



**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
PANAS MATAHARI JENIS *OPEN LOOP PARABOLIC TROUGH***

**SKRIPSI**

Oleh

**Teo Aska Prabawa  
NIM 131910201008**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**



**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS  
MATAHARI JENIS *OPEN LOOP PARABOLIC TROUGH***

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Teo Aska Prabawa  
NIM 131910201008**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**

## PERSEMBAHAN

Dengan ini saya persembahkan skripsi kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta, Ayah Ir. Tukimun dan Ibu Anik Mustikawati serta kakakku Dedy Eka Prasetya, adikku Anggi Abin Pribadi atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Guru – guru TK Kartika Jaya, SD Negeri 1 Kademangan, SMPN 8 Kota Blitar, Departemen Listrik SMK Negeri 1 Kota Blitar dan dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember. Terima kasih untuk kesempatan mendapatkan nasehat ilmu dan pengalaman yang telah diajarkan selama ini.
4. Penguni kontrakan POJOK, yang selalu membantu dan menyemangati saya setiap hari.
5. Rekan-rekan Asisten Laboratorium khususnya Laboratorium Sistem Tenaga, Budi Santoso, Wahyu Pradana, Muhammad Mawahib yang berjuang bersama dan memberikan motivasi.
6. Rekan-rekan komunitas konsentrasi Power / PORCOM yang memberikan semangat dan pengalaman.
7. Keluarga Intel 2013 yang selalu membantu, menyemangati dan selalu mendampingi saya selama pengerjaan skripsi ini.
8. Almamater Teknik Elektro Universitas Jember.

**MOTTO**

Karena pertolongan Allah. Dia menolong siapa yang dikehendaki-Nya. Dan Dialah  
Maha Perkasa lagi Penyayang.

(QS. Ar-Rum: 5)

“Barangsiapa yang mempermudah urusan orang yang mengalami kesulitan, maka  
Allah akan mempermudah urusannya di dunia dan di akhirat”

(HR. Ibnu Majah).

*“You can’t connect the dots looking forward, you can only connect them looking  
backwards. So you have to trust that the dots will somehow connect in your  
future”*

(Steve Jobs)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Teo Aska Prabawa

NIM : 131910201008

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Jenis *Open Loop Parabolic Trough* " adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 26 Juli 2017

Yang menyatakan,

Teo Aska Prabawa

NIM 131910201008

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS  
MATAHARI JENIS *OPEN LOOP PARABOLIC TROUGH***

Oleh

Teo Aska Prabawa

NIM 131910201008

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Widyono Hadi, MT

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Jenis *Open Loop Parabolic Trough*" karya Teo Aska Prabawa telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Rabu, 26 Juli 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Tim Penguji:**

Ketua,

Anggota I,

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.  
NIP 196312011994021002

Ir. Widyono Hadi, MT  
NIP 196104141989021001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T  
NIP 197104022003121001

Dedy Kurnia Setiawan, S.T.,M.T.  
198006102005011003

Mengesahkan  
Dekan,

Dr.Ir. Entin Hidayah M.U.M  
NIP 196612151995032001

## RINGKASAN

**Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Jenis *Open Loop Parabolic Trough*:** Teo Aska Prabawa, 131910201008: 2017: 59 halaman: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Semakin tingginya tingkat aktifitas manusia dalam kehidupannya dan diiringi perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yang berkembang pesat saat ini, manusia tidak dapat terlepas dari energi listrik sebagai sumber daya perangkat-perangkatnya. Sebagian besar energi yang digunakan saat ini merupakan energi fosil yang ketersediaannya semakin menipis diiringi dengan kebutuhan energi yang terus meningkat.

Sumber energi alternatif lain yang dapat digunakan untuk menekan tipisnya ketersediaan energi fosil adalah energi terbarukan, salah satu energi terbarukan yang ada diantaranya adalah dengan sumber energi matahari seperti *Consentrated Solar Power* (CSP). CSP merupakan suatu sistem yang memanfaatkan teknologi dengan prinsip dasarnya adalah menggumpulkan cahaya matahari dalam suatu media yang selanjutnya dirubah bentuk atau dikonversikan kedalam bentuk lain yaitu energi panas dan masuk kedalam sistem yang menghasilkan energi listrik. Negara-negara yang telah mengembangkan teknologi CSP ini adalah Algeria, Mesir, Yunani, India, Italia, Meksiko, Maroko, Spanyol, dan Amerika.

Pada penelitian ini *Consentrated Solar Power* atau yang biasa disingkat dengan CSP didesain dengan menggunakan jenis *parabolic trough*. Sehingga sinar-sinar atau energi matahari tersebut dikumpulkan atau dikonsentrasikan pada suatu titik fokus yang letaknya pada bagian tengah dan sepanjang *parabolic trough* tersebut. Energi matahari yang terpusatkan tersebut nantinya akan digunakan sebagai energi pengubah bentuk fluida berupa air yang ada pada pipa tembaga (berada pada titik fokus) diharapkan menjadi bertekanan dan selanjutnya tekanan tersebut dapat memutar turbin.



CSP dibagi menjadi tiga bagian yaitu plat reflector atau pemantul, absorber, dan kaki penyangga. Pada plat reflector menggunakan plat aluminium dengan ketebalan 0.5 mm, absorber menggunakan pipa tembaga dengan diameter dalam 0.65 dan panjang 220 cm yang dicat warna hitam diharapkan untuk meningkatkan penyerapan panas dari *collector*, kaki penyangga berbentuk persegi panjang dengan panjang 210 cm, ketebalan besi 2 mm lebar 2 cm untuk lebar dari penyangga yaitu 110 cm untuk ketinggian penyangga 30 cm. Pipa absorber ditopang besi pipih dengan ketinggian 50 cm yang dapat diatur tinggi rendahnya titik fokus yang akan digunakan.

Dengan desain *collector* didapatkan nilai perubahan suhu air ( $\Delta T$ ) pada percobaan pertama terendah sebesar  $1.85^{\circ}\text{C}$  dengan radiasi matahari  $180.12 \text{ W/m}^2$  pada jam 12.45 WIB energi kalor yang dapat diserap adalah 570.66 Joule, perubahan suhu air ( $\Delta T$ ) tertinggi sebesar  $34.36^{\circ}\text{C}$  dengan radiasi matahari  $784.47 \text{ W/m}^2$  pada jam 11.50 WIB energi kalor yang dapat diserap adalah 10578.07 Joule. Untuk rata-rata ketiga percobaan didapatkan nilai perubahan suhu air ( $\Delta T$ ) terendah pada 10.00 WIB sebesar  $12.97^{\circ}\text{C}$  dengan radiasi matahari  $528.25 \text{ W/m}^2$  energi kalor yang dapat diserap 3991.96 Joule, kemudian untuk perubahan suhu air ( $\Delta T$ ) tertinggi pada jam 11.50 WIB sebesar  $30.45^{\circ}\text{C}$  dengan radiasi matahari sebesar  $828.71 \text{ W/m}^2$  energi kalor yang dapat diserap sebesar 9374.03 Joule.

Dari penelitian terdapatnya pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap kinerja generator, hal ini dikarenakan apabila intensitas radiasi matahari rendah maka perubahan suhu air *collector* juga rendah kemudian berdampak pada tekanan yang akan dihasilkan, semakin tinggi suhu air *collector* semakin tinggi nilai tekanan yang dihasilkan. Sehingga pada penelitian ini pemanas juga digunakan untuk mengetahui berapa energi listrik yang dapat dihasilkan dengan sistem yang sama, didapatkan energi sebesar 25860.24 Joule berupa panas kompor untuk menghasilkan perbedaan suhu air sebesar  $84^{\circ}\text{C}$  dari  $28^{\circ}\text{C}$ , tekanan 18.85 psi dan tegangan generator sebesar 8.46V.

## SUMMARY

Design A Solar Thermal Power Plant Of Open Loop Type Parabolic Trough: Teo Aska Prabawa, 131910201008: 2017: 59 pages: Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Increasingly high levels of human activity in the life and accompanied by the development of science and technology are growing rapidly at this time, human beings can not be detached from the electrical energy as a resource for the gadget. Most of the energy used is fossil energy depleting for availability which is accompanied by increasing energy needs.

Alternatife other energy sources that could be used to suppress the thin availability of fossil energy is renewable energy, one of the existing renewable energy such assolar energy, the source of such Consentrated Solar Power (CSP). CSP is a system that leverages the technologies with the basic principle is to collect light from the Sun in a media which further modified form or converted into other forms, namely heat energy and enter into a system that generates electrical energy. Countries that have developed this CSP technologies are Algeria, Egypt, Greece, India, Italy, Mexico, Morocco, Spain, and the United States.

On this research Consentrated Solar Power or commonly abbreviated with the CSPwas designed using a type of parabolic trough. So the rays-the rays or solar energycollected or concentrated on a spot focus that is located on the central part and along the parabolic trough. Solar energy is focused on these will be used as an energy modifier form of fluid is water in copper pipe (located at a focal point) expected to be pressurized and then the pressure can spin the turbine.

CSP is divided into three parts namely plate reflector or reflectors, absorber, strut and foot. On a plate aluminum plate using a reflector with a thickness of 0.5 mm, absorber using copper pipe with an internal diameter of 0.65 and a length of 220 cm painted in black color is expected to increase the absorption of the heat from the collector, foot buffer rectangular with a length of 210 cm, width 2 mm iron thickness 2 cm to the width of the buffer that is 110 cm for the height of the stru

t absorber Pipe 30 cm. flat iron supplemented with a height of 50 cm high low adjustable focal point that will be used.

With the design of collector value obtained changes water temperature ( $\Delta T$ ) at the first trial the lowest of  $1.85^{\circ}\text{C}$  with solar radiation  $180.12 \text{ W/m}^2$  at 12.45 GMT thermal energy can be absorbed was 570.66 Joule, change the water temperature ( $\Delta T$ ) the highest of  $34.36^{\circ}\text{C}$  with solar radiation  $784.47 \text{ W/m}^2$  at 11.50 GMT thermal energy can be absorbed is 10578.07 Joule. For the average value obtained by experiments's third change of water temperature ( $\Delta T$ ) lowest at 10.00 am of  $12.97^{\circ}\text{C}$  with solar radiation  $528.25 \text{ W/m}^2$  heat energy that can be absorbed 3991.96 Joules, then to change the water temperature ( $\Delta T$ ) highest at 11.50 GMT of  $30.45^{\circ}\text{C}$  with solar radiation of  $828.71 \text{ W/m}^2$  heat energy that can be absorbed in the amount of 9374.03 Joules.

From research there is the influence of the intensity of the solar radiation on performance generator, this is because when the intensity of the solar radiation is low then the temperature change of the water collector is also low and then have an impact on the pressure that will be produced, the higher the temperature of the water collector, the higher the value of the resulting pressure. So on this heater also used research to know how electrical energy that can be produced with the same system, it brings the energy of 25860.24 Joules in the form of a hot stove to produce a difference in water temperature of  $28^{\circ}\text{C}$ , pressure from  $84^{\circ}\text{C}$  18.85 psi and voltage generator of 8.46 V.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Orientasi dan Sudut Kemiringan Panel Surya di Gedung CDAST Universitas Jember”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr.Ir. Entin Hidayah M.U.M selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M., selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T.,selaku dosen penguji utama dan Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T.,M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan memotivasi penulis selama perkuliahan.
5. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif.
6. Kedua orang tua tercinta, Ayah Ir. Tukimun dan Ibu Anik Mustikawati serta kakakku Dedy Eka Prasetya, adikku Anggi Abin Pribadi atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
7. Kepada teman-teman seperjuangan se-DPU Heri, Dede, Ginanjar, Yogi, Tetuko yang selalu saling mendukung satu sama lain dalam penyusunan skripsi.
8. Teman-teman kontrakan POJOK Heri Santoso, Faisal Ali, Mohamad Choirul Anwar, Ahmad Iqbal Nasrudin, Budi Santoso, Andika Wahyu P, Achmad

Fitoyo dan M. Nuri Bachrudin yang selama 4 tahun telah saling membantu satu sama lain berjuang di perantauan.

9. Rekan-rekan Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2013 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, selama ini telah memberikan pengalaman hidup selama penulis menjadi keluarga Fakultas Teknik Universitas Jember.
10. Serta seluruh pihak yang telah membantu dalam mengerjakan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 26 Juli 2017

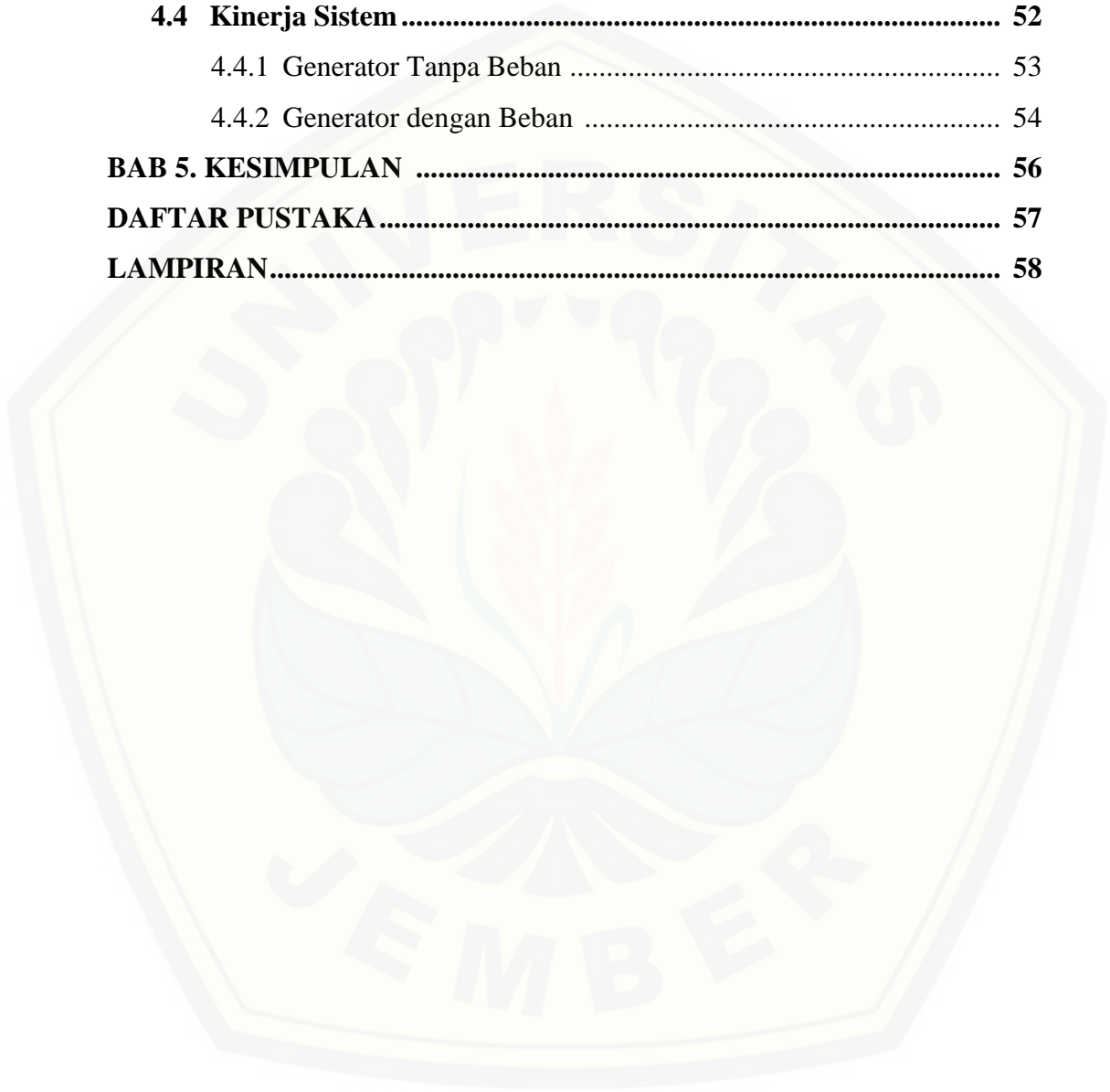
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING .....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN .....	viii
SUMMARY .....	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Batasan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>1.6 Sistematika Penulisan .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Energi Surya .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Intensitas Cahaya .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Pemantulan Cahaya .....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 Cermin Lengkung .....</b>	<b>6</b>
<b>2.5 Parabola .....</b>	<b>7</b>
<b>2.6 Concentrated Solar Power (CSP) .....</b>	<b>8</b>

