

**ANALISA DAYA KELUARAN PADA PANEL SURYA JENIS
*MONOCRYSTALLINE DAN POLYCRYSTALLINE***

OLEH:

**MOHAMAD AGUNG PULOMUDUYO
T21 16 022**

SKRIPSI



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IHSAN GORONTALO
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISA DAYA KELUARAN PADA PANEL SURYA JENIS *MONOCRYSTALLINE DAN POLYCRYSTALLINE*

OLEH

**MOHAMAD AGUNG PULUMODUYO
T21 16 022**

SKRIPSI

Telah disetujui dan siap untuk diseminarkan

Gorontal, Juni 2023

Pembimbing I

Pembimbing II

Steven Humena, ST., MT.
NIDN: 0907118903

Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT
NIDN: 09006018504

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA DAYA KELUARAN PADA PANEL SURYA JENIS *MONOCRYSTALLINE DAN POLYCRYSTALLINE*

OLEH

MOHAMAD AGUNG PULUMODUYO

NIM: T21.16.022

Diperiksa Oleh Panitian Ujian Strata Satu (S1)

Universitas Ichsan Gorontalo

1. Pembimbing I : Steven Humena,ST.,MT
2. Pembimbing II : Frengki Eka Putra Surusa,ST.,MT
3. Penguji I : Amelya Indah Pratiwi,ST.,MT
4. Penguji II : Muh. Asri,ST.,MT
5. Penguji II : Sjahrir Botutihe,ST.,MM

Gorontalo, Juni 2023

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi

Amelya Indah Pratiwi, ST., MT,
NIDN: 0907028702

Frengki Eka Putra Surusa,ST.,MT,
NIDN: 090618504

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mohamad Agung Pulumoduyo

NIM : T2116022

Judul Skripsi : ANALISIA DAYA KELUARAN PADA PANEL SURYA JENIS
MONOCRYSTALLINE DAN POLYCRYSTALLINE

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, Juni 2023
Yang Membuat Pernyataan

(MOHAMAD AGUNG PULUMODUYO)
NIM : T2116022

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kami panjatkan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan kemudahan kepada kami sehingga dapat menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul “ Analisa Daya Keluaran pada Jenis Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline” dengan baik dan tepat waktu.

Penulisan Skripsi ini dalam rangka hasil dari penelitian yang dilaksanakan oleh penulis sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi strata satu di Fakultas Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo.

Saat penulisan Skripsi ini penulis mendapat banyak masukan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga Skripsi ini dapat kami selesaikan dengan baik, untuk itu kami tidak lupa untuk mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Muhammad Ichsan Gaffar, SE., M.Ak, selaku Ketua Yayasan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Teknologi (YPIPT) Ichsan Gorontalo.
2. Bapak DR. Abdul Gaffar Latjokke, M.Si, selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo.
3. Ibu Amelya Indah Pratiwi, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Unisan Gorontalo.
4. Bapak Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Unisan Gorontalo sekaligus Pembimbing II.
5. Bapak Steven Humena, ST.,MT selaku pembimbing I.

6. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Ichsan Gorontalo, Pegawai Staf

Administrasi Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo Khususnya

Jurusan Teknik Elektro

7. Semua rekan-rekan mahasiswa Strata Satu (S1) Program Studi Teknik

Elektro Universitas Ichsan Gorontalo, yang telah memberikan semangat,

dukungan dan motivasi kepada penulis

Dalam penulisan tugas Skripsi ini penulis benar-benar menyadari akan adanya kekurangan dan jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis berharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun agar dapat dijadikan penyempurnaan proposal ini, dan terakhir penulis berharap sekiranya skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Gorontalo, Juni 2023

Penulis

ABSTRACT

MOHAMAD AGUNG PULUMODUYO. T2116022. THE ANALYSIS POWER OUTPUT OF MONOCRYSTALLINE AND POLYCRYSTALLINE SOLAR PANEL

The new renewable power plant that is currently developing is the use of solar cells. However, the problems in the output voltage and current of the solar cell are not optimized, which results in problems with the output power of a solar cell/solar panel. The purpose of this study was to determine the amount of voltage and current as well as the power generated by monocrystalline and polycrystalline solar panels. The method used in this study is a method of direct measurement on solar panels for 3 days starting from 06.00 am to 18.00 pm. From the measurement results, calculations are then carried out to determine the resulting output power. From the research results, the average voltage generated on monocrystalline solar panels for 3 days of measurement is 22.11 V and on polycrystalline solar panels is 22.89 V. The average current generated on monocrystalline solar panels is 3.5 A and polycrystalline is 3.79 A. The average output power is 77.63 W for monocrystalline and 86.99 W for polycrystalline. Comparison of the output power produced by this type of polycrystalline solar panel is better than the output power of the monocrystalline type.



Keywords: *Output power, Mono-crystalline and Poly-crystalline*

ABSTRAK

MOHAMAD AGUNG PULUMODUYO. T2116022. ANALISIS DAYA KELUARAN PADA PANEL SURYA JENIS MONOCRYSTALLINE DAN POLYCRYSTALLINE

Pembangkit listrik baru terbarukan yang berkembang saat ini adalah penggunaan solar cell. Akan tetapi kurang dioptimalkan permasalahan dalam tegangan dan arus luaran dari solar cell yang mengakibatkan permasalahan daya luaran dari suatu solar cell/panel surya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran tegangan dan arus serta daya yang dihasilkan oleh panel surya jenis monocrystalline dan jenis polycrystalline. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengukuran langsung pada panel surya selama 3 hari yang dimulai dari jam 06.00 pagi sampai dengan jam 18.00 sore hari. Dari hasil pengukuran tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui daya luaran yang dihasilkan. Dari hasil penelitian untuk besaran tegangan rata-rata yang dihasilkan pada jenis panel surya monocrystalline selama 3 hari pengukuran yaitu 22,11 V dan pada jenis panel surya polycrystalline yaitu 22,89 V. Arus rata-rata yang dihasilkan pada jenis panel surya monocrystalline yaitu 3,5 A dan polycrystalline yaitu 3,79 A. Daya keluaran rata-rata yang dihasilkan yaitu 77,63 W pada jenis monocrystalline dan 86,99 W jenis polycrystalline. Perbandingan daya output yang dihasilkan oleh jenis panel surya polycrystalline lebih baik dibandingkan dengan daya keluaran pada jenis monocrystalline.

Kata Kunci : Daya keluaran, *Mono-crystalline* dan *Poly-crystalline*



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Literature Review</i>	5
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	8
2.2.2 Bagian Bagian PLTS.....	9
2.2.2.1 Energi Matahari.....	9
2.2.2.2 Sel Surya	9

2.2.3 Inverter	19
2.2.4 Charger Controller	19
2.2.5 Aki/Baterei	20
2.2.6 Keuntungan dan Kerugian Panel Surya	21
2.2.6.1 Keuntungan	21
2.2.6.2 Kerugian	22
2.2.7 Arus dan Tegangan	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan	24
3.3 Langkah Langkah Penelitian	24
3.4 Presedur Penelitian	25
3.5 <i>Flow Chart</i>	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengukuran Tegangan	27
4.1.1 Hasil Pengukuran Tegangan Jenis Monocrystalline	27
4.1.1 Hasil Pengukuran Tegangan Jenis Polycrystalline	30
4.2 Hasil Pengukuran Arus	32
4.2.1 Hasil Pengukuran Arus Jenis Monocrystalline	32
4.2.2 Hasil Pengukuran Arus Jenis Polycrystalline	35
4.3 Hasil Perbandingan Tegangan	38
4.4. Hasil Perbandingan Arus	41
4.5 Hasil Perhitungan Daya	43

4.6 Hasil Perbandingan Perhitungan Daya	49
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	53
3.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada zaman sekarang ini sangatlah cepat, sehingga membuat manusia dapat berfikir secara teknologi didalam permasalahan teknologi pemakaian listrik seperti peralatan beban listrik serta biaya yang ditimbulkan oleh pemakaian listrik tersebut. Dengan adanya teknologi manusia dapat membuat dan menciptakan suatu solusi dengan pemecahan masalah yang mudah serta mengantikan peran manusia dalam suatu fungsi tertentu (Andika, 2019).

Energi saat ini sudah menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Peningkatan kebutuhan energi dapat merupakan indikator peningkatan kemakmuran, namun bersamaan dengan itu juga menimbulkan masalah dalam usaha penyediaannya, karena manusia hanya mengandalkan energi fosil yang tentunya persediaannya masih sangat terbatas dan semakin menipis. Karena tergolong unrenewable, maka akibatnya kuras terus – menerus, persediaan energi tersebut semakin berkurang dan tidak bisa diupayakan kembali keberadaannya. Sehingga bukan suatu hal yang mustahil jika di masa – masa yang akan datang akan timbul masalah masalah yang berkaitan krisis energi (Satria Wibowo, 2022).

Pembangkit listrik terbarukan yang berkembang saat ini adalah penggunaan solar cell. Akan tetapi kurang dioptimalkan permasalahan dalam tegangan luaran dari solar cell, sehingga perlu pengoptimalan dalam permasalahan tersebut. Solusi yang digunakan dalam pengoptimalan tegangan keluaran solar cell yaitu dengan menggunakan bantuan cermin datar sebagai *reflector* (Reynaldo, 2016).

Letak Indonesia didaerah ekuator yang memiliki cuaca cerah bila dilihat dari peta insolasi matahari, dan memiliki intensitas radiasi harian matahari sebesar 4,8 kW/m² per hari[2]. Pemanfaatan intensitas radiasi matahari ini untuk alternatif yang ramah lingkungan, salah satunya yaitu sel surya. Efisiensi tegangan keluaran yang dapat berpengaruh terhadap daya keluaran listrik yang dihasilkan (I B Kd Surya Negara, 2016).

Dengan menggunakan berbagai jenis solar panel, maka jumlah sinar matahari yang jatuh pada area permukaan modul surya akan lebih banyak, dimana hal ini menyebabkan output daya listrik yang di hasilkan akan lebih besar. Jadi dengan adanya peningkatan output daya listrik yang di hasilkan, maka nilai efisiensinya akan meningkat.

Penggunaan panel surya saat ini telah beragam, tergantung dari kebutuhan dan kondisi lingkungan tempat penggunaan panel. Ada beberapa jenis-jenis panel yang beredar dipasaran seperti jenis panel surya Mono-Crystalline dan jenis panel surya Poly-Crystalline. Jenis Mono-Crystalline ini terbuat dari Batangan silicon yang diiris tipis-tipis. Sehingga menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan dengan jenis sel surya lainnya.(Safitri, 2019).

