

**ANALISIS PENGARUH *SHADING* PADA PANEL SURYA TYPE
MONOCRYSTALLINE TERHADAP DAYA *OUTPUT* YANG DIHASILKAN
PADA PLTS *OFF-GRID* 370 WP**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Kepada Politeknik Raflesia Rejang Lebong
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Menyelesaikan Program
Diploma Teknik**



Disusun Oleh:

Nama : Adam Septiansyah

NIM : 201913031

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK RAFLESIA
REJANG LEBONG
2022-2023**

**ANALISIS PENGARUH *SHADING* PADA PANEL SURYA TYPE
MONOCRYSTALLINE TERHADAP DAYA *OUTPUT* YANG DIHASILKAN
PADA PLTS *OFF-GRID* 370 WP**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh:

Nama : Adam Septiansyah

NIM : 201913031

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK RAFLESIA
REJANG LEBONG
2022-2023**

SURAT PERNYATAAN KARYA ASLI

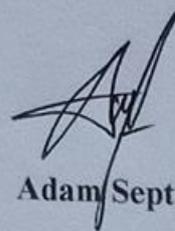
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah saya berupa tugas akhir dengan judul **ANALISIS PENGARUH SHADING PADA PANEL SURYA TYPE MONOCRYSTALLINE TERHADAP DAYA OUTPUT YANG DIHASILKAN PADA PLTS OFF-GRID 370 WP.**

Dibuat untuk melengkapi persyaratan menyelesaikan program pendidikan Diploma III pada Program Studi Teknik Elektro Politeknik Raflesia, merupakan karya asli saya dan sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan, jiplakan atau duplikasi dari karya ilmiah orang lain yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar pendidikan di lingkungan Politeknik Raflesia maupun di Perguruan Tinggi lain atau Instansi manapun, kecuali yang bagian sumber dicantumkan sebagaimana mestinya.

Apabila dikemudian hari, karya saya ini terbukti bukan merupakan karya asli saya, maka saya bersedia menerima sanksi yang diberikan oleh pihak Politeknik Raflesia.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Curup, September 2023



Adam Septiansyah

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Menyelesaikan Program Diploma III (D3) Teknik Elektro

Dan Telah Diperiksa dan Disetujui

JUDUL : **ANALISIS PENGARUH SHADING PADA PANEL SURYA TYPE MONOCRYSTALLINE TERHADAP DAYA OUTPUT YANG DIHASILKAN PADA PLTS OFF-GRID 370 WP**

NAMA : **Adam Septiansyah**
NIM : **201913031**
PROGRAM STUDI : **TEKNIK ELEKTRO**
JENJANG : **DIPLOMA III (D3)**

Telah diperiksa dan dikoreksi dengan baik dan cermat, karena itu pembimbing menyetujui mahasiswa tersebut untuk diuji.

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

MERIANI, M.T
NIDN. 0213058101

ERWIN ABDUL RAHMAN, M.T
NIDN. 0213137801

Mengetahui,
Ketua Program Studi



HALAMAN PENGESAHAN

*Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Elektro
Politeknik Raflesia*

JUDUL : **ANALISIS PENGARUH SHADING PADA
PANEL SURYA TYPE
MONOCRYSTALLINE TERHADAP DAYA
OUTPUT YANG DIHASILKAN PADA
PLTS OFF-GRID 370 WP**

NAMA : Adam Septiansyah
NIM : 201913031
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
JENJANG : DIPLOMA III (D3)

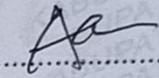
Curup, September 2023

Tim Penguji,

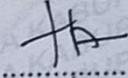
Nama

Tanda Tangan

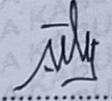
Ketua : AGUS FAJAR HARIADI, M.T

1. 

Anggota : HAROLD HARRIMAN, M.T

2. 

Anggota : MERIANI, M.T

3. 

Mengetahui,

Curup, September 2023

Direktur Politeknik Raflesia

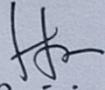
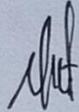
Ketua Program Studi



**LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN (Revisi)
TUGAS AKHIR**

NAMA : Adam Septiansyah
NIM : 201913031
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
JENJANG : DIPLOMA III (D3)
JUDUL : ANALISIS PENGARUH *SHADING* PADA
 PANEL SURYA TYPE *MONOCRYSTALLINE*
 TERHADAP *DAYA OUTPUT* YANG
 DIHASILKAN PADA *PLTS OFF-GRID 370*
WP

Tugas Akhir ini telah direvisi, disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir dan diperkenankan untuk diperbanyak/dijilid.

No	Nama Tim Penguji	Jabatan	Tanggal	Tanda Tangan
1.	AGUS FAJAR HARIADI, M.T	Ketua		 1.....
2.	HAROLD HARRIMAN, M.T	Anggota		 2.....
3.	MERIANI, M.T	Anggota		 3.....

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan meningkatnya perkembangannya industri besar yang berdampak pada konsumsi energi listrik yang dibutuhkan. Energi baru dan terbarukan mempunyai peranan yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Energi terbarukan dimasa kini sudah berbagai macam, salah satunya yaitu menggunakan panel surya yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber utamanya. Penggunaan Panel Surya dimasa kini kerap digunakan untuk mengurangi penggunaan energi dari fosil dan juga mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan oleh energi fosil. Prinsip dasar panel surya ialah mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Besaran energi listrik ditentukan oleh besaran iradiasi yang masuk kedalam panel surya. Pada implementasinya tidak semua iradiasi matahari masuk kedalam panel surya, sehingga tercipta suatu keadaan yang disebut *partial shading* atau bayangan sebagian. Penelitian dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari *partial shading* terhadap panel surya dan keluaran daya panel surya. Solar panel yang digunakan dalam penelitian ini berkapasitas 370 WP. Total rata-rata pengukuran daya keluaran solar panel pada saat tidak terdapat *partial shading* adalah sebesar 249.04 W, sedangkan data yang didapatkan pada saat terdapat *partial shading* adalah sebesar 154.03 W. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa *partial shading* berpengaruh terhadap daya keluaran dari solar panel, perbandingannya sebesar 95.01 W.

Kata Kunci: daya, *partial shading*, panel surya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
HALAMAN PERNYATAAN	II
HALAMAN PERSETUJUAN	III
HALAMAN PENGESAHAN	IV
LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN (Revisi)	V
KATA PENGANTAR.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	VI
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR GAMBAR.....	X
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR LAMPIRAN	XII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.3.1 Tujuan.....	3
1.3.2 Manfaat.....	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Metodologi Penulisan	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	7
2.2 Prinsip Kerja PLTS <i>Hybrid</i>	8
2.3 Konfigurasi PLTS <i>Hybrid</i>	8
2.4 Pola Operasi PLTS <i>Hybrid</i>	9
2.4.1 Siang hari.....	9

2.4.2 Malam Hari.....	10
2.5 Komponen pada PLTS <i>Off- Grid</i>	11
2.5.1 Panel Surya	11
2.5.2 Inverter	14
2.5.3 Solar Charge Controller (SCC).....	14
2.5.4 Kontraktor Magnet	16
2.5.5 Baterai	17
2.5.6 Miniatur Circuit Breaker (MCB)	20
2.5.7 Push Button Switch	21
2.5.8 Kabel	22
2.6 <i>Shading</i> Pada Panel Surya	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Peralatan Dalam Penelitian	25
3.1.1 Panel Surya	25
3.1.2 Voltmeter	26
3.1.3 Amperemeter	27
3.2 Bahan Dalam Penelitian.....	27
3.2.1 Tegangan	27
3.2.2 Arus	28
3.2.3 Intensitas Cahaya Matahari	28
3.3 Pengumpulan Data.....	28
3.4 Prosedur Penelitian	29
3.5 Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	30
BAB IV PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil Pengukuran	31
4.1.1 Tabel Hasil Penelitian dan Pengukuran	32
4.1.2 Grafik Hasil Penelitian dan Pengukuran	37
4.2 Pembahasan.....	46

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 PLTS jenis Monocrystalline	7
Gambar 2. 2 Diagram Sistem PLTS Hybrid	9
Gambar 2. 3 Diagram aliran energi yang dihasilkan pada siang hari	10
Gambar 2. 4 Diagram aliran energi yang dihasilkan pada malam hari	11
Gambar 2. 5 Panel Surya Jenis Monocrystalline	12
Gambar 2. 6 Panel Surya Jenis Polycrystalline	13
Gambar 2. 7 Inverter 1000W	14
Gambar 2. 8 Solar Charge Controller (SCC)	15
Gambar 2. 9 Kontraktor Magnet	16
Gambar 2. 10 Baterai.....	18
Gambar 2. 11 Rangkaian Baterai Seri	19
Gambar 2. 12 Rangkaian Baterai Paralel.....	20
Gambar 2. 13 Miniatur Circuit Breaker (MCB)	21
Gambar 2. 14 Push Button Switch	22
Gambar 3. 1 Spesifikasi Panel Surya 320 Wp	26
Gambar 3. 2 Voltmeter	26
Gambar 3. 3 Amperemeter.....	27
Gambar 3. 4 Diagram Air (Flowchart).....	30
Gambar 4. 1 Grafik Tegangan Output Panel Surya Saat Tidak <i>Shading</i>	37
Gambar 4. 2 Grafik Arus Output Panel Surya Saat Tidak <i>Shading</i>	38
Gambar 4. 3 Grafik P Out Panel Surya Saat Tidak <i>Shading</i>	39
Gambar 4. 4 Grafik P Input Panel Surya Saat Tidak <i>Shading</i>	40
Gambar 4. 5 Grafik Persentase Efisiensi Panel Saat Tidak <i>Shading</i>	41
Gambar 4. 6 Grafik Tegangan Output Panel Saat <i>Shading</i>	42
Gambar 4. 7 Grafik Arus Output Panel Surya Saat <i>Shading</i>	43
Gambar 4. 8 Grafik P Output Panel Surya Saat <i>Shading</i>	44
Gambar 4. 9 Grafik P Input Panel Surya Saat <i>Shading</i>	45
Gambar 4. 10 Grafik Persentase Efisiensi Panel Surya Saat <i>Shading</i>	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Panel Surya 320 Wp	26
Tabel 4. 1 Hasil penelitian dan pengukuran pada panel surya saat tidak shading	32
Tabel 4. 2 Hasil penelitian dan pengukuran pada panel surya saat shading	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Surat Rekomendasi Ujian LA	53
Lampiran 1. 2 Lembar Bimbingan LA.....	54
Lampiran 1. 3 Lembar Kesepakatan Bimbingan	55
Lampiran 1. 4 Box Panel dan Panel Surya	56
Lampiran 1. 5 Dokumentasi Saat Pengukuran	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri besar yang berdampak pada konsumsi energi listrik yang dibutuhkan. Kebutuhan tenaga listrik di Indonesia mencapai sekitar 120 GW pada tahun 2025. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut sesuai dengan Kebijakan Energi Nasional (Kepres No.5 Tahun 2006) harus dikembangkan berbagai energi alternatif termasuk energi terbarukan.

