



**PENINGKATAN KINERJA SOLAR PANEL MENGGUNAKAN  
LENSA FRESNEL DENGAN PENDINGINAN AIR MENGALIR**

**SKRIPSI**

Oleh :

**Rendra Wisnurandy**

**NIM 141910201012**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**PENINGKATAN KINERJA SOLAR PANEL MENGGUNAKAN  
LENSA FRESNEL DENGAN PENDINGINAN AIR MENGALIR**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

**Rendra Wisnurandy**  
**NIM 141910201012**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Peningkatan Kinerja Solar Panel Menggunakan Lensa Fresnel Dengan Pendinginan Air Mengalir” dan skripsi ini merupakan gerbang awal dalam mencapai kesuksesan yang lebih baik lagi. Oleh karena itu, saya ingin mempersembahkan karya yang sederhana ini kepada :

1. Ibunda Sunarti dan Ayahanda Sarmin yang telah memberikan doa, dukungan baik secara moriil maupun materiil dan senantiasa mencurahkan kasih sayang luar biasanya kepadaku mulai saat berada di kandungan hingga sekarang.
2. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Dosen Pembimbing Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. dan Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. yang telah membimbing dan memotivasi hingga terselesaikannya skripsi ini. Serta Bapak Suprihadi Prasetyono S.T., M.T. dan Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko S.T., M.T. yang telah memberikan saran untuk kesempurnaan karya ini.
3. Kakakku Triana Wulandari, Rudi Agung dan Tities Prahatingtyas yang telah sedikit banyak memberi semangat dan panutan kepada adikmu ini, meskipun banyak ketidakcocokan yang terjadi.
4. Nur Lailatul Shiamah, terimakasih atas segala perhatian, semangat, kasih sayang dan doa yang telah kau berikan kepadaku selama ini.
5. Saudaraku seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2014 “KETEK UJ”. Terimakasih telah memberi arti kekeluargaan yang luar biasa.
6. Keluarga Laboratorium Jaringan Komputer Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu membantu dan menemani kami baik suka maupun duka. Khususnya Herlambang dan Dwi Donnaro.
7. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

*“Demi masa. Sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian, kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh dan nasehat menasehati supaya mentaati kebenaran dan nasehat menasehati supaya menetapi kesabaran”.*

*(QS: Al Ashr 1-3)*

“Nantinya kita semua akan memiliki sebuah bidang ruang, yang dibawahnya terdiri dari akarnya batang, batangnya tangkai, tangkainya daun dan daunnya buah kita”.

**[Rendra Wisnurandy]**

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rendra Wisnurandy

NIM : 141910201012

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : “Peningkatan Kinerja Solar Panel Menggunakan Lensa Fresnel Dengan Pendinginan Air Mengalir” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab 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 dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 5 Juli 2018

Yang menyatakan,

Rendra Wisnurandy  
NIM. 141910201012



**PENINGKATAN KINERJA SOLAR PANEL MENGGUNAKAN  
LENSA FRESNEL DENGAN PENDINGINAN AIR MENGALIR**

**SKRIPSI**

Oleh :

**Rendra Wisnurandy  
NIM 141910201012**

Dosen Pembimbing Utama : **Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T**  
NIP. 197008261997021001

Dosen Pembimbing Anggota : **Prof. Dr.Ir. Bambang Sujanarko, M.M**  
NIP. 196312011994021002

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Peningkatan Kinerja Solar Panel Menggunakan Lensa Fresnel Dengan Pendinginan Air Mengalir” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari, tanggal : Kamis, 5 Juli 2018

Tempat : Ruang Ujian 1 Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji :

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP. 197008261997021001

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

Penguji I,

Penguji II,

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.  
NIP. 197004041996011001

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

Mengesahkan  
Dekan,

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

## *Peningkatan Kinerja Solar Panel Menggunakan Lensa Fresnel Dengan Pendinginan Air Mengalir*

**Rendra Wisnurandy**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

### **ABSTRAK**

Energi surya merupakan energi terbarukan yang dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya. Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dari panel surya yang diantaranya ialah besar kecil intensitas cahaya dan perubahan suhu pada panel surya tersebut. Berdasarkan inovasi dalam penelitian yang menggabungkan pembesaran intensitas cahaya dengan pendinginan panel surya menggunakan media air yang mengalir. Proses pengambilan data yang diambil pada pukul 07.30 WIB sampai 15.30 WIB menghasilkan peningkatan tegangan yang signifikan untuk panel yang berukuran 5 WP. Kisaran perubahan tegangan ialah antara 0,3 volt hingga 0,5 volt mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan panel standar. Rata-rata daya keluaran yang dihasilkan ialah mengalami perbedaan 0,3 watt pada titik tertinggi. Namun hal ini selalu mengalami perubahan apabila kondisi cuaca berubah dan pergerakan harian matahari.

**Kata Kunci :** panel surya, media air, tegangan, suhu.



## *Solar Panel Performance Improvement Using Fresnel Lens With Flowing Water Cooler*

**Rendra Wisnurandy**

### ***Abstract***

*Departmen Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember*

*Solar energy is a renewable energy that can be converted into electrical energy by using solar panels. There are several advantages and disadvantages of solar panels that include a small amount of light intensity and temperature changes in the solar panel. Based on innovations in research that combine magnification of light intensity with solar panel cooling using a flowing water medium. The process of retrieving the data taken at 07.30 WIB to 15.30 WIB resulted in a significant increase of voltage for the panel measuring 5 WP. The range of voltage changes is between 0,3 volts to 0,5 volts increased when compared to standard panels. The average output power produced is 0,3 watts difference at the highest point. But this always changes when weather conditions change and the daily movement of the sun.*

***Keywords :*** solar panels, water media, voltage, temperature.

## RINGKASAN

**Peningkatan Kinerja Solar Panel Menggunakan Lensa Fresnel Dengan Pendinginan Air Mengalir;** Rendra Wisnurandy, 141910201012; 2018; 58 halaman; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Zaman sekarang pertumbuhan penduduk meningkat sehingga ketergantungan akan kebutuhan energi juga semakin meningkat. Meningkatnya kebutuhan energi tidak diiringi dengan pasokan sumber daya energi konvensional. Hal ini membuat para ilmuwan berusaha mencari sumber energi lainnya. Dengan pertimbangan energi alternatif yaitu sumber energi yang tidak akan habis/ bisa diperbarui. Salah satunya ialah cahaya matahari/ intensitas sinar surya. Dengan ditemukan sel surya yang mampu mengkonversi energi intensitas cahaya matahari menjadi energi listrik membuat para peneliti memvariasi alat tersebut guna memperbesar efisiensi.

Dari prinsip kerja sel surya tersebut menghasilkan sumber energi listrik DC yang menjadi salah satu teori ilmiah tentang energi terbarukan. Sehingga pengembangan penelitian sel surya berlanjut hingga sekarang. Salah satunya ialah sel surya akan mengalami penurunan kerja apabila menjadi panas/ semakin panas. Sehingga penurunan efisiensi tersebut akan membuat perolehan hasil energi listriknya berkurang.

Dalam penelitian yang lain yang sudah dipraktikkan oleh PLTS di negara perairan (Jepang) telah melakukan terobosan dengan mengapungkan sel surya diperairan seperti laut dan danau. Tentunya hal ini akan membuat sel surya menjadi lebih dingin dan membuat efisiensinya tidak menurun. Dalam penelitian yang lain juga didapatkan apabila sel surya disejajarkan dengan lensa fresnel. Pemberian lensa fresnel akan membuat peningkatan intensitas cahaya yang lebih tinggi di permukaan panel surya. Seperti cahaya matahari yang menyinari kaca pembesar (*lux*) sehingga terdapat berkas cahaya yang lebih terang. Pengujian lensa fresnel dengan sel surya merupakan cara meningkatkan intensitas cahaya yang akan jatuh ke permukaan panel surya. Sehingga dengan dipasang lensa cembung akan membuat pemaksimalan

daya pada keluaran sel surya menjadi lebih besar dari sel surya yang tidak menggunakan lensa cembung.

Dalam penelitian berikutnya ialah dengan menggabungkan kedua konsep tersebut yaitu dengan merendam dasar sel surya atau mengapungkan sel surya pada media air yang mengalir. Karena air yang mengalir akan lebih sulit menyerap kalor meskipun kondisi lingkungan sedang panas. Kemudian sel surya tersebut ditambah fresnel dibagian atas sejajar secara horizontal dengan sel surya berdasarkan jarak yang telah diperhitungkan. Dari proses tersebut maka akan membuat nilai efisiensi tegangan akan meningkat. Meskipun hal itu juga akan meningkatkan suhunya.

Berdasarkan penelitian ini didapati bahwa rata-rata terjadi peningkatan tegangan pada panel surya yang mendapat perlakuan khusus apabila dibanding dengan panel perlakuan yang lain. Sehingga hal ini menyimpulkan terjadi kenaikan tegangan yang berbeda. Data tegangan yang paling besar ialah ketika pukul 11.00 WIB dilakukan pengukuran iradiasi sebesar  $886 \text{ W/m}^2$  pada lensa fresnel dan  $848 \text{ W/m}^2$  pada kondisi standar. Hal tersebut menyebabkan pada perlakuan A menghasilkan nilai Voc sebesar 10,67 volt dengan Isc sebesar 0,41 A dan suhu  $36,94^\circ\text{C}$ . Pada perlakuan B menghasilkan Voc sebesar 9,83 volt dan Isc sebesar 0,42 A dan pada perlakuan C menghasilkan Voc sebesar 9,81 volt dan Isc sebesar 0,49 A dan suhu pada perlakuan B dan C yaitu  $53,47^\circ\text{C}$ . Pada perbandingan suhu terlihat bahwa suhu A lebih rendah terhadap suhu B dan C. Hal ini dikarenakan suhu A mengalami pendinginan oleh air mengalir. Suhu tertinggi ialah pada pukul 11.30 WIB dengan panel B mencapai suhu sebesar  $54,01^\circ\text{C}$  sedangkan panel A mencapai suhu  $38,06^\circ\text{C}$ .

Pada perlakuan berbeda tersebut dapat dikatakan bahwa dalam perbandingan daya nampaknya mencapai titik maksimal apabila dibandingkan dengan kinerja kedua panel tersebut, hanya saja pada panel surya dengan fresnel dan air mempunyai tegangan yang lebih besar. Ketika kondisi berawan nilai Ir kurang lebih hampir sama pada perlakuan radiasi matahari. Hal ini mengakibatkan nilai tegangan tidak terlalu berbeda jauh.

