



**OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK SOLAR THERMAL PARABOLIC
TROUGH DENGAN PENJEJAK MATAHARI**

SKRIPSI

Oleh

**Heri Santoso
NIM 131910201089**

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



**OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK SOLAR THERMAL PARABOLIC
TROUGH DENGAN PENJEJAK MATAHARI**

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

Oleh

Heri Santoso
NIM 131910201089

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, Bapak Suwarno dan Ibu Suparmi serta kakakku Sutianah Restiwi dan Endang Suryani atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Guru – guru mulai TK Pertiwi 1, SD Negeri 4 Tamanagung, SMP Negeri 2 Cluring, SMK Negeri 1 GLAGAH dan dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember. Terima kasih untuk ilmu dan pengalaman yang telah diajarkan selama ini.
4. Penguni kost-an SUKETIK dan teman-teman kontrakan POJOK, yang selalu membantu dan menyemangati saya setiap hari.
5. Rekan-rekan satu DPU dan DPA yang selalu menemani saya berjuang mulai awal pengerjaan skripsi hingga selesai.
6. Keluarga Intel 2013 yang selalu membantu, menyemangati dan selalu mendampingi saya selama pengerjaan skripsi ini.
7. Almamater Teknik Elektro Universitas Jember.

MOTTO

“Allah tidak hendak menyulitkan kamu, tetapi Dia hendak membersihkan kamu dan menyempurnakan nikmat-Nya bagimu, supaya kamu bersyukur.”

(QS. Al Maidah: 6)

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

(HR. Ibnu Majah).

“Don’t compare yourself with anyone in this world. If you do so, you are insulting yourself.”

(Bill Gates)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Heri Santoso

NIM : 131910201089

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Optimasi Pembangkit Listrik Solar Thermal Parabolic Trough Dengan Penjejak Matahari" 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, 14 November 2017

Yang menyatakan,

Heri Santoso

NIM 131910201089

SKRIPSI

**OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK SOLAR THERMAL PARABOLIC
TROUGH DENGAN PENJEJAK MATAHARI**

Oleh

Heri Santoso

NIM 131910201089

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Samsul Bachri M., ST.,MMT

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Optimasi Pembangkit Listrik Solar Thermal Parabolic Trough Dengan Penjejak Matahari" karya Heri Santoso telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Selasa, 14 November 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

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

Samsul Bachri M., ST.,MMT
NIP 196403171998021001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T.,
NIP 19710402 2003121001

Dr.Triwahju Hardianto S.T., M.T.
NIP 1970082261997021001

Mengesahkan
Dekan,

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

RINGKASAN

Optimasi Pembangkit Listrik Solar Thermal Parabolic Trough Dengan Penjejak Matahari: Heri Santoso, 131910201089: 2017: 95 halaman: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kebutuhan energi listrik saat ini mengalami peningkatan karena dengan berkembangnya teknologi. Dengan penggunaan teknologi setiap hari maka membutuhkan sebuah energi terus menerus. Untuk sumber energi listrik saat ini Indonesia masih menggunakan sumber utama bahan bakar fosil. Untuk keluar dari krisis bahan bakar fosil merupakan suatu yang mustahil untuk mencari sumber-sumber energi alternatif atau energi terbarukan yang terdapat di negara kita sebagai pengganti sumber energi primer yang dipergunakan untuk pembangkit tenaga listrik.

Energi alternatif atau energi terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil untuk wilayah Indonesia yang cocok yaitu energi surya. Indonesia berada pada jalur khatulistiwa sehingga memiliki potensi energi surya yang cukup besar. Potensi energi matahari sendiri dapat berubah kedudukannya dipermukaan bumi. Dengan potensi energi matahari yang cukup besar maka dapat dimanfaatkan secara langsung dengan membiarkan objek pada radiasi matahari dengan menggunakan peralatan kolektor dan konsentrator surya. . Dimana Indonesia merupakan daerah yang dilewati oleh garis khatulistiwa maka intensitas radiasi matahari yang diterima langsung oleh permukaan bumi mencapai $1000\text{W}/\text{m}^2$. Indonesia merupakan daerah tropis maka memiliki potensi energi matahari sekitar $4,8\text{ KWh}/\text{m}^2/\text{hari}$.

Potensi matahari dapat digunakan sebagai energi alternatif untuk pembangkit listrik yang berupa alat kolektor surya atau *concentrated solar power* (CSP). Penggunaan kolektor surya ini sudah digunakan di negara-negara lain diantaranya Algeria, Mesir, Yunani, India, Italia, Meksiko, Moroko, Spanyol dan Amerika. Pemilihan jenis kolektor surya ini karena Indonesia merupakan negara

yang memiliki kelembapan yang tinggi. Dalam pengembangan kolektor surya parabolic trough ini mampu menghasilkan suhu sebesar 400°C.

Dalam penelitian yang dilakukan ini menggunakan sistem penjejak matahari (*tracking*) untuk mendapatkan radiasi matahari yang tinggi yang diterima oleh kolektor. Setelah itu di pantulkan pada sebuah titik fokus (*absorber*) yang berupa pipa tembaga. Pipa tembaga yang digunakan dilapisi dengan warna hitam supaya menyerap panas lebih maksimal. Sedangkan fluida yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan fluida berupa air. Dari fluida air yang berada pada pipa tembaga (*absorber*) tersebut diingikan menjadi bertekanan agar dapat menggerakkan turbin.

Pengujian menggunakan sistem *tracking* pada sudut perhitungan didapatkan nilai tekanan, suhu, tegangan, arus dan daya. Dengan menggunakan sudut perhitungan hari dalam pengujian ini pada pukul 10:00 WIB posisi sudut kemiringan kolektor surya pada sudut 34,9°. Pada sudut 34,9° tersebut didapatkan suhu sebesar 30,04°C dengan tekanan sebesar 0 psi. Dalam pengujian ini mulai mendapatkan tekanan sebesar 1 psi pada pukul 11:30 WIB sudut kemiringan kolektor surya 14,9° dengan suhu sebesar 52,04°C. Sedangkan tekanan tertinggi didapatkan sebesar 3,5 psi pada pukul 12:00 WIB sudut kemiringan kolektor surya 7,9° dengan suhu sebesar 59,87°C. Pada pengujian ini dengan tekanan 3,5 psi menghasilkan energi listrik sebesar 0,008 watt.

Dari penelitian ini pengaruh dari intensitas radiasi matahari sangat mempengaruhi kinerja dari kolektor surya dengan sistem penjejak matahari. Perubahan intensitas radiasi matahari yang didapatkan mempengaruhi suhu pada *collector* air. Semakin besar intensitas radiasi matahari yang didapatkan maka suhu air *collector* akan semakin tinggi, apabila intensitas radiasi matahari kecil maka suhu air *collector* juga semakin kecil dan dapat mempengaruhi dalam proses pemanasan fluida air. Maka dibutuhkan intensitas radiasi matahari yang tinggi untuk menjadikan fluida air menjadi bertekanan dan dapat menggerakkan sebuah turbin dan menghasilkan listrik.

SUMMARY

Optimization of Solar Thermal Parabolic Trough Power Generation With Sun Streaker: Heri Santoso, 131910201089: 2017: 95 pages: Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The need for electrical energy is currently increasing due to the development of technology. With the use of technology every day it requires a continuous energy. For the current source of electrical technology, Indonesia still uses the main source of fossil fuels. To come out of the fossil fuel crisis is impossible to find alternative sources of energy or renewable energy contained in our country as a substitute for primary energy sources used for power generation.

Alternative energy or renewable energy as a substitute for fossil fuels for Indonesia's suitable region of solar energy. Indonesia is on the equator so it has the potential of solar energy is quite large. The potential of solar energy itself can change its position on the surface of the earth. With the potential of solar energy that large enough then it can be utilized directly by letting objects in solar radiation by using collector equipment and solar concentrator. Where Indonesia is an area passed by the equator then the intensity of solar radiation received directly from the earth's surfaces reaches 1000W/m^2 . Indonesia is a tropical area so it has a solar energy potential of about $4,8\text{ kWh/m}^2/\text{day}$.

The solar potential can be used as an alternative energy to power plants in the form of the solar collector of concentrated solar power (CSP). The use of solar collector is already used in other countries including Algeria, Egypt, Greece, India, Italy, Mexico, Morocco, Spain, and America. Selection of this type of solar collector because Indonesia is a country that has a high humidity. In the development of the solar collector, the parabolic trough is capable of producing a temperature of 400°C .

In this study using the sun tracking system to obtain high solar radiation received by collectors. Once it is reflected in a focal point (absorber) which is a

copper pipe. Copper pipes are used coated with a black color to absorb the maximum heat. While the fluid used in this study using the fluid in the form of water. From the water fluid located on the copper pipe (absorber), it is cooled to pressurize in order to move the turbine.

Testing using tracking system at the calculation angle obtained the value of pressure, temperature, voltage, current, and power. By using the calculation angle of the day in this test at 10:00 am the angle position of the solar collector at an angle of $34,9^{\circ}$. At the angle of $34,9^{\circ}$ is obtained the temperature of $30,04^{\circ}\text{C}$ with a pressure of 0 psi. in this test began to get the pressure of 1 psi at 11:30 am the angle of solar collector $14,9^{\circ}$ with a temperature of $52,04^{\circ}\text{C}$. While the highest pressure obtained at 3,5 psi at 12:00 am the slope angle of solar collector $7,9^{\circ}$ with a temperature of $59,87^{\circ}\text{C}$. In this test with a pressure of 3,5 psi generate the electrical energy of 0.008 watts.

From this research, the influence of solar radiation intensity greatly affects the performance of solar collector with sun tracking system. The change in the intensity of the solar radiation obtained affects the temperature on the water collector. The greater the intensity of solar radiation that is obtained when the temperature of the collector water will be higher if the intensity of small solar radiation then the temperature of the water collector is also getting smaller and can affect in the process of heating the fluid water. Then it takes high intensity of solar radiation to make the water fluid become pressurized and can drive a turbine and generates electricity.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Pembangkit Listrik Solar Thermal Parabolic Trough Dengan Penjejak Matahari”. 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 Samsul Bachri Masmachofari S.T., M.MT., 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 Dr.Triwahju Hardianto 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 Satryo Budi Utomo S.T., M.T. dan Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan menanamkan rasa disiplin dan tanggung jawab dengan apa yang dilakukan selama penulis menjadi mahasiswa.
5. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantupenulisan skripsi secara administratif.
6. Kedua orang tua tercinta, Bapak Suwarno dan Ibu Suparmi serta kakakku Sutiana Restiwi dan Endang Suryani atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
7. Kepada teman-teman seperjuangan se-DPU Teo Aska Prabawa, Ginanjar Ni'matullah, Prayogi Lazuardi, Dede Ade Candra yang selalu saling mendukung satu sama lain dalam penyusunan skripsi.

8. Rekan satu penelitian Teo Aska Prabawa yang menjadi teman dalam mengerjakan alat penelitian dan penyusunan skripsi.
9. Teman-teman kosan SUKETIK Yudi Anggara Putra, Ridho Ardi Nugroho, Zaenal Arifin, Nuris Setyawan, Budi Putra Mulyadi, Alfin Afiful Amin, Veri Verdian R.H, Rio Rizki Anando, Aston Ndun, Joshua Jhon Revael Siahaan, Alham, Arga Wiranda serta Bu kos Sunarti yang selalu memberi motivasi.
10. Teman-teman kontrakan POJOK Muhammad Faisal Ali, Teo Aska Prabawa, 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.
11. 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.
12. Keluarga kelompok KKN UMD 04 Edo Zakaria H, Fitri Khoirunnisa S, Gamma Ainul H. A, Farid Irhamsya, Achmad Tahir, Ahmad Chaidir M, Harlendra Anugrah, Insan Binar M, Samsuri, Tutut Yektiara, Galuh Kusumastuti, Lutfiatul Udhma, Kiki Rofiqoh dan Istianatul Fitria yang telah memberikan pengalaman, dukungan, dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
13. 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, 14 November 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	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Energi dan Radiasi Matahari	5
2.1.1 Radiasi Matahari	5
2.1.2 Radiasi Matahari Pada Permukaan Bumi	6
2.1.3 Revolusi Bumi	7
2.2 Sudut Kemiringan	8
2.3 Kolektor Surya	11

2.3.1 <i>Flat-Plate</i> Kolektor	12
2.3.2. <i>Comound Parabolic Collector</i>	13
2.3.3 <i>Evacuated Tube Collector</i>	15
2.4 Penjejak Matahari (<i>Tracking</i>).....	16
2.4.1 Penjejak Matahari Aktif	18
2.4.2 Penjejak Matahari Pasif.....	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Tahapan Penelitian.....	19
3.3 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian	20
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.5 Diagram Alir Penelitian	30
3.6 Desain Alat	31
3.7 Diagram Kerja Kolektor Surya	32
3.8 Metode Pengumpulan Data	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Pembuatan Alat dan Kalibrasi.....	36
4.1.1 Proses Pembuatan Sistem Penjejak Matahari.....	36
4.1.2 Proses Pembuatan <i>Data Logger</i>	38
4.1.3 Turbin Dan Generator	39
4.2 Parameter	39
4.2.1 Waktu	39
4.2.2 Penentuan Sudut.....	41
4.3 Data Pengujian	45
4.3.1 Pengujian Pada Sudut Perhitungan	45
4.3.2 Pengujian Pada Sudut Implementasi.....	52
4.3.3 Pengujian Pada Sudut Tertentu	55
4.3.4 Pengujian Kompor/ <i>Heater</i>	59
4.4 Perbandingan Hasil Energi Listrik	
Dengan Sumber Matahari	63
BAB 5. PENUTUP.....	67

