



**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN PERMUKAAN  
MODUL SEL SURYA DENGAN METODE PERCIKAN  
AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN  
EFESIENSI DAYA**

**Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menempuh  
Ujian Akhir Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas  
Sains Dan Teknologi Universitas  
Pembangunan Panca Budi**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**NAMA : ANTONIUS SEMBIRING**  
**NPM : 1714210095**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO**  
**KONSENTRSAI : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN  
PANCA BUDI MEDAN**

**2022**

**PENGESAHAN SKRIPSI**

**JUDUL** : RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN PERMUKAAN MODUL SEL SURYA DENGAN METODE PERCIKAN AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN EFESIENSI DAYA.

**NAMA** : ANTONIUS SEMBIRING  
**N.P.M** : 1714210095  
**FAKULTAS** : SAINS & TEKNOLOGI  
**PROGRAM STUDI** : Teknik Elektro  
**TANGGAL KELULUSAN** : 11 Mei 2022

**DIKETAHUI**

**DEKAN**



Hamdani, ST., MT.

**KETUA PROGRAM STUDI**



Siti Anisah, S.T., M.T

**DISETUJUI  
KOMISI PEMBIMBING**

**PEMBIMBING I**



Hamdani, S.T., M.T

**PEMBIMBING II**



Eddy Sutejo, ST., MT

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 20 Mei 2022  
Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan  
Fakultas SAINS & TEKNOLOGI  
UNPAB Medan  
Di -  
Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ANTONIUS SEMBIRING  
Tempat/Tgl. Lahir : Binjai / 30 Desember 1997  
Nama Orang Tua : NANGKIH SEMBIRING  
N. P. M : 1714210095  
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
Program Studi : Teknik Elektro  
No. HP : 082164568062  
Alamat : DUSUN SP.JANDI MULIA ,Desa Mekar Jaya Kecamatan Sei  
Bingai Kabupaten Langkat

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **Rancang bangun sistem pendinginan permukaan modul sel surya dengan metode percikan air sebagai upaya peningkatan efisiensi daya.**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntun ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjiilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	1,000,000
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,750,000
<b>Total Biaya</b>	<b>: Rp.</b>	<b>2,750,000</b>

Ukuran Toga : 

Diketahui/Disetujui oleh :



Hamdani, ST., MT.  
Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

Hormat saya



ANTONIUS SEMBIRING  
1714210095

Catatan :

- 1.Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
  - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
  - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2.Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Antonius Sembiring  
Npm : 1714210095  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Pendingin Permukaan Modul Sel Surya Dengan Metode Percikan Air Sebagai Upaya Peningkatan Efisiensi Daya

Dengan ini Menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain ( plagiat ).
2. Memberikan izin hak bebas Royalti Non-Eklusif Kepada Unpab untuk menyimpan, mengalihkan-media/formatkan, mengelola mendistribusikan dan mempublikasikan karya skripsinya melalui internet dan media lain bagi kepentingan akademis.

Pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab dan saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai dengan aturan yang berlaku apabila dikemudian hari diketahui bahwa pernyataan ini tidak benar.

Medan , 11 Mei 2022



Antonius Sembiring  
NPM : 1714210095

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, 11Februari 2022

Hormat saya,



**Antonius Sembiring**  
**1714210095**

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademik Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Antonius Sembiring  
NPM : 1714210095  
Program Studi : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, meyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty-free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: **“Rancang Bangun Sistem Pendingin Permukaan Modul Sel Surya Dengan Metode Percikan Air Sebagai Upaya Peningkatan Efisiensi Daya”** Beserta prangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih-media/alih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database),merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 11 Febuwari 2022

Hormat saya,



**ANTONIUS SEMBIRING**  
NPM : 1714210095

# UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI	(TERAKREDITASI)

## PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR\*

yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap	: ANTONIUS SEMBIRING
Tgl. Lahir	: Binjai / 30 Desember 1997
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1714210095
Program Studi	: Teknik Elektro
Konentrasi	: Teknik Energi Listrik
SKS Kredit yang telah dicapai	: 143 SKS, IPK 3.55
Nomor Hp	: 082164568062
Permohonan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut	:

### Judul

Rancang bangun sistem pendinginan permukaan modul sel surya dengan metode percikan air sebagai upaya peningkatan efisiensi daya.

Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

yang Tidak Perlu



Medan, 10 Mei 2022

Pemohon,

( Antonius Sembiring )

Tanggal: 11 Mei 2022

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I:

( Hamdani, S.T, M.T )

Tanggal: 11 Mei 2022

Disetujui oleh:

Ka. Prodi Teknik Elektro

( Siti Anisah, S.T, M.T )

Tanggal: 11 Mei 2022

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing II:

( Eddy Sutejo, ST, MT )

No. Dokumen: FM-UPBM-18-02

Revisi: 0

Tgl. Eff: 22 Oktober 2018

Sumber dokumen: <http://mahasiswa.pancabudi.ac.id>

Dicetak pada: Selasa, 10 Mei 2022 10:43:26

# **Rancang Bangun Sistem Pendingin Permukaan Modul Sel Surya Dengan Metode Percikan Air Sebagai Upaya Peningkatan Efisiensi Daya**

**Antonius Sembiring\***  
**Hamdani, S.T.,M.T\*\***  
**Eddy Sutejo. S.T.,M.T\*\***

**Universitas Pembangunan Panca Budi**

## **ABSTRAK**

Pertumbuhan di Indonesia semakin meningkat dan sumber energi yang dibutuhkan manusia juga meningkat. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan terbarukan. Salah satu sumber energi terbarukan adalah panel surya yang menggunakan matahari sebagai sumber yang menghasilkan energi listrik untuk kebutuhan manusia. Namun, panel surya sendiri memiliki suhu maksimum body yang mana berpengaruh pada keluaran panel surya. Panel sel surya mengalami penurunan kemampuan dalam menghasilkan listrik bila terlalu panas atau melewati batas efektifitas. Oleh sebab itu, diperlukan system pendingin untuk mendinginkan atau menurunkan suhu pada panel sel surya, agar dapat menghasilkan listrik secara efektif dan efisien. Jika melihat pada proses pendinginan solar cell tetap baik dan stabil pada suhu 25°C -35°C karena pada suhu tersebut panel surya dapat menghasilkan daya terbaik.

***Kata Kunci: Pendinginan Solar Cell ,Efisiensi Daya***

\* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro [tonisembiring235@gmail.com](mailto:tonisembiring235@gmail.com)

\*\* Dosen Program Studi Teknik Elektro

# **Design And Construction Of Surface Cooling System Of Solar Cell Module Using The Spray Methodwater As An Improvement Effortpower Efficiency**

**Antonius Sembiring\***  
**Hamdani,S.T.,M.T\*\***  
**Eddy Sutejo. S.T.,M.T\*\***

*University of Pembangunan Panca Budi*

## **ABSTRACT**

Growth in Indonesia is increasing and the sources of energy needed by humans are also increasing. Therefore, a more environmentally friendly and renewable energy source is needed. One source of renewable energy is solar panels that use the sun as a source to produce electrical energy for human needs. However, the solar panel itself has a maximum body temperature which affects the output of the solar panel. Solar cell panels have a decreased ability to generate electricity when they are too hot or exceed the effectiveness limit. Therefore, a cooling system is needed to cool or lower the temperature of the solar cell panels, in order to produce electricity effectively and efficiently. If you look at the cooling process, the solar cell remains good and stable at a temperature of 25°C -35°C because at that temperature the solar panel can produce the best power.

**Keywords: Solar Cell Cooling, Power Efficiency**

\* Student of Electrical Engineering Study Program [tonisembiring235@gmail.com](mailto:tonisembiring235@gmail.com)

\*\* Lecturer of Electrical Engineering Study Program

## KATA PENGHANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang mana telah memberikan rahmat-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian akhir memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.

Dalam laporan ini, penulis akan membahas tentang **Rancang Bangun Sistem Pendingin Permukaan Modul Sel Surya Dengan Metode Percikan Air Sebagai Upaya Peningkatan Efisiensi Daya.**

Dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak menghadapi masalah dan kesulitan, namun berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa moral, informasi, maupun material. Oleh karena itu, sudah selayaknya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Muhammad Isan Indrawan, S.E., M.M., selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi.
2. Bapak Hamdani, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi dan Dosen Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan saran dalam pembuatan dan penulisan Tugas Akhir ini.

3. Ibu Siti Anisah, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi.
4. Bapak Eddy Sutejo, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan saran dalam pembuatan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh staf pengajar maupun pegawai yang berada di Universitas Pembangunan Panca Budi.
6. Teristimewa penulis ucapkan kepada orang tua Bapak Nangkih BA dan Mamak Murniati Br Gitnitng dan Herianta Snurlingga, dan adik dan seluruh keluarga yang telah memerikan materi, dukungan, motivasi dan doa yang tulus kepada penulis.
7. Sahabat-sahabat penulis yang sudah membantu, mendukung, dan mengajari kami dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi seluruh pembaca.

Medan 11,februari 2022  
Penulis

**Antonius Sembiring**  
**1714210095**

# DAFTAR ISI

**PERNYATAAN ORISINALITAS**

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

**ABSTRAK**

**ABSTRACT**

<b>KATA PENGHANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB 2 DASAR TEORI.....</b>	<b>7</b>
2.1 Panel Surya.....	7
2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	9
2.1.2 Jenis – Jenis Panel Surya .....	10
2.2 Prinsip Kerja Fotovoltaik.....	12
2.2.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keluaran Pada Modul Surya.....	15
2.3 Komponen PLTS .....	17
2.3.1 Panel Surya .....	17
2.3.2 Solar Charger Controller.....	17
2.3.3 Inverter.....	21
2.3.4 Baterai.....	22
2.4 Sistem Pendingin PLTS.....	24

2.4.1	Mikrokontroler Arduino Uno.....	24
2.4.2	Software Arduino IDE .....	27
2.4.3	DHT11 Temperature and Humidity Sensor .....	29
2.4.4	Modul LCD 16x2 dengan I2C Konverter .....	30
2.4.5	Relay .....	31
2.4.6	Pompa .....	32
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>33</b>
3.1	Waktu dan Tempat .....	33
3.2	Metode Pengumpulan Data .....	33
3.3	Alat Dan Bahan Yang Digunakan .....	34
3.4	Bahan Dan Spesifikasi.....	35
3.5	Perancangan Sistem Alat.....	36
3.6	Blok Diagram .....	36
3.7	Survei Data Dan Pengumpulan Data.....	37
3.8	Rangkaian Panel Surya.....	37
3.9	Sistem Kerja Pendingin Modul Surya .....	40
3.10	Flowchart.....	42
3.11	Pengumpulan Data Secara Langsung .....	43
3.12	Pengolahan Data.....	43
3.13	Perancangan Hardware Pendingin Solar Cell.....	43
<b>BAB 4 HASIL DAN ANALISA.....</b>		<b>44</b>
4.1	Rancang Bahasa Pemograman .....	44
4.2	Hasil Pengujian Alat.....	48
4.3	Pengujian Sistem Pendingin Pada Modul Surya Teroptimal .....	61
4.4	Pengujian Modul Surya Tanpa Sistem Pendingin .....	63
4.5	Analisa Daya Input Daya Output Dan Efesensi Panel Surya .....	65
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>		<b>69</b>
5.1	KESIMPULAN .....	69
5.2	SARAN.....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>71</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Proses perubahan energi cahaya menjadi energi listrik.....	8
<b>Gambar 2. 2</b>	Monocrystalline .....	11
<b>Gambar 2. 3</b>	Photovoltaic Jenis Polycrystalline .....	11
<b>Gambar 2. 4</b>	Thin Film Solar Cell .....	12
<b>Gambar 2. 5</b>	SemiKonduktor P dan N .....	13
<b>Gambar 2. 6</b>	Pengaruh Iradiasi Terhadap Tegangan & Arus .....	16
<b>Gambar 2. 7</b>	Pengaruh Temperatur Modul Terhadap Arus & Tegangan .....	16
<b>Gambar 2. 8</b>	Photovoltaic Jenis Polycrystalline .....	17
<b>Gambar 2. 9</b>	Solar charger Controller My-D10Li 12v 24v .....	18
<b>Gambar 3. 1</b>	Blok Diagram Rangkaian .....	37
<b>Gambar 3. 2</b>	Rangkaian Solar Cell.....	38
<b>Gambar 3. 3</b>	Diagram Blok Sistem Pendingin Solar Cell .....	41
<b>Gambar 3. 4</b>	Flowchart Proses Pembuatan Alat .....	42
<b>Gambar 4. 1</b>	Pengukuran Tegangan Menggunakan Multitester .....	48
<b>Gambar 4. 2</b>	Pegukuran Arus menggunakan Multitester .....	49
<b>Gambar 4. 3</b>	grafik pengujian pendingin solar cell hari 1 .....	51
<b>Gambar 4. 4</b>	Grafik pengujian pendingin solar cell hari ke 2.....	53
<b>Gambar 4. 5</b>	Grafik pengujian pendinginan solar cell hari ke 3.....	55
<b>Gambar 4. 6</b>	Grafik pengujian pendinginan solar cell hari ke 4.....	57
<b>Gambar 4. 7</b>	Grafik pengujian pendinginan solar cell hari ke 6.....	59
<b>Gambar 4. 8</b>	Grafik pengujian pendinginan solar cell hari ke 6.....	60
<b>Gambar 4. 9</b>	Grafik Hasil pengujian sistem pendingin pada modul surya Teroptimal .....	63
<b>Gambar 4. 10</b>	Grafik Hasil pengujian modul surya tanpa sistem pendingin.....	65

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b>	Bahan dan spesifikasi .....	35
<b>Tabel 3. 2</b>	Spesifikasi Solar cell .....	39
<b>Tabel 4. 1</b>	Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari ke 1 .....	49
<b>Tabel 4. 2</b>	Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari ke 2 .....	51
<b>Tabel 4. 3</b>	Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari ke 3 .....	53
<b>Tabel 4. 4</b>	Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari ke 4 .....	55
<b>Tabel 4. 5</b>	Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari Ke 5 .....	57
<b>Tabel 4. 6</b>	Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari Ke 6 .....	59
<b>Tabel 4. 7</b>	Hasil Pengujian Sistem Pendingin Pada Modul Surya Teroptimal .....	61
<b>Tabel 4. 8</b>	Hasil Pengujian Modul Surya Tanpa Sistem Pendingin .....	64
<b>Tabel 4. 9</b>	Data Temperatur, Efisiensi Dan Daya Total Pada Panel Surya.....	67

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik telah menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan manusia, hampir setiap sendi kehidupan manusia telah melibatkan listrik di dalamnya. Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk serta pertumbuhan ekonomi dan industri yang semakin pesat, mengakibatkan kebutuhan energi listrik di Indonesia juga mengalami peningkatan yang signifikan. Untuk mengatasi semakin meningkatnya kebutuhan listrik ini, perlu adanya inovasi dalam hal energi terbarukan.

Indonesia memiliki potensi sumber energy matahari sangat besar karena mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun. Energi matahari merupakan energy yang berjumlah sangatlah besar dan masih sangat sedikit digunakan. Jumlah rata rata panas matahari yang dapat terpancarkan ke bumi sekitar 1KW/m<sup>2</sup> atau setara dengan 1000 kali konsumsi energy di seluruh dunia. penggunaan energy matahari tidak dapat digunakan secara langsung. Melainkan, perlu adanya suatu alat tambahan yang dinamakan panel surya.

Sebuah panel surya tersebut dari banyak sel surya. Sel tersambung secara elektrik untuk memebrikan arus dan tegangan tertentu. Namun , panel surya sendiri memiliki suhu maksimum body yang mana berpengaruh pada keluaran panel surya. Panel sel surya mengalami penurunan kemampuan dalam menghasilkan listrik bila teralu panas atau melewati batas efektifitas. Oleh sebab itu, diperlukan system pendingin untuk

mendinginkan atau menurunkan suhu pada panel sel surya, agar dapat menghasilkan listrik secara efektif dan efisien. Jika melihat pada proses pendinginan solar cell tetap baik dan stabil pada suhu 25°C -35°C karena pada suhu tersebut panel surya dapat menghasilkan daya terbaik.