Energi baru dan terbarukan mempunyai peranan yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Energi terbarukan dimasa kini sudah berbagai macam, salah satunya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber utama dalam pembangkitan, energi matahari memiliki kelebihan dibandingkan pembangkit listrik berbahan bakar fosil, seperti penggunaan energi matahari yang tidak akan habis sehingga dari segi ekonomis akan dapat menghemat biaya operasi penggunaan bahan bakar. Selain itu *output* dari proses pembangkitannya tidak akan menghasilkan limbah yang dapat merugikan lingkungan.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sendiri merupakan suatu alat pengaplikasian pada penggunaan energi matahari sebagai energi listrik terbarukan, yaitu teknologi sel surya (fotovoltaik) yang dimanfaatkan sebagai penghasil energi listrik. Maka dari itu penggunaan PLTS tersebut sangat cocok di negara Indonesia karena secara geografis Indonesia terletak di daerah garis khatulistiwa dengan sumber energi surya sangat berlimpah sehingga memiliki potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai pembangkitan energi listrik. Berlimpahnya energi surya di negara kita ini merupakan potensi yang seharusnya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik secara optimal.

Namun dalam pengoperasiannya tidak jarang juga ditemukan permasalahan-permasalahan teknis yang terjadi pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), oleh karena itu diperlukan suatu penelitian untuk mengetahui faktor apa saja yang berpotensi menyebabkan gangguan pada PLTS dan juga mengetahui cara agar *output* yang dihasilkan pada PLTS dapat maksimal sehingga dapat dilakukan penyempurnaan untuk memperoleh kualitas listrik yang diharapkan.

Salah satu faktor yang berpotensi menyebabkan daya *output* pada PLTS tidak maksimal adalah pengaruh *shading* terhadap permukaan panel surya. Efek *shading* pada panel surya dan pengaruhnya terhadap *output* daya yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terhubung ke jaringan sangat bergantung pada radiasi sinar matahari. Permasalahan partial *shading* secara umum diakibatkan oleh adanya penghalang lingkungan seperti pepohonan atau di dekat bangunan, awan, kotoran dan debu. Tertutupnya sebagian permukaan panel surya ini mengakibatkan penurunan daya keluaran yang cukup berarti. Semakin banyak

area yang terhalang (*partial shading*) dari paparan sinar matahari langsung maka daya keluaran panel surya semakin berkurang.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka penulis akan melakukan penelitian yang berkaitan dengan judul laporan akhir, yaitu apa saja pengaruh *Shading* terhadap Panel Surya 370 WP terhadap daya *Output* yang dihasilkan untuk penerangan area pompa tambang.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dari itu masalah yang akan dibahas pada laporan akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan seberapa besar *losses* yang terjadi pada panel ketika panel dalam keadaan *shading*.
2. Perbandingan hasil pengukuran terhadap panel surya pada saat keadaan *shading* dan tidak.

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Analisis pengaruh *shading* terhadap daya output yang dihasilkan pada Panel Surya berkapasitas 370 WP melalui pengujian dan pengukuran bertujuan untuk:

1. Mengetahui seberapa besar *losses* yang terjadi pada panel ketika panel dalam keadaan *shading*.
2. Mengetahui hasil pengukuran terhadap panel surya pada saat keadaan *shading* dan tidak.

1.3.2 Manfaat

Manfaat dari hasil analisis pengaruh *shading* terhadap daya *output* yang dihasilkan oleh Panel Surya berkapasitas 370 WP adalah:

1. Sebagai acuan dalam mengetahui seberapa besar *losses* yang terjadi pada panel ketika panel dalam keadaan *shading*.
2. Sebagai bahan acuan bagi pengguna Panel Surya agar daya *output* yang dihasilkan dapat maksimal.

1.4 Batasan Masalah

Pada laporan akhir ini, permasalahan dititikberatkan pada pengaruh *shading* terhadap daya *output* yang dihasilkan pada Panel Surya melalui pengujian dan pengukuran, yang terbatas pada:

1. Panel Surya yang digunakan berjenis *monocrystalline* dengan kapasitas daya 370 *watt peak* (Wp).
2. Melakukan pengujian dan pengukuran pengaruh *shading* terhadap daya *output* yang dihasilkan oleh panel surya.

1.5 Metodologi Penulisan

Adapun dalam penyusunan dan penulisan laporan akhir ini penulis menggunakan metode - metode sebagai berikut:

a. Metode Referensi

Dalam metode ini, penulis melakukan penelaahan terhadap buku-buku dan jurnal literatur dan mengkaji teori-teori yang berhubungan dengan tema laporan yang di bahas. Selain itu, penulis juga melakukan penelusuran di internet untuk mencari informasi-informasi yang valid dan teori-teori

pendukung lainnya.

b. Metode Wawancara

Dalam metode ini adalah suatu metode yang dilakukan oleh penulis dengan cara mengumpulkan data dan informasi melalui wawancara atau tanya jawab dengan dosen pembimbing, para ahli terkait dan rekan sesama mahasiswa.

c. Metode Observasi

Dalam metode ini penulis melakukan pengamatan dan pengambilan data dilokasi tempat penelitian sehingga dapat mengetahui secara langsung situasi maupun kondisi yang sebenarnya pada Panel Surya berkapasitas 370 WP.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam penyusunan laporan akhir dengan jelas, maka penulis membaginya dalam sistematika penulisan yang terdiri dari beberapa bab pembahasan dengan urutan sebagai berikut:

Bab satu berisi tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, metode penulisan serta sistematika penulisan.

Bab dua berisi tentang teori-teori dasar yang berkaitan dengan sistematis Panel Surya, cara kerja alat serta fungsinya.

Bab tiga berisi tentang penjelasan mengenai metode penelitian, peralatan dan bahan yang digunakan, prosedur penelitian dan *flowchart* untuk penelitian.

Bab empat berisi tentang hasil data perhitungan dan pengukuran terhadap daya *output* yang dihasilkan oleh Panel Surya serta tabel hasil perhitungan.

Bab lima berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah diperoleh berdasarkan hasil analisa alat yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui sel surya (fotovoltaik) untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Sel surya merupakan lapisan-lapisan tipis dari bahan semi konduktor lainnya. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC, yang dapat diubah menjadi listrik AC apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik. PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya, dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri. Untuk panel surya tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Panel surya jenis *Monocrystalline*

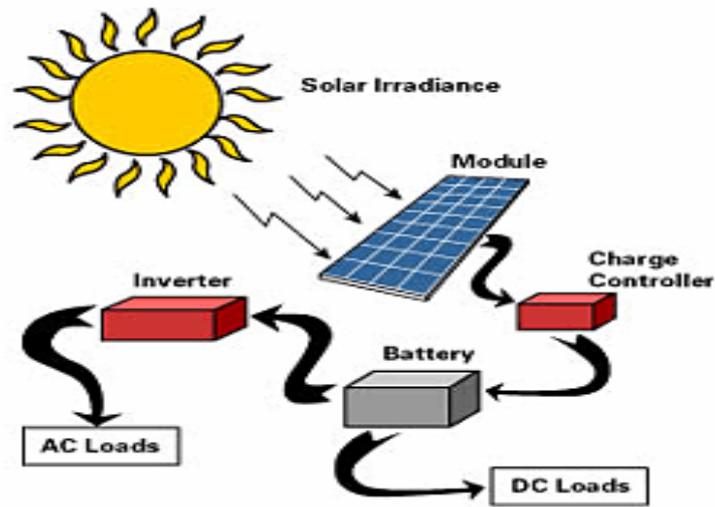
2.2 Prinsip Kerja PLTS *Off-Grid*

PLTS sebenarnya cukup sederhana. Komponen utama dari PLTS terdiri atas sel fotovoltaik. Fungsinya untuk menangkap panas matahari yang bisa diubah menjadi energi listrik. Panas yang telah ditangkap oleh fotovoltaik akan digunakan untuk memanaskan cairan yang setelahnya akan berubah menjadi uap. Uap inilah yang akan dipanaskan dan menghasilkan listrik. Agar bisa berfungsi dengan maksimal, ada beberapa komponen yang harus dimiliki oleh PLTS. Komponen pertama adalah sel surya yang menjadi komponen terpenting. Objek satu ini memiliki ukuran 10 sampai 15 cm dengan bentuk persegi. Komponen inilah yang mampu mengkonversikan energi surya menjadi energi listrik.

Selain itu, dalam sistem PLTS juga ada komponen Balance of System atau BOS yaitu inverter yang berfungsi untuk mengubah daya Arus Searah (DC) menjadi arus bolak-balik standar (AC) dan juga terdapat controller untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban/tujuan penggunaan listrik kita.

2.3 Konfigurasi PLTS *Off-Grid*

Sistem PLTS *Off-Grid* terdiri dari dua bagian kelistrikan yang berbeda yaitu sisi arus bolak-balik disingkat a.b.b. (arus AC) dan sisi arus searah disingkat a.s. (arus DC). Ketika sistem PLTS *off-grid* menerapkan penggunaan fungsi cadangan baterai, ada dua titik koneksi yang dapat dibuat dari keluaran *array* modul surya. *Array* dapat terkoneksi ke sisi AC atau sisi DC dari sistem kelistrikan PLTS.



Gambar 2. 2 Diagram Sistem PLTS *Off-Grid*

Sistem terkoneksi ke sisi arus searah (DC) dari sistem kelistrikan PLTS *Off-Grid*. Energi keluaran dari *solar charge controller* (SCC) terhubung melalui busbar DC ke sistem baterai sebagai penyimpanan energi. Baterai terhubung ke inverter yang bertugas mengkonversi arus searah (DC) ke arus bolak-balik (AC). Selanjutnya arus AC dialirkan dari inverter ke beban AC. Untuk ilustrasi dari penjelasan tersebut, dapat dilihat pada gambar 2.2 diatas.