<b>2.7 Parameter Rancangan Solar Collector .....</b>	<b>10</b>
2.7.1 Luas Kolektor.....	10
2.7.2 Daya Output .....	11
2.7.5 Efisiensi.....	11
<b>2.8 Generator DC .....</b>	<b>12</b>
2.8.1 Konstruksi Generator DC.....	12
2.8.2 Prinsip Kerja Generator .....	13
<b>2.9 Diagram Fase .....</b>	<b>15</b>
2.9.1 Keadaan Cair.....	12
2.9.2 Keadaan Dua Fase Cair-Uap.....	13
<b>2.10 Sensor .....</b>	<b>17</b>
2.10.1 Sensor Tegangan .....	17
2.10.2 Sensor Arus .....	17
2.10.3 <i>Thermocouple</i> .....	19
2.10.4 Sensor Tekanan .....	20
<b>2.10 Arduino Mega 2560.....</b>	<b>21</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Konsep Pemikiran.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Alat dan Bahan.....</b>	<b>23</b>
3.4.1 Alat.....	23
3.4.2 Bahan .....	23
<b>3.4 Desain Penelitian .....</b>	<b>24</b>
3.5.1 Diagram Blok Sistem Pengujian .....	24
3.5.2 Flowchart .....	25
<b>3.5 Metode Pengumpulan Data.....</b>	<b>27</b>
<b>BAB 4. PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Perancangan CSP .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2 Hasil Perancangan CSP .....</b>	<b>35</b>
4.2.1 Hasil Energi Kalor.....	36
4.2.2 Hasil Geometris Desain CSP .....	41

4.2.3 Program dan Visual .....	44
<b>4.3 Kinerja CSP.....</b>	<b>48</b>
4.3.1 Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Suhu .....	45
4.3.2 Pengaruh Suhu Air <i>Collector</i> Terhadap Tekanan .....	51
<b>4.4 Kinerja Sistem .....</b>	<b>52</b>
4.4.1 Generator Tanpa Beban .....	53
4.4.2 Generator dengan Beban .....	54
<b>BAB 5. KESIMPULAN .....</b>	<b>56</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>58</b>





**DAFTAR TABEL**

2.1 Temperatur Jenuh.....	16
2.2 Karakteristik Sensor Arus ACS712 .....	18
2.3 Karakteristik Sensor Tekanan MPX5700.....	20
2.3 Karakteristik ATmega2560.....	21
3.1 Pengukuran pada <i>collector</i> .....	29
3.2 Pengukuran turbin dan generator .....	29
4.1 Temperatur Jenuh.....	30
4.2 Data geometris desain CSP .....	34
4.3 Kalibrasi Tegangan .....	35
4.4 Kalibrasi Arus .....	35
4.5 Perubahan Suhu Air Collector Minimal Percobaan 1 .....	36
4.6 Perubahan Suhu Air Collector Maksimal Percobaan 1 .....	37
4.7 Perubahan Suhu Terendah Rata-rata .....	39
4.8 Perubahan Suhu Tertinggi Rata-rata .....	39
4.9 Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Suhu Lingkungan .....	46
4.10 Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Suhu Lingkungan Rata-rata .....	47
4.11 Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Suhu Air Collector ..	49
4.12 Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Suhu Air Collector Rata-rata .....	50
4.13 Pengukuran Suhu Air Collector Terhadap Tekanan .....	48
4.14 Pengukuran Tekanan dengan Panas dari Kompor .....	52
4.15 Pengukuran Tegangan .....	53
4.16 Pengukuran Tegangan dengan Beban .....	54

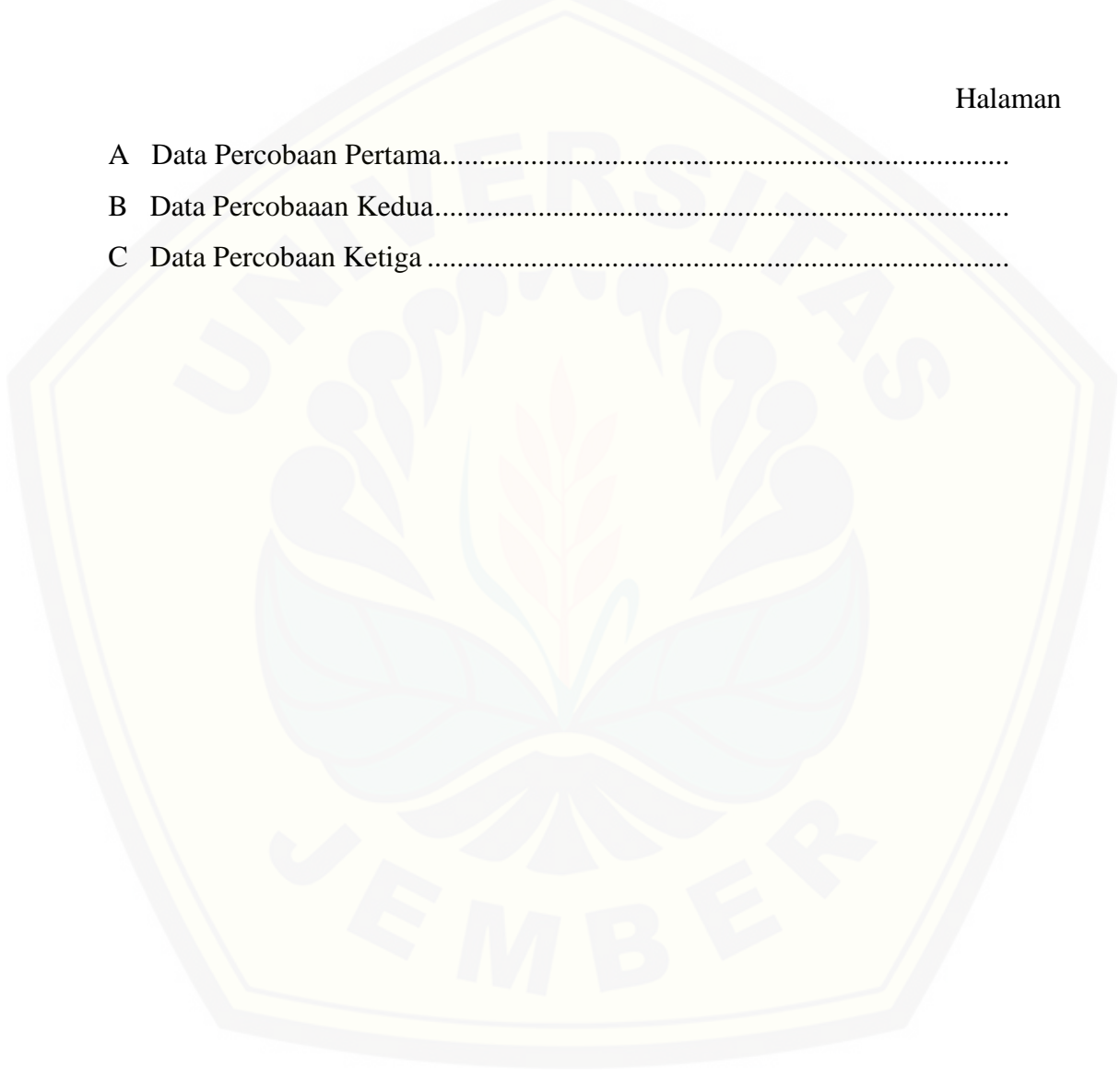
## DAFTAR GAMBAR

2.1 Pemantulan cahaya : Sudut datang sama dengan sudut pantul .....	5
2.2 Penempatan Titik dan Jarak pada Cermin Cekung .....	6
2.3 Sinar Sinar Paraksia .....	7
2.4 Parabola.....	7
2.5 Parabolic Trough.....	9
2.6 Parabolic Dish .....	9
2.7 Solar Ponds .....	9
2.8 Solar Chimney Central Receiver.....	9
2.9 Mesin Generator DC .....	12
2.10 Penampang Komutator.....	13
2.11 Kaidah Tangan Kanan.....	13
2.12 Pembangkitan Tegangan DC pada Angker .....	14
2.13 Prinsip Pembangkitan Tegangan DC .....	14
2.14 Diagram Fase Air .....	15
2.15 Rangkaian Sensor Tegangan .....	14
2.16 Kemasan IC Sensor Arus ACS712 .....	19
2.17 Hubungan Kaki Sensor Arus ACS712.....	19
2.18 Tegangan Thermocouple dengan referensi oC. ....	19
2.19 Rangkaian Pengukuran Thermocouple .....	19
2.20 Konfigurasi Pin Tekanan .....	20
2.21 Bentuk Fisik .....	20
4.1 Bentuk Pipa Tembaga Pada Penelitian .....	42
4.2 Bentuk Kaki Penyangga.....	42
4.3 CSP Tampak Samping .....	43
4.4 Fokus CSP.....	44
4.5 Tampilan Visual pada PC .....	45
4.6 Grafik Intensitas Radiasi Terhadap Suhu Lingkungan .....	46
4.7 Grafik Intensitas Radiasi Terhadap Suhu Lingkungan (Rata-Rata) .....	48
4.8 Grafik Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Suhu Air Collector .....	49
4.9 Intensitas Radiasi Matahari Suhu Air Collector (Rata-rata) .....	50

4.10 Turbin dengan 10 Sudu .....	54
4.11 Grafik Hubungan V, I dan Daya Generator dengan beban $22\Omega$ .....	55

#### DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A Data Percobaan Pertama.....	
B Data Percobaan Kedua.....	
C Data Percobaan Ketiga .....	



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Semakin tingginya tingkat aktifitas manusia dalam kehidupannya dan diiringi perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yang berkembang pesat saat ini, manusia tidak dapat terlepas dari energi listrik sebagai sumber daya perangkat-perangkatnya. Sebagian besar energi yang digunakan saat ini merupakan energi fosil yang ketersediaannya semakin menipis diiringi dengan kebutuhan energi yang terus meningkat.

Sumber energi alternatif lain yang dapat digunakan untuk menekan tipisnya ketersediaan energi fosil adalah energi terbarukan, salah satu energi terbarukan yang ada diantaranya adalah dengan sumber energi matahari seperti *Consentrated Solar Power* (CSP). CSP merupakan suatu sistem yang memanfaatkan teknologi dengan prinsip dasarnya adalah menggumpulkan cahaya matahari dalam suatu media yang selanjutnya dirubah bentuk atau dikonversikan kedalam bentuk lain yaitu energi panas dan masuk kedalam sistem yang menghasilkan energi listrik (Ghalya Pikra, 2011).

Negara-negara yang telah mengembangkan teknologi CSP ini adalah Algeria, Mesir, Yunani, India, Italia, Meksiko, Maroko, Spanyol, dan Amerika. Sedangkan pengembangan dan penelitian yang ada di Indonesia diantaranya adalah LIPI memulai sejak tahun 2010 dengan jenis *parabolic trough* (Ghalya Pikra, 2011). Pada penelitian ini menggunakan *palm oil* sebagai fluida kerja dan hanya dibatasi pada daerah *solar collector* hingga *thermal storage* sehingga tidak diketahui berapa energi listrik yang dapat dihasilkan CSP tersebut. Kemudian penelitian selanjutnya dengan perbedaan desain serta menggunakan fluida air yang dimasukkan kedalam pipa sebanyak 70% dari volume total pipa dengan orientasi Utara-Selatan ini belum mampu menghasilkan uap bertekanan tinggi sehingga diperlukan perbaikan desain dan mengganti material *parabolic trough* sampai

dapat menghasilkan uap air bertekanan tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk memutar mini generator dan menghasilkan listrik (Lintang Ratri Prastika, 2015).

Dengan permasalahan yang ada tersebut pada penelitian ini *solar collector* didesain dalam suatu bentuk parabola menggunakan fluida kerja air, dilengkapi dengan *heater* yang digunakan untuk meningkatkan suhu air ketika intensitas sinar matahari kurang baik sehingga air telah dalam keadaan bertekanan. Sistem menggunakan *open loop* sehingga tidak menggunakan *heat exchanger* yang dimungkinkan akan terjadi kerugian perpindahan kalor, setelah fluida dipanaskan dan telah bertekanan akan diteruskan untuk memutar mini turbin sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain pembangkit listrik panas matahari jenis *Open Loop Parabolic Trough*?
2. Bagaimana pengaruh intensitas matahari terhadap kinerja generator?