Untuk mengkompensasi penurunan efisiensi yang diakibatkan kenaikan temperature permukaan , system pendingin sel surya diterapkan. System pendingin dapat diterapkan pada permukaan atas pada panel surya. System pendingin pada panel surya menggunakan pendingin berbasis air untuk mendinginkan permukaan panel surya dengan menggunakan metode percikan air. Sehingga panel surya tersebut dapat bekerja dengan optimal di karenakan suhu yang tidak stabil mengakibatkan kinerja panel surya tidak optimal. Dengan cara mendinginkan panel surya dengan berbasis air dapat mengoptimal kan suhu pada panel surya.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Adapun perumusan masalah dengan penulisan skripsi ini adalah

1. Bagaimana cara merancang pendeteksi suhu papan permukaan panel surya menggunakan pompa otomatis sebagai upaya peningkatan efisiensi daya ?
2. Bagaimana cara merancang bahasa pemrograman pendeteksi suhu papan permukaan panel surya menggunakan pompa otomatis sebagai efisiensi daya
3. Apakah dengan melakukan pendinginan terhadap modul surya akan mempengaruhi daya keluaran dari modul surya...?

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah

1. Perhitungan dibatasi tentang tahanan dan stabilitas dari panel surya
2. Dalam pengujian panel surya dibatasi hanya pada lahan terbuka
3. Tidak membahas pengisian pada batrai
4. Menggunakan panel surya

### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah

1. Untuk merancang pendeteksi suhu papan permukaan solar ceel menggunakan pompa otomatis sebagai upaya peningkatan efisiensi daya.
2. Untuk merancang pemograman pendeteksi suhu papan permukaan solar ceel menggunakan pompa otomatis sebagai efisiensi daya.

### **1.5 Manfaat**

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah

1. Manfaat dari penelitian ini adalah memberi alternative baru dalam upaya menaikkan efisiensi sel surya dengan cara pendinginan yang sederhana dengan menggunakan air sebagai pendingin pada permukaan panel surya dengan menggunakan pompa air sebagai efisiensi daya.
2. arus yang keluar dari panel surya tetap stabil, walaupun suhu matahari yang sangat tinggi

## 1.6 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data yang akan dilakukan ada beberapa tahap antara lain.

1. Studi literature

Studi ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi ini. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, datasheet, dan buku-buku yang berhubungan dengan skripsi ini.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap awal untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari.

3. Uji system

Uji System ini berkaitan dengan pengujian system

4. Metode Analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari alat ini. Setelah itu dilakukan analisis sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran saran untuk pengembangan lebih lanjut

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari alat ini. Setelah itu dilakukan analisis sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran saran untuk pengembangan lebih lanjut

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan pemahaman pembahasan skripsi ini maka penulisan menyajikan dalam beberapa bab sebagai berikut.

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisi penjelasan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat metode penelitian serta sistematika penulisan.

### **BAB 2 LANDASAN TEORI**

Bab ini berisikan tentang penjelasan mengenai teori-teori yang akan digunakan dalam perancangan alat yang membuat deskripsi, sintesis serta data-data yang dapat digunakan untuk menganalisa permasalahan. Adapun teori-teori yang akan digunakan bersumber dari jurnal, prosiding, buku dan media lainnya yang dapat membantu teoritis dari penelitian ini.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang penjelasan dalam bentuk skema mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan skripsi.

### **BAB 4 HASIL DAN ANALISA**

Bab ini untuk teknis pengolahan data untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian sehingga diperoleh suatu hasil yang dapat memecahkan permasalahan tersebut dan tentang penganalisaan terhadap hasil perancangan yang diperoleh yang menjadi arahan

### **BAB 5 PENUTUP**

Bab ini menguraikan tentang kesimpulan dari hasil perancangan yang sudah dianalisa dan sesuai dengan yang kita inginkan serta saran yang dapat dijadikan pedoman untuk penelitian selanjutnya

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Sebagai referensi-Referensi pendukung dalam penulisan skripsi ini untuk menghindari terjadinya kesamaan dalam penulisan dengan skripsi orang lain

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

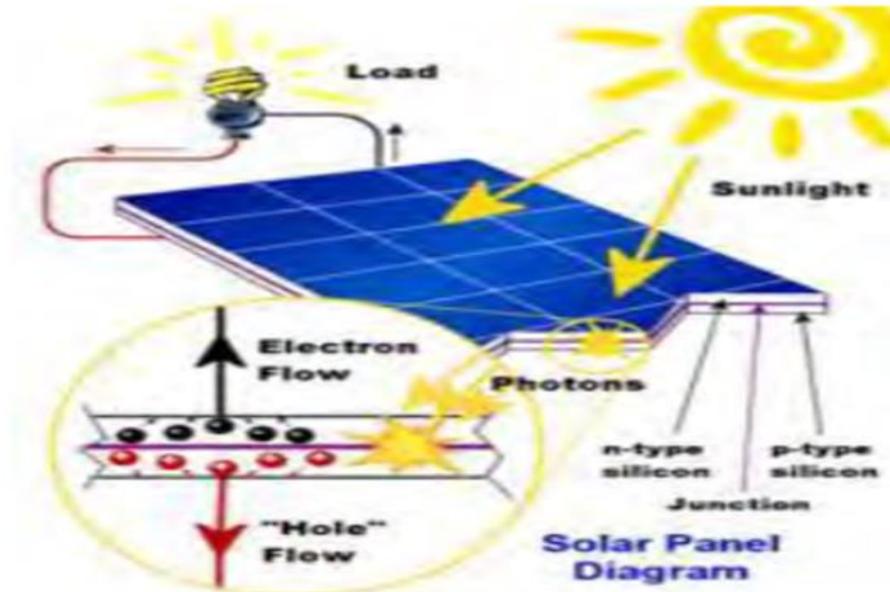
#### **2.1 Panel Surya**

Panel surya adalah komponen elektronik yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Photovoltaics (PV) merupakan suatu teknologi yang dapat mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik. PV standarnya dikemas dalam satuan yang disebut modul. Pada modul surya, terdapat banyak sel surya yang dapat tersusun secara seri maupun paralel.

Pada saat yang sama, yang disebut energi matahari mengacu pada elemen semikonduktor yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik berdasarkan efek fotovoltaiik. Selain menipisnya energi fosil dan Global warming, modul surya belakangan ini menjadi populer. Energi yang diproduksi juga sangat murah sebab energi (solar energy) dapat diperoleh secara gratis (MUHAMMAD, 2020).

Panel surya menghasilkan arus *DC* dan kemudian akan Dikonversi menjadi arus *AC* menggunakan inverter. Panel surya akan selalu menghasilkan energi listrik selama masih ada intensitas cahaya matahari walaupun dalam kondisi mendung sekalipun. Energi listrik dapat Diproduksi oleh panel surya tunggal maupun skala Kecil, jadi perlu gabungan beberapa panel surya untuk menjadi komponen yang disebut panel surya atau modul surya. Oleh karena itu dengan menggabungkan beberapa panel surya menjadi suatu komponen yang disebut susunan surya atau solar array, manfaat

dari susunan surya ini adalah dapat melakukan peningkatan daya output panel surya. Panel surya dengan efisiensi lebih tinggi akan menghasilkan lebih banyak listrik dari pada panel surya dengan efisiensi lebih rendah.



**Gambar 2.1 Proses perubahan energi cahaya menjadi energi listrik**

Sumber : (Justra, 2020, p. 7)

Dari gambar diatas berikut Dari gambar diatas diatas berikut maka dapat kita ketahui proses dari perubahan energi cahaya menjadi energi listrik. Bahan semikonduktor yang paling umum digunakan dalam photovoltaic adalah silikon, sebuah material yang umum ditemukan di pasir. Semua sel photovoltaic mempunyai paling tidak 2 buah lapisan semikonduktor, satu untuk yang bermuatan positif dan satu bermuatan negatif. Ketika sel photovoltaic terkena sinar matahari maka muatan elektron akan mengalir ke muatan yang berpotensi tinggi. Sambungan diantara dua lapisan menyebabkan listrik mengalir, membangkitkan arus DC. Semakin kuat cahaya yang diterima, semakin kuat pula aliran listrik yang didapatkan.

### 2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya atau Solar cell termasuk dalam salah satu sumber energi baru dan terbarukan. Solar cell memanfaatkan sumber energi matahari dalam bentuk cahaya matahari untuk diubah langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya matahari membawa energi yang dibagi menjadi dua bentuk, yaitu energi panas dan cahaya. Dari dua bentuk energi tersebut dibagi menjadi dua sistem tenaga surya, yaitu sistem tenaga panas matahari (solar thermal) dan sistem tenaga surya . Sistem tenaga panas matahari menangkap panas untuk digunakan sebagai pemanas air, sedangkan sistem tenaga surya mengubah cahaya matahari langsung menjadi listrik. Ketika modul *fotovoltaik* (PV) terkena cahaya matahari, modul akan menghasilkan listrik searah atau *direct current* (DC). Listrik *DC* akan dikonversi menjadi listrik bolak-balik atau *alternating current* (AC) oleh *inverter*, yang selanjutnya didistribusikan ke bangunan.

PLTS bisa secara efektif mengurangi ketergantungan pada daya listrik, meningkatkan produksi energi baru terbarukan, dan meningkatkan kualitas lingkungan. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS bergantung pada beberapa faktor, yaitu besar radiasi matahari yang diterima oleh modul *fotovoltaik*, suhu sekitar modul, dan ada tidaknya shading atau bayangan yang mengenai modul. Faktor radiasi matahari merupakan faktor utama bagi PLTS untuk menghasilkan energi listrik. Iradiasi matahari ditentukan oleh letak geografis PLTS dibangun, semakin besar nilai iradiasi yang diterima maka semakin besar pula daya yang bisa dihasilkan oleh PLTS. Berbeda dengan iradiasi matahari, besar suhu sekitar modul yang tinggi akan membuat listrik

yang dihasilkan semakin kecil. Pada umumnya suhu yang digunakan untuk pengujian modul adalah 25°C, namun dalam kondisi cerah dan panas khususnya di daerah khatulistiwa, suhu sekitar solar cell bisa mencapai 40 - 50°C.

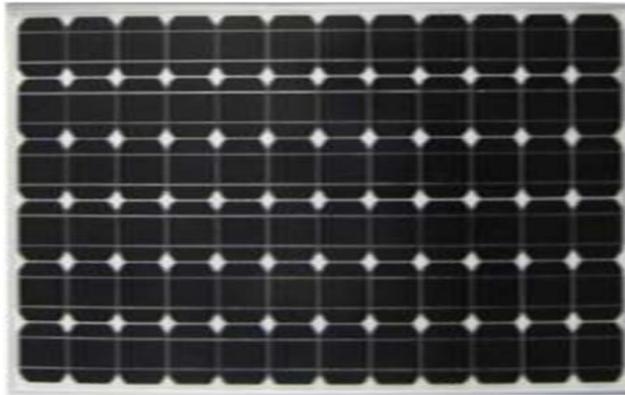
Adanya faktor shading pada modul fotovoltaik akan membuat daya yang dihasilkan PLTS akan menurun. Hal ini dikarenakan modul terbuat dari bahan semikonduktor (sel surya) yang dirangkai seri berjumlah 36, 60, atau 72. Sehingga apabila terjadi shading dalam beberapa sel maka akan membuat energi yang dihasilkan menjadi terpengaruh (Yonata, 2017).

### **2.1.2 Jenis – Jenis Panel Surya**

Berikut ini adalah jenis-jenis modul surya, adapun jenis-jenis modul surya sebagai berikut.

#### *a. Monokristal (Mono-crystalline)*

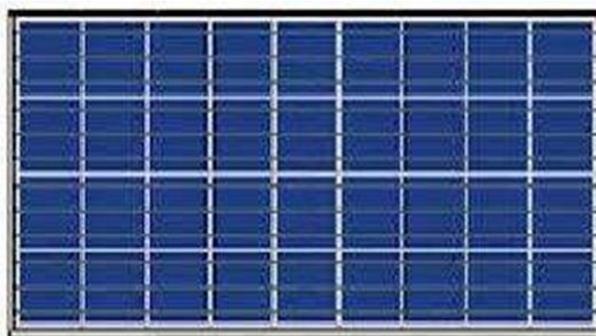
Jenis *monocrystalline* adalah panel paling efektif dengan teknologi masa kini dan mendapatkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Desain Dari *monocrystalline* memerlukan pemakaian listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim. Panel surya ini memiliki efisiensi sampai dengan 15%-20%. Panel surya ini mempunyai kelemahan yaitu kurang berfungsi baik apabila ditempatkan pada tempat yang cahaya matahari nya kurang.



**Gambar 2. 2 Monocrystalline**  
*Sumber : (Bhadrika, 2021, p. 8)*

*b. Polikristal (Poly-Crystalline)*

*Polycrystalline* sendiri adalah panel surya dengan susunan kristal acak, karena difabrikasi dengan proses pengecoran. Untuk modul ini diperlukan permukaan yang cukup luas dibandingkan dengan jenis *monokristal* untuk mendapatkan energi output sebanding. Jenis modul surya ini efisiensinya kurang dari pada tipe *monokristal*, sehingga dijual dengan harga yang cenderung lebih rendah.



**Gambar 2. 3 Photovoltaic Jenis Polycrystalline**  
*Sumber: (Torina, 2020, p. 14)*

### *c. Thin Film Photovoltaik*

*Film fotovoltaik* adalah jenis panel surya (dua lapis) dengan tipisnya struktur lapisan *silikon mikrokrystalin* serta *silikon amorf*, dan efisiensi modul setinggi 8,5%. Oleh karena itu, luas permukaan yang dibutuhkan per watt daya yang dihasilkan lebih besar dari kristal tunggal dan *polikristal*. Inovasi terbaru adalah *fotovoltaik* sambungan tiga lapisan film tipis (tiga lapis). Panel surya jenis ini dapat bekerja dengan sangat efisien di udara yang sangat mendung, dan dapat menghasilkan listrik hingga 45% lebih banyak daripada jenis panel lain dengan daya yang sama.



**Gambar 2. 4 Thin Film Solar Cell**

*Sumber : (Torina, 2020, p. 15)*

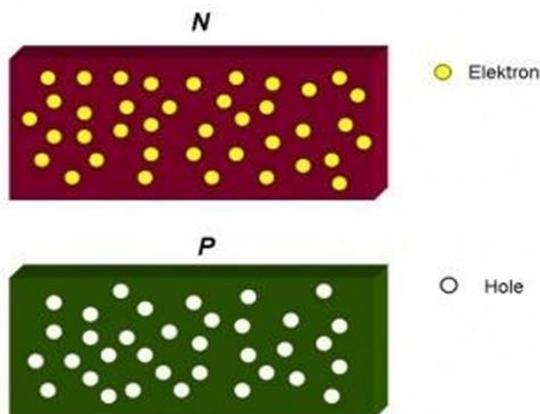
## **2.2 Prinsip Kerja Fotovoltaik**

Sel surya memiliki prinsip jika sinar matahari menyinari modul surya maka elektron-elektron pada sel surya akan berpindah dari N ke P, sehingga terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan listrik. Energi listrik yang didapat panel surya bergantung pada jumlah sel surya yang digabungkan dalam panel surya.

Keluaran panel surya berupa arus searah (DC), dan tegangan keluarannya besar, tergantung dari banyaknya sel surya yang terpasang pada modul surya dan besarnya sinar matahari melakukan penyinaran pada panel surya tersebut.

Keluaran (output) dari solar panel akan langsung diperuntukkan untuk beban yang membutuhkan sumber tegangan DC dan konsumsi arus yang rendah. Seperti listrik yang dihasilkan dan juga dapat digunakan pada malam hari (kondisi panel surya tidak terkena sinar matahari), kemudian keluaran dari panel surya ini sendiri dihubungkan dengan media penyimpanan, dalam hal ini baterai. Tapi tidak langsung terhubung seperti berpindah dari panel surya ke baterai, tetapi harus terhubung ke sirkuit pengatur, yang memiliki sirkuit charger baterai otomatis. (Automatic charger). Dua jenis semikonduktor ini kalau digabungkan akan membentuk sambungan p-n atau diode p-n.