## SUMMARY

***Solar Panel Performance Improvement Using Fresnel Lens With Flowing Water Cooler; Rendra Wisnurandy, 141910201017; 2018; 58 pages; Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.***

*Current population growth is increasing so the dependence will be also increasing energy needs. The increasing energy demand is not accompanied by the supply of conventional energy resources. This make scientists trying to find other sources of energy. With consideration of alternative energy that is the source of energy that will not run out / can be renewed. One of them is the light from the sun or the intensity of the solar rays. With a solar cell was found capable of converting the energy intensity of sunlight into electrical energy to make the variation researches in order to magnify the efficiency.*

*The working principle of the solar cell generates electric energy source that became one of DC scientific theories about renewable energy. So the development of solar cell research continues to this day. One of them is that solar cells will experience a decrease of work in heat or getting hot. So the efficiency decline would make the acquisition of electric energy yield is reduced.*

*In the research of others who have interpreted by PLTS in state waters (Japan) has made a breakthrough with floating solar cells in the water like the ocean and the lake. Surely this will make solar cells become cooler and make efficiency does not decrease. In another study also obtained when solar cells aligned with fresnel lens. Fresnel lens would make granting an increase in the intensity pf the sunlight illuminating Magnifier(lux) so there is a beam of loght that is brighter. Fresnel lens testing by the solar cells is increasing the intensity of light that will fall onto the surface of the solar panel. So with a convex lens mounted will be maximum output power drew up the solar cells to be larger than solar cells that do not use a convex lens.*

*In the next study was to combine both of those concepts that is by soaking the base of solar cells or solar cell floating on water flowing. Because water flows will be harder to absorb solar although the environmental conditions are hot. Then the solar cells plus the fresnel parallel up horizontally with solar cells based on the distance that has been taken into account. Of the process then will make the value of the voltage will increase efficiency. Although it will also increase the temperature.*

*Based on this research found that on average an increase in tension in the solar panels which got special treatment when compared with other treatment panel. So this concludes happened different voltage increases. The greatest voltage data is when at 11.00 WIB performs the measurement of irradiation of  $886 \text{ W/m}^2$  on the fresnel lens and  $848 \text{ W/m}^2$  in standard conditions. It also results in the treatment of A Voc values of 10,67 volts with Isc of 0,41 A and temperature of  $36,94^\circ\text{C}$ . At the treatment B generate Voc of 9,83 volts and Ic of 0,42 and at the treatment of Voc produce 9,81 C volts and Isc of 0,49 A and temperature in the treatment of B and C  $53,47^\circ\text{C}$ . On the comparison of temperature seen that A lower temperature against B and C. This is because the temperature of the cooling experienced by A water flow. The highest temperature was at about 11.30 WIB with panel B reaches a temperature of  $54,0^\circ\text{C}$  whereas the temperature reaching A panel  $38,06^\circ\text{C}$ .*

*On such different treatment can be said that in a comparison of power seems to have reached a point of maximum performance when compared with both the panel, it's just on a solar panel with fresnel and water have a greater voltage. When the conditions are overcast value more or less Ir almost the same on the solar radiation treatment. This has resulted in the value of the voltage is not too much different.*

## PRAKATA

*Bismillahirrohmaanirrohiim,*

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Peningkatan Kinerja Solar Panel Menggunakan Lensa Fresnel Dengan Pendinginan Air Mengalir”**. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak akan bisa selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis sampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT, Tuhan yang bergantung kepada-Nya segala sesuatu.
2. Nabi Muhammad SAW, utusan Allah SWT untuk menjadi pedoman manusia.
3. IbundaSunarti dan Ayahanda Sarmin yang telah memberikan doa.
4. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Dosen Pembimbing Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. dan Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. yang telah membimbing dan memotivasi hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Nur Lailatul Shiamah terimakasih atas segala perhatian, semangat, kasih sayang dan doa yang telah kau berikan kepadaku selama ini.
6. Saudaraku seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2014 “KETEK UJ”. Terimakasih telah memberi arti kekeluargaan yang luar biasa.

Semoga karya yang sederhana ini dapat memberikan informasi, dan manfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi menyempurnakan karya yang sederhana ini.

Jember, 4 Juli 2018

Penulis

**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>SKRIPSI.....</b>	<b>vi</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>x</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>xii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Radiasi Surya .....	4
2.2 Intensitas Surya .....	4
2.3 <i>Foton</i> .....	5
2.4 Penjelasan Daya Masukan (Pin) dan Daya Keluaran (Pout).....	5
2.5 <i>Photovoltaic</i> .....	7
2.6 Panel Surya.....	10
2.7 Lensa Fresnel.....	15

**BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Rancangan Penelitian .....	16
3.2 Sumber Pengambilan Data Penelitian .....	21
3.3 Metode Analisis Data .....	22
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah.....	25

**BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pengujian Alat Ukur .....	26
4.2 Uji Karakteristik Panel Surya .....	30
4.3 Perhitungan Jarak Lensa Fresnel .....	33
4.4 Hasil Uji Peningkatan Kinerja PV Pada Penelitian.....	34
4.5 Hasil Uji Peningkatan Kinerja PV Pada Penelitian di Alam .....	45

**BAB 5. PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran.....	57

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
-----------------------------	-----------

**LAMPIRAN**



**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Mekanisme terbentuknya <i>hole</i> dan elektron bebas .....	9
2.2 Kurva I-V <i>solar cell</i> yang menunjukkan arus <i>short circuit</i> .....	11
2.3 Kurva I-V <i>solar cell</i> yang menunjukkan tegangan <i>open circuit</i> ..	12
2.4 Karakteristik kurva V-I perubahan <i>irradiance</i> .....	13
2.5 Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan suhu .....	14
2.6 Lensa Fresnel .....	15
3.1 Sel Surya Merk GH Solar 10 Wp (1).....	17
3.2 Sel Surya Merk GH Solar 10 Wp (2) .....	17
3.3 Lensa Fresnel .....	18
3.4 Diagram Blok Pengujian .....	19
3.5 Skema Rangkaian Arduino Mega dalam <i>Monitoring</i> .....	20
3.6 Desain alat penelitian tampak atas .....	21
3.7 Gambaran penelitian pengujian.....	21
3.8 Alur <i>Flowchart</i> Penelitian .....	25
4.1 Grafik Uji karakteristik sensor tegangan.....	27
4.2 Grafik Uji Karakteristik Sensor Suhu .....	29
4.3 Grafik Uji karakteristik panel pada Voc .....	32
4.4 Grafik Uji karakteristik panel pada Isc .....	32
4.5 Permisalan posisi fresnel pada Panel Surya .....	33
4.6 Grafik nilai Voc pada penelitian .....	38
4.7 Grafik nilai Isc pada penelitian .....	39
4.8 Grafik suhu pada penelitian .....	40
4.9 Pengujian pengambilan data pada alam .....	47
4.10 Grafik nilai Voc data pada alam .....	49
4.11 Grafik nilai Isc pada alam .....	50
4.12 Grafik suhu pada penelitian di alam .....	51

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
3.1 Data spesifikasi sel surya merk GH Solar 10 Wp (1) .....	17
3.2 Data spesifikasi sel surya merk GH Solar 10 Wp (2) .....	17
3.3 Data spesifikasi lensa fresnel .....	18
4.1 Pengujian sensor tegangan .....	26
4.2 Pengujian sensor arus .....	28
4.3 Uji karakteristik sensor suhu .....	29
4.4 Hasil persamaan karakteristik pengujian panel surya .....	31
4.5 Nilai radiasi matahari pada panel A dan panel B .....	34
4.6 Nilai Isc, Voc, dan Suhu pada panel A, B, dan kondisi C .....	35
4.7 Hasil daya keluaran data penelitian .....	41
4.8 Hasil nilai efisiensi data penelitian .....	43
4.9 Nilai radiasi matahari pada panel A dan panel B .....	45
4.10 Nilai Isc, Voc, dan Suhu pada panel A, B, dan kondisi C .....	46
4.11 Hasil daya keluaran data penelitian .....	52
4.12 Hasil nilai efisiensi data penelitian .....	45

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Zaman sekarang pertumbuhan penduduk meningkat sehingga ketergantungan akan kebutuhan energi juga semakin meningkat. Meningkatnya kebutuhan energi tidak diiringi dengan pasokan sumber daya energi konvensional. Hal ini membuat para ilmuwan berusaha mencari sumber energi lainnya. Dengan pertimbangan energi alternatif yaitu sumber energi yang tidak akan habis/ bisa diperbarui. Salah satunya ialah cahaya matahari/ intensitas sinar surya. Dengan ditemukan sel surya yang mampu mengkonversi energi intensitas cahaya matahari menjadi energi listrik membuat para peneliti memvariasi alat tersebut guna memperbesar efisiensi.

Panel surya merupakan peralatan yang dapat mengubah intensitas cahaya menjadi tegangan listrik. Sel surya merupakan bahan semikonduktor tipe-p dan tipe-n, dimana tipe-n memiliki kelebihan negatif dan tipe-p memiliki kelebihan *hole*. Cahaya matahari dengan foton membuat elektron terpisah sehingga *hole* menjauhi daerah positif dan elektron menjauhi daerah negatif. Maka dari kejadian alamiah tersebut menimbulkan arus listrik.

Dari prinsip kerja sel surya tersebut menghasilkan sumber energi listrik DC yang menjadi salah satu teori ilmiah tentang energi terbarukan. Sehingga pengembangan penelitian sel surya berlanjut hingga sekarang. Salah satunya ialah sel surya akan mengalami penurunan kerja apabila menjadi panas/ semakin panas. Sehingga penurunan efisiensi tersebut akan membuat perolehan hasil energi listriknya berkurang (Devita Ayu Larasati, 2013).

Dalam penelitian yang lain yang sudah dipraktikkan dengan mengalirkan air diatas panel surya dalam pendinginan panel surya tersebut telah terjadi terobosan dalam mengetahui efek dari perubahan suhu PV (Afriandi, 2017). Tentunya hal ini akan membuat sel surya menjadi lebih dingin dan membuat efisiensinya tidak menurun. Dalam penelitian yang lain juga didapatkan apabila sel surya disejajarkan dengan lensa fresnel. Pemberian lensa fresnel akan membuat peningkatan intensitas cahaya yang lebih tinggi di permukaan panel

surya. Seperti cahaya matahari yang menyinari kaca pembesar(*lux*) sehingga terdapat berkas cahaya yang lebih terang. Pengujian lensa fresnel dengan sel surya merupakan cara meningkatkan intensitas cahaya yang akan jatuh ke permukaan panel surya. Sehingga dengan dipasang lensa cembung akan membuat pemaksimalan daya pada keluaran sel surya menjadi lebih besar dari sel surya yang tidak menggunakan lensa fresnel. (Aulia Syahbana Anhar, 2017)

Dalam penelitian berikutnya ialah dengan menggabungkan kedua konsep tersebut yaitu dengan mengalirkan di permukaan panel surya atau mendinginkan dengan media air yang mengalir. Karena air yang mengalir akan lebih sulit menyerap kalor meskipun kondisi lingkungan sedang panas. Kemudian sel surya tersebut ditambah fresnel dibagian atas sejajar secara horizontal dengan sel surya berdasarkan jarak yang telah diperhitungkan. Dari proses tersebut maka akan membuat nilai efisiensi tegangan akan meningkat. Meskipun hal itu juga akan meningkatkan suhunya.

Dari menggabungkan dua konsep tentang penelitian sel surya yang telah dicoba sebelumnya dengan perlakuan pemberian air di permukaan dan pemberian lensa fresnel (*fresnel lens*). Maka diharapkan pada penelitian yang akan dilakukan akan mendapat efisiensi yang lebih besar. Sementara perbandingan yang lain ialah dengan membandingkan sel surya yang standar/ biasa berbanding panel surya yang dialiri oleh air di permukaan dan diberi lensa fresnel. Dengan penelitian ini berfungsi untuk menguji peningkatan efisiensi tegangan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan topik penelitian yang akan dibahas, dapat dirumuskan suatu permasalahan diantaranya :

1. Bagaimana tegangan yang dihasilkan oleh sel surya apabila diberi fresnel dan pendinginan air ?
2. Bagaimana perbandingan Isc dan Voc yang dihasilkan oleh kedua sel surya dengan perlakuan berbeda tersebut ?
3. Bagaimana yang terjadi pada panel standar terhadap suhu dan panel yang diperlakukan dengan fresnel dan air ketika suhu lebih turun ?

### 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan agar pembahasan tidak melebar maka batasan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Beban yang digunakan untuk motor akuarium sebagai pendingin tidak diperhitungkan.
2. Tidak menganalisa kalor perpindahan pada air yang masuk dan keluar.
3. Menggunakan panel surya merek GH Solar 5 WP sebanyak dua buah sebagai perbandingan dan menggunakan lensa fresnel berbahan PVC dengan dimensi 29x21x0,3 mm.
4. Tidak membahas pengujian titik fokus dan pengujian fresnel.
5. Tidak membahas debit air dan suhu pada air dengan kondisi air diabaikan.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penelitian maka tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui dan memberikan kesimpulan tentang perbandingan yang dihasilkan oleh sel surya perlakuan biasa dengan sel surya yang diberi air pada permukaannya dan diberi lensa fresnel.
2. Menimbang perbandingan antara efisiensi dihasilkan oleh sel surya menggunakan lensa fresnel dengan pendingin air dengan sel surya tanpa mendapat perlakuan.
3. Mengetahui dan memahami perbandingan antara Isc dan Voc terhadap suhu yang mempengaruhi panel tanpa perlakuan khusus dengan panel yang diberi fresnel dan air untuk menjaga suhunya.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diharapkan penelitian mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Bermanfaat untuk memahami bahwa sel surya bisa lebih ditingkatkan daya keluarannya dengan memberi fresnel dan dialirkan air.
2. Menjadi pembelajaran dan referensi penelitian berikutnya.
3. Mengetahui karakteristik panel surya dengan cara yang inovatif.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Radiasi Surya

Matahari sebagai bintang yang terdekat dengan bumi dengan jarak rata-rata 149.680.000 kilometer. Matahari menjadi sumber energi cahaya untuk memberikan kehangatan dan sumber fotosintesis bagi tanaman. Disisi lain cahaya matahari juga untuk sumber energi terbarukan berupa foton-foton yang dipadukan dengan semikonduktor sel surya.