### 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ada tersebut, maka pembahasan pada skripsi dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Pengambilan data dilakukan pukul 10.00 WIB hingga 14.00 WIB.
2. Pengambilan data seperti arus, tegangan dan daya yang dihasilkan menggunakan sumber dari luar.
3. Generator yang digunakan adalah Generator DC.
4. Mekanik dalam penelitian tidak dibahas secara mendalam.
5. *Heater* digunakan apabila intensitas matahari kurang maksimal.
6. Desain turbin tidak dibahas.
7. Kecepatan angin, kelembapan, tidak dibahas.
8. Kinerja generator didapatkan dari hasil hubungan intensitas radiasi matahari terhadap suhu lingkungan, suhu air *collector* di pipa *Absorber*, tekanan yang dihasilkan baik dari matahari maupun *heater*.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan diantaranya adalah :

1. Mendesain dan membangun Pembangkit Listrik Panas Matahari jenis *Open Loop Parabolic Trough*.
2. Mengetahui pengaruh intensitas matahari terhadap kinerja generator.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang diajukan dalam proposal ini memiliki beberapa manfaat diantaranya adalah hasil penelitian diharapkan memberikan inovasi dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga matahari dengan *parabolic trough* skala penelitian selanjutnya.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut

##### BAB 1. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika pembahasan.

##### BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang penjelasan dasar teori yang berhubungan dengan penelitian.

##### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang penjelasan metode dan langkah-langkah penyelesaian skripsi.

##### BAB 4. PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Berisi hasil penelitian dan Analisa hasil penelitian.

##### BAB 5. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan akhir dan saran dari penulis.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Energi Surya

Radiasi Matahari merupakan suatu pemancaran energi yang berasal dari hasil proses *thermonuklir* cahaya matahari. Radiasi matahari dapat berupa sinar dan gelombang yang terdiri dari dua buah sinar yakni sinar pendek dan sinar bergelombang panjang. Berikut ini merupakan kategori sinar gelombang pendek yakni, sinar x, sinar *gamma* dan sinar *ultra violet*, sedangkan kategori sinar gelombang panjang yakni sinar *infra rad*. Pada prinsipnya jumlah total radiasi yang diterima di permukaan bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pertama adalah jarak matahari, semakin jauh dan dekat jarak bumi terhadap matahari maka akan menimbulkan variasi perubahan energi radiasi yang diterima. Kedua adalah Intensitas radiasi matahari yang dipengaruhi oleh besar kecilnya sudut datang matahari pada permukaan bumi.

Jumlah intensitas matahari yang diterima berbanding lurus dengan sudut besarnya sudut datang. Sinar dengan sudut datang yang miring kurang memberikan energi pada permukaan bumi disebabkan karena energinya tersebar pada permukaan yang luas dan juga karena sinar tersebut harus menempuh lapisan atmosfer yang lebih jauh ketimbang jika sinar dengan sudut datang yang tegak lurus. Ketiga adalah panjang hari (*sun duration*) yakni jarak dan lamanya matahari dapat bersinar pada permukaan bumi, secara umum panjangnya hari dapat kita lihat dari lamanya antara matahari terbit hingga matahari terbenam. Keempat adalah pengaruh dari atmosfer, pada prinsipnya sinar datang dari matahari tidak sepenuhnya diterima oleh bumi, melainkan sebagian akan *diadsorpsi* oleh gas-gas, debu dan uap air, dipantulkan kembali, dipancarkan dan sisanya diteruskan ke permukaan bumi.

### 2.2 Intensitas Cahaya

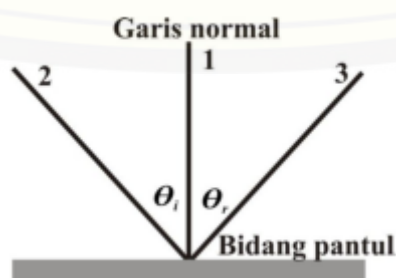
Intensitas cahaya merupakan besaran pokok fisika untuk mengukur besarnya daya yang dipancarkan oleh suatu cahaya dengan arah tertentu dengan satuan sudut. Intensitas pada radiasi surya sangat bergantung dari kondisi atmosfer

pada permukaan bumi, pada batas luar atmosfer bumi tercatat radiasi bumi sebesar  $1353 \text{ W/m}^2$  dengan jarak rata-rata bumi terhadap matahari. Angka tersebut biasa kita namakan dengan konstanta surya yang didefinisikan sebagai besaran energi rata-rata yang diterima oleh bumi dari matahari per unit luas permukaan. Pada dasarnya seluruh energi yang disebut sebagai konstanta surya tersebut tidak dapat mencapai permukaan bumi secara keseluruhan karena sebagian dari energi tersebut juga terserap (*absorsi*) yang sangat kuat oleh karbon dioksida dan uap air yang berada di atmosfer.

### 2.3 Pemantulan Cahaya

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik yang memiliki ciri utama bahwa ia tak pernah diam, sebaliknya cahaya selalu bergerak. Benda-benda yang memancarkan cahaya mereka sendiri seperti matahari dan filament lampu listrik. Gelombang tipe apapun apabila mengenai sebuah penghalang datar seperti sebuah cermin maka akan muncul gelombang-gelombang baru yang bergerak menjauhi penghalang tersebut, fenomena ini disebut pemantulan. Pemantulan akan terjadi pada suatu bidang batas antara dua medium berbeda seperti sebuah permukaan udara kaca, dalam hal ini sebagian energi datang akan dipantulkan dan sebagian akan ditransmisikan (Susanto, 2009).

Pada saat sinar datang pada permukaan cermin datar, cahaya akan dipantulkan, garis tegak lurus bidang pantul disebut garis normal. Pengukuran sudut datang dan sudut pantul dapat dilihat dari garis normal. Sudut datang ( $\theta_i$ ) adalah sudut yang dibentuk oleh garis normal (1) dan sinar datang (2), sedangkan pada sudut pantul ( $\theta_r$ ) adalah sudut yang dibentuk oleh garis normal (1) dan sinar pantul (3).



Gb. 2.1 Pemantulan cahaya : Sudut datang sama dengan sudut pantul.

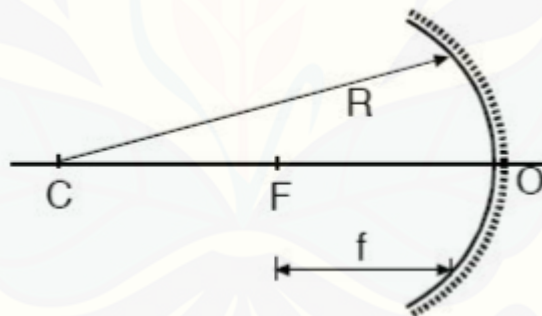


Berdasarkan gambar 2.1 diketahui bahwa sinar datang, sinar pantul dan garis normal terletak pada bidang yang sama, dan besar sudut datang ( $\theta_i$ ) sama besar sudut pantul ( $\theta_r$ ). Sehingga pernyataan diatas dikenal dengan hukum pemantulan cahaya.

$$\theta_i = \theta_r \dots\dots\dots(2.1)$$

## 2.4 Cermin Lengkung

Cermin lengkung adalah cermin yang permukaannya lengkung seperti permukaan bola. Cermin ini terdiri dari cermin cekung (*konkaf*) dan cermin cembung (*konveks*). Sinar datang pada cermin cekung berhadapan dengan permukaan pantul yang bentuknya seperti permukaan dalam bola, sedangkan pada cermin cembung sinar datang berhadapan dengan permukaan pantul yang merupakan permukaan luar bola. Beberapa istilah yang berkaitan dengan cermin lengkung antara lain adalah pusat kelengkungan, *verteks*, sumbu utama, jari-jari kelengkungan, fokus utama, jarak fokus dan bidang fokus.

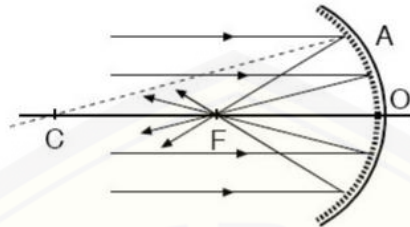


Gb. 2.2 Penempatan titik dan jarak pada cermin cekung

Yang disebut dengan pusat kelengkungan adalah pusat kelengkungan cermin (c). *vertex* adalah titik tengah dari permukaan pantul (O), sumbu utama merupakan garis lurus yang menghubungkan antara pusat kelengkungan dan *vertex* (CO), jari-jari kelengkungan  $R$  merupakan jari-jari bola cermin, fokus utama ( $F$ ) merupakan sebuah titik pada sumbu utama tempat berkumpulnya sinar-sinar sejajar yang datang ke cermin, jarak fokus ( $f$ ) adalah jarak dari vertex ke fokus utama  $F$ , dan bidang fokus merupakan bidang yang melalui fokus dan tegak lurus sumbu utama (Susanto, 2009). Pada cermin cekung berlaku persamaan sebagai berikut :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana  $s_o$  = jarak benda ;  $s_i$  = jarak bayangan dan  $f$  = jarak fokus.



Gb. 2.3 Sinar-sinar paraksia sejajar sumbu utama yang dipantulkan oleh cermin menuju titik fokus.

Sehingga hubungan jarak fokus  $f$  dan jari-jari kelengkungan  $R$  dapat dijelaskan dengan gambar 2.3 diatas. Sinar-sinar sejajar sumbu utama yang menuju ke cermin tampak dipantulkan cermin melalui titik api (fokus) dengan persamaan :

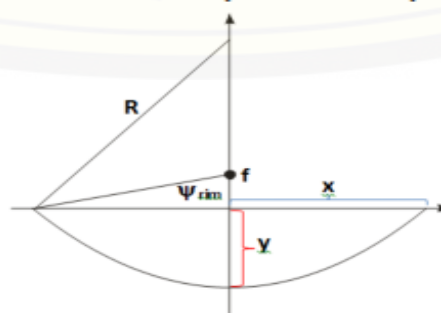
$$F = \frac{1}{2}R \text{ atau } R = 2f \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan kata lain fokus didapatkan dari setengah dari jari-jari kelengkungan yang ada. Atau jari-jari dari kelengkungan dapat didapatkan dari dua kali titik fokus yang ditemukan.

**2.5 Parabola**

Parabola merupakan suatu himpunan yang terdiri dari titik-titik yang jaraknya sama (*aquidistant*) dari direktriks  $L$  dan fokus  $F$ . Sehingga jarak dari garis dielektrik ke sepanjang titik yang ada pada parabola akan sama dengan jarak fokus parabola (Susanto, 2009). Sehingga dengan persamaan parabola (Lintang Ratri Prastika, 2015) didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$x^2 = 2Ry \dots\dots\dots(2.4)$$



Gb. 2.4 Parabola

Kemudian untuk mencari nilai titik fokus yang ada pada parabola ini adalah dengan menggunakan persamaan :

$$f = \frac{R}{2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Sudut rim dapat dihitung dengan persamaan :

$$\tan \frac{\text{rim}}{2} = \frac{2x}{4f} \dots\dots\dots(2.6)$$

Pada gambar 2.4 dapat diartikan bahwa  $x$  merupakan setengah lebar aperture atau jarak antara lengkungan parabola reflector serta  $y$  adalah kedalaman parabola dari garis aperture serta  $f$  adalah titik fokus di mana sinar akan dipantulkan (Lintang Ratri Prastika, 2015).

Prinsip fisika menyatakan bahwa ketika seberkas sinar mengenai permukaan cermin pantul (*reflection surface*), maka sudut yang datang akan membentuk sudut pantulnya dengan besar sudut yang sama. Sehingga dengan prinsip tersebut apabila parabola diputar pada sumbunya akan membentuk kulit pemantul cekung (*hollow reflection shell*), maka berkas sinar sejajar yang berasal dari sumber cahaya akan difokuskan menuju sebuah titik tunggal (Susanto, 2009).

## 2.6 Concentrated Solar Power (CSP)

Concentrated Solar Power (CSP) adalah sistem yang memanfaatkan teknologi dengan prinsip mengumpulkan cahaya matahari dalam suatu media yang kemudian dikonversikan menjadi energi panas yang mana dalam proses selanjutnya dapat digunakan dalam suatu sistem yang menghasilkan listrik . Negara-negara yang telah mengembangkan teknologi CSP ini adalah Algeria, Mesir, Yunani, India, Italia, Meksiko, Maroko, Spanyol, dan Amerika (Ghalya Pikra, 2011).

Beberapa jenis *collector* lain yang ada diantaranya kolektor plat datar, *solar ponds*, *solar chimney central receiver system* tetapi masing-masing yang disebut memiliki kelemahan dan kelebihan. Pada kolektor parabola radiasi matahari ( $\text{W/m}^2$ ) cukup untuk memanaskan fluida kerja sampai berubah bentuk menjadi uap. Pada kolektor plat datar tidak dapat menghasilkan suhu yang dapat merubah fluida kerja hingga menjadi uap sehingga kolektor jenis ini digunakan untuk fluida organik dan efisiensi dari kolektor ini hanya 2% dengan harga yang mahal. Dan

juga *solar chimney* secara keseluruhan memiliki efisiensi yang rendah, terlalu kecil untuk digunakan sebagai pembangkit dan tidak ekonomis. Sedangkan jenis parabola piring memiliki kelemahan yaitu biaya konstruksi yang tinggi dan kehandalan rendah (Michaelnavin, 2015).



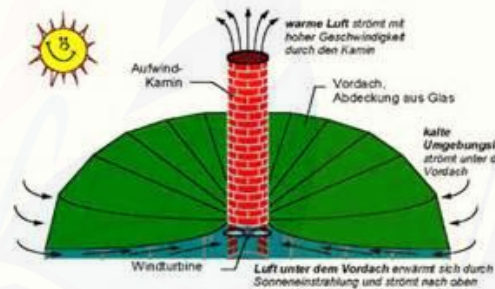
Gb. 2.5 *Parabolic Trough*  
(Sumber : google.com)



Gb. 2.6 *Parabolic Dish*  
(Sumber : google.com)



Gb. 2.7 *Solar Ponds*  
(Sumber : solarflairlighting.com)



Gb. 2.8 *Solar Chimney Central Receiver*  
(Sumber : pinstake.com)

Kehandalan dari *parabolic trough* yaitu memiliki suhu sistem sampai dengan  $400^{\circ}\text{C}$  , lebih tinggi jika dibandingkan dengan *parabolic dish* dan *central concentrators* dengan efisiensi yang lebih baik dari pada *plate collector*, *solar ponds* dan *solar chimney* memiliki temperature yang rendah sampai  $100^{\circ}\text{C}$ . Sehingga dengan alasan tersebut dipilih *parabolic trough* sebagai kolektor yang memiliki suhu sistem sedang (Michaelnavin, 2015).

Pada penelitian sebelumnya *parabolic trough collector* dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu *reflector* (pemantul), *absorber*, dan kaki penyangga. Plat dari *reflector* terpasang dengan bingkai persegi panjang, bingkai plan dan kaki

penyangga tersusun oleh besi pipih dengan ukuran 90 cm, lebar 2 cm, dan tebal 2mm. Bingkai untuk plat *reflector* berukuran 105 cm, lebar 60 cm, plat seng yang dilapisi dengan polet crom mengkilat untuk meningkatkan kemampuan pantul plat. Pipa *absorber* menggunakan bahan aluminium berukuran diameter luar dalam secara berurutan 1.25 cm dan 1 cm dan panjang 115 cm. Pipa *absorber* ditopang menggunakan besi pipih, besi penopang *absorber* ini berukuran panjang total 20 cm (Lintang Ratri Prastika, 2015).