Jenis panel surya Mono-Crystalline dan jenis panel surya Poly-Crystalline memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Sehingga perlu dianalisa hasil luaran berupa tegangan dan arus, sehingga daya keluaran dari pada masing-masing panel tersebut dapat terlihat. Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan tersebut diatas maka peneliti berinisiatif mengangkat judul penelitian ini yaitu; “**Analisa**

Daya Keluaran pada Panel Surya Jenis *Mono-Crystalline* dan *Poly-Crystalline*”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalahnya yakni :

1. Bagaimana besaran tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya Monocystalline dan polycrytalline.
2. Bagaimana perbandingan daya keluaran pada panel surya Monocrystalline dan polycrystalline.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yakni :

1. Mengetahui besaran tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya Monocystalline dan polycrytalline.
2. Membandingkan daya keluaran pada panel surya Monocystalline dan polycrytalline.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian yakni :

1. Mengetahui perubahan daya out put panel surya dari waktu ke waktu berdasarkan pengamatan
2. Mengetahui tegangan, arus dan daya keluaran dari panel surya
3. Kapasitas panel surya yang digunakan adalah 100 Wp
4. Menggunakan metode pengukuran dan perhitungan untuk analisanya
5. Kemiringan panel surya ditentukan 30 derajat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian ini adalah:

1. Memanfaatkan sumber energi matahari
2. Mengetahui cara kerja sel surya monocrystalline dan polycrystalline
3. Memberikan wawasan teori, dan bahkan menerapkan teori pengetahuan yang telah diterima di dalam perkuliahan pada aktivitas nyata
4. Analisa yang dilakukan dapat membantu perusahaan penyedia listrik untuk dapat mengetahui pola operasi system tenaga surya yang handal dan efisien.

BAB II

TINJAUAN PUSATAKA

2.1 *Literature Review*

Menurut Partaonan dalam penelitian menjelaskan pada pengukuran dua panel surya jenis polycrystalline merk A dan B, bahwa kinerja pada panel surya merek A dan B yang lebih bagus adalah merek B dikarenakan nilai penyerapan pada B lebih besar dibandingkan dengan panel surya merek A. nilai penyerapan Imp yang berbeda tipa jenis dan tipe. Factor yang mempengaruhi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu tempratur permukaan panel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan dari panel surya yang artinya semakin rendah suhu permukaan maka efisiensi pV akan semakin meningkat begitupun sebaliknya (Partaonan Harahap, 2020).

Menurut Rusman dalam penelitiannya menjelaskan bahwa beban listrik penerangan memberikan pengaruh kinerja solar cell. Semakin besar pemakaian beban listrik maka semakin kecil kinerja solar cell dan semakin kecil pemakaian beban listrik maka semakin besar kinerja dari solar cell tersebut (Rusman, 2015).

Menurut Samsaidi dalam penelitiannya menjelaskan bahwa Sel Surya adalah salah satu komponen utama yang digunakan dalam konversi pembangkit tenaga listrik. Samsaidi juga menjelaskan ada kelebihan dan kekurangan yang dimiliki jenis panel *monocrystalline* dan *polycrystalline*. (Samsaidi, 2018).

Menurut Ajeng dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pada panel polycrystalline tegangan output meningkat Ketika suhu panel lebih dingin. Setelah

dilakukan proses pendinginan tegangan panel mengalami kenaikan. Untuk panel monocrystalline setelah proses pendinginan tidak terlalu berdampak untuk kenaikan tegangan output. Kenaikan rata-rata tegangan output pada panel polycrystalline saat kondisi tidak berbeban setelah suhu panel diturunkan (Ajeng, Silo, Ricky 2023).

Menurut Tomi dalam penelitiannya menjelaskan bahwa daya listrik yang dihasilkan oleh sebuah panel surya tergantung dari seberapa besar intensitas radiasi matahari dan suhu sekitar. (Tomi Almsyah, Ayong, Zainal 2021).

Menurut Reynaldo pada penelitian menjelaskan bahwa Hasil tegangan keluaran modul *solar cell* dengan menggunakan *reflector* paling tinggi sebesar 20,7 V dengan sudut kemiringan 75°. penambahan *reflector* mampu meningkatkan tegangan keluaran modul *solar cell*. pengujian modul *solar cell* keluaran yang dihasilkan dipengaruhi oleh intensitas cahaya, sudut kemiringan *reflector*, dan luas *reflector*. *Reflector* mempengaruhi fokus cahaya yang dipantulkan ke modul *solar cell*. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima modul *solar cell*, maka semakin tinggi keluaran tegangan yang dihasilkan (Reynaldo Hilga Adis Prastica, 2016).

Menurut I B Kd Surya dalam penelitiannya menjelaskan bahwa upaya dalam peningkatan daya output dari panel surya adalah dengan penggunaan system solar reflector bila dibandingkan dengan penggunaan system tracking. Karena pada system solar tracking memiliki efisiensi panel yang rendah. Efisiensi panel surya semakin tinggi maka daya yang dihasilkan juga semakin besar (Surya Negara, I wayan Arta, Maharta Pemayun 2016).

Menurut Ahmad Munawir dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pengembangan PLTS merupakan hal yang sangat strategis ketika dilihat dari potensi yang ada dengan rata-rata radiasi sinar matahari perbulan dalam hitungan pertahun mencapai 150,00 kWh/m². Bukan hanya itu saja, beberapa instansi pemerintahan yang strategis membutuhkan energi listrik yang berkelanjutan (*sustainable*) sehingga letak pembangunan PLTS yang strategis yang dapat dilakukan (Ahmad Munawir, M. Ikhwan, Rudi 2022).

Menurut Satria dalam penelitiannya menjelaskan bahwa Daya rata-rata output yang dihasilkan pada PLTS *Monocrystalline* tanpa menggunakan *reflector* selama 3 hari pengujian yaitu 13.3 Watt dan daya ratarata output PLTS *monocrystalline* yang menggunakan *reflector* yaitu 13.8, Sedangkan daya rata-rata output yang dihasilkan pada PLTS *Polycrystalline* tanpa menggunakan *reflector* yaitu 12.2 Watt dan daya rata-rata output PLTS *polycrystalline* yang menggunakan *reflector* yaitu 12.8 Watt (Satria Wibowo, 2022).

Menurut Solly, Phaklen, Wan Khairunizam dan Zulkarnain (2019) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa dilakukan penelitian untuk mengetahui selisih nilai daya output dan input menggunakan reflector dan tanpa reflector dan mengetahui perbandingan nilai output dan input tegangan dan arus pada plts dengan menggunakan reflector dan tanpa menggunakan reflector (Solly Aryza, P. Ehkan, Wan Khairunizam dan Zulkarnain, 2019).

Kapasitas daya keluaran panel surya bergantung pada intensitas radiasi cahaya yang diterimanya, sedangkan masa hidup bergantung pada tinggi rendahnya temperatur yang dialami. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh

intensitas cahaya terhadap daya keluaran dan efisiensi panel surya. Penelitian ini menerapkan metode pengukuran langsung menggunakan panel surya tipe monocrystalline dan tipe polycrystalline dengan kapasitas daya yang sama dengan kapasitas puncak 50 Wp. Penelitian dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan lampu sebagai sumber cahaya dengan memvariasikan intensitas cahaya berkisar 2,21-331,01 W/m² dengan jarak 50 cm dari sumber cahaya panel surya. Kenaikan temperatur pada permukaan panel surya juga dapat menurunkan kapasitas daya yang dihasilkan, dan tipe monocrystalline lebih tahan terhadap kenaikan temperatur dibandingkan dengan polycrystalline. Efisiensi panel surya berubah ketika diberi cahaya dengan energi tertentu, hingga intensitas tertinggi 331,01 W/m², dengan temperatur tertinggi yang terjadi menghasilkan efisiensi sebesar 12,84% pada Panel Monocrystalline dan 11,95% pada Panel Polycrystalline (Sugianto 2020).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan suatu tenaga listrik yang mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik melalui sel surya. PLTS ini tidak memerlukan suatu mensin konversi yang berputar, sehingga diakatakan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. (Soehardi, 2019).

PLTS ini beroperasi ketika menerima penyinaran langsung dari matahari. Dengan memanfaatkan intensitas radiasi matahari yang terpancar langsung ke sel surya ataupun panel surya. Sehingga memberikan tegangan dan arus pada sel

surya tersebut. Komponen dasra dalam PLTS adalah panel sel surya, rangkaian kontroler pengisian *charge controller*, dan aki 12 volt.

2.2.2 Bagian Bagian PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terdiri dari bagian bagian sebagai berikut:

2.2.2.1 Energi Matahari

Energi Matahari merupakan sumber energi utama untuk membantu berbagai proses fisis dan biologis di Bumi. Radiasi adalah suatu proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tanpa memerlukan zat perantara. Energi Matahari bisa sampai ke permukaan Bumi adalah dengan cara radiasi (pancaran), karena diantara Bumi dan Matahari terdapat ruang hampa (tidak ada zat perantara), sedangkan gelombang elektromagnetik adalah suatu bentuk gelombang yang dirambatkan dalam bentuk komponen medan listrik dan medan magnet, sehingga dapat merambat dengan kecepatan yang sangat tinggi dan tanpa memerlukan zat atau medium perantara (Rusman 2015).

2.2.2.2 Sel Surya

Sel surya atau juga sering disebut *fotovoltaik* yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya biasanya sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi energy cahaya matahari yang sampai ke bumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik. Prinsip kerja suatu sel surya adalah dengan memanfaatkan efek *fotovoltaik*, yaitu suatu efek yang dapat mengubah secara langsung cahaya matahari menjadi suatu energy listrik.

Sel silicon dalam solar sel panel yang disinari matahari membuat proton bergerak menuju electron dan menghasilkan arus dengan tegangan listrik. Sebuah sel silicon menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel surya untuk menghasilkan 17 volt tegangan maksimum.

Pada umumnya menghitung maksimum sinar matahari yang diubah menjadi tenaga listrik sepanjang hari adalah lima jam. Misalnya, solar sel panel module memiliki kapasitas output *Watt hour*. Solar sel 50 WP 12 V, memberikan output daya sebesar 50 watt per jam dengan tegangan 12 Volt. Untuk perhitungan daya yang dihasilkan perhari adalah 50 Watt x 5 jam Maksimum *peak* intensitas matahari (K. Ali, 2016).



