	4179.20	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	759.22	214.88	0.56	55.62	333.80	0.86	86.41
0.76	68.67	0.711	4179.00	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	683.29	193.46	0.56	55.65	271.20	0.78	78.01
0.76	68.57	0.712	4178.91	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	648.78	184.18	0.56	55.79	243.38	0.74	73.73

LAMPIRAN A

06/09/2013		ASPECT RATIO 1			KEVACUMAN -40 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
100	09:00	33.23	240	5.07	37.33	31.67	32.67	32.67	37.33	37.33	46.33	45.00	32.00	39.67	307.83
	10:00	33.57	290	6.30	40.67	40.00	41.67	40.33	47.67	43.67	53.67	49.33	32.00	45.33	315.33
	11:00	33.80	240	6.90	43.00	43.67	46.67	45.00	46.67	47.67	58.00	53.67	32.33	47.33	318.44
	12:00	34.10	210	7.10	59.67	59.67	56.67	58.33	56.33	58.67	60.33	60.00	33.00	51.00	331.22
	13:00	34.47	255	6.57	75.00	76.00	71.00	74.33	71.00	70.00	58.00	51.33	33.00	52.33	345.89
	14:00	34.40	260	5.73	67.00	72.00	67.33	74.33	68.00	65.33	54.33	52.00	33.00	48.67	342.00
	15:00	34.57	210	5.40	63.00	68.67	65.67	59.67	63.33	60.33	51.33	47.33	33.00	47.33	336.44

$T_{cover\ avg}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{in}$ (K)	$T_{out}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_f$ cover- ambient	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	V (m/s)	L	m	Pr	k	Re <sub>L</sub>	Nu <sub>L</sub>
318.67	306.23	305.00	312.67	662.31	312.45	1.1200	1.2192	1.1	1.90E-05	0.7053	0.03	78855.40	279.70
324.50	306.57	305.00	318.33	823.53	315.53	1.1097	1.4732	1.1	1.92E-05	0.7048	0.03	93694.73	321.01
328.83	306.80	305.33	320.33	901.96	317.82	1.1021	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	76579.49	273.13
333.17	307.10	306.00	324.00	928.10	320.13	1.0944	1.0668	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	66163.46	242.94
327.67	307.47	306.00	325.33	858.39	317.57	1.1029	1.2954	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	81476.94	287.02
326.17	307.40	306.00	321.67	749.46	316.78	1.1055	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7047	0.03	83430.80	292.53
322.33	307.57	306.00	320.33	705.88	314.95	1.1116	1.0668	1.1	1.92E-05	0.7049	0.03	68064.25	248.60



					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,e-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-e}$	Rradiasi	$R_2$
6.92	295.81	0.9	5.93	0.31	10.83	12.43	0.27	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.27	3.72	3.99
8.01	296.30	0.9	6.12	0.29	9.17	17.93	0.15	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.49	3.64
6.86	296.63	0.9	6.26	0.31	10.39	22.03	0.14	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.30	3.37	3.52
6.14	297.07	0.9	6.41	0.32	1.94	26.07	0.02	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.12	3.14
7.20	297.60	0.9	6.25	0.30	18.22	20.20	0.27	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	2.99	3.26
7.32	297.51	0.9	6.20	0.30	15.83	18.77	0.25	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.06	3.32
6.19	297.75	0.9	6.09	0.33	14.11	14.77	0.31	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.20	3.51

	perpan antara fluida dan absorber														
	konveksi														
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	308.83	7.20E-04	6.25E-01	7.36E+01	4.36	68.14	0.23	2.24	2.47	3.E-03	2.67	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	311.67	6.84E-04	6.29E-01	7.75E+01	4.36	68.55	0.25	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	312.83	6.69E-04	6.30E-01	7.92E+01	4.36	68.72	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.00	6.41E-04	6.33E-01	8.27E+01	4.36	69.03	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.67	6.32E-04	6.34E-01	8.38E+01	4.36	69.13	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.83	6.56E-04	6.32E-01	8.08E+01	4.36	68.86	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.17	6.64E-04	6.31E-01	7.98E+01	4.36	68.77	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\epsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$	$\eta$	$\eta$
desain	desain	%								aktual	aktual	%			
0.76	68.14	0.713	4178.51	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	524.55	144.06	0.54	53.98	53.31	0.20	19.97
0.76	68.55	0.712	4178.89	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	652.24	178.96	0.54	53.93	92.72	0.28	27.94
0.76	68.72	0.712	4179.04	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	714.35	195.79	0.54	53.87	104.31	0.29	28.70
0.76	69.03	0.711	4179.33	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	735.06	200.82	0.54	53.70	125.18	0.33	33.47
0.76	69.13	0.712	4179.42	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	679.84	186.24	0.54	53.84	134.45	0.39	38.87
0.76	68.86	0.712	4179.18	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	593.57	162.64	0.54	53.85	108.95	0.36	36.07
0.76	68.77	0.712	4179.09	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	559.06	153.55	0.54	53.98	99.67	0.35	35.04

LAMPIRAN A

08/09/2013		ASPECT RATIO 1			KEVACUMAN -40 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
200	09:00	33.23	240	5.37	46.67	46.67	45.00	46.00	46.00	46.33	50.33	49.00	32.00	39.33	319.11
	10:00	33.57	230	7.30	58.00	62.67	57.67	62.00	57.33	62.00	56.33	57.33	32.00	45.00	332.94
	11:00	33.80	240	7.90	66.33	64.33	67.33	64.67	69.00	64.67	58.33	58.33	32.33	46.67	339.06
	12:00	34.10	280	7.53	69.33	69.33	68.67	66.00	68.67	68.00	60.67	60.00	33.00	50.33	341.33
	13:00	34.47	250	6.80	70.67	70.67	64.33	69.33	69.67	70.00	63.67	63.33	33.00	51.33	342.11
	14:00	34.40	230	6.07	55.33	55.33	55.33	57.67	56.67	57.67	57.33	58.67	33.00	48.33	329.33
	15:00	34.57	260	5.77	52.67	52.67	53.67	53.67	54.67	54.33	54.00	55.00	33.00	47.33	326.61

$T_{cover\ avg}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{in}$ (K)	$T_{out}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_r$ cover-ambient	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	V (m/s)	L	m	Pr	k	Re <sub>L</sub>	Nu <sub>L</sub>
322.67	306.23	305.00	312.33	701.53	314.45	1.1133	1.2192	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	78000.19	277.24
329.83	306.57	305.00	318.00	954.25	318.20	1.1008	1.1684	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	73235.07	263.54
331.33	306.80	305.33	319.67	1,032.68	319.07	1.0979	1.2192	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	76057.93	271.62
333.33	307.10	306.00	323.33	984.75	320.22	1.0941	1.4224	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	88177.72	305.70
336.50	307.47	306.00	324.33	888.89	321.98	1.0882	1.2700	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	77972.13	277.02
331.00	307.40	306.00	321.33	793.03	319.20	1.0975	1.1684	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	72835.72	262.37
327.50	307.57	306.00	320.33	754.25	317.53	1.1030	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	83089.66	291.56

					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.90	295.81	0.9	6.05	0.31	3.56	16.43	0.07	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.46	3.53
6.62	296.30	0.9	6.28	0.31	3.11	23.27	0.04	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.14	3.18
6.84	296.63	0.9	6.34	0.30	7.72	24.53	0.10	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.04	3.13
7.72	297.07	0.9	6.41	0.29	8.00	26.23	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.98	3.07
7.03	297.60	0.9	6.53	0.30	5.61	29.03	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.93	2.98
6.61	297.51	0.9	6.35	0.31	1.67	23.60	0.02	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.18	3.20
7.31	297.75	0.9	6.25	0.30	0.89	19.93	0.01	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.27	3.28

	perpan antara fluida dan absorber														
	konveksi														
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f-p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	308.67	7.22E-04	6.25E-01	1.47E+02	4.36	68.11	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	311.50	6.86E-04	6.29E-01	1.55E+02	4.36	68.52	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	312.50	6.73E-04	6.30E-01	1.57E+02	4.36	68.67	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	314.67	6.45E-04	6.33E-01	1.64E+02	4.36	68.98	0.30	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	315.17	6.39E-04	6.34E-01	1.66E+02	4.36	69.06	0.30	2.24	2.55	3.E-03	2.71	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.67	6.58E-04	6.32E-01	1.61E+02	4.36	68.84	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.17	6.64E-04	6.31E-01	1.60E+02	4.36	68.77	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\epsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$	$\eta$	$\eta$
desain	desain	%								aktual	aktual	%			
F	$h_{fi}$	F'													
0.76	68.11	0.711	4178.49	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	555.61	156.03	0.55	55.19	101.98	0.36	36.07
0.76	68.52	0.710	4178.87	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	755.76	211.93	0.55	55.11	180.79	0.47	47.02
0.76	68.67	0.710	4179.00	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	817.88	229.18	0.55	55.07	199.34	0.48	47.90
0.76	68.98	0.711	4179.29	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	779.92	218.38	0.55	55.03	241.08	0.61	60.75
0.76	69.06	0.710	4179.36	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	704.00	197.38	0.55	55.10	255.00	0.71	71.19
0.76	68.84	0.711	4179.16	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	628.08	176.36	0.55	55.19	213.26	0.67	66.73
0.76	68.77	0.711	4179.09	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	597.36	167.95	0.55	55.26	199.35	0.66	65.59



LAMPIRAN A

10/09/2013		ASPECT RATIO 1			KEVACUMAN -40 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> (feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>p</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
300	09:00	33.17	235	5.20	46.67	46.67	45.33	46.00	46.33	46.00	50.33	48.33	32.00	38.67	319.17
	10:00	33.50	230	7.00	58.00	62.00	57.33	62.00	57.67	62.00	56.00	56.33	32.00	43.33	332.83
	11:00	33.80	249	7.43	66.33	64.67	67.33	64.33	68.00	65.00	58.33	58.33	32.33	46.00	338.94
	12:00	34.13	270	7.67	69.00	69.33	68.67	66.00	68.67	67.00	60.33	59.67	33.00	49.33	341.11
	13:00	34.47	250	7.50	71.00	71.33	69.00	69.67	69.67	70.67	62.67	62.00	33.00	49.33	343.22
	14:00	34.40	240	6.40	65.33	65.33	62.33	63.67	64.33	62.67	57.00	58.33	33.00	46.33	336.94
	15:00	34.57	260	5.97	53.00	52.33	53.33	53.67	54.67	54.00	54.00	55.00	33.00	45.33	326.50

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{r, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
322.33	306.17	305.00	311.67	679.74	314.25	1.1140	1.1938	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	76458.56	272.85
329.17	306.50	305.00	316.33	915.03	317.83	1.1021	1.1684	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	73381.99	263.97
331.33	306.80	305.33	319.00	971.68	319.07	1.0979	1.2649	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	78910.11	279.74
333.00	307.13	306.00	322.33	1,002.18	320.07	1.0946	1.3716	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	85098.34	297.13
335.33	307.47	306.00	322.33	980.39	321.40	1.0902	1.2700	1.1	1.95E-05	0.7040	0.03	78221.69	277.74
330.67	307.40	306.00	319.33	836.60	319.03	1.0981	1.2192	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	76071.80	271.66
327.50	307.57	306.00	318.33	780.39	317.53	1.1030	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	83089.66	291.56

					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,e-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.79	295.72	0.9	6.03	0.31	3.17	16.17	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.46	3.53
6.63	296.20	0.9	6.26	0.31	3.67	22.67	0.05	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.15	3.20
7.05	296.63	0.9	6.34	0.30	7.61	24.53	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.04	3.13
7.51	297.12	0.9	6.40	0.29	8.11	25.87	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	2.99	3.08
7.04	297.60	0.9	6.49	0.30	7.89	27.87	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.93	3.01
6.84	297.51	0.9	6.34	0.30	6.28	23.27	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.07	3.16
7.31	297.75	0.9	6.25	0.30	1.00	19.93	0.01	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.27	3.28

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	308.33	7.26E-04	6.24E-01	2.19E+02	4.36	68.06	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	310.67	6.96E-04	6.28E-01	2.28E+02	4.36	68.40	0.28	2.24	2.53	3.E-03	2.69	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.17	6.77E-04	6.30E-01	2.35E+02	4.36	68.62	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.17	6.52E-04	6.32E-01	2.44E+02	4.36	68.91	0.30	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.17	6.52E-04	6.32E-01	2.44E+02	4.36	68.91	0.30	2.24	2.55	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.67	6.71E-04	6.30E-01	2.37E+02	4.36	68.69	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.17	6.77E-04	6.30E-01	2.35E+02	4.36	68.62	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$	$\eta$	$\eta$
desain	desain	%								aktual	aktual	%			
0.76	68.06	0.711	4178.44	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	538.35	152.44	0.56	55.65	139.06	0.51	50.77
0.76	68.40	0.710	4178.76	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	724.71	204.93	0.56	55.58	236.42	0.64	64.12
0.76	68.62	0.710	4178.96	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	769.57	217.53	0.56	55.56	285.11	0.73	72.81
0.76	68.91	0.711	4179.22	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	793.73	224.17	0.56	55.51	340.76	0.84	84.38
0.76	68.91	0.710	4179.22	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	776.47	219.45	0.56	55.55	340.76	0.86	86.25
0.76	68.69	0.711	4179.02	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	662.59	187.47	0.56	55.61	278.16	0.83	82.51
0.76	68.62	0.711	4178.96	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	618.07	175.17	0.56	55.70	257.29	0.82	81.81