Cahaya intensitas matahari merupakan cara matahari memberikan panasnya melalui radiasi. Seperti yang diketahui radiasi ialah proses perpindahan kalor atau cahaya dengan tidak menggunakan zat penghantar. Dengan ruang hampa udara di angkasa maka radiasi tersebut membawa intensitas matahari ke permukaan bumi. Radiasi matahari ialah sinar dan gelombang yang terdiri dari dua buah gelombang yakni gelombang panjang dan gelombang pendek. Gelombang pendek ialah sinar x dan sinar violet. Sementara gelombang panjang ialah sinar inframerah.

Pada prinsipnya jumlah total radiasi yang diterima bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pertama ialah jarak, apabila semakin jauh maka radiasi akan semakin kecil dan apabila semakin dekat maka radiasi akan semakin besar. Kedua ialah intensitas matahari yang diterima yaitu berbanding lurus dengan besar sudut dan intensitas yang diterima. Ketiga ialah rapatan zat penghantar, tentu hal ini sangat berpengaruh terhadap benda gas, dan cair meskipun ada beberapa benda padat yang akan menutupi radiasi matahari. Keempat jarak matahari dengan bumi ketika panjang hari/ posisi matahari tahunan, yaitu apabila matahari menjauh maka intensitasnya akan lebih kecil. Sedangkan apabila bumi berevolusi dengan matahari ketika apehelion (Hery Setyo Utomo, 2016).

### 2.2 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya ialah besaran pokok utama fisika dan mempunyai satuan standar internasional. Intensitas cahaya matahari tergantung pada atmosfer bumi,

pada radiasi surya terhadap bumi tercatat  $1.353 \text{ W/m}^2$  dengan jarak bumi terhadap matahari. Angka tersebut bisa didefinisikan sebagai besaran energi rata-rata yang diterima oleh bumi dari matahari per unit luas permukaan bumi. Sebenarnya energi tersebut tidak semua tersampaikan oleh bumi, hal ini dikarenakan terjadi absorpsi intensitas cahaya terhadap atmosfer bumi yang berupa uap air dan ozon (Hery Setyo Utomo, 2016).

### 2.3 Foton

*Foton* ialah partikel elementer dari sebuah fenomena elektromagnetik. *Foton* merupakan sebagai pembawa radiasi elektromagnetik, seperti cahaya, Sinar-X, dan gelombang radio. *Foton* tidak mempunyai massa dan dalam ruang vakum *foton* selalu bergerak dengan kecepatan cahaya. *Foton* mempunyai sifat gelombang maupun partikel (*dualisme* gelombang-partikel). Satu gelombang *foton* tersebar diseluruh ruang dan menunjukkan fenomena gelombang seperti pembiasan karena lensa serta interferensi destruktif ketika gelombang terpantulkan saling memusnahkan cahaya dari posisi berlawanan. Sebagai partikel, *foton* hanya dapat berinteraksi dengan materi dengan memindahkan energi. Energi *foton* berasal dari frekuensi cahaya yang digunakan, dengan persamaan (Haryadi, 2007):

$$E = h \cdot \nu \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

E = energi (Joule)

h = tetapan *Planck* =  $6,63 \times 10^{-34} \text{ J/s}$

$\nu$  = frekuensi dari cahaya (Hz)

### 2.4 Penjelasan Daya Masukan (Pin) dan Daya Keluaran (Pout)

Pada perhitungan energi yang akan diperoleh oleh panel surya melalui daya masuk atau *Pin* merupakan daya yang diterima dengan menggunakan perkalian intensitas radiasi yang diterima dengan besar luas penampang panel surya yang merupakan sebuah persamaan matematis. Perhitungan nilai daya masukan digunakan untuk memperhitungkan nilai efisiensi panel surya dengan perbandingan daya keluaran.

Berikut ialah perhitungan nilai daya keluaran :

$$P_{in} = I_r \times A \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

$P_{in}$  : Daya Input akibat *irradiance* matahari (Watt)

$I_r$  : Intensitas radiasi matahari ( Watt/m<sup>2</sup>)

$A$  : Luas area permukaan *photovoltaic module* (m<sup>2</sup>)

Pada perhitungan daya keluaran *photovoltaic module* atau  $P_{out}$  ialah perkalian matematis dari tegangan rangkaian terbuka ( $V_{OC}$ ), dengan arus hubung singkat ( $I_{SC}$ ), serta *Fill Factor* (FF) yang dihasilkan modul panel surya dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{out} = V_{OC} \times I_{SC} \times FF \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

$P_{out}$  : Daya yang dibangkitkan oleh sel surya (Watt)

$V_{OC}$  : Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (Volt)

$I_{SC}$  : Arus hubung singkat pada sel surya (Ampere)

FF : *Fill Factor*

(Wibowo dan Riyanto, 2009)

Nilai FF dapat diperoleh dari rumus:

$$FF = V_M \cdot I_M / V_{oc} \cdot I_{sc} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$V_M$  : Tegangan maksimum dari *datasheet* (Volt)

$I_M$  : Arus maksimum dari *datasheet* (Ampere)

$V_{oc}$  : Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya dari *datasheet* (Volt)

$I_{sc}$  : Arus hubung singkat pada sel surya dari *datasheet* (Ampere)

(Dobrzariski *et.al.*, 2006)



Terjadi sebuah efisiensi *photovoltaic module* merupakan perbandingan dari daya yang telah dibangkitkan oleh *photovoltaic module* dengan energi input ( $P_{in}$ ) yang diperoleh dari *irradiance* matahari. Efisiensi tersebut yang digunakan merupakan efisiensi sesaat pada pengambilan data.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Sehingga efisiensi ssesaat yang dihasilkan:

$$\eta \text{ sesaat} = \frac{P}{I_r \times A} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

- $P_{out}$  : Daya yang dibangkitkan oleh sel surya (Watt)
- $P_{in}$  : Daya Input akibat *irradiance* matahari (Watt)
- $\eta$  : Efisiensi sel surya (%)
- $I_r$  : Intensitas radiasi matahari (Watt/m<sup>2</sup>)
- $P$  : Daya *output* yang dibangkitkan oleh sel surya (Watt)
- $A$  : Luas area permukaan *photovoltaic module* (m<sup>2</sup>)

(Wibowo dan Riyanto, 2009)

## 2.5 Photovoltaic

### 2.5.1 Efek Photovoltaic

Photovoltaic adalah suatu sistem untuk mengkonversikan energi radiasi matahari menjadi energi listrik dengan konsep *photovoltaic*. Radiasi cahaya terdiri dari pembiasan foton yang mempunyai panjang gelombang dengan spectrum cahaya yang berbeda-beda. Pada kondisi tertentu foton akan mengenai permukaan sel PV, maka energi foton akan dibiaskan, kemudian diserap dan diteruskan menembus sel PV yang kemudian menimbulkan energi listrik dari elektron dengan hole pada semikonduktor sel surya.

*Photovoltaic* menggunakan proses konversi cahaya menjadi listrik dengan sel surya. Energi listrik yang dihasilkan oleh sumber surya dipengaruhi oleh

intensitas cahaya dan juga efisiensinya. Menurut teoritis efisiensi dicapai sel surya maksimal sekitar 30 - 40 % tergantung tipe dan konstruksinya, namun umumnya hanya mencapai antara 7 -17 %. (Haryadi, 2007)

### 2.5.2 Sel Photovoltaic

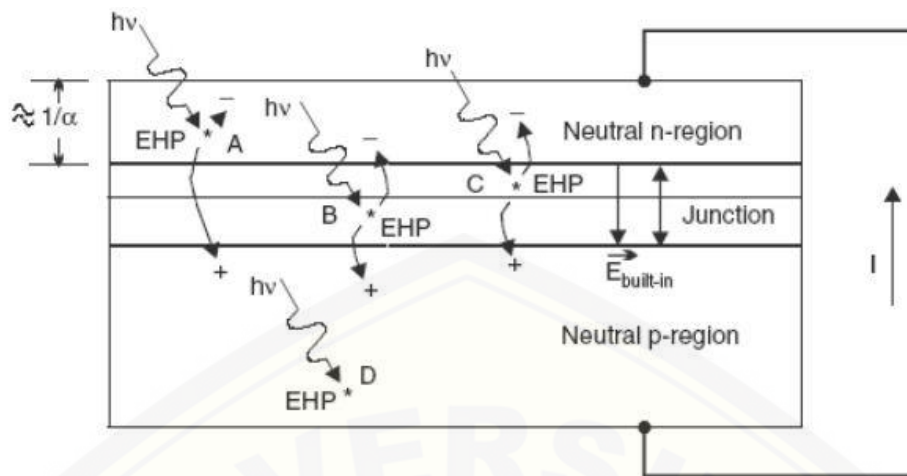
Pada dasarnya sistem sel PV terdiri dari *junction* tipe-p dan tipe-n. yang sebelumnya merupakan *doping* dari atom-atom semikonduktor. Sel *photovoltaic* yakni dikenal dengan solar cell atau sel surya, secara awam pada sel PV sumber cahaya lebih umum dan tidak disebutkan secara jelas. Sedangkan pada sel surya energi cahaya berasal dari radiasi sinar matahari (Handini, 2008).

### 2.5.3 Mekanisme Konversi Energi

Mekanisme konversi intensitas cahaya bermula akibat adanya perpindahan elektron bebas di dalam atom. Konduktivitas elektron atau kemampuan transfer elektron dari suatu material terletak pada jumlah elektron valensi dari suatu unsur. Proses penghasilan energi listrik terjadi apabila pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam kristal semikonduktor ketika diberikan sejumlah *energi*. Diantaranya bahan semikonduktor yang biasanya digunakan sebagai sel surya adalah kristal silikon.

Ketika *foton* dari energi cahaya menumbuk atau mengenai suatu elektron valensi dari semikonduktor kristal silikon, menimbulkan daya tarik yang cukup besar sehingga mampu memisahkan elektron terlepas dari struktur atom yang tertumbuk. Elektron yang terlepas tersebut menjadi bebas bergerak di dalam bidang kristal dan elektron yang bermuatan negatif tersebut berada pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. (Handini , 2008).

Dengan hilangnya elektron yang telah mengalami perpindahan tersebut mengakibatkan terbentuknya daerah kosong pada struktur kristal molekul bahan semikonduktor. Maka fenomena tersebut yang sering disebut dengan kondisi “*hole*” (bermuatan positif). Skema terjadinya perpindahan elektron bebas diilustrasikan seperti Gambar 2.1. (Handini , 2008).