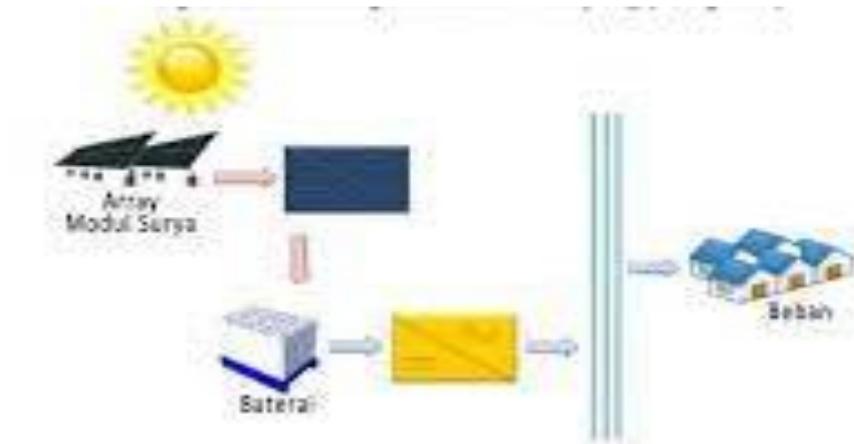
2.4 Pola Operasi PLTS *Off-Grid*

Terdapat 2 pola operasi yang umum pada PLTS *Off-Grid*, yaitu:

2.4.1 Siang hari

Besar energi yang dihasilkan oleh PLTS *Off-Grid* sangat tergantung kepada intensitas penyinaran matahari yang diterima oleh modul surya dan efisiensinya. Intensitas matahari maksimum mencapai 1000 watt/m², apabila efisiensi modul surya sebesar 16% maka daya ideal yang dapat

dihasilkan oleh modul surya adalah sebesar 160 Watt/m². Diagram aliran energi yang dihasilkan pada siang hari dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 3 Diagram aliran energi yang dihasilkan pada siang hari

Pada sistem ini, energi yang dihasilkan modul surya pada kondisi tersebut langsung disalurkan ke beban (lampu penerangan) melalui inverter, lalu sisanya disimpan di baterai.

2.4.2 Malam Hari

Pada malam hari sumber energi matahari tidak dapat dimanfaatkan lagi, oleh karena itu beban akan disuplai oleh baterai. Energi yang tersimpan dalam baterai pada siang hari akan dipergunakan untuk menyuplai beban saat dibutuhkan melalui inverter. Kemudian inverter mengubah arus a.s. (DC) pada sisi baterai menjadi arus a.b.b. (AC) ke sisi beban. Diagram aliran energi pada malam hari dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2. 4 Diagram aliran energi yang dihasilkan pada malam hari

2.5 Komponen pada PLTS *Off-Grid*

Komponen-komponen yang umum digunakan dalam sistem PLTS *Off-Grid* dapat dilihat pada uraian dibawah ini:

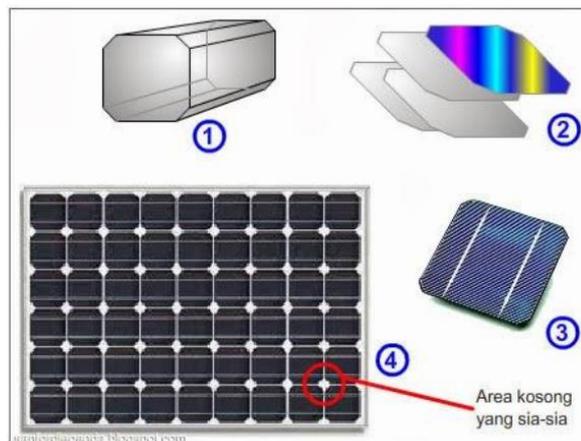
2.5.1 Panel Surya

Panel surya adalah kumpulan sel surya yang ditata sedemikian rupa agar efektif dalam menyerap sinar matahari. Sedangkan yang bertugas menyerap sinar matahari adalah sel surya. Sel surya sendiri terdiri dari berbagai komponen *photovoltaic* atau komponen yang dapat mengubah cahaya menjadi listrik. Umumnya sel surya terdiri dari lapisan silikon yang bersifat semikonduktor, metal, anti reflektif, dan strip konduktor metal. Panel surya memiliki fungsi yaitu mengubah energi matahari menjadi energi listrik.

Panel surya sendiri memiliki 2 jenis sel dengan kelebihan serta kekurangannya masing-masing, berikut merupakan beberapa uraian lebih lanjut mengenai jenis dari panel surya:

1. Panel Surya *Monocrystalline*

Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. Kristal silikon murni yang membutuhkan teknologi khusus untuk mengirisnyamenjadi kepingan-kepingan kristal silikon yang tipis. Dengan teknologi seperti ini, akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi. Sehingga menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, sekitar 15% - 20%. Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan harga jenis sel surya ini lebih mahal dibandingkan jenis sel surya yang lain di pasaran. Panel surya jenis *Monocrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



(Sumber: <http://sanfordlegenda.blogspot.co.id>, 2013)

Gambar 2. 5 Panel Surya Jenis *Monocrystalline*

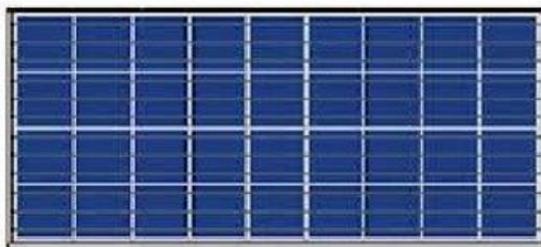
Keterangan gambar:

1. Batangan kristal silikon murni
2. Irisan kristal silikon yang sangat tipis
3. Sebuah sel surya *monocrystalline* yang sudah jadi

4. Sebuah panel surya *monocrystalline* yang berisi susunan sel surya *monocrystalline*.

2. Panel Surya *Polycrystalline*

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak sempurna pada sel surya *monocrystalline*, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16%. Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding *monocrystalline*, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini. Panel surya jenis *Polycrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



(Sumber: <http://sanfordlegenda.blogspot.co.id>, 2013)

Gambar 2. 6 Panel Surya Jenis *Polycrystalline*

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 370 WP ini, penulis menggunakan panel surya berjenis *monocrystalline*.

2.5.2 Inverter

Inverter merupakan salah satu komponen utama yang digunakan pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Inverter tenaga surya berfungsi mengubah energi listrik searah / DC yang disimpan pada baterai menjadi energi listrik bolak balik / AC sehingga dapat digunakan lampu penerangan. Tanpa adanya inverter, panel surya hanya akan menghasilkan arus listrik DC dan tidak bisa berubah menjadi AC. Padahal yang dibutuhkan untuk lampu penerangan area air tambang ialah listrik AC.

Inverter dengan kapasitas 1000W dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2. 7 Inverter 1000W

2.5.3 Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller (SCC) adalah komponen PLTS yang digunakan untuk mengoptimalkan pengisian baterai yang dicas dari listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Komponen ini bekerja dengan cara mengatur tegangan dan arus pengisian menyesuaikan daya yang tersedia dari panel surya. Sekaligus menampilkan informasi yang berisi status

pengisian baterai. *Solar Charge Controller* (SCC) juga mencegah pengurasan baterai dengan mematikan sistem jika daya yang tersimpan turun di bawah kapasitas 50 persen dan mengisi baterai pada level voltase yang benar. Ini membantu menjaga baterai lebih awet dan sehat. Untuk jenis *Solar Charge Controller* (SCC) yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini



Gambar 2. 8 *Solar Charge Controller* (SCC)

Beberapa fungsi *Solar Charge Controller* (SCC) pada rangkaian sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya, diantaranya:

1. Mengubah arus DC bertegangan tinggi dari panel surya menjadi arus bertegangan rendah menyesuaikan dengan kapasitas baterai, seperti menjadi tegangan 48 VDC.
2. Mengoptimalkan transfer daya dari panel surya ke baterai dengan algoritma *Maximum Power Point Tracker* (MPPT).

3. Menampilkan informasi tegangan, arus, besaran energi dari panel surya, dan energi yang dikirim ke baterai.

2.5.4 Kontaktor Magnet

Kontaktor magnet adalah saklar yang dapat bekerja secara magnetik dengan kapasitas besar, namun tetap menggunakan daya minimal.

Kontaktor magnet juga disebut sebagai alat yang dapat digerakkan atau dioperasikan secara sistematis. Jadi bisa dikatakan sistem kerja dari kontaktor magnet yakni dapat dikontrol secara otomatis dengan menggunakan sensor yang sensitif.

Kontaktor magnet juga memiliki beberapa keistimewaan jika dibandingkan dengan saklar biasa. Salah satunya adalah karena kontaktor dapat bekerja secara magnetis untuk memutuskan dan menyambungkan arus listrik.

Contoh aplikatifnya sendiri sangat banyak dan sering digunakan untuk berbagai keperluan. Diantara contoh penggunaan dari kontaktor adalah sebagai heater, kontrol penerangan, aplikasi pada motor dan lain sebagainya.. Jenis kontaktor magnet tersebut dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2. 9 kontaktor magnet

Sumber : <https://www.schneider.id>

2.5.5 Baterai

Baterai merupakan salah satu komponen utama dalam sistem PLTS yang memegang peranan penting sebagai media penyimpanan sumber listrik. Baterai menyimpan energi listrik yang dihasilkan modul surya pada saat matahari bersinar, dan baterai akan mengeluarkan kembali energi listrik pada saat modul surya tidak dapat lagi menghasilkan energi listrik. Pada kondisi normal baterai dipergunakan saat malam hari atau saat cuaca berawan atau mendung. Apabila terjadi daya energi beban di konsumen yang berlebih diwaktu siang hari, baterai dapat difungsikan untuk menambah beban yang dihasilkan oleh modul surya. Sifat baterai adalah menyimpan dan mengeluarkan energi dari proses reaksi kimia. Proses penyimpanan dan pengeluaran daya energi dalam besaran satuan wattjam (*watthour*) listrik.

Selain sebagai media penyimpan sementara, fungsi baterai pada sistem PLTS diantaranya sebagai berikut:

1. Sebagai penyuplai listrik bagi beban jika pasokan daya dari panel surya putus.
2. Sebagai cadangan untuk mengatasi perbedaan daya dari panel surya dengan permintaan beban.