LAMPIRAN A

11/09/2013		ASPECT RATIO 1			KEVACUMAN -60 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
100	09:00	33.23	264	5.20	47.33	47.00	45.33	46.33	46.33	46.67	50.67	48.67	32.00	40.00	319.50
	10:00	33.53	250	6.93	58.33	62.67	58.33	62.00	57.67	62.33	56.67	57.00	32.00	46.33	333.22
	11:00	33.80	240	7.60	66.33	64.67	67.67	65.00	69.00	65.00	58.33	58.67	32.33	50.33	339.28
	12:00	34.13	270	7.73	70.00	69.67	69.00	67.00	68.67	69.00	61.00	60.33	33.00	51.67	341.89
	13:00	34.50	250	6.80	71.33	71.00	70.33	71.00	71.00	71.00	63.67	63.67	33.00	52.67	343.94
	14:00	34.30	260	5.73	55.67	65.33	62.00	63.67	66.67	65.00	57.67	58.67	33.00	49.00	336.06
	15:00	34.40	275	5.30	53.67	53.67	53.67	53.67	54.33	55.33	55.00	55.00	33.00	47.67	327.06

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_r$ cover-ambient	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
322.67	306.23	305.00	313.00	679.74	314.45	1.1133	1.3411	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	85800.21	299.20
329.83	306.53	305.00	319.33	906.32	318.18	1.1009	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	79610.59	281.74
331.50	306.80	305.33	323.33	993.46	319.15	1.0977	1.2192	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	76023.28	271.52
333.67	307.13	306.00	324.67	1,010.89	320.40	1.0935	1.3716	1.1	1.94E-05	0.7041	0.03	84943.24	296.69
336.67	307.50	306.00	325.67	888.89	322.08	1.0879	1.2700	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	77929.42	276.90
331.17	307.30	306.00	322.00	749.46	319.23	1.0974	1.3208	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	82321.02	289.37
328.00	307.40	306.00	320.67	692.81	317.70	1.1025	1.3970	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	87803.29	304.71

					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
7.44	295.81	0.9	6.05	0.30	3.17	16.43	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.45	3.51
7.08	296.25	0.9	6.28	0.30	3.39	23.30	0.04	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.14	3.18
6.84	296.63	0.9	6.34	0.30	7.78	24.70	0.10	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.03	3.13
7.50	297.12	0.9	6.43	0.29	8.22	26.53	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.97	3.06
7.03	297.65	0.9	6.54	0.30	7.28	29.17	0.07	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.90	2.97
7.29	297.36	0.9	6.35	0.29	4.89	23.87	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.08	3.14
7.65	297.51	0.9	6.26	0.29	0.94	20.60	0.01	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.25	3.27



perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	309.00	7.18E-04	6.25E-01	7.38E+01	4.36	68.16	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	312.17	6.77E-04	6.30E-01	7.82E+01	4.36	68.62	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	314.33	6.50E-04	6.32E-01	8.16E+01	4.36	68.94	0.29	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.33	6.37E-04	6.34E-01	8.32E+01	4.36	69.08	0.30	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.83	6.30E-04	6.34E-01	8.41E+01	4.36	69.15	0.31	2.24	2.55	3.E-03	2.71	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	314.00	6.54E-04	6.32E-01	8.11E+01	4.36	68.89	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.33	6.62E-04	6.31E-01	8.00E+01	4.36	68.79	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\epsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$	$\eta$	$\eta$
desain	desain	%								aktual	aktual	aktual %			
F	$h_{fi}$	F'													
0.76	68.16	0.711	4178.53	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	538.35	147.41	0.54	53.82	55.62	0.20	20.31
0.76	68.62	0.711	4178.96	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	717.80	196.24	0.54	53.73	99.67	0.27	27.29
0.76	68.94	0.711	4179.24	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	786.82	215.06	0.54	53.72	125.18	0.31	31.27
0.76	69.08	0.711	4179.38	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	800.63	218.51	0.54	53.64	129.82	0.32	31.87
0.76	69.15	0.711	4179.44	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	704.00	192.40	0.54	53.71	136.77	0.38	38.18
0.76	68.89	0.711	4179.20	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	593.57	162.35	0.54	53.76	111.27	0.37	36.84
0.76	68.79	0.711	4179.11	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	548.71	150.33	0.54	53.84	101.99	0.37	36.53

LAMPIRAN A

13/09/2013		ASPECT RATIO 1			KEVACUMAN -60 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
200	09:00	33.27	250	4.87	47.67	47.33	46.00	46.67	46.67	46.33	50.33	49.00	32.00	39.67	320.50
	10:00	33.47	270	6.07	58.67	62.67	60.00	61.00	57.33	62.00	56.33	57.00	32.00	43.00	332.38
	11:00	33.80	240	7.40	67.00	65.00	67.00	64.00	69.00	64.33	58.00	58.33	32.33	49.67	337.08
	12:00	34.03	280	7.67	70.00	69.67	69.67	67.00	69.33	68.67	60.67	60.67	33.00	51.00	339.96
	13:00	34.53	220	6.93	71.67	71.00	70.00	71.00	71.00	71.00	63.33	63.33	33.00	52.00	342.04
	14:00	34.37	260	6.13	65.00	65.67	67.00	63.33	66.33	64.67	56.67	58.00	33.00	48.33	336.33
	15:00	34.40	240	5.90	53.67	54.00	53.33	53.33	54.33	55.00	53.33	54.67	33.00	47.67	326.96

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{f, \text{cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
322.67	306.27	305.00	312.67	636.17	314.47	1.1133	1.2700	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	81242.82	286.42
329.67	306.47	305.00	316.00	793.03	318.07	1.1013	1.3716	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	86034.29	299.78
331.17	306.80	305.33	322.67	967.32	318.98	1.0982	1.2192	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	76092.60	271.72
333.67	307.03	306.00	324.00	1,002.61	320.35	1.0937	1.4224	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	88113.40	305.52
336.33	307.53	306.00	325.00	906.32	321.93	1.0884	1.1176	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	68634.28	250.15
330.33	307.37	306.00	321.33	801.74	318.85	1.0987	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	82493.78	289.86
327.00	307.40	306.00	320.67	771.24	317.20	1.1042	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	76837.96	273.88

					perpan antara absorber dan cover										
		radiasi			konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
7.13	295.86	0.9	6.05	0.31	2.17	16.40	0.04	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.44	3.48
7.53	296.15	0.9	6.27	0.29	2.71	23.20	0.03	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.15	3.19
6.84	296.63	0.9	6.33	0.30	5.92	24.37	0.07	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.07	3.14
7.72	296.97	0.9	6.42	0.29	6.29	26.63	0.07	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	2.99	3.06
6.35	297.70	0.9	6.53	0.31	5.71	28.80	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.93	2.99
7.30	297.46	0.9	6.33	0.29	6.00	22.97	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.09	3.16
6.87	297.51	0.9	6.23	0.31	0.04	19.60	0.00	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.27	3.27

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	308.83	7.20E-04	6.25E-01	1.47E+02	4.36	68.14	0.26	2.24	2.51	3.E-03	2.68	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	310.50	6.99E-04	6.27E-01	1.52E+02	4.36	68.38	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	314.00	6.54E-04	6.32E-01	1.62E+02	4.36	68.89	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	315.00	6.41E-04	6.33E-01	1.65E+02	4.36	69.03	0.30	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	315.50	6.35E-04	6.34E-01	1.67E+02	4.36	69.11	0.30	2.24	2.55	3.E-03	2.71	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.67	6.58E-04	6.32E-01	1.61E+02	4.36	68.84	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.33	6.62E-04	6.31E-01	1.60E+02	4.36	68.79	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\epsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$	$\eta$	$\eta$
desain	desain	%								aktual	aktual	%			
F	$h_{fi}$	F'													
0.76	68.14	0.711	4178.51	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	503.84	141.56	0.55	55.22	106.61	0.42	41.59
0.76	68.38	0.710	4178.73	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	628.08	176.15	0.55	55.12	152.98	0.48	47.87
0.76	68.89	0.711	4179.20	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	766.12	214.88	0.55	55.13	241.12	0.62	61.86
0.76	69.03	0.711	4179.33	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	794.07	222.30	0.55	55.02	250.36	0.62	61.97
0.76	69.11	0.711	4179.40	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	717.80	201.34	0.55	55.13	264.27	0.72	72.36
0.76	68.84	0.711	4179.16	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	634.98	178.20	0.55	55.16	213.26	0.66	66.01
0.76	68.79	0.711	4179.11	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	610.82	171.61	0.55	55.22	203.99	0.66	65.63

LAMPIRAN A

14/09/2013		ASPECT RATIO 1			KEVACUMAN -60 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
300	09:00	33.10	230	4.77	46.33	47.00	45.33	46.67	47.00	46.67	50.33	49.00	32.00	39.67	319.50
	10:00	33.47	240	6.07	57.00	59.67	59.67	59.00	57.33	59.00	56.33	57.00	32.00	44.33	331.61
	11:00	33.63	280	7.40	66.00	63.33	66.00	63.00	69.33	64.00	58.00	58.33	32.33	47.67	338.28
	12:00	34.00	270	7.63	69.33	69.00	69.33	67.00	69.67	68.67	60.67	60.67	33.00	49.33	341.83
	13:00	34.47	265	7.53	71.00	71.00	70.00	70.33	70.67	70.67	63.33	63.33	33.00	49.67	343.61
	14:00	34.30	210	6.60	65.00	66.67	67.00	63.00	66.00	66.00	56.67	58.00	33.00	47.33	338.61
	15:00	34.20	230	6.03	53.33	56.00	53.00	54.00	53.67	54.00	53.33	54.67	33.00	46.00	327.00



$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{f, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	V (m/s)	L	m	Pr	k	$Re_L$	$Nu_L$
322.67	306.10	305.00	312.67	623.09	314.38	1.1135	1.1684	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	74777.38	268.04
329.67	306.47	305.00	317.33	793.03	318.07	1.1013	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	76474.92	272.83
331.17	306.63	305.33	320.67	967.32	318.90	1.0985	1.4224	1.1	1.94E-05	0.7044	0.03	88815.17	307.49
333.67	307.00	306.00	322.33	997.82	320.33	1.0937	1.3716	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	84974.24	296.78
336.33	307.47	306.00	322.67	984.75	321.90	1.0885	1.3462	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	82688.21	290.35
330.33	307.30	306.00	320.33	862.75	318.82	1.0988	1.0668	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	66641.74	244.37
327.00	307.20	306.00	319.00	788.67	317.10	1.1045	1.1684	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	73676.62	264.83

					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.67	295.62	0.9	6.04	0.32	3.17	16.57	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.45	3.51
6.85	296.15	0.9	6.27	0.31	1.94	23.20	0.03	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.16	3.19
7.74	296.39	0.9	6.33	0.29	7.11	24.53	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.05	3.13
7.50	296.92	0.9	6.42	0.29	8.17	26.67	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.97	3.06
7.37	297.60	0.9	6.52	0.29	7.28	28.87	0.07	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.91	2.98
6.15	297.36	0.9	6.33	0.32	8.28	23.03	0.12	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.06	3.17
6.64	297.22	0.9	6.22	0.31	0.00	19.80	0.00	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.27	3.27

	perpan antara fluida dan absorber														
	konveksi														
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	308.83	7.20E-04	6.25E-01	2.21E+02	4.36	68.14	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	311.17	6.90E-04	6.28E-01	2.30E+02	4.36	68.48	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.00	6.67E-04	6.31E-01	2.39E+02	4.36	68.74	0.29	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.17	6.52E-04	6.32E-01	2.44E+02	4.36	68.91	0.30	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.34	6.50E-04	6.32E-01	2.45E+02	4.36	68.94	0.31	2.24	2.55	3.E-03	2.71	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.17	6.64E-04	6.31E-01	2.39E+02	4.36	68.77	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.50	6.73E-04	6.30E-01	2.36E+02	4.36	68.67	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	$A_c$	$F''$	$FR$	$\epsilon_p$	$t_c$	$S$	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
$F$	$h_{fi}$	$F'$													
0.76	68.14	0.711	4178.51	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	493.49	139.78	0.56	55.67	159.92	0.64	63.69
0.76	68.48	0.710	4178.82	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	628.08	177.74	0.56	55.62	257.28	0.81	80.51
0.76	68.74	0.710	4179.07	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	766.12	216.50	0.56	55.54	319.95	0.82	82.08
0.76	68.91	0.710	4179.22	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	790.27	223.06	0.55	55.48	340.69	0.85	84.73
0.76	68.94	0.710	4179.24	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	779.92	220.37	0.56	55.53	347.78	0.88	87.64
0.76	68.77	0.711	4179.09	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	683.29	193.31	0.56	55.60	299.02	0.86	86.01
0.76	68.67	0.711	4179.00	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	624.63	176.78	0.56	55.62	271.20	0.85	85.33

LAMPIRAN B

17/09/2013		ASPECT RATIO 1.33			KEVACUMAN -20 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
100	09:00	33.20	230	5.00	45.33	46.33	45.67	46.67	46.33	45.33	50.33	48.67	32.00	38.33	318.94
	10:00	33.50	250	6.70	49.33	51.00	49.00	50.00	50.00	50.67	56.00	58.67	32.00	40.67	323.00
	11:00	33.73	220	7.47	50.33	52.67	51.33	52.33	53.00	52.00	59.00	59.67	32.33	46.33	324.94
	12:00	34.10	290	7.67	57.33	60.33	58.00	63.00	58.00	64.67	63.33	63.00	33.00	51.00	333.22
	13:00	34.47	260	6.63	65.33	67.00	67.33	67.00	65.00	66.33	55.67	57.33	33.00	51.33	339.33
	14:00	34.33	240	6.07	55.33	54.33	56.33	55.67	57.00	58.67	54.67	55.33	33.00	47.67	329.22
	15:00	34.53	250	5.83	45.67	45.00	44.33	44.67	44.33	44.67	53.33	54.33	33.00	47.00	317.78