Gambar 2.1 Ilustrasi dari Modul Surya
(sumber: Khamarruzaman Ali)

Luas modul panel surya yang di gunakan menunjang seberapa besar nya daya yang mampu di serap oleh panel surya tersebut dapat di hitung sebagai berikut:

$$A = P \cdot L^2$$

Dimana :

A = Luas Permukaan modul surya (m²)

P = Panjang modul surya (m)

L = Lebar modul surya (m)

Surya Solar panel mengkonversikan tenaga matahari menjadi listrik. Sel silikon (disebut juga *solar cells*) yang disinari matahari/ surya, membuat photon yang menghasilkan arus listrik. Sebuah solar cells menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum)

$P = V \cdot I$

Dimana :

P = daya yang digunakan (w)

V = tegangan hasil pengukuran (v)

I = arus hasil pengukuran (i)

Jenis panel surya/cell solar adalah sebagai berikut :

a. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan panel surya yang memiliki susunan Kristal acak. Type polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul

di atas lapisan silikon. Harganya lebih murah dikarenakan efisiensinya sekitar 14-18 %. Secara fisik, panel surya jenis ini dapat diketahui dari warna sel yang cenderung biru dengan bentuk persegi. Seperti terlihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Panel *Polycrystalline* Silikon

Kelebihan Panel Surya *Polycrystalline*

1. Panel surya polycrystalline adalah jenis panel surya dengan harga yang lebih murah bila dibandingkan dengan jenis monocrystalline. Hal ini dikarenakan proses pembuatan panel surya polycrystalline lebih sederhana sehingga harga jualnya juga lebih murah
2. Produksi untuk PLTS biayanya lebih rendah
3. Warna biru cerah memberikan nilai estetika baik

Kekurangan Panel Surya Polycrystalline

1. Nilai efisiensi rendah yaitu 13% hingga 16% dibandingkan dengan monocrystalline
2. Perlu tempat atau ruang yang besar
3. Kinerjanya turun pada cuaca panas yang ekstrim

Keterangan dari panel surya *polycrystalline* dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 keterangan panel surya *polycrystalline*

Keterangan	Panel Surya Polycrystalline
Jenis Sel Surya	Campuran silikon dengan material lain
Harga Jual	Mulai dari Rp. 8.848
Garansi	+25 Tahun
Estetika	Rata-rata berwarna kebiruan
Kebutuhan Area	8-9 m ² per 1 kWp
Efisiensi Panel	Sekitar 13-18%
Ketahanan Suhu	Kurang efisien dalam suhu yang lebih tinggi
Lainnya	lebih sedikit menggunakan dan menghasilkan limbah silikon

b. Monokristal (*Mono-Crystalline*)

Panel surya jenis monocrystalline memiliki tingkat efisiensi yang baik yaitu 15%. Dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur, biasanya memiliki tebal 200 mikron dengan nilai efisiensi sekitar 16-25 %. Secara fisik, panel surya Monocrystalline dapat diketahui dari warna sel hitam gelap dengan

model terpotong tiap sudutnya. Selain dari harganya yang relatif lebih mahal, efisiensinya juga akan turun drastis dalam cuaca berawan. Seperti terlihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Panael *Monocrystalline* Silikon

Kelebihan Panel Surya *Monocrystalline*

1. Nilai efisiensi yaitu 15% sampai 20%
2. Tempat yang kecil untuk penempatannya
3. Life time pemakaian cukup
4. Memiliki performa yang lebih baik

Kekurangan Panel Surya *Monocrystalline*

1. Harganya mahal.
2. Kinerja turun saat terjadi cuaca panas yang ekstrim.
3. Pembuatannya banyak limbah silikon

Keterangan spesifikasi dari panel surya *monocrystalline* dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Spesifikasi panel surya *monocrystalline*

Keterangan	Panel Surya Monocrystalline
Jenis Sel Surya	Silikon Tunggal
Harga Jual	Mulai dari Rp. 10.258
Garansi	+25 Tahun
Estetika	Rata-rata berwarna Hitam
Kebutuhan Area	6-9 m ² per 1 kWp
Efisiensi Panel	Sekitar 15-20%
Ketahanan Suhu	Berkinerja lebih baik dalam suhu tinggi dan kondisi yang teduh
Lainnya	Teknologi tertua yang paling banyak digunakan

c. Amorphous Silikon/Thin Film

Amorphous silicon/Thin Film merupakan jenis sel surya yang memiliki tingkat efisiensi paling rendah sebesar 9-14% dengan harga yang paling murah (Narayana, 2010). Jenis ini juga biasanya digunakan pada alat-alat elektronik kecil berupa kalkulator dan jam tangan.

Panel surya Thin Film menggunakan banyak lapisan material sebagai bahan material penyusunnya. Meskipun mempunyai kinerja yang lebih rendah dibandingkan panel surya berbahan silikon namun memiliki kemampuan energi yang dihasilkan mudah disimpan. Jenis panel surya ini memiliki kerapatan atom yang rendah, sehingga mudah dibentuk dan dikembangkan ke berbagai macam ukuran dan potongan yang dapat diproduksi dengan biaya yang lebih murah.

Panel surya amorphous memiliki efisiensi terendah dengan 6-8% dan mengandung bahan yang tidak aman dalam materialnya. Banyak dipakai sebagai pengganti tinted glass yang semi transparan dan dikembangkan untuk sistem bangunan terpadu (R. Hutaheean, 2018).

Gambar panel thin film solar dapat dilihat pada Gambar 2.4



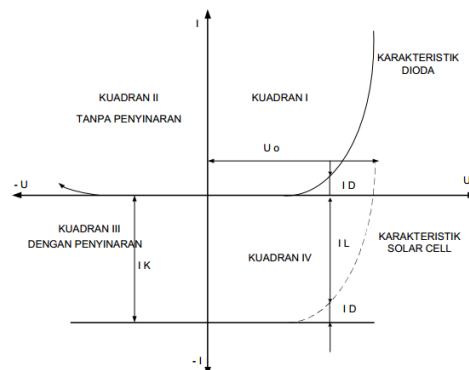
Gambar 2.4 panel thin film solar

Perbandingan beberapa jenis panel surya dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Perbandingan beberapa jenis panel surya

Jenis	Efisiensi Perunahan Daya	Daya Tahan	Biaya
Mono	Sangat baik	Sangat baik	Baik
Poly	Baik	Sangat baik	Sangat Baik
Amorphous	Cukup Baik	Cukup Baik	Baik
Compound	Sangat Baik	Sangat Baik	Cukup Baik

Karakteristik Solar cell tanpa pada keadaan penyinaran, mirip seperti permukaan penyearah setengah gelombang dioda. Ketika sel surya dapat sinar akan mengalir arus konstant yang arahnya berlawanan dengan arus dioda seperti gambar 2.5.

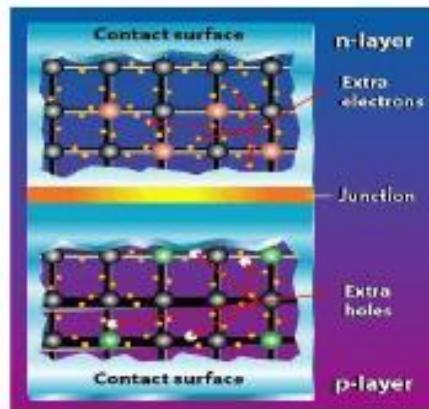


Gambar 2.5 Karakteristik sel surya dan diode

Gambar 2.5 dapat dilihat dilihat bahwa grafik sel surya tidak tergantung dari sifat sifat dioda. Jika diselidiki pada kuadran IV akan ditemukan tiga titik penting yaitu

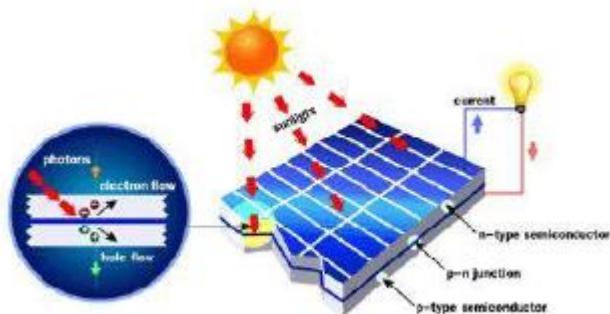
- Tegangan beban nol diukur tanpa beban dan penyinaran
 - Arus berhubung singkat berbanding lurus dengan kuat penyinaran
 - Titik daya maksimum *maximum Power point* = MPP dari sel surya
- didapatkan dari hasil arus dan tegangan yang dibuat pada setiap titik

Cara kerja sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. seperti terlihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n

Peran dari p-n *junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga electron dan hole bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n *junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti dilustrasikan pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction

2.2.3 Inverter

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah DC menjadi arus listrik bolak balik AC. *Inverter* mengkonversi arus DC 12-24 V dari perangkat seperti baterai, panel surya/*solar cell* menjadi arus AC 220 V. Pada gambar 2.8 ini adalah bentuk dari inverter.



Gambar 2.8 Inverter

2.2.4 Charger Controller

Charge Controller atau biasa juga disebut dengan Regulator baterai adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Regulator baterai juga mengatur kelebihan mengisi baterai dan kelebihan tegangan dari modul surya. Manfaat dari alat ini juga untuk menghindari *full discharge* dan *overloading* serta memonitor suhu baterai.

Fungsi dari *charge controller* antara lain : Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*. Apabila baterai dalam keadaan kondisi sudah terisi penuh maka listrik yang disuplai dari modul surya tidak akan dimasukan lagi pada baterai dan sebaliknya juga jika keadaan kondisi baterai sudah kurang dari 30% maka *charge controller* tersebut akan mengisi kembali baterai sampai penuh.

Persamaan *Charge Controller*

Waktu pengisian aki

$$Ta = Ah/A$$

Dimana :

Ta = lamanya pengisian arus (jam)

Ah = besarnya kapasitas baterei (Ah)

A = Besarnya arus pengisian ke baterei (ampere)

Lama pengisian daya

$$Td = \text{daya Ah/daya A}$$

Dimana:

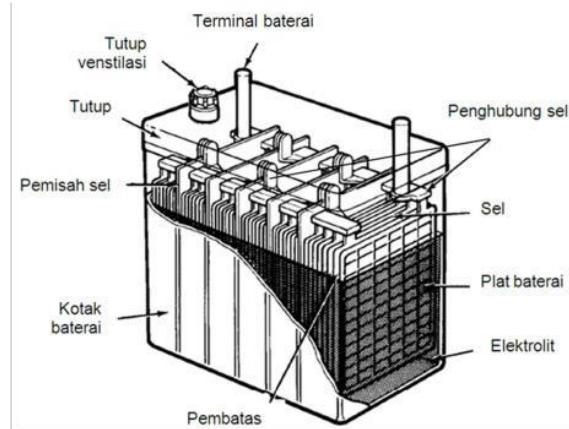
Td = waktu daya pengisian (jam)

Daya Ah = Perkalian Ah dengan tegangan pada baterei (watt hours)

Daya A = Perkalian A dengan tegangan pada baterrei (A)

2.2.5 Aki/Baterei

Baterai pada PLTS berfungsi sebagai penyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya. *Accumulator* atau yang akrab disebut accu/aki adalah salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor. Selain berfungsi untuk menggerakkan motor starter, aki juga berperan sebagai penyimpan listrik dan sekaligus sebagai penstabil tegangan dan arus listrik kendaraan S(M. Irwansyah, 2013). Konstruksi baterai dengan ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Konstruksi Baterei

Baterai biasanya diklarifikasi terhadap dua tipe, yakni baterai primer dan baterai sekunder. Dalam pemasangan suatu PLTS biaya untuk pengadaan baterai ini biasanya hampir 10% dari biaya totalnya. Jenis jenis baterei adalah sebagai berikut:

- a. Aki deep-cycle Marine, digunakan untuk aplikasi yang kecil dan sederhana
- b. Aki deep-cycle Gel yang digunakan oleh industry-industri berat
- c. Aki *sealed* Gel
- d. Aki *absorbed glass mat* (AGM) adalah aki anti bocor dan mempunyai kinerja yang sangat tinggi. Jenis aki ini boleh dikatakan adalah yang terbaik untuk diterapkan pada sistem surya industri-industri berat. misalnya: aki AGM terdapat didalam pesawat terbang, rumah sakit dan sebagainya

2.2.6 Keuntungan dan Kerugian Panel Surya

2.2.6.1 Keuntungan

Keuntungan panel surya adalah sebagai berikut.