Gambar 2.1 Mekanisme terbentuknya hole dan elektron bebas  
(Sumber : Modul Praktikum Dasar Konversi Energi Listrik UNEJ)

Pada ilustrasi Gambar 2.1 menjelaskan bahwa daerah semikonduktor dengan elektron bebas dan bersifat negatif bertindak sebagai atom donor (donor elektron). Daerah tersebut yang sering disebut sebagai daerah *negatif type* (*n-type*). Sedangkan daerah semikonduktor dengan *hole* yang mempunyai sifat positif karena kehilangan elektron akan bertindak sebagai penerima atau acceptor. Daerah ini yang tersebut sebagai daerah *positive type* (*p-type*). Ikatan sisi negatif dan positif atau yang disebut *p-n junction* akan menghasilkan energi yang dapat menyebabkan elektron dan juga *hole* bergerak ke arah yang berlawanan. Gerak elektron akan menjauhi sisi negatif dan gerak *hole* menjauhi sisi positif. Pada kondisi ini jika kedua sisi tersebut yang memiliki beda potensial yang berbeda kemudian dihubungkan dengan sebuah beban lampu maka akan tercipta sebuah arus listrik. (Handini , 2008).

#### a. Semikonduktor Tipe-p dan Tipe-n

Apabila kristal silikon ditambahkan dengan unsur golongan ke 5, misalnya arsen, maka elektron valensi arsen tersebut akan menempati ruang diantara elektron valensi silikon yang mengakibatkan munculnya elektron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas tersebut berasal dari kelebihan elektron yang dimiliki oleh golongan ke lima

terhadap silikon, sehingga disebut semikonduktor tipe-n. Sebaliknya terjadi jika kristal silikon bereaksi dengan unsur golongan ketiga (misal boron), maka berkurangnya elektron valensi boron dibandingkan dengan silikon mengakibatkan munculnya *hole* yang bermuatan positif pada semikonduktor tersebut, sehingga disebut tipe-p. Dengan tambahan pembawa muatan elektron mengakibatkan semikonduktor ini akan lebih banyak menghasilkan pembawa muatan ketika diberikan sejumlah energi tertentu, hal tersebut terjadi pada semikonduktor tipe-n maupun tipe-p. (Haryadi, 2007).

#### b. Material Semikonduktor

Nilai *band gap* dari semikonduktor sangat menentukan banyaknya spektrum cahaya yang diserap oleh sel sel surya. Elektron akan tereksitasi bila nilai dari energi yang diterima sama atau lebih besar dari *band gap*, perpindahan elektron bebas dari pita konduktif dan perpindahan *hole* dari pita valensi yang melewati *band gap* merupakan asal mula timbulnya energi listrik.

Energi cahaya yang lebih tinggi akan terserap dan sebagian menjadi energi panas. Artinya material *band gap* yang lebih rendah mampu mengeksplorasi spektrum cahaya yang lebih banyak, sehingga menghasilkan arus yang lebih tinggi dengan tegangan yang juga rendah (Handini, 2008).

### 2.6 Panel Surya

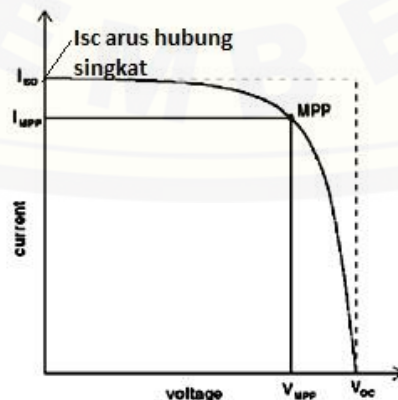
Panel surya merupakan suatu luasan gabungan dari susunan sel surya yang dihubungkan secara seri. Sebagai fungsinya sel surya mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Bahan utama pembuatan sel surya ialah semikonduktor. Daya yang dihasilkan panel surya bergantung pada radiasi matahari yang diterima, luas permukaan panel, dan suhu panel. Daya yang dihasilkan semakin besar jika radiasi dan luas permukaan lebih besar, sedang kenaikan suhu mengakibatkan penurunan daya.

Salah satu parameter yang berpengaruh ialah kurva daya, yaitu arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dan tegangan hubung terbuka ( $V_{oc}$ ) untuk parameter internal. Sedangkan parameter *eksternal* meliputi suhu dan *irradiance*. Daya maksimum dan efisiensi juga dimasukkan dalam pembahasan karena merupakan parameter yang umum digunakan untuk membandingkan panel surya. (Ibrahim, et.al 2009).

### 2.6.1 Arus Hubung Singkat ( $I_{sc}$ ) Panel Surya

Arus hubung Singkat  $I_{sc}$  ( *Short Circuit* ) ialah arus maksimal yang dihasilkan oleh panel surya dengan cara memperpendek sirkuit kutub positif dengan kutub negatif pada modul panel surya. Sehingga nilai  $I_{sc}$  akan terbaca pada *amperemeter*. Arus yang dihasilkan modul panel surya berfungsi untuk menentukan seberapa cepat modul tersebut mengisi baterai. Arus dari modul panel surya juga berfungsi menentukan daya maksimum dari alat yang digunakan (Prihandoko, 2014).

$I_{sc}$  merupakan kondisi dimana arus menjadi sangat tinggi dengan asumsi bahwa ada hambatan ( $R$ ) yang sangat kecil, sehingga dapat diartikan bahwa tegangan langsung sama dengan besar arus. Hal ini juga akan menyebabkan panas pada rangkaian tersebut. Apabila kondisi ideal daya  $I_{sc}$  akan sama dengan  $I_L$ .  $I_{sc}$  berbanding lurus terhadap *irradiance* dan dipengaruhi beberapa hal lain yaitu luas area modul panel surya, *spectrum* cahaya dan parameter optik lain. Modul panel surya komersial memiliki nilai  $I_{sc}$  yang bervariasi antara  $28 \text{ mA/cm}^2$  sampai dengan  $35 \text{ mA/cm}^2$  (Prihandoko, 2014).

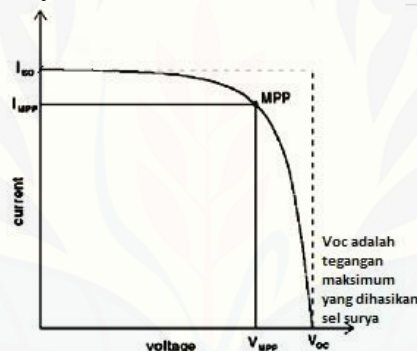


Gambar 2.2 Kurva I-V *solar cell* yang menunjukkan arus *short circuit*

### 2.6.2 Tegangan Hubung Terbuka ( $V_{oc}$ ) Pada Panel Surya

Tegangan hubng terbuka ( $V_{oc}$ ) merupakan tegangan yang dibaca pada saat arus tidak mengalir dengan kondisi rangkain terbuka. Untuk menghasilkan  $V_{oc}$  *open circuit* ( $V_{oc}$ ) yaitu dengan menghubungkan kutub positif dan kutub negatif modul panel surya dengan voltmeter dalam kondisi DC, maka tegangan rangkaian terbuka akan langsung terlihat (Satwiko, 2012).

Pada suhu yang tetap atau konstan,  $V_{oc}$  akan berskala logaritmik terhadap  $I_L$  (Arus yang dihasilkan oleh cahaya) dan karena  $I_L$  berbanding lurus terhadap *irradiance* maka  $V_{oc}$  berskala logaritmik juga terhadap *irradiance*. Ini artinya bahwa *irradiance* lebih berpengaruh terhadap  $I_L$  daripada  $V_{oc}$ . Dalam kesimpulan lain hal ini mengindikasikan bahwa perubahan nilai  $V_{oc}$  tidak bergantung pada luas area modul panel surya (Ibrahim, *et.al*, 2009).



Gambar 2.3 Kurva I-V *solar cell* yang menunjukkan tegangan *open circuit*

### 2.6.3 Pengaruh *Irradiance* Terhadap Panel Surya

Sinar matahari atau radiasi matahari yang mengarah menuju bumi terdistribusi pada beberapa *range* panjang gelombang, mulai dari 300 nm sampai dengan 4 mikron. Radiasi matahari tidak sepenuhnya menuju bumi karena mengalami refleksi di atmosfer (*diffuse radiation*) dan sisa dari refleksi dapat sampai kepermukaan bumi (*direct radiation*). Kedua radiasi tersebut yang dipakai untuk mengukur besaran radiasi yang diterima oleh panel surya.

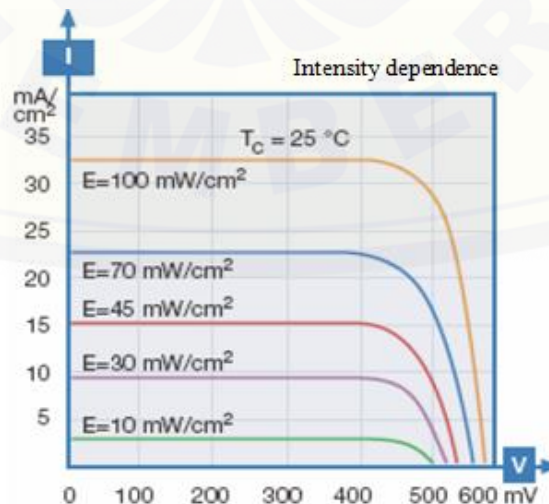
Besaran yang penting akan digunakan untuk melakukan sebuah pengukuran pada irradiansi adalah:

- a. *Spectral irradiance*  $I_\lambda$  - Daya yang diterima oleh satu unit area dalam bentuk *differensial* panjang gelombang  $d\lambda$ , satuan  $W/m^2 \mu m$ .

- b. *Irradiance* - Integral dari *spectral irradiance* untuk keseluruhan panjang gelombang, satuan  $W/m^2$ .
- c. *Radiasi* - Integral waktu dari *irradiance* untuk jangka waktu tertentu. Oleh sebab itu, satuannya sama dengan satuan energi, yaitu  $J/m^2 - \text{hari}$ ,  $J/m^2 - \text{bulan}$  atau  $J/m^2 - \text{tahun}$ .

Di antara ketiga besaran tersebut yang akan digunakan dalam analisa adalah  $W/m^2$  karena satuan ini yang biasa dipakai dalam *data sheet*, sedangkan besaran radiasi biasanya digunakan untuk menghitung estimasi daya keluaran pada instalasi sistem. Keluaran daya akan berbanding lurus dengan *Irradiance*. Nilai  $I_{sc}$  lebih terpengaruh dari perubahan *Irradiance* daripada  $V_{oc}$ . Tentunya sesuai dengan penjelasan tersebut bahwa cahaya sebagai kiriman foton. Pada saat *Irradiance* meningkat, yaitu pada saat jumlah foton banyak, arus yang dihasilkan juga akan membesar. Demikian juga sebaliknya, sehingga arus yang dihasilkan akan berbanding lurus terhadap jumlah foton.