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_r$ cover- ambient	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
322.50	306.20	305.00	311.33	653.59	314.35	1.1136	1.1684	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	74790.97	268.08
330.33	306.50	305.00	313.67	875.82	318.42	1.1001	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	79509.11	281.45
332.33	306.73	305.33	319.33	976.03	319.53	1.0964	1.1176	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	69542.03	252.83
336.17	307.10	306.00	324.00	1002.18	321.63	1.0894	1.4732	1.1	1.95E-05	0.7040	0.03	90621.27	312.43
329.50	307.47	306.00	324.33	867.10	318.48	1.0999	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	82659.34	290.33
328.00	307.33	306.00	320.67	793.03	317.67	1.1026	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	76642.29	273.31
326.83	307.53	306.00	320.00	762.09	317.18	1.1042	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	80046.83	282.99

					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.67	0.1744	0.88	1.67	0.75	3.56	16.30	0.16	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.45	2.24	2.40
7.08	0.1745	0.88	1.80	0.70	7.33	23.83	0.21	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.47	2.12	2.33
6.38	0.1745	0.88	1.83	0.70	7.39	25.60	0.20	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.48	2.08	2.28
7.92	0.1745	0.88	1.90	0.65	2.94	29.07	0.07	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.97	2.03
7.30	0.1746	0.88	1.79	0.70	9.83	22.03	0.31	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.97	2.28
6.86	0.1746	0.88	1.76	0.71	1.22	20.67	0.04	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.48	2.08	2.12
7.09	0.1746	0.88	1.74	0.71	9.06	19.30	0.34	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.45	2.20	2.54

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>favg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	308.17	7.28E+08	6.24E-01	7.27E-11	4.36	68.04	0.3179	2.2417	2.56	3.E-03	2.71	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	309.33	7.14E+08	6.26E-01	7.43E-11	4.36	68.21	0.3303	2.2421	2.57	3.E-03	2.72	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	312.33	6.75E+08	6.30E-01	7.85E-11	4.36	68.65	0.3352	2.2430	2.58	3.E-03	2.72	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.00	6.41E+08	6.33E-01	8.27E-11	4.36	69.03	0.3722	2.2438	2.62	3.E-03	2.74	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.17	6.39E+08	6.34E-01	8.29E-11	4.36	69.06	0.3356	2.2439	2.58	3.E-03	2.72	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.33	6.62E+08	6.31E-01	8.00E-11	4.36	68.79	0.3528	2.2433	2.60	3.E-03	2.73	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.00	6.67E+08	6.31E-01	7.95E-11	4.36	68.74	0.3074	2.2432	2.55	3.E-03	2.71	0.07



faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
F	$h_{fi}$	$F'$	$c_p$	$Ac$	$F''$	$FR$	$\epsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
0.762	68.04	0.708	4178.42	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	517.65	140.94	0.54	53.51	44.03	0.17	16.72
0.762	68.21	0.707	4178.58	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	693.65	188.65	0.53	53.45	60.26	0.17	17.07
0.762	68.65	0.708	4178.98	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	773.02	210.20	0.53	53.44	97.35	0.25	24.75
0.762	69.03	0.706	4179.33	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	793.73	215.06	0.53	53.25	125.18	0.31	31.00
0.762	69.06	0.709	4179.36	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	686.75	187.10	0.54	53.55	127.50	0.36	36.49
0.762	68.79	0.707	4179.11	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	628.08	170.71	0.53	53.42	101.99	0.32	31.92
0.762	68.74	0.710	4179.07	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	603.58	164.91	0.54	53.70	97.36	0.32	31.70

LAMPIRAN B

18/09/2013		ASPECT RATIO 1.33			KEVACUMAN -20 cmHg											
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>p</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)	
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>				
200	09:00	33.10	280	4.83	42.67	42.33	41.67	46.33	45.00	45.67	45.33	44.67	32.00	37.67	316.94	
	10:00	33.43	255	6.77	47.33	48.00	45.00	48.67	48.33	50.67	52.00	52.00	32.00	44.00	321.00	
	11:00	33.87	235	7.37	49.67	51.00	49.00	50.67	50.33	51.67	56.33	56.00	32.33	45.33	323.39	
	12:00	34.27	290	7.57	53.67	58.00	54.67	61.67	55.67	64.33	57.67	60.00	33.00	48.00	331.00	
	13:00	34.43	260	7.47	63.00	64.33	63.00	65.33	64.00	66.00	59.33	55.67	33.00	50.67	337.28	
	14:00	34.37	230	6.67	54.33	52.67	54.67	54.67	55.00	56.67	56.33	52.67	33.00	48.00	327.67	
	15:00	34.47	240	5.67	45.33	44.33	45.00	43.67	44.00	43.33	46.33	48.33	33.00	45.67	317.28	

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{r, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	V (m/s)	L	m	Pr	k	Re <sub>L</sub>	Nu <sub>L</sub>
318.00	306.10	305.00	310.67	631.81	312.05	1.1213	1.4224	1.1	1.90E-05	0.7053	0.03	92198.71	316.97
325.00	306.43	305.00	317.00	884.53	315.72	1.1091	1.2954	1.1	1.92E-05	0.7048	0.03	82304.34	289.39
329.17	306.87	305.33	318.33	962.96	318.02	1.1014	1.1938	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	74902.16	268.33
331.83	307.27	306.00	321.00	989.11	319.55	1.0963	1.4732	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	91660.68	315.34
330.50	307.43	306.00	323.67	976.03	318.97	1.0983	1.3208	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	82441.17	289.71
327.50	307.37	306.00	321.00	871.46	317.43	1.1034	1.1684	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	73542.57	264.44
320.33	307.47	306.00	318.67	741.18	313.90	1.1151	1.2192	1.1	1.91E-05	0.7051	0.03	78234.53	277.91

					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
7.84	0.1744	0.88	1.61	0.75	1.06	11.90	0.07	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.43	2.31	2.37
7.22	0.1745	0.88	1.71	0.72	4.00	18.57	0.16	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.46	2.19	2.34
6.74	0.1745	0.88	1.78	0.71	5.78	22.30	0.18	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.47	2.12	2.31
7.95	0.1746	0.88	1.82	0.67	0.83	24.57	0.02	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.49	2.03	2.05
7.30	0.1746	0.88	1.80	0.69	6.78	23.07	0.20	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.50	1.98	2.18
6.63	0.1746	0.88	1.75	0.72	0.17	20.13	0.01	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.48	2.10	2.10
6.90	0.1746	0.88	1.64	0.75	3.06	12.87	0.18	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.44	2.28	2.46

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	307.83	7.33E+08	6.24E-01	1.45E-10	4.36	67.99	0.3203	2.2416	2.56	3.E-03	2.71	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	311.00	6.92E+08	6.28E-01	1.53E-10	4.36	68.45	0.3261	2.2426	2.57	3.E-03	2.72	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	311.83	6.82E+08	6.29E-01	1.56E-10	4.36	68.57	0.3314	2.2429	2.57	3.E-03	2.72	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.50	6.60E+08	6.31E-01	1.61E-10	4.36	68.82	0.3672	2.2434	2.61	3.E-03	2.74	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	314.83	6.43E+08	6.33E-01	1.65E-10	4.36	69.01	0.3476	2.2438	2.59	3.E-03	2.73	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.50	6.60E+08	6.31E-01	1.61E-10	4.36	68.82	0.3539	2.2434	2.60	3.E-03	2.73	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	312.33	6.75E+08	6.30E-01	1.57E-10	4.36	68.65	0.3116	2.2430	2.55	3.E-03	2.71	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
F	$h_{fi}$	F'	$c_p$	Ac	F''	FR	$\epsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
0.762	67.99	0.707	4178.38	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	500.39	139.73	0.55	54.88	78.80	0.31	30.95
0.762	68.45	0.708	4178.80	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	700.55	195.70	0.55	54.90	166.88	0.47	46.82
0.762	68.57	0.708	4178.91	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	762.67	213.01	0.55	54.89	180.80	0.47	46.59
0.762	68.82	0.706	4179.13	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	783.37	218.03	0.55	54.70	208.62	0.52	52.34
0.762	69.01	0.708	4179.31	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	773.02	215.77	0.55	54.86	245.72	0.62	62.47
0.762	68.82	0.707	4179.13	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	690.20	192.50	0.55	54.82	208.62	0.59	59.41
0.762	68.65	0.709	4178.98	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	587.01	164.47	0.55	55.07	176.16	0.59	58.98

LAMPIRAN B

19/09/2013		ASPECT RATIO 1.33			KEVACUMAN -20 cmHg											
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)	
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>				
300	09:00	33.17	215	5.27	42.67	42.33	42.00	44.00	44.67	44.67	45.33	45.00	32.00	38.33	316.39	
	10:00	33.63	268	7.03	48.33	47.67	45.33	46.67	47.33	49.00	51.00	51.67	32.00	43.67	320.39	
	11:00	33.83	270	7.47	50.33	50.67	49.67	50.67	50.00	51.67	55.67	55.00	32.33	46.00	323.50	
	12:00	34.27	245	7.73	54.67	56.67	54.67	61.33	55.00	63.67	57.33	60.33	33.00	48.33	330.67	
	13:00	34.47	220	7.30	63.33	64.67	63.00	64.00	61.00	65.67	58.00	56.00	33.00	49.33	336.61	
	14:00	34.43	260	6.57	56.00	53.00	53.00	55.00	55.33	56.33	53.00	53.67	33.00	46.67	327.78	
	15:00	34.60	230	5.97	44.67	42.67	45.00	44.33	43.67	43.33	46.00	47.33	33.00	45.00	316.94	

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{f, \text{cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
318.17	306.17	305.00	311.33	688.45	312.17	1.1209	1.0922	1.1	1.90E-05	0.7053	0.03	70750.45	256.46
324.33	306.63	305.00	316.67	919.39	315.48	1.1099	1.3614	1.1	1.92E-05	0.7048	0.03	86610.49	301.44
328.33	306.83	305.33	319.00	976.03	317.58	1.1029	1.3716	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	86261.85	300.43
331.83	307.27	306.00	321.33	1010.89	319.55	1.0963	1.2446	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	77437.47	275.54
330.00	307.47	306.00	322.33	954.25	318.73	1.0991	1.1176	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	69846.98	253.73
326.33	307.43	306.00	319.67	858.39	316.88	1.1052	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	83385.25	292.40
319.67	307.60	306.00	318.00	779.96	313.63	1.1160	1.1684	1.1	1.91E-05	0.7051	0.03	75083.87	268.93



					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.34	0.1744	0.88	1.61	0.78	1.78	12.00	0.12	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.43	2.31	2.42
7.52	0.1745	0.88	1.70	0.72	3.94	17.70	0.16	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.45	2.20	2.36
7.54	0.1745	0.88	1.77	0.70	4.83	21.50	0.16	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.47	2.13	2.29
6.95	0.1746	0.88	1.82	0.69	1.17	24.57	0.03	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.49	2.03	2.06
6.39	0.1746	0.88	1.79	0.71	6.61	22.53	0.21	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.50	1.99	2.20
7.32	0.1746	0.88	1.73	0.71	1.44	18.90	0.05	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.47	2.11	2.16
6.68	0.1746	0.88	1.63	0.76	2.72	12.07	0.17	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.44	2.29	2.46

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	308.17	7.28E+08	6.24E-01	2.18E-10	4.36	68.04	0.3121	2.2417	2.55	3.E-03	2.71	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	310.83	6.94E+08	6.28E-01	2.29E-10	4.36	68.43	0.3244	2.2426	2.57	3.E-03	2.72	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.17	6.77E+08	6.30E-01	2.35E-10	4.36	68.62	0.3349	2.2430	2.58	3.E-03	2.72	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.67	6.58E+08	6.32E-01	2.42E-10	4.36	68.84	0.3631	2.2434	2.61	3.E-03	2.74	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.17	6.52E+08	6.32E-01	2.44E-10	4.36	68.91	0.3430	2.2436	2.59	3.E-03	2.73	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.83	6.69E+08	6.30E-01	2.38E-10	4.36	68.72	0.3477	2.2432	2.59	3.E-03	2.73	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.00	6.79E+08	6.29E-01	2.34E-10	4.36	68.60	0.3103	2.2429	2.55	3.E-03	2.71	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
F	$h_{fi}$	F'	$c_p$	Ac	F''	FR	$\epsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
0.762	68.04	0.708	4178.42	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	545.25	153.69	0.55	55.40	132.10	0.48	47.62
0.762	68.43	0.708	4178.78	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	728.16	205.31	0.55	55.42	243.37	0.66	65.69
0.762	68.62	0.708	4178.96	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	773.02	217.72	0.55	55.35	285.11	0.72	72.49
0.762	68.84	0.707	4179.16	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	800.63	224.88	0.55	55.20	319.89	0.79	78.53
0.762	68.91	0.708	4179.22	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	755.76	212.89	0.55	55.36	340.76	0.89	88.61
0.762	68.72	0.707	4179.04	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	679.84	191.40	0.55	55.33	285.11	0.82	82.42
0.762	68.60	0.709	4178.93	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	617.73	174.62	0.56	55.56	250.33	0.80	79.65

LAMPIRAN B

20/09/2013		ASPECT RATIO 1.33			KEVACUMAN -40 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>p</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
100	09:00	33.30	230	4.90	37.67	35.00	36.33	35.33	38.67	37.67	46.00	44.33	32.00	40.33	309.60
	10:00	33.67	290	6.03	41.67	43.00	42.00	42.33	44.00	43.67	53.33	48.00	32.00	46.00	315.60
	11:00	33.83	240	6.93	48.00	49.00	47.67	48.00	49.33	48.00	57.33	55.33	32.33	47.67	321.40
	12:00	34.13	210	7.40	61.00	61.00	59.00	59.00	57.33	59.33	60.33	60.00	33.00	51.67	332.47
	13:00	34.47	270	6.50	76.33	76.33	72.00	75.33	72.33	72.33	58.33	55.00	33.00	53.00	347.47
	14:00	34.50	255	5.33	68.00	73.00	67.67	74.67	68.00	65.67	54.33	52.00	33.00	49.00	343.27
	15:00	34.23	210	4.80	63.00	68.00	64.00	60.33	63.00	60.67	51.00	48.67	33.00	47.33	336.67