**a) Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung**



**Gambar 2. 5 SemiKonduktor P dan N**  
*Sumber : (Masloman, 2020, p. 26)*

1. Jika tersambung 2 jenis *semikonduktor n* dan *p* maka akan terjadi elektron dari *semikonduktor n* ke *semikonduktor p* begitu pula sebaliknya. Tapi jarak sambungan awal *n* ke *p* dapat dibatasi.
2. Jumlah hole pada *semikonduktor p* akan berkurang jika *semikonduktor n* bergabung dengan *semikonduktor p*, sehingga menimbulkan muatan positif. Pada keadaan yang sama juga jika *semikonduktor p* bergabung dengan *semikonduktor n* maka akan membuat jumlah elektron menjadi sedikit, dan ini disebut dengan kelebihan muatan positif.
3. Terdapat ada medan listrik diakibatkan adanya sambungan *p-n* ada pada pada titik seimbang, yaitu saat dimana jumlah hole yang bergerak dari *semikonduktor p* ke *n* dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah *semikonduktor p* akibat medan listrik  $E$ . Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari *semikonduktor n* ke *p*, kompensasi *elektron* yang dialiri pada *semikonduktor n* berakibat medan listrik ketarik. Atau, medan listrik elektron dan hole dicegah untuk mengalir ke *semikonduktor* yang lain. Pada sambungan *p-n* inilah proses mengubah sinaran matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan *sel surya*, *semikonduktor n* berada pada lapisan atas sambungan *p* yang menghadap ke arah datangnya sinar matahari, dibuat jauh lebih tipis dari *semikonduktor p*, sehingga sinaran matahari yang menyinari ke permukaan *sel surya* dapat terserap dan masuk ke daerah deplesi dan *semikonduktor p*.

### 2.2.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keluaran Pada Modul Surya

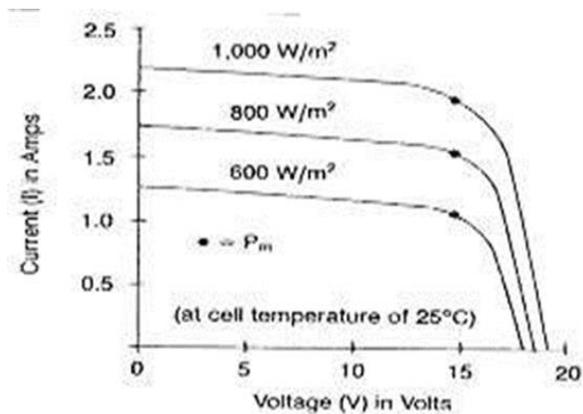
Faktor yang dapat mempengaruhi energi keluaran yang dihasilkan dari panel surya antara lain :

#### *a. Ambient air temperature*

Modul surya dapat beroperasi secara baik jika suhu sel tetap normal (pada 25°C), kenaikan suhu lebih tinggi dari suhu normal pada sel akan menurunkan nilai tegangan terbuka ( $V_{oc}$ ). Setiap kenaikan suhu modul surya 10°C dari 25°C akan berkurang sekitar 0,4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali (2x) lipat untuk kenaikan suhu sel per 10°C (Torina, 2020).

#### *b. Radiasi Matahari*

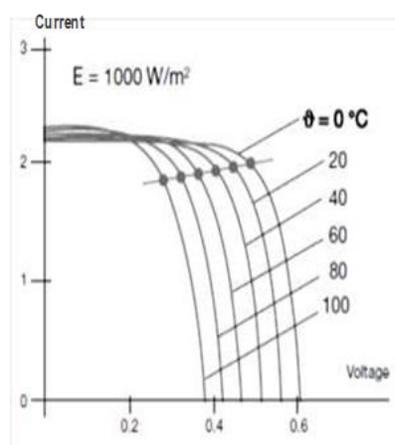
Radiasi matahari permukaan bumi dan dari berbagai lokasi bervariasi, dan sangat bergantung pada keadaan spektrum solar ke bumi. Radiasi matahari akan banyak berpengaruh pada arus ( $I$ ) sedikit pada tegangan ( $V$ ). Pada saat iradiasi menurun, arus akan menurun sedangkan variasi dari tegangan tanpa beban sangat kecil. Kecilnya energi listrik yang dihasilkan panel surya saat langit dalam kondisi berawan dapat dijadikan acuan, bukannya terjadi penurunan efisiensi akan tetapi penurunan produksi arus listrik hal ini disebabkan radiasi matahari yang rendah. Grafik pengaruh iradiasi terhadap tegangan ( $V$ ) dan arus ( $I$ ) panel surya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 2. 6 Pengaruh Iradiasi Terhadap Tegangan & Arus**  
 Sumber : (Torina, 2020, p. 16)

c. Temperatur Modul Surya

Pada temperatur berkebalikan dari iradiasi, ketika suhu dari panel surya meningkat, maka arus ( $I$ ) yang diproduksi pada kenyataannya tetap tidak mengalami perubahan, sebaliknya apabila tegangan ( $V$ ) terjadi penurunan dan bersamaan dengan itu performa dari panel surya juga terjadi penurunan dalam produksi energi listrik.

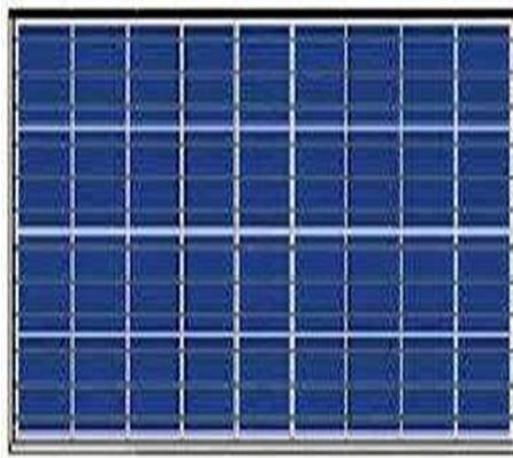


**Gambar 2. 7 Pengaruh Temperatur Modul Terhadap Arus & Tegangan**  
 Sumber : (Torina, 2020, p. 16)

## 2.3 Komponen PLTS

### 2.3.1 Panel Surya

Panel surya memiliki *output* arus *DC*, lalu mengubah sumber matahari jadi sumber energi listrik. cahaya matahari menyinari *sel silika* dan membuat *foton* sehingga menghasilkan sumber arus listrik. Tegangan kurang lebih 0,5 volt yang dihasilkan dari *solar cell*. Maka sebuah panel surya 12 volt kurang lebih terdapat 36 *cell* untuk dapat menghasilkan tegangan maksimum yaitu 17 volt (Masloman, 2020).



**Gambar 2. 8 Photovoltaic Jenis Polycrystalline**

*Sumber : (Torina, 2020, p. 14)*

### 2.3.2 Solar Charger Controller

*Solar charger controller* adalah suatu komponen yang digunakan untuk mengatur arus searah keluaran dari panel surya menuju baterai pada saat *charging*. *Solar charger controller* ini juga berfungsi untuk menghindari adanya *overcharging* pada baterai, alat ini juga mempunyai kemampuan untuk mengkonversi nilai *voltase* yang dikeluarkan

oleh panel surya agar sesuai dengan nilai voltase yang ada pada baterai (Masloman, 2020).

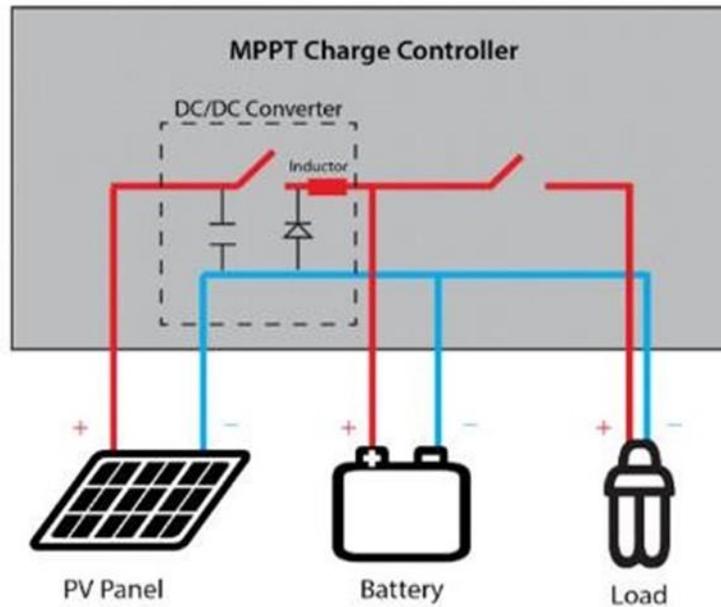


*Gambar 2. 9 Solar charger Controller My-D10Li 12v 24v*

*Sumber : ( Penulis 2022)*

### **2.3.2.1 Maksimum Power Point Tracker (MPPT)**

Controller MPPT merupakan controller yang dapat digunakan apabila kondisi tegangan panel diatas tegangan dari baterai, SCC tipe MPPT dapat menyesuaikan tegangan panel yang lebih tinggi dari tegangan baterai tanpa kehilangan arus dalam proses penyesuaiannya. SCC tipe MPPT juga tetap dapat berfungsi dengan modul surya yang memiliki nilai tegangan sama denganbaterai. Secara teori SCC tipe MPPT memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan SCC tipe PWM, SCC tipe MPPT memiliki nilai efisiensi operasi berkisar pada 92-95%, namun nilai efisiensi tersebut bergantung dengan sistem PLTS yang digunakan serta bagaimana kondisi lingkungan. (Angga, 2020)

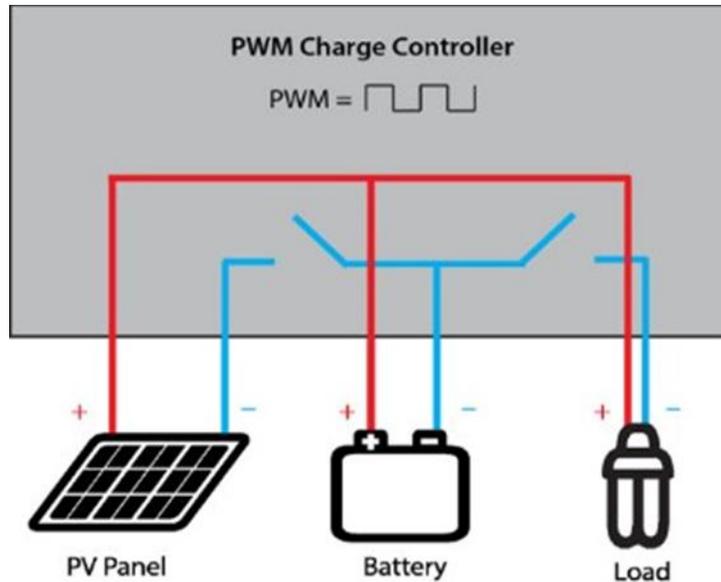


**Gambar 2.9** rangkaian SCC tipe MPPT  
*Sumber : (Nugraha, 2020)*

### 2.3.2.2 Pulse Width Modulation (PWM)

SCC tipe PWM memiliki nilai output tegangan dari modul surya yang konstan, dimana nilai tegangan ini disesuaikan dengan tegangan kerja dari baterai. Artinya adalah, baterai tidak akan bisa diisi apabila tegangan output panel dari panel surya lebih rendah daripada tegangan kerja baterai. Sistem dari SCC tipe PWM dapat mengurangi stres pada baterai pada saat proses pengisian, hal ini karena tegangan yang masuk ke baterai tidak terlalu besar, sehingga dapat memperpanjang usia baterai. Pada dasarnya SCC tipe PWM seperti saklar yang menghubungkan tegangan modul surya dengan tegangan baterai. Pada SCC tipe PWM Ketika baterai sudah terisi penuh, sistem SCC akan secara otomatis melakukan quick switch secara cepat untuk mengatur tegangan baterai

dan membuatnya konstan. SCC tipe PWM memastikan baterai tidak mengalami overcharging.



**Gambar 2.10 Rangkaian SCC tipe PWM**

*Sumber : (Nugraha, 2020)*

### 2.3.2.3 Suhu

Untuk kondisi kerja dengan suhu yang relatif rendah, SCC tipe MPPT lebih disarankan untuk digunakan karena saat suhu operasi modul surya menurun nilai  $V_{mp}$  akan meningkat. Dengan SCC tipe MPPT, kelebihan voltase ini bisa dimanfaatkan dengan lebih baik. Sedangkan untuk SCC tipe PWM tidak dapat menangkap kelebihan tegangan tersebut karena tegangan yang diteruskan ke baterai hanya teganya yang sesuai dengan tegangan baterai. Ketika suhu lingkungan tempat instalasi PLTS cukup tinggi, kelebihan untuk memaksimalkan kelebihan tegangan dari modul surya dari SCC tipe MPPT tidak akan berpengaruh banyak, dikarenakan semakin tinggi suhu nilai  $V_{mp}$  modul surya akan menurun.

### 2.3.3 Inverter

Komponen elektronika pendukung dari PLTS berfungsi mengubah arus DC (*direct current*) menjadi arus AC (*alternating current*) yang dibutuhkan peralatan listrik. Memilih *inverter* yang tepat untuk aplikasi tertentu tergantung pada kebutuhan beban dan juga kepada sistem itu sendiri. Sistem tersebut apakah yang terhubung ke jaringan listrik (*grid connected*) atau sistem yang berdiri sendiri (*stand alone system*). Efisiensi inverter pada saat pengoperasian sekitar 90%. *Inverter* memiliki kemampuan melakukan proses sinkronisasi dengan jaringan. Terdapat banyak sekali jenis inverter yang beredar dipasar. Jenis-jenis ini mempunyai beberapa perbedaan mulai dari yang digunakan untuk single module hingga arrays dan yang digunakan untuk distribusi dalam KW atau MW. Ada tiga jenis inverter yang sering digunakan yaitu string inverter, central inverter, dan micro inverter (Torina, 2020).

Inverter adalah rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Sumber tegangan inverter dapat berupa baterai, Panel Surya maupun sumber tegangan DC lainnya. Berdasarkan gelombang keluaran yang dihasilkan, inverter dapat dibagi menjadi 2 macam yaitu square wave, modified sine wave, dan pure sine wave.

1. Square Wave Inverter ini adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini dapat menghasilkan tegangan 220V AC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga hanya dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik output inverter ini adalah memiliki level total harmonic distortion yang tinggi.
2. Modified Sine Wave Modified Sine Wave disebut juga Modified Square Wave atau Quasy Sine Wave karena gelombang modified sine wave hampir sama

dengan square wave, namun pada modified sine wave outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif. Selain itu karena modified sine wave mempunyai harmonic distortion yang lebih sedikit dibanding square wave maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti komputer, tv dan lampu. N



**Gambar 2. 11 Inverter DC to AC 500 wat**  
*Sumber : (penulis 2022)*

#### **2.3.4 Baterai**

Modul surya hanya akan memberikan daya keluaran ketika matahari bersinar, sehingga dibutuhkan media penyimpan daya untuk dapat memberikan suplai daya pada malam hari. Daya dapat disimpan dalam baterai, pump storage, atau dengan memproduksi hidrogen untuk kemudian digunakan pada fuel cell. Sampai saat ini, baterai merupakan media penyimpan yang paling murah dan praktis. Pada PLTS diperlukan baterai yang bebas maintenance sehingga pada umumnya digunakan *Sealed Lead- Acid Battery* yaitu baterai yang dilengkapi dengan penutup untuk mencegah *elektrolit* keluar dari baterai. Baterai jenis ini memiliki efisiensi total sekitar 90% untuk keseluruhan siklus charging dan discharging karena adanya resistansi dalam baterai. Dengan adanya penutup, baterai jenis ini tidak boleh mengalami *overcharge* sehingga

dibutuhkan *battery charge controller*. Kapasitas baterai dinyatakan dalam satuan ampere-hours (Ah) yang memiliki makna besar arus keluaran baterai yang dapat dialirkan dalam satu jam.

Baterai yang digunakan pada PLTS pada umumnya merupakan *deep cycle battery* yaitu baterai dengan *Depth of Discharge (DOD)* yang besar. Nilai DOD biasanya dinyatakan dalam persen yang memiliki makna besar energi yang dapat dialirkan baterai atau di *discharge* dari baterai dibandingkan dengan kapasitas baterai. Baterai tidak disarankan mengalami discharge melebihi nilai DOD karena dapat merusak dan memperpendek umur baterai.



**Gambar 2. 12 Baterai LUMINOUS VRLA 7 AH 12V**  
*Sumber : (Penulis 2022)*

## 2.4 Sistem Pendingin PLTS

Sistem pendingin pada PLTS untuk mendapatkan daya yang maksimal pada output panel surya, dikarenakan pada suhu tertentu panel surya tidak bekerja dengan baik ataupun menghasilkan daya yang tidak efisien, maka diperlukan sebuah pendinginan pada modul surya.