- a. Tidak memerlukan bahan bakar, tidak membuat pencemaran lingkungan. Sinar matahari gratis, tersedia secara luas di banyak negara, dan tidak pernah berakhir.
- b. Modul PV dapat diandalkan, stabil, tahan lama, dan tahan cuaca, sehingga biasanya memiliki waktu operasi lebih dari 10 tahun.

2.2.6.2 Kerugian

Hal yang harus dipertimbangkan dalam panel surya.

- a. Kelemahan utama dari sistem PV adalah tergantung pada penyinaran matahari. Karena itu, penggunaan daya pada malam dibutuhkan baterai.
- b. Investasi awal nilainya terhitung mahal.
- c. Dibutuhkan bantuan keuangan (F. R. S. S Chanra sekhar, 2020)

2.2.7 Arus dan Tegangan

Atom adalah partikel terkecil penyusun materi, atom terdiri dari partikel-partikel sub-atom yang tersusun atas elektron, proton, dan neutron dalam berbagai gabungan. Elektron adalah muatan listrik negatif (-) yang paling mendasar. Elektron dalam cangkang terluar suatu atom disebut elektron valensi. Apabila energi eksternal seperti energi kalor, cahaya, atau listrik diberikan pada materi, elektron valensinya akan memperoleh energi dan dapat berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Jika energi yang diberikan telah cukup, sebagian dari elektron-elektron valensi terluar tadi akan meninggalkan atomnya dan statusnyapun berubah menjadi elektron bebas. Gerakan elektron-elektron bebas inilah yang akan menjadi arus listrik dalam

konduktor logam. Gerak atau aliran elektron disebut arus(I), dengan satuan ampere. Sebagian atom kehilangan elektron dan sebagian atom lainnya memperoleh elektron. Keadaan ini akan memungkinkan terjadinya perpindahan elektron dari satu objek ke objek lain. Apabila perpindahan ini terjadi, distribusi muatan positif dan negatif dalam setiap objek tidak sama lagi. Objek dengan jumlah elektron yang berlebih akan memiliki polaritas listrik negatif (-). Objek yang kekurangan elektron akan memiliki polaritas listrik positif (+). Besaran muatan listrik ditentukan oleh jumlah elektron dibandingkan dengan jumlah proton dalam suatu objek. Simbol untuk besaran muatan elektron ialah Q dan satuannya adalah coulomb. Besarnya muatan 1 C = 6,25 x elektron. Kemampuan muatan listrik untuk mengerahkan suatu gaya dimungkinkan oleh keberadaan medan elektrostatik yang mengelilingi objek yang bermuatan tersebut (A. Makruf, 2020).

Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya electron yang mengalir atau besarnya arus, hubungan tersebut ditunjukkan pada rumus di bawah ini

$$P = V \cdot I$$

Dengan

$$P = \text{daya keluaran}$$

$$V = \text{tegangan keluaran}$$

$$I = \text{Arus}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini berlokasi di shelter lantai 4 Gedung Pasca Sarjana Universitas Ichsan Gorontalo dan waktu penelitian akan dilaksanakan pada bulan April sampai Juni 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini diperlukan alat dan bahan sebagai pendukung dari penelitian ini

1. Panel Surya *Monocrystalline*
2. Panel Surya *Polysrystalline*
3. Multimeter Digital
4. Dudukan Panel Surya
5. Lux Meter
6. Termometer

3.3 Langkah-Langkah Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ada beberapa langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian sebagai berikut

1. Perakitan objek penelitian yaitu pemasang panel surya pada dudukan atau penyanggah panel surya
2. Menyiapkan alat pengujian yang digunakan yaitu, multimeter digital
3. Menghubungkan multimeter digital dengan panel surya
4. Pengujian dilakukan mulai pukul 09.00 – 15.00 wib selama 3 hari

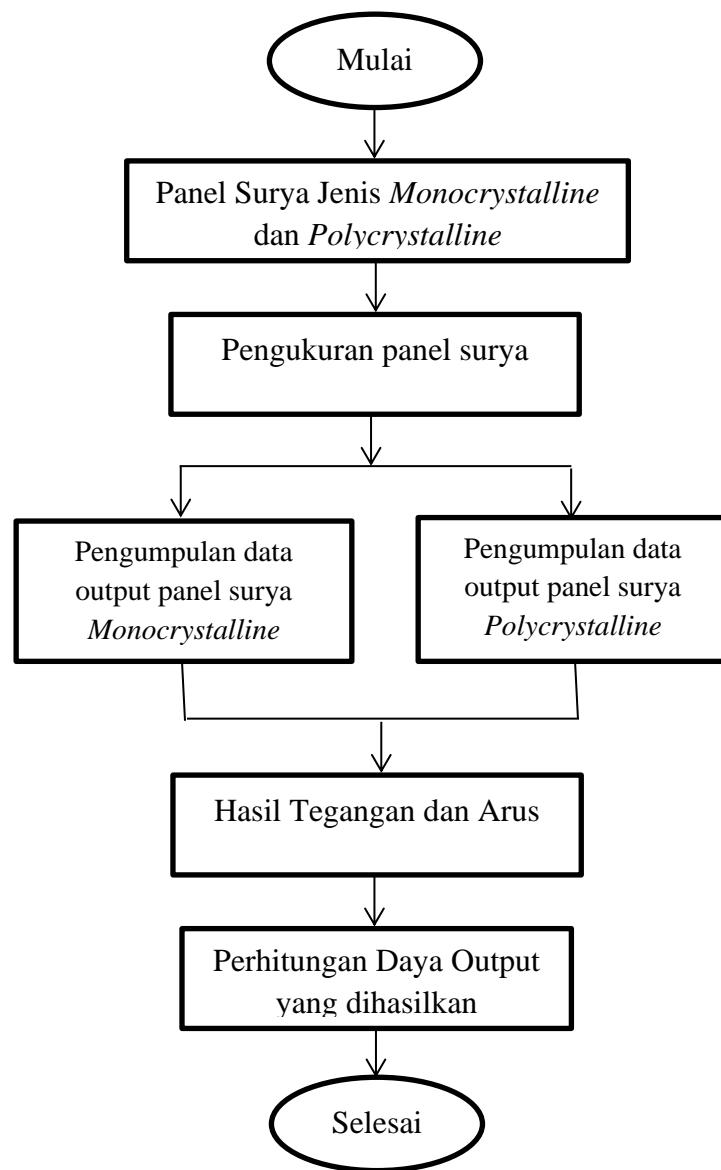
5. Pengujian dilakukan mengukur pengeluaran panel surya/ output daya pada monocrystalline dan polycrystalline
6. Melakukan perbandingan daya yang dihasilkan oleh Panel Surya

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai pertama kali dengan merumuskan masalah yang akan diuji dalam penelitian, dilanjutkan dengan studi kepustakaan untuk mendukung dan sebagai landasan pelaksanaan penelitian. Jalannya penelitian dilakukan dengan urutan sebagai berikut

1. Merancang rangkaian percobaan penelitian yaitu pembangkit listrik tenaga surya dan meletakkan diluar ruangan agar terkena cahaya matahari secara langsung.
2. Mengamati secara langsung (observasi) proses penelitian saat alat mulai bekerja
3. Mengumpulkan data hasil penelitian yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya
4. Melakukan perhitungan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh energi matahari melalui panel surya yang dikelompokkan dalam beberapa bagian waktu
5. Menghitung keluaran daya energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya

3.5 Flow Chart Alur Penelitian



Gambar 3.3 *flowchart* alur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Tegangan

Pada penelitian ini dengan memanfaatkan energi cahaya matahari dengan menggunakan 2 jenis panel surya yaitu jenis panel surya monocrystalline dan panel surya jenis polycrystalline. Dilakukan pengukuran langsung dari hasil keluaran tegangan dari kedua jenis panel tersebut. Pengukuran ini dilakukan selama 3 hari dan dimulai pada jam 06.00 sampai dengan jam 18.00 WITA.

4.1.1 Hasil Pengukuran Tegangan Jenis Monocrystalline

Hasil pengukuran keluaran tegangan pada jenis panel surya monocrystalline hari ke-1 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Jenis Monocrystalline Hari ke-1

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (volt)	Kondisi Cuaca
1	06.00	30	21,87	Mendung
2	07.00	31	21,95	Terik
3	08.00	31	21,79	Terik
4	09.00	31	21,32	Mendung
5	10.00	31	21,9	Mendung
6	11.00	33	22,65	Terik
7	12.00	33	22,78	Terik
8	13.00	33	23,18	Terik
9	14.00	33	22,14	Terik
10	15.00	33	21,36	Mendung
11	16.00	31	21,78	Mendung
12	17.00	31	19,92	Mendung
13	18.00	31	19,24	Mendung

Pada Tabel 4.1 hasil pengukuran tegangan jenis monocrystalline hari ke-1 terlihat bahwa nilai tegangan rata-rata sebesar 21,68 Vdc. Tegangan tertinggi terdapat pada jam 13.00 yaitu sebesar 23,18 Vdc dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 19,24 Vdc dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung. Hasil pengukuran tegangan hari ke-2 jenis panel surya monocrystalline dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Tegangan Jenis Monocrystalline Hari ke-2

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (volt)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	21,19	Mendung
2	07.00	31	22,24	Mendung
3	08.00	33	22,18	Terik
4	09.00	33	22,21	Terik
5	10.00	33	23,67	Terik
6	11.00	33	23,82	Terik
7	12.00	31	22,36	Mendung
8	13.00	32	23,41	Terik
9	14.00	33	23,24	Terik
10	15.00	33	21,92	Terik
11	16.00	32	21,61	Terik
12	17.00	31	21,71	Terik
13	18.00	31	21,18	Mendung

Pada Tabel 4.2 hasil pengukuran tegangan jenis monocrystalline hari ke-2 terlihat bahwa nilai tegangan rata-rata sebesar 22,36 Vdc. Tegangan tertinggi terdapat pada jam 11.00 yaitu sebesar 23,82 Vdc dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 21,18 Vdc dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung. Hasil pengukuran tegangan hari ke-3 jenis panel surya monocrystalline dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Tegangan Jenis Monocrstalline Hari ke-3

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (volt)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	22,19	Terik
2	07.00	31	22,69	Terik
3	08.00	33	22,4	Terik
4	09.00	33	22,13	Terik
5	10.00	33	22,09	Mendung
6	11.00	32	21,82	Mendung
7	12.00	31	21,74	Mendung
8	13.00	34	22,92	Terik
9	14.00	34	23,12	Terik
10	15.00	33	23,36	Terik
11	16.00	34	22,98	Terik
12	17.00	30	21,18	Mendung
13	18.00	30	21,06	Mendung

Pada Tabel 4.3 hasil pengukuran tegangan jenis monocrystalline hari ke-3 terlihat bahwa nilai tegangan rata-rata sebesar 22,28 Vdc. Tegangan tertinggi terdapat pada jam 15.00 yaitu sebesar 23,36 Vdc dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 21,06 Vdc dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung.