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{f. cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
318.17	306.30	305.00	313.33	640.52	312.23	1.1207	1.1684	1.1	1.90E-05	0.7053	0.03	75659.04	270.60
323.67	306.67	305.00	319.00	788.67	315.17	1.1109	1.4732	1.1	1.92E-05	0.7049	0.03	93882.42	321.53
329.33	306.83	305.33	320.67	906.32	318.08	1.1012	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	76467.95	272.81
333.17	307.13	306.00	324.67	967.32	320.15	1.0943	1.0668	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	66157.42	242.93
329.67	307.47	306.00	326.00	849.67	318.57	1.0996	1.3716	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	85799.44	299.12
326.17	307.50	306.00	322.00	696.73	316.83	1.1054	1.2954	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	81804.02	287.96
322.83	307.23	306.00	320.33	627.45	315.03	1.1114	1.0668	1.1	1.92E-05	0.7049	0.03	68033.30	248.51

					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.69	0.1745	0.88	1.61	0.77	8.57	11.87	0.56	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.42	2.38	2.94
8.02	0.1745	0.88	1.69	0.72	8.07	17.00	0.34	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.44	2.26	2.60
6.85	0.1745	0.88	1.78	0.71	7.93	22.50	0.25	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.47	2.14	2.39
6.14	0.1745	0.88	1.85	0.70	0.70	26.03	0.02	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.50	2.00	2.02
7.53	0.1746	0.88	1.79	0.69	17.80	22.20	0.55	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.53	1.90	2.45
7.21	0.1746	0.88	1.73	0.72	17.10	18.67	0.66	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.97	2.62
6.19	0.1746	0.88	1.68	0.76	13.83	15.60	0.67	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.49	2.06	2.73

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>fav</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	Nu	h <sub>fp</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	309.17	7.16E+08	6.26E-01	7.40E-11	4.36	68.19	0.2693	2.2420	2.51	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	312.00	6.79E+08	6.29E-01	7.80E-11	4.36	68.60	0.3018	2.2429	2.54	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.00	6.67E+08	6.31E-01	7.95E-11	4.36	68.74	0.3229	2.2432	2.57	3.E-03	2.72	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.33	6.37E+08	6.34E-01	8.32E-11	4.36	69.08	0.3671	2.2439	2.61	3.E-03	2.74	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	316.00	6.28E+08	6.35E-01	8.44E-11	4.36	69.18	0.3179	2.2441	2.56	3.E-03	2.71	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	314.00	6.54E+08	6.32E-01	8.11E-11	4.36	68.89	0.2996	2.2435	2.54	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.17	6.64E+08	6.31E-01	7.98E-11	4.36	68.77	0.2870	2.2433	2.53	3.E-03	2.70	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F'	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
F	$h_{fi}$	F'													
0.762	68.19	0.711	4178.56	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	507.29	138.91	0.54	53.82	57.94	0.22	22.45
0.762	68.60	0.710	4178.93	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	624.63	170.75	0.54	53.73	97.35	0.31	30.63
0.762	68.74	0.709	4179.07	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	717.80	195.61	0.54	53.56	106.63	0.29	29.20
0.762	69.08	0.707	4179.38	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	766.12	207.76	0.53	53.30	129.82	0.33	33.30
0.762	69.18	0.710	4179.47	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	672.94	183.73	0.54	53.66	139.09	0.41	40.62
0.762	68.89	0.710	4179.20	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	551.81	151.01	0.54	53.79	111.27	0.40	39.63
0.762	68.77	0.711	4179.09	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	496.94	136.03	0.54	53.80	99.67	0.39	39.42



LAMPIRAN B

21/09/2013		ASPECT RATIO 1.33			KEVACUMAN -40 cmHg											
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)	
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>				
200	09:00	33.27	220	4.90	47.33	46.67	45.67	47.33	46.00	46.67	50.67	49.67	32.00	39.67	319.61	
	10:00	33.60	250	6.60	58.33	61.00	59.00	61.00	57.00	60.00	56.00	57.67	32.00	44.67	332.39	
	11:00	33.83	280	7.30	67.00	64.67	68.00	65.00	69.33	65.33	58.33	59.00	32.33	47.33	339.56	
	12:00	34.07	270	7.70	70.00	69.67	70.00	66.67	71.33	68.67	60.33	61.67	33.00	50.33	342.39	
	13:00	34.40	250	6.80	71.33	71.33	64.00	70.33	70.33	71.00	64.00	64.00	33.00	51.67	342.72	
	14:00	34.47	230	5.80	54.67	55.33	55.67	57.33	56.67	57.33	57.67	58.67	33.00	48.67	329.17	
	15:00	34.53	240	5.27	52.33	52.33	53.67	53.33	53.67	54.00	54.33	55.33	33.00	47.00	326.22	

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{f, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
323.17	306.27	305.00	312.67	640.52	314.72	1.1124	1.1176	1.1	1.92E-05	0.7049	0.03	71396.24	258.29
329.83	306.60	305.00	317.67	862.75	318.22	1.1008	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	79596.09	281.70
331.67	306.83	305.33	320.33	954.25	319.25	1.0973	1.4224	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	88645.32	307.02
334.00	307.07	306.00	323.33	1006.54	320.53	1.0931	1.3716	1.1	1.94E-05	0.7041	0.03	84881.27	296.52
337.00	307.40	306.00	324.67	888.89	322.20	1.0875	1.2700	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	77879.62	276.75
331.17	307.47	306.00	321.67	758.17	319.32	1.0971	1.1684	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	72789.25	262.23
327.83	307.53	306.00	320.00	688.45	317.68	1.1025	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	76635.31	273.29

					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.43	0.1744	0.88	1.68	0.75	3.56	16.90	0.16	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.45	2.22	2.38
7.08	0.1745	0.88	1.79	0.70	2.56	23.23	0.08	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.49	2.03	2.11
7.74	0.1745	0.88	1.82	0.68	7.89	24.83	0.22	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.95	2.17
7.50	0.1745	0.88	1.86	0.67	8.39	26.93	0.21	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.52	1.91	2.12
7.03	0.1746	0.88	1.91	0.67	5.72	29.60	0.13	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.53	1.88	2.01
6.61	0.1746	0.88	1.81	0.70	2.00	23.70	0.06	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.49	2.05	2.11
6.86	0.1746	0.88	1.76	0.71	1.61	20.30	0.06	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.47	2.11	2.17

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>fav</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	Nu	h <sub>f,p</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	308.83	7.20E+08	6.25E-01	1.47E-10	4.36	68.14	0.32	2.24	2.56	3.E-03	2.71	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	311.33	6.88E+08	6.28E-01	1.54E-10	4.36	68.50	0.36	2.24	2.60	3.E-03	2.73	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	312.83	6.69E+08	6.30E-01	1.58E-10	4.36	68.72	0.35	2.24	2.59	3.E-03	2.73	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	314.67	6.45E+08	6.33E-01	1.64E-10	4.36	68.98	0.36	2.24	2.60	3.E-03	2.73	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	315.33	6.37E+08	6.34E-01	1.66E-10	4.36	69.08	0.37	2.24	2.62	3.E-03	2.74	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.83	6.56E+08	6.32E-01	1.62E-10	4.36	68.86	0.36	2.24	2.60	3.E-03	2.73	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.00	6.67E+08	6.31E-01	1.59E-10	4.36	68.74	0.35	2.24	2.59	3.E-03	2.73	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
desain	desain	%													
F	$h_{fi}$	F'													
0.762	68.14	0.708	4178.51	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	507.29	141.83	0.55	54.95	106.61	0.41	41.30
0.762	68.50	0.706	4178.84	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	683.29	190.55	0.55	54.81	176.16	0.51	50.67
0.762	68.72	0.707	4179.04	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	755.76	210.78	0.55	54.81	208.62	0.54	54.25
0.762	68.98	0.707	4179.29	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	797.18	221.98	0.55	54.73	241.08	0.59	59.44
0.762	69.08	0.706	4179.38	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	704.00	196.16	0.55	54.76	259.63	0.72	72.48
0.762	68.86	0.707	4179.18	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	600.47	167.67	0.55	54.88	217.90	0.71	71.32
0.762	68.74	0.707	4179.07	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	545.25	152.46	0.55	54.95	194.71	0.70	70.18

LAMPIRAN B

22/09/2013		ASPECT RATIO 1.33			KEVACUMAN -40 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
300	09:00	33.23	235	5.17	47.00	46.67	45.67	46.33	46.67	46.33	50.00	48.00	32.00	38.67	319.44
	10:00	33.47	230	7.07	58.33	62.00	58.00	62.33	58.00	62.00	56.00	56.67	32.00	43.67	333.11
	11:00	33.80	249	7.43	66.67	64.33	68.00	64.67	68.00	65.00	58.67	58.67	32.33	46.00	339.11
	12:00	34.17	270	7.70	69.67	69.33	70.33	66.33	70.00	67.33	60.67	60.00	33.00	49.33	341.83
	13:00	34.47	250	7.30	71.67	71.67	70.67	70.33	70.67	71.67	62.67	62.00	33.00	49.33	344.11
	14:00	34.43	240	6.70	65.00	65.33	62.33	63.67	64.33	65.00	57.33	58.33	33.00	46.67	337.28
	15:00	34.53	260	6.20	53.00	52.33	53.33	53.67	54.67	54.33	54.00	55.00	33.00	45.00	326.56

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{T, \text{cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
322.00	306.23	305.00	311.67	675.38	314.12	1.1144	1.1938	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	76514.18	273.01
329.33	306.47	305.00	316.67	923.75	317.90	1.1018	1.1684	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	73355.26	263.89
331.67	306.80	305.33	319.00	971.68	319.23	1.0974	1.2649	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	78838.21	279.53
333.33	307.17	306.00	322.33	1006.54	320.25	1.0940	1.3716	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	85013.01	296.89
335.33	307.47	306.00	322.33	954.25	321.40	1.0902	1.2700	1.1	1.95E-05	0.7040	0.03	78221.69	277.74
330.83	307.43	306.00	319.67	875.82	319.13	1.0977	1.2192	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	76030.21	271.54
327.50	307.53	306.00	318.00	810.46	317.52	1.1031	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	83097.23	291.58

					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.79	0.1744	0.88	1.67	0.75	2.56	15.77	0.12	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.45	2.24	2.36
6.63	0.1745	0.88	1.78	0.71	3.78	22.87	0.12	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.49	2.03	2.15
7.04	0.1745	0.88	1.82	0.69	7.44	24.87	0.21	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.95	2.16
7.50	0.1746	0.88	1.85	0.67	8.50	26.17	0.22	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.52	1.92	2.14
7.04	0.1746	0.88	1.88	0.67	8.78	27.87	0.21	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.53	1.88	2.09
6.84	0.1746	0.88	1.81	0.70	6.44	23.40	0.19	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.98	2.17
7.31	0.1746	0.88	1.75	0.71	0.94	19.97	0.03	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.47	2.11	2.14



perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>fav</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	308.33	7.26E+08	6.24E-01	2.19E-10	4.36	68.06	0.32	2.24	2.56	0.00	2.71	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	310.83	6.94E+08	6.28E-01	2.29E-10	4.36	68.43	0.35	2.24	2.59	0.00	2.73	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.17	6.77E+08	6.30E-01	2.35E-10	4.36	68.62	0.35	2.24	2.59	0.00	2.73	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.17	6.52E+08	6.32E-01	2.44E-10	4.36	68.91	0.36	2.24	2.60	0.00	2.73	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.17	6.52E+08	6.32E-01	2.44E-10	4.36	68.91	0.36	2.24	2.61	0.00	2.74	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.83	6.69E+08	6.30E-01	2.38E-10	4.36	68.72	0.35	2.24	2.59	0.00	2.73	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.00	6.79E+08	6.29E-01	2.34E-10	4.36	68.60	0.35	2.24	2.59	0.00	2.73	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$	$\eta$	$\eta$
desain	desain	%								aktual	aktual	%			
0.76	68.06	0.707	4178.44	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	534.90	150.72	0.55	55.38	139.06	0.51	51.09
0.76	68.43	0.707	4178.78	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	731.61	205.71	0.55	55.26	243.37	0.65	65.38
0.76	68.62	0.707	4178.96	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	769.57	216.44	0.55	55.28	285.11	0.73	72.81
0.76	68.91	0.707	4179.22	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	797.18	224.03	0.55	55.23	340.76	0.84	84.01
0.76	68.91	0.707	4179.22	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	755.76	212.55	0.55	55.27	340.76	0.89	88.61
0.76	68.72	0.707	4179.04	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	693.65	195.26	0.55	55.32	285.11	0.81	80.78
0.76	68.60	0.707	4178.93	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	641.88	180.73	0.55	55.34	250.33	0.77	76.65

LAMPIRAN B

24/09/2013		ASPECT RATIO 1.33			KEVACUMAN -60 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
100	09:00	33.00	230	5.00	47.33	47.00	45.33	45.67	46.67	46.33	49.67	48.67	32.00	40.67	319.39
	10:00	33.40	268	6.93	59.33	62.33	57.67	62.00	58.00	62.00	57.00	56.67	32.00	47.33	333.22
	11:00	33.80	240	7.57	66.00	65.33	67.67	65.33	68.67	65.33	59.67	59.00	32.33	51.00	339.39
	12:00	34.10	280	7.60	70.33	69.00	69.67	67.33	70.33	69.33	61.67	61.00	33.00	52.00	342.33
	13:00	34.53	240	6.80	71.67	71.67	71.00	71.67	71.67	71.33	64.33	64.00	33.00	53.00	344.50
	14:00	34.40	260	5.47	65.67	65.33	62.00	63.33	66.67	64.67	57.33	57.67	33.00	49.00	337.61
	15:00	34.40	225	5.10	53.67	54.00	53.67	53.33	54.00	54.67	54.67	54.33	33.00	47.67	326.89