5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	70



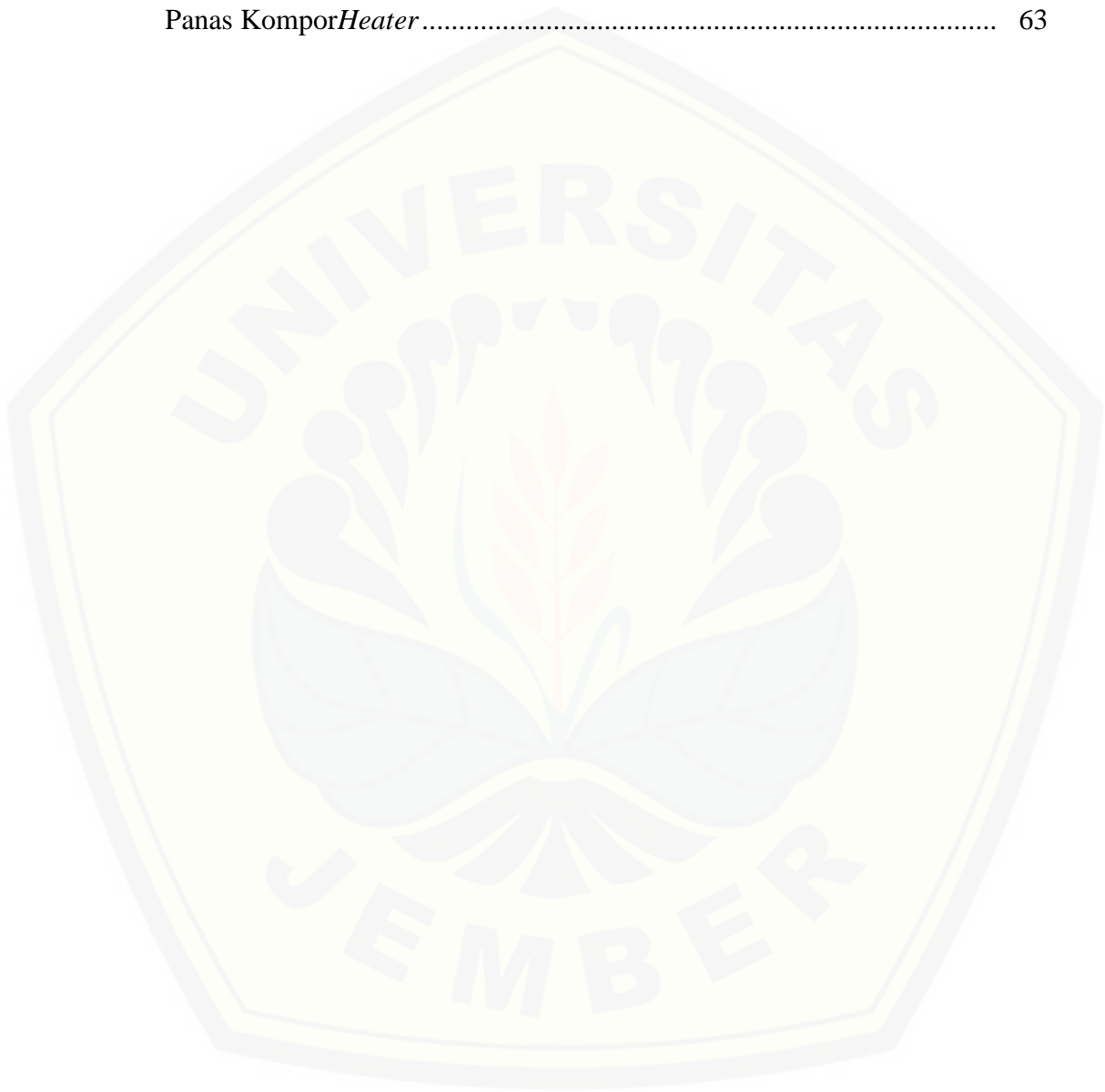
DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian	20
3.2 Spesifikasi Pembuatan Kolektor Surya.....	21
3.3 Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	23
3.4 Spesifikasi Sensor Arus Ina219	24
3.5 Spesifikasi Sensor Tegangan.....	26
3.6 Spesifikasi Thermocoupe dan Modul Max 6675	27
3.7 Spesifikasi Accelerometer GY-521 MPU-6050.....	28
4.1 Sudut Kemiringan Secara Perhitungan	43
4.2 Sudut Kemiringan Secara Implementasi	44
4.3 Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Suhu Air <i>Collector</i>	45
4.4 Perubahan Suhu Air <i>Collector</i> Terendah	46
4.5 Perubahan Suhu Air <i>Collector</i> Tertinggi	47
4.6 Energi Kalor Pada Kolektor Sudut Perhitungan	49
4.7 Pengujian Generator Dengan Suhu Air <i>Collector</i>	50
4.8 Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Suhu Air <i>Collector</i>	52
4.9 Energi Kalor Pada Kolektor Sudut Implementasi.....	53
4.10 Pengujian Generator Dengan Suhu Air <i>Collector</i>	54
4.11 Data Radiasi Matahari Pada Sudut Tertentu	56
4.12 Energi Kalor Pada Kolektor Sudut Tertentu	57
4.13 Pengujian Generator Pada Sudut Tertentu	58
4.14 Energi Kalor Pada Kompor/ <i>Heater</i>	60
4.15 Energi Kalor Pada Kompor/ <i>Heater</i> dan Kolektor.....	61
4.16 Pengujian Dengan Suhu Kompor/ <i>Heater</i>	62
4.17 Perbandingan Hasil Energi Listrik Dengan Sumber Matahari	64

DAFTAR GAMBAR

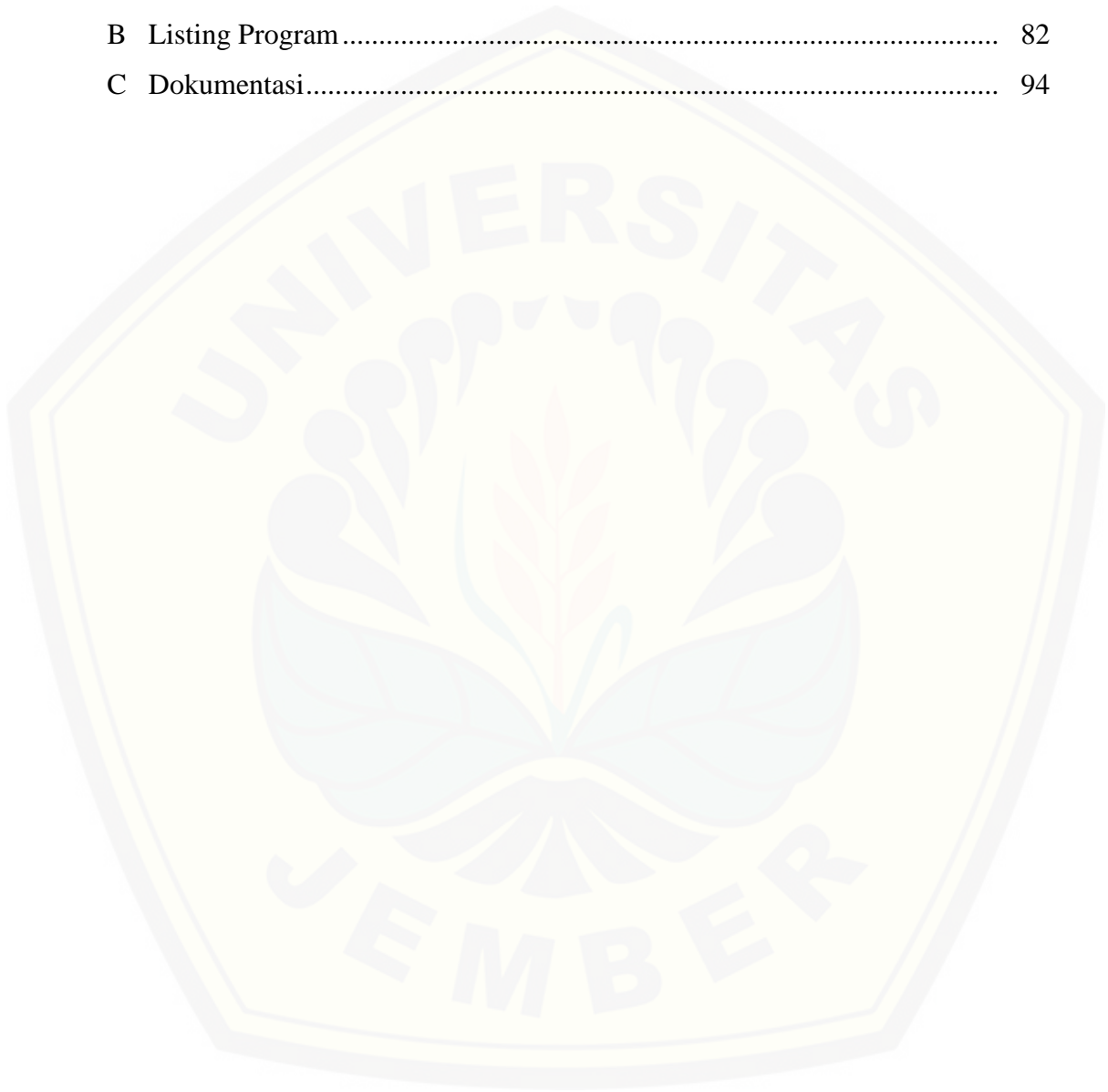
	Halaman
2.1 Hubungan Antara Matahari Dan Bumi	5
2.2 Radiasi Matahari	6
2.3 Perputaran Bumi Mengelilingi Matahari	7
2.4 Deklinasi matahari	9
2.5 Sudut Matahari Terhadap Permukaan Bidang	11
2.6 <i>Flat-Plate</i> Kolektor	13
2.7 <i>Parabolic Trough</i>	14
2.8 <i>Parabolic dish</i>	15
2.9 <i>Evacuated Tube Collector</i>	16
2.10 Penjejak Matahari (<i>Tracking</i>)	18
3.1 Modul Arduino ATmega2560	22
3.2 Rangkaian Sensor Arus Pada Arduino	24
3.3 Modul Sensor Arus ACS712	24
3.4 Rangkaian Pembagi Tegangan	25
3.5 Rangkaian Sensor Tegangan Pada Arduino	25
3.6 Modul Sensor Tegangan	25
3.7 <i>Thermocoupe</i> l dan Modul Max6675	26
3.8 Rangkaian <i>Thermocoupe</i> l	27
3.9 Bagian rotor	29
3.10 Diagram Alir Penelitian	30
3.11 Sudut dan Kelengkungan <i>Parabolic</i>	31
3.12 Kolektor Surya <i>Parabolic Trough</i>	32
3.13 Skema Kerja Solar Collector <i>Parabolic Trough</i>	33
4.1 Rangka Penjejak Matahari	37
4.2 <i>Driver</i> Motor Penjejak Matahari	38
4.3 Data <i>Logger</i> Kolektor Surya	38
4.4 Turbin Dan Generator	39
4.5 Grafik Hubungan Tekanan dan Daya Pada Sudut Perhitungan	51

4.6	Grafik Hubungan Tekanan dan Daya Pada Sudut Implementasi.....	55
4.7	Grafik Hubungan Tekanan dan Daya Pada Sudut Tertentu	59
4.8	Proses Pemanasan <i>Absorber</i> Menggunakan Kompor/ <i>Heater</i>	60
4.9	Grafik Hubungan Tekanan dan Daya Menggunakan Panas Kompor <i>Heater</i>	63



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A Data Pengujian	69
B Listing Program	82
C Dokumentasi.....	94



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik saat ini mengalami peningkatan karena dengan berkembangnya teknologi. Dengan penggunaan teknologi setiap hari maka membutuhkan sebuah energi terus menerus. Untuk sumber energi listrik saat ini Indonesia masih menggunakan sumber utama bahan bakar fosil. Penggunaan energi bahan bakar fosil sebagai pembangkit energi listrik saat ini masih dominan diantaranya yaitu batubara sebesar 45%, gas alam sebesar 27%, minyak sebesar 13% dan 15% dari sumber energi lain. (Agung, 2013).

Untuk keluar dari krisis energi merupakan suatu yang mustahil untuk mencari sumber-sumber energi alternatif atau energi terbarukan yang terdapat di negara kita sebagai pengganti sumber energi primer yang dipergunakan untuk pembangkit tenaga listrik. Konsep energi terbarukan mulai dikenal pada tahun 1970-an, sebagai upaya untuk mengimbangi pengembangan energi berbahan bakar nuklir dan fosil. Definisi paling umum adalah sumber energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan.

Energi alternatif atau energi terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil untuk wilayah Indonesia yang cocok yaitu energi surya. Indonesia berada pada jalur khatulistiwa maka memiliki potensi energi surya yang cukup besar. Potensi energi matahari sendiri dapat berubah kedudukannya dipermukaan bumi. Namun perubahan tersebut tergantung dengan kondisi atmosfer, dan tempat (garis lintang) serta waktu (hari dalam tahun dan jam dalam hari). Dengan potensi energi matahari yang cukup besar maka dapat dimanfaatkan secara langsung dengan membiarkan objek pada radiasi matahari dengan menggunakan peralatan kolektor dan konsentrator surya. (Deni Septiadi, 2009). Dimana Indonesia merupakan daerah yang dilewati oleh garis khatulistiwa maka intensitas radiasi matahari yang diterima langsung oleh permukaan bumi mencapai 1000W/m^2 . Indonesia merupakan daerah tropis maka memiliki potensi energi matahari sekitar $4,8\text{KWh/m}^2/\text{hari}$. (Yuliananda, 2015).

Potensi matahari dapat digunakan sebagai energi alternatif untuk pembangkit listrik yang berupa alat kolektor surya atau *concentrated solar power* (CSP). Penggunaan kolektor surya ini sudah digunakan di negara-negara lain diantaranya Algeria, Mesir, Yunani, India, Italia, Meksiko, Moroko, Spanyol dan Amerika. Menurut sumber : LIPI (Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia) pada tahun 2010 telah mengembangkan sebuah kolektor surya jenis *parabolic trough*. Pemilihan jenis kolektor surya ini karena Indonesia merupakan negara yang memiliki kelembapan yang tinggi. Dalam pengembangan kolektor surya *parabolic trough* ini mampu menghasilkan suhu sebesar 400°C. (Ghalya Pikra, 2011)

Dari penelitian yang sudah dilakukan oleh LIPI tersebut, dilakukan pengujian pada kolektor surya berupa penjejak matahari (*tracking*) untuk mendapatkan radiasi matahari yang lebih tinggi, karena kolektor surya selalu mengikuti pergerakan matahari dan pantulan dari kolektor tersebut selalu mengenai titik fokus (*absorber*). Untuk fluida yang digunakan pada pengujian ini berupa *oil palm*. Dan pengujian ini tidak sampai menghasilkan sebuah energi listrik. (Ghalya Pikra, 2011)

Dalam penelitian yang dilakukan ini menggunakan sistem penjejak matahari (*tracking*) untuk mendapatkan radiasi matahari yang tinggi yang diterima oleh kolektor. Setelah itu di pantulkan pada sebuah titik fokus (*absorber*) yang berupa pipa tembaga. Pipa tembaga yang digunakan dilapisi dengan warna hitam supaya menyerap panas lebih maksimal. Sedangkan fluida yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan fluida berupa air. Dari fluida air yang berada pada pipa tembaga (*absorber*) tersebut diingikan menjadi bertekanan agar dapat menggerakkan turbin. Dan pengujian yang dilakukan ini sampai menghasilkan energi listrik. Dengan sistem kolektor surya atau CSP ini dapat membantu mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber utama energi listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan maka pada tugas akhir ini dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh dari sudut kemiringan terhadap suhu air *collector* yang dihasilkan dalam sistem kolektor surya?
2. Bagaimana pengaruh sudut kemiringan terhadap energi listrik yang dihasilkan?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak meluas, batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Tidak membahas secara lengkap perhitungan dalam pembuatan mekanik.
2. Pengujian menggunakan penjejak matahari dengan sistem waktu.
3. Pengujian dilakukan pukul 10.00 WIB sampai pukul 14.00 WIB.
4. Perubahan sudut kemiringan sesuai hasil perhitungan.
5. Tidak membahas pengaruh kecepatan angin, kelembapan udara dan ketinggian lokasi penelitian.
6. Sumber mikrokontrol dan motor tracking menggunakan sumber lain.
7. Desain turbin tidak di bahas dan generator yang digunakan generator DC.
8. Penggunaan *heater* digunakan saat intensitas matahari rendah atau kurang maksimal.
9. Tidak membahas mengenai kecepatan (rpm) pada generator DC.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan akhir yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui pengaruh dari sudut kemiringan terhadap suhu air *collector* yang dihasilkan dalam sistem kolektor surya.
2. Dapat mengetahui pengaruh sudut kemiringan terhadap energi listrik yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan dapat memberi manfaat dan dapat dilakukan penelitian yang lebih besar lagi dan juga mampu menghasilkan energi listrik yang tinggi dan mampu menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber utama dalam menghasilkan energi listrik.

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.

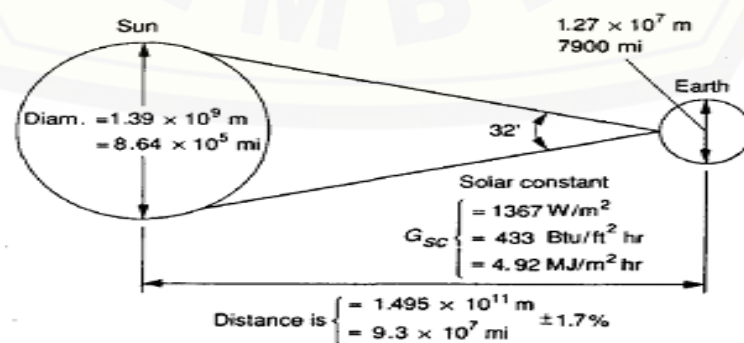
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Dan Radiasi Matahari

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar $4,5 \text{ kWh/m}^2$ /hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar $5,1 \text{ kWh/m}^2$ /hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. (Deni Septiadi, 2009)

2.1.1 Radiasi Matahari

Jarak eksentrisnya dari lintasan bumi adalah jarak antara matahari dan bumi dengan variasi 1,7%. Dari hasil pengukuran astronomi didapat jarak rata-rata bumimatahari adalah $1,495 \times 10^{11} \text{ m}$ dengan sudut kecenderungan matahari 32° . Radiasi yang diemisikan oleh matahari dan ruang angkasa yang berhubungan dengannya ke bumi menghasilkan intensitas radiasi matahari yang hampir konstan di luar atmosfer bumi. Konstanta matahari (G_{sc}) adalah energi dari matahari per unit waktu yang akan diterima pada permukaan yang tegak lurus dengan arah radiasi matahari dengan jarak rata-rata matahari-bumi diluar atmosfer. Untuk nilai dari konstanta matahari (G_{sc}) sendiri sebesar 1367 W/m^2 dengan ketidak pastian sebesar 1%.