Besaran tegangan keluaran rata-rata dari hasil pengukuran pada panel surya jenis monocrystalline selama 3 (tiga) hari adalah sebesar 22,11 Volt. Tegangan keluaran tertinggi adalah sebesar 23,82 Volt dengan suhu 34 derajat celcius dan kondisi cuaca yang terik. Sedangkan tegangan keluaran terendah yaitu 19,24 Volt dengan suhu 30 derajat celcius dan kondisi cuaca yang mendung. Interval waktu tegangan puncak adalah 5 jam yaitu dari jam 09.00 – 14.00.

4.1.2 Hasil Pengukuran Tegangan Jenis Polycrystalline

Pengukuran keluaran tegangan dengan jenis panel surya polycrystalline dilakukan di jam yang bersamaan dengan pengukuran jenis panel surya monocrystalline. Hasil pengukuran keluaran tegangan pada jenis panel surya polycrystalline hari ke-1 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Tegangan Jenis Polycrystalline Hari ke-1

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Poly (volt)	Kondisi Cuaca
1	06.00	30	22,88	Mendung
2	07.00	31	23,03	Terik
3	08.00	31	22,86	Terik
4	09.00	31	22,22	Mendung
5	10.00	31	22,95	Mendung
6	11.00	33	23,18	Terik
7	12.00	33	23,53	Terik
8	13.00	33	23,68	Terik
9	14.00	33	23,62	Terik
10	15.00	33	23,19	Mendung
11	16.00	31	22,85	Mendung
12	17.00	31	19,24	Mendung
13	18.00	31	19,12	Mendung

Pada Tabel 4.4 hasil pengukuran tegangan jenis polycrystalline hari ke-1 terlihat bahwa nilai tegangan rata-rata sebesar 22,49 Vdc. Tegangan tertinggi terdapat pada jam 13.00 yaitu sebesar 23,68 Vdc dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 19,12 Vdc dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung. Hasil pengukuran tegangan hari ke-2 jenis panel surya polycrystalline dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Tegangan Jenis Polycrstalline Hari ke-2

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Poly (volt)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	21,82	Mendung
2	07.00	31	22,34	Mendung
3	08.00	32	23,42	Terik
4	09.00	33	23,19	Terik
5	10.00	33	23,06	Terik
6	11.00	33	23,84	Terik
7	12.00	33	23,71	Mendung
8	13.00	31	23,88	Terik
9	14.00	32	22,94	Terik
10	15.00	33	22,76	Terik
11	16.00	33	23,14	Terik
12	17.00	31	22,48	Terik
13	18.00	31	22,36	Mendung

Pada Tabel 4.5 hasil pengukuran tegangan jenis polycrystalline hari ke-2 terlihat bahwa nilai tegangan rata-rata sebesar 22,99 Vdc. Tegangan tertinggi terdapat pada jam 13.00 yaitu sebesar 23,68 Vdc dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 06.00 yaitu 21,82 Vdc dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung. Hasil pengukuran tegangan hari ke-3 jenis panel surya polycrystalline dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Tegangan Jenis Polycrstalline Hari ke-3

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Poly (volt)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	22,97	Terik
2	07.00	31	23,18	Terik
3	08.00	33	23,26	Terik
4	09.00	33	23,21	Terik
5	10.00	33	23,24	Mendung
6	11.00	32	23,12	Mendung
7	12.00	31	22,61	Mendung
8	13.00	34	23,84	Terik

9	14.00	34	23,71	Terik
10	15.00	33	23,8	Terik
11	16.00	34	23,79	Terik
12	17.00	30	22,82	Mendung
13	18.00	30	21,94	Mendung

Pada Tabel 4.6 hasil pengukuran tegangan jenis polycrystalline hari ke-3 terlihat bahwa nilai tegangan rata-rata sebesar 23,19 Vdc. Tegangan tertinggi terdapat pada jam 13.00 yaitu sebesar 23,84 Vdc dengan suhu 34 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 21,94 Vdc dengan suhu 30 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung.

Besaran tegangan keluaran rata-rata dari hasil pengukuran pada panel surya jenis polycrystalline selama 3 (tiga) hari adalah sebesar 22,89 Volt. Tegangan keluaran tertinggi adalah sebesar 23,88 Volt dengan suhu 34 derajat celcius dan kondisi cuaca yang terik. Sedangkan tegangan keluaran terendah yaitu 19,12 Volt dengan suhu 30 derajat celcius dan kondisi cuaca yang mendung. Interval waktu tegangan puncak adalah 6 jam yaitu dari jam 09.00 – 15.00.

4.2 Hasil Pengukuran Arus

Pada penelitian ini dengan memanfaatkan energi cahaya matahari dengan menggunakan 2 jenis panel surya yaitu jenis panel surya monocystalline dan panel surya jenis polycrystalline. Dilakukan pengukuran langsung dari hasil keluaran arus dari kedua jenis panel tersebut. Pengukuran ini dilakukan selama 3 hari dan dimulai pada jam 06.00 sampai dengan jam 18.00 WITA.

4.2.1 Hasil Pengukuran Arus Jenis Monocystalline

Hasil pengukuran keluaran arus pada jenis panel surya monocystalline hari ke-1 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Arus Jenis Monocrystalline Hari ke-1

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (Arus)	Kondisi Cuaca
1	06.00	30	3,5	Mendung
2	07.00	31	3,6	Terik
3	08.00	31	3,6	Terik
4	09.00	31	3,2	Mendung
5	10.00	31	3,9	Mendung
6	11.00	33	4,1	Terik
7	12.00	33	4,2	Terik
8	13.00	33	4,2	Terik
9	14.00	33	3,8	Terik
7	15.00	33	3,4	Mendung
8	16.00	31	3,4	Mendung
9	17.00	31	3,2	Mendung
10	18.00	31	3,1	Mendung

Pada Tabel 4.7 hasil pengukuran arus jenis monocrystalline hari ke-1 terlihat bahwa nilai arus rata-rata sebesar 3,63 Idc. Arus tertinggi terdapat pada jam 12.00 dan 13.00 yaitu sebesar 4,2 Idc dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 3,1 Idc dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung. Hasil pengukuran arus hari ke-2 jenis panel surya monocrystalline dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Arus Jenis Monocrystalline Hari ke-2

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (Arus)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	3,4	Mendung
2	07.00	31	3,3	Mendung
3	08.00	33	3,4	Terik
4	09.00	33	3,4	Terik
5	10.00	33	3,7	Terik
6	11.00	33	3,6	Terik
7	12.00	31	3,2	Mendung
8	13.00	32	3,6	Terik

9	14.00	33	3,3	Terik
10	15.00	33	3,1	Terik
11	16.00	32	3,2	Terik
12	17.00	31	3,1	Terik
13	18.00	31	3,1	Mendung

Pada Tabel 4.8 hasil pengukuran arus jenis monocrystalline hari ke-2 terlihat bahwa nilai arus rata-rata sebesar 3,34 Idc. Arus tertinggi terdapat pada jam 12.00 dan 10.00 yaitu sebesar 3,7 Idc dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 17.00 dan jam 18.00 yaitu 3,1 Idc dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca berubah dari terik ke mendung. Hasil pengukuran arus hari ke-3 jenis panel surya monocrystalline dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Arus Jenis Monocrystalline Hari ke-3

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (Arus)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	3,4	Terik
2	07.00	31	3,4	Terik
3	08.00	33	3,7	Terik
4	09.00	33	3,6	Terik
5	10.00	33	3,2	Mendung
6	11.00	32	3,2	Mendung
7	12.00	31	3,1	Mendung
8	13.00	34	4,2	Terik
9	14.00	34	4,3	Terik
10	15.00	33	3,7	Terik
11	16.00	34	3,8	Terik
12	17.00	30	3,2	Mendung
13	18.00	30	3,2	Mendung

Pada Tabel 4.9 hasil pengukuran arus jenis monocrystalline hari ke-3 terlihat bahwa nilai arus rata-rata sebesar 3,54 Idc. Arus tertinggi terdapat pada jam 12.00

dan 14.00 yaitu sebesar 4,3 Idc dengan suhu 34 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 12.00 yaitu 3,1 Idc dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca mendung.

Besaran arus keluaran rata-rata dari hasil pengukuran pada panel surya jenis monocystalline selama 3 (tiga) hari adalah sebesar 3,5 Ampere. Arus keluaran tertinggi adalah sebesar 4,3 Ampere dengan suhu 34 derajat celcius dan kondisi cuaca yang terik. Sedangkan arus keluaran terendah yaitu 3,1 Ampere dengan suhu 30 derajat celcius dan kondisi cuaca yang mendung. Interval waktu arus puncak adalah 5 jam yaitu dari jam 09.00 – 14.00.