T <sub>cover avg</sub> (K)	T <sub>a</sub> (K)	T <sub>in</sub> (K)	T <sub>out</sub> (K)	I <sub>T</sub> (watt/m <sup>2</sup> )	T <sub>T, cover-ambient</sub>	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						ρ	V (m/s)	L	m	Pr	k	Re <sub>L</sub>	Nu <sub>L</sub>
322.17	306.00	305.00	313.67	653.59	314.08	1.1145	1.1684	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	74899.84	268.39
329.83	306.40	305.00	320.33	906.32	318.12	1.1011	1.3614	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	85373.66	297.94
332.33	306.80	305.33	324.00	989.11	319.57	1.0963	1.2192	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	75850.20	271.02
334.33	307.10	306.00	325.00	993.46	320.72	1.0925	1.4224	1.1	1.94E-05	0.7041	0.03	87936.72	305.02
337.17	307.53	306.00	326.00	888.89	322.35	1.0870	1.2192	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	74703.01	267.68
330.50	307.40	306.00	322.00	714.60	318.95	1.0983	1.3208	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	82448.68	289.73
327.50	307.40	306.00	320.67	666.67	317.45	1.1033	1.1430	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	71937.26	259.81

					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.67	0.1744	0.88	1.67	0.75	2.78	16.17	0.13	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.45	2.23	2.36
7.49	0.1745	0.88	1.79	0.69	3.39	23.43	0.10	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.49	2.02	2.12
6.84	0.1745	0.88	1.83	0.69	7.06	25.53	0.19	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.95	2.14
7.72	0.1745	0.88	1.87	0.67	8.00	27.23	0.20	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.53	1.90	2.10
6.80	0.1746	0.88	1.91	0.67	7.33	29.63	0.17	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.54	1.86	2.03
7.30	0.1746	0.88	1.80	0.69	7.11	23.10	0.21	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.98	2.19
6.52	0.1746	0.88	1.75	0.72	0.61	20.10	0.02	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.47	2.11	2.13

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>fav</sub>	m	k <sub>r</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>fp</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	309.33	7.14E+08	6.26E-01	7.43E-11	4.36	68.21	0.3213	2.2421	2.56	3.E-03	2.71	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	312.67	6.71E+08	6.30E-01	7.90E-11	4.36	68.69	0.3551	2.2431	2.60	3.E-03	2.73	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	314.67	6.45E+08	6.33E-01	8.21E-11	4.36	68.98	0.3534	2.2437	2.60	3.E-03	2.73	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.50	6.35E+08	6.34E-01	8.35E-11	4.36	69.11	0.3616	2.2440	2.61	3.E-03	2.74	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	316.00	6.28E+08	6.35E-01	8.44E-11	4.36	69.18	0.3706	2.2441	2.61	3.E-03	2.74	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	314.00	6.54E+08	6.32E-01	8.11E-11	4.36	68.89	0.3468	2.2435	2.59	3.E-03	2.73	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.33	6.62E+08	6.31E-01	8.00E-11	4.36	68.79	0.3507	2.2433	2.59	3.E-03	2.73	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
0.76	68.21	0.708	4178.58	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	517.65	140.83	0.53	53.47	60.26	0.23	22.88
0.76	68.69	0.707	4179.02	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	717.80	194.91	0.53	53.37	106.63	0.29	29.19
0.76	68.98	0.707	4179.29	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	783.37	212.88	0.53	53.41	129.81	0.33	32.57
0.76	69.11	0.707	4179.40	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	786.82	213.46	0.53	53.32	132.14	0.33	33.01
0.76	69.18	0.707	4179.47	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	704.00	191.25	0.53	53.39	139.09	0.39	38.83
0.76	68.89	0.708	4179.20	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	565.96	154.09	0.54	53.51	111.27	0.39	38.64
0.76	68.79	0.707	4179.11	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	528.00	143.73	0.54	53.50	101.99	0.38	37.96

LAMPIRAN B

25/09/2013		ASPECT RATIO 1.33			KEVACUMAN -60 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
200	09:00	33.30	250	4.93	47.67	47.33	46.00	46.67	46.33	46.00	49.00	48.00	32.00	40.00	319.67
	10:00	33.47	265	6.20	59.00	62.67	58.33	61.00	57.33	59.00	56.33	56.67	32.00	45.67	332.56
	11:00	33.83	220	7.20	67.00	65.00	67.00	64.33	68.67	64.33	58.33	58.67	32.33	50.00	339.06
	12:00	34.10	250	7.50	70.33	69.67	70.33	67.33	70.00	68.33	61.00	60.67	33.00	51.67	342.33
	13:00	34.57	270	6.87	71.67	71.00	70.67	71.00	71.67	71.00	63.33	63.00	33.00	52.67	344.17
	14:00	34.53	250	5.87	65.00	65.33	67.00	65.67	66.33	64.67	57.00	57.33	33.00	48.67	338.67
	15:00	34.50	230	5.40	53.67	54.00	53.67	53.33	54.33	54.67	53.67	55.00	33.00	47.33	326.94



$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{t, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	V (m/s)	L	m	Pr	k	Re <sub>L</sub>	Nu <sub>L</sub>
321.50	306.30	305.00	313.00	644.88	313.90	1.1151	1.2700	1.1	1.91E-05	0.7051	0.03	81494.31	287.14
329.50	306.47	305.00	318.67	810.46	317.98	1.1016	1.3462	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	84479.53	295.44
331.50	306.83	305.33	323.00	941.18	319.17	1.0976	1.1176	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	69681.65	253.24
333.83	307.10	306.00	324.67	980.39	320.47	1.0933	1.2700	1.1	1.94E-05	0.7041	0.03	78622.45	278.89
336.17	307.57	306.00	325.67	897.60	321.87	1.0886	1.3716	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	84263.75	294.76
330.17	307.53	306.00	321.67	766.88	318.85	1.0987	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	79320.95	280.90
327.33	307.50	306.00	320.33	705.88	317.42	1.1034	1.1684	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	73549.26	264.46

					perpan antara absorber dan cover										
		radiasi			konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
7.13	0.1745	0.88	1.66	0.74	1.83	15.20	0.09	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.45	2.24	2.33
7.42	0.1745	0.88	1.79	0.69	3.06	23.03	0.09	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.49	2.03	2.13
6.38	0.1745	0.88	1.82	0.71	7.56	24.67	0.22	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.96	2.17
7.05	0.1745	0.88	1.86	0.68	8.50	26.73	0.22	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.52	1.91	2.12
7.48	0.1746	0.88	1.90	0.66	8.00	28.60	0.18	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.53	1.87	2.06
7.07	0.1746	0.88	1.80	0.70	8.50	22.63	0.26	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.97	2.23
6.63	0.1746	0.88	1.75	0.72	0.39	19.83	0.01	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.47	2.11	2.12

	perpan antara fluida dan absorber														
	konveksi														
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	309.00	7.18E+08	6.25E-01	1.48E-10	4.36	68.16	0.3256	2.2420	2.57	3.E-03	2.72	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	311.83	6.82E+08	6.29E-01	1.56E-10	4.36	68.57	0.3546	2.2429	2.60	3.E-03	2.73	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	314.17	6.52E+08	6.32E-01	1.63E-10	4.36	68.91	0.3472	2.2436	2.59	3.E-03	2.73	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	315.33	6.37E+08	6.34E-01	1.66E-10	4.36	69.08	0.3565	2.2439	2.60	3.E-03	2.73	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	315.83	6.30E+08	6.34E-01	1.68E-10	4.36	69.15	0.3677	2.2441	2.61	3.E-03	2.74	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.83	6.56E+08	6.32E-01	1.62E-10	4.36	68.86	0.3411	2.2435	2.58	3.E-03	2.73	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.17	6.64E+08	6.31E-01	1.60E-10	4.36	68.77	0.3518	2.2433	2.60	3.E-03	2.73	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$	$\eta$	$\eta$
desain	desain	%								aktual	aktual	%			
0.76	68.16	0.707	4178.53	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	510.75	142.75	0.55	54.93	111.25	0.43	42.81
0.76	68.57	0.707	4178.91	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	641.88	179.03	0.55	54.82	190.07	0.58	58.20
0.76	68.91	0.708	4179.22	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	745.41	208.10	0.55	54.87	245.72	0.65	64.79
0.76	69.08	0.707	4179.38	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	776.47	216.36	0.55	54.76	259.63	0.66	65.72
0.76	69.15	0.707	4179.44	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	710.90	198.34	0.55	54.83	273.55	0.76	75.63
0.76	68.86	0.708	4179.18	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	607.37	169.85	0.55	54.96	217.90	0.71	70.51
0.76	68.77	0.707	4179.09	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	559.06	156.22	0.55	54.92	199.35	0.70	70.08

LAMPIRAN B

26/09/2013		ASPECT RATIO 1.33				KEVACUMAN -60 cmHg											
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>p</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)		
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>					
300	09:00	33.07	220	4.90	46.33	47.00	45.67	46.67	47.00	46.67	50.00	49.33	32.00	40.00	319.53		
	10:00	33.50	250	6.07	57.33	59.67	59.67	59.33	57.33	58.67	56.67	57.00	32.00	44.33	331.67		
	11:00	33.63	280	7.40	66.33	63.33	66.33	63.00	69.67	64.33	58.33	58.67	32.33	48.00	338.73		
	12:00	34.03	260	7.67	69.67	69.00	69.67	67.33	69.67	69.00	60.67	60.67	33.00	50.33	342.07		
	13:00	34.40	245	7.40	71.00	71.33	70.00	70.67	70.67	70.67	63.33	64.00	33.00	49.67	343.73		
	14:00	34.37	210	6.57	64.67	66.33	66.67	63.33	65.33	66.00	56.67	58.00	33.00	47.67	338.27		
	15:00	34.20	230	5.83	53.33	56.00	53.67	54.00	54.00	54.33	53.33	54.67	33.00	46.00	327.20		

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{T, \text{cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
322.67	306.07	305.00	313.00	640.52	314.37	1.1136	1.1176	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	71532.69	258.69
329.83	306.50	305.00	317.33	793.03	318.17	1.1009	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	79617.84	281.76
331.50	306.63	305.33	321.00	967.32	319.07	1.0979	1.4224	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	88734.25	307.27
333.67	307.03	306.00	323.33	1002.18	320.35	1.0937	1.3208	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	81819.58	287.93
336.67	307.40	306.00	322.67	967.32	322.03	1.0881	1.2446	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	76391.76	272.52
330.33	307.37	306.00	320.67	858.39	318.85	1.0987	1.0668	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	66629.59	244.33
327.00	307.20	306.00	319.00	762.09	317.10	1.1045	1.1684	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	73676.62	264.83

					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.44	0.1744	0.88	1.68	0.75	3.13	16.60	0.14	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.45	2.23	2.37
7.08	0.1745	0.88	1.79	0.70	1.83	23.33	0.05	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.49	2.04	2.09
7.74	0.1745	0.88	1.82	0.68	7.23	24.87	0.20	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.96	2.16
7.28	0.1745	0.88	1.85	0.68	8.40	26.63	0.21	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.52	1.91	2.13
6.92	0.1746	0.88	1.90	0.67	7.07	29.27	0.16	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.53	1.87	2.03
6.15	0.1746	0.88	1.80	0.72	7.93	22.97	0.25	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.51	1.97	2.22
6.64	0.1746	0.88	1.75	0.72	0.20	19.80	0.01	0.1515	0.40	0.42	0.95	0.88	0.47	2.11	2.11

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>fav</sub>	m	k <sub>r</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	309.00	7.18E+08	6.25E-01	2.21E-10	4.36	68.16	0.3204	2.2420	2.56	3.E-03	2.71	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	311.17	6.90E+08	6.28E-01	2.30E-10	4.36	68.48	0.3580	2.2427	2.60	3.E-03	2.73	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.17	6.64E+08	6.31E-01	2.39E-10	4.36	68.77	0.3526	2.2433	2.60	3.E-03	2.73	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.67	6.45E+08	6.33E-01	2.46E-10	4.36	68.98	0.3569	2.2437	2.60	3.E-03	2.73	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.33	6.50E+08	6.32E-01	2.45E-10	4.36	68.94	0.3698	2.2436	2.61	3.E-03	2.74	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.33	6.62E+08	6.31E-01	2.40E-10	4.36	68.79	0.3401	2.2433	2.58	3.E-03	2.72	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.50	6.73E+08	6.30E-01	2.36E-10	4.36	68.67	0.3523	2.2431	2.60	3.E-03	2.73	0.07



faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$	$\eta$	$\eta$
desain	desain	%								aktual	aktual	%			
0.76	68.16	0.708	4178.53	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	507.29	142.93	0.55	55.37	166.87	0.65	64.65
0.76	68.48	0.706	4178.82	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	628.08	176.68	0.55	55.29	257.28	0.81	80.51
0.76	68.77	0.707	4179.09	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	766.12	215.40	0.55	55.26	326.84	0.84	83.85
0.76	68.98	0.707	4179.29	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	793.73	222.99	0.55	55.22	361.63	0.90	89.54
0.76	68.94	0.706	4179.24	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	766.12	215.26	0.55	55.22	347.71	0.89	89.20
0.76	68.79	0.708	4179.11	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	679.84	191.52	0.55	55.37	305.98	0.88	88.46
0.76	68.67	0.707	4179.00	0.40	0.98	0.69	0.88	0.90	603.58	169.79	0.55	55.29	271.20	0.88	88.31