Gambar 2.1 Hubungan Antara Matahari Dan Bumi

2.1.2 Radiasi Matahari Pada Permukaan Bumi

Ada tiga macam cara radiasi matahari sampai ke permukaan bumi, yaitu :

a. Radiasi langsung

Radiasi langsung merupakan suatu radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.

b. Radiasi hambur

Radiasi hambur merupakan suatu radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan dan penghamburan.

c. Radiasi total

Radiasi total merupakan suatu penjumlahan radiasi langsung (*direct radiation*) dan radiasi hambur (*diffuse radiation*).



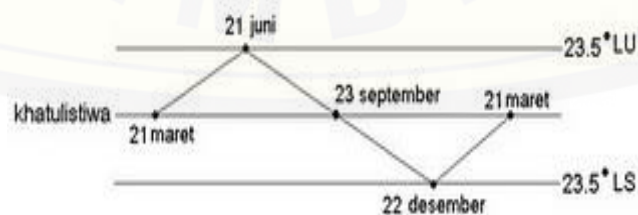
Gambar 2.2 Radiasi Matahari

Cahaya matahari pada permukaan bumi terdiri dari bagian yang langsung dan bagian yang baur. Radiasi langsung datang dari arah matahari dan memberikan bayangan yang kuat pada benda. Sebaliknya radiasi baur yang tersebar dari atas awan tidak memiliki arah yang jelas tergantung pada keadan awan dan hari tersebut (ketinggian matahari), baik daya pancar maupun perbandingan antara radiasi langsung dan baur.

Energi matahari yang ditransmisikan mempunyai panjang gelombang dengan range 0,25 mikrometer sampai 3 mikrometer (untuk di luar atmosfer bumi atau extraterrestrial), sedangkan untuk di atmosfer bumi berkisar antara 0,32 mikrometer sampai 2,53 mikrometer. Hanya 7% energi tersebut terdiri dari ultraviolet (AM 0), 47% adalah cahaya tampak (cahaya tampak memiliki panjang gelombang 0,4 mikrometer sampai 0,75 mikrometer), 46% merupakan cahaya infra merah.

2.1.3 Revolusi Bumi

Bumi membutuhkan waktu selama 1 tahun untuk bergerak mengelilingi matahari (revolusi). bumi, selain bergerak mengelilingi matahari, juga bergerak berputar terhadap sumbunya (rotasi). tetapi sumbu rotasi bumi ini tidak sejajar terhadap sumbu revolusi, melainkan sedikit miring sebesar 23,5 derajat. akibat dari miringnya sumbu rotasi bumi itu, matahari tidak selalu terlihat di atas khatulistiwa bumi, matahari akan terlihat berada di bagian utara dan selatan bumi. selama setengah tahun, matahari lebih banyak menerangi bumi bagian utara, dan setengah tahun berikutnya matahari lebih banyak menerangi bumi bagian selatan. Dalam gerak semunya, matahari akan tampak bergerak dari khatulistiwa (equator) antara 23,5 derajat lintang utara dan lintang selatan. pada tanggal 21 maret – 21 juni, matahari bergeser dari khatulistiwa menuju ke utara dan akan berbalik arah setelah mencapai 23,5 derajat lintang utara dan kembali bergerak menuju khatulistiwa. setelah itu, matahari akan tampak bergerak ke selatan dan berbalik arah setelah mencapai 23,5 derajat lintang selatan.



Gambar 2.3 Perputaran Bumi Mengelilingi Matahari

2.2 Sudut Kemiringan

Indonesia merupakan negara yang letak geografisnya berada di jalur khatulistiwa membuat Indonesia memiliki potensi besar terpapar sinar matahari sepanjang tahun. Dengan potensi energi sebesar 4.8 kWh/m²/hari, Indonesia memiliki potensi 6 hingga 10 kali lebih besar untuk membangkitkan listrik melalui sel surya dibandingkan dengan negara-negara di Eropa. Oleh karena itu Indonesia perlu untuk lebih mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif selain minyak dan gas. Dengan tujuan untuk bisa lebih mendorong pemanfaatan energi matahari tersebut maka diperlukan data dan informasi mengenai ketersediaan energi matahari di wilayah Indonesia. Salah satunya adalah data dan informasi penentuan sudut kemiringan sel surya untuk mendapatkan potensi energi matahari yang optimal. Data dan informasi yang dimaksud adalah data dan informasi terkait meteorologi (radiasi langsung, radiasi tidak langsung, radiasi global, dan temperatur lingkungan) serta letak lokasi (lintang dan bujur) dari kolektor atau panel sel surya. Dengan data dan informasi tersebut, kita bisa menentukan sudut kemiringan yang optimal sehingga didapatkan energi potensial matahari yang optimal dan juga didapatkan pula desain sistem sel surya yang lebih efisien serta biaya energi yang lebih optimal. (Muchammad, 2011)

Beberapa macam cara yang dapat mendapatkan radiasi matahari yang lebih banyak yaitu dengan mengatur kedudukan kolektor surya, dimana kedudukan kolektor surya dapat diatur mengikuti pergerakan arah matahari dengan menentukan posisi sudut kemiringan, sudut deklinasi, bujur lintang, sudut zenith, sudut datang matahari, sudut permukaan azimuth, serta sudut jam matahari terhadap pergerakan arah matahari. Cara kedua adalah dengan menggunakan cermin pantul.

a. *Latitude* (garis lintang)

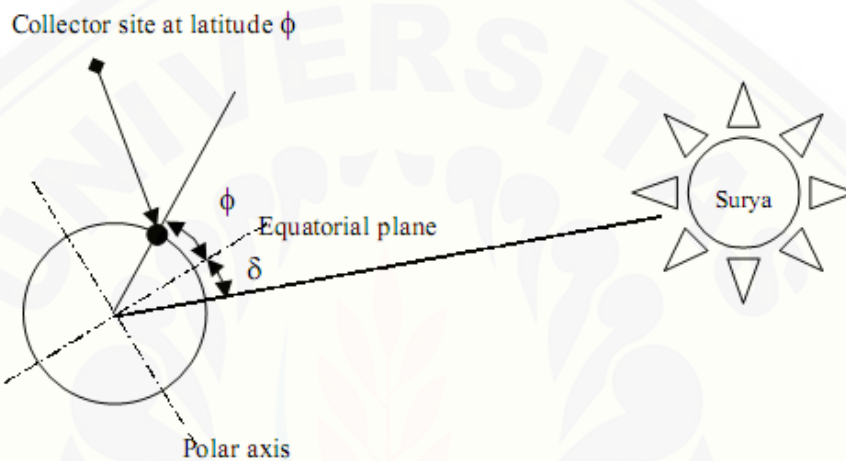
Garis lintang merupakan sudut lokasi di sebelah utara atau selatan dari equator (khatulistiwa), utara positif ; $-90^{\circ} \leq \phi \leq 90^{\circ}$. Hal ini pengujian modul surya dilakukan ditempat kampus undip semarang dengan letak geografisnya berada pada 7°LS – 110° BT.

b. *Deklinasi* (δ)

Deklinasi merupakan sudut posisi matahari terhadap bidang khatulistiwa, utara positif $-23,45^0 < \delta < 23,45^0$. Deklinasi dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\delta = 23,45^0 \sin \left(260 \frac{284 \times n}{365} \right), \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana n = hari dalam bulan atau hari ke berapa dihitung dari tanggal 1 januari



Gambar 2.4 Deklinasi matahari

c. *Kemiringan* (β)

Kemiringan merupakan sudut antara permukaan bidang yang ditanyakan dengan permukaan horisontal. Dalam mencari kemiringan dapat menggunakan persamaan :

$$\beta = \text{Tan}^{-1} (\text{Tan } \theta_z \times \cos \gamma_s) \dots\dots\dots(2.2)$$

d. Sudut permukaan *azimuth* (γ)

Sudut permukaan *azimuth* merupakan suatu proyeksi kebidang horizontal normal terhadap permukaan dari lokasi bujur, dengan nol menghadap selatan, timur negatif, barat positif ; $-180^0 \leq \gamma \leq 180^0$.

e. Sudut jam matahari (ω)

Sudut jam matahari merupakan sudut penyimpangan matahari di sebelah timur atau barat garis bujur lokal karena rotasi pada porosnya sebesar 15^0 per jam ; sebelum jam 12.00 negatif, setelah jam 12.00 positif.

$$\omega = (t_s - 12) \times \frac{360}{24}, t_s = \text{waktu jam} \dots \dots \dots (2.3)$$

f. Sudut datang (θ)

Sudut datang merupakan sudut antara permukaan radiasi langsung normal vertikal terhadap radiasi langsung vertikal kolektor. Pada sudut datang dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\theta = \cos^{-1} (1 - \cos^2 \delta \times \sin^2 \omega)^{1/2} \dots \dots \dots (2.4)$$

g. Sudut *zenith* (θ_z)

Sudut *zenith* merupakan sudut antara garis vertikal bidang normal dan garis datang sinar matahari. Pada sudut *zenith* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\theta_z = \cos^{-1} (\cos \phi \times \cos \delta \times \cos \omega + \sin \phi \times \sin \delta) \dots (2.5)$$

h. Sudut ketinggian matahari (α_s)

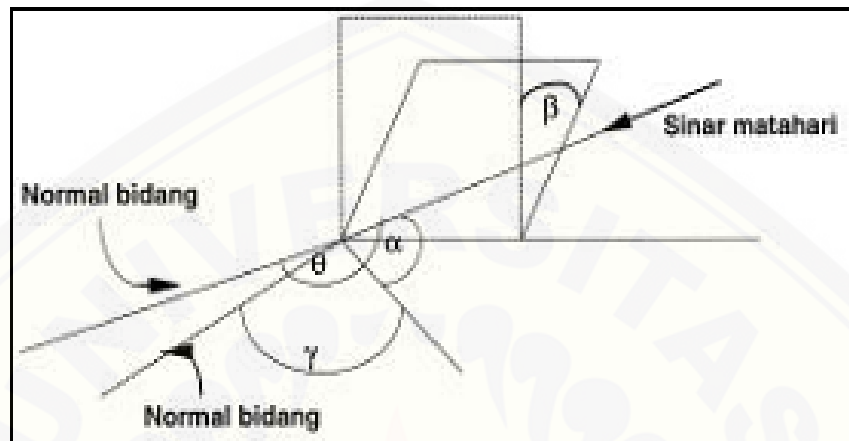
Sudut ketinggian matahari merupakan sudut antara garis horisontal dengan garis matahari datang pada kolektor surya.

i. Sudut azimuth matahari (γ_s)

Sudut azimuth matahari merupakan sudut penyimpangan dari selatan dengan proyeksi radiasi langsung pada bidang horisontal. Penyimpangan ke sebelah timur adalah negatif dan ke sebelah barat adalah positif. Sudut zenith dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\gamma_s = \sin^{-1}\left(\frac{\sin \omega t x \cos \delta}{\sin \theta_z}\right) \dots \dots \dots (2.6)$$

Sedangkan untuk hubungan antara masing-masing parameter sudut matahari tersebut ditunjukkan dalam gambar 2.5. (Philip Kristanto, 2000)



Gambar 2.5 Sudut Matahari Terhadap Permukaan Bidang

2.3 Kolektor Surya

Kolektor surya merupakan sebuah alat yang dapat digunakan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam pemanfaatan energi surya secara langsung,. Kolektor surya dapat memantulkan cahaya matahari dan bisa menyerap panas dari radiasi sinar matahari pada pipa *absorber*-nya dan meneruskan energi panas ke fluida. Sumber utama yang digunakan dalam kolektor surya ini adalah sinar matahari karena sumber energi yang mudah di dapatkan dan ketersediaannya tidak terbatas. (John A. Duffie (Deceased), 1991)

Kemampuan kerja kolektor surya bergantung pada beberapa faktor, antara lain:

- ketersediaan energi radiasi matahari
- temperatur udara sekitar
- karakteristik kebutuhan energi
- karakteristik kalor sistem kolektor surya tersebut.

Besar radiasi matahari yang dapat terkumpul pada kolektor sangat tergantung pada komponen dan desain dari peralatan kolektor. Pada komponen

kolektor sangat tergantung pada material kolektor seperti *absorber*, pipa, bahan dinding, penutup dan isolasinya. Dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber panas sistem *absorber* menjadi alternatif sistem pendingin. Atas dasar itu penyusun tertarik untuk memperdalam masalah kolektor surya sebagai pengganti sumber pemanas pada generator sistem *Absorbtion refrigeration*.

Secara umum, kolektor surya bila ditinjau dari panas yang diinginkan, dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu kolektor konsentrasi dan nonkonsentrasi. Kolektor Non-konsentrasi (*Stationary Collector*) adalah kolektor surya yang mempunyai posisi permanen / tidak dapat bergerak dan tidak bisa melacak arah sinar matahari. Ada tiga macam stationary collector yaitu : *Flat-plate collector* (kolektor plat datar), *Compound Parabolic Collector* (CPCs) dan *Evacuated Tube Collector* (ETCs).

2.3.1 *Flat-Plate* Kolektor

Kolektor surya pelat datar berfungsi untuk menyerap energi radiasi matahari. Radiasi yang diterima permukaan penutup transparan kolektor, sebagian besar diteruskan dan kemudian diterima pelat kolektor yang bekerja sebagai pengumpul energi. Pelat kolektor menjadi sumber radiasi memancarkan energi radiasi kembali ke permukaan dalam penutup transparan kolektor, tetapi radiasinya tidak mampu menembus penutup dengan adanya radiasi yang terperangkap dalam rumah kaca. Akibat kasus ini menyebabkan temperatur di dalam ruang menjadi panas dibandingkan dengan temperatur lingkungan

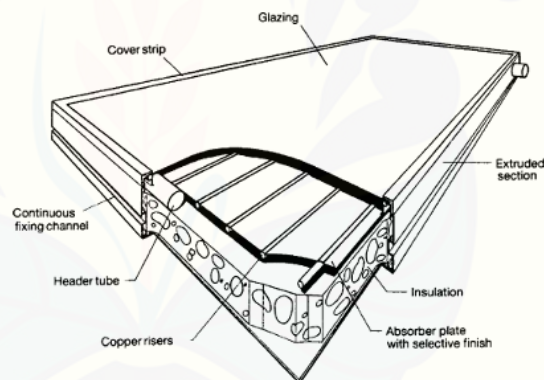
Komponen utama sebuah kolektor flat-plate adalah sebagai berikut :

- a. Cover adalah kaca atau material transmisi radiasi lain.
- b. Saluran cairan panas. Pipa, sirip, atau saluran yang langsung mentransfer panas fluida dari inlet ke outlet.
- c. *Absorber* pelat. Datar, bergelombang, atau pelat beralur, dimana pipa, sirip, atau bagian-bagian lain terpasang.
- d. *Header* adalah pipa dan saluran untuk menyalurkan dan pengisian fluida.

- e. Isolasi yaitu untuk mengurangi kehilangan panas di bagian bawah dan samping kolektor.
- f. *Casing* yang mengelilingi komponen dan melindungi dari debu, kelembaban, dan material lain.

Berkas radiasi matahari yang menimpa kolektor, pertama akan menembus penutup transparan (kaca), kemudian menimpa pelat penyerap. Radiasi ini sebagian diserap oleh pelat penyerap, sebagian yang lain dipantulkan kembali. Pantulan dari pelat penyerap tersebut akan dipantulkan kembali oleh penutup kaca. Sehingga akan terjadi proses pemantulan yang terulang.