4.2.2 Hasil Pengukuran Arus Jenis Polycrystalline

Pengukuran keluaran arus dengan jenis panel surya polycrystalline dilakukan di jam yang bersamaan dengan pengukuran jenis panel surya monocystalline. Hasil pengukuran keluaran arus pada jenis panel surya polycrystalline hari ke-1 dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Pengukuran Arus Jenis Polycrystalline Hari ke-1

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Poly (Arus)	Kondisi Cuaca
1	06.00	30	3,7	Mendung
2	07.00	31	3,8	Terik
3	08.00	31	3,8	Terik
4	09.00	31	3,3	Mendung
5	10.00	31	4,3	Mendung
6	11.00	33	4,3	Terik
7	12.00	33	4,3	Terik
8	13.00	33	4,4	Terik
6	14.00	33	4,2	Terik
7	15.00	33	3,8	Mendung
8	16.00	31	3,3	Mendung
9	17.00	31	3,3	Mendung

10	18.00	31	3,1	Mendung
----	-------	----	-----	---------

Pada Tabel 4.10 hasil pengukuran arus jenis polycrystalline hari ke-1 terlihat bahwa nilai arus rata-rata sebesar 3,82 Idc. Arus tertinggi terdapat pada jam 12.00 dan 13.00 yaitu sebesar 4,4 Idc dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 3,1 Idc dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung. Hasil pengukuran arus hari ke-2 jenis panel surya polycrystalline dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Arus Jenis Plycrystalline Hari ke-2

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Poly (Arus)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	3,6	Mendung
2	07.00	31	3,8	Mendung
3	08.00	32	3,8	Terik
4	09.00	33	3,7	Terik
5	10.00	33	4,2	Terik
6	11.00	33	4,6	Terik
7	12.00	33	4,1	Mendung
8	13.00	31	4,2	Terik
9	14.00	32	3,4	Terik
10	15.00	33	3,7	Terik
11	16.00	33	4,2	Terik
12	17.00	31	3,9	Terik
13	18.00	31	3,5	Mendung

Pada Tabel 4.11 hasil pengukuran arus jenis polycrystalline hari ke-2 terlihat bahwa nilai arus rata-rata sebesar 3,9 Idc. Arus tertinggi terdapat pada jam 12.00 dan 11.00 yaitu sebesar 4,6 Idc dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 14.00 yaitu 3,4 Idc dengan suhu

32 derajat dan kondisi cuaca terik. Hasil pengukuran arus hari ke-3 jenis panel surya polycrystalline dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Pengukuran Arus Jenis Polycrystalline Hari ke-3

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Poly (Arus)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	3,2	Terik
2	07.00	31	3,3	Terik
3	08.00	33	3,3	Terik
4	09.00	33	3,2	Terik
5	10.00	33	3,8	Mendung
6	11.00	32	3,6	Mendung
7	12.00	31	3,4	Mendung
8	13.00	34	4,3	Terik
9	14.00	34	4,1	Terik
10	15.00	33	4,1	Terik
11	16.00	34	4,2	Terik
12	17.00	30	3,8	Mendung
13	18.00	30	3,2	Mendung

Pada Tabel 4.12 hasil pengukuran arus jenis polycrystalline hari ke-3 terlihat bahwa nilai arus rata-rata sebesar 3,65 Idc. Arus tertinggi terdapat pada jam 12.00 dan 13.00 yaitu sebesar 4,3 Idc dengan suhu 34 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 3,2 Idc dengan suhu 30 derajat dan kondisi cuaca mendung.

Besaran arus keluaran rata-rata dari hasil pengukuran pada panel surya jenis polycrystalline selama 3 (tiga) hari adalah sebesar 3,79 Ampere. Arus keluaran tertinggi adalah sebesar 4,6 Ampere dengan suhu 34 derajat celcius dan kondisi cuaca yang terik. Sedangkan arus keluaran terendah yaitu 3,1 Ampere dengan suhu 30 derajat celcius dan kondisi cuaca yang mendung. Interval waktu arus puncak adalah 5 jam yaitu dari jam 09.00 – 15.00.

4.3 Hasil Perbandingan Tegangan

Perbandingan tegangan keluaran pada dua jenis panel surya yaitu jenis panel surya Monocrstalline dan jenis panel surya Polycrystalline dilakukan untuk mengetahui jenis panel surya mana yang memiliki keluaran tegangan yang baik untuk pemasangan PLTS. Hasil perbandingan tegangan panel surya jenis monocrystalline dan polycrystalline pada hari ke-1 dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Perbandingan Tegangan Panel Surya Jenis Monocrystalline dan Polycrystalline Hari ke-1

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (volt)	Poly (volt)	Kondisi Cuaca
1	06.00	30	21,87	22,88	Mendung
2	07.00	31	21,95	23,03	Terik
3	08.00	31	21,79	22,86	Terik
4	09.00	31	21,32	22,22	Mendung
5	10.00	31	21,9	22,95	Mendung
6	11.00	33	22,65	23,18	Terik
7	12.00	33	22,78	23,53	Terik
8	13.00	33	23,18	23,68	Terik
9	14.00	33	22,14	23,62	Terik
10	15.00	33	21,36	23,19	Mendung
11	16.00	31	21,78	22,85	Mendung
12	17.00	31	19,92	19,24	Mendung
13	18.00	31	19,24	19,12	Mendung

Pada Tabel 4.13 hasil perbandingan tegangan jenis panel monocrystalline dan jenis polycrystalline hari ke-1 terlihat bahwa nilai perbandingan tegangan rata-rata untuk jenis monocrystalline sebesar 21,68 Vdc dan untuk tegangan rata-rata jenis polycrystalline yaitu 22,49 Vdc. Terdapat selisih tegangan rata-rata sebesar 0,81 Vdc antara jenis monocrystalline dan polycrystalline. Sehingga terlihat bahwa dari hasil pengukuran tegangan dihari ke-1, bahwa nilai jenis panel polycrystalline lebih

besar tegangan keluarannya bila dibandingkan dengan jenis monocrystalline. Hasil perbandingan tegangan keluaran jenis panel surya monocrystalline dan jenis polycrystalline pada hari ke-2 dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Perbandingan Tegangan Panel Surya Jenis Monocrystalline dan Polycrystalline Hari ke-2

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (volt)	Poly (volt)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	21,19	21,82	Mendung
2	07.00	31	22,24	22,34	Mendung
3	08.00	33	22,18	23,42	Terik
4	09.00	33	22,21	23,19	Terik
5	10.00	33	23,67	23,06	Terik
6	11.00	33	23,82	23,84	Terik
7	12.00	31	22,36	23,71	Mendung
8	13.00	32	23,41	23,88	Terik
9	14.00	33	23,24	22,94	Terik
10	15.00	33	21,92	22,76	Terik
11	16.00	32	21,61	23,14	Terik
12	17.00	31	21,71	22,48	Terik
13	18.00	31	21,18	22,36	Mendung

Pada Tabel 4.14 hasil perbandingan tegangan jenis panel monocrystalline dan jenis polycrystalline hari ke-2 terlihat bahwa nilai perbandingan tegangan rata-rata untuk jenis monocrystalline sebesar 22,36 Vdc dan untuk tegangan rata-rata jenis polycrystalline yaitu 22,99 Vdc. Terdapat selisih tegangan rata-rata sebesar 0,63 Vdc antara jenis monocrystalline dan polycrystalline. Sehingga terlihat bahwa dari hasil pengukuran tegangan dihari ke-2, bahwa nilai tegangan jenis panel polycrystalline lebih besar tegangan keluarannya bila dibandingkan dengan jenis monocrystalline. Hasil perbandingan tegangan keluaran jenis panel surya

monocrystalline dan jenis polycrystalline pada hari ke-3 dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Perbandingan Tegangan Panel Surya Jenis Monocrystalline dan Polycrystalline Hari ke-3

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (volt)	Poly (volt)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	22,19	22,97	Terik
2	07.00	31	22,69	23,18	Terik
3	08.00	33	22,4	23,26	Terik
4	09.00	33	22,13	23,21	Terik
5	10.00	33	22,09	23,24	Mendung
6	11.00	32	21,82	23,12	Mendung
7	12.00	31	21,74	22,61	Mendung
8	13.00	34	22,92	23,84	Terik
9	14.00	34	23,12	23,71	Terik
10	15.00	33	23,36	23,8	Terik
11	16.00	34	22,98	23,79	Terik
12	17.00	30	21,18	22,82	Mendung
13	18.00	30	21,06	21,94	Mendung

Pada Tabel 4.15 hasil perbandingan tegangan jenis panel monocrystalline dan jenis polycrystalline hari ke-3 terlihat bahwa nilai perbandingan tegangan rata-rata untuk jenis monocrystalline sebesar 22,28 Vdc dan untuk tegangan rata-rata jenis polycrystalline yaitu 23,19 Vdc. Terdapat selisih tegangan rata-rata sebesar 0,91 Vdc antara jenis monocrystalline dan polycrystalline. Sehingga terlihat bahwa dari hasil pengukuran tegangan dihari ke-3, bahwa nilai tegangan jenis panel polycrystalline lebih besar tegangan keluarannya bila dibandingkan dengan jenis monocrystalline.

4.4 Hasil Perbandingan Arus

Perbandingan arus keluaran pada dua jenis panel surya yaitu jenis panel surya Monocrstalline dan jenis panel surya Polycrystalline dilakukan untuk mengetahui jenis panel surya mana yang memiliki keluaran aru yang baik untuk pemasangan PLTS. Hasil perbandingan arus panel surya jenis monocrystalline dan polycrystalline pada hari ke-1 dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Perbandingan Arus Panel Surya Jenis Monocrystalline dan Polycrystalline Hari ke-1

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (Arus)	Poly (Arus)	Kondisi Cuaca
1	06.00	30	3,5	3,7	Mendung
2	07.00	31	3,6	3,8	Terik
3	08.00	31	3,6	3,8	Terik
4	09.00	31	3,2	3,3	Mendung
5	10.00	31	3,9	4,3	Mendung
6	11.00	33	4,1	4,3	Terik
7	12.00	33	4,2	4,3	Terik
8	13.00	33	4,2	4,4	Terik
9	14.00	33	3,8	4,2	Terik
10	15.00	33	3,4	3,8	Mendung
11	16.00	31	3,4	3,3	Mendung
12	17.00	31	3,2	3,3	Mendung
13	18.00	31	3,1	3,1	Mendung

Pada Tabel 4.16 hasil perbandingan arus jenis panel monocrystalline dan jenis polycrystalline hari ke-1 terlihat bahwa nilai perbandingan arus rata-rata untuk jenis monocrystalline sebesar 3,63 Idc dan untuk arus rata-rata jenis polycrystalline yaitu 3,82 Idc. Terdapat selisih arus rata-rata sebesar 0,19 Idc antara jenis monocrystalline dan polycrystalline. Sehingga terlihat bahwa dari hasil pengukuran arus dihari ke-1, bahwa nilai jenis panel polycrystalline lebih besar arus keluarannya

bila dibandingkan dengan jenis monocystalline. Hasil perbandingan arus keluaran jenis panel surya monocystalline dan jenis polycystalline pada hari ke-2 dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Perbandingan Arus Panel Surya Jenis Monocrystalline dan Polycystalline Hari ke-2

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (Arus)	Poly (Arus)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	3,4	3,6	Mendung
2	07.00	31	3,3	3,8	Mendung
3	08.00	33	3,4	3,8	Terik
4	09.00	33	3,4	3,7	Terik
5	10.00	33	3,7	4,2	Terik
6	11.00	33	3,6	4,6	Terik
7	12.00	31	3,2	4,1	Mendung
8	13.00	32	3,6	4,2	Terik
9	14.00	33	3,3	3,4	Terik
10	15.00	33	3,1	3,7	Terik
11	16.00	32	3,2	4,2	Terik
12	17.00	31	3,1	3,9	Terik
13	18.00	31	3,1	3,5	Mendung