Tekanan yang diperoleh dari penelitian sebelumnya adalah 2 bar saat suhu maksimum *outlet* sebesar 123°C dengan keadaan air mengalir, tekanan maksimum 1.4 bar dalam suhu yang kurang dari 100°C dikarenakan tekanan yang terukur oleh barometer tersebut merupakan tekanan udara dalam pipa yang terpanaskan, karena pipa tidak terisi penuh oleh air. Untuk mencapai 1.4 bar diperlukan waktu pemanasan 09.30 hingga 11.00. Dilakukan pengukuran intensitas radiasi matahari secara langsung saat melakukan pemanasan PTC supaya dihasilkan nilai efisiensi yang lebih akurat (Lintang Ratri Prastika, 2015).

## 2.7 Parameter Rancangan Solar Collector

### 2.7.1 Luas Kolektor

Luas kolektor merupakan, luas permukaan yang akan digunakan sebagai media untuk memantulkan sinar matahari dituliskan dengan rumus (Santoso, Harjatomiko, Wulung, & Suwidodo, 2008) sebagai berikut :

$$Ak = \frac{q}{I_g \times \eta} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana,

$I_g$  = intensitas radiasi matahari (Kwh/m<sup>2</sup>)

$\eta$  = efisiensi (%)

Dan energi yang dibutuhkan rumus (Santoso, Harjatomiko, Wulung, & Suwidodo, 2008) sebagai berikut :

$$Q = m \times cp \times \Delta T \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana,

$m$  = massa air (kg)

- $cp$  = kapasitas kalor (kwh/kg)  
 $\Delta T$  = perubahan temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $Q$  = energi yang dibutuhkan (kwh)

### 2.7.2 Daya Output

Daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan rumus (Ghalya Pikra, 2011) sebagai berikut :

$$Q_{out} = I \times A \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana,

- $Q_{out}$  = daya output (W)  
 $I$  = intensitas matahari ( $\text{W}/\text{m}^2$ )  
 $A$  = luas *aperture* ( $\text{m}^2$ )

Selanjutnya untuk daya yang dapat ditangkap oleh *solar collector* dapat dihitung dengan persaaan (Ghalya Pikra, 2011) sebagai berikut :

$$Q_{in} = \frac{\rho_f \times V_f \times c_{pf} \times \Delta T}{t} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana,

- $Q_{int}$  = panas input (W)  
 $\rho_f$  = densitas fluida ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $V_f$  = volume fluida ( $\text{m}^3$ )  
 $C_{pf}$  = panas spesifik fluida ( $\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ )  
 $\Delta T$  = perbedaan temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t$  = waktu pengujian (detik)

### 2.7.3 Efisiensi

Untuk mengetahui efisiensi dari *solar collector* maka dapat menggunakan rumus (Ghalya Pikra, 2011) sebagai berikut :

$$\eta = \frac{Q_{input}}{Q_{output}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana,

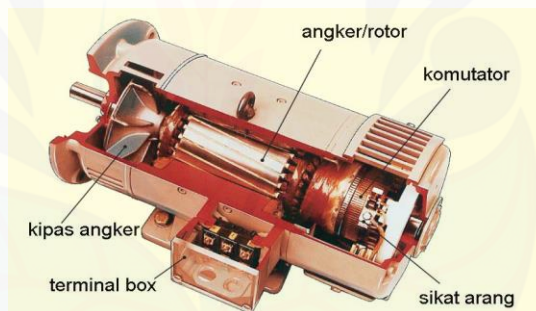
- $\eta$  = efisiensi (%)  
 $Q_{int}$  = panas input (W)  
 $Q_{out}$  = daya output (W)

## 2.8 Generator DC

Generator DC terdiri dua bagian, yaitu stator merupakan bagian dari mesin DC yang diam, dan bagian rotor, yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor. Pembangkitan tegangan induksi oleh sebuah generator diperoleh melalui dua cara ada yang dengan menggunakan cincin-seret dimana menghasilkan tegangan induksi bolak-balik dan juga dengan menggunakan komutator yang menghasilkan tegangan DC (Hermawan, 2016).

### 2.8.1 Konstruksi Generator DC

Biasanya generator DC tersusun dari magnet permanen dengan empat kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casis, serta bagian rotor.

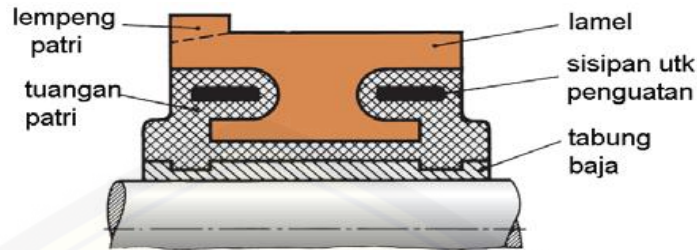


Gb. 2.9 Mesin Generator DC

Fisik mesin DC akan terlihat ketika rumah motor atau stator dibongkar sehingga kutub-kutub magnet dengan bentuk menonjol akan terlihat. Mesin DC yang sudah dipotong akan tampak beberapa *kompunden* yang mudah dikenali. Bagian yang berputar dan berbentuk belitan kawat dan ditopang poros disebut sebagai rotor atau jangkar.

Bagian rotor mesin DC salah satu ujungnya terdapat komutator yang merupakan kumpulan segmen tembaga yang tiap-tiap ujungnya disambungkan dengan ujung belitan rotor. Komutator merupakan bagian yang sering dirawat dan dibersihkan karena bagian ini bersinggungan dengan sikat arang untuk memasukkan arus dari jala-jala ke rotor. Komutator merupakan bagian yang sering

dirawat dan dibersihkan karena bagian ini bersinggungan dengan sikat arang untuk memasukkan arus dari jala-jala ke rotor (Hermawan, 2016).

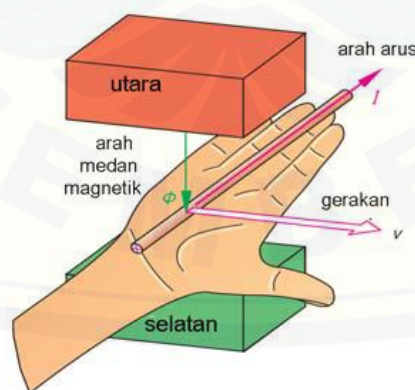


Gb. 2.10 Penampang Komutator

Kelemahan dari mesin DC adalah kontak mekanis yang ada diantara komutator dan sikat arang harus terjaga dan secara rutin dilakukan pemeliharaan. Sedangkan kelebihan khususnya untuk mendapatkan pengaturan kecepatan yang stabil dan halus.

### 2.8.2 Prinsip Kerja Generator DC

Prinsip kerja generator DC berdasarkan pada *kaidah tangan kanan*. Sepasang magnet permanen utara-selatan akan menghasilkan garis medan magnet  $\Phi$ , kawat penghantar di atas telapak tangan kanan ditembus garis medan magnet  $\Phi$ . Seperti yang dijelaskan pada gambar 2.11 dibawah bahwa apabila kawat digerakkan ke arah ibu jari, maka dalam kawat akan menghasilkan arus listrik  $I$  yang searah dengan keempat arah jari tangan.

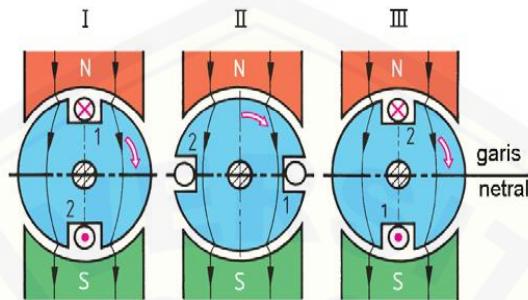


Gb. 2.11 Kaidah tangan kanan

Belitan kawat pada generator berbentuk silinder dan beberapa kawat dibelitkan hingga belitan itu menjadi suatu belitan rotor atau belitan jangkar.

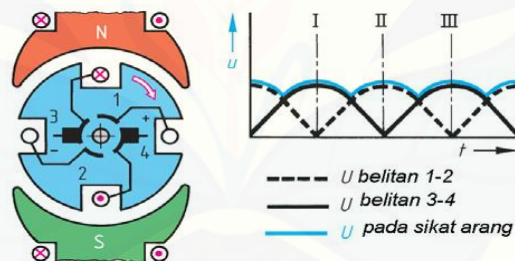


Kedudukan I, ketika rotor digerakkan serah jarum jam, kawat 1 tanda silang (menjauhi), kawat 2 tanda titik (mendekati) ggl induksi maksimum. Posisi II kawat 1 dan kawat 2 berada pada garis netral ggl induksi sama dengan nol. Posisi III kawat kebalikan posisi I dan ggl induksi tetap maksimum (Hermawan, 2016).



Gb. 2.12 Pembangkitan Tegangan DC pada Angker

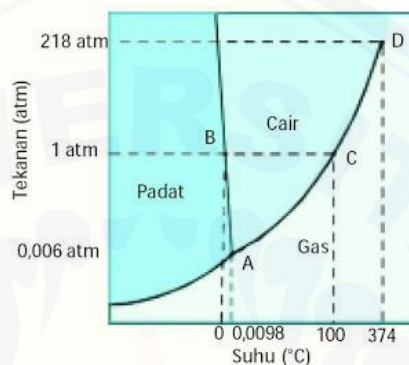
Mesin DC dikembangkan rotornya memiliki banyak belitan dan komutator memiliki beberapa segmen. Rotor memiliki empat belitan dan komutator empat segmen, sikat arang dua buah, akan menghasilkan ggl induksi dengan empat buah buah gelombang untuk setiap putaran rotornya (Hermawan, 2016).



Gb. 2.13 Prinsip Pembangkitan Tegangan DC

## 2.9 Diagram Fase

Diagram fase merupakan suatu diagram sifat yang memproyeksi permukaan p-v-T pada bidang tekanan dan temperature, apabila permukaan diproyeksikan dengan cara seperti ini, maka daerah dua fase akan tampak sebagai garis. Sebuah titik disepanjang garis ini menunjukkan semua campuran dua fase pada temperature dan tekanan tersebut.



Gb. 2.14 Diagram Fase Air

Istilah *temperature jenuh (saturation temperature)* menunjukkan temperature dimana suatu perubahan fase berlangsung pada suatu tekanan yang diberikan, dan tekanan ini disebut sebagai *tekanan jenuh (saturation pressure)* untuk temperature yang diberikan. Dari diagram fase tampaklah jelas bahwa untuk setiap tekanan jenuh terdapat sebuah temperatur jenuh tertentu, begitu pula sebaliknya (Moran & Sharpiro, 2004).

### 2.9.1 Keadaan Cair

Ketika sistem dipanaskan pada tekanan tetap, temperature meningkat cepat, sedangkan volume spesifik hanya sedikit meningkat. Untuk air pada 1.014 bar temperature jenuh adalah 100°C. Keadaan cair mengalami proses keadaan cair subdingin (*subcooled liquid*) karena temperature pada keadaan ini berada di bawah temperature jenuh pada tekanan tertentu. Keadaan seperti ini juga disebut dengan keadaan cair tekan (*compressed liquid*) karena tekanan untuk setiap keadaan lebih tinggi dari tekanan jenuh yang berhubungan dengan temperature pada keadaan tersebut (Moran & Sharpiro, 2004).

### 2.9.2 Keadaan Dua Fase Cair-Uap

Ketika sistem berada pada keadaan cair jenuh, penambahan kalor pada tekanan tertentu menyebabkan pembentukan uap tanpa terjadi perubahan temperature, tetapi dengan peningkatan volume spesifik yang cukup berarti. Ketika campuran cair dan uap berada dalam kesetimbangan, fase cair merupakan cair jenuh dan fase uap merupakan uap jenuh. Jika sistem terus dipanaskan sampai butir cairan terakhir menguap, maka disebut dalam keadaan uap jenuh (Moran & Sharpiro, 2004).

Tabel 2.1 Tabel Temperatur Jenuh

Temperatur (oC)	Tekanan (Bar)	Entalpi (kJ/kg)		
		Cair Jenuh (hf)	Evap (hfg)	Uap-Jenuh (hg)
10	0.01228	42.01	2477.7	2519.8
20	0.02339	83.96	2454.1	2538.1
30	0.04246	125.79	2430.5	2556.3
40	0.07384	167.57	2406.7	2574.3
50	0.1235	209.33	2382.7	2592.1
75	0.3858	313.93	2321.4	2635.3
100	1.014	419.04	2257	2676.1
110	1.433	461.3	2230.2	2691.5
120	1.985	503.71	2202.6	2706.3
130	2.701	546.31	2174.2	2720.5

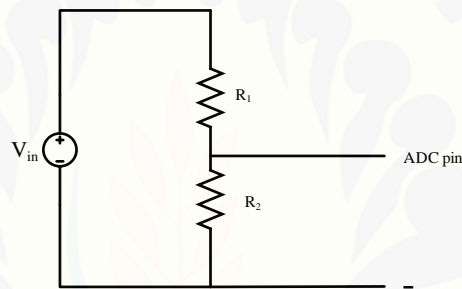
Tabel 2.1 merupakan tabel jenuh yang memberikan nilai sifat untuk keadaan cair jenuh dan keadaan uap jenuh, yang ditandai oleh subskrip f dan g. Tabel 2.1 Juga disebut dengan tabel temperature karena temperatur disusun dalam kolom pertama dengan peningkatan tertentu. Kolom kedua menampilkan tekanan jenuh terkait. Dua kolom berikutnya, masing-masing memberikan nilai volume spesifik cair jenuh  $v_f$ , dan volume spesifik uap jenuh  $v_g$  (Moran & Sharpiro, 2004).

## 2.10 Sensor

Dalam penelitian yang dilakukan terdapat sensor tegangan, sensor arus, sensor suhu yang berfungsi untuk membaca parameter tersebut pada *system*. Penjelasan sensor dijelaskan dalam sub bab berikut.