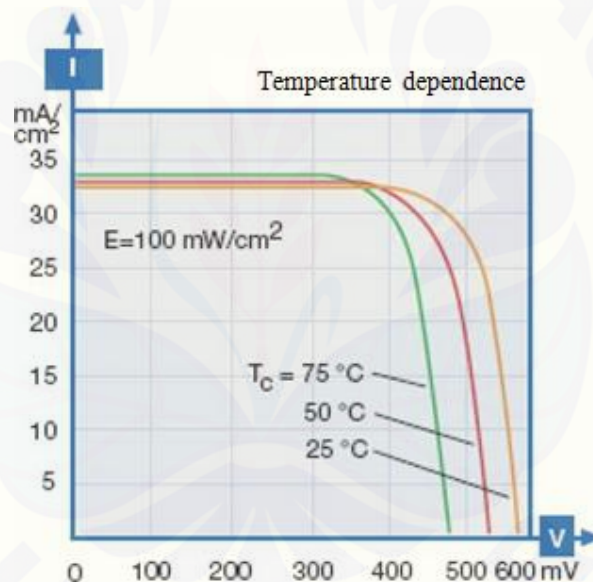
Pengujian panel surya dengan *datasheet* umumnya dilakukan pada *Standard Test Condition* (STC) ialah *Air Mass* (AM) 1.5, *Irradiance*  $1000 W/m^2$  dan temperature suhu  $25^\circ C$  Dalam kondisi nyata nilai *Irradiance* tidak mencapai nilai tersebut dengan tergantung dari posisi lintang, kondisi cuaca serta posisi matahari. Nilai *Irradiance* pada sebuah lokasi tertentu akan bervariasi dari bulan ke bulan. Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan temperatur akan disajikan dalam grafik Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Karakteristik kurva V-I perubahan *irradiance* (Diputra, 2008)

#### 2.6.4 Efek Perubahan Suhu pada *Photovoltaic module*

*Irradiance* sebenarnya bukan satu-satunya dari parameter eksternal yang berpengaruh penting terhadap kurva V-I, suhu juga berpengaruh secara eksternal. Suhu mempunyai peranan penting dalam memprediksi karakteristik dari V-I. Komponen semikonduktor seperti diode juga sensitif terhadap perubahan suhu, begitu juga pada *photovoltaic module*. Pada Gambar 2.4 terlihat bahwa suhu berpengaruh lebih banyak terhadap nilai  $V_{oc}$  berbanding terhadap  $I_{sc}$ , berkebalikan dengan pengaruh *Irradiance*. Kenaikan suhu mengurangi  $V_{oc}$  panel surya. Hal ini dikarenakan peningkatan temperatur akan menurunkan *band gap* semikonduktor. Karakteristik kurva perbandingan nilai V-I terhadap perubahan temperatur disajikan dalam Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan suhu (Diputra, 2008)

Modul panel surya akan bekerja secara optimum pada kondisi suhu konstan yaitu 25°C. Apabila suhu disekitar *photovoltaic module* meningkat melebihi 25°C, maka akan mempengaruhi nilai *fill factor* sehingga tegangan  $V_{oc}$  akan berkurang. Hal ini juga menyebabkan nilai efisiensi *photovoltaic module* juga akan menurun beberapa persen. Sedangkan sebaliknya pada nilai arus yang dihasilkan akan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu pada *photovoltaic module* (Satwiko, 2012).

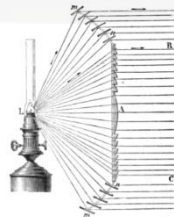


*Photovoltaic* akan bekerja pada suhu yang tinggi dan rendah juga daripada suhu optimalnya. Suhu atau temperatur udara yang tinggi dapat mempengaruhi kinerja dari panel surya. Berdasarkan *datasheet* panel surya mempunyai suhu optimal yaitu 25 °C dibandingkan suhu lingkungan. Kenaikan suhu lingkungan dapat mengurangi daya *output* hingga -0,7113 W/°C. Setiap kenaikan temperatur 1 °C dari suhu optimal (25 °C) akan berkurang sekitar 0,4 % pada total daya yang mampu dihasilkan atau akan melemah 2 kali lipat untuk kenaikan temperatur per 10 °C. Peningkatan temperatur udara juga dapat mengurangi tegangan *output* panel surya hingga 0,22 V/°C (Afriandi, 2017).

## 2.7 Lensa Fresnel

Lensa Fresnel adalah sebuah lensa yang dikembangkan oleh seorang fisikawan berkebangsaan Perancis, Augustin Jean Fresnel untuk aplikasi pada mercusuar. Sebelum lensa Fresnel ditemukan, ide untuk membuat lensa yang lebih tipis dan ringan yang tersusun dari beberapa bagian terpisah dalam sebuah bingkai. Comte de Buffon Fresnel menyempurnakan penyusunan lensa-lensa konsentrik tersebut berdasarkan perhitungan zona fresnel.

Konstruksi lensa didesain dengan panjang fokus yang pendek, jarak fokus tak terhingga dan tebal lensa yang sangat tipis jika dibandingkan dengan lensa konvensional, agar dapat melewatkan lebih banyak cahaya sehingga lampu mercusuar dapat terlihat dari jarak yang lebih jauh. Lensa fresnel merupakan lensa-lensa cembung yang didesain sedemikian rupa. Sehingga dari sifat lensa cembung yang menyebarkan cahaya akan membuat bayangan yang nyata, tegak, dan diperbesar pada sisi ruang empat. Hal itu akan menyebabkan penyebaran cahaya pada ruang empat luar lensa (Aulia Syahbana Anhar, 2017).



Gambar 2.6 Lensa Fresnel

(Sumber : [https://id.wikipedia.org/wiki/Lensa\\_Fresnel](https://id.wikipedia.org/wiki/Lensa_Fresnel))

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian yang akan dilakukan yaitu pengujian peningkatan intensitas cahaya dengan tegangan, arus dan memperhitungkan daya yang dihasilkan dengan menggunakan panel surya 5 Watt-peak dan lensa fresnel pada air yang mengalir.

#### 3.1 Rancangan Penelitian

##### 3.1.1 Deskriptif Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan yaitu *direct observation* atau observasi langsung ke lapangan. Observasi lapangan ini bertujuan untuk mengambil data mengenai peningkatan tegangan dengan variasi percobaan yang berbeda. Diantaranya yaitu panel surya tidak menggunakan fresnel dengan panel surya menggunakan fresnel dalam kondisi surya tersebut berada di air mengalir.

Konsep dari penelitian ini adalah modul panel surya dengan fresnel dilakukan dengan menggunakan dua perlakuan yang berbeda, yaitu pengujian modul panel surya pertama tidak memberikan perlakuan dan pengujian modul panel surya yang kedua menggunakan fresnel dengan menggunakan pendinginan. Sebelum proses pengujian, untuk mendapatkan pembandingan yang baik terhadap nilai karakteristik  $I_{sc}$  dan  $V_{oc}$  terlebih dahulu ada tahap penyamaan nilai karakteristik modul panel surya dengan tujuan kedua panel tersebut mempunyai kesamaan karakteristik. Dari kedua perlakuan tersebut akan dilakukan pengambilan data secara bersama-sama dengan rentang waktu yang sama, mulai pukul 07.30 WIB sampai dengan pukul 15.30 WIB dengan kondisi langsung pada lingkungan. Pada proses pengambilan data dilakukan pemasangan komponen-komponen tersebut dengan otomatisasi untuk semua data tersipan dalam *SD card* yang diperintah melalui mikrokontroler. Yang nantinya akan langsung tersimpan data tersebut dalam bentuk notepad untuk diambil nilai  $V_{oc}$  dan  $I_{sc}$  pada data tersebut. Diantara juga dengan menggunakan multimeter untuk mengukur nilai  $V_{oc}$  dan  $I_{sc}$  pada panel surya secara bergantian dengan selang waktu 1 menit.

Berdasarkan data yang diperoleh pada *scanning* mempunyai nilai efisiensi yang mana nanti akan terjadi dengan kondisi cerah. Berdasarkan energi listrik

yang dihasilkan pada kedua perbedaan sel surya yang diberi perlakuan berbeda tersebut. Berikut ini adalah bahan dan spesifikasi panel surya dan lensa fresnel yang digunakan dalam penelitian :

Sel Surya 1 :



Gambar 3.1 Sel Surya Merk GH Solar 5 Wp

Tabel 3.1 Data spesifikasi sel surya merk GH Solar 5 Wp

Parameter	Spesifikasi
<i>Merek</i>	GH Solar Poly-Si
<i>Dimension (mm)</i>	250 x 180 x 17
<i>Open circuit voltage (Voc)</i>	9,67 V
<i>Short circuit current (Isc)</i>	0,65 A
<i>Max power voltage (Vpm)</i>	8,93 V
<i>Max power current (Ipm)</i>	0,56 A
<i>Tolerance</i>	± 3%
<i>Test condition</i>	1000 V/m <sup>2</sup> , 25 °C
<i>Operating temperature</i>	- 40 C to+85 C
<i>Berat</i>	0,6 Kg

Sel Surya 2 :

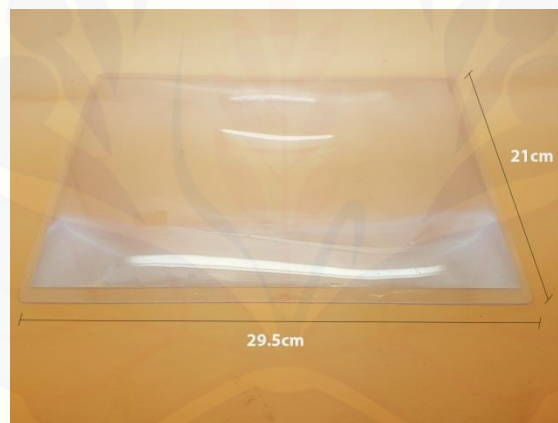


Gambar 3.2 Sel Surya Merk GH Solar 5 Wp

Tabel 3.2 Data spesifikasi sel surya merk GH Solar 5 Wp

Parameter	Spesifikasi
<i>Merek</i>	GH Solar Poly-Si
<i>Dimenssion (mm)</i>	250 x 180 x 17
<i>Open circuit voltage (Voc)</i>	9,67 V
<i>Short circuit current (Isc)</i>	0,65 A
<i>Max power voltage (Vpm)</i>	8,93 V
<i>Max power current (Ipm)</i>	0,56 A
<i>Tolerance</i>	± 3%
<i>Test condition</i>	1000 V/m <sup>2</sup> , 25 °C
<i>Operating temperature</i>	- 40 C to+85 C
<i>Berat</i>	0,6 Kg

Lensa Fresnel :



Gambar 3.3 Lensa Fresnel

Tabel 3.3 Data spesifikasi lensa fresnel

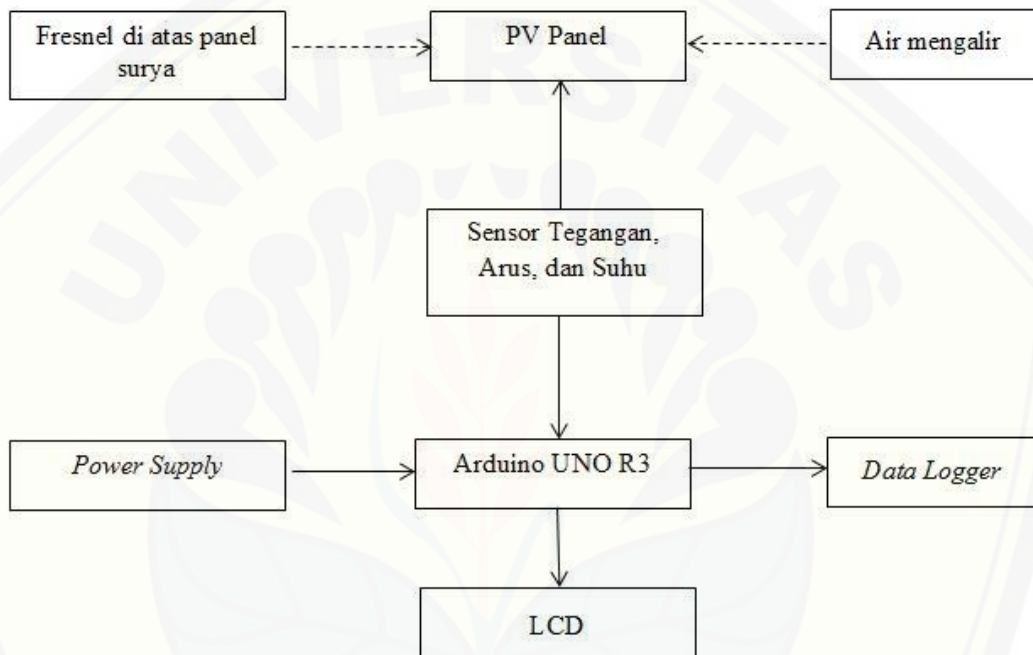
Parameter	Spesifikasi
Bahan	PVC
Dimensi	290 x 210 x 0,3 mm
Berat	100 gr
<i>Dielectric breakdown voltage</i>	40MV/m
<i>Melting point</i>	100°C
<i>Spesific heat</i>	0,9 kJ/(kg.K)
Perbesaran ( <i>magnifying</i> )	3x

### 3.1.2 Desain Penelitian dan Diagram Blok

#### a. Diagram Blok

Pada penelitian ini digunakan beberapa komponen dan peralatan yang dibutuhkan untuk penelitian ini. Diantaranya ialah mikrokontroler Arduino sebagai sistem pemrograman dari data yang akan diolah, sensor suhu, sensor arus, sensor tegangan, PV panel, *data logger*, dan RTC.