Pada kolektor jenis flat-plate kolektor ini mampu menghasilkan temperatur dibawah 100°C . Bentuk dari flat-plate kolektor dapat dilihat pada gambar 2.6 sebagai berikut:



Gambar 2.6 *Flat-Plate* Kolektor

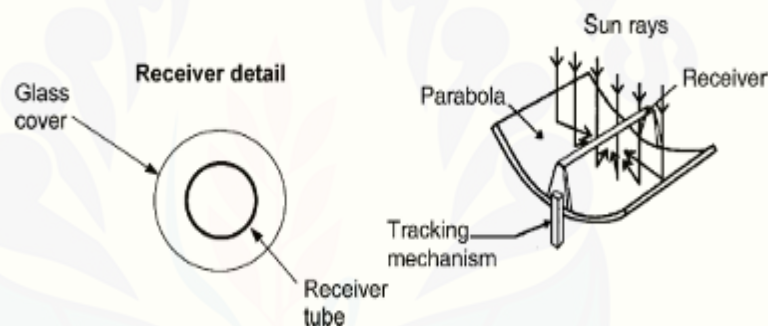
2.3.2 *Compound Parabolic Collector*

a. *Parabolic Trough*

Kolektor surya *parabolic trough* merupakan sebuah Reflektor cermin berbentuk parabolic berbentuk jarum suntik yang digunakan untuk memusatkan sinar matahari ke *absorber* yang efisien secara termal terbagi dalam garis fokus. Energi matahari yang dikumpulkan oleh collector dipantulkan ke *absorber* yang ditempatkan di sepanjang garis pusat kelengkungan/fokus parabola. Panas yang diterima oleh *absorber* kemudian digunakan untuk memanaskan fluida kerja (oli) yang mengalir di dalam pipa *absorber*. Cairan perpindahan panas, seperti air

termal sintesis, Beredar di tabung ini. Fluida yang dipanaskan sampai kira-kira 400°C oleh sinar matahari yang terkonsentrasi dan kemudian dipompa melalui serangkaian penghenti penukar panas yang mengumpulkan uap yang sudah diatur. Uap diubah menjadi energi listrik pada generator turbin uap konvensional, yang dapat menjadi bagian dari siklus uap konvensional. Atau terintegrasi ke dalam siklus turbin uap dan gas gabungan.

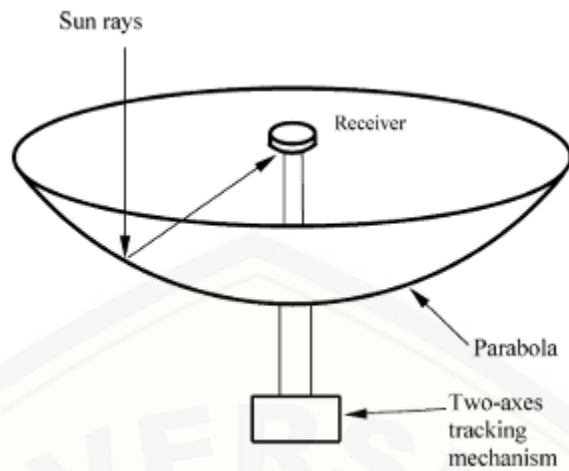
Parabolic trough solar collector merupakan salah satu jenis dari sistem CSP yang banyak dikembangkan di berbagai negara karena hingga saat ini teknologi tersebut dianggap paling matang dan telah terbukti penguasaannya. Adapun bentuk dari kolektor *parabolic trough* dapat dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2.7 *Parabolic Trough*

b. *Parabolic dish*

Parabolic dish reflector merupakan sebuah alat sebagai pengumpul dan pemantul radiasi matahari. *Parabolic dish* ini memiliki permukaan bawahan dalam terbuat dari material cermin agar dapat memantulkan sinar radiasi matahari. Pada cermin tersebut digunakan untuk memusatkan seluruh energi matahari pada satu titik tunggal (*receiver*) dan dapat mencapai temperatur yang sangat tinggi. Sistem dish ini kadang digunakan sebagai mesin uap yang nantinya dapat menciptakan energi kinetik rotasi yang dapat dikonversikan menjadi listrik menggunakan sebuah generator listrik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.8 sebagai berikut:



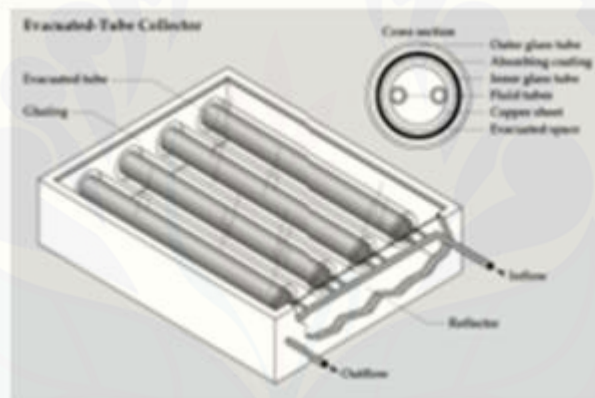
Gambar 2.8 Parabolic dish

2.3.3 Evacuated Tube Collector

Sebagian besar kolektor tabung vakum digunakan di Eropa tengah menggunakan pipa panas untuk inti mereka alih-alih melewati cairan langsung melalui mereka. Aliran langsung lebih populer di China. Pipa pipa panas yang dievakuasi (EHPT) terdiri dari beberapa tabung kaca evakuasi yang masing-masing berisi pelat penyerap yang menyatu dengan pipa panas. Panas ditransfer ke cairan transfer dari sistem pemanas ruangan air panas atau hidronik domestik dalam penukar panas yang disebut "manifold". Manifold dibungkus dengan insulasi dan ditutupi oleh lembaran logam pelindung atau plastik. Vakum di dalam kolektor tabung yang dievakuasi telah terbukti bertahan lebih dari 25 tahun, lapisan reflektif untuk desain dienkapsulasi dalam ruang hampa di dalam tabung, yang tidak akan terdegradasi sampai vakum hilang. Vakum yang mengelilingi bagian luar tabung sangat mengurangi konveksi dan kehilangan panas konduksi, sehingga mencapai efisiensi yang lebih besar daripada kolektor pelat datar, terutama pada kondisi yang lebih dingin. Keuntungan ini sebagian besar hilang di iklim yang lebih hangat, kecuali dalam kasus di mana air yang sangat panas diinginkan, misalnya, untuk proses komersial. Suhu tinggi yang bisa terjadi mungkin memerlukan desain khusus untuk mencegah kepanasan.

Beberapa tabung yang dievakuasi (kaca-logam) dibuat dengan satu lapisan kaca yang menyatu dengan pipa panas di ujung atas dan membungkus pipa panas

dan penyerap di ruang hampa. Lain-lain (kaca-kaca) dibuat dengan lapisan ganda kaca yang disatukan pada satu atau kedua ujungnya dengan ruang hampa antara lapisan (seperti botol vakum atau labu), dengan penyerap dan pipa panas yang terkandung pada tekanan atmosfer normal. Tabung kaca kaca memiliki segel vakum yang sangat andal, namun dua lapisan kaca mengurangi cahaya yang mencapai penyerap. Kelembaban dapat memasuki daerah yang tidak dievakuasi dari tabung dan menyebabkan korosi penyerap. Tabung kaca logam memungkinkan lebih banyak cahaya untuk mencapai penyerap, dan melindungi penyerap dan pipa panas dari korosi meskipun terbuat dari bahan yang berbeda (lihat korosi galvanik). Untuk *Evacuated Tube Collector* dapat dilihat pada gambar 2.9 sebagai berikut:



Gambar 2.9 *Evacuated Tube Collector*

2.4 Penjejak Matahari (*Tracking*)

Penjejak matahari (*Tracking*) adalah perangkat yang digunakan untuk mengarahkan sebuah kolektor, *reflektor*, lensa atau perangkat optik lainnya ke arah matahari. Karena posisi matahari di langit berubah seiring dengan musim dan waktu, penjejak digunakan untuk menyelaraskan sistem pengumpulan untuk memaksimalkan produksi energi. Beberapa faktor harus diperhatikan saat menentukan penggunaan penjejak. Beberapa di antaranya adalah: teknologi surya yang digunakan, jumlah penyinaran sinar matahari langsung, tarif umpan di wilayah dimana sistem digunakan, dan biaya untuk memasang dan merawat alat penjejak matahari. (Sali Naveen, 2016)

Pada tahun 1975, salah satu sistem penjejak otomatis pertama dipresentasikan oleh McFee, di mana sebuah algoritma dikembangkan untuk menghitung total distribusi daya dan distribusi fluks yang diterima pada sistem tenaga surya penerima pusat. Dengan membagi setiap cermin menjadi 484 elemen dan menjumlahkan kontribusi semua elemen, posisi matahari dapat ditentukan dengan toleransi kesalahan penjejak $0,5^\circ - 1^\circ$. Beberapa tahun kemudian, Semma dan Imamru menggunakan mikroprosesor sederhana untuk menyesuaikan secara adaptif posisi kolektor surya dalam konsentrator fotovoltaik sehingga mereka menunjuk ke arah matahari setiap saat. Teori matematika tentang distribusi kesalahan penjejak juga dikembangkan untuk memperbaiki algoritme penentuan posisi matahari. Pada tahun 1983, Al-Naima dan Yaghobian mengembangkan sistem penjejak matahari yang menampilkan pemasangan khatulistiwa dua sumbu dan mikroprosesor, di mana operasi penjejak dilakukan. Dilakukan atas dasar koordinat astronomi matahari. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan menghasilkan kinerja penjejak yang jauh lebih baik daripada yang diperoleh dengan sistem kontrol sensor konvensional.

Beberapa tahun kemudian, Lorenz mengusulkan seperangkat pedoman desain untuk kaca jendela yang menolak radiasi matahari selama musim panas, namun menerimanya selama musim dingin. Desainnya menampilkan algoritma kontrol pasif murni berdasarkan perubahan musiman pada sudut pandang sinar matahari. Studi Ashok Kumar Saxena dan V. Dutta telah merancang sebuah pengendali berbasis mikroprosesor untuk penjejak matahari pada tahun 1990. Controller memiliki kemampuan untuk memperoleh data fotovoltaik dan meteorologi dari sistem fotovoltaik dan mengendalikan baterai / beban. Penjejak solar dicapai pada mode loop terbuka dan loop tertutup. Sistem ini sangat berguna karena, pengendali benar-benar otomatis dan tidak memerlukan gangguan operator kecuali jika diperlukan. [Ashok Kumar Saxena dan V.Dutta, 1990].

2.4.1 Penjejak Matahari Aktif

Penjejak aktif menggunakan motor dan kereta gigi untuk pengarah penjejak seperti yang diperintahkan oleh pengendali merespons arah matahari. Posisi matahari dipantau sepanjang hari. Bila penjejak terkena kegelapan, itu bisa tidur atau berhenti tergantung pada disainnya. Hal ini dilakukan dengan menggunakan sensor yang sensitif terhadap cahaya seperti Lower Density Radiations (LDR). Output voltase mereka dimasukkan ke dalam mikrokontroler yang kemudian menggerakkan aktuator untuk menyesuaikan posisi kolektor surya.

2.4.2 Penjejak Matahari Pasif

Penjejak pasif menggunakan titik didih yang rendah cairan gas tekan yang dikompres ke satu sisi atau yang lainnya menyebabkan penjejak bergerak sebagai respons terhadap ketidakseimbangan. Karena ini adalah orientasi non presisi, tidak sesuai untuk beberapa jenis kolektor yang berkonsentrasi tetapi bekerja dengan baik memiliki peredam kental yang mencegah gerak berlebihan dalam menanggapi hembusan angin. (Sali Naveen, 2016)



Gambar 2.10 Penjejak Matahari (*Tracking*)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun tempat dan waktu dalam penelitian, pengujian dan analisis dilakukan secara umum dilakukan di:

Tempat : CDAST (*Center for Development of Advance Science and Tecnology*) Universitas Jember
Alamat : Jl. Kalimantan 37 Jember 68121 Jawa Timur, Indonesia
Waktu : Februari 2017– September 2017

3.2 Tahap Penelitian

Dalam tugas akhir yang dilakukan ini terdapat beberapa sebuah tahapan yang harus dilakukan untuk mendapatkan sebuah hasil. Tahapan-tahapan yang dilakukan diantaranya yaitu:

1. Tahap studi pustaka

Adapun tahap yang pertama ini mengenai tahap studi pustaka bertujuan untuk mengumpulkan sebuah referensi sebagai rujukan atau acuan dalam tahap melakukan sebuah penelitian yang akan dilaksanakan.

2. Tahap pembuatan alat

Untuk tahap kedua pembuatan alat yaitu merangkai alat kolektor surya dan penjejak matahari agar dapat dilakukan penelitian.

3. Tahap pengujian alat

Dalam tahap pengujian alat kolektor surya yang telah dibuat dapat dilakukan pengujian diantaranya yaitu intensitas radiasi matahari, suhu pada kolektor dan sudut kemiringan kolektor surya.

4. Tahap analisis data

Tahap analisis data ini merupakan hasil dari pengujian alat yang telah dilakukan. Dalam analisis data ini didapatkan sebuah data diantaranya yaitu suhu, intensitas radiasi, tekanan, arus, tegangan dan kemiringan kolektor surya. Dari data yang didapat pada analisis data tersebut dapat digunakan sebagai penulisan laporan.

5. Tahap penulisan laporan

Dan tahap terakhir penulisan laporan ini mengenai hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan. Dari data yang sudah dilakukan analisis ini ditulis dalam sebuah laporan tugas akhir. Dan analisis yang telah dilakukan dapat dibandingkan dengan penelitian yang sudah pernah dilakukan yang ada pada sumber referensi atau rujukan yang telah dikumpulkan.

3.3 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Tabel 3.1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan															
		Februari				Maret				Agustus				September			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan	■	■														
2	Studi Literatur		■	■	■												
3	Pembuatan Desain <i>CSP</i>					■	■	■	■								
4	Pembelian Alat dan Bahan					■	■										
5	Pembuatan CSP Dan Tracking						■	■	■	■	■	■	■				
6	Melakukan Pengujian Alat											■	■	■	■		
7	Analisa Data											■	■	■	■	■	
8	Penulisan Laporan dan Kesimpulan													■	■	■	■

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yang harus disiapkan diantaranya yaitu:

3.4.1 Alat Penelitian

1. PC/Laptop

3.4.2 Bahan Penelitian

1. Kolektor Surya

Kolektor surya yang digunakan dalam penelitian ini jenis *parabolic trough*. Berikut spesifikasi dari kolektor surya yang dibuat.

Tabel 3.2 Spesifikasi Pembuatan Kolektor Surya

Bagian CSP	Besaran	Ukuran
Bingkai <i>Reflector</i>	Panjang	200 cm
	Lebar	100 cm
Kaki Penyangga	Panjang	210 cm
	Lebar	110 cm
	Tinggi	30 cm
Penyangga <i>Absorber</i>	Panjang	50 cm
Pipa <i>Absorber</i>	Diameter luar/dalam	0.85 cm /0.65 cm
	Panjang	210 cm

Pembuatan kolektor surya tersebut didapatkan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. Kelengkungan

Untuk mendapatkan kelengkungan dengan persamaan 3.1 sehingga :

$$x^2 = 2Ry \dots\dots\dots(3.1)$$

Diasumsikan R = 50 cm. Dengan lebar jari-jari atau aperture 50 cm

b. Jarak Titik Fokus

Kemudian untuk mendapatkan jarak titik fokus yang digunakan menempatkan pipa dengan persamaan 3.2 didapatkan. :

$$f = \frac{R}{2} \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan titik fokus 25 cm

c. Panjang

Panjang *collector* menggunakan 210 cm

d. Sudut Rim

Untuk mendapatkan sudut rim menggunakan persamaan 3.3 sehingga :

$$\tan \frac{rim}{2} = \frac{2x}{4f} \dots\dots\dots(3.3)$$

2. Mikrokontrol (Arduino Mega2560)

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan *mikrokontroller* yang berbasis Arduino dengan menggunakan *chip* ATmega2560. *Board* ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog *input*, 4 pin UART (*serial port hardware*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah *port* USB, *power jack* DC, ICSP *header*, dan tombol *reset*. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibuthkan untuk sebuah *mikrokontroller*. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan *power* dari USB ke PC anda atau melalui *adaptor* AC/DC ke *jack* DC.