3. Sebagai penyedia cadangan energi saat cuaca berawan, mendung, hujan lebat, dan kondisi darurat. Sebagai pemasok daya ke *Solar Charge Controller (SCC)* dan inverter.



Gambar 2. 10 Baterai

(Sumber: <https://product.cpugroup.co.id/>)

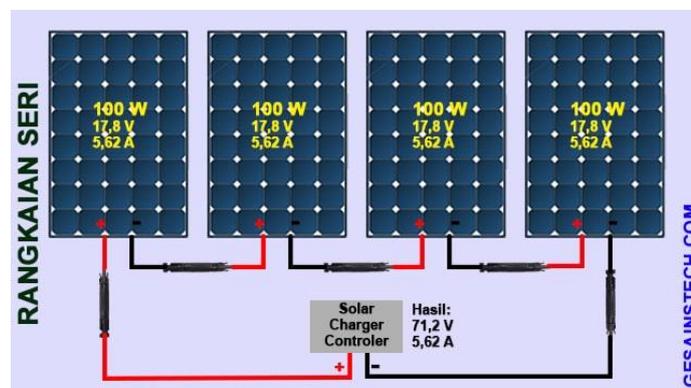
Jenis baterai yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.10.

Prinsip pemasangan rangkaian baterai pada sistem PLTS juga dapat menggunakan 2 cara, yaitu sebagai berikut:

1. Rangkaian Seri

Rangkaian seri digunakan jika ingin membutuhkan tegangan listrik yang besar. Cara pemasangannya juga lebih mudah dan ringkas. Intinya, setiap kutub positif dari panel surya disambungkan ke kutub negatif panel surya yang lain, begitu juga sebaliknya.

Selain pemasangan seri relatif lebih ringkas dan tidak memerlukan banyak kabel, tetapi rangkaian seri memiliki kekurangan yang cukup serius, yaitu ketika salah satu panel surya rusak atau tidak bisa berfungsi maka aliran listrik akan terhenti di panel surya yang rusak tersebut. Dengan kata lain, sistem tidak bisa digunakan. Berikut pada gambar 2.11 merupakan contoh ilustrasi sistem PLTS yang dihubungkan dengan rangkaian seri.



(Sumber: <https://www.gesainstech.com>)

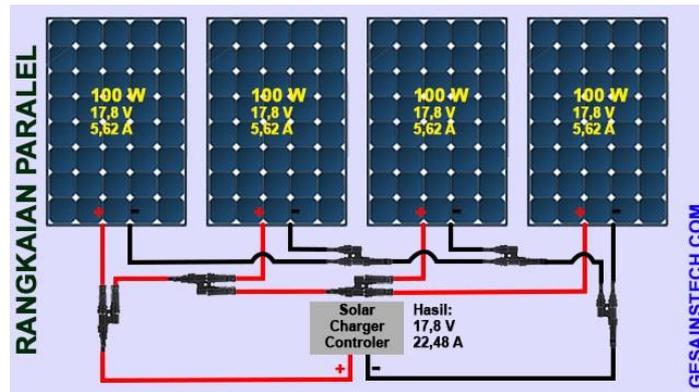
Gambar 2. 11 Rangkaian Baterai Seri

2. Rangkaian Paralel

Sistem kelistrikan ini pemasangannya secara paralel, yaitu kutub positif dari panel surya disambungkan ke kutub positif panel surya lainnya, begitu juga sebaliknya. Pemasangan rangkaian paralel di perlukan jika membutuhkan arus listrik yang besar dengan tegangan yang sama/tetap.

Pemasangan secara paralel memang sedikit lebih ribet dan memerlukan lebih banyak kabel, tetapi rangkaian paralel memiliki kelebihan yang sangat menguntungkan, yaitu ketika salah satu panel surya tidak bisa beroperasi atau rusak, sistem kelistrikan masih bisa

beroperasi. Berikut pada gambar 2.12 merupakan contoh ilustrasi sistem PLTS yang dihubungkan dengan rangkaian paralel.



(Sumber: <https://www.gesainstech.com>)

2.5.6 **Gambar 2. 12** Rangkaian Baterai Paralel

Miniatur Circuit Breaker (MCB)

MCB adalah sebuah perangkat yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dari arus yang berlebihan. MCB dapat memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB tersebut melebihi nilai yang ditentukan, serta dapat berfungsi sebagai saklar yang bisa menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual. Jenis MCB yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini.



(Sumber: <https://www.schneider.id/>)

Gambar 2. 13 *Miniatur Circuit Breaker (MCB)*

2.5.7 Push Button Switch

Push Button Switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock (tidak mengunci). Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal. Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, push button switch mempunyai 2 tipe kontak yaitu NC (Normally Close) dan NO (Normally Open).

- NO (Normally Open), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak yang NO ini akan menjadi menutup (Close) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik. Kontak

NO digunakan sebagai penghubung atau menyalakan sistem circuit (Push Button ON).

- NC (Normally Close), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus listrik). Dan ketika tombol saklar push button ditekan, kontak NC ini akan menjadi membuka (Open), sehingga memutus aliran arus listrik. Kontak NC digunakan sebagai pemutus atau mematikan sistem circuit (Push Button Off). Berikut jenis push button switch yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.14.



(Sumber: <https://www.schneider.id/>)

Gambar 2. 14 Push Button Switch

2.5.8 Kabel

Kabel merupakan komponen penghantar terisolasi yang berfungsi untuk menghubungkan antara komponen satu dengan yang lainnya pada rangkaian instalasi kelistrikan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pada sistem PLTS, pemilihan dan penggunaan kabel juga harus memenuhi persyaratan agar mendapatkan hasil yang maksimal dan

rangkaian tetap aman. Maka dari itu syarat pemilihan kabel adalah sebagai berikut:

1. Tahan cuaca, ozon, dan tahan UV. Kabel panel surya biasanya digunakan di luar ruangan dan terkena radiasi matahari secara langsung dan kelembaban udara.
2. Menahan tekanan mekanis seperti kompresi, tegangan, tekukan dan beban geser.
3. Tahan hubungan singkat bahkan pada suhu tinggi.
4. Cocok untuk rentang suhu yang besar (-40°C hingga 90°C).

2.6 Shading Pada Panel Surya

Shading atau yang dapat kita sebut sebagai bayangan merupakan salah satu musuh terbesar bagi panel surya. *Shading* pada panel surya umumnya terjadi karena terdapat objek yang lebih tinggi dari panel surya itu sendiri seperti pohon, gedung, rumah dan lain sebagainya. *Shading* juga dapat disebabkan oleh daun ataupun bayangan yang menutupi permukaan panel surya. *Shading* akan membawa dampak buruk bagi kinerja modul surya. Apabila satu sel saja dari panel surya terkena bayangan, maka arus sel-sel surya lainnya juga akan mengalami penurunan. Biasanya pada suatu panel, sel-sel surya terhubung seri sehingga ketika satu sel mengalami penurunan maka akan mempengaruhi keseluruhan sel. Jika kita membicarakan dalam cakupan yang lebih besar lagi yakni suatu sistem yang terdiri dari modul-modul yang tersusun seri, maka adanya bayangan dapat mempengaruhi produksi sistem PLTS secara keseluruhan. Bahkan berdasarkan buku pegangan

sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya menyebutkan bahwa sejumlah kecil bayangan dapat mengurangi daya yang dikeluarkan hingga mencapai 80%. Oleh sebab itu shading menjadi salah satu musuh terbesar bagi modul surya.

Ada berbagai jenis *shading*, tergantung pada objek yang membuatnya menjadi *shading*. Berikut merupakan penjelasan mengenai beberapa jenis dari *shading* pada panel surya, diantaranya:

1. *Shading* Sementara

Shading sementara meliputi peneduh yang diakibatkan oleh awan, kotoran burung, debu atau daun yang berguguran.

2. *Shading* Yang Dihasilkan Dari Bangunan

Shading yang dihasilkan dari bangunan meliputi cerobong asap, konduktor penerangan, antena parabola, tonjolan atap dan masih banyak lagi.

3. *Shading* Dari Lokasi

Shading dari lokasi berasal dari lingkungan sekitar panel surya. Mungkin ada pepohonan atau semak-semak, kabel yang melintang di atas panel surya, gedung tetangga, dan masih banyak lagi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penulisan laporan akhir ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang dimana metode ini mendeskripsikan, meneliti, dan menjelaskan sesuatu yang dipelajari apa adanya, dan menarik kesimpulan dari fenomena yang dapat diamati dengan menggunakan angka-angka. Analisis pada laporan akhir ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran daya *output* dari PLTS *Off-Grid* berkapasitas 370 WP pada saat permukaan panel surya terdapat *shading* dan permukaan panel surya saat tidak terdapat *shading*. Pengukuran dan pengamatan tersebut dilaksanakan selama 3 hari dimulai pukul 08.00 - 16.00 WIB.

3.1 Peralatan Dalam Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian dan pengukuran pada PLTS ini diperlukan beberapa alat yang digunakan untuk menunjang laporan akhir ini. Peralatan yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

3.1.1 Panel Surya



Tabel 3. 1 Spesifikasi Panel Surya 370 Wp
Gambar 3. 1 Spesifikasi Panel Surya 320 Wp Spesifikasi Wp

<i>Peak Power (Pmax)</i>	370W
<i>Max. Power Current (Imp)</i>	10.82A
<i>Max. Power Voltage (Vmp)</i>	34.2V
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	41.3V
<i>Short Circuit Currents (Isc)</i>	11.37A

3.1.2 Voltmeter

Voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan DC dan tegangan AC pada saat melakukan penelitian dan pengukuran pada panel surya.



Gambar 3. 2 Voltmeter

3.1.3 Amperemeter

Amperemeter digunakan untuk mengukur arus DC dan arus AC pada saat melakukan penelitian dan pengukuran pada panel surya.



Gambar 3. 3 Amperemeter

3.2 Bahan Dalam Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini hanya dalam bentuk data, antara lain:

3.2.1 Tegangan

Pada penelitian dan pengukuran ini, tegangan yang diukur yaitu tegangan keluaran (*output*) pada panel surya. Pengukuran tegangan ini dilakukan 2 kali dalam satu waktu pengukuran, yaitu pengukuran tegangan pada saat panel surya dalam keadaan *shading* dan tidak.