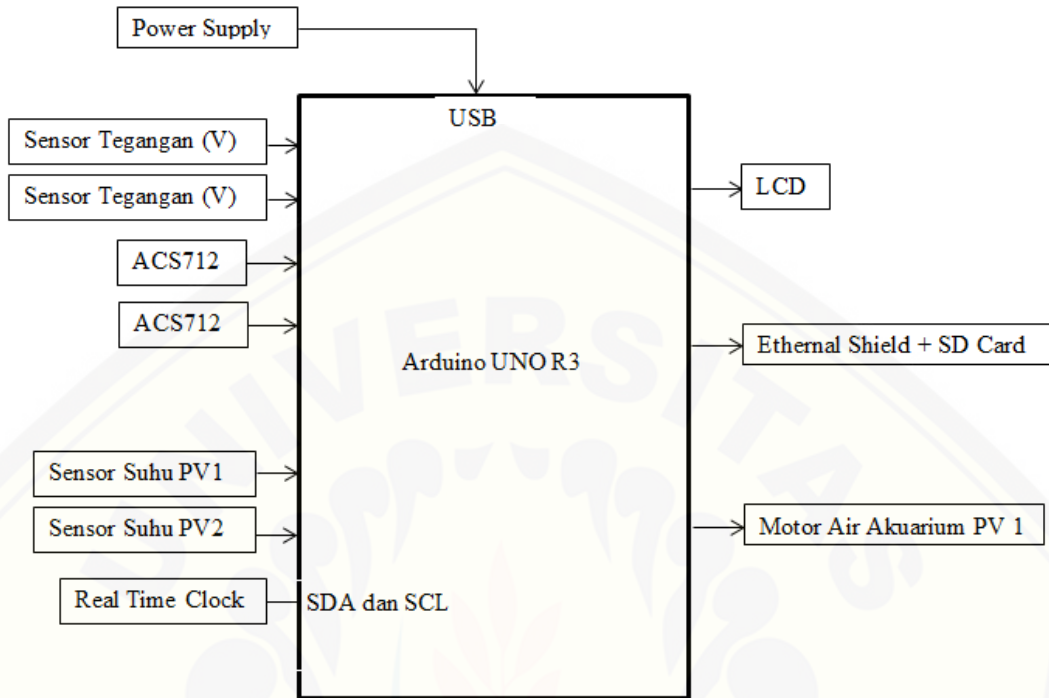
Berikut adalah diagram blok untuk pengujian :



Gambar 3.4 Diagram blok pengujian

Pada diagram blok sistem pengujian pada Gambar 3.4 menjelaskan sistem pengujian dari penelitian panel surya berbasis konsentrasi fresnel di air. Pada sistem kerja alat ini menggunakan sumber DC dari *power supply* (batrai) yang yang digunakan untuk *supply* daya yang dibutuhkan sistem (Arduino) untuk aktif. Sedangkan dari hasil daya yang dihasilkan oleh modul panel surya (PV panel) akan diolah oleh Arduino UNO R3 melalui sensor arus dan tegangan. Dari semua data arus dan tegangan yang dihasilkan oleh modul panel surya akan tersimpan pada *data logger* dari kedua panel surya tersebut.. Penggunaan LCD digunakan untuk menampilkan nilai tegangan dan arus yang telah terukur beserta data waktu pengukuran penelitian.

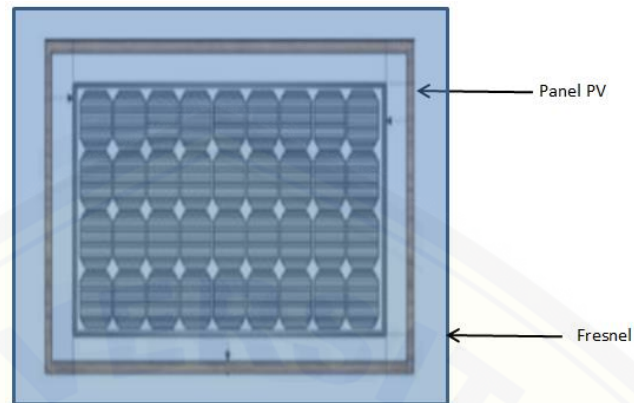
## b. Desain Mikrokontroller

Gambar 3.5 Skema Rangkaian Arduino Mega dalam *Monitoring*

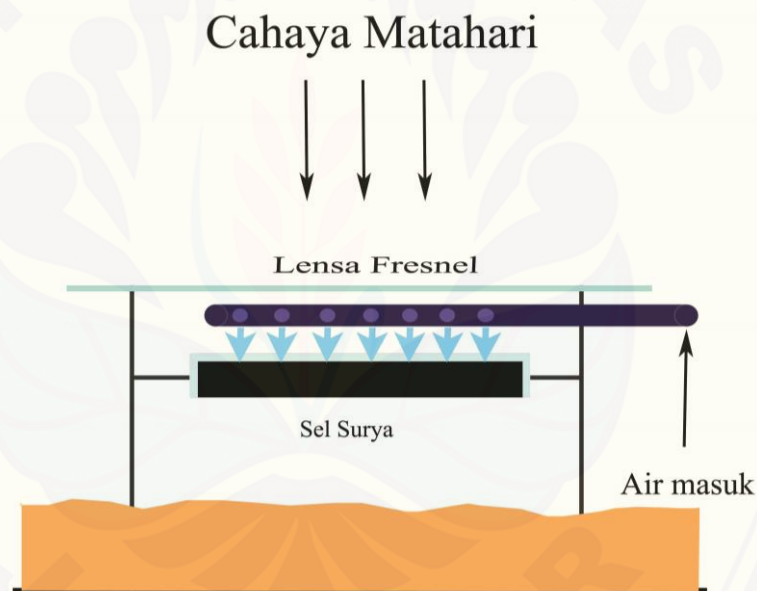
Skema sistem *monitoring* menggunakan Arduino UNO R3 sebagai mikrokontroler. Hal ini dikarenakan pada Arduino Mega terdapat banyak masukan pin analog dan digital. SD Card disini digunakan untuk menyimpan data dari *ouput* yang diberikan oleh Arduino UNO R3. Memasang sensor untuk mengetahui besar arus dan tegangan. *Real time clock* dihubungkan pada pin SDA dan SCL, *real time clock* berfungsi sebagai masukan tanggal dan waktu pada sistem. Digunakan LCD untuk menampilkan hasil tegangan Voc dan arus hubung singkat. ACS712 dipasangkan ke panel surya. Sementara sumber Vcc untuk mikrokontroler diambilkan dari *power supply*.

Dari kedua perlakuan tersebut akan dilakukan pengambilan data secara bersama-sama dengan rentang waktu yang sama, mulai pukul 07.30 WIB sampai dengan pukul 15.30 WIB dengan kondisi tersinari cahaya. Serta data tersebut kemudian diolah untuk menjadi laporan.

### 3.1.3 Desain Alat Penelitian



Gambar 3.6 Desain alat penelitian tampak atas



Gambar 3.7 Gambaran penelitian pengujian

## 3.2 Sumber Pengambilan Data Penelitian

### 3.2.1 Waktu dan Pengambilan Data

Pada penelitian pengujian optimalisasi sel surya menggunakan konsentrasi fresnel pada air mengalir mengambil tempat dan waktu sebagai berikut :

Alat : 2 (dua) buah panel surya dengan perlakuan berbeda

Waktu : 07.30 WIB sampai 15.30 WIB.

Data yang diambil : Nilai Voc dan Isc

### 3.2.2 Skema Proses Penelitian

Berdasarkan pengambilan data yang akan dilakukan maka terdapat beberapa penjelasan pada konsep penelitian ini, diantaranya sebagai berikut :

1. Menggunakan selang *waterpass* yang diulur memanjang kemudian diberi 5 lubang dengan jarak rata-rata sesuai sisi dari lebar panel.
2. Ujung selang tersebut di beri penutup agar air tertahan dan menyemprot/ keluar dari 5 lubang tersebut.
3. Panel surya diletakkan horizontal dan sisi lebar panel menjadi tempat selang *waterpass*.
4. Selang dijulurkan pada sisi lebar panel surya kemudian direkatkan dengan lubang-lubang diarahkan pada panel surya.
5. Sehingga yang terjadi ialah air akan mengalir dari selang ke panel surya dan menggenang namun terus berganti mengalir kebawah menetes.
6. Dipasang penyangga dari sisi lebar panel diberikan 2 tiang yang ukurannya telah ditentukan. Tiang tersebut akan ditaruh lensa fresnel dengan arah tiang yang membelakangi datangnya matahari.
7. Sehingga lensa fresnel akan menghadap kearah pergerakan matahari secara tetap dengan dihadapkan seolah-olah ada ditengah pergerakan harian matahari.

### 3.2.3 Aliran Proses Penelitian

Pada studi literatur yaitu proses mencari informasi dan telaah rumusan masalah berdasarkan penelitian sebelumnya. Pada perancangan alat dan pembuatan alat merupakan proses perkiraan pembuatan alat untuk digunakan sebagai penelitian. Proses uji coba dan pengamatan merupakan proses pengambilan data penelitian untuk menyesuaikan dengan tujuan penelitian. Pada proses analisa dan pembahasan ialah penulisan data penelitian dan pembahasan penelitian untuk ditulis dan disusun menjadi laoran penelitian. Proses penyusunan laporan merupakan proses terakhir dalam pengerjaan penelitian berupa hasil penelitian. Serta proses penulisan laporan merupakan proses sudah terbentuknya data yang akan dipublikasikan serta sesuai untuk diujikan.



### 3.3 Metode Analisis Data

Pada penelitian ini, dilakukan metode penelitian dengan menguji modul panel surya dengan melakukan dua perlakuan yaitu perlakuan yang pertama dengan memberikan lensa fresnel di atasnya. Perlakuan yang kedua yaitu dengan menguji nilai hasil *output* dari modul panel surya tanpa perlakuan penelitian. Pengujian ini dilangsungkan dengan bersamaan pengolahan data oleh sensor pada Arduino untuk disimpan ke *data logger*. *Data logger* membantu mencatat seluruh nilai pengukuran  $I_{sc}$  dan  $V_{oc}$  kedalam sebuah *SD Card*.

Adapun langkah-langkah dalam pengambilan data penelitian ini sebagai berikut:

- a. Perancangan alat untuk dipasang di tempat pengujian.
- b. Melakukan pencatatan data intensitas energi matahari yang diterima oleh modul panel surya.
- c. Melakukan proses pembacaan tegangan, arus, dan daya secara otomatis.
- d. Mengukur suhu pada permukaan panel surya setiap 30 menit sekali menggunakan thermometer.
- e. Melakukan pengukuran  $V_{oc}$  dengan cara menggunakan *relay* bantu untuk memutus tegangan dari beban setelah melakukan proses *scanning* dan kemudian dibaca oleh sensor tegangan.
- f. Melakukan pengukuran  $I_{sc}$  dilakukan dengan cara menggunakan *relay* bantu untuk menyambungkan sisi positif dan negatif *output* keluaran panel surya dan kemudian dibaca oleh sensor arus.
- g. Melakukan pengukuran intensitas cahaya dengan menggunakan solar power meter untuk mengukur energi yang dihasilkan.
- h. Perhitungan  $P_{out}$ ,  $P_{in}$  dan energi listrik yang dihasilkan.
- i. Melakukan hal yang sama terhadap panel surya tanpa fresnel dengan perlakuan yang sama pula.

Pada perhitungan untuk mencari nilai energi listrik yang dihasilkan oleh kedua panel surya, terlebih dahulu kita mengetahui nilai daya *input* yang diterima oleh panel surya dari energi matahari berdasarkan nilai irradiansi dikali luas penampang. Setelah itu mencari nilai  $P_{out}$  dari data yang didapatkan.