LAMPIRAN C

27/09/2013		ASPECT RATIO 2			KEVACUMAN -20 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
100	09:00	33.20	230	4.90	45.67	46.67	46.00	47.00	46.67	45.67	50.33	48.67	32.00	41.00	319.28
	10:00	33.53	260	6.70	49.67	51.33	49.33	50.33	50.33	50.67	56.00	59.00	32.00	46.67	323.28
	11:00	33.77	220	7.40	51.67	52.67	51.67	52.67	52.33	52.33	59.33	60.00	32.33	48.00	325.22
	12:00	34.10	280	7.70	57.33	60.33	58.33	63.33	58.00	64.67	63.67	63.00	33.00	51.67	333.33
	13:00	34.47	240	6.70	65.33	67.00	67.33	67.33	65.67	66.67	55.67	58.00	33.00	52.67	339.56
	14:00	34.37	220	6.20	55.33	54.33	56.67	55.67	57.00	58.33	55.00	55.33	33.00	48.00	329.22
	15:00	34.53	250	5.50	45.67	45.00	44.67	44.67	44.33	45.00	53.67	54.33	33.00	47.00	317.89

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{t, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	V (m/s)	L	m	Pr	k	Re <sub>L</sub>	Nu <sub>L</sub>
322.50	306.20	305.00	314.00	640.52	314.35	1.1136	1.1684	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	74790.97	268.08
330.50	306.53	305.00	319.67	875.82	318.52	1.0998	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	82644.28	290.29
332.67	306.77	305.33	321.00	967.32	319.72	1.0958	1.1176	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	69472.31	252.62
336.33	307.10	306.00	324.67	1006.54	321.72	1.0891	1.4224	1.1	1.95E-05	0.7040	0.03	87456.47	303.67
329.83	307.47	306.00	325.67	875.82	318.65	1.0993	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	76231.43	272.12
328.17	307.37	306.00	321.00	810.46	317.77	1.1023	1.1176	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	70217.05	254.82
327.00	307.53	306.00	320.00	718.95	317.27	1.1039	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	80010.40	282.89

					perpan antara absorber dan cover										
		radiasi			konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.67	295.77	0.88	5.91	0.32	3.22	16.30	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.46	3.52
7.30	296.25	0.88	6.16	0.30	7.22	23.97	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.27	3.36
6.38	296.59	0.88	6.24	0.32	7.44	25.90	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.21	3.30
7.70	297.07	0.88	6.36	0.29	3.00	29.23	0.03	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.05	3.08
6.85	297.60	0.88	6.18	0.31	9.72	22.37	0.13	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.05	3.18
6.40	297.46	0.88	6.12	0.32	1.06	20.80	0.02	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.22	3.24
7.09	297.70	0.88	6.10	0.31	9.11	19.47	0.14	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.41	3.55

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	309.50	7.11E-04	6.26E-01	7.45E+01	4.36	68.23	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	312.33	6.75E-04	6.30E-01	7.85E+01	4.36	68.65	0.27	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.17	6.64E-04	6.31E-01	7.98E+01	4.36	68.77	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.33	6.37E-04	6.34E-01	8.32E+01	4.36	69.08	0.30	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.83	6.30E-04	6.34E-01	8.41E+01	4.36	69.15	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.50	6.60E-04	6.31E-01	8.03E+01	4.36	68.82	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.00	6.67E-04	6.31E-01	7.95E+01	4.36	68.74	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
F	$h_{fi}$	F'													
0.76	68.23	0.711	4178.60	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	507.29	138.99	0.54	53.85	62.58	0.24	24.24
0.76	68.65	0.711	4178.98	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	693.65	189.94	0.54	53.82	101.99	0.29	28.90
0.76	68.77	0.711	4179.09	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	766.12	209.61	0.54	53.77	108.95	0.28	27.95
0.76	69.08	0.711	4179.38	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	797.18	217.58	0.54	53.64	129.82	0.32	32.01
0.76	69.15	0.712	4179.44	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	693.65	189.91	0.54	53.81	136.77	0.39	38.75
0.76	68.82	0.711	4179.13	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	641.88	175.67	0.54	53.79	104.31	0.32	31.94
0.76	68.74	0.712	4179.07	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	569.41	156.36	0.54	53.97	97.36	0.34	33.60

LAMPIRAN C

28/09/2013		ASPECT RATIO 2				KEVACUMAN -20 cmHg									
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
200	09:00	33.13	270	4.83	43.00	42.33	41.67	46.67	45.00	45.33	45.67	45.00	32.00	38.00	317.00
	10:00	33.40	240	6.83	47.67	48.33	45.00	48.33	48.33	50.67	52.00	52.00	32.00	44.33	321.06
	11:00	33.90	235	7.37	50.00	51.33	49.00	51.00	50.67	52.00	56.33	56.00	32.33	46.33	323.67
	12:00	34.27	290	7.60	54.00	58.00	57.00	61.33	55.67	64.67	59.33	61.33	33.00	49.00	331.44
	13:00	34.43	270	7.50	63.33	64.00	63.00	65.00	64.33	66.33	57.00	55.67	33.00	50.67	337.33
	14:00	34.37	230	6.87	54.67	52.67	54.67	54.67	55.00	56.67	53.67	52.67	33.00	49.00	327.72
	15:00	34.43	240	5.97	45.33	44.00	45.00	43.33	44.00	43.33	47.33	48.33	33.00	47.00	317.17

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{f, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
318.33	306.13	305.00	311.00	631.81	312.23	1.1207	1.3716	1.1	1.90E-05	0.7053	0.03	88817.13	307.64
325.00	306.40	305.00	317.33	893.25	315.70	1.1092	1.2192	1.1	1.92E-05	0.7048	0.03	77469.96	275.71
329.17	306.90	305.33	319.33	962.96	318.03	1.1014	1.1938	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	74895.34	268.31
333.33	307.27	306.00	322.00	993.46	320.30	1.0938	1.4732	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	91285.28	314.29
329.33	307.43	306.00	323.67	980.39	318.38	1.1002	1.3716	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	85885.49	299.36
326.17	307.37	306.00	322.00	897.60	316.77	1.1056	1.1684	1.1	1.93E-05	0.7047	0.03	73810.89	265.22
320.83	307.43	306.00	320.00	779.96	314.13	1.1144	1.2192	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	78135.04	277.63



					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
7.61	295.67	0.88	5.78	0.30	1.33	12.20	0.03	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.28	3.57	3.60
6.88	296.05	0.88	5.99	0.31	3.94	18.60	0.07	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.39	3.46
6.74	296.78	0.88	6.13	0.31	5.50	22.27	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.30	3.29	3.36
7.94	297.31	0.88	6.28	0.29	1.89	26.07	0.02	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.11	3.13
7.53	297.55	0.88	6.16	0.30	8.00	21.90	0.11	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.09	3.19
6.64	297.46	0.88	6.06	0.32	1.56	18.80	0.03	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.27	3.30
6.90	297.55	0.88	5.91	0.31	3.67	13.40	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.28	3.52	3.61

	perpan antara fluida dan absorber														
	konveksi														
$Q \text{ (m}^3\text{/s)}$	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	$T_{f \text{ avg}}$	m	$k_f$	$Re_D$	$N_u$	$h_{f-p}$	$U_t$	$U_b$	UL	$\delta$	m	W
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	308.00	7.31E-04	6.24E-01	1.45E+02	4.36	68.02	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	311.17	6.90E-04	6.28E-01	1.54E+02	4.36	68.48	0.27	2.24	2.51	3.E-03	2.68	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	312.33	6.75E-04	6.30E-01	1.57E+02	4.36	68.65	0.27	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	314.00	6.54E-04	6.32E-01	1.62E+02	4.36	68.89	0.29	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	314.83	6.43E-04	6.33E-01	1.65E+02	4.36	69.01	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	314.00	6.54E-04	6.32E-01	1.62E+02	4.36	68.89	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.00	6.67E-04	6.31E-01	1.59E+02	4.36	68.74	0.25	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
0.76	68.02	0.711	4178.40	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	500.39	140.56	0.55	55.21	83.43	0.33	32.77
0.76	68.48	0.712	4178.82	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	707.45	198.68	0.55	55.19	171.52	0.48	47.65
0.76	68.65	0.711	4178.98	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	762.67	214.19	0.55	55.20	194.71	0.50	50.18
0.76	68.89	0.711	4179.20	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	786.82	220.48	0.55	55.07	222.53	0.56	55.59
0.76	69.01	0.711	4179.31	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	776.47	217.90	0.55	55.15	245.72	0.62	62.20
0.76	68.89	0.712	4179.20	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	710.90	199.64	0.55	55.19	222.53	0.62	61.52
0.76	68.74	0.713	4179.07	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	617.73	173.91	0.55	55.33	194.71	0.62	61.95

LAMPIRAN C

29/09/2013		ASPECT RATIO 2			KEVACUMAN -20 cmHg											
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>p</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)	
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>				
300	09:00	33.27	220	5.10	43.00	42.67	42.33	43.67	45.00	44.67	45.67	45.33	32.00	38.33	316.56	
	10:00	33.63	270	7.03	48.67	47.33	45.67	46.67	47.67	49.33	51.00	51.67	32.00	44.33	320.56	
	11:00	33.87	280	7.47	50.33	51.00	49.67	51.33	50.33	51.67	55.67	55.00	32.33	46.67	323.72	
	12:00	34.23	247	7.70	55.00	56.67	54.67	61.67	55.00	64.00	57.33	60.67	33.00	48.33	330.83	
	13:00	34.47	220	7.53	63.67	64.67	63.00	64.00	61.00	65.67	58.00	56.33	33.00	50.00	336.67	
	14:00	34.43	250	6.57	56.00	52.67	52.67	55.00	55.67	56.33	53.00	53.67	33.00	47.33	327.72	
	15:00	34.57	230	5.90	44.00	42.67	45.00	44.00	43.67	43.67	46.00	48.00	33.00	45.67	316.83	

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{f, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
318.50	306.27	305.00	311.33	666.67	312.38	1.1202	1.1176	1.1	1.90E-05	0.7053	0.03	72310.39	260.97
324.33	306.63	305.00	317.33	919.39	315.48	1.1099	1.3716	1.1	1.92E-05	0.7048	0.03	87256.84	303.24
328.33	306.87	305.33	319.67	976.03	317.60	1.1028	1.4224	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	89448.58	309.27
332.00	307.23	306.00	321.33	1006.54	319.62	1.0961	1.2548	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	78041.15	277.26
330.17	307.47	306.00	323.00	984.31	318.82	1.0988	1.1176	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	69815.16	253.64
326.33	307.43	306.00	320.33	858.39	316.88	1.1052	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	80178.12	283.37
320.00	307.57	306.00	318.67	771.24	313.78	1.1155	1.1684	1.1	1.91E-05	0.7051	0.03	75022.48	268.75

					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.46	295.86	0.88	5.79	0.33	1.94	12.23	0.05	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.28	3.57	3.62
7.57	296.39	0.88	5.98	0.30	3.78	17.70	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.41	3.47
7.76	296.73	0.88	6.11	0.29	4.61	21.47	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.30	3.30	3.36
6.99	297.26	0.88	6.24	0.30	1.17	24.77	0.01	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.14	3.16
6.39	297.60	0.88	6.19	0.32	6.50	22.70	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.08	3.18
7.10	297.55	0.88	6.07	0.31	1.39	18.90	0.02	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.27	3.29
6.67	297.75	0.88	5.89	0.32	3.17	12.43	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.28	3.54	3.62

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f-p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	308.17	7.28E-04	6.24E-01	2.18E+02	4.36	68.04	0.25	2.24	2.49	3.E-03	2.68	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	311.17	6.90E-04	6.28E-01	2.30E+02	4.36	68.48	0.26	2.24	2.51	3.E-03	2.68	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.50	6.73E-04	6.30E-01	2.36E+02	4.36	68.67	0.27	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.67	6.58E-04	6.32E-01	2.42E+02	4.36	68.84	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.50	6.47E-04	6.33E-01	2.46E+02	4.36	68.96	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.17	6.64E-04	6.31E-01	2.39E+02	4.36	68.77	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.33	6.75E-04	6.30E-01	2.35E+02	4.36	68.65	0.25	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$	$\eta$	$\eta$
desain	desain	%								aktual	aktual	%			
0.76	68.04	0.711	4178.42	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	528.00	149.68	0.56	55.72	132.10	0.49	49.17
0.76	68.48	0.712	4178.82	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	728.16	206.39	0.56	55.71	257.28	0.69	69.44
0.76	68.67	0.711	4179.00	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	773.02	218.92	0.56	55.66	299.02	0.76	76.02
0.76	68.84	0.711	4179.16	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	797.18	225.32	0.56	55.55	319.89	0.79	78.87
0.76	68.96	0.711	4179.27	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	779.58	220.66	0.56	55.63	354.67	0.89	89.42
0.76	68.77	0.711	4179.09	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	679.84	192.57	0.56	55.67	299.02	0.86	86.45
0.76	68.65	0.713	4178.98	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	610.82	173.52	0.56	55.83	264.25	0.85	85.02



LAMPIRAN C

01/10/2013		ASPECT RATIO 2			KEVACUMAN -40 cmHg											
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)	
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>				
100	09:00	33.20	220	4.90	37.67	35.33	36.67	36.00	38.67	38.00	46.00	44.67	32.00	38.67	310.06	
	10:00	33.57	290	6.10	42.00	43.33	42.33	42.67	44.33	44.00	53.67	48.33	32.00	41.67	316.11	
	11:00	33.80	240	6.90	48.00	49.33	48.00	48.67	49.33	48.33	57.67	56.00	32.33	46.67	321.61	
	12:00	34.10	210	7.60	61.33	61.00	59.33	59.00	58.33	60.33	61.00	60.67	33.00	51.67	332.89	
	13:00	34.47	270	6.47	76.67	76.67	72.00	75.67	72.00	73.00	58.33	59.00	33.00	53.33	347.33	
	14:00	34.53	250	5.60	68.00	73.00	68.00	74.33	69.00	66.00	54.33	53.00	33.00	49.00	342.72	
	15:00	34.20	280	4.93	63.00	67.67	64.33	60.67	63.00	62.00	50.00	49.33	33.00	47.00	336.44	