3.2.2 Arus

Pada penelitian dan pengukuran ini, arus yang diukur yaitu arus keluaran (*output*) pada panel surya. Pengukuran tegangan ini dilakukan 2 kali dalam satu waktu pengukuran, yaitu pengukuran arus pada saat panel surya dalam keadaan *shading* dan tidak.

3.2.3 Intensitas Cahaya Matahari

Pada penelitian dan pengukuran ini, intensitas cahaya matahari diukur untuk mengetahui berapa besar cahaya yang diterima pada permukaan panel surya pada saat beroperasi. Besar nilai dari intensitas cahaya matahari juga dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar nilai efisiensi yang dapat dihasilkan oleh panel surya tersebut.

3.3 Pengumpulan Data

Berkaitan dengan pokok pembahasan yang akan dianalisis penulis, maka dibutuhkan data-data yang akan menunjang laporan akhir ini, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Teori-teori yang berkaitan dengan pembahasan mengenai analisis daya *output* solar panel.
2. Data-data hasil pengukuran analisis pengaruh *shading* pada panel surya terhadap daya *output* yang dihasilkan pada PLTS *Off-Grid* 370 Wp, antara lain:
 - a. Tegangan keluaran panel
 - b. Arus keluaran panel
 - c. Intensitas cahaya matahari

- d. Daya output panel
- e. Efisiensi panel

3.4 Prosedur Penelitian

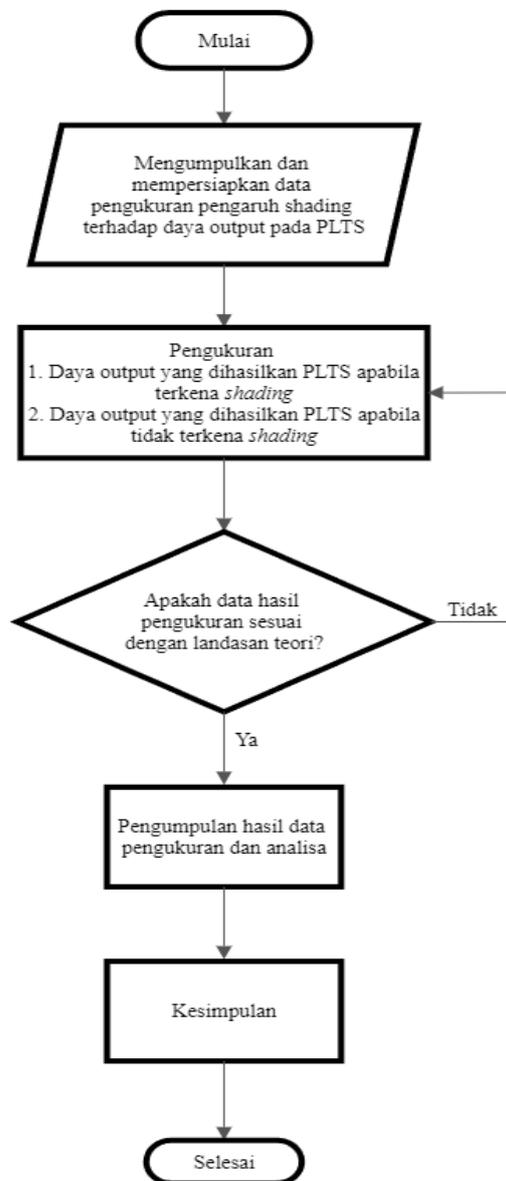
Penelitian yang dilakukan penulis menggunakan prosedur penelitian guna mempermudah penulis untuk menentukan analisis pengaruh *shading* terhadap daya *output* yang dihasilkan pada PLTS *Off-Grid* berkapasitas 370 Wp. Adapun tahapan-tahapannya sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur terlebih dahulu terkait pengaruh *shading* terhadap daya *output* yang dihasilkan oleh PLTS *Off-Grid*.
2. Mempersiapkan dan mengecek peralatan yang akan digunakan pada saat pengukuran berlangsung dan komponen pada PLTS sesuai dengan penjelasan pada subbab 2.5.
3. Mempersiapkan data pengukuran yang akan digunakan pada saat penelitian berlangsung. Data-data tersebut terdiri dari pengukuran arus *input & output*, tegangan *input & output* pada saat PLTS dalam keadaan *shading* dan tidak.
4. Melakukan pengukuran dan mengamati serta mencatat hasil pengukuran terhadap daya *output* pada PLTS ketika dalam keadaan *shading* dan tidak. Pengukuran tersebut dilaksanakan selama 3 hari, dimulai pada pukul 08.00-16.00 WIB.
5. Setelah hasil pengukuran diperoleh, maka tahapan selanjutnya melakukan perhitungan terhadap perbandingan tersebut.
6. Menganalisis hasil perhitungan yang telah diperoleh dari pengukuran solar panel tersebut, maka tahapan selanjutnya membuat kesimpulan dan saran.

7. Selesai

3.5 Diagram Alir (*Flowchart*)

Seluruh tahapan prosedur penelitian dan pengukuran pengaruh *shading* terhadap daya *output* yang dihasilkan oleh PLTS *Off-Grid* berkapasitas 370 WP ini digambarkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) seperti yang di tampilkan pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3. 4 Diagram Alir (*Flowchart*)

BAB IV

PEMBAHASAN

Pada bab IV ini hasil perhitungan yang telah didapatkan akan digunakan untuk mengetahui daya *output* yang dihasilkan apabila panel surya yang dipergunakan pada PLTS *Off-Grid* ini terdapat *shading* maupun tidak. Pada penelitian ini, panel surya yang digunakan berjenis *monocrystalline* dengan kapasitas 370 *Watt Peak* (WP) sebanyak 1 buah, PLTS tersebut berlokasi di area bottom pit tambang.

Untuk mengetahui nilai dari perbandingan tersebut adalah dengan cara melakukan pengukuran yang dilaksanakan selama 3 hari dengan mengukur nilai *output* dari tegangan dan arus pada panel surya tersebut. Pada penelitian ini, perhitungan tersebut diambil berdasarkan data yang didapat dari hasil pengamatan dan pengukuran secara langsung. Adapun data-data hasil pengukuran yang telah didapat adalah sebagai berikut:

4.1 Hasil Pengukuran

Penelitian dan pengukuran pengaruh *shading* pada panel surya terhadap daya *output* yang dihasilkan pada PLTS *Off-Grid* berkapasitas 370 *Watt Peak* (WP) yang dilakukan melalui pengujian dan pengukuran di rumah mahasiswa. Pengujian yang dilakukan meliputi pengukuran tegangan keluaran (V out) dan arus keluaran (I out) pada panel surya untuk menentukan perbandingan hasil pengukuran saat terdapat *shading* pada permukaan panel surya dan saat tidak terdapat *shading*.

Berdasarkan penelitian dan pengukuran yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil yang akan dijabarkan berupa tabel pada subbab 4.1.1 dibawah ini.

4.1.1 Tabel Hasil Penelitian dan Pengukuran

Berikut ini merupakan data-data yang telah didapatkan berdasarkan hasil penelitian dan pengukuran pada PLTS *Off-Grid* berkapasitas 370 Watt Peak (WP) yang dilaksanakan selama 1 hari, terhitung pada tanggal 23-25 Agustus 2023 yang berlokasi di area bottom pit tambang.

Tabel 4. 1 Hasil penelitian dan pengukuran pada panel surya saat **tidak shading**
Rabu, 23 Agustus 2023

NO.	Jam (WIB)	Output Panel		Intensitas Cahaya Matahari	P Out (Watt)	P In (Watt)	Efisiensi (η)
		V (Volt)	I (Ampere)				
1.	08:00	31.0	5.0	24.924	155	378.01	41 %
2.	09:00	32.3	5.3	28.559	171.19	433.14	39,5 %
3.	10:00	33.5	6.6	29.890	221.1	453.33	48,7%
4.	11:00	33.7	7.5	31.979	252.75	485.01	52,1 %
5.	12:00	34.5	8.6	28.541	296.7	432.87	68,5 %
6.	13:00	33.9	8.4	29.006	284.76	439.92	64,7%
7.	14:00	33.7	7.2	25.071	242.64	380.24	63,8%
8.	15:00	33.2	6.8	22.688	225.76	344.10	65,6 %
9.	16:00	32.6	5.4	21.900	176.04	332.15	53%
Rata- rata		33.12	6.75	26.950	225.10	408.5	55,2 %

Kamis, 24 Agustus 2023

NO.	Jam (WIB)	Output Panel		Intensitas Cahaya Matahari	P Out (Watt)	P In (Watt)	Efisiensi (η)
		V (Volt)	I (Ampere)				
1.	08:00	31.5	5.1	24.954	160.65	378.46	42,4 %
2.	09:00	32.2	5.3	28.549	170.66	432.99	39,4 %
3.	10:00	33.6	5.9	29.860	198.24	452.87	43,7 %
4.	11:00	33.8	6.5	28.730	219.7	435.73	50,4 %
5.	12:00	34.5	7.6	31.128	262.2	472.10	55,5 %
6.	13:00	34.9	8.4	34.556	293.16	524.09	55,9 %
7.	14:00	33.8	7.8	29.071	263.64	440.91	59,7 %
8.	15:00	33.5	7.4	27.638	247.9	419.17	59,1 %
9.	16:00	32.8	6.3	25.305	206.64	383.79	53,8 %
Rata- rata		33.4	6.7	28.865	224.75	437.79	51,1%

Jum'at, 25 Agustus 2023

NO.	Jam (WIB)	Output Panel		Intensitas Cahaya Matahari	P Out (Watt)	P In (Watt)	Efisiensi (η)
		V (Volt)	I (Ampere)				
1.	08:00	31.3	6.1	24.984	190.93	378.92	50,3 %
2.	09:00	32.5	6.3	28.659	204.75	434.66	47,1 %
3.	10:00	33.8	6.6	29.890	223.08	453.33	49,2 %
4.	11:00	34.2	7.5	31.779	256.5	481.98	53,2 %
5.	12:00	35.1	8.9	31.541	312.39	478.37	65,3 %
6.	13:00	35.1	8.7	34.006	305.37	515.75	59,2 %
7.	14:00	34.7	8.2	31.071	284.54	471.24	60,3 %
8.	15:00	33.6	7.5	27.688	252	419.93	60 %
9.	16:00	33.1	6.4	24.900	211.84	377.65	56 %
Rata- rata		33.7	7.3	29.390	249.04	445.75	55,62 %