Dimana daya *input* tersebut dapat diketahui dengan perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima luas area modul panel surya dengan persamaan:

$$P_{in} = I_r \times A \quad (3.1)$$

dengan,

$P_{in}$  : Daya *input* akibat *irradiance* matahari (Watt)

$I_r$  : Intensitas radiasi matahari (Watt/m<sup>2</sup>)

$A$  : Luas area permukaan *photovoltaic* (m<sup>2</sup>)

Selanjutnya dapat dicari daya keluaran ( $P_{out}$ ) pada modul panel surya dengan perkalian tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ), dan *Fill Factor* (FF) dengan persamaan:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (3.2)$$

dengan,

$P_{out}$  : Daya yang dibangkitkan oleh panel surya (Watt)

$V_{oc}$  : Tegangan rangkaian terbuka pada panel surya (Volt)

$I_{sc}$  : Arus hubung singkat pada panel surya (Ampere)

FF : *Fill Factor*

Nilai FF mempunyai rumus sebagai berikut :

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (3.3)$$

dengan,

$V_m$  : Tegangan maksimal (Volt)

$I_m$  : Arus maksimal (Ampere)

$V_{oc}$  : Tegangan rangkaian terbuka pada panel surya (Volt)

$I_{sc}$  : Arus hubung singkat pada panel surya (Ampere)

Efisiensi panel surya mempunyai rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3.4)$$

dengan,

$\eta$  : Efisiensi panel surya (%)

$P_{out}$  : Daya yang dibangkitkan oleh panel surya (Watt)

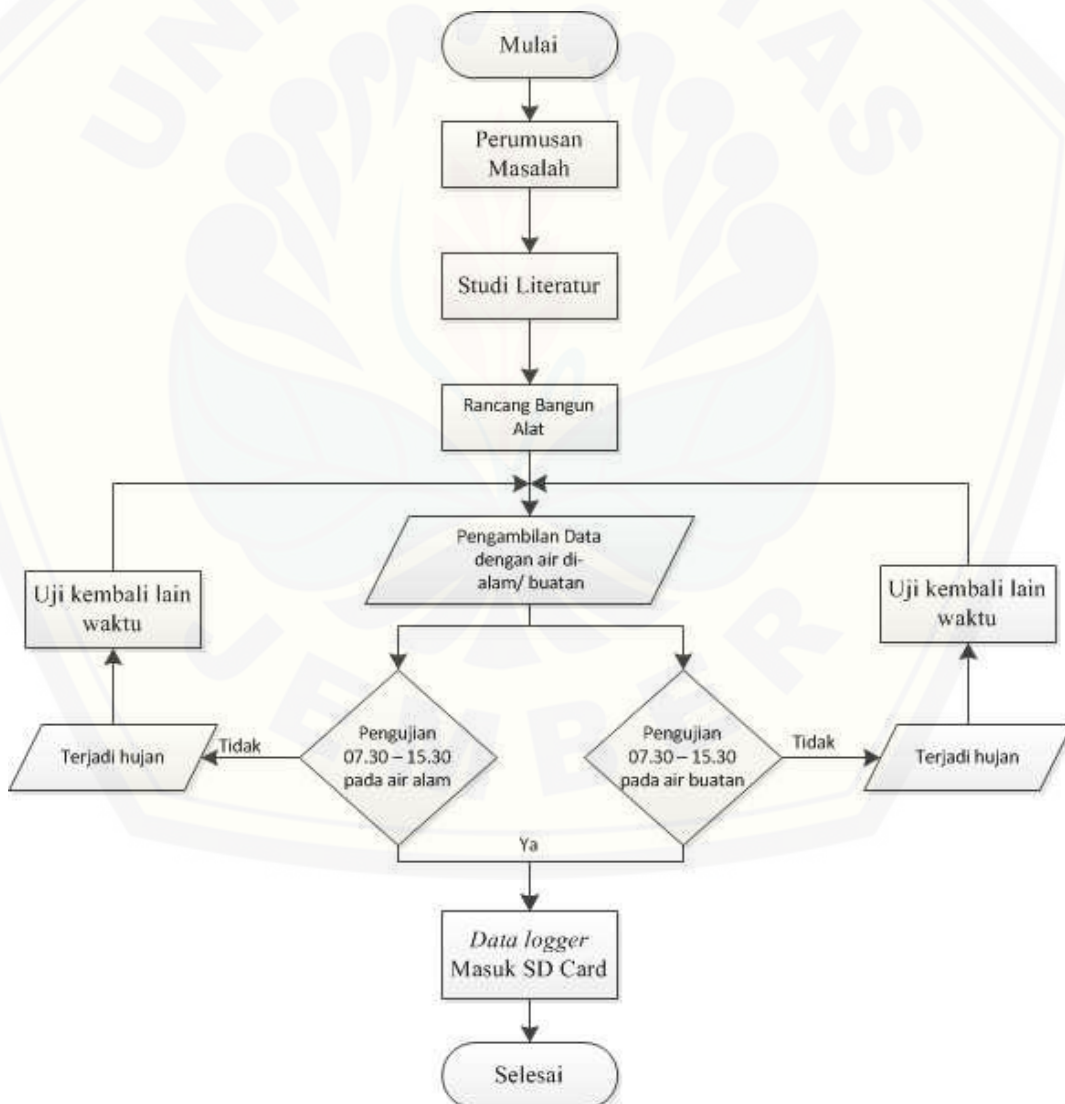
$P_{in}$  : Daya *input* akibat *irradiance* matahari (Watt)

### 3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Pada penelitian pengujian optimalisasi kerja sel surya dengan lensa fresnel apabila diapungkan di air mengalir sebagai media pendingin. Percobaan tersebut akan diuji di sekitar sungai atau sistem irigrasi pertanian. Dengan percobaan yang masing-masing sesuai dengan kebutuhan ujicoba. Pada pengujian di-

1. Pengujian di- buatan yaitu menggunakan rele yang di-*setting* akan menyalakan pompa apabila suhu diatas 25 °C.
2. Pengujian di- alam dengan air alami yang pengalirannya menggunakan Hukum Bernaulli.

Berikut ini merupakan diagram alir (*flowchart*) pada penelitian ini :



Gambar 3.8 Alur *Flowchart* Penelitian

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada Peningkatan Kinerja Solar Panel Menggunakan Lensa Fresnel dengan Pendinginan Air Mengalir dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada pukul 10.00 – 13.00 WIB atau saat intensitas cahaya matahari pada titik maksimal nilai daya keluaran lebih besar pada panel surya yang diberi air dan fresnel. Ketika pukul 12.00 WIB mempunyai Voc sebesar 10,77 volt dan Isc 0,48 A. Sedangkan panel standar mempunyai Voc sebesar 10,02 volt dan Isc sebesar 0,39 A.
2. Dalam perbandingan daya nampaknya mencapai titik maksimal apabila dibandingkan dengan kinerja kedua panel tersebut, hanya saja pada panel surya dengan fresnel dan air mempunyai tegangan yang lebih besar.
3. Pada kondisi pagi atau sore nilai daya mengalami kekalahan dalam perbandingan akibat menurunnya nilai Isc. Pada pukul 07.30 WIB Isc 0,10 A sedangkan panel standar mempunyai Isc sebesar 0,12 A.
4. Ketika kondisi berawan nilai Ir kurang lebih hampir sama pada perlakuan radiasi matahari. Hal ini mengakibatkan nilai Voc tidak berbeda jauh.
5. Pada pukul 12.00 WIB dimana titik maksimal tercapai nilai Daya meningkat pada panel yang diberi fresnel dan air namun tidak demikian pada panel dengan fresnel saja. Pada pukul tersebut nilai Pout masing-masing Pout A 4,113 Watt (dengan fresnel dan air), Pout B 2,999 Watt (dengan fresnel tanpa air), dan Pout C 3,109 Watt (tanpa air tanpa fresnel).

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini disarankan pada penelitian selanjutnya bahwa :

1. Melakukan kajian ulang apabila kondisi berawan atau mendung tetap mengalami peningkatan pada panel surya yang diberi perlakuan berbeda.
2. Melakukan penelitian lanjutan terhadap pendinginan menggunakan air terhadap panel surya secara lebih spesifik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afriandi. 2017. Implementasi *Water Cooling System* Untuk Menurunkan *Temperature Losses* pada Panel Surya. Universitas Tanjung Pura.Pontianak.
- Aulia Syahabanna Anhar, Ira Devi Sara dan Ramadhan Halid Siregar. 2017, “*Desain Prototype Sel Surya Terkonsentrasi Menggunakan Lensa Fresnel*”. Jurnal Online Teknik Elektro, Volume 2, No,3.
- Larasati, Ayu Devita. 2013. Analisis Pengaruh Reduksi Suhu terhadap Efisiensi Photovoltaic Module. Teknik Elektro Universitas Jember. Jember
- Hamdani ,Dadan. Subagiada, Kadek. dan Subagiyo, Lambang. 2011. Analisis Kinerja Solar *Photovoltaic System* (Sps) Berdasarkan Tinjauan Efisiensi Energi dan *Eksergi*. Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mulawarman Samarinda.
- Handini ,Wulandari. 2008. Performa Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna (DSSC) Berbasis ZnO dengan Variasi Tingkat Pengisian dan Besar Kristal TiO<sub>2</sub>. Fakultas Teknik: Universitas Indonesia.
- Haryadi, Yusli. 2007. Pelacak Intensitas Energi Matahari Menggunakan Sel Surya. Jurusan Teknik Komputer Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer: Universitas Komputer Indonesia Bandung.
- Karina, A.Satwiko, S. 2012. Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) pada Sel Tunggal Polikristal Silikon serta Pemodelannya. UNJ. Jakarta.
- Kho Hie Khwee. 2013. Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak). Jurnal ELKHA vol. 5, No. 2.
- Priyanto, Budi. April 2014, “*Pemaksimalan Daya Keluaran Sel Surya Menggunakan Lensa Cembung*”. Neutrino Jurnal. Volume 16, No.2, Malang. Universitas Muhammadiyah Malang. 24 April 2014.
- Rizali, Muhammad, Irwandy. 2015. Pengaruh Temperatur Permukaan Sel Surya Terhadap daya Pada Kondisi Eksperimental dan Nyata. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV). Universitas Lambung Amangkurat Banjarbaru. Banjarmasin 7-8 Oktober 2015.