#### **2.4.1 Mikrokontroler Arduino Uno**

*Arduino* adalah papan rangkaian *elektronik open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. *Arduino* bersifat *open source*, tidak hanya softwarenya *arduino* yang bersifat *open source* melainkan hardware *arduino* pun bersifat *open source*. Diagram rangkaian *elektronik arduino* di-gratiskan kepada semua orang. Semua orang bisa bebas mengunduh gambar rangkaian *arduino*, membeli komponen-komponennya, membuat PCB-nya dan merangkainya sendiri tanpa harus membayar kepada para pembuat *Arduino*. *Arduino* tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi *arduino* merupakan kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memori *mikrokontroler* (I Gusti Ngurah, Agung Mahardika, 2016).

*Arduino uno* merupakan komputer mini yang di dalamnya terdapat satu chip IC (integrated circuit) yang terdiri dari memory, prosesor dan antarmuka yang bersifat diberikan perintah. *Arduino* terdiri dari *microcontroller Atmega168, Atmega8, Atmega 2560* dengan menggunakan *Crystal Osilator 16 MHZ*. *Arduino* sendiri memiliki sifat *open source* yang artinya dapat diprogram menggunakan komputer atau PC yang dan

dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. *Arduino* memiliki 14 pin dengan 6 pin digunakan sebagai output *PWM*, dengan osilator sekitar 16 MHz, USB, power jack, *ICSP*, tombol reset. Dengan kabel USB *arduino uno* lebih mudah dikoneksikan pada komputer atau mensuplai adaptor AC ke 8 atau melalui baterai, daya minimum yang biasanya dibutuhkan untuk supply *arduino* sendiri hanya 5 VDC (Triyanto, 2020)).



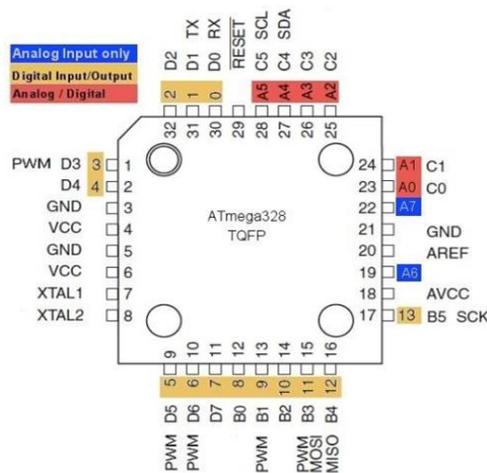
***Gambar 2.13 Arduino Uno***  
*Sumber : (penulis 2022)*

Berikut ini adalah kelebihan yang dimiliki *Arduino* antara lain:

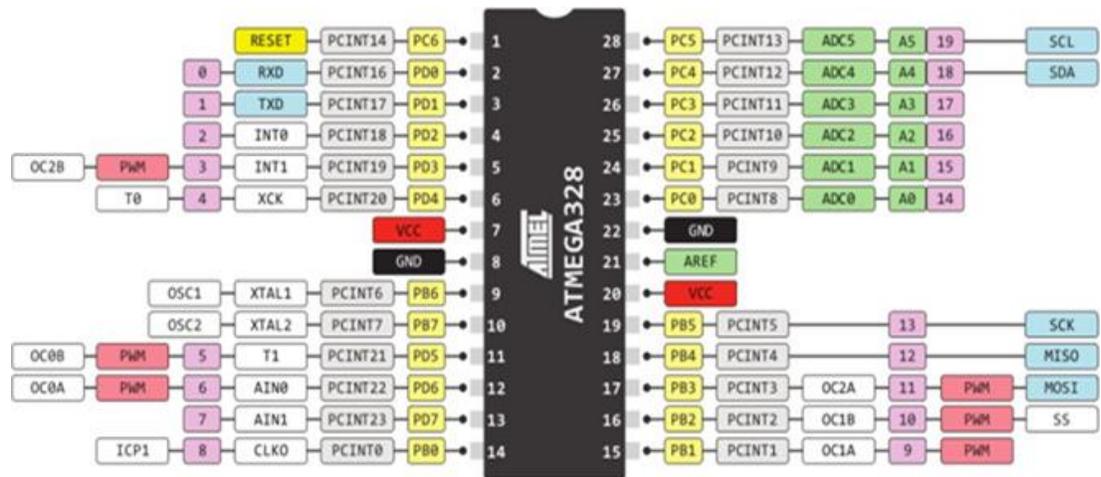
1. Pengembangan project *mikrokontroler* akan menjadi lebih mudah dan menyenangkan. Pengguna dapat langsung menghubungkan board *Arduino* ke komputer atau laptop melalui kabel USB. Board *Arduino* juga tidak membutuhkan downloader untuk mendownloadkan program yang telah dibuat dari komputer ke mikrokontrolernya.
2. Didukung oleh *Arduino IDE* dengan bahasa pemrograman dengan *library* yang lengkap.

3. Terdapat modul yang siap pakai/shield sehingga dapat langsung dipasang pada *board Arduino*.

*Arduino Uno* merupakan salah satu *Arduino* yang murah, mudah didapat, dan sering digunakan. *Arduino Uno* ini dibekali dengan *mikrokontroler ATMEGA328P* dan versi terakhir yang dibuat adalah versi R3. Modul ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler untuk bekerja. *ATMega328* adalah *mikrokontroler* keluaran dari *atmel* yang mempunyai arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) 6 | Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis *Arduino* dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur *CISC* (Completed Instruction Set Computer) (S.Si.,M.Sc & Prabowo, 2018).



a.



b.

*Gambar 2. 14 (a) Pinout ATmega328 model DIP dan (b) Pinout ATmega328 model SMD*

*Sumber : (S.Si.,M.Sc & Prabowo, 2018, p. 6)*

#### 2.4.2 Software Arduino IDE

Untuk dapat memprogram *arduino* diperlukan aplikasi IDE bawaan dari *arduino*. yang mana nantinya *software* ini akan berguna untuk membuka, membuat, dan mengedit *source code* pada *arduino* yang biasa di sebut “sketches”. Sketch yaitu berupa *source code* yang berisi logika dan algoritma yang akan diimplementasikan ke dalam IC mikrokontroler Arduino.

Penginstalan *arduino* dapat di install di berbagai operating system seperti *Windows*, *Mac OS*, dengan menggunakan bahasa pemrograman C++ yang sudah di permudah melalui *library* yang terdapat di dalam software ini, sehingga sangat mempermudah pengguna untuk mempelajari basic program dari Arduino, software ini terdiri dari tiga fungsi. Editor Program yang mempunyai fungsi sebagai media untuk menulis dan mengedit program dan perintah yang akan diberikan kepada

*hardware arduino*. memiliki fungsi sebagai modul yang bertugas untuk memasukan kode biner dalam memori *microcontroller*. *Compiler* memiliki fungsi untuk merubah bahasa pemrograman atau *coding* ke kode biner, karena hanya satu satunya bahasa pemrograman yang dipahami *mikrokontroler arduino*. Perintah yang terdapat pada *software Arduino* yaitu, *void setup* dan *void loop*. Void setup berfungsi menjalankan perintah yang hanya satu kali pengekseskuan saat *arduino* dijalankan.

Sedangkan *void loop* adalah fungsi yang bertugas mengulang-ulang perintah selama *arduino* dinyalakan.



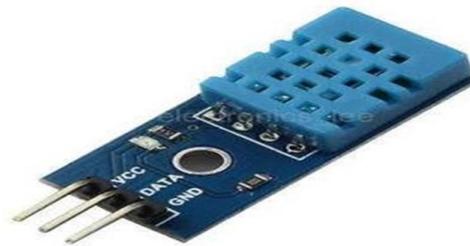
**Gambar 2.15 Software Arduino Uno**

*Sumber : (Triyanto, 2020)*

### **2.4.3 DHT11 Temperature and Humidity Sensor**

*DHT11* adalah sensor Suhu dan Kelembaban, ia memiliki output sinyal digital yang dikalibrasi dengan sensor suhu dan kelembaban yang kompleks. Teknologi ini memastikan keandalan tinggi dan sangat baik stabilitasnya dalam jangka panjang. *Mikrokontroler* terhubung pada kinerja tinggi sebesar 8 bit. Sensor ini termasuk elemen

resistif dan perangkat pengukur suhu *NTC*. Memiliki kualitas yang sangat baik, respon cepat, kemampuan anti-gangguan dan keuntungan biaya tinggi kinerja. Setiap sensor *DHT11* memiliki fitur kalibrasi sangat akurat dari kelembaban ruang kalibrasi. Sistem antarmuka tunggal-kabel serial terintegrasi untuk menjadi cepat dan mudah. Kecil ukuran, daya rendah, sinyal transmisi jarak hingga 20 meter (Akhiruddin, 2018).



**Gambar 2. 16 Sensor DHT 11**

*Sumber : (penulis, 2022)*

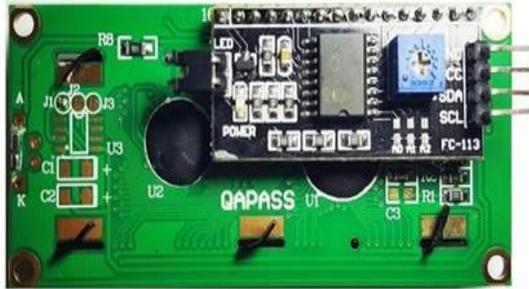
Sensor ini memiliki 3 pin baris paket tunggal (DFRobot, 2010). Sensor ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Power supply: 5 V.
2. Rentang temperatur :0-50 ° C kesalahan  $\pm 2$  ° C.
3. Kelembaban :20-90% RH
4. Toleransi  $\pm 5\%$  RH error.
5. Interface: Digital.

#### **2.4.4 Modul LCD 16x2 dengan I2C Konverter**

I2C adalah modul *LCD* yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (Inter Integrated Circuit) atau *TWI* (Two Wire Interface). Normalnya, modul *LCD* dikendalikan secara paralel baik untuk jalur data maupun kontrolnya.

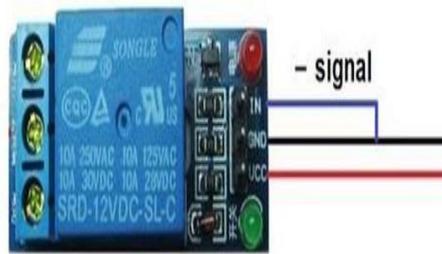
Namun, jalur parallel akan memakan banyak pin di sisi kontroler. Modul LCD 16x2 mempunyai 16 pin interface yaitu VSS VDD V0 RS R/W E D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 BLA BLK dimana 6 atau 7 pin adalah pin digital. Berikut adalah rangkaian Modul LCD 16x2 tanpa modul I2°C (S.Si.,M.Sc & Prabowo, 2018).



**Gambar 2. 17 Modul LCD 16x2 dengan I2C Konverter**  
*Sumber : (Penulis 2022)*

#### **2.4.5 Relay**

*Relay* adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (*Elektromekanikal*) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni *Elektromagnet* (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). *Relay* menggunakan Prinsip *Elektromagnetik* untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *Relay* yang menggunakan *Elektromagnet* 5V dan 50 mA mampu menggerakkan *Armature Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik (Triyanto, 2020).



**Gambar 2. 18 Relay**

*Sumber : (Penulis 2022)*

#### **2.4.6 Pompa**

Pompa dalam sistem hardware adalah komponen keluaran terakhir dari kontroler. Ketika temperatur panel surya melebihi nilai seting yang ditentukan, kontroler akan secara otomatis menghidupkan pompa untuk menyemprotkan air ke permukaan panel. Pompa yang digunakan adalah jenis pompa diafragma dengan daya 48 W, debit 4 liter per menit yang dilengkapi dengan nozzle yang berbentuk pipa yang panjang dan setiap pipa tersebut memiliki sebuah lubang dengan diameter 0,2 mm.



**(a)**



**(b)**

**Gambar 2. 18 (a) Pompa dan (b) Nozeel**

*Sumber : penulis (2022)*

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, rancangan alat, metode penelitian, dan prosedur penelitian. Pada prosedur penelitian akan dilakukan beberapa langkah pengujian untuk mengetahui cara kerja pada rangkaian. Penjelasan lebih rinci tentang metodologi penelitian akan dipaparkan sebagai berikut

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Perancangan ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2021, Jln. Binjai-Kuala, Desa Lau Kersik Kecamatan Kuala, Kab Langkat Sumatra Utara.

#### **3.2 Metode Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data adalah salah satu cara untuk memperoleh bahan-bahan keterangan suatu kenyataan yang benar sehingga dapat dipertanggung jawabkan. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah:

1. Studi Lapangan

Dalam studi lapangan ini dilakukan dengan perancangan pendinginan modul surya dengan menggunakan percikan air sebagai untuk meningkatkan efisiensi keluaran (arus DC) dari *solar cell*

2. Desain Sistem

Tahap ini meliputi perancangan sistem dengan menggunakan studi literatur dan mempelajari konsep teknologi dari komponen yang ada. Tahap ini merupakan tahap yang paling penting dimana bentuk awal rangkaian yang

akan dirancang. Pada tahap ini dilakukan desain sistem dan desain proses-proses yang ada

### 3. Implementasi

Pada tahap ini dilakukan implementasi rancangan alat yang telah dibuat. tahap ini merealisasikan apa yang terdapat pada tahapan sebelumnya menjadi sebuah masukan yang sesuai dengan apa yang direncanakan

### 4. Ujicoba dan Evaluasi

Pada tahap ini, dilakukan uji coba terhadap rangkaian dan pengukuran kinerja dengan beberapa data yang melibatkan beberapa pengguna untuk kemudian dilakukan perbaikan apabila terdapat kesalahan sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap hasil uji coba tersebut.

### 5. Studi Pustaka (Literatur)

Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan, mempelajari berkas – berkas, dokumen dan arsip yang ada di perpustakaan serta buku – buku penunjang tentang alat yang dirancang. Selanjutnya data – data tersebut menjadi referensi dan sekaligus mencoba mengaplikasikan teori – teori yang ada.

## **3.3 Alat Dan Bahan Yang Digunakan**

Adapun alat dan bahan yang di gunakan untuk pengerjaan pembuatan alat sekripsi tersebut akan di jelaskan di bawah ini.