Rata-rata Hasil penelitian dan pengukuran pada panel surya saat tidak *shading*

NO.	Hari	Output Panel		Intensitas Cahaya Matahari	P Out (W)	P In (W)	Efisiensi (η)
		V (Volt)	I (Ampere)				
1.	Pertama	33.12	6.75	26.950	225.10	408.5	55,2 %
2.	Kedua	33.4	6.7	28.865	224.75	437.79	51,1 %
3.	Ketiga	33.7	7.3	29.890	249.04	445.75	55,62 %
Rata- rata		33.40	6.91	28.568	232.96	430.68	53,97 %

Tabel 4. 2 Hasil penelitian dan pengukuran pada panel surya saat *shading*

Rabu, 23 Agustus 2023

NO.	Jam (WIB)	Output Panel		Intensitas Cahaya Matahari	P Out (W)	P In (W)	Efisiensi (η)
		V (Volt)	I (Ampere)				
1.	08:00	26.0	4.8	24.924	124.8	378.01	33 %
2.	09:00	26.1	5.1	28.559	133.11	433.14	30,7 %
3.	10:00	26.4	6.4	29.890	168.96	453.33	37,2 %
4.	11:00	26.6	7.1	31.979	188.86	485.01	38,9 %
5.	12:00	26.8	8.5	28.541	227.8	432.87	52,6 %
6.	13:00	26.7	7.9	29.006	210.93	439.92	47,9 %
7.	14:00	26.1	7.0	25.071	182.7	380.24	48 %
8.	15:00	25.9	6.6	22.688	170.94	344.10	49,6 %
9.	16:00	25.8	5.1	21.900	131.58	332.15	39,6 %
Rata- rata		26.26	6.5	26.950	171.07	408.5	41,8 %

Kamis, 24 Agustus 2023

NO.	Jam (WIB)	Output Panel		Intensitas Cahaya Matahari	P Out (W)	P In (W)	Efisiensi (η)
		V (Volt)	I (Ampere)				
1.	08:00	26.1	4.7	24.954	122.67	378.46	32,4 %
2.	09:00	26.2	4.9	28.549	128.38	432.99	29,6 %
3.	10:00	26.5	5.2	29.860	137.8	452.87	30,4 %
4.	11:00	26.7	5.9	28.730	157.53	435.73	36,1 %
5.	12:00	26.9	6.2	31.128	166.78	472.10	35,3%
6.	13:00	26.7	7.1	34.556	189.57	524.09	36,1 %
7.	14:00	26.4	6.8	29.071	179.52	440.91	40,7 %
8.	15:00	26.2	6.6	27.638	172.92	419.17	41,2 %
9.	16:00	26.0	6.1	25.305	158.6	383.79	41,3 %
Rata- rata		26.41	5.94	28.865	156.87	437.79	35,8 %

Jum'at, 25 Agustus 2023

NO.	Jam (WIB)	Output Panel		Intensitas Cahaya Matahari	P Out (W)	P In (W)	Efisiensi (η)
		V (Volt)	I (Ampere)				
1.	08:00	25.8	4.7	24.984	121.26	378.92	32 %
2.	09:00	26.1	4.8	28.659	125.28	434.66	28 %
3.	10:00	26.5	5.1	29.890	135.15	453.33	29,8 %
4.	11:00	26.7	5.8	31.779	154.86	481.98	32,1%
5.	12:00	27.1	6	31.541	162.6	478.37	33,9 %
6.	13:00	27.0	5.9	34.006	159.3	515.75	30,8 %

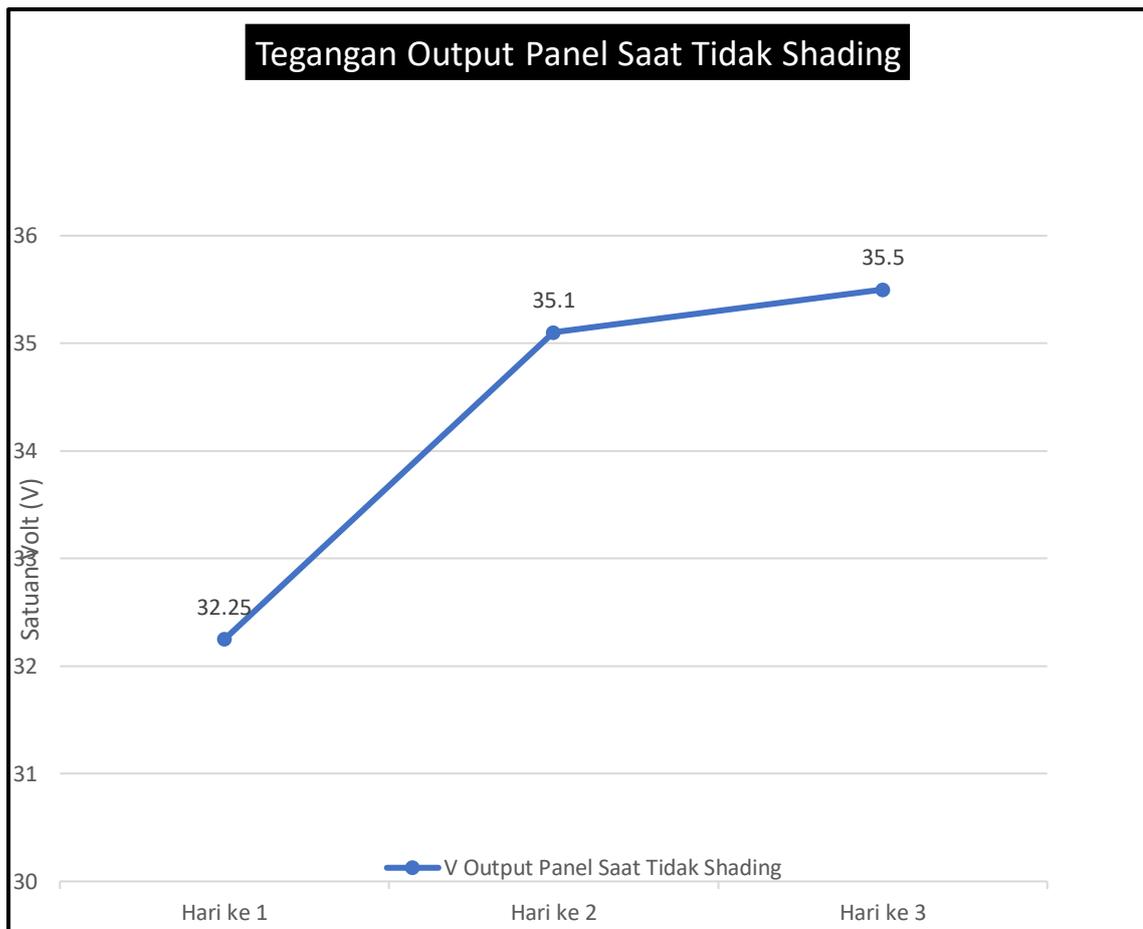
7.	14:00	26.6	5.5	31.071	146.3	471.24	31 %
8.	15:00	26.5	5.2	27.688	137.8	419.93	32,8 %
9.	16:00	26.2	5.0	24.900	131	377.65	34,6 %
Rata- rata		26.5	5.3	29.390	140.45	445.74	31,5 %

Rata-rata Hasil penelitian dan pengukuran pada panel surya saat *shading*

NO.	Hari	Output Panel		Intensitas Cahaya Matahari	P Out (W)	P In (W)	Efisiensi (η)
		V (Volt)	I (Ampere)				
1.	Pertama	26.26	6.5	26.950	171.07	408.5	41,8 %
2.	Kedua	26.41	5.94	28.865	156.87	437.79	35,8 %
3.	Ketiga	26.5	5.1	29.890	135.15	453.33	29,8 %
Rata- rata		26.39	5.84	28.568	154.03	433.20	35,8 %

4.1.2 Grafik Hasil Penelitian dan Pengukuran

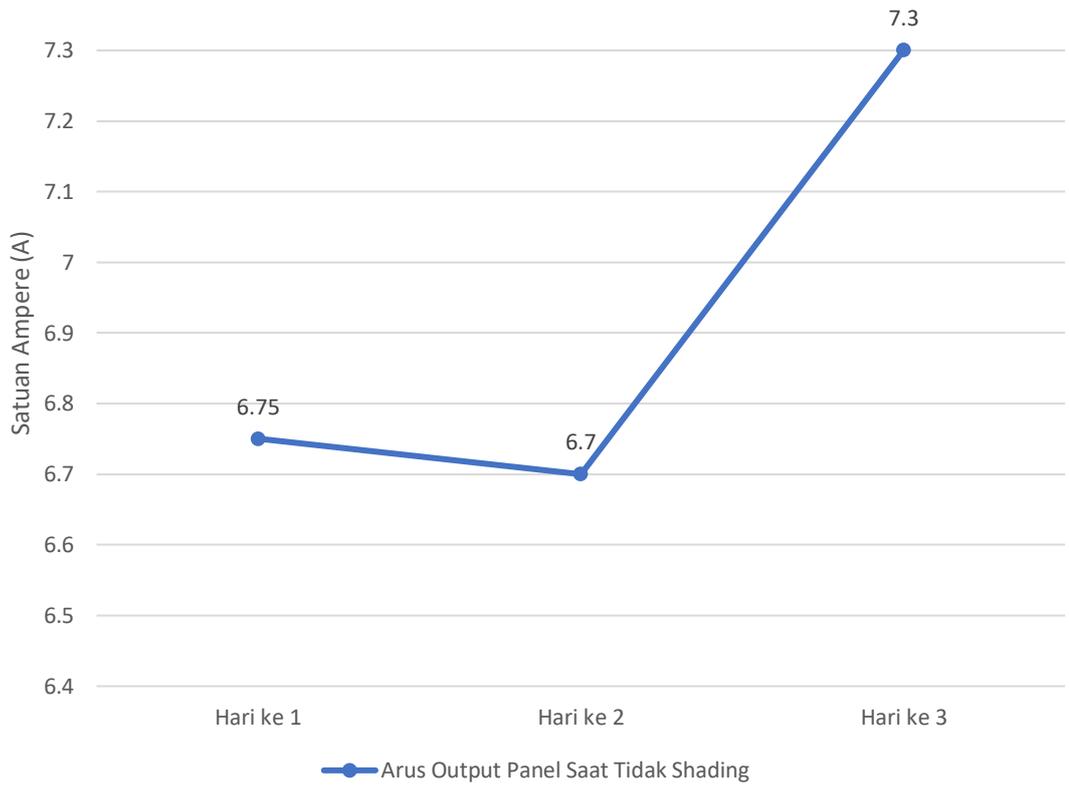
Berdasarkan hasil penelitian dan pengukuran pada panel surya berkapasitas 370 Wp tersebut, didapatkan grafik hasil pengukuran yang tertera pada gambar di bawah ini.



