

# **ANALISA KINERJA PANEL SURYA TERHADAP POLUTAN**

**OLEH:**

**UCIK PRASETYO H.NUKE**

**T21 20 001**

**SKRIPSI**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO**

**2024**

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**ANALISA KINERJA PANEL SURYA TERHADAP POLUTAN**

**Oleh**


**UCIK PRASETYO H.NUKE**  
**T21 20 001**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana  
program studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik, Skripsi telah disetujui oleh Tim  
pembimbing pada tanggal seperti yang tertera dibawah ini :

Gorontalo, Juni 2024

**Pembimbing I**



**FRENGKI EKA PUTRA SURUSA. S.T., MT**  
**NIDN. 0906018504**

**Pembimbing II**



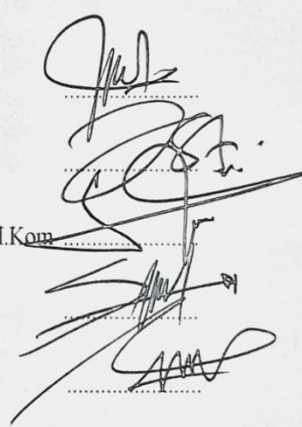
**MUHAMMAD ASRI. ST., MT**  
**NIDN. 09013047703**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**ANALISA KINERJA PANEL SURYA TERHADAP POLUTAN**

**OLEH**  
**UCIK PRASETYO H.NUKE**  
**NIM: T21.20.001**


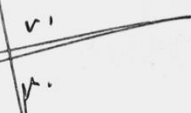
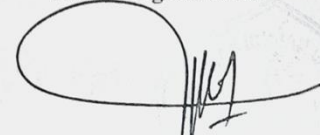
Diperiksa Oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)  
Universitas Ichsan Gorontalo

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1. Pembimbing I  | : Frengki Eka Putra Surusa,ST.,MT.          |
| 2. Pembimbing II | : Muhammad Asri. ST.,MT                     |
| 3. Penguji I     | : Dr. Ir. Stephan A. Hulukati,ST.,MT.,M.Kom |
| 4. Penguji II    | : Ir.Steven Humena,ST.,MT.                  |
| 5. Penguji III   | : Iqbal Faturachman Usman, ST.,MT           |



Gorontalo, Juni 2024

Mengetahui

 <b>Dekan Fakultas Teknik</b>  <b>Dr. Ir. Stephan A. Hulukati,ST.,MT.,M.kom</b> <b>NIDN: 0917118701</b>	<b>Ketua Program Studi</b>  <b>Frengki Eka Putra Surusa,ST.,MT</b> <b>NIDN: 0906018504</b>
---	---

## **HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama :Ucik Prasetyo H.Nuke

NIM : T2120001

Judul Skripsi :Analisa Kinerja Panel Surya Terhadap Polutan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulis (Skripsi) ini adalah asli gagasan, rumusan dan penelitian yang dilakukan oleh saya sendiri dengan arahan dari para pembimbing. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dipublikasikan sebelumnya oleh orang lain kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan atau sumbernya dengan jelas serta dicantumkan di dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi ini.

Gorontalo, 22 Juni 2024  
Yang Membuat Pernyataan

**(UCIK PRASETYO H.NUKE)**  
**NIM : T2120001**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi iyang berjudul “**ANALISA KINERJA PANEL SURYA TERHADAP POLUTAN**” Skripsi ini ditulis dalam rangka penyusunan Skripsi guna mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Ichsan Gorontalo. Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materil sehingga skripsi ini dapat selesai. Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada :

1. Ibu Dr. Hj. Juriko Abdussamad, M.Si, selaku Ketua Yayasan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Teknologi (YPIPT) Ichsan Gorontalo.
2. Bapak Dr. Abd.Gaffar Latjokke, M.Si, selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo.
3. Bapak Dr. Ir. Stephan A. Hulukati S.T., MT., M.KOM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo.
4. Bapak Frengki Eka Putra Surusa, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo.
5. Bapak Frengki Eka Putra Surusa, S.T., M.T, selaku Pembimbing I.
6. Muhammad asri, S.T., M.T, selaku Pembimbing II.
7. Bapak Ibu Dosen Fakultas Teknik dilingkungan Universitas Ichsan Gorontalo.
8. Orang Tua yang senantiasa memberikan dorongan serta saudara kandung dan support sisem saat ini, motivasi dan bantuan materil selama proses perkuliahan sampai saat sekarang.
9. Teman-Teman Jurusan Teknik Elektro Angkatan 2020 Universitas Ichsan Gorontalo.
10. Seluruh mahasiswa Fakultas Teknik Elektro.
11. Penulis menyadari Skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang

pendidikan dan penerapan dilapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut. Amin.

Gorontalo, 22Juni 2024

***Penulis***

## ABSTRAK

### **UCIK PRASETYO H. NUKE.T2120001.PERFORMANCE ANALYSIS OF SOLAR PANELS AGAINST POLLUTANTS**

*Renewable energy is an energy source from nature used freely and can be renewed continuously and infinitely, such as solar energy. This research aims to analyze the performance of solar panels in dry clean, wet clean, wet polluted, and dry polluted surface conditions. It is a quantitative descriptive research with direct measurement and calculation methods on solar panels for four days starting from 06.00-*

*18.00 under Central Indonesia Time Zone. Solar panel testing is carried out in open areas for not being blocked by trees or buildings. The results of testing the performance of solar panels in dry clean conditions indicate an average of 310.5 Watts on a battery of 29.48 Watts, the surface condition of solar panels clean wet produce*

*290.88 Watts on a battery of 27 Watts, dry polluted conditions result in 277.9 Watts on battery 22.5 Watts and wet polluted conditions, it produces 234.88 Watts of power on a battery of 30.8 Watts. It means that the performance of solar panels*

*in clean and dry conditions obtains the highest average power, and the surface condition of solar panels, clean wet, dry, and wet pollution have decreased power. It is recommended to clean solar panels periodically or effectively and to get*

*the maximum output power value on solar panels. If not cleaned regularly, it will result in a decrease in output power on solar panels.*

**Keywords:** solar panel, power, pollutants



## ABSTRAK

### UCIKPRASETYO H.NUKE.T2120001.ANALISA KINERJA PANEL SURYA TERHADAP POLUTAN

Energi terbarukan merupakan sebuah sumber energi yang berasal dari alam yang mampu digunakan dengan bebas, mampu diperbarui terus menerus serta tak terbatas contohnya seperti energi matahari (surya). Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja panel surya pada kondisi permukaan bersih kering, bersih basah, terpolusi basah dan terpolusi kering. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode pengukuran dan perhitungan langsung pada panel surya selama 4 hari yang dimulai dari jam 06.00-18.00 WITA.

Pengujian panel surya dilakukan pada area terbuka karena agar panel surya tidak terhalang oleh pohon ataupun gedung. Hasil pengujian kinerja panel surya pada kondisi bersih kering rata-rata 310,5 Watt dan pada *Batteray* 29,48, pada kondisi permukaan panel surya bersih basah 290,88 Watt dan pada *Batteray* 27,9 Watt, kondisi terpolusi kering 277,9 Watt dan pada *Batteray* 22,5 Watt pada kondisi terpolusi basah menghasilkan daya 234,88 Watt dan pada *Batteray* sebesar 30,8 Watt. Disimpulkan kinerja panel surya pada kondisi bersih kering memperoleh daya rata-rata tertinggi dan kondisi permukaan panel surya bersih basah, terpolusi kering dan terpolusi basah mengalami penurunan daya. Disarankan pembersihan panel surya secara berkala atau secara efektif, sehingga mendapatkan nilai daya output yang maksimal pada panel surya, jika tidak dibersihkan secara berkala maka akan mengakibatkan penurunan daya output pada panel surya.

Kata kunci: panel surya, daya, polutan



## Daftar Isi

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
ABSTRAK .....	ii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Gambar.....	xi
BAB 1 .....	1
PENDAHULUAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1    LATAR BELAKANG.....	1
1.2    RUMUSAN MASALAH .....	3
1.3    TUJUAN PENELITIAN .....	3
1.4    BATASAN MASALAH .....	4
1.5    MANFAAT PENELITIAN.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1    PENELITIAN TERDAHULU .....	6
2.2    TEORI DASAR.....	8
2.2.1 Studi Literatur .....	8
2.2.2 Energi Surya .....	8
2.2.3 Sejarah Sel Surya .....	11
2.2.4 Faktor Pengoprasian Sel Surya .....	12
2.2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	14
2.2.5.1 Modul Surya .....	15
2.2.5.2Spesifikasi dan Jenis Jenis Sel Surya.....	17
2.2.5.3Prinsip Kerja PhotoVoltaik .....	21
2.2.5.4 Komponen Komponen PLTS.....	23

2.2.5.5 <i>Batteray</i> .....	24
2.2.5.6 Solar Charger Controler.....	25
2.2.6 Arus dan Tegangan .....	27
BAB III .....	29
METODE PENELITIAN.....	29
3.1 OBJEK PENELITIAN .....	29
3.2 LOKASI DAN TEMPAT PENELITIAN .....	29
3.2.1 Lokasi dan tempat penelitian .....	29
3.2.2 Lama waktu penelitian.....	29
3.3 FLOWCHART ALUR PENELITIAN .....	30
3.4 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN .....	31
3.4.1 Alat yang di gunakan .....	31
3.4.2 Bahan yang digunakan dalam pengujian Panel suryayaitu :.....	35
3.6 PROSEDUR PENELITIAN .....	36
BAB IV .....	38
PEMBAHASAN .....	38
4.1 Pengujian Kinerja Panel Surya.....	38
4.1.1 Hasil Pengujian Panel Surya Kondisi Bersih Kering.....	39
4.1.2 Hasil Pengujian Panel Surya Kondisi Bersih Basah.....	40
4.1.3 Hasil Pengujian Panel Surya Kondisi Terpolusi Bersih Kering .....	43
4.1.4 Hasil Pengujian Panel Surya Kondisi Terpolusi Basah .....	45
4.2 Analisis Pengujian Kinerja Panel Surya .....	47
4.2.1 Permukaan Panel surya kondisi bersih kering .....	48
4.2.2 Permukaan Panel surya kondisi bersih basah.....	49
4.2.3 Permukaan Panel surya kondisi terpolus bersih kering.....	51
4.2.4 Permukaan Panel surya kondisi terpolusi bersih kering .....	52
BAB V.....	58
KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1 KESIMPULAN .....	58
5.2 SARAN .....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	61

LAMPIRAN .....	63
----------------	----

## Daftar Gambar

Gambar 2.1 Monthly Average Insolation .....	
Gambar 2.2 Potensi Solar Energi Di Indonesia .....	
Gambar 2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	
Gambar 2.4 <i>Photovoltaic</i> jenis Monocrystalline.....	
Gambar 2.5 <i>Photovoltaic</i> Jenis Polycrystalline .....	
Gambar 2.6 Thin Film Solar Cell.....	
Gambar 2.7 Konversi cahaya .....	
Gambar 2.8 Penampang PV .....	
Gambar 2.9 Panel surya .....	
Gambar 2.10 Baterai (aki).....	
Gambar 2.11 Bentuk fisik Solar Charge Controller.....	
Gambar 2.12 Kurva I-V pada modul surya.....	
Gambar 3.1 panel surya monocrystalline.....	
Gambar 3.2 Ampermeter.....	
Gambar 3.3 Multimeter.....	
Gambar 3.4 Lux Meter.....	
Gambar 3.5 Timbangan.....	
Gambar 3.6 Spary.....	
Gambar 3.7 Besi Baja Ringan.....	
Gambar 3.8 Polutan NaCl .....	
Gambar 3.9 Air.....	
Gambar 3.10 Polutan kaolin.....	
Gambar 3.11 pengukuran tegangan dan arus .....	
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian .....	38
Gambar 4.2 Panel Surya Bersih Kering .....	39
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Kondisi Bersih Kering.....	40
Gambar 4.4 Panel Surya Kondisi Bersih Basah.....	41
Gambar 4. 5Grafik Hasil Pengukuran Kondisi Bersih Basah .....	42
Gambar 4.6 Panel Surya Kondis terpolusi Kering.....	43
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengukuran Kondisi Terpolusi Kering .....	44
Gambar 4.8 Panel Surya Kondisi Terpolusi Basah.....	46

Gambar 4. 9Grafik Hasil Pengukuran Kondisi Terpolusi Basah .....	47
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan Arus dan Daya.....	49
Gambar 4. 11 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan Arus dan Daya.....	50
Gambar 4. 12 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan Arus dan Daya.....	52
Gambar 4. 13 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan Arus dan Daya.....	54
Gambar 4.14Grafik Daya Rata-rata 4 Kondisi Pane Surya.....	55

## Daftar tabel

Lampiran 1 Surat Penelitian .....	63
Lampiran 2 Hasil Turnitin .....	64
Lampiran 3 Dokumentasi.....	65

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Energi terbarukan memiliki peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi karena sumber energi ini sangat melimpah. Energi terbarukan adalah sumber energi yang berasal dari alam yang dapat digunakan secara bebas, dapat diperbarui secara terus-menerus, dan tidak terbatas. Contoh dari energi terbarukan adalah energi surya. Energi ini diperoleh melalui proses penangkapan radiasi sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Untuk mendapatkan aliran listrik, energi matahari diserap menggunakan panel surya, yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik. Talawo, P. C. D dkk (2022)

Salah satu inovasi yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS, yang juga dikenal sebagai sel surya, semakin diminati karena penggunaannya yang fleksibel dan dapat diterapkan di berbagai lokasi seperti perkantoran, pabrik, perumahan, serta sebagai sumber energi listrik bagi peralatan elektronik yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Energi listrik dari panel surya dihasilkan dari penyerapan radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa cahaya matahari, khususnya intensitasnya, dapat diubah menjadi sumber energi listrik yang dapat digunakan untuk konsumsi manusia melalui penggunaan modul surya. Talawo, P. C. D dkk (2022)

Kualitas energi listrik yang dihasilkan dari panel surya bergantung pada intensitas sinar matahari yang diterima oleh permukaan panel surya. Kondisi iklim di Indonesia sangat mendukung efisiensi panel surya, karena letak geografis Indonesia di sekitar garis khatulistiwa menyebabkan iklim tropis yang panas. Salah satu faktor yang mempengaruhi operasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah kebersihan permukaan panel surya. Karena panel surya dipasang di lingkungan terbuka, mereka rentan terhadap akumulasi debu yang dapat mengurangi efisiensi penyerapan energi matahari. Kotoran pada permukaan panel surya dapat mengurangi daya yang dihasilkan oleh modul surya, sehingga kinerja modul dalam pengisian baterai menjadi tidak optimal. (P.A Sujana., I.N.S Kumara., I.A.D Giriantiri., 2015).