### 2.10.1 Sensor Tegangan

Sensor tegangan DC adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi tegangan dari listrik arus searah dengan keluaran tegangan analog untuk ADC pada mikrokontroler sebesar 5 volt. Sensor ini berprinsip pada rangkaian pembagi tegangan yaitu menggunakan 2 resistor yang dirangkai secara seri seperti gambar berikut:



Gb. 2.15 Rangkaian Sensor Tegangan

Pada sensor ini harus memiliki daya yang rendah agar tidak membuang energi listrik yang dikeluarkan oleh sumber energi listrik pada sensor tegangan DC tersebut. Oleh karena itu nilai resistor yang digunakan harus memiliki nilai resistansi yang tinggi.  $V_{in}$  adalah tegangan *input* pada sensor tegangan,  $R_1$  dan  $R_2$  adalah resistor pembandi agar keluaran  $V_o$  untuk masukkan PIN ADC pada mikrokontroler ketika tegangan  $V_{in}$  tertinggi mengeluarkan tegangan 5 volt, dengan persamaan untuk mencari nilai – nilai resistor  $R_1$  dan  $R_2$  ditunjukkan dengan persamaan (12) dibawah :

$$V_o = V_{in} \times \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \dots\dots\dots(2.12)$$

### 2.10.2 Sensor Arus

*Allegro ACS712* adalah sensor arus yang dapat digunakan sebagai pembacaan arus DC atau AC dengan standar industri, biasanya digunakan untuk

keperluan kendali motor, manajemen beban, proteksi arus lebih dan juga untuk keperluan pembuatan *switchmode power supply* (SMPS) (ACS712 *datasheet* 2012).

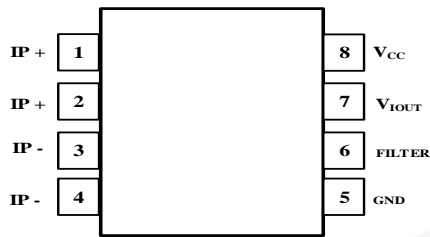
*Output* dari piranti ini ( $V_{OUT}$ ) memiliki kemiringan positif jika sebuah arus dengan nilai yang meningkat mengalir melalui jalur konduktor tembaga primer (dari pin 1 dan pin 2 ke pin 3 dan pin 4), yang merupakan jalur dari arus yang akan diukur. Resistansi internal dari jalur konduksi ini adalah 1.2 m $\Omega$  (tipikal) sehingga tidak menyebabkan tegangan jatuh yang besar (Hermawan, 2016).

Spesifikasi dari sensor arus ACS712 dapat dilihat pada tabel 2.2, pada tabel ini akan dijelaskan karakteristik sensor tersebut :

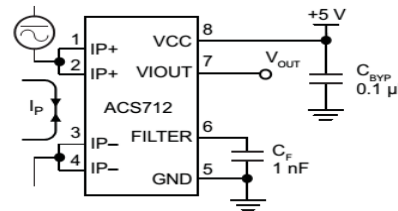
Tabel 2.2 Karakteristik Sensor Arus ACS712

Karakteristik	Simbol	Catatan	Rating	Satuan
Tegangan Suplai	$V_{CC}$		8	V
Tegangan Suplai Balik	$V_{RCC}$		-0,1	V
Tegangan Output	$V_{IOUT}$		8	V
Tegangan Output Balik	$V_{RIOUT}$		-0,1	V
Sumber Arus Output	$I_{IOUT(Source)}$		3	mA
Sumber Arus Tenggelam	$I_{IOUT(Sink)}$		10	mA
Toleransi Arus Lebih	$I_P$	1 pulsa, 100 ms	100	A
Temperatur Operasi Nominal	$T_A$	Range E	-40 s.d 85	$^{\circ}C$
Temperatur Junction Maksimum	$T_{J(max)}$		165	$^{\circ}C$
Temperatur Penyimpanan	$T_{stg}$		-65 s.d 170	$^{\circ}C$

Gambar 2.16 menunjukkan kemasan IC sensor arus ACS712 dan gambar 2.17 adalah diagram skematik yang menggambarkan hubungan kaki-kaki *input* dan *output* dari ACS712 (ACS712 *datasheet* 2012).



Gb. 2.16 Kemasan IC Sensor Arus ACS712

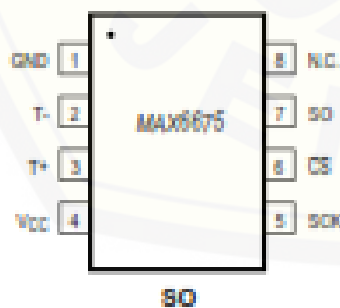


Gb. 2.17 Hubungan Kaki Sensor Arus ACS712

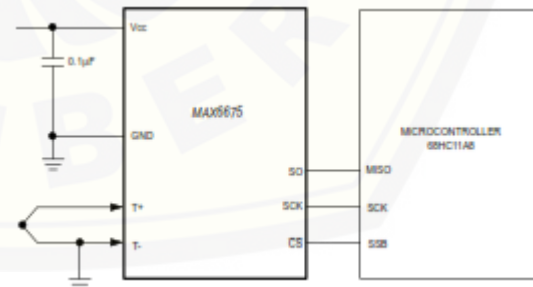
### 2.10.3 Thermocouples

*Thermocouples* dapat digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap suhu yang ada dengan lebih praktis, dengan berbagai kemudahan diantaranya kuat dengan kawat yang tebal, kawat halus, kecepatan pembacaan dari sensor ini mencapai 0.17 hingga 0.22 detik, memiliki *range* pengukuran yang luas, mudah untuk dilakukan peninstalan dan tersedia dalam banyak paket.

*Thermocouples* dapat membaca temperature suhu ukur mulai dari 0°C hingga 1024°C menggunakan *cold-junction* dengan sinyal dari tipe-K *thermocouple*. Keluaran data yang ada berupa 12-bit dengan pembacaan sensor yang lebih cepat dan tepat. Sumber yang digunakan dapat berupa sumber +3.0V hingga +5.5V dengan arus maksimal 1.5mA.



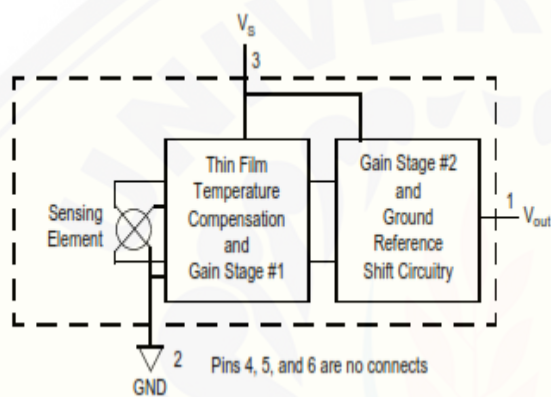
Gb. 2.18 Konfigurasi Pin



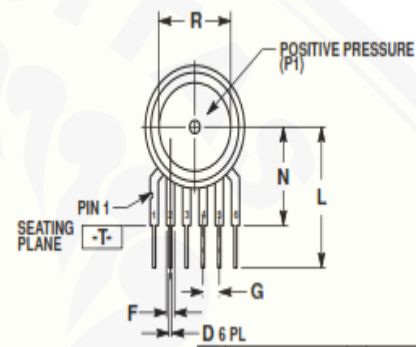
Gb. 2.19 Rangkaian Pada *Microcontroller*

#### 2.10.4 Sensor Tekanan

Sensor tekanan yang digunakan adalah MPX5700 merupakan suatu pengubah berupa piezoresistif *monolithic silicon* sensor tekanan ini dirancang dengan berbagai pengaplikasian akan tetapi biasanya diaplikasikan pada pengembangan *microcontroller* atau *microprocessor* dengan A/D. Maksimal kesalahan baca atau *error* adalah 2.5% saat suhu melebihi 85°C. Skematik dari sensor adalah 3 pin terhubung dengan  $V_{out}$ ,  $V_s$ , dan GND dan 3 pin sisa yaitu pin 4,5,6 tidak terkoneksi.



Gb. 2.20 Konfigurasi Pin



Gb. 2.21 Bentuk Fisik

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2.2 Karakteristik Sensor Tekanan MPX5700

Karakteristik	Simbol	Rating	Satuan
Range Tekanan	$P_{OP}$	0-700	kPa
Tegangan Suplai	$V_s$	4.75-5.25	Vdc
Tegangan Output	$V_{off}$	0.184 – 0.409	Vdc
Arus	$I_o$	7.0 -10	mAdc
Sensifitas	V/P	6.4	mV.kPa
Waktu Respon	$t_R$	1.0	ms

### 2.11 Arduino ATmega2560

Mikrokontroler digunakan untuk mengatur dan memproses besaran-besaran dari hasil alat ukur, seperti sensor tegangan, arus, tekanan, suhu air kolektor, serta suhu lingkungan. Kemudian juga digunakan untuk mengontrol *valve* yang mendapatkan masukan dari program visual PC.

Tabel 2.3 Karakteristik ATmega2560

No	Kriteria	Spesifikasi
1.	<i>Type</i>	<i>Microcontroller</i>
2.	<i>Model Type</i>	ATmega 2560
3.	<i>Voltage Operation</i>	5 VDC
4.	<i>Voltage Input</i>	7 – 12 VDC
5.	<i>Digital Input – Output</i>	54 Pins
6.	<i>Analog Input</i>	16 Pins
7.	<i>Flash Memory</i>	256 KB
8.	<i>SRAM</i>	8 KB
9.	<i>EEPROM</i>	4 KB
10.	<i>Clock</i>	16 MHz



## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

“Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari jenis *Open Loop Parabolic Trough*” ini dilaksanakan di :

Tempat : CDAST (Center for Development of Advance Science and Tecnology) Universitas Jember  
Alamat : Jl. Kalimantan 37 Jember 68121 Jawa Timur, Indonesia  
Waktu : Februari - Juni

### 3.2 Konsep Pemikiran

Konsep pemikiran mengenai penelitian ini adalah merancang sebuah *Consentrated Solar Power* atau yang biasa disingkat dengan CSP dengan menggunakan jenis *parabolic trough*. Sehingga sinar-sinar atau energi matahari tersebut dikumpulkan atau dikonsentrasikan pada suatu titik fokus yang letaknya pada bagian tengah dan sepanjang *parabolic trough* tersebut. Energi matahari yang terpusatkan tersebut nantinya akan digunakan sebagai energi pengubah bentuk dari fluida berupa air yang ada pada pipa tembaga (berada pada titik fokus) diharapkan menjadi uap yang bertekanan dan selanjutnya uap tersebut dapat memutar turbin.

CSP yang digunakan dalam penelitian ini tidak menggunakan metode *tracking* matahari sehingga collector tetap pada posisi menghadap ke atas dengan orientasi utara dan selatan. *Collector* yang digunakan dapat dibagi menjadi beberapa bagian diantaranya adalah penyangga berupa plat besi untuk menopang berat *reflector*, *reflector* menggunakan plat alumunium yang diharapkan dapat memantulkan cahaya matahari dengan baik dan penyangga pipa yang berada di titik fokus.

Parameter-parameter pengukuran yang dilakukan adalah intensitas matahari, suhu lingkungan, suhu awal air, suhu air pada kolektor, tekanan pada *steam storage*, tegangan dan arus, Selanjutnya menganalisa pengaruh intensitas terhadap suhu lingkungan, suhu air *collector* dan kinerja generator. Pengambilan data-data tersebut dilakukan pada pukul 10.00 WIB hingga 14.00 WIB.

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

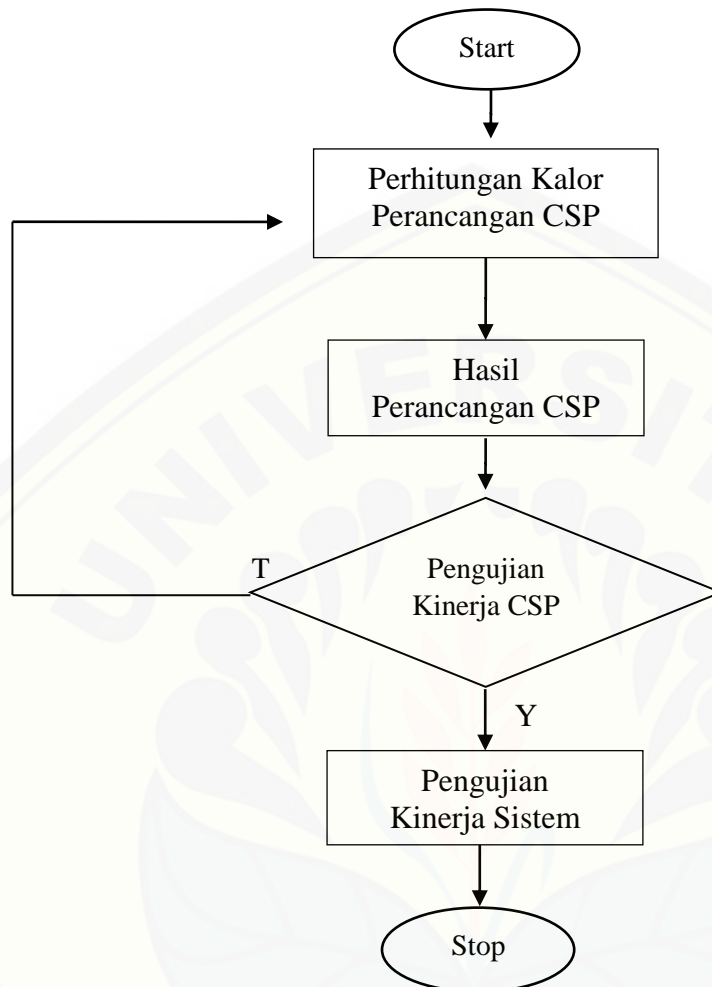
1. Peralatan las
2. Gerenda
3. Palu
4. Pengaris siku
5. Meteran
6. Tang kombinasi
7. Obeng +-
8. Kunci pas dan ring
9. Peralatan mekanik lainnya

#### 3.3.2 Bahan

1. Besi penyangga *solar colector*
2. Alumunium *reflector*
3. Arduino Mega
4. Sensor arus, tegangan, suhu dan tekanan
5. Lux meter
6. Pipa tembaga
7. Valve
8. Bahan pendukung lainnya