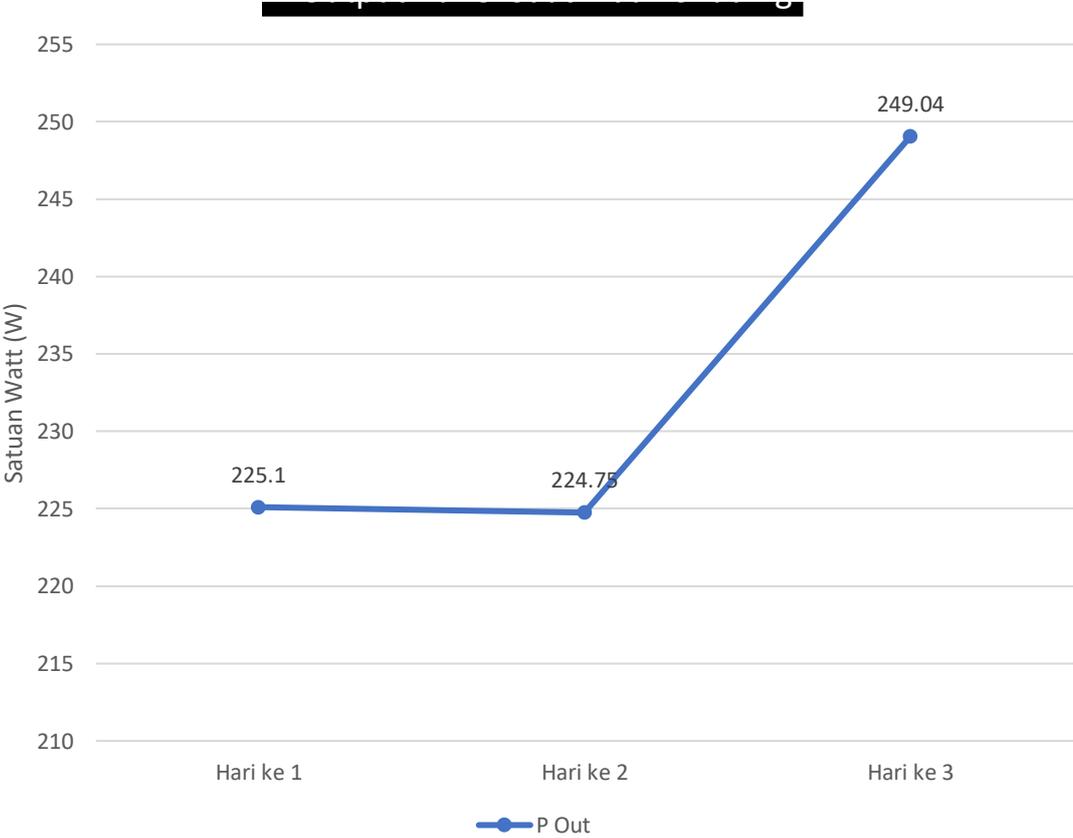
Gambar 4. 1 Grafik Tegangan Output Panel Surya Saat Tidak *Shading*

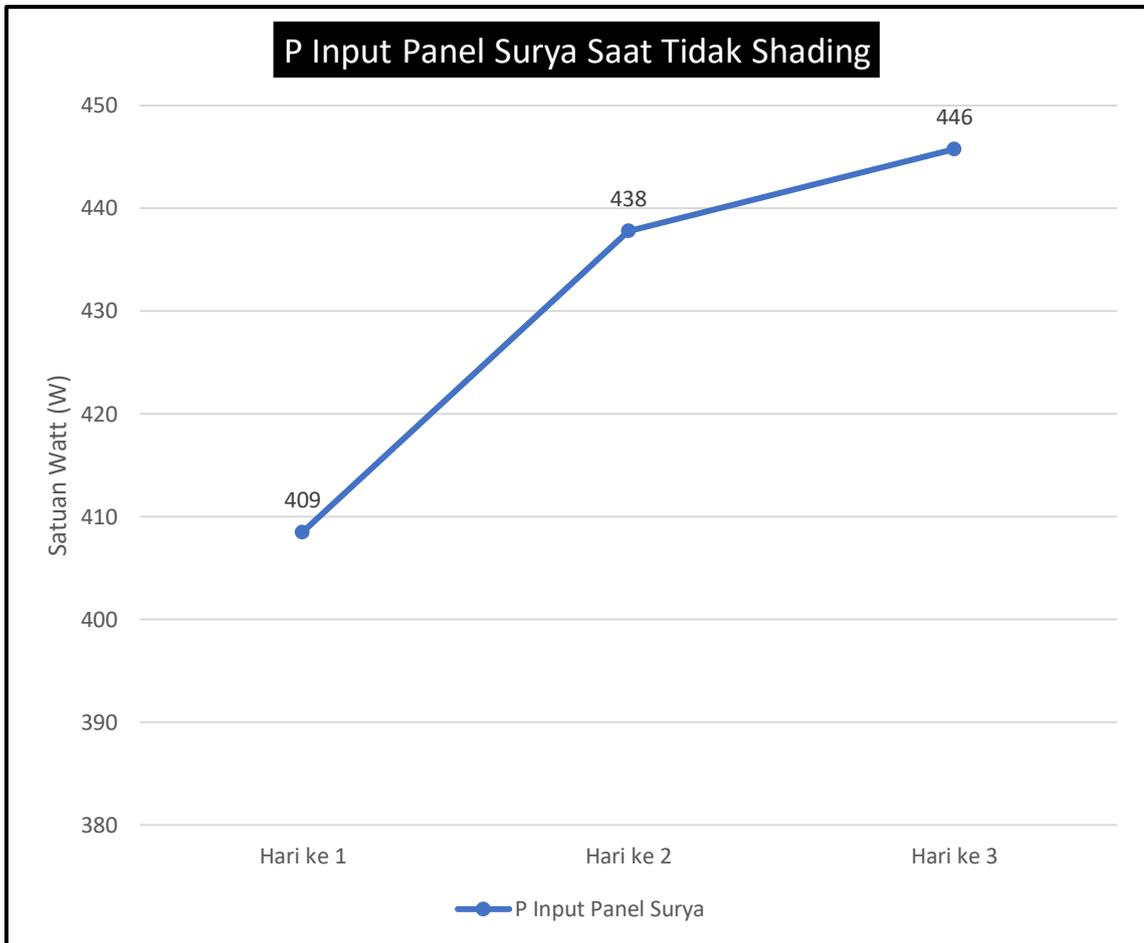
Arus Output Panel Saat Tidak Shading

Gambar 4. 2 Grafik Arus Output Panel Surya Saat Tidak *Shading*



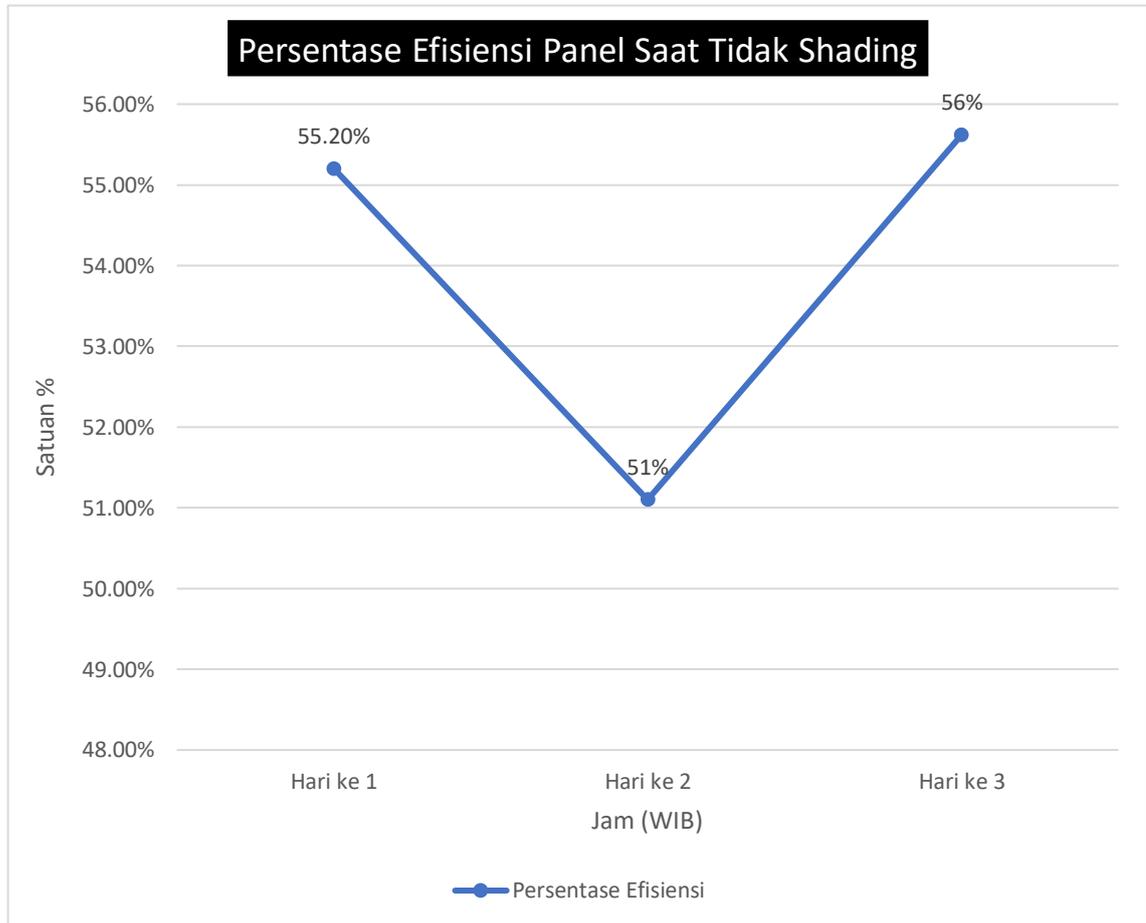
Gambar 4. 3 Grafik P Out Panel Surya Saat Tidak *Shading*