Kota Gorontalo adalah salah satu wilayah di Provinsi Gorontalo dengan luas wilayah sebesar 64,79 km<sup>2</sup>, yang mencakup sekitar 0,53% dari total luas Provinsi Gorontalo. Curah hujan di wilayah ini berkisar antara 11 mm hingga 266 mm per tahun. Suhu udara di Gorontalo rata-rata mencapai 32°C pada siang hari dan 23°C pada malam hari. Kelembaban udara relatif tinggi, dengan rata-rata mencapai 79,9%. Secara geografis, Kota Gorontalo terletak antara 00° 28' 17" hingga 00° 35' 56" lintang utara (LU) dan 122° 59' 44" hingga 123° 05' 59" bujur timur (BT). (Gobel, I.V. 2022). Terjadinya penumpukan pada permukaan panel surya bisa berupa partikel-partikel pengotor baik larut maupun tak larut. Terbentuknya lapisan pengotor atau polutan yang disebabkan polusi udara pada permukaan panel surya dapat mengakibatkan terjadinya pengurangan kinerja panel surya sebagai alat penyerap energi matahari.

Selain itu, faktor yang mempengaruhi kinerja panel surya bisa disebabkan akibat kondisi cuaca, misalnya panas dan hujan serta lingkungan tempat/posisi diletaknya panel surya pada dilingkungan yang banyak pepohonan unggas hal ini akan berpengaruh pada kinerja panel surya. Berdasarkan latar belakang diatas maka peneliti melakukan penelitian tentang Pengaruh Polutan Pada Permukaan Panel surya Terhadap Kinerja Panel Surya. Talawo, P. C. D dkk (2022)

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja panel surya pada kondisi permukaan panel surya bersih kering?
2. Bagaimana kinerja panel surya pada kondisi permukaan panel surya bersih basah?
3. Bagaimana kinerja panel surya pada kondisi terpolusi basah?
4. Bagaimana kinerja panel surya pada kondisi terpolusi kering?

## **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Mengukur tegangan keluaran panel surya pada kondisi bersih kering,bersih basah, terpolusi basah dan terpolusi kering.
2. Mengukur arus keluaran panel surya pada kondisi bersih kering,bersih basah, terpolusi basah dan terpolusi kering.



3. Menghitung tegangan dan arus keluaran panel surya pada kondisi bersih kering, bersih basah, terpolusi basah dan terpolusi kering..
4. Tidak menganalisis unsur kimia atau ikatan kimia dari polutan yang digunakan.

#### **1.4 BATASAN MASALAH**

Batasan Masalah pada penelitian ini adalah :

1. Lama waktu pengujian panel surya dilakukan selama 4 hari dengan lama waktu pengujian tiap hari adalah 12 jam yang dimulai pukul 06.00-18.00.
2. *Battery Lithium 12 Volt 100 Ampere.*
3. Pengukuran tegangan dan arus output dari panel surya
4. Panel surya yang digunakan adalah panel surya monocrystalline 240 Watt.
5. Polutan yang digunakan adalah polutan larut yakni NaCl dan polutan tak larut yakni kaolin 200 gram.
6. Tidak menganalisis unsur kimia atau ikatan kimia dari polutan yang digunakan.

#### **1.5 MANFAAT PENELITIAN**

Adapun manfaat yang hendak dicapai dalam penulisan laporan akhir ini ialah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi tentang pengaruh kebersihan pada permukaan panel surya terhadap nilai output panel surya.
2. Memberikan informasi pentingnya maintenance pembersihan pada permukaan panel surya sehingga kinerja dari panel surya akan maksimal.

3. Agar supaya menjadi referensi kepada peneliti berikutnya untuk mengembangkan penelitiannya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 PENELITIAN TERDAHULU**

Talawo, P. C. D dkk (2022).” Pengaruh Polutan pada Permukaan Panel Surya Terhadap Kinerja Panel Surya Kapasitas 10 Wp”Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja panel surya terkait dengan waktu pengisian baterai, arus, tegangan, dan daya pada berbagai kondisi permukaan panel surya, termasuk bersih dan kering, bersih dan basah, terpolusi dan basah, serta terpolusi dan kering. Metode penelitian dilakukan melalui eksperimen lapangan langsung, dengan menggunakan panel surya berkapasitas 10Wp (*Watt peak*) sebagai objek penelitian dan mengevaluasi pengaruh polutan larut dan tak larut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja panel surya pada kondisi bersih dan kering memiliki daya rata-rata tertinggi sebesar 5,42 *Watt*, dengan waktu pengisian baterai tercepat selama 6 jam. Pada kondisi bersih dan basah, daya rata-rata yang dihasilkan adalah 4,88 *Watt*, dengan waktu pengisian baterai sekitar 6 jam 10 menit. Sedangkan pada kondisi terpolusi dan basah, daya rata-rata mencapai 4,77 *Watt* dengan waktu pengisian baterai selama 6 jam 14 menit. Terakhir, pada kondisi terpolusi dan kering, daya rata-rata yang diperoleh adalah 4,43 *Watt*, dengan waktu pengisian baterai selama 6 jam 20 menit.

Yoga fernando (2020)“Studi Kinerja Panel Surya Tipe 180 WP Berdasrkan Air Cooling System dan Perpindahan Panas Pada Permukaan Panel Surya”

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu terhadap efisiensi panel surya serta mengevaluasi faktor-faktor sistem dan lingkungan yang memengaruhi efisiensi panel surya. Metode yang digunakan melibatkan pemasangan pendingin pada panel surya untuk memantau perubahan nilai efisiensi saat suhu dikontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi panel surya meningkat setelah penerapan pendingin pada permukaan belakang panel surya, tergantung pada intensitas matahari yang diterima. Namun, penelitian juga menyoroti bahwa suhu panel surya secara langsung dapat mempengaruhi nilai efisiensinya.

Fuadi.I.A.(2018) "Studi Pengaruh Polutan Terhadap Kinerja PV *Module*" Salah satu penelitian yang dilakukan adalah tentang waktu *Photovoltaic module* akan mengeluarkan daya maksimum, karena waktu erat kaitannya dengan besar intensitas cahaya yang dapat diterima. Pada penelitian tersebut didapat hasil bahwa *Photovoltaic module* akan menghasilkan daya maksimum pada pukul 11.00 hingga 13.00 dalam keadaan cuaca cerah. Suhu juga merupakan parameter pembanding, seperti yang ditunjukkan pada hasil penelitian yang dilakukan Kho Hie Khwee, di mana daya yang dihasilkan dari panel *Photovoltaic* akan menurun seiring dengan naiknya suhu permukaan *Photovoltaic*. Faktor lain yang dapat mempengaruhi performansi dari suatu *Photovoltaic generation* adalah faktor polutan. Faktor polutan sangat erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sekitar *Photovoltaic module*, sehingga pemilihan lokasi *Photovoltaic module* merupakan suatu hal yang perlu diutamakan. Merujuk pada hasil penelitian dari Hussein A Kazem..

Pasaribu, C. Dkk (2021) “Analisa Pengaruh Pendinginan Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Keluaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Matahari” tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dampak suhu terhadap efisiensi panel surya serta untuk menganalisis faktor-faktor sistem dan lingkungan yang mempengaruhi efisiensi panel surya. Metode yang digunakan melibatkan pemasangan sistem pendingin pada panel surya untuk memantau perubahan efisiensi ketika suhu dikontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi panel surya meningkat setelah penerapan pendingin pada permukaan belakang panel surya, tergantung pada intensitas matahari yang diterima. Namun, penelitian juga mencatat bahwa suhu panel surya secara langsung dapat memengaruhi nilai efisiensinya.

## **2.2 TEORI DASAR**

### **2.2.1 Studi Literatur**

Studi literatur ini dilakukan dengan tujuan untuk menggali informasi dari berbagai sumber, termasuk artikel, skripsi, jurnal nasional, dan internasional, yang relevan dengan topik penelitian yang diajukan. Hal ini bertujuan untuk memperluas wawasan penulis serta sebagai dukungan teoritis dalam penyusunan tugas akhir.

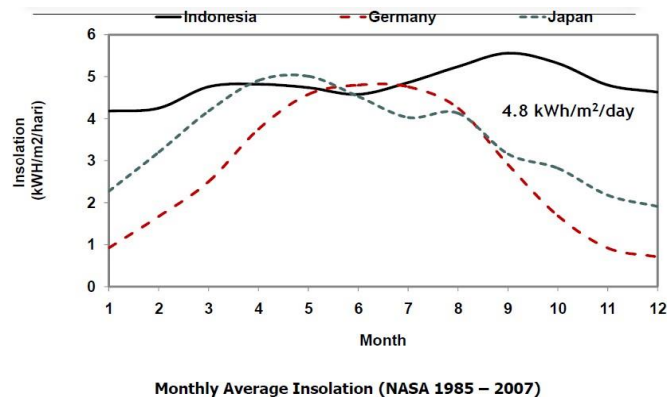
### **2.2.2 Energi Surya**

Energi surya menjadi fokus pengembangan utama pemerintah Indonesia karena potensi energi surya yang signifikan di negara tropis ini. Data radiasi matahari dari 18 lokasi di Indonesia menunjukkan intensitas radiasi yang

bervariasi, seperti pada Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan sekitar 10%, dan Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Dengan demikian, rata-rata potensi penyinaran matahari di Indonesia adalah sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%.

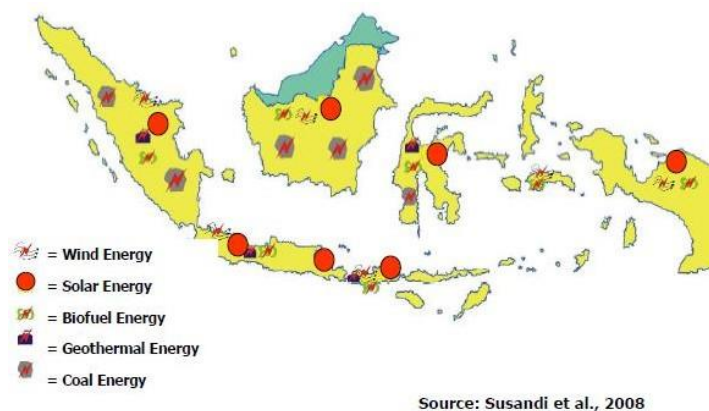
Matahari sebagai sumber energi utama memancarkan energi yang besar ke permukaan bumi, dimana sebagian besar digunakan untuk memanaskan permukaan, sedangkan sisanya diserap oleh angin, gelombang, dan arus, dan hanya sebagian kecil yang disimpan melalui proses fotosintesis untuk pembentukan bahan bakar fosil. Dari sinilah dapat disimpulkan bahwa sumber energi utama berasal dari energi surya.

Keuntungan energi surya antara lain tidak bersifat polutif, tak terbatas, dapat diandalkan, dan gratis. Namun, kelemahannya adalah variabilitasnya yang tidak konstan dan rendahnya arus energi, yang memerlukan sistem dan kolektor dengan luas permukaan besar untuk mengumpulkan dan mengkonsentrasikan energi tersebut. Hal ini menuntut investasi yang signifikan, serta perlunya sistem penyimpanan energi atau konversi lainnya untuk mengatasi ketidakpastian pasokan energi surya terus-menerus, khususnya pada malam hari atau cuaca mendung.



**Gambar 2.1** Monthly Average Insolation

Energi surya, atau energi dari matahari, telah menjadi sumber daya yang dimanfaatkan secara luas di berbagai negara di seluruh dunia. Potensi energi surya, jika dieksploitasi dengan optimal, memiliki kapasitas untuk memenuhi kebutuhan konsumsi energi global dalam jangka waktu yang lebih lama. Matahari dapat dimanfaatkan secara langsung untuk menghasilkan listrik, memanaskan air, dan bahkan untuk proses pendinginan. Potensi masa depan energi surya hanya dibatasi oleh sejauh mana kita mau memanfaatkan peluang-peluang yang ada.



**Gambar 2.2** Potensi Solar Energi Di Indonesia

Energi surya atau energi matahari telah diadopsi di banyak wilayah di seluruh dunia. Jika dimanfaatkan secara optimal, energi ini memiliki potensi untuk

memenuhi kebutuhan konsumsi energi global saat ini dalam jangka waktu yang lebih lama. Matahari dapat dimanfaatkan langsung untuk menghasilkan listrik, memanaskan air, dan bahkan untuk proses pendinginan. Potensi masa depan energi surya hanya dibatasi oleh sejauh mana kita mampu memanfaatkan peluang yang tersedia. (Gede widayana,2014)

### 2.2.3 Sejarah Sel Surya

Penemuan aliran listrik matahari (surya) pertama kali dilakukan oleh Alexander Edmond Beequerel, seorang fisikawan asal Jerman, pada abad ke-19. Beequerel mengamati bahwa berkas sinar matahari secara tidak sengaja mengenai larutan elektrokimia, yang menyebabkan peningkatan muatan elektron. Pada awal abad ke-20, Albert Einstein mengembangkan penemuan tersebut, menggagas konsep "*Photoelectric effect*" yang kemudian menjadi dasar untuk pemahaman "*Photovoltaic effect*". Einstein melakukan pengamatan pada lempeng logam yang memancarkan foton, partikel energi cahaya, ketika terkena energi matahari. Foton-foton ini mendorong atom-atom logam, menghasilkan partikel energi foton yang menyerupai gelombang energi cahaya. Sinar dengan energi foton tinggi dan gelombang pendek disebut sinar ultraviolet, sementara yang energinya rendah dan gelombangnya panjang disebut sinar inframerah.

Hasil pengamatan Einstein menjadi dasar untuk pengembangan teknologi *Quantum Mechanics*, yang kemudian dimanfaatkan oleh *Bell Telephone Research Laboratories* untuk menciptakan sel surya padat pertama pada sekitar tahun 1930. Perkembangan sel surya semakin pesat pada tahun 1950-an hingga



1960-an, ketika sel surya mulai digunakan dalam aplikasi pesawat ruang angkasa. Pada tahun 1970-an, sel surya mulai diperkenalkan secara luas di seluruh dunia sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Meskipun begitu, produksi sel surya masih terbatas karena pembuatannya masih manual. Pada tahun 1980-an, kerjasama antara perusahaan pembuat sel surya dengan pemerintah ditingkatkan untuk meningkatkan produksi secara massal, sehingga biaya produksi dapat ditekan, membuat harga satuan sel surya menjadi lebih terjangkau. (Phalevi, 2015).