### 3.4 Desain Penelitian

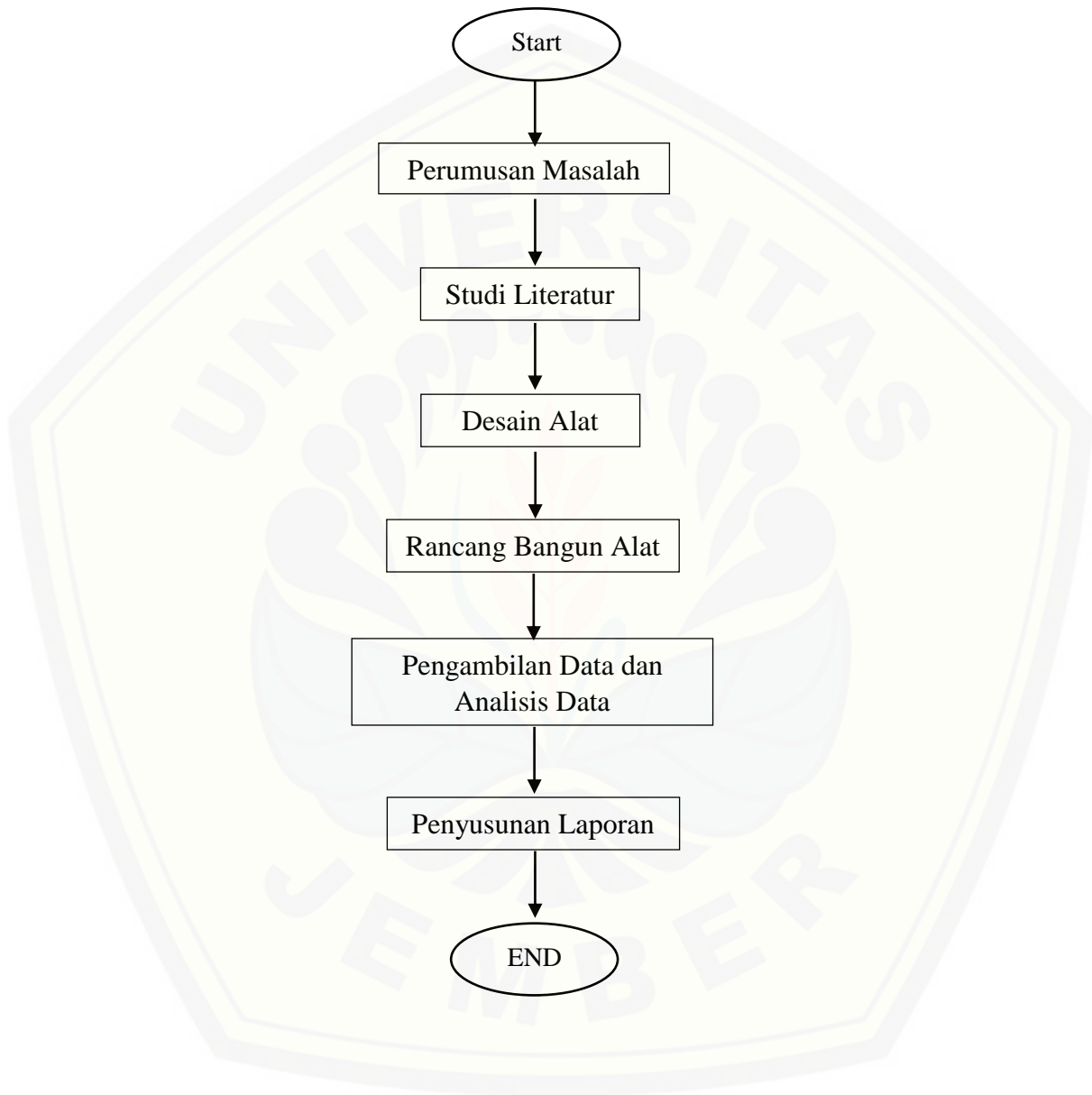
#### 3.4.1 Diagram Blok Sistem Pengujian



### 3.4.2 Flowchart

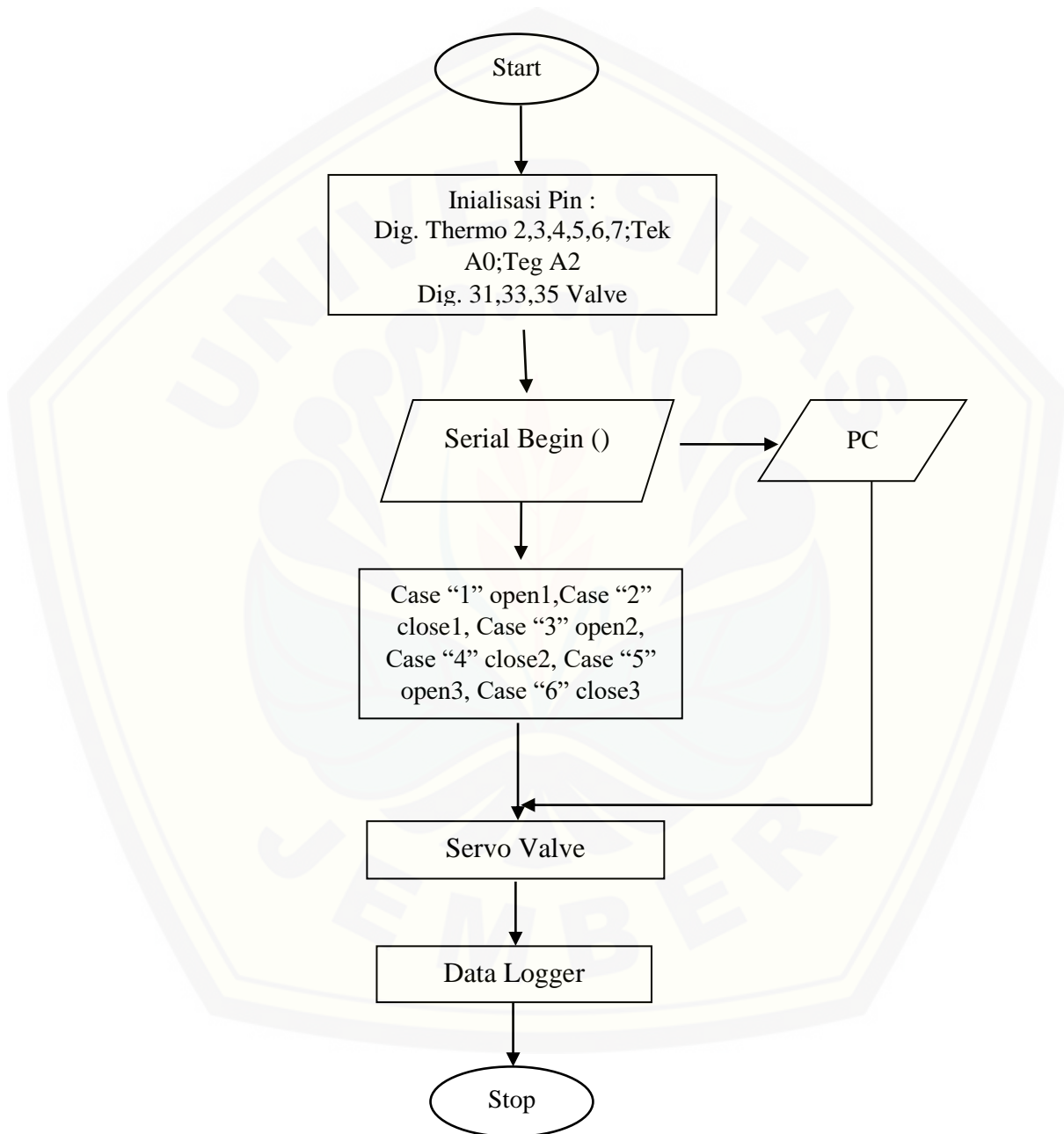
#### 1. Flowchart penelitian

*Flowchart* atau diagram yang akan digunakan pada penelitian dengan judul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Jenis *Open Loop Parabolic Trough*” ini adalah sebagai berikut :



## 2 Flowchart Program

Pada penelitian ini dibutuhkan dua program yakni program pada mikrokontroler Arduino Mega dan pada pembuatan visual menggunakan Microsoft Visual C# sebagai tampilannya. Bentuk dari flowchart adalah sebagai berikut :



### 3.5 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini adalah melakukan perhitungan awal dari rancangan *collector* dengan luasan yang akan digunakan, kemudian melakukan perhitungan nilai kalor yang dapat dihasilkan *collector* dan kalor yang diserap oleh *collector*. Melakukan pengukuran intensitas radiasi matahari, suhu lingkungan, suhu air *collector* atau pada pipa tembaga (*absorber*) dan pengukuran tekanan pada pipa tembaga tersebut.

Dengan didaptkannya parameter-parameter tersebut maka dapat dilakukan analisa pengaruh dari intensitas matahari terhadap beberapa parameter yakni suhu lingkungan, suhu air *collector* kemudian dengan suhu yang telah didapat melakukan rekayasa kalor dari suhu yang didapat yang bertujuan untuk mendapatkan tekanan dari suhu tersebut, dari tekanan tersebut diharapkan mampu menggerakkan turbin dan menghasilkan energi listrik.

Pengambilan data pada parameter dilakukan dengan dua cara yakni pengukuran langsung dengan alat dan pengukuran menggunakan pada masing-masing sensor, besaran-besaran yang ada pada sensor dapat dilihat secara langsung pada program yang telah dibuat dengan bahasa C# sehingga dapat dengan mudah dilakukan pemantauan, kemudian data yang ada tersebut dapat disimpan sebagai data *logger* yang nantinya digunakan untuk melakukan analisa pada parameter-parameter yang telah disebutkan diatas.

#### 2.9.1 Perancangan CSP

- A. Menentukan target tekanan dengan tabel temperature jenuh thermodinamika
- B. Menghitung perbedaan suhu target dengan suhu awal fluida (air)

$$\text{Perbedaan suhu } \Delta T = \text{Suhu target} - \text{Suhu air}$$

- C. Menghitung daya kalor input

$$Q_{in} = \frac{\rho_f \times V_f \times C_{pf} \times \Delta T}{t}$$

$Q_{in}$  = panas input (W)

$\rho_f$  = densitas fluida (kg/m<sup>3</sup>)

$V_f$  = volume fluida (m<sup>3</sup>)

$C_{pf}$  = panas spesifik fluida (J/kg°C)

$\Delta T$  = perbedaan temperature (°C)

$t$  = waktu pengujian (detik)

D. Menghitung daya kalor output

$$Q_{out} = I \times A$$

$Q_{out}$  = daya output (W)

$I$  = intensitas matahari (W/m<sup>2</sup>)

$A$  = luas *aperture* (m<sup>2</sup>)

E. Menghitung luas kolektor

$$A_k = \frac{q}{I_g \times \eta}$$

$I_g$  = intensitas radiasi matahari (Kwh/m<sup>2</sup>)

$\eta$  = efisiensi (%)

F. Melakukan pekerjaan mekanik pembuatan alat

G. Melakukan pembuatan program visual c# dan Arduino

2.9.2 Pengujian Hasil perancangan CSP

A. Mengetahui pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap suhu suhu lingkungan

B. Mengetahui pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap suhu suhu air *collector*

C. Mengetahui pengaruh suhu air collector terhadap tekanan

D. Mengetahui pengaruh tekanan terhadap sistem generator tanpa beban/dengan beban.





## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya percobaan-percobaan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Didapatkan desain pembangkit tenaga panas matahari jenis *open loop parabolic trough* dengan pajang *collector* 2.12 m, lebar 1.0 m dan luas 2.12 m<sup>2</sup> menghasilkan kalor *output* 1696 Watt. Suhu tertinggi air *collector* 61.44°C pada intensitas matahari 879.27 dan energi yang terserap 10293.82 Joule. Akan tetapi dengan desain tersebut belum didapatkan energi listrik dikarenakan perubahan suhu yang terjadi pada pipa *absorber* kurang tinggi serta rendahnya tekanan hal tersebut dipengaruhi oleh masih terbiasnya pantulan dari *collector* dan rendahnya intensitas radiasi matahari.

2. Intensitas matahari berpengaruh terhadap kinerja generator, hal ini dibuktikan dengan berbanding lurusnya pengukuran suhu, tekanan terhadap intensitas radiasi matahari. Sehingga dengan sistem yang sama untuk menghasilkan energi listrik diperlukan sumber energi lain sebesar 25860.24 Joule berupa panas kompor untuk menghasilkan perbedaan suhu air sebesar 84°C dari 28°C, tekanan 18.85 psi dan tegangan generator sebesar 8.46V.

### 5.2 Saran

Perlu dilakukannya *tracking* sinar matahari sehingga fokus dari *collector* tidak menyimpang terlalu jauh, atau bahkan tetap. Sebaiknya dilakukan pada musim kemarau sehingga didapatkan intensitas radiasi matahari yang maksimal. Diperlukan pengukuran kecepatan angin pada saat dilakukan pengujian agar data dapat lebih akurat.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ghalya Pikra, A. S. (2011). Uji Coba Awal Parabolic Trough Solar Collector. *Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology Vol. 02, No 2, pp 57-64, 57-64.*
- Hermawan, R. A. (2016). *Rancang Bangun Speed Observer Pada Generator DC Menggunakan logika Fuzzy*. Jember: Universitas Jember.
- Lintang Ratri Prastika, M. M. (2015). Desain, Perakitan dan Uji Coba Mini Parabolic Trough Collector (PTC) Sederhana. *PROSIDING SKF* (pp. 224-229). Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Michaelnavin, K. M. (2015). Solar Steam Power Generator. *International Conference on Technologies for Sustainable Development (ICTSD)*. Mumbai, India: IEEE.
- Moran, M. J., & Sharpiro, H. N. (2004). *Termodinamika Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Santoso, H. B., Harjatmiko, A., Wulung, A., & Suwidodo. (2008). Pembuatan Solar Collector Sistem Siklus Terbuka dengan Alat Kontrol Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi* (pp. 11-24). Yogyakarta: IST AKPRIND.
- Susanto, R. (2009). *Studi Tentang Pengumpulan Cahaya Oleh Kolektor Surya Berbentuk Parabola Untuk Hybrid Solar Light (HSL)*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