Gambar 3.1 Modul Arduino ATMega2560

Tabel 3.3 Spesifikasi Arduino Mega 2560

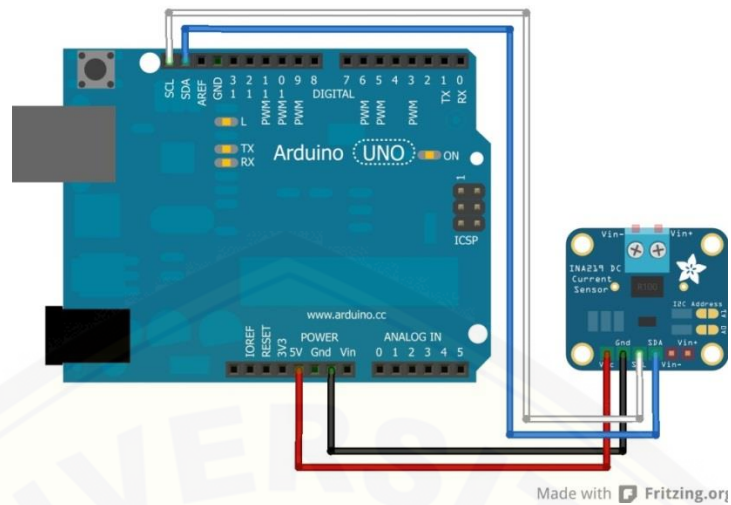
No.	Kriteria	Spesifikasi
1.	Chip mikrokontroler	ATmega2560
2.	Tegangan operasi	5V
3.	Tegangan input (via jack DC)	7V - 12V
4.	Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
5.	Digital I/O pin	54 buah, 6 PWM <i>output</i>
6.	Analog Input pin	16 buah
7.	Arus DC per pin I/O	20 mA
8.	Arus DC pin 3.3V	50 mA
9.	Memori Flash	256 KB, 8 KB untuk bootloader
10.	SRAM	8 KB
11.	EEPROM	4 KB
12.	Clock speed	16 Mhz
13.	Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
14.	Berat	37 g

3. Sensor

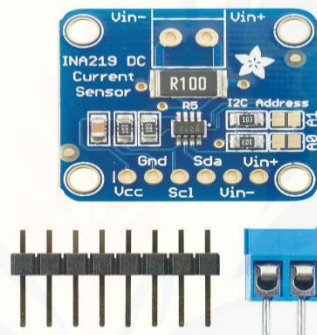
Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut Transduser. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan orde nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi.

a. Sensor arus Ina219

Modul ini mampu melakukan *high-side current sensing* sehingga rangkaian yang akan diukur tidak perlu terganggu karena perubahan *Ground (low side current sensing)* memasang *resistor* pengukuran di antara *load* dan *Ground*. Modul ini mampu mengukur arus hingga 3.2A dan tegangan +26VDC. Tegangan *Vcc* hanya 3 atau 5v. (<https://www.tokopedia.com/freelab/ina219-sensor-arus-dan-daya-dc-current-and-power-sensor>)



Gambar 3.2 Rangkaian Sensor Arus Pada Arduino



Gambar 3.3 Modul Sensor Arus ACS712

Tabel 3.4 Spesifikasi Sensor Arus Ina219

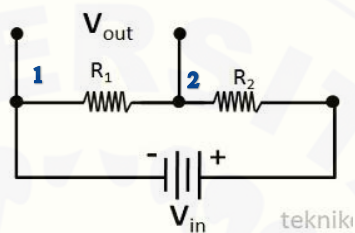
No.	Kriteria	Spesifikasi
1.	Connect GND	GND
2.	Connect VCC	5 Volt
3.	Connect SDA	SDA
4.	Connect SCL	SCL

b. Sensor Tegangan

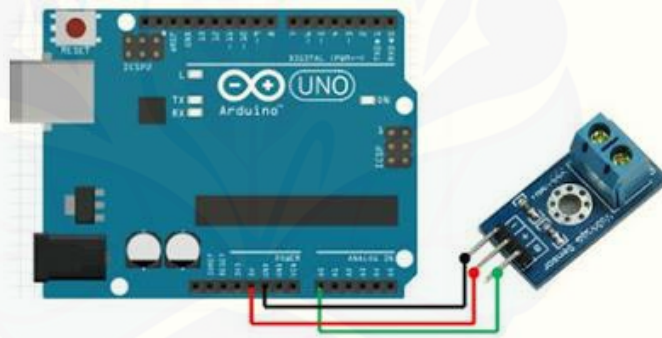
Sensor tegangan merupakan sebuah sensor untuk mendeteksi besaran tegangan listrik. Dalam penggunaan sensor tegangan ini di control oleh mikrokontrol. Dimana pada gambar 3.4 terdapat V_{out} , pada V_{out} tersebut

terdapat dua titik, pada titik 1 yaitu menuju sumber *negative* (-) sedangkan pada titik 2 menuju ke Pin ADC pada mikrikontrol.

Cara merangkai modul sensor tegangan yang di koneksi dengan arduino yaitu kabel merah (pin +) dihubungkan dengan sumber tegangan 5V, kabel hitam (pin -) dihubungkan dengan ground (GND) dan kabel hijau (pin S) dihungkan dengan analog read 0 (A0) pada arduino. Untuk lebih jelasnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 berikut ini :



Gambar 3.4 Rangkaian Pembagi Tegangan



Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Tegangan Pada Arduino



Gambar 3.6 Modul Sensor Tegangan

Tabel 3.5 Spesifikasi Sensor Tegangan

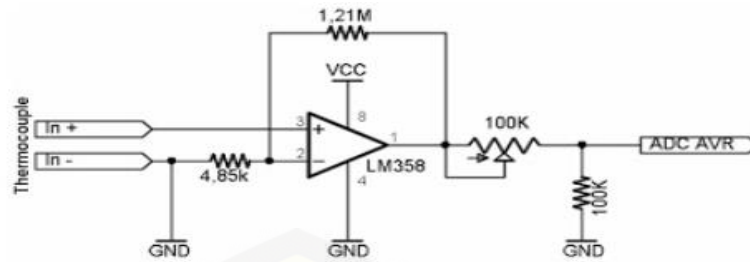
No.	Kriteria	Spesifikasi
1.	Tegangan masuk DC	0-25 VDC
2.	Deteksi tegangan	0.02445-25 VDC
3.	Tegangan resolusi analog	0.00489 V
4.	Pin +	3.3/5 V
5.	Pin -	GND
6.	Pin S	Pin A0

c. Sensor Suhu (*Thermocouple*) dan Max6675

Thermocouple adalah salah satu jenis alat ukur *temperatur* yang menggunakan prinsip *termoelektris* pada sebuah material. alat ini tersusun atas dua konduktor listrik dari material yang berbeda yang dirangkai membentuk sebuah rangkaian listrik. Jika salah satu dari konduktor tersebut dijaga pada temperatur yang lebih tinggi daripada konduktor lainnya sehingga ada *diferensial temperatur*, maka akan timbul efek *termoelektris* yang menghasilkan tegangan listrik. Besar tegangan listrik yang terbentuk tergantung dari jenis material konduktor yang digunakan, serta besar perbedaan temperatur antara dua konduktor tersebut. Berikut pada gambar 3.7 dan 3.8 merupakan rangkaian *Thermocouple* dan modul max6675.



Gambar 3.7 *Thermocouple* dan Modul Max6675

Gambar 3.8 Rangkaian *Thermocoupe*Tabel 3.6 Spesifikasi *Thermocoupe* dan Modul Max 6675

No.	Kriteria	Spesifikasi
1.	Supply Voltage	3.3. to 5 VDC
2.	Operating Current	about 50mA
3.	Measurement Range	0 to 1024 deg C (32 deg F to 1875 F)
4.	Measurement Resolution	+/- 0.25 Deg C (+/- 0.45 Deg F)
5.	Output	Uses a SPI Interface
6.	Required SENSOR	K Thermocouple

d. *Accelerometer*

Accelerometer merupakan alat yang dapat berfungsi untuk mengukur percepatan dari sebuah benda. Percepatan tersebut di ukur bukan dengan menggunakan koordinat dari percepatan tersebut, melainkan dengan mengukur percepatan berdasarkan fenomena pergerakan benda yang di hubungkan dengan perubahan massa yang terjadi di dalam alat pengukur tersebut. *Accelometer* mengukur percepatan dynamic dan static. Pengukuran dynamic adalah pengukuran percepatan pada objek bergerak, sedangkan pengukuran static adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi. Untuk mengukur sudut kemiringan (tilt). Sensor ini dilengkapi dengan 16 bit ADC hardware yang memungkinkan modul menangkap data dari kanal x, y dan z secara bersama. Berikut ini merupakan spesifikasi dari Accelerometer MPU-6050.

Tabel 3.7 Spesifikasi *Accelerometer GY-521 MPU-6050*

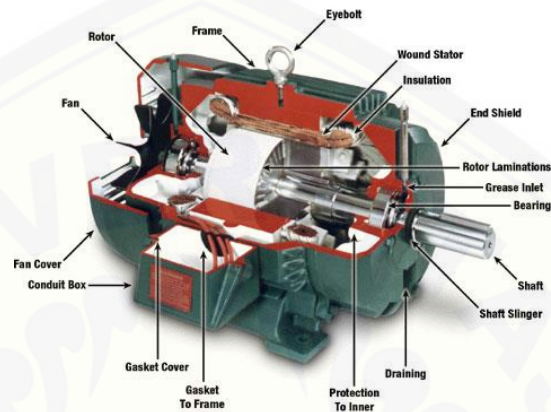
No	Kriteria	Spesifikasi
1.	<i>Sensor Type</i>	<i>Accelerometer</i>
2.	<i>Model Type</i>	MPU-6050
3.	<i>Voltage Operation</i>	3-5 VDC
4.	<i>Current Operation</i>	140 μ A
5.	<i>Axis Measuring</i>	X,Y,Z Axis
6.	<i>Acceleration Range</i>	$\pm 2g, \pm 4g, \pm 8g, \pm 16g$
7.	<i>Interfacce</i>	<i>Standart I²C</i>

4. Generator

Generator merupakan suatu mesin yang dapat mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis atau tenaga mekanis sendiri digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar dalam medan magnet ataupun sebaliknya memutar magnet diantara kumparan kawat penghantar. Penggerak mekanis pada generator biasanya dilakukan oleh turbin melalui uap (tekanan), air, atau angin. Bahan bakar untuk generator juga bermacam – macam, yaitu panas bumi, batubara, minyak, gas, air, dan nuklir. generator sangat penting untuk saat ini karena dapat menciptakan tenaga listrik yang kita butuhkan untuk keperluan sehari – hari. Sedangkan energi listrik merupakan hasil dari dari keluaran sebuah generator, generates sendiri mengeluarkan arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC), hal tersebut tergantung dari sebuah susunan dari generator tersebut atau tergantung dari system yang akan digunakan dalam pengambilan arus.

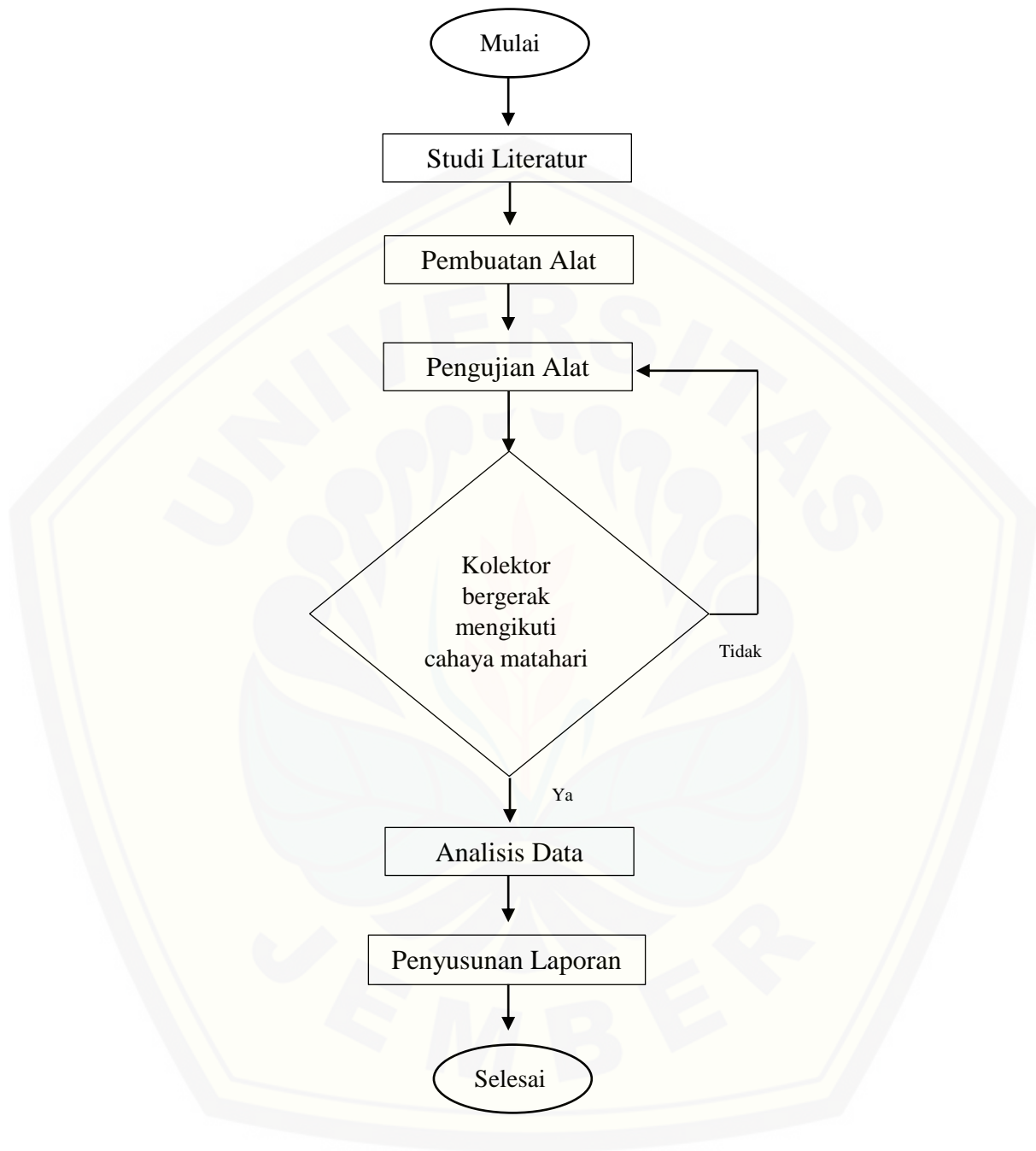
Adapun bagian-bagian dari generator DC diantaranya yaitu stator dan rotor. Pada bagian stator sendiri merupakan bagian dari generator yang diam atau sebagai rumah generator. Pada stator terdapat beberapa bagian diantaranya yaitu kerangka, kutub utama, kutub bantu dan bantalan atau sikat. Sedangkan pada

bagian rotor sendiri merupakan bagian generator yang berputar. Pada rotor ini juga terdapat beberapa bagian diantaranya yaitu poros, inti, komutator dan kumparan atau lilita. Dan juga terdapat sebuah celah udara yang terdapat antara stator dan rotor. Adapun bagian-bagian dari generator terdapat pada gambar 3.9 sebagai berikut:



Gambar 3.9 Bagian rotor

3.5 Diagram Alir Penelitian



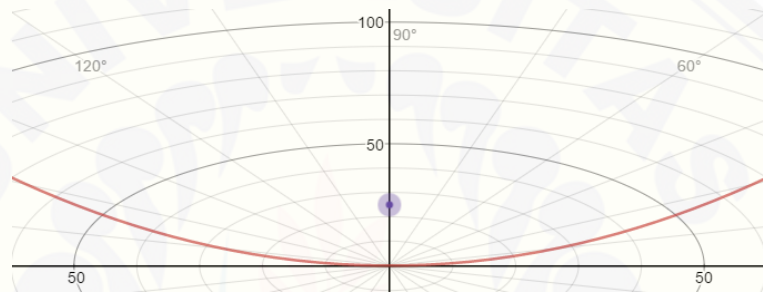
Gambar 3.10 Diagram Alir Penelitian

3.6 Desain Alat

Untuk menentukan ukuran kelengkungan desain alat *parabolic trough* dapat kita menggunakan parabola kalkulator. Kegunaan dari parabola kalkulator untuk mengetahui garis fokal. Program excel digunakan untuk mencari grafik/posisi titik-titik pada parabola dengan menggunakan persamaan parabola sebagai berikut:

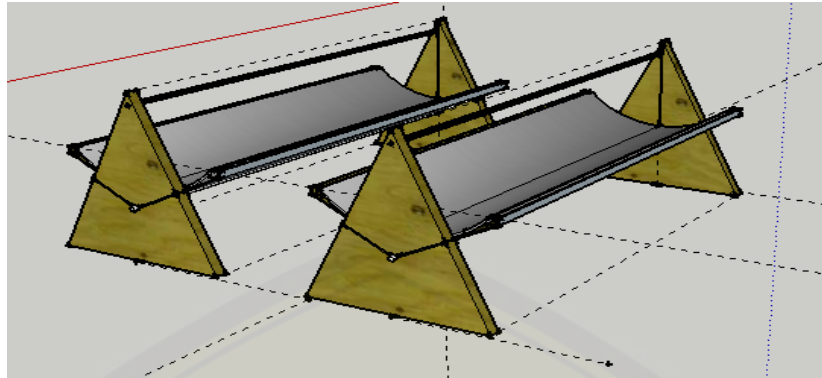
$$y = 4px \dots \dots \dots (3.4)$$

dengan x dan y sebagai posisi titik-titik pada sumbu-x dan sumbu-y.