#### **2.2.4 Faktor Pengoperasian Sel Surya**

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengoperasian sel surya untuk mencapai *Solar Electricity*, Lorenzo Eduardo kinerja maksimum sangat bergantung pada:

**a. Suhu Udara Sekitar (*Ambient Air Temperature*)**

Sel surya beroperasi secara optimal pada suhu normal (sekitar 25°C).

Peningkatan suhu di atas suhu normal akan menurunkan nilai tegangan (Voc). Setiap kenaikan suhu sebesar 10°C di atas suhu normal akan mengurangi total daya yang dihasilkan sekitar 0,4%, atau penurunan daya dua kali lipat untuk setiap kenaikan suhu 10°C. (Sumber:).

**b. Radiasi Matahari**

Radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi bervariasi tergantung pada lokasi dan kondisi spektrum surya. Intensitas radiasi surya sangat mempengaruhi arus listrik (I) yang dihasilkan oleh sel surya, meskipun pengaruhnya terhadap tegangan lebih kecil.

c. **Kecepatan Angin**

Kecepatan angin di sekitar lokasi instalasi sel surya dapat membantu mendinginkan permukaan panel surya, sehingga mengurangi suhu operasi dan meningkatkan efisiensi sel surya.

d. **Kondisi Atmosfer Bumi**

Kondisi atmosfer seperti awan, kabut, jenis partikel debu, asap, kelembaban udara (Rh), dan polusi udara sangat mempengaruhi hasil maksimum arus listrik dari sel surya.

e. **Orientasi Panel Surya**

Orientasi panel atau rangkaian sel surya ke arah matahari sangat penting untuk menghasilkan energi maksimum. Selain arah, sudut kemiringan (*tilt angle*) panel surya juga mempengaruhi hasil energi. Sebagai pedoman: untuk lokasi di belahan bumi utara, panel surya sebaiknya diorientasikan ke selatan. Orientasi timur-barat juga dapat menghasilkan energi, tetapi tidak akan seoptimal orientasi ke selatan.

f. **Sudut Kemiringan Panel Surya (*Tilt Angle*)**

Memastikan sinar matahari jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya akan menghasilkan energi maksimum sekitar  $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antar sinar matahari dengan bidang sel surya, maka ekstra luasan bidang panel sel surya dibutuhkan (bidang panel sel surya sel surya pada Equator (latitude 0 derajat) yang diletakkan mendatar ( $\text{tilt angle} = 0$ ) akan menghasilkan energi maksimum,

sedangkan untuk lokasi dengan latitude berbeda harus dicari “tiltangle” yang optimum (Yuliananda dkk, 2015)

#### **2.2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari melalui sel surya (*fotoVoltaik*) untuk mengonversi radiasi foton matahari menjadi energi listrik. Sel surya terdiri dari lapisan-lapisan tipis bahan semikonduktor yang dapat memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik arus searah (DC). Energi listrik DC ini dapat diubah menjadi listrik arus bolak-balik (AC) sesuai kebutuhan.

PLTS tetap dapat menghasilkan listrik meskipun dalam kondisi cuaca mendung, asalkan masih ada cahaya yang tersedia. Sistem ini pada dasarnya adalah sumber daya listrik yang dapat dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik skala kecil hingga besar. PLTS dapat beroperasi secara mandiri atau dikombinasikan dengan sumber energi lain (sistem hibrid). Selain itu, PLTS dapat diterapkan dengan metode desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun metode sentralisasi (distribusi listrik melalui jaringan kabel). Berikut merupakan Gambar dari PLTS :



**Gambar 2.3** Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada dasarnya adalah sebuah sistem sumber daya listrik yang dapat dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik dari skala kecil hingga besar. PLTS dapat beroperasi secara mandiri atau sebagai bagian dari sistem hibrida yang mengombinasikan sumber energi lain. Sistem ini dapat diterapkan dengan metode desentralisasi, di mana setiap rumah memiliki pembangkit listrik sendiri, atau dengan metode sentralisasi, di mana listrik didistribusikan melalui jaringan kabel.

PLTS merupakan bagian dari sumber energi terbarukan, dengan sinar matahari sebagai sumber energi yang tidak ada habisnya. Selain itu, PLTS adalah pembangkit listrik yang ramah lingkungan, karena tidak memiliki bagian yang berputar, tidak menimbulkan kebisingan, dan tidak menghasilkan gas buang atau limbah. (Mertasana, 2017).

#### **2.2.5.1 Modul Surya**

Modul surya (fotoVoltaic) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran

energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari. Komponen utama sistem surya *Photovoltaic* adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya *Photovoltaic*. Untuk membuat modul *Photovoltaic* secara pabrikan bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul *Photovoltaic* kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel *Photovoltaic* diperlukan teknologi tinggi. Modul *Photovoltaic* tersusun dari beberapa sel *Photovoltaic* yang dihubungkan secara seri dan parallel. Pembangkit listrik yang memanfaatkan energi surya atau lebih umum dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

1. Sumber energi yang digunakan sangat melimpah dan gratis
2. Sistem yang dikembangkan bersifat modular sehingga dapat dengan mudah diinstalasi dan diperbesar kapasitasnya.
3. Perawatannya mudah
4. Tidak menimbulkan polusi
5. Dirancang bekerja secara otomatis sehingga dapat diterapkan ditempat terpencil.
6. Relatif aman
7. Keandalannya semakin baik
8. Adanya aspek masyarakat pemakai yang mengendalikan sistem itu sendiri
9. Mudah untuk diinstalasi
10. Radiasi matahari sebagai sumber energi tak terbatas
11. Tidak menghasilkan CO<sub>2</sub> serta emisi gas buang

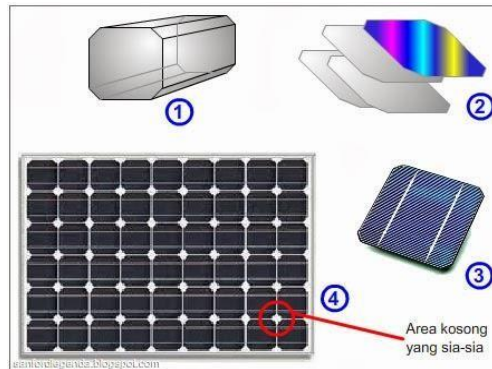
Salah satu kendala yang dihadapi dengan dalam pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah Investasi awalnya yang tinggi dan harga per kWh listrik yang dibangkitkan juga masih relatif tinggi yaitu Sekitar (\$ USD 3 –5 / Wp). Untuk beberapa kondisi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat bersaing dengan pembangkit Konvensional Diesel/Mikrohydro, yaitu pada tempat-tempat terpencil yang sarana perhubungannya masih belum terjangkau jaringan listrik umum (PLN), (Retno dkk,2017).

#### **2.2.5.2 Spesifikasi dan Jenis Jenis Sel Surya**

Jenis-jenis *Photovoltaic* array digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu:

##### **1. Monocrystalline**

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur dan kemudian dituangkan ke dalam cetakan berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak setinggi pada sel surya monokristalin, sehingga sel surya yang dihasilkan tidak seragam dan memiliki efisiensi yang lebih rendah, berkisar antara 13% hingga 16%. Penampilannya terlihat seperti memiliki pola pecahan kaca. Bentuk persegi sel ini memungkinkan susunan yang rapat pada panel surya, sehingga tidak ada ruang kosong yang terbuang seperti pada susunan panel surya monokristalin. Proses pembuatannya lebih sederhana dibandingkan dengan monokristalin, yang membuat harganya lebih terjangkau. Jenis ini adalah yang paling umum digunakan saat ini.



Gambar 2.4 *photovoltaic* jenis Monocrystalline

**Keterangan Gambar:**

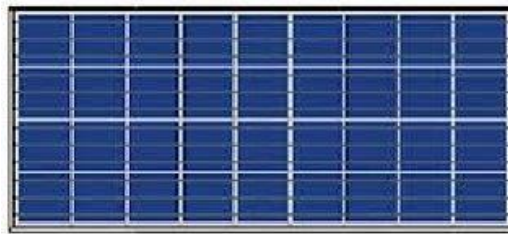
1. Batangan kristal silikon murni
2. Irisan kristal silikon yang sangat tipis
3. Sel surya monokristalin yang sudah jadi
4. Panel surya monokristalin yang terdiri dari susunan sel surya monokristalin
5. Tampak area kosong yang tidak tertutup karena bentuk sel surya jenis ini

Kelemahannya, sel surya jenis ini jika disusun membentuk modul surya (panel surya) akan menyisakan banyak ruang kosong karena sel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya.

## 2. Polycrystalline

Jenis ini dibuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur dan kemudian dituangkan ke dalam cetakan berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak setinggi pada sel surya monokristalin, sehingga sel surya yang dihasilkan tidak seragam dan memiliki efisiensi yang lebih rendah, berkisar

antara 13% hingga 16%. Penampilannya terlihat seperti memiliki pola pecahan kaca. Bentuk persegi dari sel ini memungkinkan susunan yang rapat pada panel surya, sehingga tidak ada ruang kosong yang terbuang seperti pada susunan panel surya monokristalin. Proses pembuatannya lebih sederhana dibandingkan dengan monokristalin, yang membuat harganya lebih terjangkau. Jenis ini adalah yang paling umum digunakan saat ini.



Gambar 2.5 Photovoltaic Jenis Polycrystalline

### 3. Thin Film Solar Cell (TFSC)

Jenis sel surya ini diproduksi dengan menambahkan satu atau beberapa lapisan material fotoVoltaik tipis ke substrat dasar. Sel surya jenis ini memiliki ketebalan yang sangat rendah, sehingga menjadikannya sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini juga dikenal dengan sebutan TFPV (*Thin Film Photovoltaic*).



Gambar 2.6 *Thin Film Solar Cell*

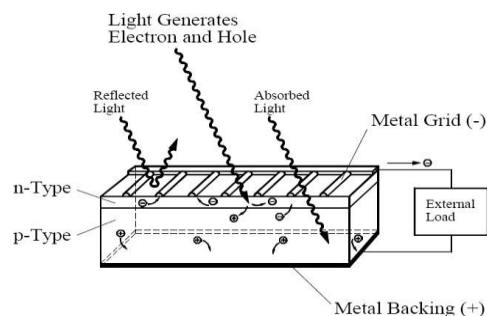


### **Berdasarkan Materialnya, Sel Surya Thin Film Digolongkan Menjadi:**

1. **Sel Surya *Amorphous Silicon* (a-Si)** Sel surya berbahan Amorphous Silicon awalnya banyak digunakan pada kalkulator dan jam tangan. Namun, dengan perkembangan teknologi, penerapannya menjadi semakin luas. Melalui teknik produksi yang disebut "*stacking*" (susun lapis), di mana beberapa lapisan Amorphous Silicon ditumpuk untuk membentuk sel surya, efisiensinya dapat ditingkatkan menjadi sekitar 6% - 8%.
2. **Sel Surya *Cadmium Telluride* (CdTe)** Sel surya jenis ini menggunakan bahan *Cadmium Telluride* dan memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sel surya Amorphous Silicon, yakni sekitar 9% - 11%.
3. **Sel Surya *Copper Indium Gallium Selenide* (CIGS)** Dibandingkan dengan kedua jenis sel surya thin film di atas, sel surya CIGS memiliki efisiensi tertinggi, yaitu sekitar 10% - 12%. Selain itu, jenis ini juga tidak mengandung bahan berbahaya *Cadmium* seperti pada sel surya CdTe. Teknologi produksi sel surya thin film ini masih tergolong baru dan memiliki potensi besar untuk berkembang di masa mendatang. Dengan biaya produksi yang rendah serta bentuknya yang tipis, ringan, dan fleksibel, sel surya ini dapat diaplikasikan pada berbagai permukaan, seperti kaca, dinding bangunan, genteng rumah, dan bahkan berpotensi untuk diaplikasikan pada bahan seperti pakaian. (Retno dkk, 2017).

### 2.2.5.3 Prinsip Kerja *Photo Voltaik*

Apabila bahan semikonduktor seperti silikon ditempatkan di bawah sinar matahari, maka bahan tersebut akan menghasilkan sejumlah kecil listrik yang dikenal sebagai efek fotolistrik. Efek fotolistrik adalah pelepasan elektron dari permukaan logam akibat penyerapan cahaya. Proses ini merupakan dasar fisika dari *fotoVoltaik* yang mengubah energi cahaya menjadi listrik. Cahaya matahari terdiri dari partikel-partikel yang disebut "foton" yang memiliki energi tertentu tergantung pada panjang gelombang dalam spektrum cahaya. Ketika foton menabrak sel surya, cahaya tersebut dapat dipantulkan, diserap, atau diteruskan. Cahaya yang diserap akan menghasilkan listrik. Saat tumbukan terjadi, energi yang dimiliki foton ditransfer ke elektron pada atom sel surya yang merupakan bahan semikonduktor. Energi ini memungkinkan elektron untuk melepaskan diri dari ikatan normalnya dalam bahan semikonduktor dan menghasilkan arus listrik yang mengalir dalam rangkaian listrik yang ada. Ketika elektron melepaskan diri dari ikatannya, terbentuklah lubang atau "hole".