**Tabel 3. 1 Bahan dan spesifikasi**

No	Nama Alat	jumlah
1	Tang Potong	1 Buah
2	Laptop Asus	1 Buah
3	Pompa air dc 12	1 Buah
4	Mikrokontroler Arduino	1 Buah
5	Kabel 0,5 mm	Secukupnya

*Sumber: penulis, 2022*

### **3.4 Bahan Dan Spesifikasi**

Laptop *Asus* Sebagai penulis bahasa pemrograman mikrokontroler

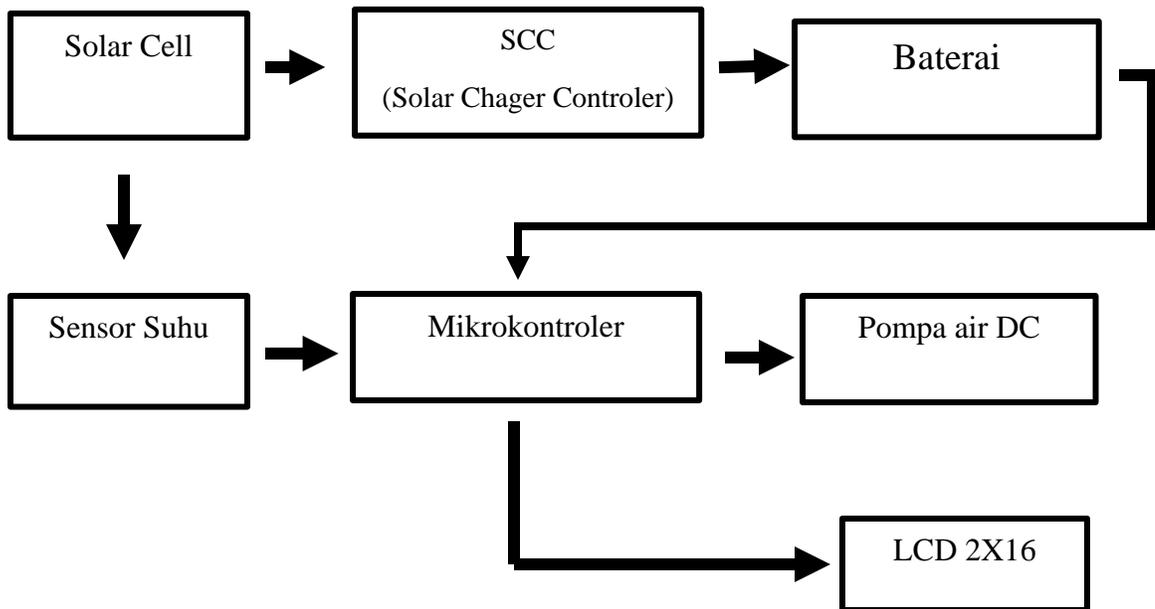
1. Kabel Adapter USB asp2.0 ISP Sebagai pengirim data *software* kepada *hardware*
2. *Solar Cell polycrystalline* 50 wp Sebagai penerima cahaya matahari untuk dikonversikan sebagai energi listrik
3. Rangkaian pendeteksi suhu modul cell surya
4. Pompa air dc 12 volt untuk mengalirkan air yang akan mendinginkan permukaan modul cell surya
5. *Mikrokontroler Arduino* sebagai pusat pengontrol system kerja alat yang di rancang
6. Kabel 0,5 mm sebagai Jumper atau penghubung antara kaki kaki komponen

7. Baterai 12 volt sebagai penyimpanan energy listrik yan dihasilkan oleh solar cell dari sinar matahari

### 3.5 Perancangan Sistem Alat

Perancangan sistem pendinginan modul surya untuk upaya peningkatan efesiensi daya iyalah untuk mendapatkan keluaran arus (DC) pada modul surya tetap stabil walapun disaaat intensitas cahaya matahari yang begitu panas dikeranakan disaat panel surya menyerap cahaya matahari akan menghasilkan daya yg tidak stbail dan di perlukan lah sistem pendingginan permukaan modul surya dengan percikaan air untuk mendapatkan arus yang stabil.

### 3.6 Blok Diagram



**Gambar 3. 1 Blok Diagram Rangkaian**

*Sumber : penulis, 2022*

Dari gambar blok diagram diatas penulis menjelaskan bahwa, panel surya berfungsi sebagai menyerap sinar maatahari dan dikonversikan menjaddi energy

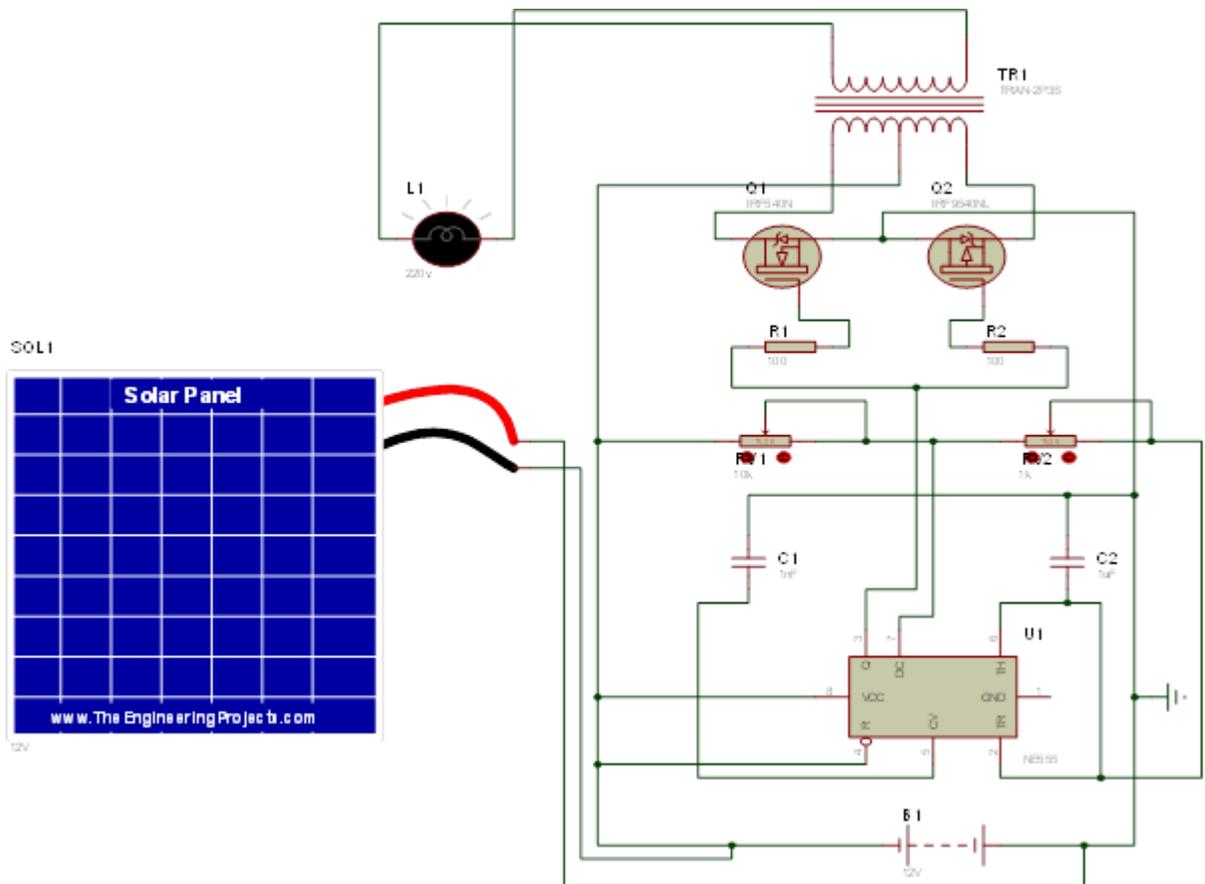
listrik dan solar charger controller sebagai pengontrol pengecas pada batrai agar dapat bertahan lama. Arduino uno berfungsi sebagai otak dari alat yang di gunakan. di butuhkan sensor Suhu dan yang digunakan adalah sensor suhu DHT11 untuk membaca suhu panas pada panel surya tersebut. Prinsip dari alat tersebut adalah ketika panel surya menyerap sinar matahari output yang di hasilkan sell surya tidak akan stabil. Di sinilah peran sensor suhu, sensor suhu akan membaca suhu pada modul surya dan kemudian mikrokontroler menerima/ memberikan informasi dan akan menjalankan pompa air dc, suhu pada modul surya akan di tampilkan pada LCD.

### **3.7 Survei Data Dan Pengumpulan Data**

Pengumpulan data merupakan peroses pencarian data ataupun refrensi-refrensi memiliki kaitan dengan penyusunan tugas sekripsi ini, penyusunan makalah ini baik melalui internet ataupun dari berbagai sumber yang terpercaya. Dalam proses pencarian refrensi dilakukan dengan mengumpulkan data yang terkait dengan jurnal solar cell, metode pendingin solar cell dan komponen pendukung lain nya.

### **3.8 Rangkian Panel Surya**

Panel surya adalah sebuah perangkat ataupun komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Yang dimaksud dengan Efek photovoltaic adalah suatu fenomena di mana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang di hubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya.



**Gambar 3. 2 Rangkaian Solar Cell**

*Sumber : Penulis 2022*

Rangkaian solar cell dihubungkan terlebih dahulu ke solar Charge Controller, fungsi dari Solar Charge Controller adalah untuk mengatur arus listrik yang masuk ke dalam baterai, agar baterai tidak mengalami overcharge atau kelebihan pengisian yang berakibat baterai soak atau cepat rusak. Kemudian Solar Charge Controller di hubungkan ke inverter inverter berfungsi sebagai pengubah tegangan dari DC ke AC. Karena baterai yang digunakan adalah aki , dan aki tersebut menyimpan arus DC dan beban yang digunakan adalah lampu AC.

Solar cell yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

**Tabel 3. 2 Spesifikasi Solar cell**

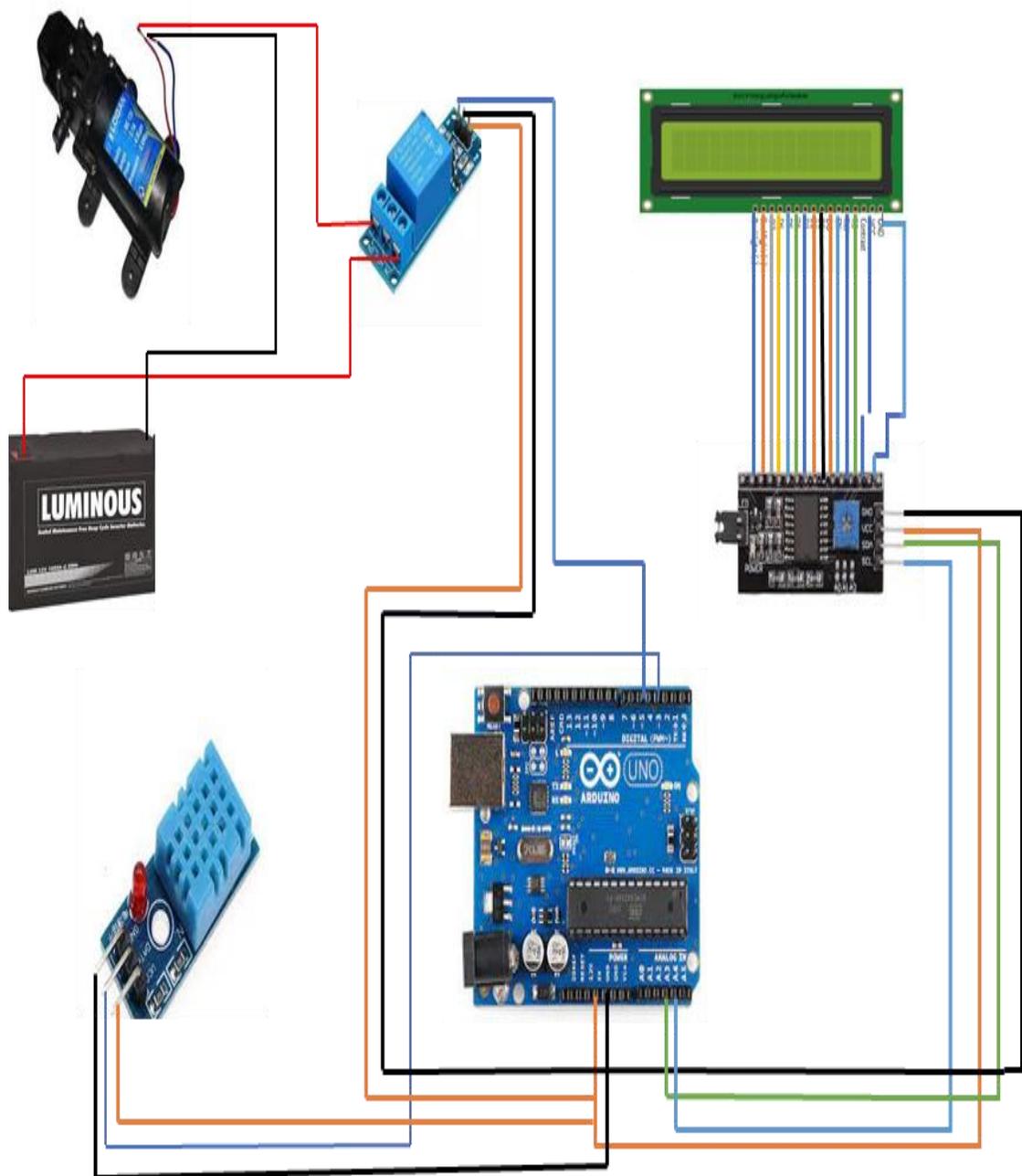
No	Model	ICA50-36P
2	Maximum power (Pmax)	50W
3	Maximum Power Voltage (Vmp)	17.6V
4	Maximum Power Current (Imp)	2.85A
5	Open Circuit Voltage (Voc)	22.50V
6	Short Circuit Current (Isc)	3.04A
7	Nominal Operating Cell Temp	45±2°C
8	Maximum System Voltage	700V
9	Maximum Series Fuse	15A
10	ICA solar	Polycrystalline Solar Module
11	Weight	4.5kg
12	Module Application Class	Class A
13	Standard Test Condition Temp	25°C
14	Dimension	700*510*30mm

*Sumber: penulis,2022*

### **3.9 Sistem Kerja Pendingin Modul Surya**

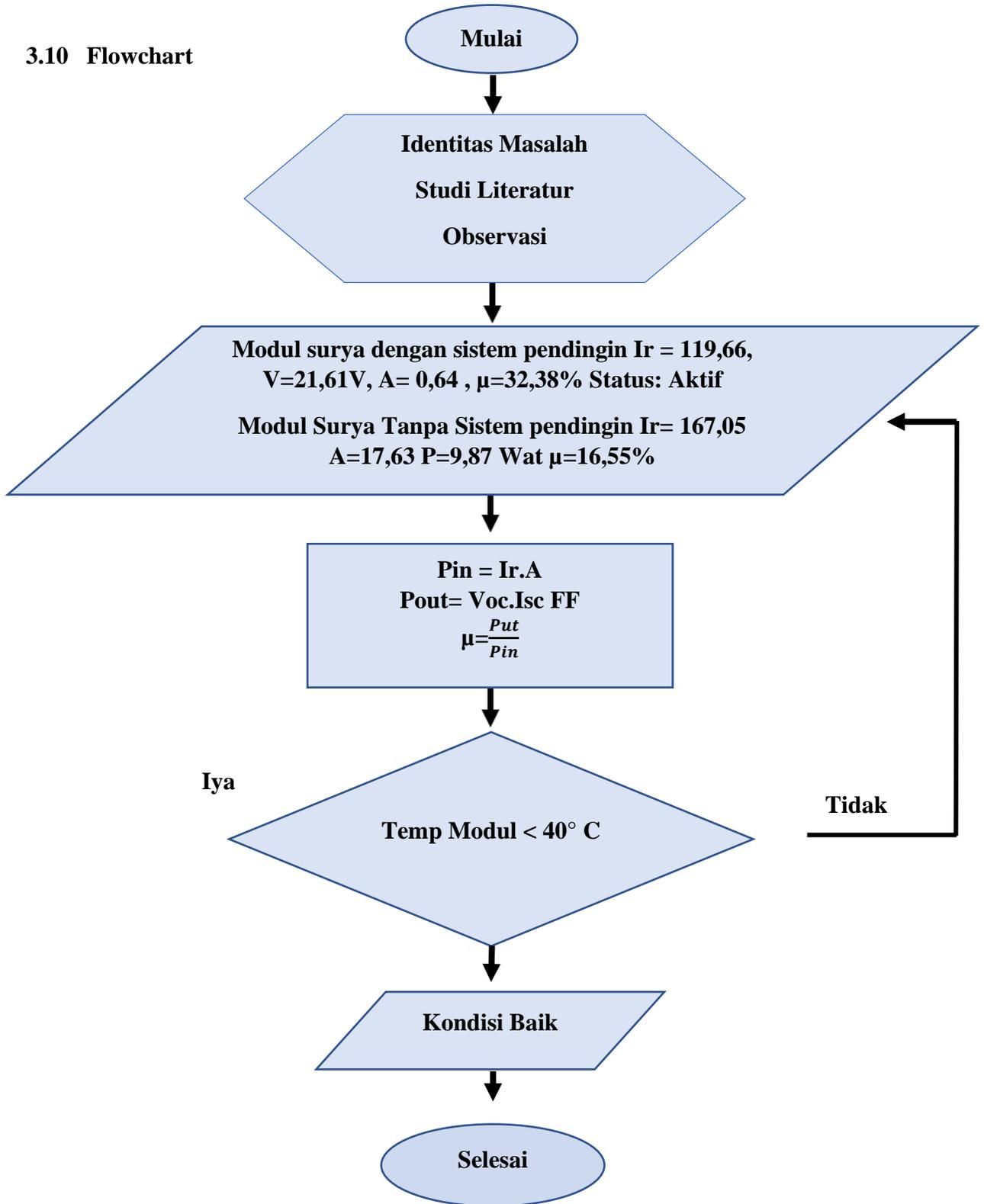
Cara kerja dari pendingin modul surya dimulai dengan menghidupkan LCD dan memberikan beberapa perintah penampilam, kemudian selanjutnya program arduino

memerintah sensor untuk mengambil data temperatur, di sini looping sensor akan berjalan sesuai pengaturan, yaitu apabila temperatur pada modul sell surya dengan sistem pendingin melebihi temperatur ambien, maka relay akan on sehingga pompa akan menyala, kemudian nozel pada pipa spray akan mengeluarkan percikan air untuk mendinginkan modul sell surya. Program akan memerintahkan proses berhenti berhenti apabila temperatur pada modul surya akan kurang dari atau sama dari temperatur ambien, maka relay akan off dan pompa akan berhenti menyemprotkan air ke modul surya.



**Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem Pendingin Solar Cell**  
*Sumber : Penulis 2022*

3.10 Flowchart



Gambar 3. 4 Flowchart Proses Pembuatan Alat  
Sumber : Penulis 2022

### **3.11 Pengumpulan Data Secara Langsung**

pada metode pengumpulan data ini, melakukan konsultasi bersama pembimbing 1 dan pembimbing 2. selain itu data tersebut didapatkan dari teman-teman yang mengetahui dan memiliki pengetahuan tentang proyek akhir yang akan dibuat.

### **3.12 Pengolahan Data**

Pengolahan data adalah berupa data yang sudah di kumpulkan dari berbagai jurnal, berupa sistem kontrol dan komponen- komponen penunjang lain nya yang akan digunakan. Pada pengolahan data ini sudah di dapatkan suatu referensi sebagai acuan untuk pembuatan proyek tugas akhir.

### **3.13 Perancangan Hardware Pendingin Solar Cell**

Perancangan hardware mensimulasikan prinsip kerja pendinginan solar cell menggunakan metode percikan air dimana dalam metode ini alat yang digunakan adalah arduino uno.

## BAB 4

### HASIL DAN ANALISA

Dalam menjaga keluaran daya (Efisiensi Daya) pada modul surya agar tetap konstan dan menghasilkan daya listrik yang baik dengan mengunkana percikan air sebagai pendingin. Memerlukan suatu control untuk mengatur proses jalannya pendinginaan agar tetap bekerja dengan baik, Adapun hasil dari percobaan dapat digunakan sebagai pembanding dengan semua data yang diambil selama 6 hari berturut turut. Pembahasan dimulai dari percobaan pengukuran tegangan pada keluaran panel surya

#### 4.1 Rancang Bahasa Pemograman

Pada rancang bahasa pemograman menggunakan pemrograman arduino uno. Arduino berfungsi sebagai kontroll untuk menyalakan pompa, ketika sensor suhu pada panel surya sudah mencapai  $> 40^{\circ} \text{C}$ , arduino memerintahkan untuk menyalakan pompa, pompa akan mengalirkan air pada nozel dan mempercikan air pada permukaan panel surya. Pompa akan mati jika suhu sudah kembali normal yaitu pada suhu  $< 39^{\circ} \text{C}$ . Adapun program untuk mengaktifkan pompa ada sebagai berikut.

```
#include <DHT12.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include "DHT.h"
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
#define DHTPIN 2
```

```
#define DHTTYPE DHT11
```

```

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
#define DHTPIN 2 // definisikan pin yang digunakan utk sensor DHT11

// Tentukan jenis DHT yang digunakan (pilih salah satu)
// Saat ini yang dipilih adalah DHT11
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

#define RELAY_ON 0
#define RELAY_OFF 1
#define RELAY_1 7 // pin yang digunakan yaitu pin 7

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <DHT.h>
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11

#define suhuon 11
#define suhuoff 12

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("HELLO... MY NAME ");

  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("TONI SBR");
  delay(1000);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CEK SUHU!");
  dht.begin();

```

```

// Set pin as output.
pinMode(RELAY_1, OUTPUT);
pinMode(suhuon, OUTPUT);
pinMode(suhuoff, OUTPUT);

// Initialize relay one as off so that on reset it would be off by default
digitalWrite(RELAY_1, RELAY_OFF);

lcd.begin(16, 2);

lcd.setCursor(1,0);
lcd.print("info");
lcd.setCursor(1,0);
lcd.print("SAYA MAHASISWA");
delay(5000);
lcd.clear();

lcd.setCursor(1,0);
lcd.print("THE WORLD IN");
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("YOUR HAND");
delay(5000);
lcd.clear();
}

void loop() {
// Baca humidity dan temperature
float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Suhu ");
lcd.print(t);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Kelembaban ");
lcd.print(h);
delay(1000);

// Cek hasil pembacaan, dan tampilkan bila ok

```

```

if (isnan(t) || isnan(h)) {
  Serial.println("Failed to read from DHT");
  return;
}

if (t>40.00)// ON
{
  digitalWrite(RELAY_1, RELAY_ON);
  digitalWrite(suhuon, HIGH);
  digitalWrite(suhuoff, LOW);
}
else if (t<39.00)//OFF
{
  digitalWrite(RELAY_1, RELAY_OFF);
  digitalWrite(suhuoff, HIGH);
  digitalWrite(suhuon, LOW);
}

  Serial.print("kelembapan: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %t");

  Serial.print("suhu: ");
  Serial.print(t);
  Serial.println(" *C");

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("kelembapan: ");
  lcd.print(h);
  lcd.print(" %   ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("suhu: ");
  lcd.print(t);
  lcd.print(" C   ");
}

```

Sumber: penulis 2022

## 4.2 Hasil Pengujian Alat

Untuk mengetahui keluaran daya pada panel surya kita akan melakukan pengukuran tegangan pada keluaran panel surya menggunakan alat ukur multimeter.

### a. Pengukuran tegangan



**Gambar 4. 1 Pengukuran Tegangan Menggunakan Multimeter**  
*Sumber; penulis (2022)*

Pada gambar di atas dapat menunjukkan hasil dari pengukuran tegangan terbuka pada scc menggunakan multimeter dengan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya 13,14 volt.

b. Pengukuran Arus



**Gambar 4. 2** Pegukuran Arus menggunakan Multitester

*Sumber; penulis (2022)*

Pada gambar Pada gambar di atas dapat menunjukan hasil dari pengukuran arus pada scc menggunakan multister dengan arus yang dihasilkan oleh panel surya 0,36 Amp.

c. Tabel pengujian solar sell menggunakan sistem pendingin

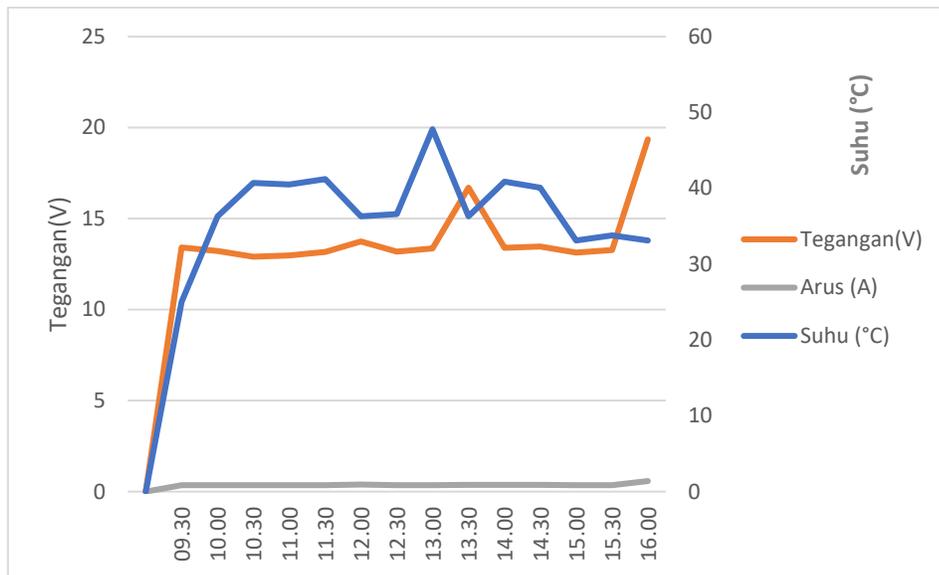
**Tabel 4. 1** Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari ke 1

Waktu (t)	Temp. Lingku ngan (°C)	Temp. Panel surya (°C)	Intensitas cahaya matahari (W/m <sup>2</sup> )	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efesiensi (%)	Status pompa

09.30	29	25.00	84,64	13,41	0,36	4,82	15,95	Tidak Aktif
10.00	29	36,30	87,71	13,22	0,36	4,75	15,17	Tidak aktif
10.30	30	40,70	90,83	12,91	0,35	4,51	13,91	Aktif
11.00	30	40.50	95,2	12,98	0,35	4,54	13,36	Aktif
11.30	30	41.20	97,12	13,17	0,36	4,74	13,67	Aktif
12.00	31	36.30	101,18	13,19	0,38	5,22	13,31	Tidak Aktif
12.30	31	36.60	109,93	13,75	0,36	4,74	15,67	Tidak Aktif
13.00	31	47.80	110,09	13,37	0,36	4,81	12,21	Aktif
13.30	31	36.30	110,05	16,70	0,37	6,17	15,70	Tidak aktif
14.00	31	40.90	110,01	13,39	0,37	4,95	12,60	Aktif
14.30	31	40.10	109,93	13,47	0,37	4,98	12,69	Aktif
15.00	31	33.10	108,98	13,14	0,36	4,73	15,15	Tidakaktif

*Sumber:Penulis 2022*

Pada tabel diatas menunjukkan hasil dari data yang telah di dapatkan dalam pengujian hari ke 1, pada tabel di atas telah tertulis nilai dari panel surya ketika menggunakan pendingin. Di mana suhu tertinggi pada hari itu yaitu pada jam 16.00 wib dengan suhu sebesar  $47,80^{\circ}$  dengan tegangan yang terbaca sebesar 13,37 Volt dan status pompa aktif. Dan suhu terendah pada hari itu yaitu pada jam 10.30 yaitu dengan suhu sebesar  $25,00^{\circ}$  dan tegangan sebesar 13,41. Dan status pompa tidak aktif dikarenakan suhu melebihi  $40^{\circ}$ .



**Gambar 4. 3 grafik pengujian pendingin solar cell hari 1**  
*Sumber : Penulis 2022*

Berdasarkan gambar diatas terdapat dari hasil DC yang didapatkan ketika menggunakan pendingin. Di mana pengaruh suhu terhadap tegangan berpengaruh. Dapat di lihat pada grafik di atas bahwa pada pukul 12.00 samapi 14.00 suhu mengalami kenaikan yang cukup besar dan pukul 15.30 suhu mengalami penurunan akan tetapi nilai tegangan mengalami kenaikan yang cukup besar. Pada garis berwarna biru merupakan hasil dari pengukuran suhu pada modul panel surya sedangkan garis yang berwarna merah merupakan hasil tegangan DC pada modul surya.

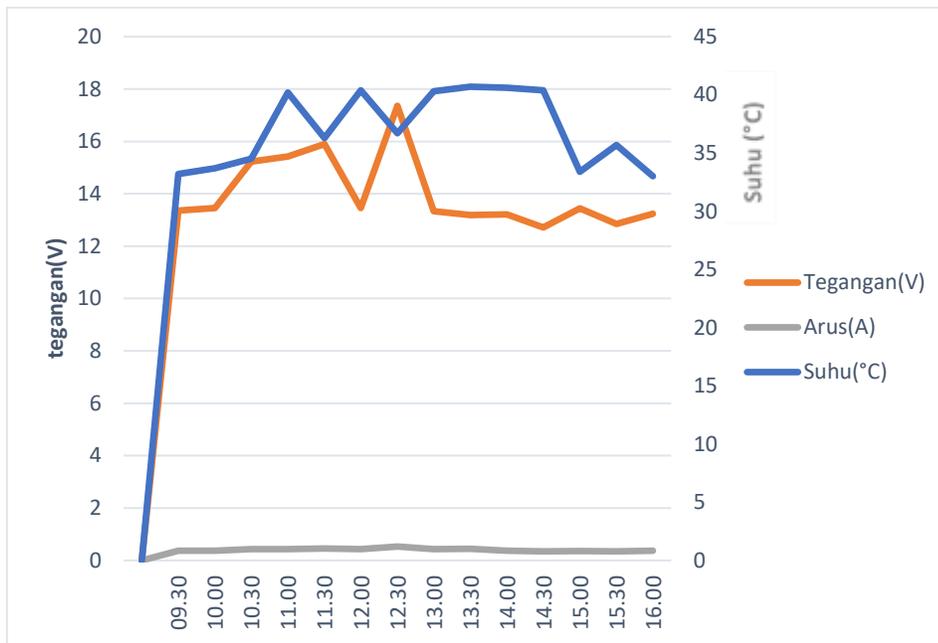
**Tabel 4. 2 Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari ke 2**

Waktu (t)	Temp. Lingkungan (°C)	Temp. Panel surya (°C)	Intensitas cahaya matahari (W/m2)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi (%)	Status pompa

09.30	29	33.20	73,53	13,36	0,37	4,94	18,81	Tidak aktif
10.00	29	33.70	75,61	13,46	0,37	4,98	18,45	Tidak aktif
10.30	29	34.50	88,83	15,23	0,43	6,54	20,57	Tidak aktif
11.00	30	40.20	95,3	15,43	0,43	6,63	19,4	Aktif
11.30	30	36.30	87,12	15,90	0,46	7,31	23,44	Tidak aktif
12.00	30	40.40	101,18	13,46	0,43	5,78	16,00	Aktif
12.30	31	36.70	109,93	17,36	0,53	9,20	23,44	Tidak aktif
13.00	31	40.30	109,05	13,34	0,43	5,73	14,71	Aktif
13.30	31	40.70	108,05	13,19	0,44	5,80	15,03	Aktif
14.00	31	40.60	109,01	13,21	0,37	4,88	12,54	Aktif
14.30	31	40.40	109,93	12,72	0,35	4,45	11,63	Aktif
15.00	31	33.40	108,98	13,45	0,36	4,84	12,44	Tidak aktif

*Sumber:Penulis 2022*

Pada tabel di atas telah didapat hasil pengujian hari ke 2, pada pengujian hari ke 2 suhu paling tinggi ialah pada pukul 13.30 dengan suhu 40.70° dan pada suhu tersebut panel surya menghasilkan tegangan 13,19 dengan status pompa Aktif. Dan suhu terendah pada hari itu adalah 33,20° dengan tegangan yang terukur adakah 13,36 Volt, dan status pompa tidak aktif.



**Gambar 4.4** Grafik pengujian pendingin solar cell hari ke 2  
*Sumber: Penulis 2022*

Pada gambar kurva di atas dapat kita lihat bahwa suhu pada panel surya dapat mempengaruhi keluaran pada aoutput panel surya. Dimana dapat kita lihat dari grafik pada jam 13.00 sampai dengan jam 15.00 suhu meningkat. Pada pukul 13.00 suhu pada panel surya sebesar 40.30° yang menghasilkan tegangan sebesar 13,34 V dengan arus yang dihasilkan 0,43 Amper, pukul 15.00 dengan suhu sebesar 33,40 dan tegangan pada panel surya 13,45 volt dengan raus 0,36 ampere.