LAMPIRAN



Percobaan Perancangan Awal



Pembuatan Bingkai Reflektor



Pemasangan Pengunci Colektor



Pemasangan Reflektor



Kalibrasi tekanan dan tekanan



Pengaturan ketinggian fokus

## A. Data Percobaan Pertama

Jam	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	T Ling	Suhu Air Awal	T Collector Air	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in
10:00	651.75	30.51	28	43.79	15.79	0.0000733	4200	1000	4860.15	300	16.2
10:05	655.7	30.76	28	45.99	17.99	0.0000733	4200	1000	5536.97	300	18.46
10:10	671.5	32.3	28	46.05	18.05	0.0000733	4200	1000	5558.07	300	18.53
10:15	675.45	33.85	28	48.77	20.77	0.0000733	4200	1000	6393.25	300	21.31
10:20	808.17	35.48	28	49.65	21.65	0.0000733	4200	1000	6666.4	300	22.22
10:25	717.32	35.79	28	52.99	24.99	0.0000733	4200	1000	7692.64	300	25.64
10:30	736.28	37.28	28	49.43	21.43	0.0000733	4200	1000	6597.44	300	21.99
10:35	741.02	36.28	28	48.28	20.28	0.0000733	4200	1000	6242.31	300	20.81
10:40	737.07	36.58	28	51.11	23.11	0.0000733	4200	1000	7113.53	300	23.71
10:45	738.65	39.87	28	52.3	24.3	0.0000733	4200	1000	7481.28	300	24.94
10:50	748.13	40.46	28	53.16	25.16	0.0000733	4200	1000	7745.2	300	25.82
10:55	752.08	41.36	28	51.3	23.3	0.0000733	4200	1000	7172.06	300	23.91
11:00	756.82	43.24	28	51.33	23.33	0.0000733	4200	1000	7181.05	300	23.94
11:05	759.98	43.24	28	52.95	24.95	0.0000733	4200	1000	7682.18	300	25.61
11:10	743.39	42.89	28	52.95	24.95	0.0000733	4200	1000	7682.18	300	25.61
11:15	746.55	42.54	28	52.91	24.91	0.0000733	4200	1000	7669.87	300	25.57
11:20	722.85	41.93	28	51.53	23.53	0.0000733	4200	1000	7243.44	300	24.14
11:25	734.7	45.78	28	52.85	24.85	0.0000733	4200	1000	7651.39	300	25.5
11:30	744.18	47.48	28	51.23	23.23	0.0000733	4200	1000	7152.37	300	23.84
11:35	726.8	48.41	28	48.96	20.96	0.0000733	4200	1000	6451.91	300	21.51
11:40	752.08	44.98	28	47.71	19.71	0.0000733	4200	1000	6069.32	300	20.23

11:45	794.74	47.63	28	57.19	29.19	0.0000733	4200	1000	8987.27	300	29.96
11:50	784.47	46.64	28	62.36	34.36	0.0000733	4200	1000	10578.07	300	35.26
11:55	792.37	46.73	28	58.94	30.94	0.0000733	4200	1000	9524.07	300	31.75
12:00	707.84	43.35	28	53.48	25.48	0.0000733	4200	1000	7843.15	300	26.14
12:05	710.21	43.46	28	49.18	21.18	0.0000733	4200	1000	6521.03	300	21.74
12:10	760.77	44.23	28	45.58	17.58	0.0000733	4200	1000	5410.78	300	18.04
12:15	736.28	44.66	28	53.79	25.79	0.0000733	4200	1000	7941.11	300	26.47
12:20	801.85	46.03	28	55.3	27.3	0.0000733	4200	1000	8403.18	300	28.01
12:25	791.58	50.4	28	54.59	26.59	0.0000733	4200	1000	8186.84	300	27.29
12:30	771.04	46.65	28	52.86	24.86	0.0000733	4200	1000	7653.12	300	25.51
12:35	721.27	42.39	28	48.96	20.96	0.0000733	4200	1000	6454.14	300	21.51
12:40	680.98	35.98	28	39.99	11.99	0.0000733	4200	1000	3691.81	300	12.31
12:45	180.12	34.23	28	29.85	1.85	0.0000733	4200	1000	570.66	300	1.9
12:50	214.09	31.39	28	30.05	2.05	0.0000733	4200	1000	631.11	300	2.1
12:55	204.61	31.91	28	35.11	7.11	0.0000733	4200	1000	2188.6	300	7.3
13:00	680.98	36.27	28	40.13	12.13	0.0000733	4200	1000	3733.5	300	12.45
13:05	624.1	35.18	28	39.17	11.17	0.0000733	4200	1000	3440.2	300	11.47
13:10	691.25	37.08	28	41.71	13.71	0.0000733	4200	1000	4220.2	300	14.07
13:15	233.84	36.1	28	34.61	6.61	0.0000733	4200	1000	2035.23	300	6.78
13:20	203.03	34.32	28	36.04	8.04	0.0000733	4200	1000	2475.75	300	8.25
13:25	215.67	34.48	28	35.11	7.11	0.0000733	4200	1000	2188.32	300	7.29
13:30	257.54	37.97	28	38.9	10.9	0.0000733	4200	1000	3354.83	300	11.18
13:35	650.17	39.38	28	36.06	8.06	0.0000733	4200	1000	2480.23	300	8.27
13:40	583.02	32.29	28	31.81	3.81	0.0000733	4200	1000	1171.89	300	3.91

# Digital Repository Universitas Jember

13:45	335.75	25.55	28	30.15	2.15	0.0000733	4200	1000	661.9	300	2.21
13:50	228.31	29.72	28	30	2	0.0000733	4200	1000	615.72	300	2.05
13:55	466.89	29.39	28	29.9	1.9	0.0000733	4200	1000	584.93	300	1.95
14:00	555.37	30	28	31.24	3.24	0.0000733	4200	1000	997.47	300	3.32
	w/m	T Ling	Suhu Air Awal	T Collector	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q(in)
Rata"	626.5022449	38.87	28	4.57E+01	17.66	7.33E-05	4200	1000	5436.49	300	18.12
MIN	180.12	25.55	28	29.85	1.85	0.0000733	4200	1000	570.66	300	1.9
MAX	808.17	50.4	28	62.36	34.36	0.0000733	4200	1000	10578.07	300	35.26

## B. Data Percobaan Kedua

Jam	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	T Ling	Suhu Air Awal	T Collector Air	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in
10:00	210.93	34.00	28.00	30.24	2.24	0.0000733	4200.00	1000	689.61	300	2.3
10:05	195.13	31.00	28.00	30.16	2.16	0.0000733	4200.00	1000	664.98	300	2.22
10:10	249.64	33.00	28.00	30.23	2.23	0.0000733	4200.00	1000	686.53	300	2.29
10:15	191.18	33.00	28.00	30.53	2.53	0.0000733	4200.00	1000	778.89	300	2.6
10:20	849.25	34.00	28.00	32.87	4.87	0.0000733	4200.00	1000	1499.28	300	5
10:25	847.67	36.00	28.00	36.16	8.16	0.0000733	4200.00	1000	2512.14	300	8.37
10:30	837.40	34.00	28.00	39.15	11.15	0.0000733	4200.00	1000	3432.64	300	11.44
10:35	846.09	35.00	28.00	42.73	14.73	0.0000733	4200.00	1000	4534.78	300	15.12
10:40	846.88	36.00	28.00	49.72	21.72	0.0000733	4200.00	1000	6687.80	300	22.29
10:45	850.04	34.00	28.00	52.86	24.86	0.0000733	4200.00	1000	7654.71	300	25.52
10:50	843.72	36.00	28.00	52.54	24.54	0.0000733	4200.00	1000	7555.69	300	25.19
10:55	846.88	35.00	28.00	52.54	24.54	0.0000733	4200.00	1000	7553.53	300	25.18
11:00	857.94	42.00	28.00	52.72	24.72	0.0000733	4200.00	1000	7611.78	300	25.37
11:05	878.48	43.00	28.00	53.87	25.87	0.0000733	4200.00	1000	7965.32	300	26.55
11:10	849.25	42.00	28.00	49.53	21.53	0.0000733	4200.00	1000	6627.92	300	22.09
11:15	173.80	41.00	28.00	47.97	19.97	0.0000733	4200.00	1000	6148.58	300	20.5
11:20	847.67	42.00	28.00	49.03	21.03	0.0000733	4200.00	1000	6475.60	300	21.59
11:25	272.55	45.00	28.00	48.92	20.92	0.0000733	4200.00	1000	6441.20	300	21.47
11:30	248.06	44.00	28.00	48.74	20.74	0.0000733	4200.00	1000	6383.54	300	21.28
11:35	845.30	46.00	28.00	49.82	21.82	0.0000733	4200.00	1000	6718.61	300	22.4

# Digital Repository Universitas Jember

11:40	214.09	42.00	28.00	49.75	21.75	0.0000733	4200.00	1000	6696.94	300	22.32
11:45	850.83	43.00	28.00	53.09	25.09	0.0000733	4200.00	1000	7725.28	300	25.75
11:50	846.88	46.00	28.00	53.12	25.12	0.0000733	4200.00	1000	7734.88	300	25.78
11:55	279.66	44.00	28.00	51.85	23.85	0.0000733	4200.00	1000	7343.17	300	24.48
12:00	225.94	42.00	28.00	50.78	22.78	0.0000733	4200.00	1000	7014.05	300	23.38
12:05	848.46	43.00	28.00	50.85	22.85	0.0000733	4200.00	1000	7035.59	300	23.45
12:10	842.93	45.00	28.00	51.84	23.84	0.0000733	4200.00	1000	7337.90	300	24.46
12:15	869.79	47.00	28.00	53.87	25.87	0.0000733	4200.00	1000	7964.98	300	26.55
12:20	864.26	44.00	28.00	55.1	27.1	0.0000733	4200.00	1000	8341.93	300	27.81
12:25	856.36	44.00	28.00	55.16	27.16	0.0000733	4200.00	1000	8361.02	300	27.87
12:30	281.24	44.00	28.00	52.88	24.88	0.0000733	4200.00	1000	7658.42	300	25.53
12:35	217.25	42.00	28.00	51.74	23.74	0.0000733	4200.00	1000	7309.70	300	24.37
12:40	216.46	40.00	28.00	50.24	22.24	0.0000733	4200.00	1000	6845.33	300	22.82
12:45	842.14	44.00	28.00	52.35	24.35	0.0000733	4200.00	1000	7495.78	300	24.99
12:50	849.25	43.00	28.00	53.83	25.83	0.0000733	4200.00	1000	7953.44	300	26.51
12:55	849.25	39.00	28.00	53.99	25.99	0.0000733	4200.00	1000	8000.45	300	26.67
13:00	206.98	39.00	28.00	51.76	23.76	0.0000733	4200.00	1000	7315.74	300	24.39
13:05	205.40	32.00	28.00	49.86	21.86	0.0000733	4200.00	1000	6730.74	300	22.44
13:10	833.45	34.00	28.00	50.87	22.87	0.0000733	4200.00	1000	7041.47	300	23.47
13:15	185.65	33.00	28.00	49.76	21.76	0.0000733	4200.00	1000	6699.77	300	22.33
13:20	809.75	33.00	28.00	52.85	24.85	0.0000733	4200.00	1000	7651.09	300	25.5
13:25	837.40	35.00	28.00	53.43	25.43	0.0000733	4200.00	1000	7827.77	300	26.09
13:30	772.62	33.00	28.00	49.54	21.54	0.0000733	4200.00	1000	6630.75	300	22.1
13:35	714.95	33.00	28.00	48.52	20.52	0.0000733	4200.00	1000	6318.36	300	21.06



13:40	740.23	34.00	28.00	50.73	22.73	0.0000733	4200.00	1000	6996.52	300	23.32
13:45	269.39	32.00	28.00	48.72	20.72	0.0000733	4200.00	1000	6379.91	300	21.27
13:50	687.30	33.00	28.00	48.69	20.69	0.0000733	4200.00	1000	6370.33	300	21.23
13:55	693.62	34.00	28.00	48.48	20.48	0.0000733	4200.00	1000	6303.68	300	21.01
14:00	692.83	35.00	28.00	49.26	21.26	0.0000733	4200.00	1000	6544.46	300	21.81
Jam	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	T Ling	Suhu Air Awal	T Collector Air	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in
Rata"	616.17	38.53	28.00	48.43	20.43	7.33E-05	4200.00	1000	6290.87	300	20.97
MIN	173.80	31.00	28.00	30.16	2.16	0.0000733	4200.00	1000	664.98	300	2.22
MAX	878.48	47.00	28.00	55.16	27.16	0.0000733	4200.00	1000	8361.02	300	27.87

## C. Data Percobaan Ketiga

Jam	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	T Ling	Suhu Air Awal	T Collector Air	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in
10:00	722.06	35.77	28	48.87	20.87	0.0000733	4200	1000	6426.12	300	21.42
10:05	715.74	34.75	28	48.32	20.32	0.0000733	4200	1000	6257.13	300	20.86
10:10	730.75	35.87	28	49.84	21.84	0.0000733	4200	1000	6722.55	300	22.41
10:15	736.28	35.65	28	48.76	20.76	0.0000733	4200	1000	6392.16	300	21.31
10:20	730.75	34.23	28	48.8	20.8	0.0000733	4200	1000	6404.57	300	21.35
10:25	726.8	33.66	28	49.88	21.88	0.0000733	4200	1000	6734.75	300	22.45
10:30	730.75	33.99	28	49.92	21.92	0.0000733	4200	1000	6749.21	300	22.5
10:35	733.91	34.15	28	48.65	20.65	0.0000733	4200	1000	6358.02	300	21.19
10:40	665.18	33.76	28	48.29	20.29	0.0000733	4200	1000	6245.19	300	20.82
10:45	722.85	34.34	28	49.72	21.72	0.0000733	4200	1000	6687.67	300	22.29
10:50	796.32	36.98	28	51.26	23.26	0.0000733	4200	1000	7159.78	300	23.87
10:55	808.17	38.68	28	52.87	24.87	0.0000733	4200	1000	7657.19	300	25.52
11:00	192.76	35.55	28	48.98	20.98	0.0000733	4200	1000	6459.61	300	21.53
11:05	205.4	35.09	28	49.72	21.72	0.0000733	4200	1000	6687.8	300	22.29
11:10	788.42	35.49	28	52.98	24.98	0.0000733	4200	1000	7691.33	300	25.64
11:15	821.6	40.15	28	54.93	26.93	0.0000733	4200	1000	8291.44	300	27.64
11:20	260.7	36.07	28	51.86	23.86	0.0000733	4200	1000	7346.16	300	24.49
11:25	403.69	37.08	28	52.97	24.97	0.0000733	4200	1000	7688.34	300	25.63
11:30	323.11	37.01	28	51.94	23.94	0.0000733	4200	1000	7371.49	300	24.57
11:35	850.83	38.09	28	56.86	28.86	0.0000733	4200	1000	8885.55	300	29.62