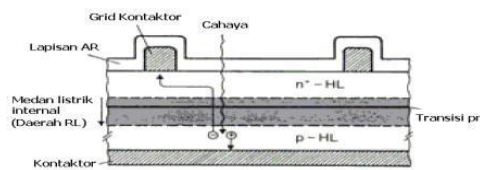


**Gambar 2.7** Konversi cahaya

Matahari Secara umum, konstruksi sebuah *foto Voltaic*

terdiri dari bagian, yaitu:

- Lapisan penerima radiasi
- Lapisan tempat terjadinya pemisahan muatan akibat fotoinduksi
- Lapisan kontaktor



**Gambar 2.8** Penampang PV

### Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Energi PLTS

PLTS Keberhasilan produksi dari PLTS pada Kantor Gubernur Bali ini tidak terlepas dari berbagai macam faktor yang mempengaruhi hasil produksi, unjuk kerja PLTS ini perlu diperhatikan mengingat banyak faktor yang mempengaruhi kinerja pembangkit dan hasil energi listrik yang diproduksi nantinya. Faktor – faktor yang mempengaruhi produksi energi listrik PLTS adalah iradiasi matahari, energi yang dihasilkan modul surya dapat menurun atau meningkat tergantung dari iradiasi matahari pada lokasi pengukuran, suhu modul surya juga mampu mempengaruhi hasil energy yang dibangkitkan karena energi yang dihasilkan menurun seiring dengan meningkatnya suhu tergantung dari besarnya koefisien suhu pada modul surya. Penurunan produksi energi akibat pengaruh dari kenaikan suhu adalah sekitar 0,4% setiap peningkatan 1°C., shading (bayangan) yaitu benda-benda disekeliling PLTS yang menghalangi penyinaran matahari ke modul surya sehingga mengurangi nilai iradiasi matahari yang

ditangkap oleh modul surya, tingkat kebersihan modul surya juga mampu mempengaruhi hasil energi yang dibangkitkan oleh PLTS dikarenakan kotoran atau debu yang menghalangi sel surya dalam menerima sinar matahari, terakhir adalah sudut kemiringan serta orientasi pemasangan modul surya perlu diperhatikan agar panel surya mampu menyerap sinar matahari dengan baik dan menghasilkan output energi yang telah ditargetkan. (Wicaksana dkk, 2019).

#### **2.2.5. 4 Komponen Komponen PLTS**

Pada suatu sistem PLTS tentu terdapat komponen-komponen penyusun yang mendukung terjadinya pembangkitan energi listrik, diantaranya adalah PV array yaitu kumpulan dari modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor yaitu silicon, panel surya dapat mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik.



**Gambar 2.9**Panel surya

Selain itu, PLTS terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu modul surya sebagai pembangkit listrik, inverter untuk mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC, *charger controller* yang menjaga kondisi baterai agar terhindar dari *overcharge*, dan baterai sebagai media penyimpanan energi. Berdasarkan konfigurasinya, PLTS dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu PLTS

terhubung dengan jaringan (*on-grid*) dan PLTS tidak terhubung dengan jaringan (*off-grid*).

#### **2.2.5.5 Battery**

Secara umum di Indonesia, istilah "akumulator" (atau aki, accu) hanya mengacu pada "baterai" mobil. Namun, dalam bahasa Inggris, istilah "*akumulator*" dapat merujuk kepada baterai, kapasitor, atau kompulsator. Dalam standar internasional, setiap sel akumulator memiliki tegangan sebesar 2 *Volt*. Sebagai contoh, aki 12 *Volt* terdiri dari 6 sel, sedangkan aki 24 *Volt* memiliki 12 sel. Aki adalah jenis sel yang umum digunakan dalam sepeda motor maupun mobil. Aki termasuk dalam kategori sel sekunder karena selain mampu menghasilkan arus listrik, aki juga dapat diisi kembali dengan arus listrik. Secara sederhana, aki terdiri dari elektroda Pb sebagai anoda dan PbO<sub>2</sub> sebagai katoda dengan elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. (Harahap, 2019).

Baterai merupakan salah satu komponen yang digunakan dalam sistem sel surya yang dilengkapi dengan penyimpanan cadangan energi listrik. Fungsi utama baterai adalah untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk arus searah. Energi yang tersimpan dalam baterai berperan sebagai cadangan, yang biasanya digunakan saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik, misalnya pada malam hari atau saat cuaca mendung. Selain itu, tegangan keluaran ke sistem cenderung lebih stabil saat menggunakan baterai.

Satuan kapasitas energi yang disimpan dalam baterai dinyatakan dalam *Ampere hour* (Ah), yang mengindikasikan arus maksimum yang dapat

dikeluarkan oleh baterai dalam satu jam. Namun, baterai tidak boleh dikosongkan hingga titik maksimumnya selama proses pengosongan (*discharging*), hal ini dilakukan agar baterai memiliki umur pakai yang lebih panjang atau minimal tidak mengurangi umur pakai yang telah ditentukan oleh pabrikan. Batas pengosongan baterai sering disebut sebagai depth of discharge (DOD), yang biasanya ditentukan sebesar 80%.

Terdapat berbagai tipe dan klasifikasi baterai yang diproduksi saat ini, masing-masing memiliki desain dan karakteristik performa yang spesifik sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Pada sistem sel surya, jenis baterai *lead-acid* lebih umum digunakan karena ketersediaan ukuran (Ah) yang lebih banyak, biaya yang lebih rendah, dan karakteristik performanya yang sesuai. Namun, dalam kondisi kritis seperti suhu rendah, baterai jenis *nickel-cadmium* digunakan meskipun lebih mahal dalam segi biaya tampilan fisik dapat dilihat pada gambar di bawah ini, (Erlina dkk, 2017).



**Gambar 2.10**Baterai (aki)

#### **2.2.5.6 Solar Charger Controller**

*Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban.

*Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena batere sudah 'penuh') dan



**Gambar 2.11**Bentuk fisik *Solar Charge Controller*

kelebihan *Voltase* dari panel surya / solar cell. Kelebihan *Voltase* dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overVoltage*.
2. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak '*full discharge*', dan *overloading*.
3. Monitoring temperatur baterai.

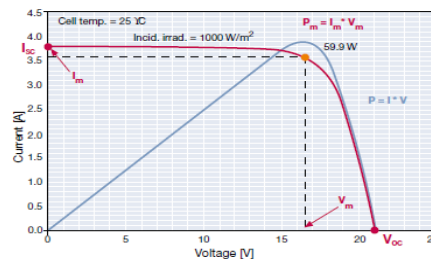
Seperti yang telah disebutkan di atas *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / *solar cell* berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterei. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali. (Junaldy dkk, 2019)

*Solar Charger Controller* (SCC) adalah perangkat yang bertanggung jawab mengatur proses pengisian muatan listrik dari panel surya ke dalam baterai (aki), serta pengosongan muatan listrik dari baterai ke beban seperti inverter, lampu, TV, dan lain-lain. Umumnya, sebuah *solar charger controller* memiliki 6 terminal, di mana 2 terminal digunakan untuk arus dari panel surya, 2 terminal digunakan untuk menghubungkannya ke aki, dan 2 terminal digunakan untuk penggunaan, dengan adanya *solar charger controller*, energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya secara otomatis akan diisikan ke dalam aki dan menjaga aki tetap dalam kondisi baik. Selain itu, *solar charger controller* juga memungkinkan energi dari sel surya dapat langsung digunakan.(Harahap, 2019).

#### **2.2.6 Arus dan Tegangan**

Seperti yang dijelaskan dalam buku ABBQT berjudul "*Photovoltaic Plants*", karakteristik arus dan tegangan pada modul surya dapat dilihat dalam Gambar 1 saat dalam kondisi hubungan tertutup (*short-circuit*) di mana arus mencapai nilai tertinggi ( $I_{sc}$ ), dan sebaliknya, dalam kondisi hubungan terbuka (*open-circuit*) tegangan mencapai nilai tertinggi ( $V_{oc}$ ). Berdasarkan kedua kondisi ini, daya yang dihasilkan oleh modul surya adalah nol, dan hanya pada semua kondisi lainnya, ketika ketiga tegangan meningkat, produksi daya juga meningkat. Awalnya, daya akan mencapai titik daya maksimum ( $P_m$ ), kemudian turun mendekati nilai tegangan tanpa beban. Gambar 1 merupakan kurva IV pada modul surya.





**Gambar 2.12**Kurva I-V pada modul surya

Oleh karena itu, data karakteristik dari PV module dapat dijabarkan sebagai berikut:  $I_{sc}$  = arus hubung singkat PV module (A)  $V_{oc}$  = tegangan tanpa beban (V)  $P_m$  = produksidaya maksimum pada kondisi standar (W)  $I_m$  = produksi arus pada *maximum power point* (A)  $V_m$  = produksi tegangan pada *maximum power point* (V)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 OBJEK PENELITIAN**

Objek yang akan di teliti adalah panel surya monocrystalline 240 Wp dalam kondisi permukaan panel surya bersih kering, permukaan panel surya bersih basah, permukaan panel surya terpolusi basah dan kondisi permukaan panel surya terpolusi basah kering.

#### **3.2 LOKASI DAN TEMPAT PENELITIAN**

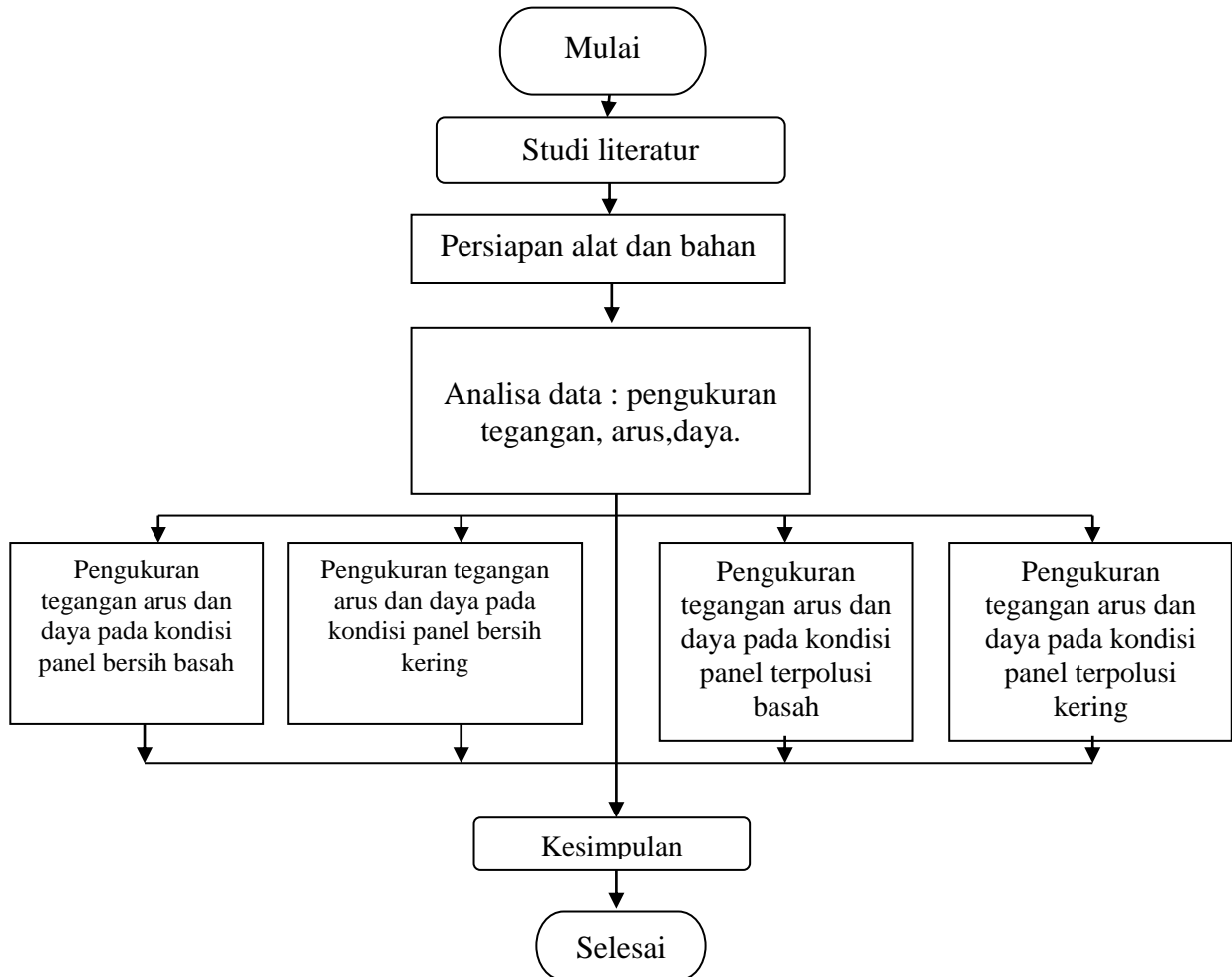
##### **3.2.1 Lokasi dan tempat penelitian**

Lokasi penelitian JL..Prof. Dr.H.B. Jassin, Limba U Dua, Kec. Duingi, Kota Gorontalo, Gorontalo.

##### **3.2.2 Lama waktu penelitian**

Penelitian ini akan dilakukan dengan Lama waktu pengujian 12 jam/hari selama 4 hari pada kondisi bersih kering, bersih basah, terpolusi kering dan terpolusi basah.

### 3.3 FLOWCHART ALUR PENELITIAN



### 3.4 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

#### 3.4.1 Alat yang di gunakan

##### 1) Panel surya *Monocrystalline*



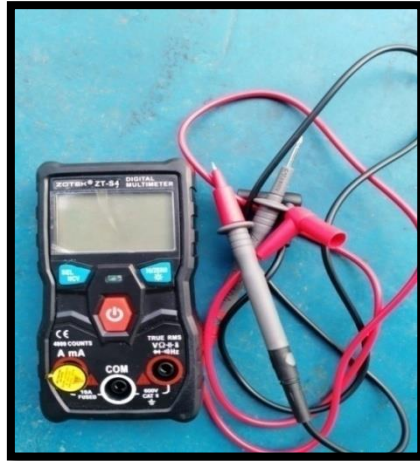
Gambar 3.1 panel surya *monocrystalline*

##### 2) *Ampermeter*



Gambar 3.2 *Ampermeter*

### 3) *Multimeter*



Gambar 3.3 *Multimeter*

### 4) *Lux Meter*



Gambar 3.4 *Lux Meter*

**5) Timbangan**



**Gambar 3.5 Timbangan**

**6) Spray**



**Gambar 3.6 Spary**

**7) Besi Baja Ringan**



**Gambar 3.7 Besi Baja Ringan**

**8) *Batteray***



**Gambar 3. 8 Batterai**

\

**9) SCC (Solar Charger Controller)**



**Gambar 3. 9 SCC (Solar Charger Controller)**

**3.4.2 Bahan yang digunakan dalam pengujian Panel suryayaitu :**

**1) Polutan NaCl**



**Gambar 3.10 Polutan NaCl**

**2) Air**



**Gambar 3.11 Air**



### 3) Kaolin



**Gambar 3.12** Polutan kaolin

### 3.6 PROSEDUR PENELITIAN

Ada beberapa langkah yang harus diikuti dalam pelaksanaan dan penelitian terhadap kondisi panel surya bersih basah, bersih kering, terpolusi basah dan terpolusi kering. Berikut langkah-langkah penelitiannya :

1. Penelitian ini menggunakan panel surya monocrystalline 240 Wp panel surya dan aki.
2. Sebelum melakukan pengujian, peneliti mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
3. Pengujian akan dilakukan selama 4 hari dari pukul 06:00 – 18:00 WIB.
4. Studi ini akan mengevaluasi performa individual dari setiap panel surya dalam 4 kondisi permukaan yang berbeda. Kondisi permukaan panel surya bersih basah, bersih kering, terpolusi basah dan terpolusi kering.
5. Penelitian pertama yaitu dalam kondisi bersih kering, panel surya dalam keadaan bersih tidak terpapar partikel-partikel debu. Kedua panel surya dalam keadaan bersih basah, pada kondisi ini air disemprotkan ke permukaan panel surya. Ketiga panel surya dalam keadaan terpolusi

basah, kemudian panel di semprotkan larutan garam yang sudah di larutkan pada penyemprot air. Ke empat panel surya terpolusi kering, penelitian ini menggunakan polutan kaolin. Pada kondisi ini peneliti melakukan 2 pengukuran pada permukaan panel surya terpolusi kering dengan menaburkan polutan kaolin pada permukaan panel.