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{f, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
318.33	306.20	305.00	311.67	640.52	312.27	1.1206	1.1176	1.1	1.90E-05	0.7053	0.03	72356.37	261.11
324.00	306.57	305.00	314.67	797.39	315.28	1.1105	1.4732	1.1	1.92E-05	0.7049	0.03	93822.66	321.36
329.83	306.80	305.33	319.67	901.96	318.32	1.1004	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	76370.48	272.52
333.83	307.10	306.00	324.67	993.46	320.47	1.0933	1.0668	1.1	1.94E-05	0.7041	0.03	66042.86	242.58
331.67	307.47	306.00	326.33	845.32	319.57	1.0963	1.3716	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	85331.48	297.79
326.67	307.53	306.00	322.00	732.03	317.10	1.1045	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	80083.28	283.10
322.67	307.20	306.00	320.00	644.44	314.93	1.1117	1.4224	1.1	1.92E-05	0.7049	0.03	90760.58	312.95

					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,e-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.46	295.77	0.88	5.79	0.33	8.28	12.13	0.22	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.27	3.69	3.91
8.01	296.30	0.88	5.97	0.29	7.89	17.43	0.13	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.49	3.62
6.85	296.63	0.88	6.15	0.31	8.22	23.03	0.11	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.30	3.31	3.42
6.13	297.07	0.88	6.29	0.32	0.94	26.73	0.01	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.09	3.10
7.51	297.60	0.88	6.23	0.29	15.67	24.20	0.19	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.92	3.11
7.09	297.70	0.88	6.09	0.31	16.06	19.13	0.26	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.05	3.30
7.80	297.22	0.88	5.95	0.30	13.78	15.47	0.26	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.19	3.46

	perpan antara fluida dan absorber														
	konveksi														
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	308.33	7.26E-04	6.24E-01	7.30E+01	4.36	68.06	0.24	2.24	2.48	3.E-03	2.67	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	309.83	7.07E-04	6.26E-01	7.49E+01	4.36	68.28	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	312.50	6.73E-04	6.30E-01	7.87E+01	4.36	68.67	0.27	2.24	2.51	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.33	6.37E-04	6.34E-01	8.32E+01	4.36	69.08	0.29	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	316.17	6.26E-04	6.35E-01	8.46E+01	4.36	69.20	0.29	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	314.00	6.54E-04	6.32E-01	8.11E+01	4.36	68.89	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.00	6.67E-04	6.31E-01	7.95E+01	4.36	68.74	0.27	2.24	2.51	3.E-03	2.69	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
0.76	68.06	0.712	4178.44	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	507.29	139.25	0.54	53.95	46.35	0.18	17.96
0.76	68.28	0.712	4178.64	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	631.53	173.17	0.54	53.89	67.21	0.21	20.92
0.76	68.67	0.712	4179.00	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	714.35	195.64	0.54	53.83	99.67	0.27	27.42
0.76	69.08	0.711	4179.38	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	786.82	214.87	0.54	53.67	129.82	0.32	32.43
0.76	69.20	0.711	4179.49	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	669.49	183.23	0.54	53.79	141.41	0.42	41.51
0.76	68.89	0.712	4179.20	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	579.76	158.97	0.54	53.89	111.27	0.38	37.72
0.76	68.74	0.712	4179.07	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	510.40	139.94	0.54	53.89	97.36	0.37	37.49

LAMPIRAN C

02/10/2013		ASPECT RATIO 2			KEVACUMAN -40 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
200	09:00	33.20	220	5.00	47.33	46.67	46.00	47.00	46.00	46.33	51.00	50.00	32.00	40.00	319.56
	10:00	33.60	260	6.60	58.67	61.00	59.00	61.00	57.33	60.00	56.00	57.67	32.00	45.00	332.50
	11:00	33.83	280	7.30	67.00	64.67	68.00	65.00	69.33	65.33	58.33	59.00	32.33	47.67	339.56
	12:00	34.10	270	7.70	70.00	70.00	70.33	67.00	71.33	69.00	60.67	62.00	33.00	51.00	342.61
	13:00	34.40	260	6.80	71.67	71.67	65.00	70.33	70.67	71.00	64.00	64.00	33.00	52.00	343.06
	14:00	34.50	230	5.50	55.00	55.33	56.00	57.00	56.67	57.00	58.00	58.33	33.00	48.00	329.17
	15:00	34.67	240	4.97	53.00	53.00	53.33	53.33	53.67	54.00	54.33	55.33	33.00	45.67	326.39

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{r, \text{cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
323.50	306.20	305.00	313.00	653.59	314.85	1.1120	1.1176	1.1	1.92E-05	0.7049	0.03	71344.32	258.14
329.83	306.60	305.00	318.00	862.75	318.22	1.1008	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	82779.93	290.67
331.67	306.83	305.33	320.67	954.25	319.25	1.0973	1.4224	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	88645.32	307.02
334.33	307.10	306.00	324.00	1006.54	320.72	1.0925	1.3716	1.1	1.94E-05	0.7041	0.03	84796.12	296.28
337.00	307.40	306.00	325.00	888.89	322.20	1.0875	1.3208	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	80994.81	285.57
331.17	307.50	306.00	321.00	718.95	319.33	1.0971	1.1684	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	72782.62	262.21
327.83	307.67	306.00	318.67	649.67	317.75	1.1023	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	76607.39	273.21

					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,e-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.43	295.77	0.88	5.94	0.32	3.94	17.30	0.07	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.44	3.51
7.31	296.34	0.88	6.14	0.30	2.67	23.23	0.03	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.15	3.18
7.74	296.68	0.88	6.21	0.29	7.89	24.83	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.02	3.12
7.50	297.07	0.88	6.30	0.29	8.28	27.23	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.95	3.04
7.25	297.51	0.88	6.40	0.29	6.06	29.60	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.91	2.97
6.61	297.65	0.88	6.22	0.31	-2.00	23.67	-0.03	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.18	3.15
6.86	297.89	0.88	6.13	0.31	-1.44	20.17	-0.02	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.27	3.24



perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	309.00	7.18E-04	6.25E-01	1.48E+02	4.36	68.16	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	311.50	6.86E-04	6.29E-01	1.55E+02	4.36	68.52	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.00	6.67E-04	6.31E-01	1.59E+02	4.36	68.74	0.29	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	315.00	6.41E-04	6.33E-01	1.65E+02	4.36	69.03	0.30	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	315.50	6.35E-04	6.34E-01	1.67E+02	4.36	69.11	0.31	2.24	2.55	3.E-03	2.71	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.50	6.60E-04	6.31E-01	1.61E+02	4.36	68.82	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	312.33	6.75E-04	6.30E-01	1.57E+02	4.36	68.65	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
F	$h_{fi}$	F'													
0.76	68.16	0.711	4178.53	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	517.65	145.43	0.55	55.22	111.25	0.42	42.24
0.76	68.52	0.710	4178.87	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	683.29	191.72	0.55	55.14	180.79	0.52	52.00
0.76	68.74	0.710	4179.07	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	755.76	211.87	0.55	55.10	213.25	0.55	55.46
0.76	69.03	0.711	4179.33	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	797.18	223.18	0.55	55.02	250.36	0.62	61.72
0.76	69.11	0.710	4179.40	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	704.00	197.34	0.55	55.09	264.27	0.74	73.78
0.76	68.82	0.711	4179.13	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	569.41	159.99	0.55	55.22	208.62	0.72	72.01
0.76	68.65	0.711	4178.98	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	514.54	144.82	0.55	55.32	176.16	0.67	67.29

LAMPIRAN C

03/10/2013		ASPECT RATIO 2			KEVACUMAN -40 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
300	09:00	33.20	230	5.10	47.00	47.00	46.33	46.33	46.67	46.33	49.67	48.33	32.00	39.00	319.61
	10:00	33.50	250	6.90	58.67	62.00	58.33	62.33	58.33	62.33	56.67	57.00	32.00	44.00	333.33
	11:00	33.80	270	7.50	67.00	64.33	68.00	65.00	66.00	65.00	59.00	58.67	32.33	46.33	338.89
	12:00	34.20	240	7.73	69.67	69.00	70.33	67.00	69.67	67.33	61.33	60.33	33.00	50.00	341.83
	13:00	34.50	250	7.50	71.67	71.67	70.67	70.33	70.67	71.33	62.67	62.33	33.00	50.33	344.06
	14:00	34.47	220	6.53	65.00	65.33	62.33	63.67	64.00	64.67	57.67	58.33	33.00	47.33	337.17
	15:00	34.57	260	5.80	53.33	53.33	53.67	54.00	54.33	54.00	54.33	55.00	33.00	45.33	326.78

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{T, \text{cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
322.00	306.20	305.00	312.00	666.67	314.10	1.1145	1.1684	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	74893.03	268.37
329.83	306.50	305.00	317.00	901.96	318.17	1.1009	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	79617.84	281.76
331.83	306.80	305.33	319.33	980.39	319.32	1.0971	1.3716	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	85448.25	298.12
333.83	307.20	306.00	323.00	1010.89	320.52	1.0931	1.2192	1.1	1.94E-05	0.7041	0.03	75456.90	269.87
335.50	307.50	306.00	323.33	980.39	321.50	1.0898	1.2700	1.1	1.95E-05	0.7040	0.03	78178.86	277.62
331.00	307.47	306.00	320.33	854.03	319.23	1.0974	1.1176	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	69656.25	253.17
327.67	307.57	306.00	318.33	758.17	317.62	1.1028	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	83051.83	291.45

					perpan antara absorber dan cover										
radiasi					konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,e-a}$	$R_1$	$T_p-T_c$	$T_c-T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.67	295.77	0.88	5.89	0.32	2.39	15.80	0.05	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.46	3.51
7.08	296.20	0.88	6.14	0.30	3.50	23.33	0.05	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.14	3.18
7.52	296.63	0.88	6.21	0.29	7.06	25.03	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.03	3.11
6.82	297.22	0.88	6.29	0.31	8.00	26.63	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.97	3.06
7.04	297.65	0.88	6.35	0.30	8.56	28.00	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.91	3.01
6.38	297.60	0.88	6.21	0.32	6.17	23.53	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.07	3.15
7.31	297.75	0.88	6.12	0.30	0.89	20.10	0.01	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.26	3.28

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>fav</sub>	m	k <sub>r</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>fp</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	308.50	7.24E-04	6.25E-01	2.20E+02	4.36	68.09	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	311.00	6.92E-04	6.28E-01	2.30E+02	4.36	68.45	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.33	6.75E-04	6.30E-01	2.35E+02	4.36	68.65	0.29	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.50	6.47E-04	6.33E-01	2.46E+02	4.36	68.96	0.30	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.67	6.45E-04	6.33E-01	2.46E+02	4.36	68.98	0.30	2.24	2.55	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.17	6.64E-04	6.31E-01	2.39E+02	4.36	68.77	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.17	6.77E-04	6.30E-01	2.35E+02	4.36	68.62	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
F	$h_{fi}$	F'													
0.76	68.09	0.711	4178.47	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	528.00	149.56	0.56	55.67	146.01	0.54	54.35
0.76	68.45	0.710	4178.80	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	714.35	202.01	0.56	55.58	250.33	0.69	68.87
0.76	68.65	0.710	4178.98	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	776.47	219.46	0.56	55.55	292.06	0.74	73.93
0.76	68.96	0.711	4179.27	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	800.63	226.18	0.56	55.52	354.67	0.87	87.06
0.76	68.98	0.710	4179.29	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	776.47	219.52	0.56	55.56	361.63	0.92	91.53
0.76	68.77	0.711	4179.09	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	676.39	191.45	0.56	55.63	299.02	0.87	86.89
0.76	68.62	0.711	4178.96	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	600.47	170.21	0.56	55.71	257.29	0.84	84.21

LAMPIRAN C

08/10/2013		ASPECT RATIO 2			KEVACUMAN -60 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
100	09:00	33.10	235	4.90	47.00	47.33	46.00	46.00	46.33	46.67	49.67	49.00	32.00	40.67	319.56
	10:00	33.40	260	6.90	59.67	62.33	58.00	62.00	58.33	62.33	57.00	56.67	32.00	47.67	333.44
	11:00	33.80	240	7.50	66.33	65.67	68.00	65.00	69.00	65.67	59.67	59.33	32.33	51.33	339.61
	12:00	34.10	280	7.70	70.67	69.33	69.67	67.67	70.67	69.33	61.67	61.33	33.00	52.33	342.56
	13:00	34.40	220	6.80	71.67	71.67	71.33	71.33	71.00	71.67	64.33	64.00	33.00	53.67	344.44
	14:00	34.50	260	5.50	65.67	65.33	62.00	63.67	67.00	64.00	57.67	57.67	33.00	49.67	337.61
	15:00	34.43	210	4.87	53.67	54.33	53.67	53.33	54.00	55.00	54.67	54.33	33.00	47.67	327.00



T <sub>cover avg</sub> (K)	T <sub>a</sub> (K)	T <sub>in</sub> (K)	T <sub>out</sub> (K)	I <sub>T</sub> (watt/m <sup>2</sup> )	T <sub>t, cover-ambient</sub>	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						ρ	V (m/s)	L	m	Pr	k	Re <sub>L</sub>	Nu <sub>L</sub>
322.33	306.10	305.00	313.67	640.52	314.22	1.1141	1.1938	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	76472.46	272.89
329.83	306.40	305.00	320.67	901.96	318.12	1.1011	1.3208	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	82825.19	290.80
332.50	306.80	305.33	324.33	980.39	319.65	1.0960	1.2192	1.1	1.94E-05	0.7042	0.03	75815.63	270.91
334.50	307.10	306.00	325.33	1006.54	320.80	1.0922	1.4224	1.1	1.94E-05	0.7041	0.03	87896.61	304.91
337.17	307.40	306.00	326.67	888.89	322.28	1.0872	1.1176	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	68502.78	249.76
330.67	307.50	306.00	322.67	718.95	319.08	1.0979	1.3208	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	82388.58	289.56
327.50	307.43	306.00	320.67	636.17	317.47	1.1033	1.0668	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	67135.33	245.84

					perpan antara absorber dan cover										
		radiasi			konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.79	295.62	0.88	5.90	0.32	2.78	16.23	0.05	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.46	3.51
7.31	296.05	0.88	6.13	0.30	3.61	23.43	0.05	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.13	3.18
6.84	296.63	0.88	6.23	0.31	7.11	25.70	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.01	3.10
7.72	297.07	0.88	6.31	0.29	8.06	27.40	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.95	3.03
6.35	297.51	0.88	6.40	0.31	7.28	29.77	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.35	2.89	2.96
7.29	297.65	0.88	6.21	0.30	6.94	23.17	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.06	3.15
6.17	297.55	0.88	6.11	0.33	0.50	20.07	0.01	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.26	3.27