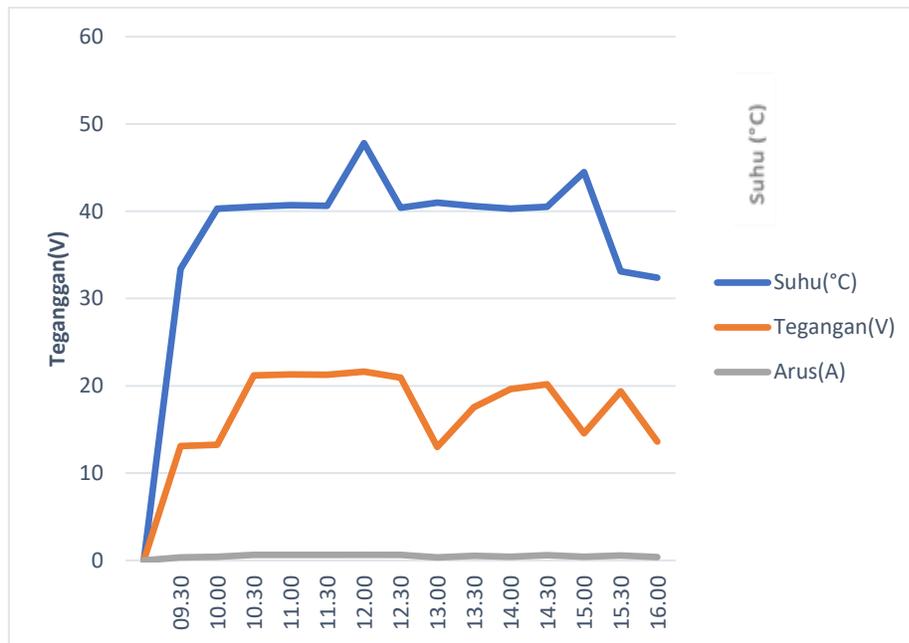
**Tabel 4.3** Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari ke 3

Waktu	Temp. Lingkungan	Temp. Panel surya	Intensitas cahaya matahari	Tegangan	Arus	Daya	Efesiensi	Status pompa
(t)	(°C)	(°C)	(W/m2)	(V)	(A)	(W)	(%)	

09.30	29	33.40	95,06	13,12	0,36	4,72	13,91	Tidak aktif
10.00	29	40.30	93,06	13,26	0,43	5,70	17,15	Aktif
10.30	29	40.50	96,64	21,20	0,62	13,14	38,08	Aktif
11.00	30	40.70	98,32	21,30	0,63	13,4	38,17	Aktif
11.30	30	40.63	99,27	21,28	0,63	13,40	37,82	Aktif
12.00	31	47.80	100,81	21,63	0,64	13,84	38,46	Aktif
12.30	31	40.40	101,21	20,93	0,62	12,97	35,89	Aktif
13.00	31	41.00	105,88	13,01	0,36	4,68	12,38	Aktif
13.30	31	40.60	110,05	17,54	0,51	8,94	22,75	Aktif
14.00	31	40.30	110,01	19,63	0,42	8,24	20,97	Aktif
14.30	31	40.50	108,98	20,18	0,59	11,90	30,59	Aktif
15.00	31	44.50	108,95	14,55	0,42	6,11	17,02	Aktif

*Sumber:Penulis 2022*

Pada tabel di atas menunjukkan hasil dari data yang di dapatkan pada pengujian hari yang ke 3 dimana status pompa rata-rata aktif mulai pukul 10.00 sampai dengan pukul 15.00.di mana suhu maksimum pada panel surya 44.50 dengan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 14,55 Volt dan status pompa aktif. Dan tegangan terendah adalah 32,40° dengan tegangan yang terukur adalah 13,63 dan status pompa tidak aktif. Dari hasil pengukuran suhu dapat kita ketahui bahwasanya kondisi dari cuaca adalah cerah.



**Gambar 4. 5 Grafik pengujian pendinginan solar cell hari ke 3**

*Sumber:Penulis 2022*

Pada kurva diatas dapat kita lihat bahwasanya ketika temperatur pada permukaan panel surya meningkat maka tegangan yang dihasilkan akan berangsur turun. Dapat kita lihat pada pukul 11.30 sampai dengan pukul 13.30 suhu meningkat akan tetapi tegangan yang dihasilkan panel surya menurun,pada suhu 44.50° tegangan pada panel surya sebsar 14,55 dengan arus 0,4 A.

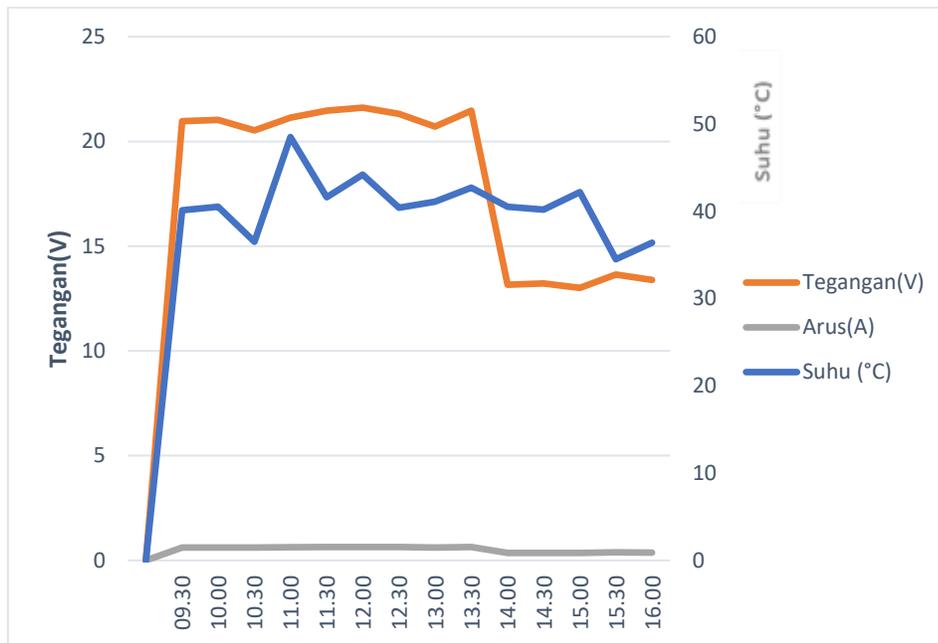
**Tabel 4. 4 Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari ke 4**

Waktu (t)	Temp. Lingkungan (°C)	Temp. Panel surya (°C)	Intensitas cahaya matahari (W/m2)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efesiensi (%)	Status pompa
09.30	29	40.10	92,77	20,96	0,62	12,99	39,23	Aktif

10.00	29	40.50	98,63	21,02	0,62	13,03	37	Aktif
10.30	29	36.50	101,13	20,52	0,61	12,51	34,65	Tidak aktif
11.00	29	48.50	110,40	21,13	0,63	13,31	33,77	Aktif
11.30	29	41.60	111,54	21,46	0,64	13,73	34,48	Aktif
12.00	30	44.20	112,26	21,61	0,64	13,83	34,51	Aktif
12.30	30	40.40	116,97	21,31	0,64	13,63	32,64	Aktif
13.00	31	41.10	115,83	20,71	0,61	12,63	30,54	Aktif
13.30	31	42.70	111,45	21,46	0,64	13,73	34,51	Aktif
14.00	31	40.50	119,66	13,16	0,36	4,73	11,07	Aktif
14.30	331	40.20	113,45	13,22	0,36	4,75	11,72	Aktif
15.00	31	42.20	114,48	13,01	0,35	4,55	11,13	Aktif

*Sumber: penulis 2022*

Pada tabel di atas menunjukkan hasil dari data yang di dapatkan pada pengujian hari yang ke 4, pada pengujian hari ke 4 dengan suhu tertinggi pada hari itu adalah 48.50° dan tegangan terukur adalah 21,13 Volt dan status pompa aktif. Dan suhu terendah pada hari itu 34.50° dan tegangan terukur adalah 13,65 Volt dan status pompa tidak aktif.



**Gambar 4. 6 Grafik pengujian pendinginan solar cell hari ke 4**  
*Sumber:Penulis2022*

Berdasarkan gambar diatas terdapat dari hasil DC yang didapatkan ketika menggunakan pendingin. Di mana pengaruh suhu terhadap tegangan berpengaruh. Pada garis berwarna biru merupakan hasil dari pengukuran suhu pada modul panel surya sedangkan garis yang berwarna merah merupakan hasil tegangan DC pada modul surya.

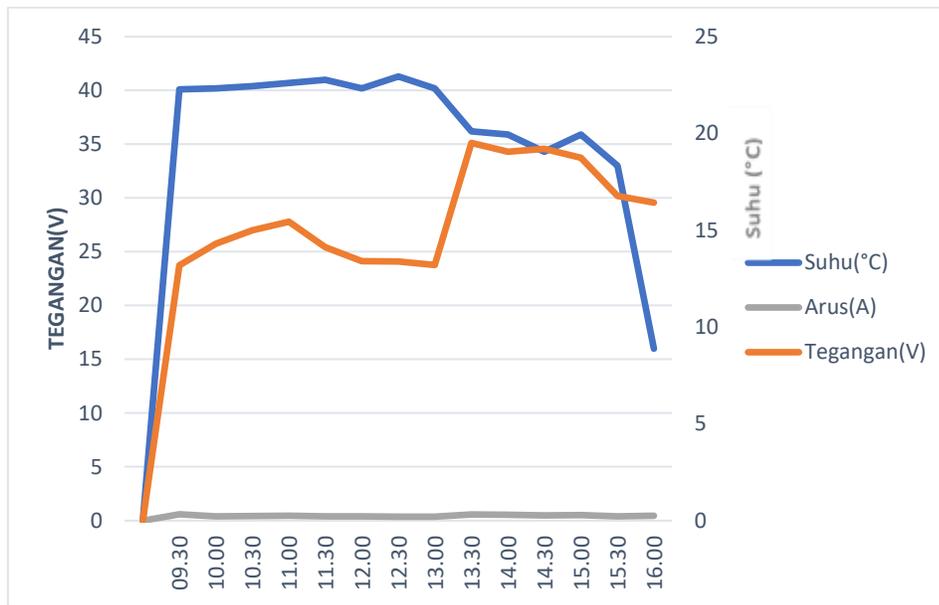
**Tabel 4. 5 Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari Ke 5**

Waktu (t)	Temp. Lingkungan (°C)	Temp. Panel surya (°C)	Intensitas cahaya matahari (W/m2)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efesiensi (%)	Status pompa
09.30	29	40.10	89,49	13,19	0,59	7,78	24,84	Aktif

10.00	20	40.20	93,62	14,30	0,39	5,57	16,66	Aktif
10.30	30	40.40	99,75	14,99	0,42	6,29	17,66	Aktif
11.00	30	40.70	102,64	15,44	0,46	7,10	19,37	Aktif
11.30	30	41.00	107,29	14,13	0,39	5,51	14,38	Aktif
12.00	31	40.20	110,15	13,41	0,39	5,22	13,27	Aktif
12.30	31	41.30	107,72	13,39	0,37	4,95	12,87	Aktif
13.00	31	40.20	116,97	13,21	0,36	4,75	11,37	Aktif
13.30	31	36.20	110,28	19,51	0,58	11,31	28,73	Tidak aktif
14.00	31	35.90	109,18	19,05	0,55	10,47	26,86	Tidak aktif
14.30	31	34.30	113,45	19,21	0,49	9,41	23,23	Tidak aktif
15.00	31	35.90	114,48	18,75	0,51	9,56	74,62	Tidak aktif

*Penulis: 2022*

Pada tabel di atas menunjukkan hasil dari data yang di dapatkan pada pengujian hari yang ke 5, dimana pengujian hari ke 5 status pompa mulai aktif pada pukul 9.30 sampai pukul 13.00 dengan temperatur suhu meningkat sebesar  $41.00^{\circ}$  , akan tetapi suhu mulai turun pada 13.30 WIT sampai pukul 16.00 WIT. Dengan pelemahan suhu sebesar  $33.00^{\circ}$  dengan daya yang di hasilkan panel surya 16,78 V arus yang dihasilkan 0,40 A. suhu tertinggi pada hari itu adalah  $41.30^{\circ}$  dan tegangan yang terukur 13,39 Volt dengan status pompa Aktif. Dan suhu terendah pada hari itu adalah  $16.00^{\circ}$  dan tegangan yang terukur adalah 16,43 Volt dengan status pompa Tidak aktif.



**Gambar 4. 7 Grafik pengujian pendinginan solar cell hari ke 6**  
*Sumber:penulis 2022*

Berdasarkan gambar diatas terdapat dari hasil DC yang didapatkan ketika menggunakan pendingin. Di mana pengaruh suhu terhadap tegangan berpengaruh. Dapat di lihat pada grafik di atas bahwa pada pukul 13.30 suhu mengalami penurunan. Pada garis berwarna biru merupakan hasil dari pengukuran suhu pada modul panel surya sedangkan garis yang berwarna merah merupakan hasil tegangan DC pada modul surya.

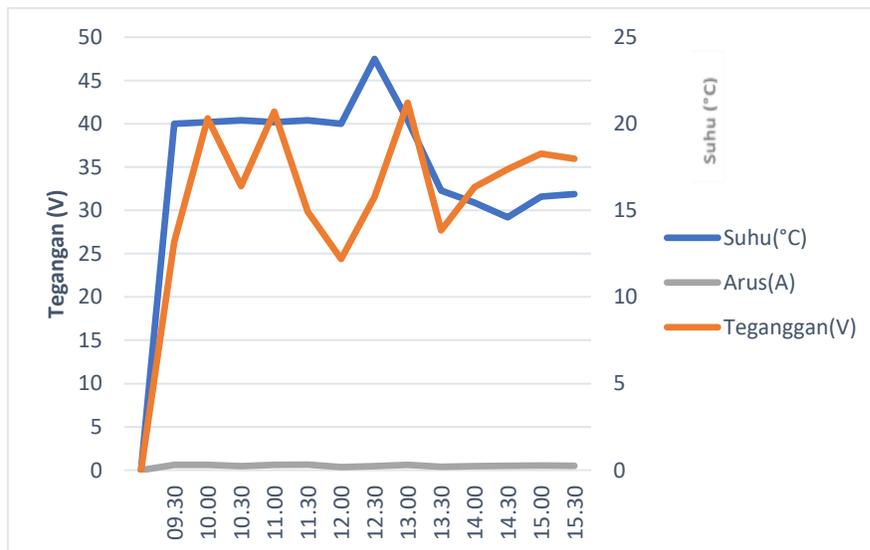
**Tabel 4. 6 Pengujian solar cell menggunakan Pendingin Hari Ke 6**

Waktu (t)	Temp. Lingkungan (°C)	Temp. Panel surya (°C)	Intensitas cahaya matahari (W/m2)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi (%)	Status pompa
09.30	29	40.00	85,62	13,19	0,60	7,91	25,88	Aktif
10.00	29	40.20	91,15	20,31	0,60	12,1	37,18	Aktif
10.30	30	40.40	89,5	16,40	0,47	7,70	24,10	Aktif
11.00	30	40.20	95,74	20,70	0,61	12,62	36,93	Aktif

11.30	30	40.40	99,18	14,94	0,64	9,56	27	Aktif
12.00	31	40.00	105,80	12,20	0,36	4,39	11,62	Aktif
12.30	31	47.50	113,30	15,78	0,45	7,10	17,55	Aktif
13.00	31	40.40	118,55	21,22	0,61	12,94	30,57	Aktif
13.30	31	32.30	108,24	13,84	0,38	5,25	13,58	Tidak aktif
14.00	31	30.90	115,13	16,34	0,47	7,67	18,66	Tidak aktif
14.30	31	29.20	110,15	17,38	0,51	8,86	22,53	Tidak aktif
15.00	31	31.60	109,18	18,27	0,53	9,68	24,83	Tidak aktif

Sumber: penulis 2022

Pada tabel di atas menunjukkan hasil dari data yang di dapatkan pada pengujian hari yang ke 6, dimana pengujian hari ke 6 status pompa mulai aktif pada pukul 9.30 sampai pukul 13.00 dengan temperatur suhu meningkat sebesar  $41.00^{\circ}$  , akan tetapi suhu mulai turun pada 13.30 sampai pukul 16.00 .Dengan suhu tertinggi pada hari itu adalah  $47.50^{\circ}$  dan tegangan yang terukur 15,78 Volt dengan status pompa aktif. Dan suhu terendah pada hari itu adalah  $29.20^{\circ}$  dan tegangan yang terukur adalah 17,38 Volt dengan status pompa Tidak aktif.



Gambar 4. 8 Grafik pengujian pendinginan solar cell hari ke 6

Sumber:penulis2022

Berdasarkan gambar diatas terdapat dari hasil DC yang didapatkan ketika menggunakan pendingin. Di mana pengaruh suhu terhadap tegangan berpengaruh. Dapat di lihat pada grafik di atas bahwa pada pukul 13.30 suhu mengalami penurunan. Pada garis berwarna biru merupakan hasil dari pengukuran suhu pada modul panel surya sedangkan garis yang berwarna merah merupakan hasil tegangan DC pada modul surya

### 4.3 Pengujian Sistem Pendingin Pada Modul Surya Teroptimal

Pengujian sistem pendingin pada modul surya adalah di mana pengujian dilakukan selama 6 hari, di mana pengujian tersebut di dapatkan pada hari ke 4 paling optimal, pada hari ke 4 di mana rata rata temperatur modul surya 41,54 °C dan rata rata output daya panel surya 25,53 Wat. Pada hari ke 4 pengujian sistem pendingin pada modul surya di dapatkan temperatur yang paling tinggi pada modul surya pada jam 12.30 di mana nilai temperatur modul surya 44,20 °C intensitas cahaya matahari sebesar 116,97 (W/m<sup>2</sup>) dan daya yang di hasilkan 13,63 Wat. Dapat kita lihat pada tabel pengujian modul surya hari ke 4 di mana pada hari ke 4 cuaca sangat cerah.