6. Kemudian dilakukan pengambilan data setiap 1 jam sekali dengan parameter pengujian yang di ambil adalah output pada panel surya dalam kondisis bersih basah, bersih kering, terpolusi basah dan terpolusi kering menggunakan alat ukur multimeter. Pengukuran yang di lakukan adalah, untuk mencari nilai tegangan arus dan daya output pada panel surya .kemudian untuk mencari daya output ada dua cara yaitu pengukuran langsung atau menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

Dimana :

P= daya listrik dengan satuan *Watt* (W)

V= Tegangan listrik dengan satuan *Volt* (V)

I=; Arus listrik dengan satuan *Ampere* (A).



**Gambar 3.13** pengukuran tegangan dan arus

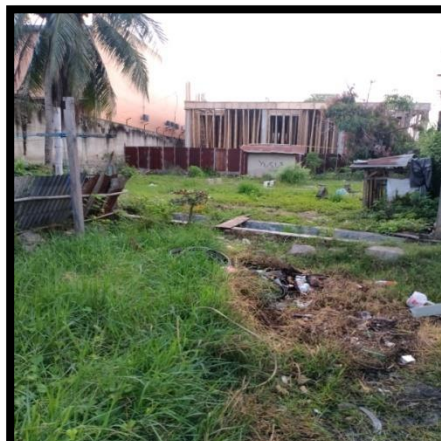
## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang menggunakan 1 panel surya berkapasitas 240 Wp dan baterai 12V. Pengujian dilakukan untuk menganalisis kinerja panel surya dalam kondisi bersih kering, bersih basah, terpolusi basah, dan terpolusi kering..

#### **4.1 Pengujian Kinerja Panel Surya**

Pengujian ini dilakukan pada area terbuka, hal ini dilakukan agar panel surya tidak terhalang oleh pohon atau gedung. Adapun tempat penelitian panel surya tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian ini merupakan tanah datar dan terbuka. Lokasi penelitian ini berjarak sekitar 5 meter dari pepohonan yang tinggi. Panel surya juga diletakkan pada lokasi yang strategis agar terhindar dari bayangan pepohonan dan gedung, sehingga penelitian ini dapat mencapai hasil maksimal.

#### 4.1.1 Hasil Pengujian Panel Surya Kondisi Bersih Kering

Pengujian panel surya pada kondisi bersih kering merupakan kondisi di mana permukaan panel surya bersih dan kering tanpa terkena debu. Pengujian ini bertujuan menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya dan memungkinkan perbandingan dengan kondisi bersih basah, terpolusi kering, dan terpolusi basah.

Adapun panel surya dalam kondisi bersih kering selama pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.2, yaitu Panel Surya Bersih Kering



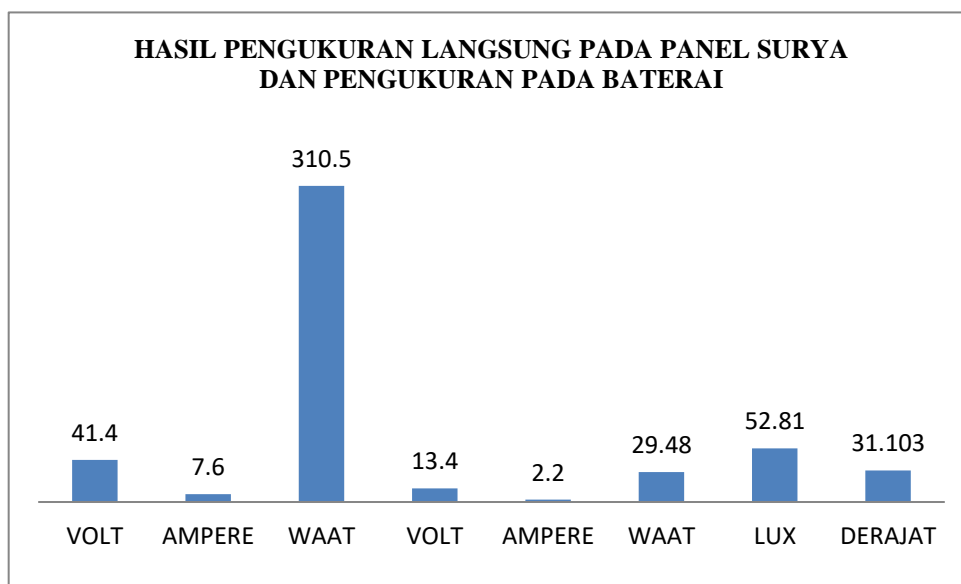
**Gambar 4.2 Panel Surya Bersih Kering**

Pada kondisi ini, permukaan panel surya memperoleh sinar matahari maksimal tanpa adanya debu atau polutan lain yang menempel pada permukaannya.

**Tabel 4 1 Hasil Pengujian Bersih Kering**

TANG GAL	JAM	PENGUKURAN LANGSUNG			PENGUKURAN BATTERY			LUX	DERAJAT	KONDISI CUACA
		V	A	W	V	A	W			
09-Jun- 24	06.00	40,8	7,2	293,76	13,4	2,2	29,48	5.252	24	MENDUNG
	07.00	42,3	7,5	317,25	13,3	2,4	31,92	10.010	25	MENDUNG
	08.00	43,3	7,9	342,07	13,6	2,3	31,28	31.430	29	MENDUNG
	09.00	43,5	7,9	343,65	13,3	2,2	29,26	38.950	29	MENDUNG
	10.00	43,3	8,1	350,73	13,3	2,1	27,93	38.470	32	MENDUNG

TANG GAL	JAM	PENGUKURAN LANGSUNG			PENGUKURAN BATTERY			LUX	DERAJAT	KONDISI CUACA
		V	A	W	V	A	W			
	11.00	43,5	8	348	13,3	2,2	29,26	141.800	36	CERAH
	12.00	43	7,9	339,7	13,3	2,2	29,26	136.500	34	CERAH
	13.00	42,8	7,9	338,12	13,3	2,1	27,93	118.300	39	CERAH
	14.00	43,3	7,7	333,41	13,8	2,3	31,74	99.040	33	CERAH
	15.00	43,2	7,9	341,28	13,8	2,1	28,98	49.050	34	CERAH
	16.00	41,6	7,5	312	13,6	2,1	28,56	13.100	32	MENDUNG
	17.00	40,4	7,4	298,96	13,2	2,2	29,04	4.495	29	MENDUNG
	18.00	28,1	5,1	143,31	13,3	2,2	29,26	135	29	MENDUNG



**Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Kondisi Bersih Kering**

Berdasarkan pengukuran nilai tegangan dan arus, pengujian pada permukaan panel surya bersih kering dilakukan selama 1 hari dari pukul 06.00 - 18.00 WIB. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai tegangan dan arus dapat berubah setiap jamnya karena pengaruh cuaca dan intensitas cahaya yang berubah-ubah. Nilai tegangan dan arus, hasil pengukurandapat di lihat pada Gambar Grafik 4.3 Hasil Pengukuran Kondisi Bersih Kering, pada Gambar Grafik 4.3 di atas adalah hasil nilai rata-rata pengukuran pada kondisi bersih kering.

#### **4.1.2 Hasil Pengujian Panel Surya Kondisi Bersih Basah**

Pengujian panel surya kondisi bersih basah merupakan kondisi di mana permukaan panel surya dalam kondisi bersih basah, kondisi ini merupakan simulasi dalam cuaca pada saat musim hujan. Pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 Panel Surya Kondisi Bersih Basah.



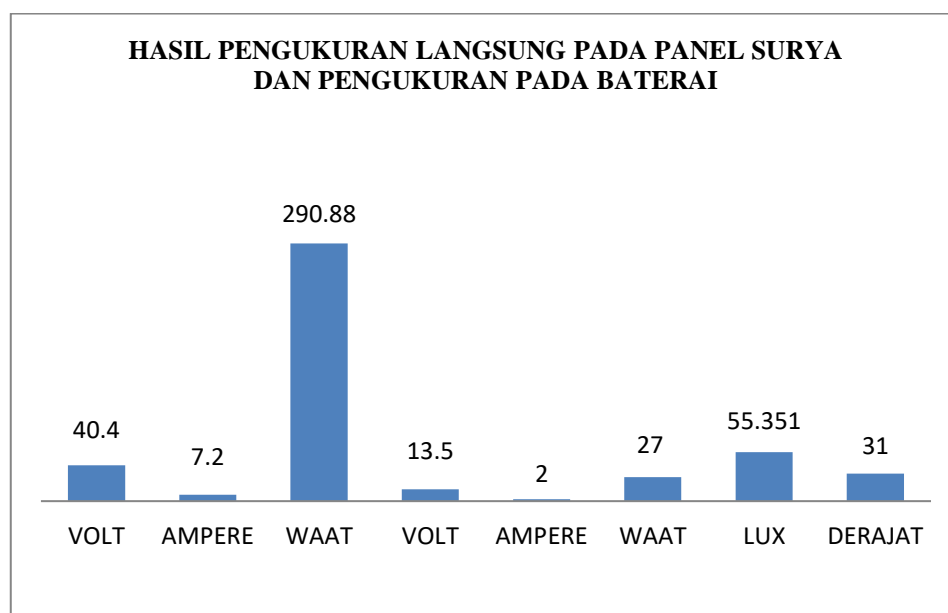
Gambar 4.4 Panel Surya Kondisi Bersih Basah

Adapun permukaan panel surya pada kondisi basah, peneliti menyemprotkan air menggunakan spray pada permukaan panel surya sehingga terbentuk butiran air yang menjadi bahan uji coba pada panel surya. Pertanyaan penelitian adalah apakah keberadaan butiran air pada permukaan panel surya akan memengaruhi nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya tersebut. Data nilai tegangan dan arus dapat dilihat pada Tabel 4.2 Hasil Pengujian Panel Surya dalam Kondisi Bersih Basah.

**Tabel 4 2 Hasil Pengujian Panel Surya Kondisi Bersih Basah**

TANGGAL	JAM	PENGUKURAN LANGSUNG			PENGUKURAN BATTERY			LUX	DERAJAT	KONDISI CUACA
		V	A	W	V	A	W			
10-Jun-24	06.00	40,1	7,2	288,72	13	2,2	28,6	4.133	29	CERAH
	07.00	40,2	7,2	289,44	13	2,3	29,9	5.831	30	CERAH
	08.00	44,7	8,2	366,54	13	2,1	27,3	88.170	29	CERAH
	09.00	44,1	8,2	361,62	13	2	26	112.500	33	CERAH
	10.00	43,5	7,9	343,65	13,1	2,2	28,82	161.100	31	CERAH
	11.00	44,5	8,1	360,45	13,7	2,2	30,14	114.000	31	CERAH
	12.00	44,7	8,3	371,01	14,2	2,1	29,82	146.800	37	CERAH

TANGGAL	JAM	PENGUKURAN LANGSUNG			PENGUKURAN BATTERY			LUX	DERAJAT	KONDISI CUACA
		V	A	W	V	A	W			
	13.00	39	6,9	269,1	12,7	2	25,4	20.080	31	MENDUNG
	14.00	44,1	7,7	339,57	12,7	2	25,4	17.630	31	MENDUNG
	15.00	43,3	7,9	342,07	12,7	2	25,4	33.410	33	CERAH
	16.00	42,1	6,5	273,65	12,9	2	25,8	14.820	33	MENDUNG
	17.00	38,1	7,1	270,51	12,9	1,9	24,51	1.027	30	MENDUNG
	18.00	17,8	3,6	64,08	12,8	1,9	24,32	58	28	HUJAN



**Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengukuran Kondisi Bersih Basah**

Berdasarkan hasil pengujian selama 1 hari pada pukul 06.00-18.00, didapati bahwa hasil pengukuran arus dan tegangan setiap jamnya berbeda pada permukaan panel surya dalam kondisi bersih dan basah. Hal ini disebabkan oleh variabilitas intensitas cahaya dan kondisi cuaca. Jika dibandingkan dengan panel surya yang bersih dan kering, nilai tegangan dan arus pada kondisi bersih dan basah mengalami penurunan, hasil Pengukurandari Dapat di lihat pada Gambar Grafik 4.5 Hasil Pengukuran Kondisi Bersih Basah pada panel surya adalah hasil rata-rata perhitungan, pada Gambar Grafik 4.5 di atas adalah hasil nilai rata-rata

pengukuran pada kondisi bersih basah.

#### **4.1.3 Hasil Pengujian Panel Surya Kondisi Terpolusi Bersih Kering**

Pengujian panel surya kondisi terpolusi bersih kering merupakan kondisi dimana panel surya dalam keadaan terpolusi kering, kondisi ini adalah representasi pada panel surya yang terletak pada wilayah yang berdebu misalnya jalan raya, daerah pabrik yang tingkat polusinya tinggi ataupun pada daerah pegunungan yang sering terjadi erupsi sehingga mengeluarkan abu vulkanik sehingga terkena pada permukaan panel surya. Pengujian ini bisa di lihat pada Gambar 4.4 Panel Surya Kondisi Terpolusi kering.