Gambar 3.11 Sudut dan Kelengkungan *Parabolic*

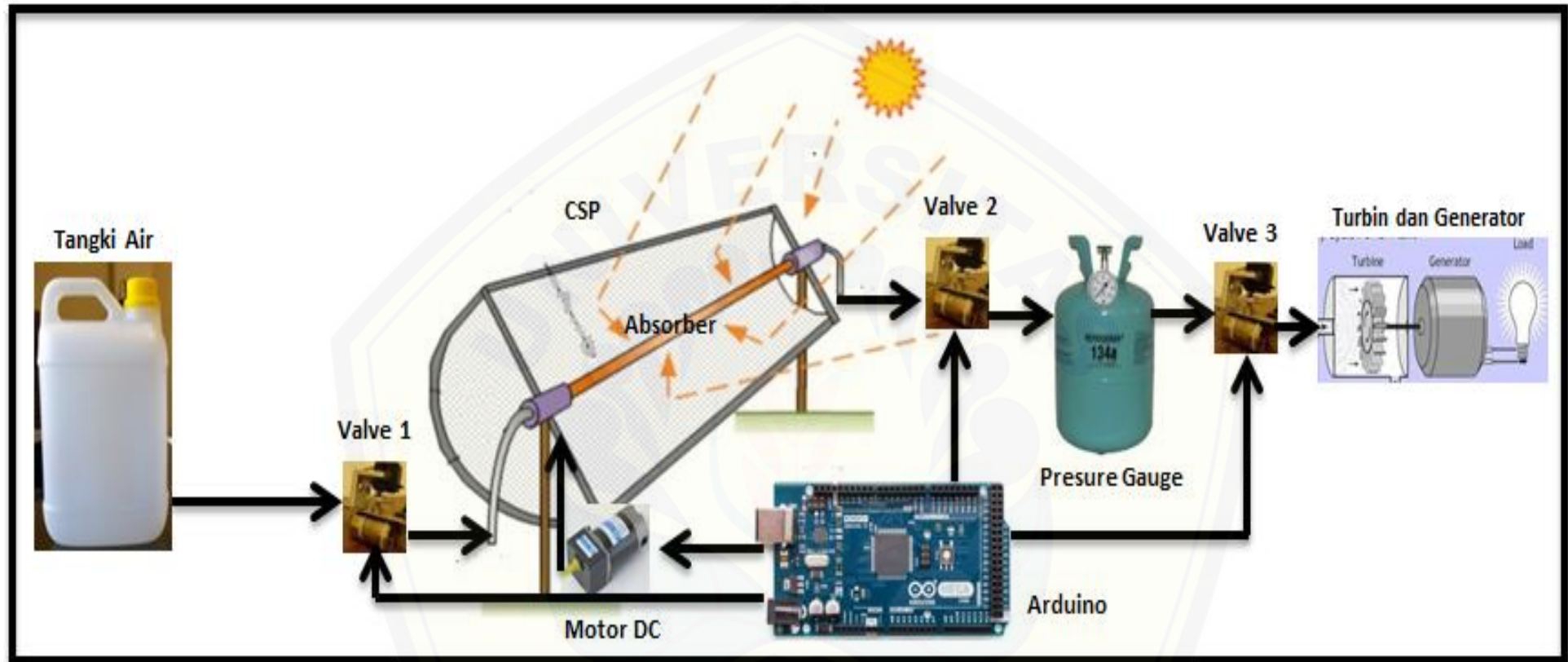
Pada pembangkitan sistem ini, pipa tembaga sebagai penerima panas di pasang di bagian tengah lensa cekung tempat suhu matahari terkonsentrasi. Pipa tembaga sebagai penerima panas tersebut akan memanaskan media berupa air atau cairan penghantar panas lainnya. Media akan mengalami proses pemanasan saat melalui tabung penerima panas. Media yang sudah panas digunakan menghasilkan uap bertekanan. Uap ini akan digunakan menggerakkan turbin dan menghasilkan listrik. Adapun bentuk desain alat kolektor surya *parabolic trough* dapat dilihat pada gambar 3.12 sebagai berikut:



Gambar 3.12 Kolektor Surya *Parabolic Trough*

3.7 Diagram Kerja Kolektor Surya

Pada diagram kerja dari kolektor surya ini akan bekerja apabila pada *absorber* atau pipa tembaga sudah berisi air. Maka akan terjadi pemanasan dari radiasi matahari yang nantinya akan mengenai kolektor surya dan di serap oleh *absorber* atau pipa tembaga. Selama proses pemanasan motor dc *tracking* akan bekerja setiap 30 menit sekali. Dari proses pemanasan uap yang bertekanan akan di simpan pada tabung atau *steam storage* yang nantinya untuk menggerakkan turbin. Sedangkan penggunaan dari *preheater sendiri* digunakan apabila radiasi matahari menurun atau suhu *collector* tidak mampu menghasilkan tekanan yang dapat menggerakkan turbin. Sehingga *absorber* atau pipa tembaga di panasi secara langsung dengan *preheater* atau kompor. Berikut ini merupakan skema kerja dari alat *solar collector parabolic trough* yang ditunjukkan pada gambar 3.13 sebagai berikut:



Gambar 3.13 Skema Kerja Solar Collector Parabolic Trough

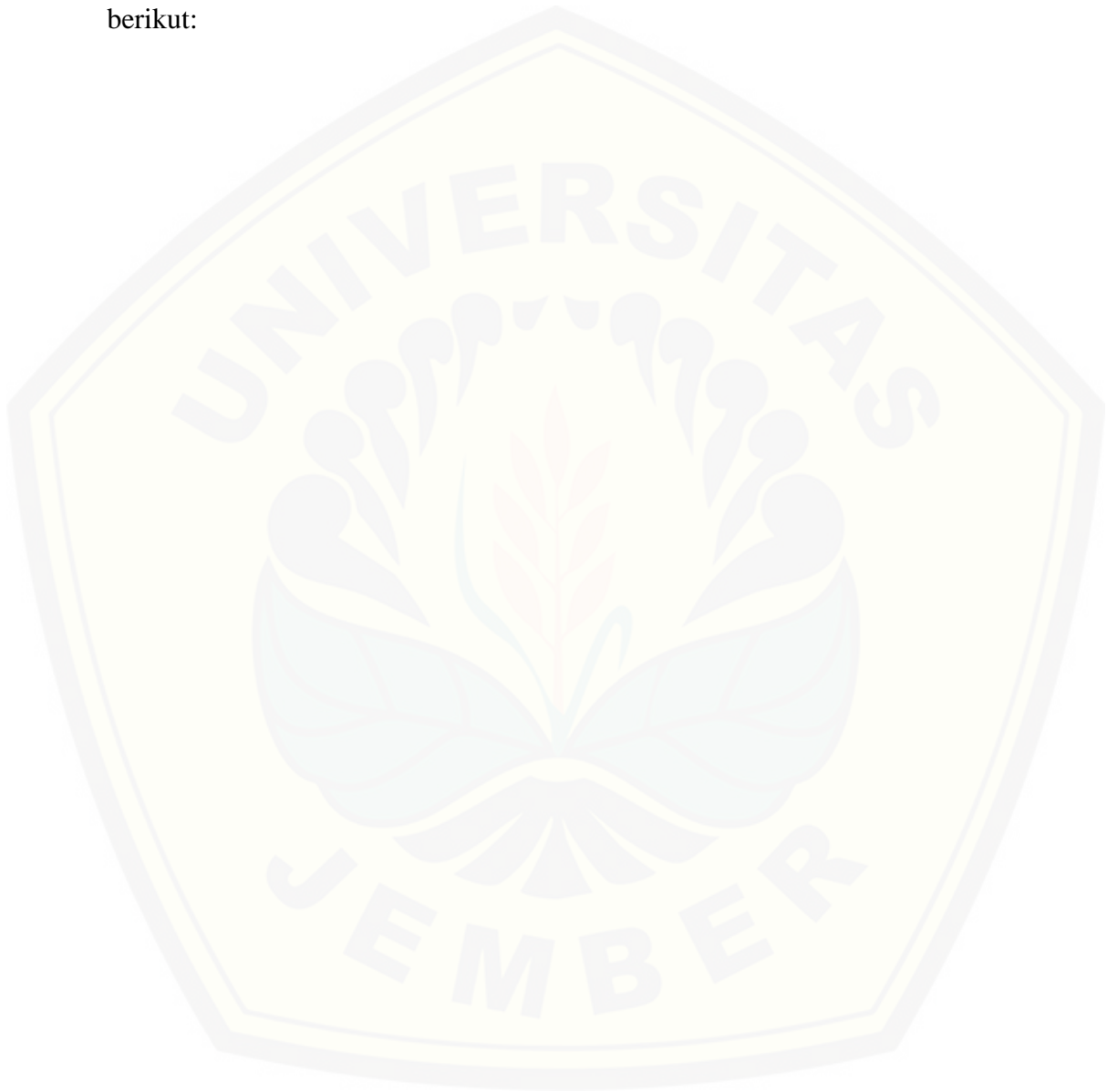
Penjelasan mengenai komponen pada gambar 3.13 sebagai berikut:

1. Tangki air/tandon digunakan untuk menampung air.
2. *Valve 1* berfungsi untuk mengatur aliran air yang masuk ke *preheater*.
3. *Receiver/absorber* berfungsi sebagai tempat penampung air yang di panaskan pada *solar collector parabolic traough*
4. *Collector parabolic trough* berfungsi sebagai pemantul sinar matahari yang di pantulkan pada *receiver* untuk memanaskan air.
5. *Valve 2* berfungsi untuk mengatur aliran uap yang menuju tangki (*steam storage*).
6. *Valve 3* berfungsi untuk mengatur tekanan yang menuju ke turbin.
7. Tangki berfungsi sebagai penyimpang uap yang digunakan untuk memutar turbin.
8. Turbin berfungsi menererima tekanan uap dan menjadikan baling-baling berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor dan memutar generator.
9. Generator berfungsi mengubah energy mekanik menjadi energy listrik.
10. Motor DC berfungsi sebagai sistem penjejak matahari pada kolektor surya.
11. Arduino berfungsi sebagai kontrol dari *valve* dan motor DC *tracking*.

3.8 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dilakukan menggunakan dua sumber utama dan pembantu. Dalam pengujian pertama menggunakan sumber utama yaitu panas matahari, sumber utama ini digunakan apabila suhu yang dibutuhkan sesuai yang telah diinginkan. Selama waktu pengujian dengan radiasi matahari posisi kolektor surya selalu mengikuti pergerakan matahari dengan sudut kemiringan yang berbeda-beda dengan menggunakan sensor accelerometer dan pergerakan kolektor atau perubahan sudut kemiringan di atur dalam waktu yang telah di tentukan. Sedangkan penggunaan *heater* ini untuk membatu meningkatkan suhu dalam proses pemanasan fluida cair (air) yang berada dalam pipa tembaga karena panas matahari kurang maksimal (cuaca dalam kondisi mendung). Dengan penambahan *heater* dapat menghasilkan suhu yang tinggi dan dapat memanaskan fluida air

menjadi bertekanan sehingga dapat menggerakkan turbin dan menghasilkan energi listrik. Dari hasil penelitian ini disimpan pada data *logger* untuk memudahkan pencatatan data yang diambil diantaranya yaitu suhu, tekanan, tegangan, arus dan sudut. Adapun data - data yang diambil dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut:



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat setelah melakukan pengujian dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Sudut kemiringan pada sistem kolektor surya sangat mempengaruhi suhu air *collector*. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan sudut kemiringan pada arah timur dengan sudut $34,9^{\circ}$ menghasilkan suhu air *collector* sebesar $30,04^{\circ}\text{C}$ pada pukul 10:00 WIB. pada pukul 11:30 WIB sudut kemiringan berada pada posisi sudut $14,9^{\circ}$ dengan suhu air *collector* sebesar $52,04^{\circ}\text{C}$ dan pada pukul 12:00 WIB berada pada sudut kemiringan $7,9^{\circ}$ dengan suhu air *collector* sebesar $59,87^{\circ}\text{C}$.
2. Sudut kemiringan sangat mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan. Dengan menggunakan sudut kemiringan dengan sistem *tracking* maka suhu air *collector* akan selalu stabil. Karena kolektor surya akan selalu mengikuti pergerakan matahari. Maka fluida air akan mengalami proses pemanasan dan berubah bertekanan yang dapat memutar turbin yang di kopel dengan generator dc. Dari hasil pengujian pada tanggal 16 Agustus 2017 pada sudut kemiringan sebesar $7,9^{\circ}$ dihasilkan tekanan sebesar 3,5 psi mampu menghasilkan energi listrik sebesar 0,016 watt merupakan energi listrik terbesar yang dihasilkan dalam sistem kolektor surya.

5.2 Saran

Kolektor surya ini lebih baik dilkaukan pengujian pada kondisi yang sangat panas. Dengan proses sistem *tracking* yang telah dilakukan menghasilkan tekanan kecil karena pengaruh dari kondisi angin sekitar kolektor surya dan kondisi alat yang kurang baik, sehingga membutuhkan *heater* untuk mengubah fluida air menjadi bertekanan. Dalam proses pemanasan fluida air membutuhkan suhu yang tinggi untuk menghasilkan tekanan yang dapat memutar turbin. Dibutuhkan fluida lain agar proses pemanasan tidak membutuhkan *heater* cukup dengan menggunakan intensitas radiasi matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A. I. (2013). POTENSI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DALAM Mendukung Kelistrikan Nasional. *Potensi Sumber energy alternatif*, 893.
- D. A. Baharoon, H. A. Rahman, W. Z. W. Omar, and S. O. Fadhl, "Historical development of concentrating solar power technologies to generate clean electricity efficiently -A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 41, pp. 996-1027, Jan. 2015.
- Deni Septiadi, P. N. (2009). PROYEKSI POTENSI ENERGI SURYA SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN . *JURNAL METEOROLOGI DAN GEOFISIKA*, 23.
- Ghalya Pikra, Agus Salim, Andri Joko Purwanto, Zaidan Eddy. (2011). Uji Coba Awal Parabolic Trough Solar Collector. *Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - LIPI*.
- John A. Duffie (Deceased), W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Muchammad, E. Y. (2011). Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Modul Surya 50 Watt Peak Dengan Posisi Mengikuti Pergerakan Arah Matahari.
- Munir, L. R. (2015). Desain, Perakitan dan Uji Coba Mini Parabolic Trough. *ISBN*.
- Philip Kristanto, J. L. (2000). Kolektor Surya Prismatik. *JURNAL TEKNIK MESIN* , 23.
- Sali Naveen, M. A. (2016). A Novel Scheme For Dynamically Tracking Solar Panel. *Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* .
- Xiaodong Xu, Y. Y. (May 24-26 2017). Optimal control of a distributed solar collector field. *AACC American Control Conferenc*

Yi-song Wang, T. D.-y.-l. (2016). Economic Analysis on the Integration of Oil-based Parabolic trough Solar Collector and the Steam Turbine Regenerative System . *IEEE International Conference on Power and Renewable Energy* .