Pada Tabel 4.17 hasil perbandingan arus jenis panel monocystalline dan jenis polycystalline hari ke-2 terlihat bahwa nilai perbandingan arus rata-rata untuk jenis monocystalline sebesar 3,34 Idc dan untuk arus rata-rata jenis polycystalline yaitu 3,90 Idc. Terdapat selisih arus rata-rata sebesar 0,56 Idc antara jenis monocystalline dan polycystalline. Sehingga terlihat bahwa dari hasil pengukuran arus dihari ke-2, bahwa nilai jenis panel polycrystalline lebih besar arus keluarannya bila dibandingkan dengan jenis monocystalline. Hasil perbandingan arus keluaran jenis panel surya monocystalline dan jenis polycystalline pada hari ke-3 dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Perbandingan Arus Panel Surya Jenis Monocrystalline dan Polycrystalline Hari ke-3

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (Arus)	Poly (Arus)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	3,4	3,2	Terik
2	07.00	31	3,4	3,3	Terik
3	08.00	33	3,7	3,3	Terik
4	09.00	33	3,6	3,2	Terik
5	10.00	33	3,2	3,8	Mendung
6	11.00	32	3,2	3,6	Mendung
7	12.00	31	3,1	3,4	Mendung
8	13.00	34	4,2	4,3	Terik
9	14.00	34	4,3	4,1	Terik
10	15.00	33	3,7	4,1	Terik
11	16.00	34	3,8	4,2	Terik
12	17.00	30	3,2	3,8	Mendung
13	18.00	30	3,2	3,2	Mendung

Pada Tabel 4.18 hasil perbandingan arus jenis panel monocrystalline dan jenis polycrystalline hari ke-3 terlihat bahwa nilai perbandingan arus rata-rata untuk jenis monocrystalline sebesar 3,54 Idc dan untuk arus rata-rata jenis polycrystalline yaitu 3,65 Idc. Terdapat selisih arus rata-rata sebesar 0,11 Idc antara jenis monocrystalline dan polycrystalline. Sehingga terlihat bahwa dari hasil pengukuran arus dihari ke-3, bahwa nilai jenis panel polycrystalline lebih besar arus keluarannya bila dibandingkan dengan jenis monocrystalline.

4.5 Hasil Perhitungan daya

Perhitungan daya keluaran pada jenis panel surya monocrystalline dan jenis polycrystalline dilakukan berdasarkan hasil dari pengukuran dari arus dan tegangan di jam yang bersamaan. Perhitungan daya keluaran dihitung dengan cara

mengalikan tegangan dan arus. Hasil perhitungan daya keluaran pada jenis panel surya monocrystalline hari ke-1 dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Daya Keluaran Panel Jenis Monocrystalline Hari ke-1

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Monocrystalline		
			(Volt)	(Arus)	(Daya)
1	06.00	30	21,87	3,5	76,55
2	07.00	31	21,95	3,6	79,02
3	08.00	31	21,79	3,6	78,44
4	09.00	31	21,32	3,2	68,22
5	10.00	31	21,9	3,9	85,41
6	11.00	33	22,65	4,1	92,87
7	12.00	33	22,78	4,2	95,68
8	13.00	33	23,18	4,2	97,36
9	14.00	33	22,14	3,8	84,13
10	15.00	33	21,36	3,4	72,62
11	16.00	31	21,78	3,4	74,05
12	17.00	31	19,92	3,2	63,74
13	18.00	31	19,24	3,1	59,64

Pada Tabel 4.19 hasil perhitungan daya keluaran panel jenis monocrystalline hari ke-1 terlihat bahwa keluaran daya rata-rata sebesar 79,06 W. Perhitungan Daya keluaran tertinggi terdapat pada jam 13.00 yaitu sebesar 97,36 W dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 59,64 W dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung. Hasil perhitungan daya keluaran jenis panel monocrystalline hari ke-2 dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Daya Keluaran Jenis Monocrystalline Hari ke-2

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Monocrystalline		
			(Volt)	(Arus)	(Daya)
1	06.00	31	21,19	3,4	72,05
2	07.00	31	22,24	3,3	73,39
3	08.00	33	22,18	3,4	75,41

4	09.00	33	22,21	3,4	75,51
5	10.00	33	23,67	3,7	87,58
6	11.00	33	23,82	3,6	85,75
7	12.00	31	22,36	3,2	71,55
8	13.00	32	23,41	3,6	84,28
9	14.00	33	23,24	3,3	76,69
10	15.00	33	21,92	3,1	67,95
11	16.00	32	21,61	3,2	69,15
12	17.00	31	21,71	3,1	67,30
13	18.00	31	21,18	3,1	65,66

Pada Tabel 4.20 hasil perhitungan daya keluaran panel jenis monocrystalline hari ke-2 terlihat bahwa keluaran daya rata-rata sebesar 74,79 W. Perhitungan Daya keluaran tertinggi terdapat pada jam 10.00 yaitu sebesar 87,58 W dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 65,66 dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung. Hasil perhitungan daya keluaran jenis panel monocrystalline hari ke-3 dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Daya Keluaran Jenis Monocrystalline Hari ke-3

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Monocrystalline		
			(Volt)	(Arus)	(Daya)
1	06.00	31	22,19	3,4	75,45
2	07.00	31	22,69	3,4	77,15
3	08.00	33	22,4	3,7	82,88
4	09.00	33	22,13	3,6	79,67
5	10.00	33	22,09	3,2	70,69
6	11.00	32	21,82	3,2	69,82
7	12.00	31	21,74	3,1	67,39
8	13.00	34	22,92	4,2	96,26
9	14.00	34	23,12	4,3	99,42
10	15.00	33	23,36	3,7	86,43
11	16.00	34	22,98	3,8	87,32
12	17.00	30	21,18	3,2	67,78
13	18.00	30	21,06	3,2	67,39

Pada Tabel 4.21 hasil perhitungan daya keluaran panel jenis monocrystalline hari ke-3 terlihat bahwa keluaran daya rata-rata sebesar 79,05 W. Perhitungan Daya keluaran tertinggi terdapat pada jam 14.00 yaitu sebesar 99,42 W dengan suhu 34 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 67,39 W dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung. Hasil perhitungan daya keluaran jenis panel Polycrystalline hari ke-1 dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Daya Keluaran Jenis Polycrystalline Hari ke-1

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Polycrystalline		
			(Volt)	(Arus)	(Daya)
1	06.00	30	22,88	3,7	84,66
2	07.00	31	23,03	3,8	87,51
3	08.00	31	22,86	3,8	86,87
4	09.00	31	22,22	3,3	73,33
5	10.00	31	22,95	4,3	98,69
6	11.00	33	23,18	4,3	99,67
7	12.00	33	23,53	4,3	101,18
8	13.00	33	23,68	4,4	104,19
9	14.00	33	23,62	4,2	99,20
10	15.00	33	23,19	3,8	88,12
11	16.00	31	22,85	3,3	75,41
12	17.00	31	19,24	3,3	63,49
13	18.00	31	19,12	3,1	59,27

Pada Tabel 4.22 hasil perhitungan daya keluaran panel jenis polycrystalline hari ke-1 terlihat bahwa keluaran daya rata-rata sebesar 86,28 W. Perhitungan Daya keluaran tertinggi terdapat pada jam 13.00 yaitu sebesar 104,19 W dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 59,27 W dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung.

Hasil perhitungan daya keluaran jenis panel Polycrystalline hari ke-2 dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Daya Keluaran Jenis Polycrystalline Hari ke-2

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Polycrystalline		
			(Volt)	(Arus)	(Daya)
1	06.00	31	21,82	3,6	78,55
2	07.00	31	22,34	3,8	84,89
3	08.00	33	23,42	3,8	89,00
4	09.00	33	23,19	3,7	85,80
5	10.00	33	23,06	4,2	96,85
6	11.00	33	23,84	4,6	109,66
7	12.00	31	23,71	4,1	97,21
8	13.00	32	23,88	4,2	100,30
9	14.00	33	22,94	3,4	78,00
10	15.00	33	22,76	3,7	84,21
11	16.00	32	23,14	4,2	97,19
12	17.00	31	22,48	3,9	87,67
13	18.00	31	22,36	3,5	78,26

Pada Tabel 4.23 hasil perhitungan daya keluaran panel jenis polycrystalline hari ke-2 terlihat bahwa keluaran daya rata-rata sebesar 89,81 W. Perhitungan Daya keluaran tertinggi terdapat pada jam 11.00 yaitu sebesar 109,66 W dengan suhu 33 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 14.00 yaitu 78,00 W dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca mendung. Hasil perhitungan daya keluaran jenis panel Polycrystalline hari ke-3 dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Hasil Perhitungan Daya Keluaran Jenis Polycrystalline Hari ke-3

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Polycrystalline		
			(Volt)	(Arus)	(Daya)
1	06.00	31	22,97	3,2	73,50
2	07.00	31	23,18	3,3	76,49
3	08.00	33	23,26	3,3	76,76
4	09.00	33	23,21	3,2	74,27
5	10.00	33	23,24	3,8	88,31
6	11.00	32	23,12	3,6	83,23
7	12.00	31	22,61	3,4	76,87
8	13.00	34	23,84	4,3	102,51
9	14.00	34	23,71	4,1	97,21
10	15.00	33	23,8	4,1	97,58
11	16.00	34	23,79	4,2	99,92
12	17.00	30	22,82	3,8	86,72
13	18.00	30	21,94	3,2	70,21

Pada Tabel 4.24 hasil perhitungan daya keluaran panel jenis polycrystalline hari ke-3 terlihat bahwa keluaran daya rata-rata sebesar 84,89 W. Perhitungan Daya keluaran tertinggi terdapat pada jam 13.00 yaitu sebesar 102,51 W dengan suhu 34 derajat dan kondisi cuaca terik. Sedangkan tegangan terendah terdapat pada jam 18.00 yaitu 70,21 W dengan suhu 31 derajat dan kondisi cuaca sudah mendung.

Besaran daya keluaran rata-rata dari hasil perhitungan tegangan dikali arus pada panel surya jenis monocrystalline selama 3 (tiga) hari adalah sebesar 77,63 Watt. Daya keluaran tertinggi adalah sebesar 99,42 Watt dengan suhu 34 derajat celcius dan kondisi cuaca yang terik. Sedangkan daya keluaran terendah yaitu 59,64 dengan suhu 30 derajat celcius dan kondisi cuaca yang mendung. Interval waktu daya puncak adalah 5 jam yaitu dari jam 09.00 – 14.00.

Besaran daya keluaran rata-rata dari hasil perhitungan tegangan dikali arus pada panel surya jenis polycrystalline selama 3 (tiga) hari adalah sebesar 86,99

Watt. Daya keluaran tertinggi adalah sebesar 109,66 Watt dengan suhu 34 derajat celcius dan kondisi cuaca yang terik. Sedangkan daya keluaran terendah yaitu 59,27 dengan suhu 30 derajat celcius dan kondisi cuaca yang mendung. Interval waktu daya puncak adalah 5 jam yaitu dari jam 09.00 – 14.00.