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	309.33	7.14E-04	6.26E-01	7.43E+01	4.36	68.21	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	312.83	6.69E-04	6.30E-01	7.92E+01	4.36	68.72	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	314.83	6.43E-04	6.33E-01	8.24E+01	4.36	69.01	0.29	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	315.67	6.32E-04	6.34E-01	8.38E+01	4.36	69.13	0.30	2.24	2.55	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	316.33	6.24E-04	6.35E-01	8.49E+01	4.36	69.23	0.30	2.24	2.55	3.E-03	2.71	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	314.33	6.50E-04	6.32E-01	8.16E+01	4.36	68.94	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
1.67E-06	998.4	0.0017	0.04	313.33	6.62E-04	6.31E-01	8.00E+01	4.36	68.79	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$	$\eta$	$\eta$	$Q_u$	$\eta$	$\eta$
desain	desain	%								aktual	aktual	%			
0.76	68.21	0.711	4178.58	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	507.29	138.90	0.54	53.81	60.26	0.23	23.35
0.76	68.72	0.711	4179.04	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	714.35	195.26	0.54	53.72	108.94	0.30	29.97
0.76	69.01	0.711	4179.31	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	776.47	212.23	0.54	53.72	132.13	0.33	33.45
0.76	69.13	0.711	4179.42	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	797.18	217.53	0.54	53.63	134.45	0.33	33.15
0.76	69.23	0.711	4179.51	0.40	0.95	0.67	0.88	0.90	704.00	192.38	0.54	53.71	143.73	0.40	40.13
0.76	68.94	0.711	4179.24	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	569.41	155.96	0.54	53.83	115.90	0.40	40.01
0.76	68.79	0.711	4179.11	0.40	0.95	0.68	0.88	0.90	503.84	138.18	0.54	53.90	101.99	0.40	39.79

LAMPIRAN C

09/10/2013		ASPECT RATIO 2			KEVACUMAN -60 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
200	09:00	33.17	240	5.00	47.67	47.67	46.33	46.67	46.67	46.33	49.00	48.33	32.00	40.00	319.89
	10:00	33.50	265	6.30	59.00	63.00	58.67	61.00	57.67	59.00	57.00	56.67	32.00	45.33	332.72
	11:00	33.80	210	7.40	67.00	65.67	67.00	64.67	68.67	64.00	58.00	59.00	32.33	50.00	339.17
	12:00	34.10	250	7.67	70.67	70.00	70.67	67.67	70.33	68.67	61.00	61.33	33.00	51.67	342.67
	13:00	34.50	270	6.90	71.33	71.00	71.33	71.00	72.00	71.33	63.00	63.33	33.00	52.67	344.33
	14:00	34.53	290	5.77	65.00	65.33	67.33	65.67	66.33	65.00	57.33	57.33	33.00	48.67	338.78
	15:00	34.43	230	5.30	54.00	54.33	53.67	53.33	54.33	54.67	54.00	54.67	33.00	47.00	327.06

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{r, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	V (m/s)	L	m	Pr	k	Re <sub>L</sub>	Nu <sub>L</sub>
321.67	306.17	305.00	313.00	653.59	313.92	1.1151	1.2192	1.1	1.91E-05	0.7051	0.03	78227.42	277.89
329.83	306.50	305.00	318.33	823.53	318.17	1.1009	1.3462	1.1	1.93E-05	0.7045	0.03	84394.91	295.20
331.50	306.80	305.33	323.00	967.32	319.15	1.0977	1.0668	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	66520.37	244.01
334.17	307.10	306.00	324.67	1002.18	320.63	1.0927	1.2700	1.1	1.94E-05	0.7041	0.03	78550.75	278.69
336.17	307.50	306.00	325.67	901.96	321.83	1.0887	1.3716	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	84279.14	294.81
330.33	307.53	306.00	321.67	753.81	318.93	1.0984	1.4732	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	91970.37	316.20
327.33	307.43	306.00	320.00	692.81	317.38	1.1035	1.1684	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	73562.66	264.49

					perpan antara absorber dan cover										
		radiasi			konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.90	295.72	0.88	5.88	0.31	1.78	15.50	0.04	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.46	3.50
7.42	296.20	0.88	6.14	0.30	2.89	23.33	0.04	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.14	3.18
6.15	296.63	0.88	6.20	0.32	7.67	24.70	0.10	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.03	3.13
7.05	297.07	0.88	6.30	0.30	8.50	27.07	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.95	3.04
7.48	297.65	0.88	6.38	0.29	8.17	28.67	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.90	2.99
7.96	297.70	0.88	6.20	0.29	8.44	22.80	0.11	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.05	3.16
6.63	297.55	0.88	6.10	0.31	-0.28	19.90	0.00	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.26	3.26

perpan antara fluida dan absorber															
konveksi															
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f,p</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	309.00	7.18E-04	6.25E-01	1.48E+02	4.36	68.16	0.26	2.24	2.50	3.E-03	2.68	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	311.67	6.84E-04	6.29E-01	1.55E+02	4.36	68.55	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	314.17	6.52E-04	6.32E-01	1.63E+02	4.36	68.91	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	315.33	6.37E-04	6.34E-01	1.66E+02	4.36	69.08	0.30	2.24	2.54	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	315.83	6.30E-04	6.34E-01	1.68E+02	4.36	69.15	0.31	2.24	2.55	3.E-03	2.71	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.83	6.56E-04	6.32E-01	1.62E+02	4.36	68.86	0.29	2.24	2.53	3.E-03	2.70	0.07
3.33E-06	998.4	0.0033	0.04	313.00	6.67E-04	6.31E-01	1.59E+02	4.36	68.74	0.28	2.24	2.52	3.E-03	2.69	0.07



faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
			$c_p$	Ac	F''	FR	$\varepsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
0.76	68.16	0.711	4178.53	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	517.65	145.39	0.55	55.20	111.25	0.42	42.24
0.76	68.55	0.710	4178.89	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	652.24	182.99	0.55	55.14	185.43	0.56	55.88
0.76	68.91	0.711	4179.22	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	766.12	214.92	0.55	55.13	245.72	0.63	63.04
0.76	69.08	0.711	4179.38	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	793.73	222.28	0.55	55.04	259.63	0.64	64.29
0.76	69.15	0.711	4179.44	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	714.35	200.34	0.55	55.12	273.55	0.75	75.26
0.76	68.86	0.711	4179.18	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	597.02	167.72	0.55	55.21	217.90	0.72	71.73
0.76	68.74	0.711	4179.07	0.40	0.97	0.69	0.88	0.90	548.71	154.26	0.55	55.25	194.71	0.70	69.74

LAMPIRAN C

10/10/2013		ASPECT RATIO 2			KEVACUMAN -60 cmHg										
Debit (cc/menit)	Jam	T <sub>a</sub> (°C)	V <sub>w</sub> ( feet / menit)	I <sub>T</sub> (mV)	T <sub>P</sub> (°C)						T <sub>cover</sub> (°C)		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>p</sub> avg (K)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			
300	09:00	33.10	215	5.20	46.67	46.67	46.33	46.67	47.00	46.67	50.00	49.67	32.00	40.00	319.67
	10:00	33.50	250	6.10	58.00	60.33	60.00	59.67	57.67	59.00	57.00	57.33	32.00	44.67	332.11
	11:00	33.67	290	7.30	67.00	64.00	66.67	63.33	69.33	64.67	58.67	59.00	32.33	48.33	338.83
	12:00	34.07	260	7.70	70.67	69.33	70.33	67.33	70.67	69.67	61.33	61.33	33.00	50.33	342.67
	13:00	34.40	250	7.50	71.67	71.67	71.33	70.67	71.00	71.00	63.33	64.00	33.00	50.67	344.22
	14:00	34.43	230	6.53	64.67	66.33	67.00	63.67	65.33	65.67	57.00	57.67	33.00	48.00	338.44
	15:00	34.23	240	5.87	53.67	55.67	54.67	54.33	54.33	54.33	54.00	55.00	33.00	46.00	327.50

$T_{\text{cover avg}}$ (K)	$T_a$ (K)	$T_{\text{in}}$ (K)	$T_{\text{out}}$ (K)	$I_T$ (watt/m <sup>2</sup> )	$T_{\text{f, cover-ambient}}$	perpan antara cover dan udara luar							
						konveksi							
						$\rho$	$V$ (m/s)	$L$	$m$	$Pr$	$k$	$Re_L$	$Nu_L$
322.83	306.10	305.00	313.00	679.74	314.47	1.1133	1.0922	1.1	1.91E-05	0.7050	0.03	69868.82	253.86
330.17	306.50	305.00	317.67	797.39	318.33	1.1004	1.2700	1.1	1.93E-05	0.7044	0.03	79545.34	281.55
331.83	306.67	305.33	321.33	954.25	319.25	1.0973	1.4732	1.1	1.94E-05	0.7043	0.03	91811.23	315.76
334.33	307.07	306.00	323.33	1006.54	320.70	1.0925	1.3208	1.1	1.94E-05	0.7041	0.03	81662.97	287.49
336.67	307.40	306.00	323.67	980.39	322.03	1.0881	1.2700	1.1	1.95E-05	0.7039	0.03	77950.78	276.96
330.33	307.43	306.00	321.00	854.03	318.88	1.0986	1.1684	1.1	1.94E-05	0.7044	0.03	72961.97	262.74
327.50	307.23	306.00	319.00	766.88	317.37	1.1036	1.2192	1.1	1.93E-05	0.7046	0.03	76768.03	273.68

					perpan antara absorber dan cover										
	radiasi				konveksi			radiasi							
$h_{c-a}$	$T_{sky}$	$\epsilon_c$	$h_{r,c-a}$	$R_1$	$T_p - T_c$	$T_c - T_a$	Rkonveksi	$F_{1-2}$	$A_1$	$A_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$h_{r,p-c}$	Rradiasi	$R_2$
6.32	295.62	0.88	5.91	0.33	3.17	16.73	0.06	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.29	3.45	3.51
7.08	296.20	0.88	6.15	0.30	1.94	23.67	0.02	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.32	3.15	3.17
7.96	296.44	0.88	6.21	0.29	7.00	25.17	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.03	3.11
7.27	297.02	0.88	6.30	0.30	8.33	27.27	0.09	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.34	2.95	3.04
7.03	297.51	0.88	6.39	0.30	7.56	29.27	0.08	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.35	2.90	2.97
6.62	297.55	0.88	6.19	0.31	8.11	22.90	0.11	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.33	3.06	3.17
6.86	297.26	0.88	6.10	0.31	0.00	20.27	0.00	0.097	0.40	0.42	0.95	0.88	0.31	3.26	3.26

	perpan antara fluida dan absorber														
	konveksi														
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$	$\dot{m}$	Dh	T <sub>f,avg</sub>	m	k <sub>f</sub>	Re <sub>D</sub>	N <sub>u</sub>	h <sub>f-p</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>b</sub>	UL	$\delta$	m	W
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	309.00	7.18E-04	6.25E-01	2.21E+02	4.36	68.16	0.26	2.24	2.50	3.E-04	115.50	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	311.33	6.88E-04	6.28E-01	2.31E+02	4.36	68.50	0.29	2.24	2.53	3.E-04	115.85	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.33	6.62E-04	6.31E-01	2.40E+02	4.36	68.79	0.29	2.24	2.54	3.E-04	115.77	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.67	6.45E-04	6.33E-01	2.46E+02	4.36	68.98	0.30	2.24	2.54	3.E-04	115.75	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	314.83	6.43E-04	6.33E-01	2.47E+02	4.36	69.01	0.31	2.24	2.55	3.E-04	115.85	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	313.50	6.60E-04	6.31E-01	2.41E+02	4.36	68.82	0.29	2.24	2.53	3.E-04	115.59	0.07
5.00E-06	998.4	0.0050	0.04	312.50	6.73E-04	6.30E-01	2.36E+02	4.36	68.67	0.28	2.24	2.52	3.E-04	115.55	0.07

faktor efisiensi kolektor			faktor pelepasan panas							teoritis			aktual		
F	$h_{fi}$	F'	$c_p$	Ac	F''	FR	$\epsilon_p$	$t_c$	S	$Q_u$ desain	$\eta$ desain	$\eta$ desain %	$Q_u$ aktual	$\eta$ aktual	$\eta$ aktual %
0.76	68.16	0.711	4178.53	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	538.35	152.44	0.56	55.65	166.87	0.61	60.92
0.76	68.50	0.710	4178.84	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	631.53	178.73	0.56	55.62	264.24	0.82	82.23
0.76	68.79	0.710	4179.11	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	755.76	213.61	0.56	55.55	333.79	0.87	86.80
0.76	68.98	0.711	4179.29	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	797.18	225.08	0.55	55.49	361.63	0.89	89.16
0.76	69.01	0.710	4179.31	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	776.47	219.40	0.56	55.53	368.58	0.93	93.29
0.76	68.82	0.711	4179.13	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	676.39	191.47	0.56	55.64	312.93	0.91	90.93
0.76	68.67	0.711	4179.00	0.40	0.98	0.70	0.88	0.90	607.37	171.93	0.56	55.63	271.20	0.88	87.76