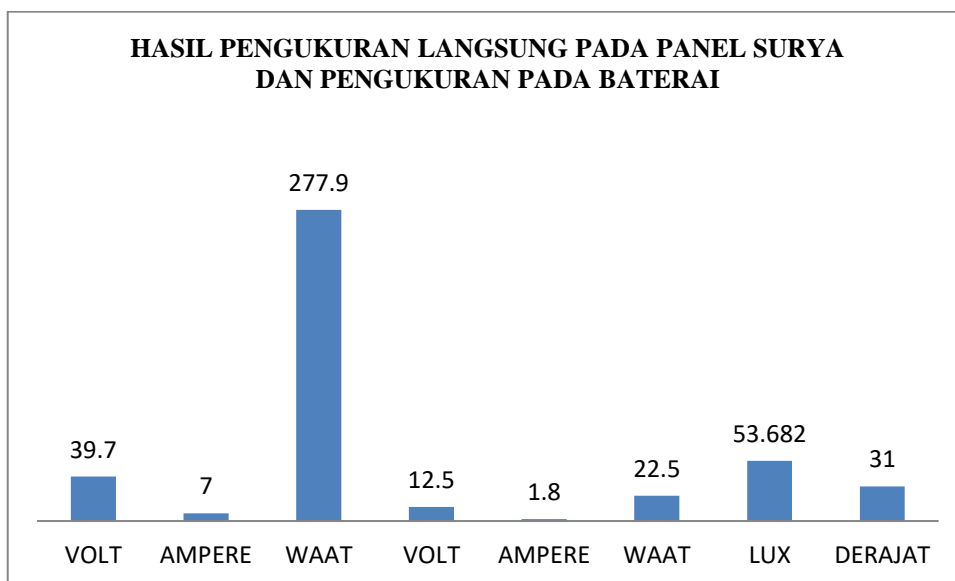
**Gambar 4.6 Panel Surya Kondis terpolusi Kering**

Adapun polutan yang di gunakan pada penelitian ini menggunakan polutan kaolin dan di hamburkan pada permukaan panel surya sebanyak 200 gr kaolin. Polutan kaolin menempel pada permukaan panel surya kaolin mempunyai ciri seperti debu atau seperti abu vulkanik kaolin. nilai tegangan dan arus bisa di lihat pada Tabel 4.3 Hasil Pengujian Panel Surya Terpolusi Kering.



**Tabel 4 3 Hasil Pengujian Panel Surya Terpolusi Kering**

TANGGAL	JAM	PENGUKURAN LANGSUNG			PENGUKURAN BATTERY			LUX	DERAJAT	KONDISI CUACA
		V	A	W	V	A	W			
11-Jun-24	06.00	35,6	6,5	231,4	11,7	1,8	21,06	19.20	26	MENDUNG
	07.00	41,1	7,5	308,25	11,8	1,9	22,42	14.100	27	MENDUNG
	08.00	43,7	7,3	319,01	11,9	1,8	21,42	88.450	29	CERAH
	09.00	43,1	7,6	327,56	11,9	1,8	21,42	113.200	30	CERAH
	10.00	43,5	7,5	326,25	11,5	1,7	19,55	137.900	34	CERAH
	11.00	41,4	7,4	306,36	12,4	1,8	22,32	40.180	33	MENDUNG
	12.00	42,4	7,9	334,96	12,4	1,8	22,32	25.340	33	MENDUNG
	13.00	43,1	7,7	331,87	12,4	1,8	22,32	128.800	36	CERAH
	14.00	43,4	7,6	329,84	12,4	1,8	22,32	95.250	35	CERAH
	15.00	42,3	7,6	321,48	12,4	1,8	22,32	48.470	33	CERAH
	16.00	40,1	7,2	288,72	12,4	1,8	22,32	3.303	31	MENDUNG
	17.00	37,6	6,3	236,88	12,4	1,9	23,56	2.758	30	MENDUNG
	18.00	19,3	3,2	61,76	12,4	1,8	22,32	97	29	MENDUNG



**Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengukuran Kondisi Terpolusi Kering**

Adapun permukaan panel surya yang terpolusi kering diuji selama 1 hari pada rentang waktu pukul 06.00-18.00. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai tegangan dan arus pada setiap jamnya berbeda, dikarenakan permukaan panel surya terhalangi oleh lapisan kaolin yang ditaburkan pada permukaannya, mengakibatkan penurunan intensitas cahaya pada panel surya. Jika dibandingkan

dengan hasil pengukuran pada kondisi bersih kering dan bersih basah, terpolusi kering menunjukkan penurunan nilai tegangan dan arus. Oleh karena itu, dibandingkan dengan kondisi bersih kering dan bersih basah, hasil pengukuran dapat di lihat pada Gambar Grafik 4.7 Hasil Pengukuran Kondisi Terpolusi Kering, pada Gambar Grafik 4.3 di atas adalah hasil nilai rata-rata pengukuran pada kondisi terpolusi kering.

#### **4.1.4 Hasil Pengujian Panel Surya Kondisi Terpolusi Basah**

Pengujian panel surya kondisi terpolusi basah merupakan kondisi permukaan panel surya dalam keadaan terpolusi basah dengan polutan air garam (NaCl) dan basah. Polutan garam (NaCl) yang menempel pada permukaan panel surya yang mempresentasikan panel surya terletak pada posisi pemasaganya pada daerah pinggiran pantai, sehingga berpotensi menempelnya polutan garam tersebut sangat besar. Adapun terpolusi basah ini di pengaruhi oleh air hujan pada saat itu cuacanya sedang hujan.

Adapun exsperimen ini peneliti menggunakan garam sebanyak 100 gr dan mencampurnya pada air, kemudian menyemprotkan menggunakan spray ke permukaan panel surya. Pengujian permukaan panel surya bida di lihat pada Gambar 4.5 Panel Surya Kondisi Terpolusi Basah.

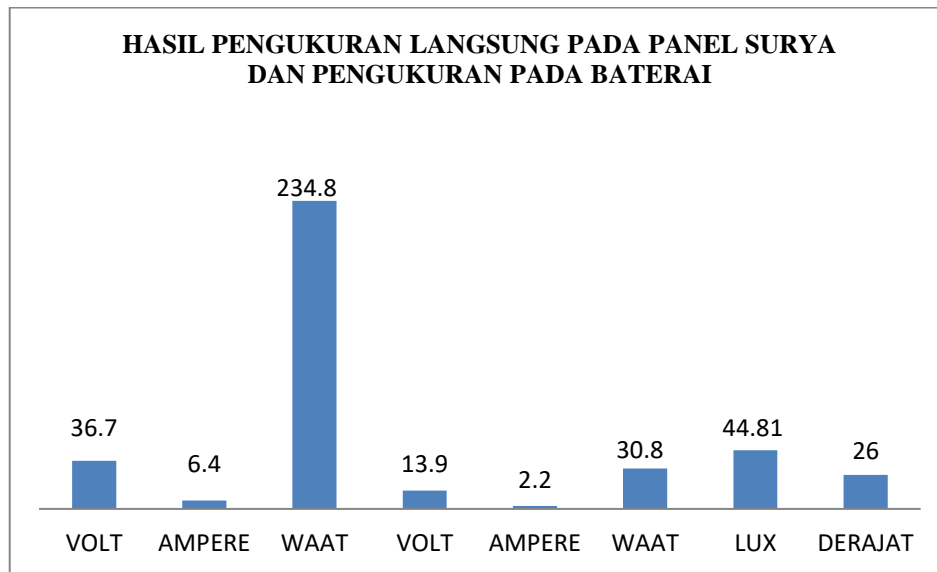


Gambar 4.8 Panel Surya Kondisi Terpolusi Basah

Berdasarkan pengujian selama 1 hari pada permukaan panel surya dalam kondisi panel surya terpolusi basah dengan pengukuran tegangan dan arus setiap perjamny dapat di lihat pada Tabel 4 Hasil Pengujian Panel Surya Terpolusi basah.

**Tabel 4 4 Hasil Pengujian Panel Surya Terpolusi Basah**

TANGG AL	JAM	PENGUKURAN LANGSUNG			PENGUKURAN BATTERY			LUX	DERAJAT	KONDISI CUACA
		V	A	W	V	A	W			
12-Jun-24	06.00	36,3	6,3	228,69	13,1	2,1	27,51	928	26	MENDUNG
	07.00	40,7	6,9	280,83	13,6	2,1	28,56	6.055	27	MENDUNG
	08.00	44,1	6,9	304,29	13,5	2,1	28,35	42.880	27	MENDUNG
	09.00	40,2	7,6	305,52	14,1	2,1	29,61	6.155	27	HUJAN
	10.00	36,6	5,8	212,28	14,2	2,3	32,66	7.082	26	HUJAN
	11.00	37,7	5,9	222,43	14,2	2,4	34,08	5.571	25	HUJAN
	12.00	42,5	7,7	327,25	14,2	2,3	32,66	20.580	26	MENDUNG
	13.00	39,5	7	276,5	14,2	2,4	34,08	12.800	28	MENDUNG
	14.00	41,1	7,5	308,25	14,2	2,3	32,66	17.070	27	MENDUNG
	15.00	37,5	6,5	243,75	14,2	2,3	32,66	4.482	27	HUJAN
	16.00	37,4	6,4	239,36	14,2	2,3	32,66	2.966	26	HUJAN
	17.00	28,5	6,4	182,4	14,2	2,3	32,66	1.106	26	MENDUNG
	18.00	16,2	3	48,6	13,2	2,1	27,72	48	26	MENDUNG



**Gambar 4. 9 Grafik Hasil Pengukuran Kondisi Terpolusi Basah**

Pengukuran nilai tegangan dan arus di lakukan selama 1 hari pada pukul 06.00-18.00 dimana untuk menilai kinerja panel surya agar di peroleh nilai tegangan dan arus secara maksimal. Adapun hasil pengukuran nilai dan tegangan dan arus berbeda setiap jamnya berubah nilai tegangan dan arus di karenakana cuaca dan intensitas cahaya yang berbeda. Hasil Pengukuran dapat di lihat pada Gambar Grafik 4.9 Hasil Pengukuran Kondisi Terpolusi Basah, pada Gambar Grafik 4.3 di atas adalah hasil nilai rata-rata pengukuran pada kondisi terpolusi basah.

#### **4.2 Analisis Pengujian Kinerja Panel Surya**

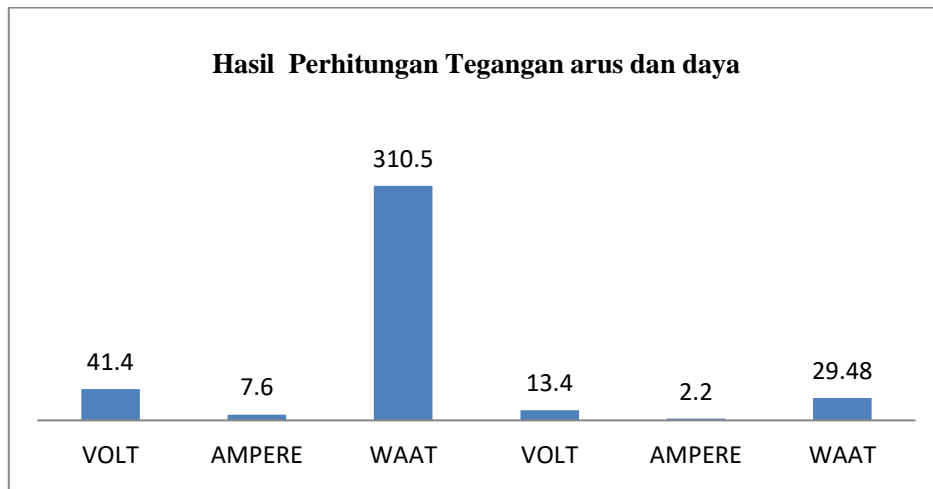
Berdasarkan tujuan pada penelitian di atas peneliti membandingkan waktu pengujian dan karakteristik rata-rata arus, tegangan dan daya pada saat kondisi permukaan panel surya bersih kering, bersih basah, terpolusi kering dan terpolusi basah.

#### 4.2.1 Permukaan Panel surya kondisi bersih kering

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan arus pada Tabel 4.1 kondisi bersih kering, dapat di peroleh rata-rata daya maksimal selama 1 hari dapat di lihat pada Tabel 4.5 Karakteristik Tegangan arus dan daya panel surya kondisi bersih kering

**Tabel 4 5 Karaktersitik Tegangan, arus dan Daya**

JAM	PENGUKURAN LANGSUNG				PENGUKURAN <i>BATTERY</i>		
	V	A	W		V	A	W
06.00	40,8	7,2	293,76		13,4	2,2	29,48
07.00	42,3	7,5	317,25		13,3	2,4	31,92
08.00	43,3	7,9	342,07		13,6	2,3	31,28
09.00	43,5	7,9	343,65		13,3	2,2	29,26
10.00	43,3	8,1	350,73		13,3	2,1	27,93
11.00	43,5	8	348		13,3	2,2	29,26
12.00	43	7,9	339,7		13,3	2,2	29,26
13.00	42,8	7,9	338,12		13,3	2,1	27,93
14.00	43,3	7,7	333,41		13,8	2,3	31,74
15.00	43,2	7,9	341,28		13,8	2,1	28,98
16.00	41,6	7,5	312		13,6	2,1	28,56
17.00	40,4	7,4	298,96		13,2	2,2	29,04
18.00	28,1	5,1	143,31		13,3	2,2	29,26
RATA RATA KESELURUHAN		41,4 V	310,5 W	RATA-RATA KESELURUHAN		13,4 V	29,48 W
		7,5 A				2,2 A	



**Gambar 4. 10 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan Arus dan Daya**

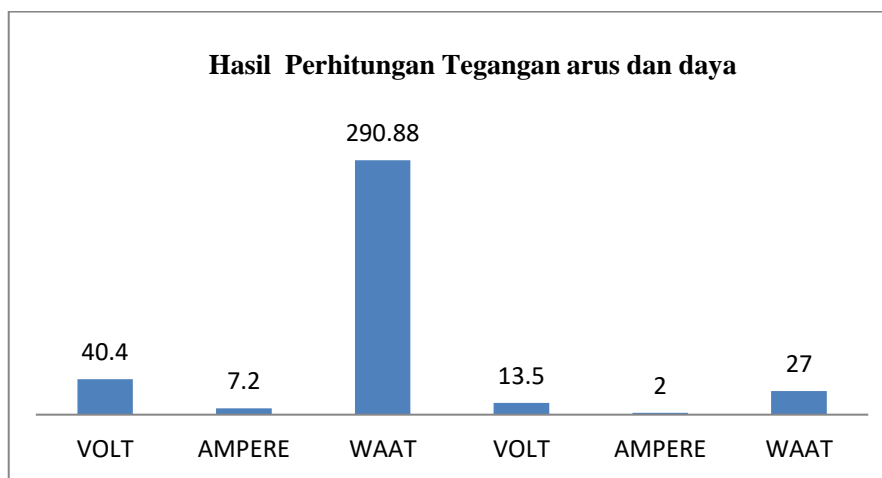
Dapat di lihat pada Tabel 4.5 Karakteristik rata-rata tegangan arus dan daya pada permukaan panel surya bersih kering. Pada pengukurun tegangan dan arus, berdasarkan pada tabel 4.5 diatas, daya di dapat dari perkalian antara tegangan dan arus. Hasil perhitungn daya keluaran dari panel surya pada kondisi bersih kering, pengukuran langsung pada panel surya dengan nilai rata-rata keseluruhan daya output panel surya sebesar 310,5 *Watt* dan pada pengukuran pada *Batteray* nilai ratta keseluruhan daya output panel surya sebesar 28,48 *Watt*, hasil perhitungan dapat di lihat pada Gambar 4.10 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan Arus dan Daya.