4.6 Hasil Perbandingan Perhitungan Daya

Perbandingan daya keluaran pada dua jenis panel surya yaitu jenis panel surya Monocrstalline dan jenis panel surya Polycrystalline dilakukan untuk mengetahui jenis panel surya mana yang memiliki keluaran daya yang baik untuk pemasangan PLTS. Hasil perbandingan daya panel surya jenis monocrystalline dan polycrystalline pada hari ke-1 dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hasil Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Jenis Monocrystalline dan Polycrystalline Hari ke-1

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (daya)	Poly (daya)	Kondisi Cuaca
1	06.00	30	76,55	84,66	Mendung
2	07.00	31	79,02	87,51	Terik
3	08.00	31	78,44	86,87	Terik
4	09.00	31	68,22	73,33	Mendung
5	10.00	31	85,41	98,69	Mendung
6	11.00	33	92,87	99,67	Terik
7	12.00	33	95,68	101,18	Terik
8	13.00	33	97,36	104,19	Terik
9	14.00	33	84,13	99,20	Terik
10	15.00	33	72,62	88,12	Mendung
11	16.00	31	74,05	75,41	Mendung
12	17.00	31	63,74	63,49	Mendung
13	18.00	31	59,64	59,27	Mendung
Daya rata-rata			79,06	86,28	Terik
Daya Maks			97,36	104,19	Terik
Daya Min			59,64	59,27	Mendung

Pada Tabel 4.25 hasil perbandingan perhitungan daya keluaran pada jenis panel monocrystalline dan jenis polycrystalline hari ke-1 terlihat bahwa nilai perbandingan daya keluaran rata-rata untuk jenis monocrystalline sebesar 79,06 W dan untuk daya keluaran rata-rata jenis polycrystalline yaitu 86,28 W. Terdapat selisih daya keluaran rata-rata sebesar 7,22 W antara jenis monocrystalline dan polycrystalline. Sehingga terlihat bahwa dari hasil perhitungan daya keluaran dihari ke-1, bahwa nilai jenis panel polycrystalline lebih besar daya keluarannya bila dibandingkan dengan jenis monocrystalline. Hasil perbandingan perhitungan daya keluaran jenis panel surya monocrystalline dan jenis polycrystalline pada hari ke-2 dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Hasil Perbandingan daya Panel Surya Jenis Monocrystalline dan Polycrystalline Hari ke-2

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (daya)	Poly (daya)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	72,05	78,55	Mendung
2	07.00	31	73,39	84,89	Mendung
3	08.00	33	75,41	89,00	Terik
4	09.00	33	75,51	85,80	Terik
5	10.00	33	87,58	96,85	Terik
6	11.00	33	85,75	109,66	Terik
7	12.00	31	71,55	97,21	Mendung
8	13.00	32	84,28	100,30	Terik
9	14.00	33	76,69	78,00	Terik
10	15.00	33	67,95	84,21	Terik
11	16.00	32	69,15	97,19	Terik
12	17.00	31	67,30	87,67	Terik
13	18.00	31	65,66	78,26	Mendung
Daya rata-rata			74,79	89,81	Terik
Daya Maks			87,58	109,66	Terik
Daya Min			65,66	78,00	Mendung

Pada Tabel 4.26 hasil perbandingan perhitungan daya keluaran jenis panel monocristalline dan jenis polycristalline hari ke-2 terlihat bahwa nilai perbandingan daya keluaran rata-rata untuk jenis monocristalline sebesar 74,79 W dan untuk daya keluaran rata-rata jenis polycristalline yaitu 89,81 W. Terdapat selisih daya keluaran rata-rata sebesar 15,02 W antara jenis monocristalline dan polycristalline. Sehingga terlihat bahwa dari hasil perhitungan daya keluaran dihari ke-2, nilai jenis panel polycristalline lebih besar daya keluarannya bila dibandingkan dengan jenis monocristalline. Hasil perbandingan perhitungan daya keluaran jenis panel surya monocristalline dan jenis polycristalline pada hari ke-3 dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Hasil Perbandingan Perhitungan Daya Panel Surya Jenis Monocristalline dan Polycristalline Hari ke-3

No	Waktu Pengujian	Suhu (derajat)	Mono (daya)	Poly (daya)	Kondisi Cuaca
1	06.00	31	75,45	73,50	Terik
2	07.00	31	77,15	76,49	Terik
3	08.00	33	82,88	76,76	Terik
4	09.00	33	79,67	74,27	Terik
5	10.00	33	70,69	88,31	Mendung
6	11.00	32	69,82	83,23	Mendung
7	12.00	31	67,39	76,87	Mendung
8	13.00	34	96,26	102,51	Terik
9	14.00	34	99,42	97,21	Terik
10	15.00	33	86,43	97,58	Terik
11	16.00	34	87,32	99,92	Terik
12	17.00	30	67,78	86,72	Mendung
13	18.00	30	67,39	70,21	Mendung
Daya rata-rata			79,05	84,89	Terik
Daya Maks			99,42	102,51	Terik
Daya Min			67,39	70,21	Mendung

Pada Tabel 4.27 hasil perbandingan perhitungan daya keluaran jenis panel monocristalline dan jenis polycristalline hari ke-3 terlihat bahwa nilai perbandingan daya keluaran rata-rata untuk jenis monocristalline sebesar 79,05 W dan untuk daya keluaran rata-rata jenis polycristalline yaitu 84,89 W. Terdapat selisih daya keluaran rata-rata sebesar 5,84 antara jenis monocristalline dan polycristalline. Sehingga terlihat jelas bahwa dari hasil perbandingan perhitungan daya keluaran dihari ke-3, nilai jenis panel surya polycrstalline lebih besar daya keluarannya bila dibandingkan dengan panel surya jenis monocristalline.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan dari dua jenis panel surya yaitu jenis monocrystalline dan jenis polycrystalline dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan rata-rata yang dihasilkan pada jenis panel surya monocrystalline selama 3 hari pengukuran yaitu 22,11 V dan pada jenis panel surya polycrystalline yaitu 22,89 V. Arus rata-rata yang dihasilkan pada jenis panel surya monocrystalline selama 3 hari pengukuran yaitu 3,5 A dan pada jenis panel surya polycrystalline yaitu 3,79 A. Daya keluaran rata-rata yang dihasilkan pada jenis panel surya monocrystalline selama 3 hari pengukuran yaitu 77,63 W dan pada jenis panel surya polycrystalline yaitu 86,99 W.
2. Perbandingan daya output yang dihasilkan terlihat sangat jelas bahwa daya keluaran yang dihasilkan oleh jenis panel surya Polycrystalline lebih besar dibandingkan dengan daya keluaran pada jenis panel surya Monocrystalline.

5.2 Saran

Disarankan dari penelitian selanjutnya adalah dapat meneliti lebih rinci lagi tentang waktu lama pengukuran untuk pengambilan data realtime tegangan dan arus yang berbasis Internet of Things (IoT). Disamping itu

kita dapat mengembangkan teknologi PLTS ini, cara kerjanya yang ramah lingkungan serta digunakan sebagai sumber energi baru terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika Cahya Utama. 2019. “Analisa Perbandingan Daya Output PLTS Menggunakan Pantulan Cahaya Kaca Cermin dan Cahaya Matahari Langsung”. Tugas Akhir. Repository *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- Satria Wibowo. 2022. “Analisa Output Daya Listrik Menggunakan Solar Reflektor pada Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline” tugas Akhir. Repository *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- Prastica, Reynaldo Hilga Adis dan Hasyim Asy'ari. 2016. “Analisa Pengaruh Penambahan Reflektor Terhadap Tegangan Keluaran Modul Solar Cell.” *Publikasi Ilmiah. Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- I B Kd Surya Negara, I Wayan Arta Wijaya, A A Gd Maharta Pemayun. 2016. “Analisa Perbandingan Output Daya Listrik Panel Surya Sistem Tracking dengan Solar Reflektor”. E-Jurnal SPEKTRUM. Vol.3, No.1. Juni 2016.
- Safitri, Nelly, Teuku Rihayat, Safira Riskina. 2019. “Buku Teknologi Photovoltaic.” *Banda Aceh. Yayasan Puga Aceh Riset*.
- Partaonan Harahap. 2020. “Pengaruh Temprature Permukaan Panel Surya Terhadap Daya yang Dihasilkan dari Berbagai Jenis Sel Surya” *Rekayasa Elektrikal dan Energi (RELE). Jurnal Teknik Elektro*. Vol. 2. No. 2 Januari 2020.
- Rusman. 2015. “Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 WP”. TURBO. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Metro. Vol. 4. No. 2. 2015.

- Samsaidi. 2018. "Analisis Perbandingan Arus Pengisian Baterei Menggunakan Panel Surya Polycrystalline dan Monocrystalline Keadaan Bebrbean AC dan DC". Repository Undergraduete thesis. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Ajeng B K, Silo W, Ricky E A. 2023. "Analisa Sistem Pendingin Panel Polycrystalline dan MonoCrystalline." Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Politeknik Negeri Jakarta. *Vol. 22. No. 1.* Januari 2023.
- Tomi A, Ayong H, Zainal A. 2021. "Analisa Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Mono-Crystalline dan Poly-Crystalline di Kota Pontianak dan Sekitarnya." *Jurnal Teknik Elektro. Universitas Tanjung Pura. Vol. 2. No. 1. 2021.*
- Ahmad M S, M. Ikhwan S. Rudi L. 2022. "Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Kota Sibolga Dalam Rangka Mendukung Ketahanan Energi Daerah." *Jurnal Ketahanan Energi. Vol. 8. No. 1. 2022.* Unhan RI.
- S. Aryza, P. Ehkan, W. Khairunizam, and Z. Lubis. 2019. "Implementasi Teknologi GreenPeace di Pembangkit Energy Solar Cell pada Daerah Minim Cahaya." *Semnastek Uisu 2019, Vol. 2, NO. 4, pp. 2-5, 2019. Online.*
- Sugianto. 2020. "Comparative Analysis of Solar Cell Efficiency between Monocrystalline and Polycrystalline". INTEK Jurnal Penelitian. *Vol. 7. No. 2. 2020.* pp. 92-100.
- Soehardi. 2013. "PLTS Sebagai Salah Satu Energi Alternatif". *Teknik Elektro. Politeknik Harapan Bersama. Power Elektronik. Jurnal Orang Elektro. Vol 2. No. 3. 2013.*

- Ali, Khamarruzaman. 2016. “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Listrik pad Shelter di Masjid Muhammadiyah Pasir Putih Tabing padang.” *Abstarct Rpository Digital. Politeknik Negeri Padang. Padang*.
- M. Irwansyah, D. Istardi, And M. Sc. 2013. “Pompa Air Aquarium Menggunakan Solar Panel.”. *Vol. 5. No. 1. 2013*.
- F. R. S. S. Chadrasekhar and Laily Noor Ikhsanto. 2020. “Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Gedung C Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.” *Liq.Cryst. Vol. 21. No. 1. 2020*.