Yuliananda, Subekti. 2015. *Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya*. Surabaya: Universitas 17 Agustus 1945.



DAFTAR LAMPIRAN

A. Data Pengujian

1. Data Sudut Kemiringan Dengan Perhitungan

Waktu (WIB)	Deklinasi (δ)	Latitude (ϕ)	Azimuth (γ)	Sudut Kemiringan	
				Tan β	β
10:00	13,45	8,165	-90,00	0,699	34,9
10:30	13,45	8,165	-90,00	0,542	28,5
11:00	13,45	8,165	-90,00	0,400	21,8
11:30	13,45	8,165	-90,00	0,267	14,9
12:00	13,45	8,165	90,00	0,139	7,9
12:30	13,45	8,165	90,00	0,267	14,9
13:00	13,45	8,165	90,00	0,400	21,8
13:30	13,45	8,165	90,00	0,542	28,5
14:00	13,45	8,165	90,00	0,699	34,9

2. Sudut Kemiringan Dengan Implementasi

Waktu (WIB)	Sudut kemiringan	
	Sudut Perhitungan ($^{\circ}$ C)	Sudut Implementasi ($^{\circ}$ C)
10:00	34,9	-37
10:30	28,5	-30
11:00	21,8	-25
11:30	14,9	-11
12:00	7,9	4
12:30	14,9	11
13:00	21,8	17
13:30	28,5	23
14:00	34,9	29

3. Data Pengujian Dengan Sudut Perhitungan

Waktu (WIB)	lux	lux x 100	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Awal (°C)	Suhu Air Collector (°C)	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in (W)
10:00	851	85100	672,29	28	30,04	2,04	7,33E-05	4200	1000	628,03	300	2,09
10:05	857	85700	677,03	28	30,95	2,95	7,33E-05	4200	1000	908,19	300	3,03
10:10	861	86100	680,19	28	38,74	10,74	7,33E-05	4200	1000	3306,42	300	11,02
10:15	980	98000	774,2	28	47,87	19,87	7,33E-05	4200	1000	6117,18	300	20,39
10:20	991	99100	782,89	28	49,16	21,16	7,33E-05	4200	1000	6514,32	300	21,71
10:25	908	90800	717,32	28	51,02	23,02	7,33E-05	4200	1000	7086,94	300	23,62
10:30	988	98800	780,52	28	50,53	22,53	7,33E-05	4200	1000	6936,09	300	23,12
10:35	837	83700	661,23	28	48,53	20,53	7,33E-05	4200	1000	6320,37	300	21,07
10:40	532	53200	420,28	28	42,61	14,61	7,33E-05	4200	1000	4497,83	300	14,99
10:45	463	46300	365,77	28	39,21	11,21	7,33E-05	4200	1000	3451,11	300	11,50
10:50	302	30200	238,58	28	29,94	1,94	7,33E-05	4200	1000	597,25	300	1,99
10:55	645	64500	509,55	28	42,97	14,97	7,33E-05	4200	1000	4608,66	300	15,36
11:00	960	96000	758,4	28	47,95	19,95	7,33E-05	4200	1000	6141,81	300	20,47
11:05	984	98400	777,36	28	49,65	21,65	7,33E-05	4200	1000	6665,17	300	22,22
11:10	1012	101200	799,48	28	51,05	23,05	7,33E-05	4200	1000	7096,17	300	23,65

11:15	1102	110200	870,58	28	52,91	24,91	7,33E-05	4200	1000	7669,87	300	25,57
11:20	1107	110700	874,53	28	53,05	25,05	7,33E-05	4200	1000	7711,89	300	25,71
11:25	1092	109200	862,68	28	52,86	24,86	7,33E-05	4200	1000	7653,40	300	25,51
11:30	1087	108700	858,73	28	52,04	24,04	7,33E-05	4200	1000	7400,95	300	24,67
11:35	920	92000	726,8	28	50,46	22,46	7,33E-05	4200	1000	6914,54	300	23,05
11:40	992	99200	783,68	28	51,43	23,43	7,33E-05	4200	1000	7213,16	300	24,04
11:45	1006	100600	794,74	28	52,18	24,18	7,33E-05	4200	1000	7444,05	300	24,81
11:50	1015	101500	801,85	28	55,48	27,48	7,33E-05	4200	1000	8459,99	300	28,20
11:55	1018	101800	804,22	28	59,61	31,61	7,33E-05	4200	1000	9731,45	300	32,44
12:00	1112	111200	878,48	28	59,87	31,87	7,33E-05	4200	1000	9811,50	300	32,70
12:05	1093	109300	863,47	28	57,82	29,82	7,33E-05	4200	1000	9180,39	300	30,60
12:10	975	97500	770,25	28	53,20	25,20	7,33E-05	4200	1000	7758,07	300	25,86
12:15	986	98600	778,94	28	50,29	22,29	7,33E-05	4200	1000	6862,20	300	22,87
12:20	899	89900	710,21	28	50,22	22,22	7,33E-05	4200	1000	6840,65	300	22,80
12:25	992	99200	783,68	28	52,87	24,87	7,33E-05	4200	1000	7656,48	300	25,52
12:30	982	98200	775,78	28	52,86	24,86	7,33E-05	4200	1000	7653,12	300	25,51
12:35	621	62100	490,59	28	48,79	20,79	7,33E-05	4200	1000	6400,41	300	21,33
12:40	602	60200	475,58	28	48,53	20,53	7,33E-05	4200	1000	6320,37	300	21,07

12:45	638	63800	504,02	28	48,98	20,98	7,33E-05	4200	1000	6458,90	300	21,53
12:50	874	87400	690,46	28	49,85	21,85	7,33E-05	4200	1000	6726,74	300	22,42
12:55	882	88200	696,78	28	49,92	21,92	7,33E-05	4200	1000	6748,29	300	22,49
13:00	871	87100	688,09	28	48,02	20,02	7,33E-05	4200	1000	6163,36	300	20,54
13:05	820	82000	647,8	28	47,37	19,37	7,33E-05	4200	1000	5963,25	300	19,88
13:10	760	76000	600,4	28	48,82	20,82	7,33E-05	4200	1000	6409,65	300	21,37
13:15	603	60300	476,37	28	48,02	20,02	7,33E-05	4200	1000	6163,36	300	20,54
13:20	594	59400	469,26	28	46,87	18,87	7,33E-05	4200	1000	5809,32	300	19,36
13:25	475	47500	375,25	28	43,99	15,99	7,33E-05	4200	1000	4922,68	300	16,41
13:30	502	50200	396,58	28	44,47	16,47	7,33E-05	4200	1000	5070,45	300	16,90
13:35	862	86200	680,98	28	46,32	18,32	7,33E-05	4200	1000	5640,00	300	18,80
13:40	816	81600	644,64	28	46,03	18,03	7,33E-05	4200	1000	5550,72	300	18,50
13:45	425	42500	335,75	28	43,86	15,86	7,33E-05	4200	1000	4882,66	300	16,28
13:50	402	40200	317,58	28	40,02	12,02	7,33E-05	4200	1000	3700,48	300	12,33
13:55	693	69300	547,47	28	41,34	13,34	7,33E-05	4200	1000	4106,85	300	13,69
14:00	708	70800	559,32	28	41,89	13,89	7,33E-05	4200	1000	4276,18	300	14,25

Rata-Rata

	lux	lux x 100	Radiasi Matahari W/m ²	Suhu Air Collector (°C)	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in (W)
Rata"	830,551	83055,1	656,135	47,71	19,76	7,33E-05	4200	1000	6084,71	300	20,28
MIN	302	30200	238,58	29,94	1,94	0,0000733	4200	1000	597,25	300	1,99
MAX	1112	111200	878,48	59,87	31,87	0,0000733	4200	1000	9811,50	300	32,70

4. Data Pengujian Dengan Sudut Implementasi

Waktu (WIB)	Lux	Lux x 100	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Awal (°C)	Suhu Air Collector (°C)	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Qin (W)
10:00	890	89000	703,1	28	43,5	15,5	7,33E-05	4200	1000	4771,83	300	15,9061
10:15	992	99200	783,68	28	42,75	14,75	7,33E-05	4200	1000	4540,935	300	15,13645
10:30	1025	102500	809,75	28	50,75	22,75	7,33E-05	4200	1000	7003,815	300	23,34605
10:45	1000	100000	790	28	48,8	20,8	7,33E-05	4200	1000	6403,488	300	21,34496
11:00	990	99000	782,1	28	45,5	17,5	7,33E-05	4200	1000	5387,55	300	17,9585
11:15	985	98500	778,15	28	45	17	7,33E-05	4200	1000	5233,62	300	17,4454

11:30	1015	101500	801,85	28	53,75	25,75	7,33E-05	4200	1000	7927,395	300	26,42465
11:45	1130	113000	892,7	28	55,5	27,5	7,33E-05	4200	1000	8466,15	300	28,2205
12:00	1200	120000	948	28	58	30	7,33E-05	4200	1000	9235,8	300	30,786
12:15	1192	119200	941,68	28	57	29	7,33E-05	4200	1000	8927,94	300	29,7598
12:30	1102	110200	870,58	28	52,2	24,2	7,33E-05	4200	1000	7450,212	300	24,83404
12:45	980	98000	774,2	28	50,75	22,75	7,33E-05	4200	1000	7003,815	300	23,34605
13:00	960	96000	758,4	28	47,5	19,5	7,33E-05	4200	1000	6003,27	300	20,0109
13:15	925	92500	730,75	28	45,75	17,75	7,33E-05	4200	1000	5464,515	300	18,21505
13:30	855	85500	675,45	28	43,1	15,1	7,33E-05	4200	1000	4648,686	300	15,49562
13:45	820	82000	647,8	28	42,75	14,75	7,33E-05	4200	1000	4540,935	300	15,13645
14:00	785	78500	620,15	28	40,5	12,5	7,33E-05	4200	1000	3848,25	300	12,8275

Rata-Rata

	lux x 100	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Awal (°C)	Suhu Air Collector (°C)	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in (W)
Rata"	99094,12	782,84	28	48,42	20,42	7,33E-05	4200	1000	6285,78	300	20,95
MIN	78500	620,15	28	40,5	12,5	7,33E-05	4200	1000	3848,25	300	12,83
MAX	120000	948	28	58	30	7,33E-05	4200	1000	9235,8	300	30,79

5. Data Pengujian Dengan Sudut Tertentu

Jam	lux	lux x 100	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Awal (°C)	Suhu Air Collector (°C)	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in (W)
10:00	830	83000	655,7	28,00	42,98	14,98	7E-05	4200	1000	4611,74	300	15,37
10:05	832	83200	657,28	28,00	45,87	17,87	7E-05	4200	1000	5501,46	300	18,34
10:10	855	85500	675,45	28,00	46,00	18,00	7E-05	4200	1000	5541,48	300	18,47
10:15	860	86000	679,4	28,00	48,77	20,77	7E-05	4200	1000	6393,25	300	21,31
10:20	1020	102000	805,8	28,00	49,65	21,65	7E-05	4200	1000	6666,40	300	22,22
10:25	910	91000	718,9	28,00	52,99	24,99	7E-05	4200	1000	7692,64	300	25,64
10:30	922	92200	728,38	28,00	49,43	21,43	7E-05	4200	1000	6597,44	300	21,99

10:35	936	93600	739,44	28,00	48,28	20,28	7E-05	4200	1000	6242,31	300	20,81
10:40	930	93000	734,7	28,00	51,11	23,11	7E-05	4200	1000	7113,53	300	23,71
10:45	938	93800	741,02	28,00	52,30	24,30	7E-05	4200	1000	7481,28	300	24,94
10:50	948	94800	748,92	28,00	53,16	25,16	7E-05	4200	1000	7745,20	300	25,82
10:55	959	95900	757,61	28,00	51,30	23,30	7E-05	4200	1000	7172,06	300	23,91
11:00	964	96400	761,56	28,00	51,33	23,33	7E-05	4200	1000	7181,05	300	23,94
11:05	970	97000	766,3	28,00	52,95	24,95	7E-05	4200	1000	7682,18	300	25,61
11:10	950	95000	750,5	28,00	52,95	24,95	7E-05	4200	1000	7682,18	300	25,61
11:15	943	94300	744,97	28,00	52,91	24,91	7E-05	4200	1000	7669,87	300	25,57
11:20	910	91000	718,9	28,00	51,53	23,53	7E-05	4200	1000	7243,44	300	24,14
11:25	934	93400	737,86	28,00	52,85	24,85	7E-05	4200	1000	7651,39	300	25,50
11:30	946	94600	747,34	28,00	51,23	23,23	7E-05	4200	1000	7152,37	300	23,84
11:35	925	92500	730,75	28,00	48,96	20,96	7E-05	4200	1000	6451,91	300	21,51
11:40	960	96000	758,4	28,00	47,71	19,71	7E-05	4200	1000	6069,32	300	20,23
11:45	1008	100800	796,32	28,00	49,72	21,72	7E-05	4200	1000	6686,72	300	22,29
11:50	996	99600	786,84	28,00	49,60	21,60	7E-05	4200	1000	6649,78	300	22,17
11:55	1009	100900	797,11	28,00	52,55	24,55	7E-05	4200	1000	7557,96	300	25,19
12:00	898	89800	709,42	28,00	53,48	25,48	7E-05	4200	1000	7843,15	300	26,14

12:05	906	90600	715,74	28,00	49,18	21,18	7E-05	4200	1000	6521,03	300	21,74
12:10	968	96800	764,72	28,00	45,58	17,58	7E-05	4200	1000	5410,78	300	18,04
12:15	940	94000	742,6	28,00	53,79	25,79	7E-05	4200	1000	7941,11	300	26,47
12:20	1016	101600	802,64	28,00	55,30	27,30	7E-05	4200	1000	8403,18	300	28,01
12:25	1004	100400	829,2	28,00	54,59	26,59	7E-05	4200	1000	8186,84	300	27,29
12:30	1030	103000	813,7	28,00	55,93	27,93	7E-05	4200	1000	8598,53	300	28,66
12:35	914	91400	722,06	28,00	48,96	20,96	7E-05	4200	1000	6454,14	300	21,51
12:40	864	86400	682,56	28,00	39,99	11,99	7E-05	4200	1000	3691,81	300	12,31
12:45	456	45600	360,24	28,00	29,55	1,55	7E-05	4200	1000	477,18	300	1,59
12:50	460	46000	363,4	28,00	30,05	2,05	7E-05	4200	1000	631,11	300	2,10
12:55	578	57800	456,62	28,00	35,11	7,11	7E-05	4200	1000	2188,60	300	7,30
13:00	604	60400	477,16	28,00	40,13	12,13	7E-05	4200	1000	3733,50	300	12,45
13:05	602	60200	475,58	28,00	39,17	11,17	7E-05	4200	1000	3440,20	300	11,47
13:10	620	62000	489,8	28,00	41,71	13,71	7E-05	4200	1000	4220,20	300	14,07
13:15	480	48000	379,2	28,00	35,20	7,20	7E-05	4200	1000	2216,59	300	7,39
13:20	492	49200	388,68	28,00	36,04	8,04	7E-05	4200	1000	2475,75	300	8,25
13:25	490	49000	387,1	28,00	35,11	7,11	7E-05	4200	1000	2188,32	300	7,29
13:30	496	49600	391,84	28,00	38,90	10,90	7E-05	4200	1000	3354,83	300	11,18