# Digital Repository Universitas Jember

11:40	803.43	37.84	28	55.24	27.24	0.0000733	4200	1000	8384.6	300	27.95
11:45	811.33	38.28	28	56.24	28.24	0.0000733	4200	1000	8692.64	300	28.98
11:50	854.78	38.46	28	59.86	31.86	0.0000733	4200	1000	9809.13	300	32.7
11:55	879.27	42.36	28	61.44	33.44	0.0000733	4200	1000	10293.82	300	34.31
12:00	247.27	39.82	28	54.72	26.72	0.0000733	4200	1000	8227.13	300	27.42
12:05	876.11	40.62	28	56.82	28.82	0.0000733	4200	1000	8873.48	300	29.58
12:10	894.28	40.36	28	59.83	31.83	0.0000733	4200	1000	9800.45	300	32.67
12:15	872.95	39.58	28	57.78	29.78	0.0000733	4200	1000	9168.78	300	30.56
12:20	218.04	37.83	28	53.93	25.93	0.0000733	4200	1000	7982.29	300	26.61
12:25	819.23	40.62	28	56.72	28.72	0.0000733	4200	1000	8842.82	300	29.48
12:30	854.78	41.98	28	58.24	30.24	0.0000733	4200	1000	9308.15	300	31.03
12:35	846.88	39.46	28	58.83	30.83	0.0000733	4200	1000	9492.09	300	31.64
12:40	244.11	38.44	28	52.65	24.65	0.0000733	4200	1000	7589.52	300	25.3
12:45	177.75	36.75	28	51.57	23.57	0.0000733	4200	1000	7257.74	300	24.19
12:50	301.78	36.87	28	50.13	22.13	0.0000733	4200	1000	6811.62	300	22.71
12:55	154.05	35.14	28	49.04	21.04	0.0000733	4200	1000	6476.36	300	21.59
13:00	98.75	35.08	28	47.82	19.82	0.0000733	4200	1000	6102.89	300	20.34
13:05	92.43	34.88	28	47.66	19.66	0.0000733	4200	1000	6052	300	20.17
13:10	82.95	31	28	47.44	19.44	0.0000733	4200	1000	5984.12	300	19.95
13:15	762.35	34.66	28	49.23	21.23	0.0000733	4200	1000	6537.25	300	21.79
13:20	755.24	35.52	28	50.43	22.43	0.0000733	4200	1000	6904.28	300	23.01
13:25	683.35	35.28	28	50.25	22.25	0.0000733	4200	1000	6848.65	300	22.83
13:30	642.27	35.18	28	49.63	21.63	0.0000733	4200	1000	6658.21	300	22.19
13:35	572.75	35.03	28	49.35	21.35	0.0000733	4200	1000	6571.67	300	21.91

13:40	546.68	35.63	28	50.24	22.24	0.0000733	4200	1000	6845.45	300	22.82
13:45	519.82	35	28	51.24	23.24	0.0000733	4200	1000	7153.65	300	23.85
13:50	495.33	34.37	28	49.24	21.24	0.0000733	4200	1000	6538.21	300	21.79
13:55	464.52	34.24	28	49.13	21.13	0.0000733	4200	1000	6504.07	300	21.68
14:00	430.55	32.33	28	48.24	20.24	0.0000733	4200	1000	6229.58	300	20.77
	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	T Ling	Suhu Air Awal	T Collector Air	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in
Rata"	585.0836735	36.51	28	52.01	24.01	7.33E-05	4200	1000	7390.95	300	24.64
MIN	82.95	31	28	47.44	19.44	0.0000733	4200	1000	5984.12	300	19.95
MAX	894.28	42.36	28	61.44	33.44	0.0000733	4200	1000	10293.82	300	34.31

## D. Data Percobaan Rata-rata

Jam	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	T Ling	Suhu Air Awal	T Collector Air	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in
10:00	528.25	33.43	28	40.97	12.97	0.0000733	4200	1000	3991.96	300	13.31
10:05	522.19	32.17	28	41.49	13.49	0.0000733	4200	1000	4153.03	300	13.84
10:10	550.63	33.72	28	42.04	14.04	0.0000733	4200	1000	4322.38	300	14.41
10:15	534.3	34.17	28	42.69	14.69	0.0000733	4200	1000	4521.43	300	15.07
10:20	796.06	34.57	28	43.78	15.78	0.0000733	4200	1000	4856.75	300	16.19
10:25	763.93	35.15	28	46.34	18.34	0.0000733	4200	1000	5646.51	300	18.82
10:30	768.14	35.09	28	46.17	18.17	0.0000733	4200	1000	5593.1	300	18.64
10:35	773.67	35.14	28	46.55	18.55	0.0000733	4200	1000	5711.7	300	19.04
10:40	749.71	35.45	28	49.71	21.71	0.0000733	4200	1000	6682.17	300	22.27
10:45	770.51	36.07	28	51.63	23.63	0.0000733	4200	1000	7274.55	300	24.25
10:50	796.06	37.81	28	52.32	24.32	0.0000733	4200	1000	7486.89	300	24.96
10:55	802.38	38.35	28	52.23	24.23	0.0000733	4200	1000	7460.93	300	24.87
11:00	602.51	40.26	28	51.01	23.01	0.0000733	4200	1000	7084.15	300	23.61
11:05	614.62	40.44	28	52.18	24.18	0.0000733	4200	1000	7445.1	300	24.82
11:10	793.69	40.13	28	51.82	23.82	0.0000733	4200	1000	7333.81	300	24.45
11:15	580.65	41.23	28	51.94	23.94	0.0000733	4200	1000	7369.96	300	24.57
11:20	610.41	40	28	50.81	22.81	0.0000733	4200	1000	7021.73	300	23.41
11:25	470.31	42.62	28	51.58	23.58	0.0000733	4200	1000	7260.31	300	24.2
11:30	438.45	42.83	28	50.64	22.64	0.0000733	4200	1000	6969.13	300	23.23
11:35	807.64	44.16	28	51.88	23.88	0.0000733	4200	1000	7352.02	300	24.51

# Digital Repository Universitas Jember

11:40	589.87	41.6	28	50.9	22.9	0.0000733	4200	1000	7050.29	300	23.5
11:45	818.97	42.97	28	55.51	27.51	0.0000733	4200	1000	8468.4	300	28.23
11:50	828.71	43.7	28	58.45	30.45	0.0000733	4200	1000	9374.03	300	31.25
11:55	650.43	44.36	28	57.41	29.41	0.0000733	4200	1000	9053.69	300	30.18
12:00	393.68	41.72	28	52.99	24.99	0.0000733	4200	1000	7694.78	300	25.65
12:05	811.59	42.36	28	52.29	24.29	0.0000733	4200	1000	7476.7	300	24.92
12:10	832.66	43.2	28	52.41	24.41	0.0000733	4200	1000	7516.38	300	25.05
12:15	826.34	43.75	28	55.15	27.15	0.0000733	4200	1000	8358.29	300	27.86
12:20	628.05	42.62	28	54.77	26.77	0.0000733	4200	1000	8242.46	300	27.47
12:25	822.39	45.01	28	55.49	27.49	0.0000733	4200	1000	8463.56	300	28.21
12:30	635.69	44.21	28	54.66	26.66	0.0000733	4200	1000	8206.56	300	27.36
12:35	595.13	41.29	28	53.18	25.18	0.0000733	4200	1000	7751.98	300	25.84
12:40	380.52	38.14	28	47.63	19.63	0.0000733	4200	1000	6042.22	300	20.14
12:45	400	38.33	28	44.59	16.59	0.0000733	4200	1000	5108.06	300	17.03
12:50	455.04	37.09	28	44.67	16.67	0.0000733	4200	1000	5132.06	300	17.11
12:55	402.64	35.35	28	46.04	18.04	0.0000733	4200	1000	5555.14	300	18.52
13:00	328.9	36.78	28	46.57	18.57	0.0000733	4200	1000	5717.38	300	19.06
13:05	307.31	34.02	28	45.57	17.57	0.0000733	4200	1000	5407.65	300	18.03
13:10	535.88	34.03	28	46.67	18.67	0.0000733	4200	1000	5748.6	300	19.16
13:15	393.95	34.59	28	44.54	16.54	0.0000733	4200	1000	5090.75	300	16.97
13:20	589.34	34.28	28	46.44	18.44	0.0000733	4200	1000	5677.04	300	18.92
13:25	578.81	34.92	28	46.26	18.26	0.0000733	4200	1000	5621.58	300	18.74
13:30	557.48	35.38	28	46.02	18.02	0.0000733	4200	1000	5547.93	300	18.49
13:35	645.96	35.8	28	44.64	16.64	0.0000733	4200	1000	5123.42	300	17.08

13:40	623.31	33.97	28	44.26	16.26	0.0000733	4200	1000	5004.62	300	16.68
13:45	374.99	30.85	28	43.37	15.37	0.0000733	4200	1000	4731.82	300	15.77
13:50	470.31	32.36	28	42.64	14.64	0.0000733	4200	1000	4508.09	300	15.03
13:55	541.68	32.54	28	42.5	14.5	0.0000733	4200	1000	4464.23	300	14.88
14:00	559.58	32.44	28	42.91	14.91	0.0000733	4200	1000	4590.5	300	15.3
	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	T Ling	Suhu Air Awal	T Collector Air	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in
RATA	609.25	37.97	28	48.7	20.7	7.33E-05	4200	1000	6372.77	300	21.24
MIN	307.31	30.85	28	40.97	12.97	0.0000733	4200	1000	3991.96	300	13.31
MAX	832.66	45.01	28	58.45	30.45	0.0000733	4200	1000	9374.03	300	31.25

## E. Listing Program Arduino

```

#include "max6675.h"
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <Servo.h>
//-----SUHU-----//
int thermoDO1 = 2;
int thermoCS1 = 3;
int thermoCLK1 = 4;
int thermoDO2 = 5;
int thermoCS2 = 6;
int thermoCLK2 = 7;
MAX6675 thermocouple1(thermoCLK1, thermoCS1, thermoDO1);
MAX6675 thermocouple2(thermoCLK2, thermoCS2, thermoDO2);
//-----TEKANAN-----//
int rawValue; // A/D readings
int offset = 40.6; // zero pressure adjust
int fullScale = 922; // max pressure (span) adjust
float pressure; // final pressure
//-----TEGANGAN-----//
float voltage;
float voltage1;
float volt_in=0; //tegangan input
float sample1=0; //tegangan input
//-----ARUS-----//
Adafruit_INA219 sensor219_A; // declare instance of ina219
float current_in;
int getCurrent_mA;
//-----VALVE-----//
Servo Valve1;
Servo Valve2;
Servo Valve3;
//-----PUMP AND COMPRESOR-----//
int Comp=14;
int Pump=15;

//-----//
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Comp,OUTPUT);
  pinMode(Pump,OUTPUT);
  Valve1.attach(31); //31
  Valve2.attach(33); //33
  Valve3.attach(35); //35
}
void loop() {

```



```
//-----SUHU-----//
Serial.print(" \t ");
Serial.print(thermocouple1.readCelsius());
Serial.print(" \t ");
Serial.print(" \t ");
Serial.print(thermocouple2.readCelsius());
Serial.print(" \t\t ");
//-----TEKANAN-----//
rawValue = analogRead(A0);
//Serial.print("Raw A/D is ");
//Serial.print(rawValue);
pressure = (rawValue - offset) * 500.0 / (fullScale - offset); // pressure
conversion
Serial.print(" ");
Serial.print(pressure, 1); // one decimal place
Serial.print(" \t ");
//-----TEGANGAN-----//
for(int i=0; i<150; i++)\
{
  sample1+=analogRead(A2); //read the voltage generator
  //delay(2);
}
sample1=sample1/150;

voltage=0.00330 * (181.2/36.4);
volt_in = (voltage*sample1) ; //tegangan generator
Serial.print("\t");
Serial.print(volt_in);
Serial.print("\t\t");
//-----ARUS-----//
sensor219_A.begin();
current_in = sensor219_A.getCurrent_mA();
Serial.print("");
Serial.print(current_in);
//-----VALVE-----//
int allcontrol = Serial.read();
switch(allcontrol)
{
  case '1':
    open1();
    break;
  case '2':
    close1();
    break;
  case '3':
    open2();
```

```
break;
case '4':
close2();
break;
case '5':
open3();
break;
case '6':
close3();
break;

//-----PUMP AND COMPRESOR-----//
case '7':
digitalWrite(Pump, HIGH);
break;
case '8':
digitalWrite(Pump, LOW);
break;
case 'A':
digitalWrite(Comp, HIGH);
break;
case 'B':
digitalWrite(Comp, LOW);
break;
}
//-----//
Serial.println("");
delay(1000); // delays readings
}
//-----VALVE-----//
void open1(){
  Valve1.write(80);
  delay(50);
}
void open2(){
  Valve2.write(80);
  delay(50);
}
void open3(){
  Valve3.write(80);
  delay(50);
}
void close1(){
  Valve1.write(0);
  delay(50);
}
```

```
void close2(){  
  Valve2.write(0);  
  delay(50);  
}  
void close3(){  
  Valve3.write(0);  
  delay(50);  
}  
//-----//
```



## Program Visual C#

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.IO.Ports;

//MUGO MUGO LANCAR//

namespace Baca_Data_Analog
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        private SerialPort myport;
        private DateTime datetime;
        private string in_data;
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void stop_btn_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            try
            {
                myport.Close();
            }
            catch (Exception ex2)
            {
                MessageBox.Show(ex2.Message, "ERROR");
            }
            stop_btn.BackColor = Color.Red;
            start_btn.BackColor = Color.Silver;
        }
        private void start_btn_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            myport = new SerialPort();
            myport.BaudRate = 9600;
            myport.PortName = port_name_tb.Text;
            myport.Parity = Parity.None;
            myport.DataBits = 8;
            myport.StopBits = StopBits.One;
        }
    }
}
```



```
}
catch (Exception ex)
{
    MessageBox.Show(ex.Message);
}
button1.BackColor = Color.Lime;
button2.BackColor = Color.Silver;
}
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        myport.Write("2"); // kirim 1 to Arduino
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message);
    }
    button2.BackColor = Color.Red;
    button1.BackColor = Color.Silver;
}
private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        myport.Write("3"); // kirim 1 to Arduino
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message);
    }
    button4.BackColor = Color.Lime;
    button3.BackColor = Color.Silver;
}
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        myport.Write("4"); // kirim 1 to Arduino
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message);
    }
    button3.BackColor = Color.Red;
}
```

```
        button4.BackColor = Color.Silver;
    }
    private void button6_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            myport.Write("5"); // kirim 1 to Arduino
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message);
        }
        button6.BackColor = Color.Lime;
        button5.BackColor = Color.Silver;
    }

    private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            myport.Write("6"); // kirim 1 to Arduino
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message);
        }
        button5.BackColor = Color.Red;
        button6.BackColor = Color.Silver;
    }
    private void label6_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }
    private void pictureBox1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }
    private void button7_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            myport.Write("7"); // kirim 1 to Arduino
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message);
        }
        button7.BackColor = Color.Lime;
    }
```

```
        button8.BackColor = Color.Silver;
    }
    private void button8_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            myport.Write("8"); //kirim 1 to Arduino
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message);
        }
        button8.BackColor = Color.Red;
        button7.BackColor = Color.Silver;
    }
    private void button10_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            myport.Write("A"); //kirim 1 to Arduino
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message);
        }
        button10.BackColor = Color.Lime;
        button9.BackColor = Color.Silver;
    }
    private void button9_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            myport.Write("B"); //kirim 1 to Arduino
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message);
        }
        button9.BackColor = Color.Red;
        button10.BackColor = Color.Silver;
    }
    private void button12_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }
    private void button11_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }
    }
```