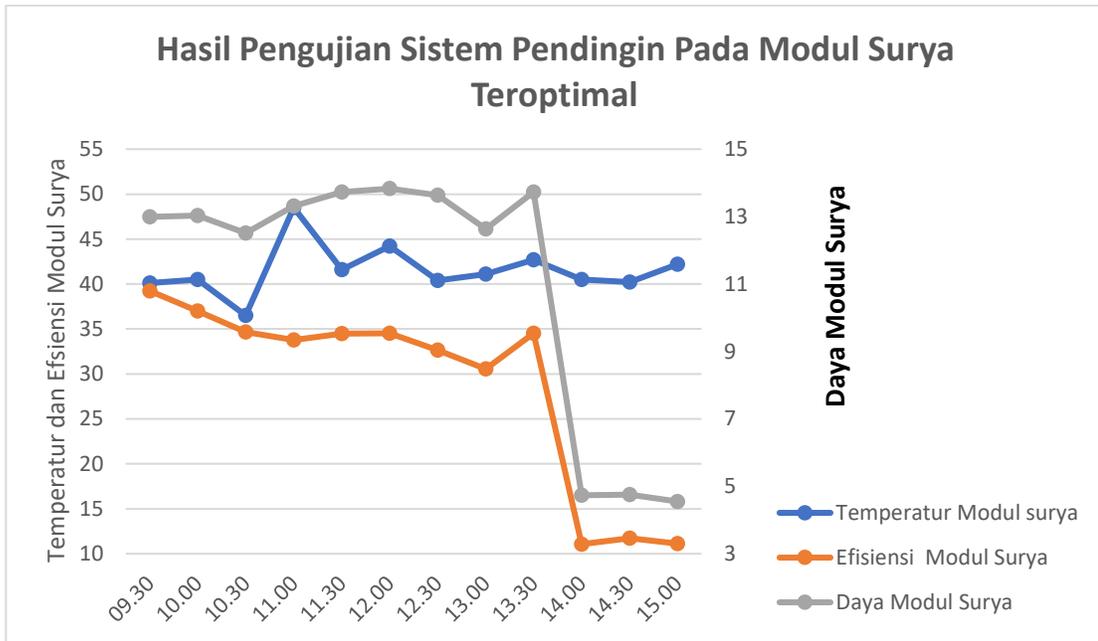
**Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Sistem Pendingin Pada Modul Surya Teroptimal**

Waktu (t)	Temp. Lingkungan (°C)	Temp. Panel surya (°C)	Intensitas cahaya matahari (W/m <sup>2</sup> )	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efesiensi (%)	Status pompa
09.30	29	40,10	92,77	20,96	0,62	12,99	39,23	Aktif

10.00	29	40,50	98,63	21,02	0,62	13,03	37	Aktif
10.30	29	36,50	101,13	20,52	0,61	12,51	34,65	Tidak aktif
11.00	29	48,50	110,40	21,13	0,63	13,31	33,77	Aktif
11.30	29	41,60	111,54	21,46	0,64	13,73	34,48	Aktif
12.00	30	44,20	119,66	21,61	0,64	13,83	32,38	Aktif
12.30	30	40,40	116,97	21,31	0,64	13,63	32,64	Aktif
13.00	31	41,10	115,83	20,71	0,61	12,63	30,54	Aktif
13.30	31	42,70	111,45	21,46	0,64	13,73	34,51	Aktif
14.00	31	40,50	112,26	13,61	0,36	4,89	12,27	Aktif
14.30	31	40,20	113,45	13,22	0,36	4,75	11,72	Aktif
15.00	31	42,20	114,48	13,01	0,35	4,55	11,13	Aktif

*Sumber:Penulis 2022*

Pada tabel 4.7 terlihat bahwasanya nilai intensitas cahaya matahari yang paling tinggi sebesar 119,66 (W/m<sup>2</sup>) dengan temperatur modul surya 44,20 °C dan daya yang dihasilkan 32,38 W. dengan efesiensi sebesar 32,38%. Dapat kita lihat pada tabel tersebut menunjukan pada hari 4 cuaca sangat cerah.



**Gambar 4. 9 Grafik Hasil pengujian sistem pendingin pada modul surya Teroptimal**

*Sumber: penulis (2022)*

Dapat di lihat dari garfik di atas pengujian sistem pendingin pada modul surya ketika temperatur modul surya mengalami pendingkatan maka daya yang di hasilkan akan meningkat, pada waktu 11.30 daya yang di hasilkan oleh modul surya sebesar 13,73 W dengan intensitas cahaya matahari berada pada 111,54 (W/m<sup>2</sup>) pada temperatur modul surya sebesar 41,60

#### 4.4 Pengujian Modul Surya Tanpa Sistem Pendingin

Pengujian modul surya tanpa sistem pendingin, pengujian modul surya tersebut tidak menggunakan sistem pendingin, di mana setelah melakukan pengujian pada modul surya didapatkan hasil pengujian, pada pengujian tersebut di mana rata rata temperatur modul surya 44,56 °C dan daya yang dihasilkan oleh modul surya sebesar 108,01 Wat.

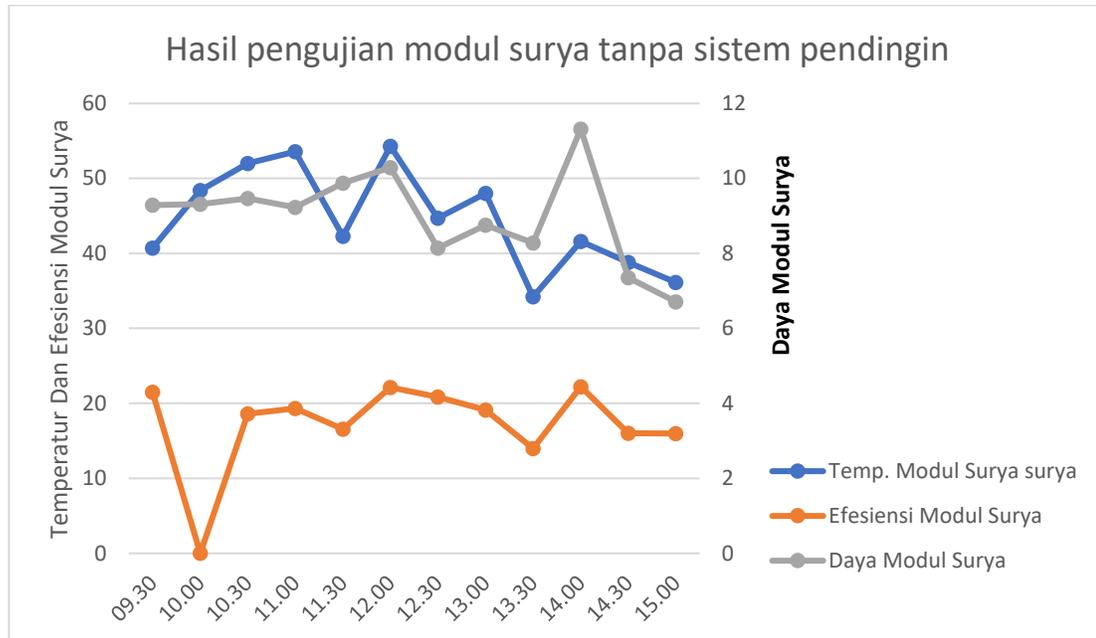
**Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Modul Surya Tanpa Sistem Pendingin**

<b>Waktu (t)</b>	<b>Temp. Lingkungan (°C)</b>	<b>Temp. Panel surya (°C)</b>	<b>Intensitas cahaya matahari (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Daya (W)</b>	<b>Efesiensi (%)</b>
09.30	29	40,70	120,50	18,23	0,51	9,29	21,49
10.00	30	48,40	118,49	18,27	0,51	9,31	21,23
10.30	30	52,00	142,62	18,22	0,52	9,47	18,60
11.00	31	53,59	133,80	18,47	0,50	9,23	19,32
11.30	31	42,30	167,05	17,63	0,56	9,87	16,55
12.00	31	54,30	130,35	19,79	0,52	10,29	22,11
12.30	31	44,70	109,34	18,50	0,44	8,14	20,85
13.00	31	48,00	128,21	15,91	0,55	8,75	19,11
13.30	31	34,20	116	19,26	0,43	8,28	13,97
14.00	31	41,60	142,58	19,86	0,57	11,32	22,23
14.30	30	38,79	128,46	16,34	0,45	7,35	16,02
15.00	30	36,14	117,68	15,98	0,42	6,71	15,97

*Sumber :penulis 2022*

Pada tabel 4.8 pengujian modul surya tanpa sistem pendingin, dari tabel tersebut dapat kita lihat ketika temperatur modul surya yang paling tinggi sebesar 54,30 °C dan

intensitas cahaya matahari 130,35 (W/m<sup>2</sup>) daya yang dihasilkan oleh modul surya 10,29 W dengan efisiensi 22,11%.



**Gambar 4. 10 Grafik Hasil pengujian modul surya tanpa sistem pendingin**  
*Sumber: penulis 2022*

Dapat di lihat dari garfik di atas pengujian Modul surya tanpa sistem pendingin ketika temperatur modul surya mengalami peningkatan maka daya yang di hasilkan akan menurun ketika temperatur modul surya mengalami kenaikan 52,00 °C maka daya yang di hasilkan oleh modul surya akan menurun 9,47 W dengan efisiensi 18,69%.

#### 4.5 Analisa Daya Input Daya Output Dan Efesensi Panel Surya

- Perhitungan sistem pendingin :

$$P_{in} = I_r \times A$$

$$P_{in} = 119,66 \text{ W/m}^2 \times 0,357 \text{ m}^2$$

$$= 42,71 \text{ W}$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times \frac{V_{mp} \cdot I_m}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

$$= V_{mp} \times I_m$$

$$= 21,61 \times 0,64$$

$$= 13,83 \text{ W}$$

$$\mu = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\mu = \frac{13,83}{42,71} \times 100\%$$

$$= 32,38$$

- Perhitungan tanpa pendingin

$$P_{in} = I_r \times A$$

$$P_{in} = 167,05 \text{ W/m}^2 \times 0,357 \text{ m}^2$$

$$= 59,63 \text{ W}$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times (V_{mp} \cdot I_m) / (V_{oc} \cdot I_{sc})$$

$$= V_{mp} \times I_m$$

$$= 17,65 \times 0,56$$

$$= 9,87$$

$$\mu = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\mu = \frac{9,87}{59,63} \times 100\%$$

$$= 16,55$$

- Energi yang di hasilkan oleh panel surya

Dik : kapasitas daya = 65 Wat

Pemakaian/hari= 13 penyiraman/hari

Waktu siram = 2 menit

Jawab  $2 \times 13 = 26$  menit

Total daya= 65 Wat/jam

= 65 Wat /60 Menit

= 1,08 wat/menit

Jadi energi yang di hasilkan oleh panel surya adalah 1,08 wat/Menit

**Tabel 4. 9 Data Temperatur, Efisiensi Dan Daya Total Pada Panel Surya**

<b>Keterangan</b>	<b>Temperatur rata rata panel surya (C°)</b>	<b>Efisiensi rata rata panel surya (%)</b>	<b>Daya total panel surya (W)</b>
Dengan sistem pendingin	41,54 °C	26,27 %	133,42 W
Tanpa sistem pendingin	44,56 °C	18,95 %	108,01 W

*Sumber: penulis 2022*

Dapat kita lihat pada tabel penelitian dan perhitungan di atas memiliki keterkaitan yaitu semakin besar intensitas cahaya matahari yang di serap oleh modul surya akan semakin tinggi pula nilai efisiensi yang di hasilkan dari modul surya. Namun, jika dilihat dari segi temperatur permukaan modul surya, semakin meningkat temperatur diatas 40 °C, maka efisiensi yang di hasilkan oleh modul surya akan semakin kecil, namun efisiensi yang bagus adalah nilai intensitas cahaya matahari dan temperatur yang sesuai, ataupun yang mendekati standart pengujian.

Pada perhitungan yang di tampilkan di atas daya keluaran maksimum masing masing modul surya memiliki nilai yang berbeda, dengan rata rata keluaran daya terbesar yang dihasilkan oleh modul surya yang menggunakan sistem pendinginan yaitu 133,42 W dengan rata rata nilai efisiensi sebesar 26,27 % dan yang tidak menggunakan sistem pendingin sebesar 108,01 W dengan rata rata nilai efisiensi sebesar 18,95 %. dapat disimpulkan bahwasanya ketika suhu meningkat pada modul surya daya yang dihasilkan akan menurun, tetapi jika modul surya menggunakan sistem pendinginan pada permukaan modul surya daya yang di hasilkan akan meningkat dan efisiensi juga akan mengalami peningkatan.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil pengujian perancangan rangkaian pendingin permukaan modul sel surya dengan metode percikan air sebagai upaya peningkatan efisiensi daya yang telah di buat dapat di simpulkan sebagai berikut.

1. Peneliti berhasil merancang rangkaian sistem pendingin permukaan modul sel surya dengan metode percikan air sebagai upaya peningkatan efisiensi daya dengan menggunakan sensor suhu DHT11 dan Mikrokontroler Uno.
2. Berdasarkan hasil pengujian, saat solar cell berada pada suhu 40° Mikrokontroler akan memberikan perintah untuk menghidupkan pompa dan akan mati ketika suhu berada di bawah 40°.
3. Kenaikan temperatur kerja pada modul surya berpengaruh pada menurunnya tingkat efisiensi dari modul surya. Penurunan efisiensi paling rendah yang terjadi pada modul surya rata-rata tanpa pendingin sebesar 18,95 % dengan daya sebesar 108,01 pada suhu 44,56 °C. Dan peningkatan efisiensi modul surya yang menggunakan pendingin rata-rata sebesar 26,27 % dengan daya sebesar 133,42 W pada suhu 41,54 °C.
4. Sensor suhu DHT11 berfungsi sebagai pembaca suhu pada permukaan solar cell dan SCC berfungsi sebagai mengontrol tegangan yang di hasilkan solar cell.

5. Berdasarkan hasil pengujian alat berfungsi dengan baik sesuai dengan program yang telah di buat.

## **5.2 SARAN**

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis memiliki beberapa saran sebagai berikut.

1. Untuk perancangan selanjutnya agar dapat dikembangkan lebih maksimal dan dapat juga mengontrol baterai sebagai tempat penyimpanan tegangan dari solar cell agar tidak terjadi kerusakan pada baterai.
2. Agar dapat dikembangkan lebih maksimal untuk sistem pendingin pada cell surya.

## DAFTAR PUSTAKA

Arifaskaf. 2015.Sistem.

Jogianto.2005.Sistem

Agung Rismawan.2015.*Sistem Kendali* :academiaedu

Aryza, S., Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 300, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.

Hamdani, H., Tharo, Z., & Anisah, S. (2019, May). Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir. In Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu (Vol. 2, No. 1, pp. 190-195).

Putri, M., Wibowo, P., Aryza, S., & Utama Siahaan, A. P. Rusiadi.(2018). An implementation of a filter design passive lc in reduce a current harmonisa. International Journal of Civil Engineering and Technology, 9(7), 867-873.

Rahmaniar, R. (2019). Model flash-nr Pada Analisis Sistem Tenaga Listrik (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Padang).

Tarigan, A. D., & Pulungan, R. (2018). Pengaruh Pemakaian Beban Tidak Seimbang Terhadap Umur Peralatan Listrik. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 1(1), 10-15.

<https://www.nyebarilmu.com/tutorial-mengakses-sensor-suhu-ds18b20/>

<https://www.alomedika.com/prinsip-kerja-pulse-oximetry-dan-keterbatasannya>

<https://www.ardutech.com/mengenal-esp32-development-kit-untuk-iot-internet-of-things/>

<https://www.andalanelektro.id/2019/10/cara-kerja-dan-karakteristik-sensor-dht11-arduino-dan-contoh-programnya.html>

<http://blog.famosastudio.com/2011/06/tutorial/tutorial-breadboard-untuk-arduino/59>