## LAMPIRAN

## A. Perhitungan Tegangan Terhadap Perubahan Suhu

$$V_{oc \text{ saat } T \text{ naik } ^\circ\text{C}} = 0,4\% / ^\circ\text{C} \times V_{oc \text{ panel}} \times \text{kenaikan temperatur (per } 25^\circ\text{C)}$$

$$V_{oc \text{ saat naik menjadi } T ^\circ\text{C}} = V_{oc \text{ panel}} - V_{oc \text{ saat } T \text{ naik } ^\circ\text{C}}$$

## 1. Perubahan Suhu pada pengujian di Laboratorium Teknik, Patrang, Jember

Tabel 1. Perhitungan suhu pada perlakuan A, B, dan C

Pukul (WIB)	Suhu A ( $^\circ\text{C}$ )	Suhu B, C ( $^\circ\text{C}$ )	$\Delta T A$ ( $^\circ\text{C}$ )	Voc A saat T naik (Volt)	$\Delta T B, C$ ( $^\circ\text{C}$ )	Voc B, C saat T naik (Volt)
7:30	25,87	27,06	0,87	0,034	2,06	0,080
8:00	26,71	28,9	1,71	0,066	3,9	0,151
8:30	27,12	28,5	2,12	0,082	3,5	0,135
9:00	33,56	44,38	8,56	0,331	19,38	0,750
9:30	39,95	49,13	14,95	0,578	24,13	0,933
10:00	41,8	51,6	16,8	0,650	26,6	1,029
10:30	37,8	50,01	12,8	0,495	25,01	0,967
11:00	36,94	53,47	11,94	0,462	28,47	1,101
11:30	37,81	54,01	12,81	0,495	29,01	1,122
12:00	38,06	48,69	13,06	0,505	23,69	0,916
12:30	35,19	43,56	10,19	0,394	18,56	0,718
13:00	35,69	41,81	10,69	0,413	16,81	0,650
13:30	36,62	35,5	11,62	0,449	10,5	0,406
14:00	30,31	34,12	5,31	0,205	9,12	0,353
14:30	31,06	33,31	6,06	0,234	8,31	0,321
15:00	32,02	32,01	7,02	0,272	7,01	0,271
15:30	30,81	32,81	5,81	0,225	7,81	0,302

Tabel 2. Hasil Perhitungan nilai Voc pada kondisi suhu perubahan

Voc A saat T A (Volt)	Voc B, C saat T B,C (Volt)
9,636	9,590
9,604	9,519
9,588	9,535
9,339	8,920
9,092	8,737
9,020	8,641
9,175	8,703
9,208	8,569
9,175	8,548
9,165	8,754
9,276	8,952
9,257	9,020
9,221	9,264
9,465	9,317
9,436	9,349
9,398	9,399
9,445	9,368

2. Perubahan temperatur pada pengujian di Saluran irigrasi persawahan Desa Baratan Kecamatan Arjasa, Jember.

Tabel 3. Perhitungan suhu pada perlakuan A, B, dan C

Pukul (WIB)	Suhu A (°C)	Suhu B, C (°C)	$\Delta T A$ (°C)	Voc A saat T naik (Volt)	$\Delta T B, C$ (°C)	Voc B, C saat T naik (Volt)
7:30	28,59	29,31	3,59	0,139	4,31	0,167
8:00	30,56	35,71	5,56	0,215	10,71	0,414
8:30	30,31	42,58	5,31	0,205	17,58	0,680
9:00	35,76	43,87	10,76	0,416	18,87	0,730
9:30	39,56	49,31	14,56	0,563	24,31	0,940
10:00	39,61	45,82	14,61	0,565	20,82	0,805
10:30	40,51	51,27	15,51	0,600	26,27	1,016
11:00	38,64	49,32	13,64	0,528	24,32	0,941
11:30	37,95	54,01	12,95	0,501	29,01	1,122
12:00	35,5	55,34	10,5	0,406	30,34	1,174
12:30	37,46	49,81	12,46	0,482	24,81	0,960
13:00	38,56	45,97	13,56	0,525	20,97	0,811
13:30	37,65	40,61	12,65	0,489	15,61	0,604
14:00	36,41	40,29	11,41	0,441	15,29	0,591
14:30	34,52	38,15	9,52	0,368	13,15	0,509
15:00	32,06	33,59	7,06	0,273	8,59	0,332
15:30	31,41	32,48	6,41	0,248	7,48	0,289



Tabel 4. Hasil Perhitungan nilai Voc pada kondisi suhu perubahan

Voc A saat T A (Volt)	Voc B, C saat T B,C (Volt)
9,531	9,503
9,455	9,256
9,465	8,990
9,254	8,940
9,107	8,730
9,105	8,865
9,070	8,654
9,142	8,729
9,169	8,548
9,264	8,496
9,188	8,710
9,145	8,859
9,181	9,066
9,229	9,079
9,302	9,161
9,397	9,338
9,422	9,381

**B. Listing Program**

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
RTC_DS1307 rtc;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 20, 4);
#include <SD.h>
uint8_t clock[8] = {0x0, 0xe, 0x15, 0x17, 0x11, 0xe,
0x0};
RTC_DS1307 RTC;
const int chipSelect = 10;
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
// sensor diletakkan di pin 2
#define ONE_WIRE_BUS 2
int relay1 = 7;
int relay2 = 8;
int relay3 = 9;
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensorSuhu(&oneWire);
float suhuSekarang;
long sudahOn, sekarang;
long bacawaktu;
float c1 = 6.652;
float c2 = -6.558;
float c3 = 23.1;
float c4 = 0.04038;
float voltx;
float c5 = 3.523;
float c6 = -3.475;
float c7 = 43.95;
float c8 = 0.0219;
float voltx1;
void suhu()
{

    suhuSekarang = ambilSuhu();
    delay(80);
}

float ambilSuhu()
{
```

```
        sensorSuhu.requestTemperatures();
        float suhu = sensorSuhu.getTempCByIndex(0);
        return suhu;
    }
    // sensor diletakkan di pin 4
    #define ONE_WIRE_BUS 4
    OneWire oneWire2(ONE_WIRE_BUS);
    DallasTemperature sensorSuhu2(&oneWire2);
    float suhuSekarang2;
    void suhu2()
    {
        suhuSekarang2 = ambilSuhu2();
        delay(80);
    }
    float ambilSuhu2()
    {
        sensorSuhu2.requestTemperatures();
        float suhu2 = sensorSuhu2.getTempCByIndex(0);
        return suhu2;
    }
    // setup sensor
    // berikan nama variabel, masukkan ke pustaka Dallas
    ///////////////////////////////////////////////////////////////////
    float Volt1;
    float Volt;
    float Volt2;
    float Volt3;
    const float batas = 30;
    float hasilnilai;
    float hasilnilai2;
    //int pompa = 7;
    void setup()
    {
        sensorSuhu.begin();
        Serial.begin(9600);
        lcd.begin ();
        sensorSuhu2.begin();
        Serial.begin(9600);
        Serial.begin(9600);
        pinMode(relay1, OUTPUT);
        pinMode(relay2, OUTPUT);
        pinMode(relay3, OUTPUT);
        digitalWrite(relay2, HIGH);
        digitalWrite(relay3, HIGH);
    }
}
```

```
#ifndef AVR
  Wire.begin();
#else
  Wire1.begin(); // Shield I2C pins connect to alt I2C
  bus on Arduino Due
#endif

RTC.begin();
Serial.begin(9600);
//pinMode(BUTTON_PIN, INPUT);
lcd.begin();
//lcd.print("Belajar I2C LCD");

if (! RTC.begin()) {
  Serial.println("RTC tidak ditemukan");
  while (1);
}

if (! RTC.isrunning()) {
  Serial.println("RTC tidak jalan!");
  // rtc.adjust(DateTime(2014, 1, 21, 3, 0, 0));
}

// Mengatur tanggal dan waktu sesuai dengan waktu code
// di compile
RTC.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));

while (!Serial) {
  ; // wait for serial port to connect. Needed for
  Leonardo only
}
pinMode(10, OUTPUT);

// see if the card is present and can be initialized:
if (!SD.begin(chipSelect)) {
  return;
}
}
void loop()
{
  {
    //LCD
    //p1
    lcd.setCursor(2, 0); //baris pertama
```

```
lcd.print("P1");
lcd.setCursor(0, 1); //baris pertama
lcd.print(suhuSekarang);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(Volt);
lcd.print("V");
lcd.setCursor(1, 3);
lcd.print(hasilnilai ,3);
lcd.print("A");
//p2
lcd.setCursor(9, 0); //baris pertama
lcd.print("P2");
lcd.setCursor(8, 1); //baris pertama
lcd.print(suhuSekarang2);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(8, 2);
lcd.print(Volt3);
lcd.print("V");
lcd.setCursor(8, 3);
lcd.print(hasilnilai2 ,3);
lcd.print("A");

//lcd dan serial rtc
DateTime now = RTC.now();
lcd.setCursor(12, 0);
//lcd.print("Pukul : ");

if (now.hour() < 10) {
    lcd.print("0");
}
lcd.print(now.hour(), DEC);
lcd.print(':');
if (now.minute() < 10) {
    lcd.print("0");
}

lcd.print(now.minute(), DEC);
lcd.print(':');
if (now.second() < 10) {
    lcd.print("0");
}
lcd.print(now.second(), DEC);
//sensor tegangan1
Volt1 = analogRead(0);
```

```
voltx = ((Volt1 * 0.00489) * 5);
Volt = c1 + c2*cos(voltx*c4) + c3*sin(voltx*c4);
//sensor tegangan2
Volt2 = analogRead(2);
voltx1 = ((Volt2 * 0.00489) * 5);
Volt3 = c5 + c6*cos(voltx1*c8) + c7*sin(voltx1*c8);
//sensor arus1
unsigned int x = 00;
float baca_sensor = 0.0, sampling = 0.0, rata2 =
0.0, hasilnilai = 0.0;
  for (int x = 00; x < 150; x++) { //untuk mendapatkan
sampling 150x
    baca_sensor = analogRead(A1); //pembacaan sensor
    sampling = sampling + baca_sensor; //penambahan
hasil pembacaan
    delay (3); //waktu jeda 3ms
  }
  rata2 = sampling / 150.0; //untuk mendapatkan nilai
rata-rata
  hasilnilai = ((rata2 * (5.0 / 1024.0)) - 2.5 ) /
0.185 + 0.0368;
  //sensor arus2
  unsigned int x2 = 00;
  float baca_sensor2 = 0.0, sampling2 = 0.0, rata22 =
0.0, hasilnilai2 = 0.0;
  for (int x2 = 00; x2 < 150; x2++) { //untuk
mendapatkan sampling 150x
    baca_sensor2 = analogRead(A3); //pembacaan sensor
    sampling2 = sampling2 + baca_sensor2;
//penambahan hasil pembacaan
    delay (3); //waktu jeda 3ms
  }
  rata22 = sampling2 / 150.0; //untuk mendapatkan
nilai rata-rata
  hasilnilai2 = ((rata22 * (5.0 / 1024.0)) - 2.5 ) /
0.185 + 0.024;
  suhu();
  suhu2();
  File Tulissd = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
  bacawaktu = now.second();
  if ( now.second() % 10 == 0)
  { digitalWrite(relay2, LOW);
    digitalWrite(relay3, LOW);
    delay(100);
  }
}
```

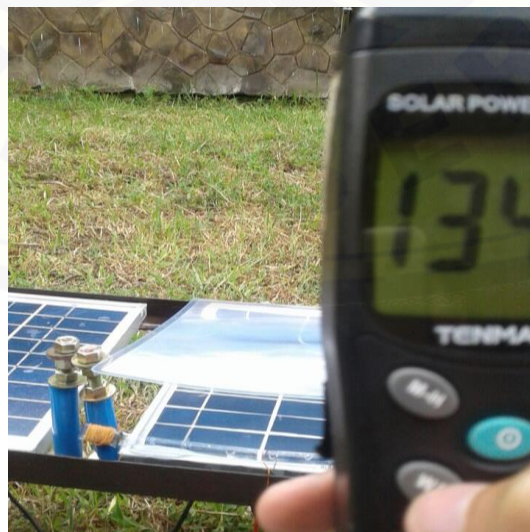
```
else
{ digitalWrite(relay2, HIGH);
  digitalWrite(relay3, HIGH);
}
if (Tulissd) {
  Tulissd.print(Volt);
  Tulissd.print(" V");
  Tulissd.print("\t\t");//Print the read current on
Tulissd monitor
  Tulissd.print(hasilnilai ,3);
  Tulissd.print(" A");
  Tulissd.print("\t\t");
  Tulissd.print(suhuSekarang);
  Tulissd.print(" C");
  Tulissd.print("\t\t");
  Tulissd.print(Volt3);
  Tulissd.print(" V");
  Tulissd.print("\t\t");
  Tulissd.print(hasilnilai2 ,3);
  Tulissd.print(" A");
  Tulissd.print("\t\t");
  Tulissd.print(suhuSekarang2);
  Tulissd.print(" C");
  Tulissd.print("\t\t");
  Tulissd.print(now.hour(), DEC);
  Tulissd.print(':');
  Tulissd.print(now.minute(), DEC);
  Tulissd.print(':');
  Tulissd.print(now.second(), DEC);
  Tulissd.println();
  Tulissd.close();
  delay(1000); // every second
}
}
if (suhuSekarang > batas) {
  digitalWrite(relay1, HIGH);
} else {
  digitalWrite(relay1, LOW);
}
}
```

**C. FOTO DOKUMENTASI ALAT**

Gambar 1. Panel dengan fresnel dan air



Gambar 2. Pengambilan data penelitian



Gambar 3. Pengukuran iradiasi secara langsung