#### 4.2.2 Permukaan Panel surya kondisi bersih basah

Berdasarkan pada hasil penelitian pengukuran arus tegangan dapat di lihat pada Tabel 4.2 kondisi bersih basah, penelitian di lakukan selama 1 hari pada kondisi bersih basah agar supaya mendapatkan nilai yang maksimal karakteristik hasil tegangan arus dan daya.

**Tabel 4 6 Karakteristik Hasil Tegangan arus dan daya**

JAM	PENGUKURAN LANGSUNG				PENGUKURAN <i>BATTERY</i>		
	V	A	W		V	A	W
06.00	40,8	7,2	293,76		13,4	2,2	29,48
07.00	42,3	7,5	317,25		13,3	2,4	31,92
08.00	43,3	7,9	342,07		13,6	2,3	31,28
09.00	43,5	7,9	343,65		13,3	2,2	29,26
10.00	43,3	8,1	350,73		13,3	2,1	27,93
11.00	43,5	8	348		13,3	2,2	29,26
12.00	43	7,9	339,7		13,3	2,2	29,26
13.00	42,8	7,9	338,12		13,3	2,1	27,93
14.00	43,3	7,7	333,41		13,8	2,3	31,74
15.00	43,2	7,9	341,28		13,8	2,1	28,98
16.00	41,6	7,5	312		13,6	2,1	28,56
17.00	40,4	7,4	298,96		13,2	2,2	29,04
18.00	28,1	5,1	143,31		13,3	2,2	29,26
RATA RATA KESELURUHAN		40,4 V 7,2 A	290,88 W	RATA-RATA KESELURUHAN	13,5 V 2A		27 W



**Gambar 4. 11 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan Arus dan Daya**

Berdasarkan Tabel 4.6 di atas Karakteristik hasil tegangan , arus dan daya kondisi bersih basah dapat bisa di hitung daya yang dihasilkan di dapat pada perkalian dari pengukuran tegangan dan arus, berdasarkan hasil pengukuran pada permukaan kondisi panel surya kondisi bersih basah mengalami penurunan karena di pengaruhi oleh hasil rekayasa kondisi dimana keadaan cuaca pada saat

tersebut musim hujan sehingga pada permukaan panel surya terdapat butiran air yang merupakan representasi dari hujan. Hasil perhitungan daya output dari panel surya pada kondisi bersih basah, pengukuran hasil nilai rata-rata daya output pada panel surya sebesar 290,88 *Watt* dan pengukuran langsung pada *Batteray* sebesar 27 *Watt*, Hasil perhitungan dapat di lihat pada Gambar Grafik 4.11 Hasil Perhitungan Tegangan Arus dan Daya.

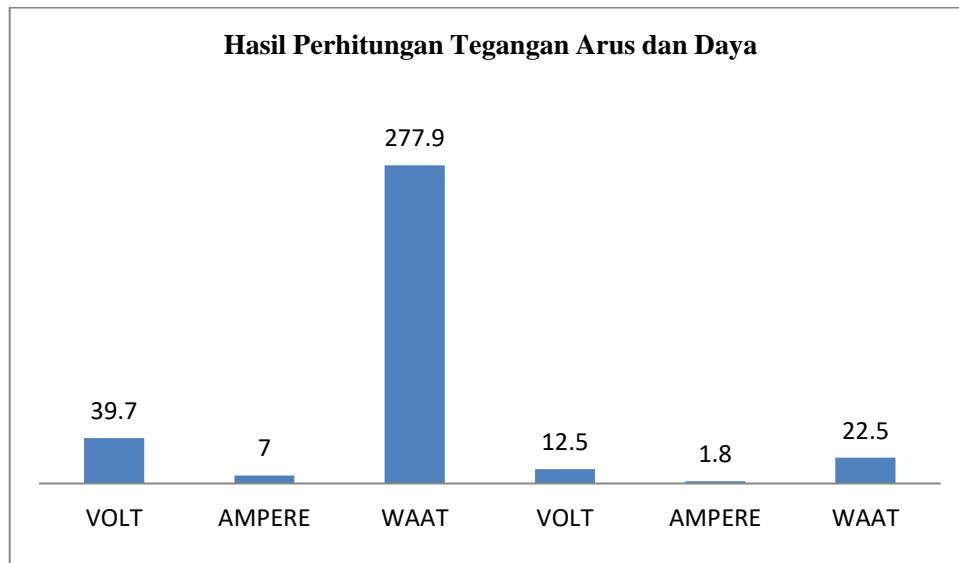
#### 4.2.3 Permukaan Panel surya kondisi terpolus bersih kering

Berdasarkan pada penelitian pada kondisi terpolusi kering dapat di lihat pada Tabel di bawah karakteristik hasil pengukuran tegangan arus dan daya.

**Tabel 4 7**Karakteristik Hasil Pengukuran tegangan, arus dan daya

JAM	PENGUKURAN LANGSUNG				PENGUKURAN <i>BATTERAY</i>		
	V	A	W		V	A	W
06.00	40,8	7,2	293,76		13,4	2,2	29,48
07.00	42,3	7,5	317,25		13,3	2,4	31,92
08.00	43,3	7,9	342,07		13,6	2,3	31,28
09.00	43,5	7,9	343,65		13,3	2,2	29,26
10.00	43,3	8,1	350,73		13,3	2,1	27,93
11.00	43,5	8	348		13,3	2,2	29,26
12.00	43	7,9	339,7		13,3	2,2	29,26
13.00	42,8	7,9	338,12		13,3	2,1	27,93
14.00	43,3	7,7	333,41		13,8	2,3	31,74
15.00	43,2	7,9	341,28		13,8	2,1	28,98
16.00	41,6	7,5	312		13,6	2,1	28,56
17.00	40,4	7,4	298,96		13,2	2,2	29,04
18.00	28,1	5,1	143,31		13,3	2,2	29,26
RATA RATA KESELURUHAN		39,7 V	277,9 W	RATA-RATA KESELURUHAN		12,5 V	22,5 W
		7A				1,8 A	





**Gambar 4. 12 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan Arus dan Daya**

Berdasarkan pada Tabel 4.7 karakteristik hasil pengukuran tegangan arus dan daya, kondisi permukaan panel surya yang terpolusi kering dapat mengurangi efesiensi panel surya karena partikel-partikel pengotor yang menempel paada permukaan panel surya menghambat penyerpan cahaya oleh sel surya, sehingga daya keluaran panel surya menurun, hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi terpolusi kering dapat menghasilkan daya rata-rata yang lebih rendah di bandingkan dengan kondisi bersih kering, bersih basah,dan terpolusi basah pada permukaan panel surya.

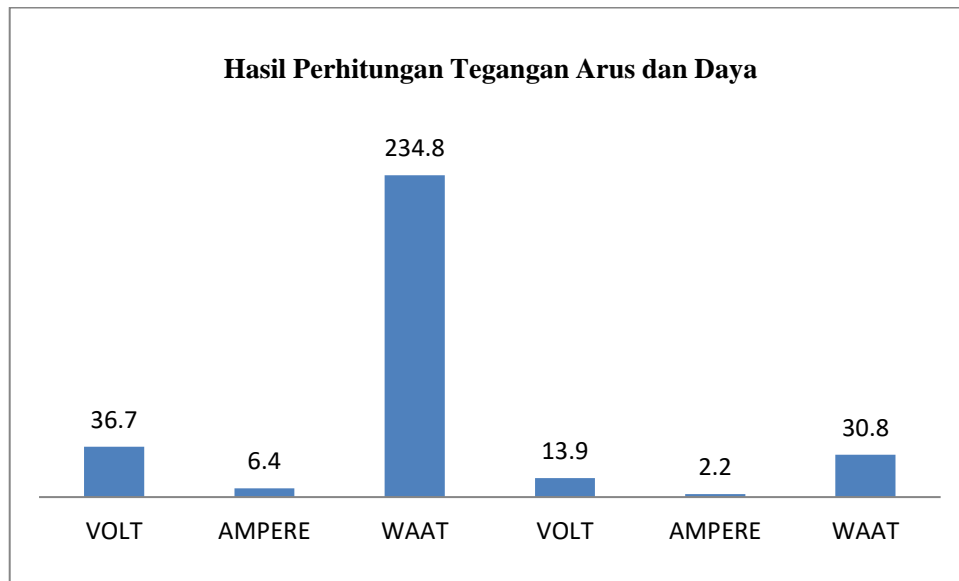
Hasil perhitungan daya output dari panel surya pada kondisi terpolusi kering, pengukuran hasil nilai rata-rata daya output pada panel surya sebesar 277,9 *Watt* dan pada pengukuran pada *Batteray* sebesar 22,5 *Watt*, hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.12 Hasil Perhitungan Tegangan,Arus dan Daya.

#### 4.2.4 Permukaan Panel surya kondisi terpolusi bersih kering

Berdasarkan analisis permukaan panel surya terpolusi kering, Hasil Penelitian menunjukan bahwa kondisi tersebut dapat berpengaruh negatif pada kinerja panel surya, bisa di lihat pada Tabel 4,8 Karakteristik Hasil Pengukuran Tegangan Arus dan Daya.

**Tabel 4 8 Karakteristik Hasil pengukuran tegangan arus dan daya**

JAM	PENGUKURAN LANGSUNG				PENGUKURAN <i>BATTERY</i>		
	V	A	W		V	A	W
06.00	40,8	7,2	293,76		13,4	2,2	29,48
07.00	42,3	7,5	317,25		13,3	2,4	31,92
08.00	43,3	7,9	342,07		13,6	2,3	31,28
09.00	43,5	7,9	343,65		13,3	2,2	29,26
10.00	43,3	8,1	350,73		13,3	2,1	27,93
11.00	43,5	8	348		13,3	2,2	29,26
12.00	43	7,9	339,7		13,3	2,2	29,26
13.00	42,8	7,9	338,12		13,3	2,1	27,93
14.00	43,3	7,7	333,41		13,8	2,3	31,74
15.00	43,2	7,9	341,28		13,8	2,1	28,98
16.00	41,6	7,5	312		13,6	2,1	28,56
17.00	40,4	7,4	298,96		13,2	2,2	29,04
18.00	28,1	5,1	143,31		13,3	2,2	29,26
RATA RATA KESELURUHAN		36,7 V	234,88 W	RATA-RATA KESELURUHAN		13,9 V	30,58 W
		6,4 A				2,2 A	

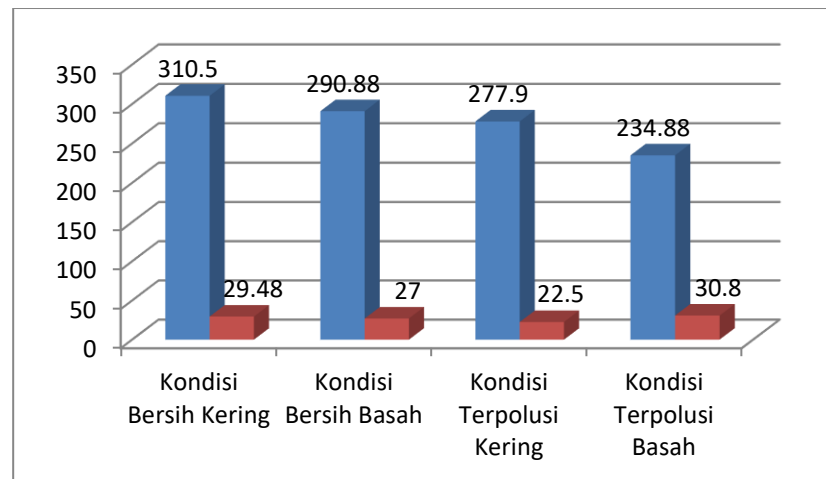


**Gambar 4. 13 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan Arus dan Daya**

Berdasarkan pada karakteristik hasil pengukuran tegangan arus dan daya pada kondisi permukaan panel surya terpolusi basah, polutan pada kondisi permukaan panel surya basah dapat mengakibatkan pengurangan kinerja panel surya, faktor lain seperti panas dan hujan serta lingkungan tempat penempatan panel surya juga dapat mempengaruhi kinerja panel surya. Contohnya pada saat hujan, hujan dapat menjadi media transportasi atau terkontaminasi berbagai partikel dan kotoran dari atmosfer, sering menempel pada permukaan surya dan menghambat penyerapan cahaya oleh sel surya, Kemudian pada area terbuka seperti pada pesisir pantai yang memiliki suhu panas yang berlebih dapat mengurangi efisiensi panel surya. Hal ini juga dapat mempengaruhi tegangan dan arus serta daya keluaran yang dihasilkan. Hasil perhitungan daya output dari panel surya pada kondisi terpolusi basah, pengukuran hasil nilai rata-rata keseluruhan output panel surya sebesar 234,88 Watt dan pengukuran pada *Batteray* sebesar 30,58 Watt, Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.13 Hasil Perhitungan Tegangan,

Arus dan Daya.