13:35	491	49100	387,89	28,00	36,06	8,06	7E-05	4200	1000	2480,23	300	8,27
13:40	480	48000	379,2	28,00	32,00	4,00	7E-05	4200	1000	1231,44	300	4,10
13:45	478	47800	377,62	28,00	30,20	2,20	7E-05	4200	1000	677,29	300	2,26
13:50	462	46200	364,98	28,00	30,00	2,00	7E-05	4200	1000	615,72	300	2,05
13:55	462	46200	364,98	28,00	30,02	2,02	7E-05	4200	1000	621,88	300	2,07
14:00	486	48600	383,94	28,00	32,67	4,67	7E-05	4200	1000	1437,71	300	4,79

Rata-rata

	lux	lux x 100	Radiasi Matahari W/m ²	Suhu Air Awal (°C)	Suhu Air Collector (°C)	Del T	Vf	Cpf	pf	Q (Joule)	t (s)	Q in (W)
Rata"	798,61	79861,22	631,64	28,00	45,20	17,20	7E-05	4200	1000	5295,47	300	17,65
MIN	456	45600	360,24	28,00	29,55	1,55	7,3E-05	4200	1000	477,18	300	1,59
MAX	1030	103000	829,2	28,00	55,93	27,93	7,3E-05	4200	1000	8598,53	300	28,66

6. Data Pengujian Dengan Sudut Perhitungan

Waktu (WIB)	Suhu Air Collector (°C)	Tekanan (psi)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Sudut (°)
10:00	30,04	0	0	0	0	34,9
10:30	38,74	0	0	0	0	28,5
11:00	40,02	0	0	0	0	21,8
11:30	52,04	1	0,2	0,01	0,002	14,9
12:00	59,87	3,5	0,8	0,02	0,016	7,9
12:30	52,86	1,2	0,5	0,1	0,005	14,9
13:00	48,02	0	0	0	0	21,8
13:30	44,47	0	0	0	0	28,5
14:00	41,89	0	0	0	0	34,9

7. Data Pengujian Dengan Sudut Implementasi

Waktu (WIB)	Suhu Air Collector (°C)	Tekanan (psi)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Sudut (°)
10:00	43,5	0	0	0	0	-37
10:30	50,75	0	0	0	0	-30
11:00	45,5	0	0	0	0	-25
11:30	53,75	1	0,1	0,01	0,001	-11
12:00	58	3	0,7	0,02	0,014	4
12:30	52,2	1	0,1	0,01	0,001	11
13:00	47,5	0	0	0	0	17
13:30	43,1	0	0	0	0	23
14:00	40,5	0	0	0	0	29

8. Data Pengujian Dengan Sudut Tertentu

Waktu (WIB)	Suhu Air Collector (°C)	Tekanan (psi)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Sudut (°)
10:00	42,98	0	0	0	0	4
10:30	49,43	0	0	0	0	4
11:00	51,33	0	0	0	0	4
11:30	53,46	1	0	0	0	4
12:00	53,48	1	0	0	0	4
12:30	55,93	2	0	0	0	4
13:00	40,13	0	0	0	0	4
13:30	38,90	0	0	0	0	4
14:00	32,67	0	0	0	0	4

9. Data Pengujian Dengan Heater

Suhu Air Heater (°C)	Tekanan (psi)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
65	5	1,33	0,01	0,0133
68,54	7	2,39	0,02	0,0478
70,24	9	2,73	0,02	0,0546
78,1	10	3,02	0,03	0,0906
89,36	13	3,37	0,04	0,1348
94,2	15	4,32	0,05	0,216
101,4	17	4,67	0,05	0,2335
114,28	20	4,83	0,05	0,2415

10. Perbandingan Hasil Energi Listrik Dengan Sumber Matahari

Tanggal Waktu (WIB)	Tanpa Tracking (Sudut Tertentu)					Dengan Tracking (Sudut Perhitungan)						Dengan Tracking (Sudut Implementasi)					
	Tek (Psi)	Suhu (°C)	Teg (V)	Arus (A)	Daya (W)	Sudut (°)	Tek (Psi)	Suhu (°C)	Teg (V)	Arus (A)	Daya (W)	Sudut (°)	Tek (Psi)	Suhu (°C)	Teg (V)	Arus (A)	Daya (W)
16-8-2017/10:00	0	42,98	0	0	0	34,9	0	30,04	0	0	0	35	0	43,5	0	0	0
16-8-2017/10:30	0	49,43	0	0	0	28,5	0	50,53	0	0	0	29	0	50,7	0	0	0
16-8-2017/11:00	0	51,33	0	0	0	21,8	0	47,95	0	0	0	22	0	45,5	0	0	0
16-8-2017/11:30	1	53,46	0	0	0	14,9	1	52,04	0,2	0,01	0,002	16	1	53,7	0,1	0,01	0,001
16-8-2017/12:00	1	53,48	0	0	0	7,9	3,5	59,87	0,8	0,02	0,016	8	3	58	0,7	0,02	0,014
16-8-2017/12:30	2	55,93	0	0	0	14,9	1,2	52,86	0,5	0,1	0,005	16	1	52,2	0,1	0,01	0,001
16-8-2017/13:00	0	40,13	0	0	0	21,8	0	48,02	0	0	0	22	0	47,5	0	0	0
16-8-2017/13:30	0	38,90	0	0	0	28,5	0	44,47	0	0	0	29	0	43,1	0	0	0
16-8-2017/14:00	0	32,67	0	0	0	34,9	0	41,89	0	0	0	35	0	40,5	0	0	0

B. Listing Program

```
#include <OneWire.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "OneWire.h"
#include "Wire.h"
#include "LiquidCrystal_I2C.h"
#include "RTCLib.h"
#include "max6675.h"
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050.h"
#include "Wire.h"
#include <SD.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include<Servo.h>

//-----
//          Inisialisasi Variabel
//-----

int button1=0, button2=0;
Servo satu, dua, tiga;
int in_1=0;      //input 1
int in_2=0;      //input 2
int in_3=0;      //input 3
int in_4=0;
int in_5=0;      //input 3
int in_6=0;
RTC_DS1307 rtc;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
Adafruit_INA219 sensor219_A;
Adafruit_INA219 sensor219_B(0x41);
float currentmA_inaP;
float currentA_inaP;
int thermoDO = 7;
int thermoCS = 6;
int thermoCLK = 5;
int thermoDO2 = 4;
int thermoCS2 = 3;
```



```
int thermoCLK2 = 2;
MPU6050 accelgyro (0x69);
int16_t ax,ay,az;
int16_t gx,gy,gz;
int tilt;
int tiltx;
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS, thermoDO);
MAX6675 thermocouple2(thermoCLK2, thermoCS2, thermoDO2);
const int chipSelect = SS;
float suhudingin;
float suhupanas;
int valM;
float vallM;
int valP;
float vallP;
float tempM;
float tempP;
uint8_t degree[8] = {140,146,146,140,128,128,128,128};

//-----
//                               Icon Setup
//-----

byte battery[8]=
{
0b01110,0b11011,0b10001,0b10001,0b11111,0b11111,0b11111,0b11111,};

#define TEG_ICON 6
byte TEG_icon[8] = //icon for termometer
{
0b11111,0b10101,0b11111,0b10101,0b11111,0b10101,0b11111,0b00000};

#define TEMP_ICON 7
byte _TEMP_icon[8]=
{
0b00100,0b01010,0b01010,0b01110,0b01110,0b11111,0b11111,0b01110};
byte backslash_char[8]=
{
```

```
0b10000,0b10000,0b01000,0b01000,0b00100,0b00100,0b00010,0b00010,};  
//-----  
//                               Void Setup  
//-----  
void setup() {  
  Wire.begin();  
  accelgyro.initialize();  
  satu.attach(8);  
  dua.attach(9);  
  tiga.attach(10);  
  pinMode(26, INPUT);  
  pinMode(28, INPUT);  
  pinMode(30, INPUT);  
  pinMode(32, INPUT);  
  pinMode(27, INPUT);  
  pinMode(29, INPUT);  
  pinMode(31, INPUT);  
  pinMode(33, INPUT);  
  pinMode(11,OUTPUT);  
  pinMode(12,OUTPUT);  
  pinMode(13,OUTPUT);  
  Serial.begin(9600);           // Initialize serial port  
  lcd.begin();                 // initialize the LCD  
  lcd.backlight();  
  lcd.print("Initializing SD card");  
  delay(1000);  
  lcd.clear();  
  pinMode(SS, OUTPUT); // required for SD lib  
  digitalWrite(SS,HIGH);  
  
  if (!SD.begin(chipSelect))  
  {  
    lcd.print("Card Failed or");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Not present");  
    // don't do anything more:  
    delay(3000);  
  }  
}
```

```
        return;
    }
    lcd.print("Card Initialized.");
    delay(2000);
    lcd.clear();
    lcd.print("Loading...!");
    delay(2000);
    lcd.clear();

Wire.begin();
rtc.begin();
if (! rtc.isrunning())
{
    lcd.clear();
    lcd.print("RTC NOT Running");
}
delay(500);
lcd.clear();
lcd.createChar(2, battery);
lcd.createChar(TEMP_ICON, _TEMP_icon);
lcd.createChar(TEG_ICON, TEG_icon);
lcd.createChar('\', backslash_char);

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("VALVE");
lcd.setCursor(5, 0);
lcd.write(TEG_ICON);
lcd.setCursor(8, 0);
lcd.print("GEN");
lcd.setCursor(12,0);
lcd.write(2);
lcd.setCursor(15,0);
lcd.print("TEMP");
lcd.setCursor(19,0);
lcd.write(TEMP_ICON);

lcd.createChar(0, degree);
delay(20);
```

```
}
//-----
//                               Void Loop
//-----

void loop()
{
  motor();
  suhu_panas();
  suhu_dingin();
  waktu();
  arus_tegangan_poly();
  Accelero();
  servo();
  delay (200);
}
//-----
//                               Valve 1 2 3 Monitor
//-----

void servo()
{
  in_1=digitalRead(26);
  in_2=digitalRead(28);
  in_3=digitalRead(30);
  in_4=digitalRead(32);
  in_5=digitalRead(31);
  in_6=digitalRead(33);
  if(in_1==HIGH){
    satu.write(40);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("V1=ON ");
    delay(20);
  }
  if(in_2==HIGH){
    satu.write(0);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("V1=OFF");
    delay(20);
  }
}
```

```
if(in_3==HIGH){
    dua.write(40);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("V2=ON ");
    delay(20);
}
if(in_4==HIGH){
    dua.write(0);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("V2=OFF");
    delay(20);
}
if(in_5==HIGH){
    tiga.write(40);
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("V3=ON ");
    delay(20);
}
if(in_6==HIGH){
    tiga.write(0);
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("V3=OFF");
    delay(20);
}
}
//-----
//           Tilt Angle Monitor
//-----
void Accelero()
{
    accelgyro.getMotion6(&ax,&ay,&az,&gx,&gy,&gz);
    tilt=map(ax,-17000,17000,0,179);
    //tilt=tiltx-90;
    lcd.setCursor(7,3);
    lcd.print("SDT: ");
    if(tilt>=100){
        lcd.setCursor(11,3);
        lcd.print(tilt);
    }
}
```

```
    }
    if(tilt<100){
        lcd.setCursor(11,3);
        lcd.print(tilt);
        lcd.setCursor(13,3);
        lcd.print(" ");
    }
    if(tilt<10){
        lcd.setCursor(11,3);
        lcd.print(tilt);
        lcd.setCursor(12,3);
        lcd.print(" ");
    }
    Serial.print("Sudut:");
    Serial.println(tilt);
}

//-----
//                               Temperature
//-----

void suhu_dingin()
{
    lcd.setCursor(15,2);
    suhudingin=thermocouple2.readCelsius();
    lcd.print(suhudingin,1);

#if ARDUINO >= 100
    lcd.write((byte)0);
#else
    lcd.print(0, BYTE);
#endif
}

//-----
//                               Waktu RTC Monitor
//-----

void waktu(){
    DateTime now = rtc.now();
    int s=now.second();
```

```
if(s==0)
{
  LogToSD1(); //
  LogToSD2(); //
  LogToSD3(); //
  LogToSD4(); //
  LogToSD5(); //
  LogToSD6(); //
}
delay(20);
}
//-----
//      Arus dan Tegangan Generator Monitor
//-----
void arus_tegangan_poly()
{
  valP = analogRead(A5);
  tempP = valP/4.5;
  vallP = (tempP/10);
  lcd.setCursor(7,1);
  lcd.print(vallP,2);
  lcd.setCursor(12,1);
  lcd.print("V");

  sensor219_A.begin();
  currentmA_inaP = sensor219_A.getCurrent_mA();
  currentA_inaP = currentmA_inaP/1000;
  Serial.println(currentmA_inaP,2);
  Serial.println(currentA_inaP,2);
  lcd.setCursor(7,2);
  lcd.print(currentA_inaP,2);
  lcd.setCursor(11,2);
  lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(12,2);
  lcd.print("A");

}
//-----
```

```
//          Datalogger Waktu
//-----
void LogToSD1(){
    DateTime now = rtc.now();
    File dataFile = SD.open("time.txt", FILE_WRITE);
    if (dataFile) {
        dataFile.print(now.year(), DEC);
        dataFile.print('/');
        dataFile.print(now.month(), DEC);
        dataFile.print('/');
        dataFile.print(now.day(), DEC);
        dataFile.print(' ');
        dataFile.print(",");
        dataFile.print(now.hour(), DEC);
        dataFile.print(':');
        dataFile.print(now.minute(), DEC);
        dataFile.print(':');
        dataFile.print(now.second(), DEC);
        dataFile.println();
        dataFile.close();
    }
    else {
        lcd.clear();
        lcd.print("File Error");
        delay(20);
    }
}
//-----
//          Datalogger Suhu Dingin
//-----
void LogToSD2(){
    File dataFile = SD.open("cold.txt", FILE_WRITE);
    if (dataFile) {
        dataFile.print(suhudingin);
        dataFile.println();
        dataFile.close();
    }
    else {
```



```
    lcd.clear();
    lcd.print("File Error");
    delay(20);
  }
}
//-----
//          Datalogger Suhu Panas
//-----
void LogToSD3(){
  File dataFile = SD.open("hot.txt", FILE_WRITE);
  if (dataFile) {
    dataFile.print(suhupanas);
    dataFile.println();
    dataFile.close();
  }
  else {
    lcd.clear();
    lcd.print("File Error");
    delay(20);
  }
}
//-----
//          Datalogger Arus Generator
//-----
void LogToSD4(){
  File dataFile = SD.open("currentp.txt", FILE_WRITE);
  if (dataFile) {
    dataFile.print(currentA_inaP,3);
    dataFile.println();
    dataFile.close();
  }
  else {
    lcd.clear();
    lcd.print("File Error");
    delay(20);
  }
}
//-----
```

```
//          Datalogger Tegangan Generator
//-----
void LogToSD5(){
  File dataFile = SD.open("voltp.txt", FILE_WRITE);
  if (dataFile) {
    dataFile.print(vallP,3);
    dataFile.println();
    dataFile.close();
  }
  else {
    lcd.clear();
    lcd.print("File Error");
    delay(20);
  }
}
//-----
//          Datalogger Tilt Angle
//-----
void LogToSD6(){
  File dataFile = SD.open("accelero.txt", FILE_WRITE);
  if (dataFile) {
    dataFile.print(tilt);
    dataFile.println();
    dataFile.close();
  }
  else {
    lcd.clear();
    lcd.print("File Error");
    delay(20);
  }
}
//-----
//          Tracking
//-----
void motor(){
  button1=digitalRead(31);
  button2=digitalRead(33);
  if(button1==HIGH){
```

```
    analogWrite(13,100);
    digitalWrite(12,HIGH);
    digitalWrite(11,LOW);
  }
  if(button1==LOW){
    analogWrite(13,0);
    digitalWrite(12,LOW);
    digitalWrite(11,LOW);
  }
  if(button2==HIGH){
    analogWrite(13,100);
    digitalWrite(12,LOW);
    digitalWrite(11,HIGH);
  }
  if(button2==LOW){
    analogWrite(13,0);
    digitalWrite(12,LOW);
    digitalWrite(11,LOW);
  }
}
```

C. Dokumentasi



Gambar Pemasangan Kolektor



Gambar Pemasangan Motor *Tracking*



Gambar Pemasangan *Gear* pada Motor



Gambar Pengujian Alat