Hasil perhitungan rata-rata daya keseluruhan pada 4 kondisi panel surya yaitu kondisi bersih kering, bersih basah, terpolusi kering dan terpolusi basah dapat di simpulkan pada Gambar Grafik 4.6 di bawah.



Gambar 4.14 Grafik Daya Rata-rata 4 Kondisi Pane Surya.

Berdasarkan pada Gambar grafik di atas di jelaskan bahwa daya rata-rata panel pada 4 kondisi yang di lakukan pengujian selama 4 hari di bawah sinar matahari secara langsung, di mulai pada pukul 06.00-18.00 WITA hasil pengujian rata-rata daya output panel surya pada 4 kondisi yang daya outputnya memiliki perbedaan yang signifikan pada daya output panel surya dapat di lihat pada Gambar 4.6 hasil analisa daya output pada panel surya yaitu pada kondisi permukaan panel surya bersih kering dengan daya rata-rata 310,5 *Watt* dan daya output pada *Batteray* 29,48 *Watt*, kondisi panel surya bersih basah dengan daya rata-rata 290,88 *Watt* dan daya output pada *Batteray* 27 *Watt*, kondisi panel surya terpolusi kering dengan daya rata-rata 277,9 *Watt* dan daya output pada *Batteray* 22,5 *Watt* dan kondisi panel surya terpolusi basah dengan daya rata-rata 234,88

Watt dan daya output pada *Batteray* 30,8 Watt.

Berdasarkan analisis Gambar 4.6, perbedaan daya pada panel surya bersih basah dan terpolusi basah disebabkan oleh kondisi permukaan panel tersebut. Ketika dalam keadaan bersih, panel surya tidak terpolusi oleh partikel debu atau terkontaminasi oleh air garam, sehingga daya keluarannya optimal. Namun, pada kondisi terpolusi basah, permukaan panel terkontaminasi oleh debu dan terkena air garam, yang mengakibatkan penurunan daya keluaran tegangan dan arus.

Pada Gambar 4.6, di atas bahwa kondisi bersih kering dan terpolusi kering juga memiliki perbedaan dalam output daya panel surya. Pada kondisi bersih kering, panel surya tidak terkontaminasi oleh debu atau partikel lainnya, sehingga daya outputnya tidak terpengaruh. Namun, pada kondisi terpolusi kering, permukaan panel terpolusi oleh debu, menyebabkan penyerapan cahaya yang tidak maksimal dan memengaruhi kinerja panel surya. Oleh karena itu, terpolusi kering sangat berpengaruh pada kinerja panel surya. Dapat disimpulkan bahwa polutan dan suhu sekitar berpengaruh signifikan terhadap kinerja panel surya, dalam beberapa kasus penelitian polutan dapat mengganggu kinerja panel surya daripada suhu.

Berdasarkan pada Gambar Grafik 4.6 di atas pada kondisi terpolusi kering memiliki perbedaan nilai keseluruhan daya output pada panel surya. Pada kondisi terpolusi kering pengukuran langsung pada panel surya mengalami penurunan daya output pada panel surya dikarenakan pada permukaan panel surya terdapat debu yang menempel pada panel surya dan sangat berpengaruh pada pengisian *Batterays* sedangkan pada kondisi terpolusi basah. Pengukuran langsung pada

output panel surya mengalami penurunan diakibatkan oleh kondisi cuaca dan terpolusi oleh debu yang menempel pada permukaan panel surya sehingga mempengaruhi daya output pada panel surya, tetapi pada kondisi saat hujan pengisian pada *Batteray* tidak terlalu mempengaruhi pengisian pada *Batteray* oleh karena itu kita bisa simpulkan bahwa kondisi terpolusi kering sangat mempengaruhi pengisian pada *Batteray* di karenakan cahaya yang masuk pada panel surya terhalang oleh debu.

Berdasarkan pada Gambar Grafik 4.6 permasalahan diatas maka kita harus menjaga kebersihan panel surya sehingga meningkatkan efesiensi panel surya dalam menyerap energi matahari,kemudian mengurangi kerusakan fisik pada panel surya dan juga mengoptimalkan produksi listrik panel surya karena panel surya yang berdebu dan kotor dapat mengurangi produksi listrik dan mengganggu penghematan energi .

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Analisa Kinerja Panel Surya Terhadap Polutan pada Panel Surya dapat disimpulkan bahwa :

1. Kinerja panel surya pada kondisi bersih kering memperoleh daya rata-rata tertinggi yaitu 310,5Watt dan daya rata-rata output pada *Batteray* 29,48 Watt, di karenakan pada kondisi bersih kering tidak terhalang oleh debu atau kotoran yang menempel di permukaan panel surya sehingga daya output dari panel surya bisa di dapat secara maksimal.
2. Pada kondisi permukaan panel surya bersih basah ini mengalami penurunan dengan daya output rata-rata keseluruhan sebesar 290,88Watt dan daya rata-rata output pada *Batteray* 27 Watt, hal ini di sebabkan oleh suhu di sekitar panel surya berkurang karena terdapat air di permukaan panel surya hasil dari rekayasa yang merepresentasikan seperti hujan, sehingga radiasi matahari yang di terima oleh panel surya berkurang.
3. Kondisi terpolusi kering mengalami penurunan daya output rata-rata keseluruhan 277,9Watt dan daya rata-rata output pada *Batteray* sebesar 22,5 Watt, hal di sebabkan oleh polutan seperti partikel-partikel debu dan kotoran yang menempel pada permukaan panel surya sehingga menghalangi radiasi matahari pada permukaan panel surya maka akan

terjadi penurunan secara signifikan pada daya output panel surya.

4. Kondisi terpolusi basah menghasilkan daya output rata-rata keseluruhan sebesar 234,88Watt dan daya output rata-rata keseluruhan pada *Batteray* sebesar 30,8 Watt. Di karenakan kondisi terpolusi basah ini permukaan panel surya di semprotkan air garam mempresentasikan panel surya terletak pemasaganya pada daerah pesisir pantai dan hujan sehingga berpotensi menempelnya polutan garam sehingga suhu radiasi matahari cukup berlebih, membuat efisiensi panel surya semakin berkurang di sebabkan oleh polutan air garam yang sudah terkontaminasi sehingga meninggalkan bekas polutan garam pada permukaan panel surya itulah yang memicu terjadinya suhu yang berlebih pada panel surya dan bisa saja terjadi kerusakan pada panel surya jika tidak di bersihkan secara berkala pada panel surya.

## **5.2 SARAN**

1. Perlu dilakukan pembersihan panel surya secara berkala atau secara efektif sehingga mendapatkan nilai daya output yang maksimal pada panel surya, jika tidak bersihkan secara berkala akan mengakibatkan penurunan daya output pada panel surya
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat di lakukan pengambilan data pada skala Pembangkit Listrik Tenaga Surya.
3. Lakukan pengujian langsung lapangan pada PLTS untuk mengamati



bagaimana polutan yang diidentifikasi berdampak pada kinerja panel surya secara nyata, kemudian bandingkan kinerja panel surya yang terpapar polutan dengan yang tidak terpapar untuk mengevaluasi dampaknya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Talawo, P. C. D (2022). Pengaruh Polutan pada Permukaan Panel Surya Terhadap Kinerja Panel Surya Kapasitas 10 Wp, 2 (1) 31-38.
- Gede Widayana (2014). Pemanfaatan Energi Surya ,9(1), 37-46
- Dian Furqani Alifyanti. (2018).  
Pengaturan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1000  
WATT Jurnal Kajian Teknik Elektro ,1(1), 79-95
- Sujana, P. A. (2015). Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Unjuk Kerja PLTS, E-journal SPEKTRUM, 3(2). 49-54.
- Junaldy, M. (2019). Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer .8(1). 9-14.
- Harahap, P. (2019). Implementasi Karakteristik Arus dan Tegangan PLTS Terhadap Peralatan Trainer Energi Baru Terbarukan. 2(4). 152-157.
- Wicaksana. M. R (2019). Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 KWP Pada Kantor Gubernur Bali. Jurnal SPEKTRUM.6(3). 107-113.
- Diantari, R. A (2017). Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 9(2), 49-54.
- Yuliananda, S (2015). Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya, 1(2), 193-202.

Gustami, R (2020). Karakteristik Sistem PLTS Terhubung Pararel Dengan Variasi Beban, 1-22.

Pasaribu,C (2021). Analisa Pengaruh Pendinginan Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Keluaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Matahari, Universitas Pembangunan Panca Budi.

Fernando,Y(2020). Studi Kinerja Panel Surya Tipe 180 WP Berdasarkan Air Cooling System dan Perpindahan Panas Pada Permukaan Panel, Universitas Islam Riau Pekanbaru.

Fuadi.I.A.(2018)”Studi Pengaruh Polutan Terhadap Kinerja PV Module, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Surat Penelitian

 KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO  
LEMBAGA PENELITIAN  
Kampus Unisan Gorontalo Lt.3 - Jln. Achmad Nadjamuddin No. 17 Kota Gorontalo  
Telp: (0435) 8724466, 829975 E-Mail: [lembagapenelitian@unisan.ac.id](mailto:lembagapenelitian@unisan.ac.id)

---

Nomor : 5033/PIP/LEMLIT-UNISAN/GTO/II/2024  
Lampiran : -  
Hal : Permohonan Izin Penelitian

Kepada Yth,  
Kepala Lab. Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo  
di,-  
Tempat

Yang bertanda tangan di bawah ini :  
Nama : Dr. Rahmisyari, ST.,SE.,MM  
NIDN : 0929117202  
Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian


Meminta kesediannya untuk memberikan izin pengambilan data dalam rangka penyusunan **Proposal / Skripsi**, kepada :

Nama Mahasiswa : Ucik Prasetyo H. Nuke  
NIM : T2120001  
Fakultas : Fakultas Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro  
Lokasi Penelitian : LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO  
Judul Penelitian : ANALISA KINERJA PANEL SURYA TERHADAP POLUTAN  
Atas kebijakan dan kerja samanya diucapkan banyak terima kasih.

Gorontalo, 01 Februari 2024  
Ketua,  
  
  
Dr. Rahmisyari, ST.,SE.,MM  
NIDN 0929117202

+

## Lampiran 2 Hasil Turnitin



Similarity Report ID: oid:25211:61327412

PAPER NAME	AUTHOR
SKRIPSI_T2120001_UCIK PRASETYO H. NUKE.pdf	Ucik Prasetyo h. Nuke abdufatih92@gmail.com

---

WORD COUNT	CHARACTER COUNT
8904 Words	49966 Characters
PAGE COUNT	FILE SIZE
60 Pages	2.3MB
SUBMISSION DATE	REPORT DATE
Jun 12, 2024 11:53 PM GMT+8	Jun 12, 2024 11:55 PM GMT+8

---

● 22% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 22% Internet database
- Crossref database
- 1% Submitted Works database

- 2% Publications database
- Crossref Posted Content database

● Excluded from Similarity Report

- Bibliographic material
- Cited material

- Quoted material
- Small Matches (Less than 30 words)

● **22% Overall Similarity**

Top sources found in the following databases:

- 22% Internet database
- 2% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 1% Submitted Works database

TOP SOURCES

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	<b>researchgate.net</b> Internet	3%
2	<b>neliti.com</b> Internet	2%
3	<b>ejurnal.ung.ac.id</b> Internet	2%
4	<b>docplayer.info</b> Internet	2%
5	<b>repository.its.ac.id</b> Internet	2%
6	<b>ejournal.unsrat.ac.id</b> Internet	2%
7	<b>erepo.unud.ac.id</b> Internet	2%
8	<b>ocs.unud.ac.id</b> Internet	1%

9	lib.unnes.ac.id	1%
	Internet	
10	core.ac.uk	<1%
	Internet	
11	repository.umsu.ac.id	<1%
	Internet	
12	jurnal.uisu.ac.id	<1%
	Internet	
13	pdfcoffee.com	<1%
	Internet	
14	repository.uhn.ac.id	<1%
	Internet	
15	journal-stiayappimakassar.ac.id	<1%
	Internet	
16	repo.itpln.ac.id	<1%
	Internet	
17	repository.poliupg.ac.id	<1%
	Internet	
18	ekokiswantoblog.blogspot.com	<1%
	Internet	
19	scribd.com	<1%
	Internet	

### Lampiran 3 Dokumentasi

#### 1. PENGUJIAN KONDISI BERSIH KERING



#### 2. PENGUJIAN KONDISI BERSIH BASAH

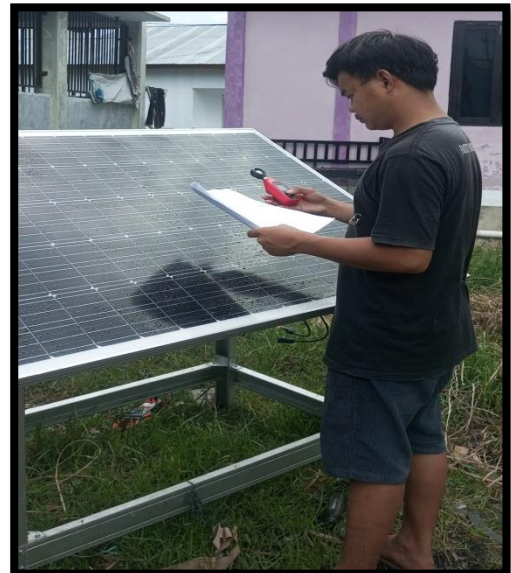


#### 3. PENGUJIAN KONDISI PANEL SURYA TERPOLUSI KERING





#### 4. PENGUJIAN KONDISI PANEL SURYA TERPOLUSI KERING



#### 5. PENGUKURAN TEGANGAN, ARUS DAN INTENSITAS CAHAYA



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Riwayat Hidup Peneliti:

Nama : Ucik Prasetyo H. Nuke

Nim : T2120001

Fakultas : Teknik

Program Studi :

Teknik Elektro Nama

Orang Tua:

- Ayah : Hamka T Nuke

- Ibu : Santi AB Umar

- Saudara:

- Kakak: Moh Ichal Pramudya H. Nuke

- Adik : Acicha Nurul Hasanah H. Nuke

NO	TAHUN	JENJANG	TEMPAT	KETERANGAN
1	2008-2014	SDN03 PALELEH	MOLANGATO	BERIJAZAH
2	2014-2017	SMP2 PALELEH	MOLANGATO	BERIJAZAH
3	2017-2020	SMKN01 BIAU	BIAU	BERIJAZAH
4	2020-2024	UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO	GORONTALO	BERIJAZAH