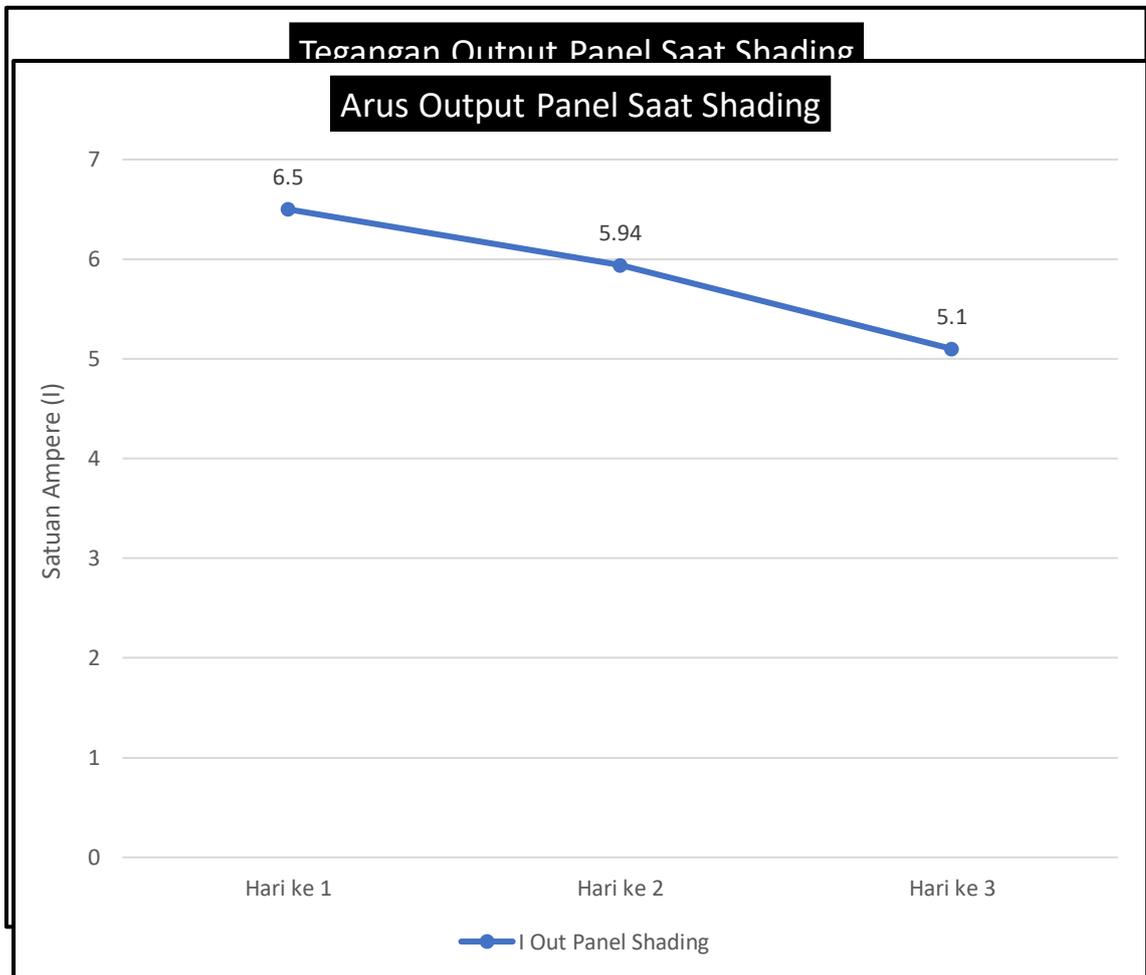




Gambar 4. 4 Grafik P Input Panel Surya Saat Tidak *Shading*

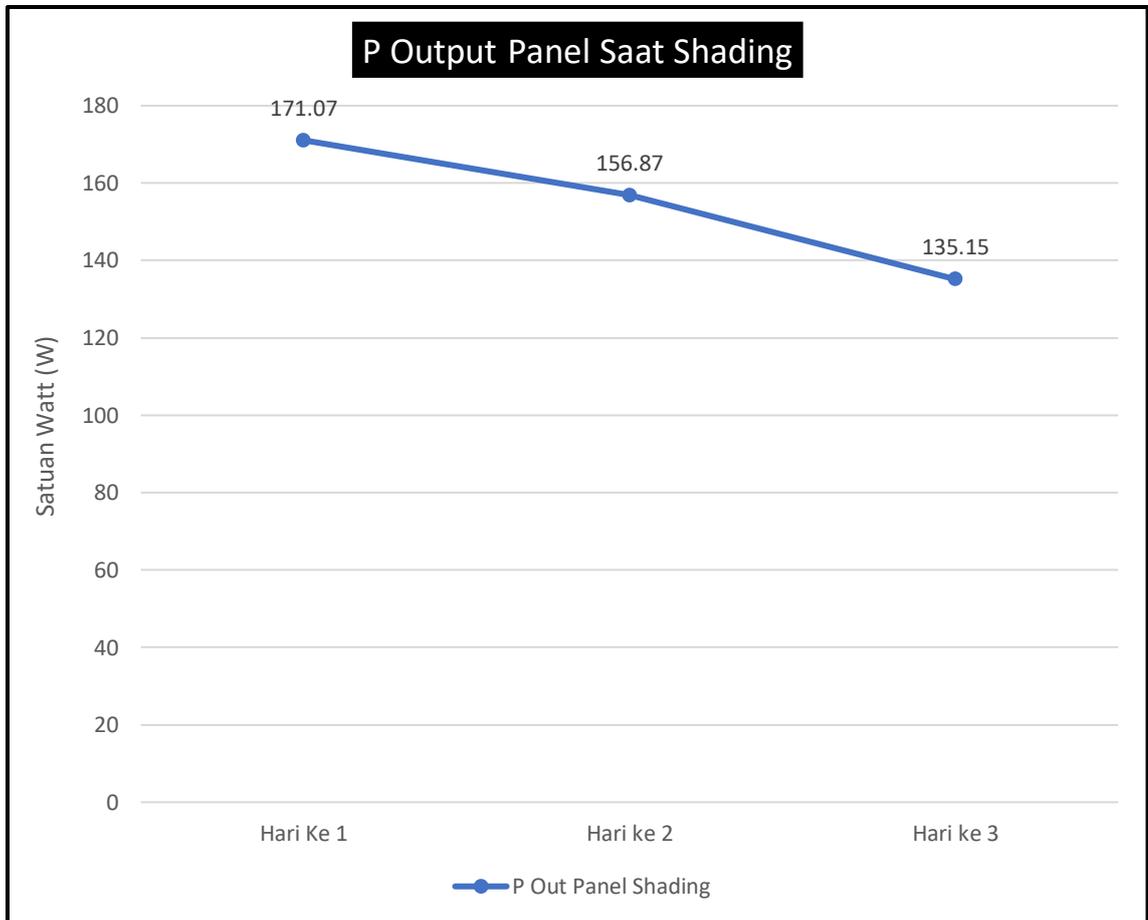
Gambar 4. 5 Grafik Persentase Efisiensi Panel Saat Tidak *Shading*



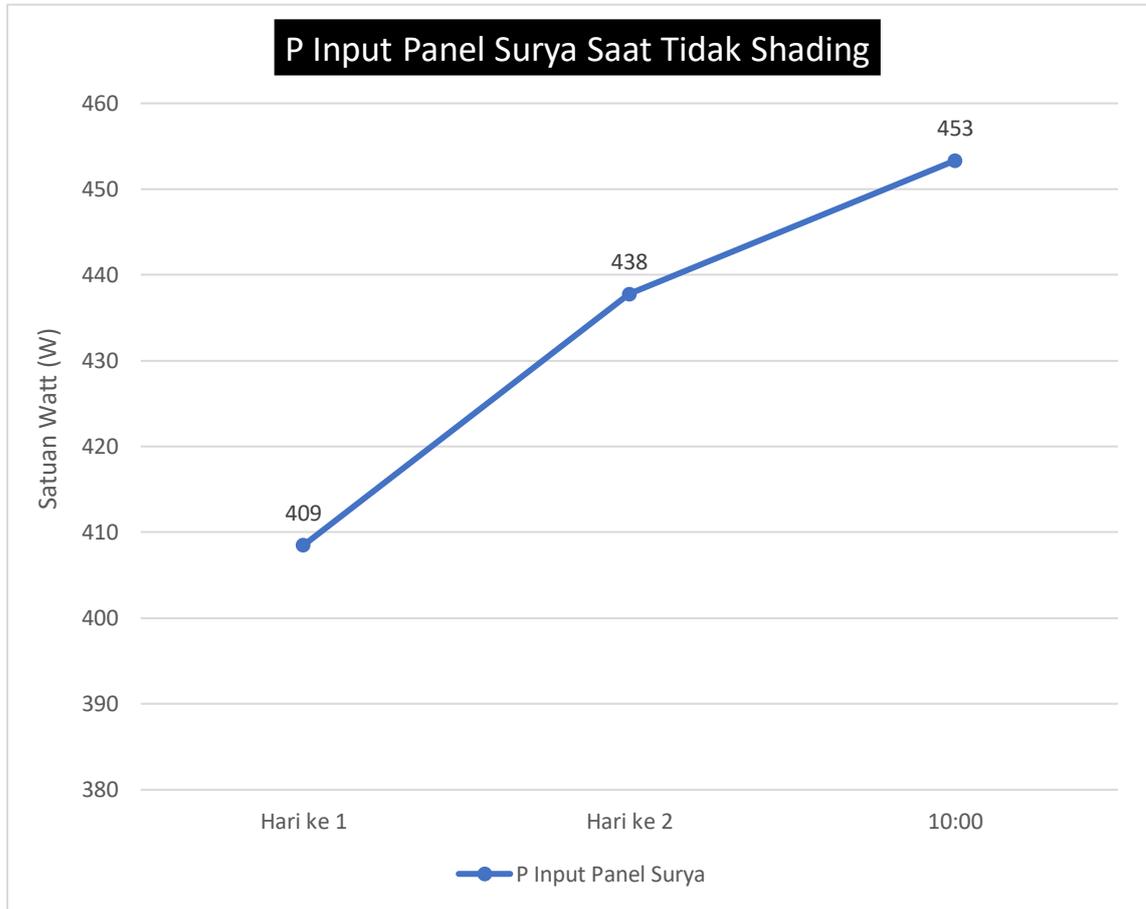


Gambar 4. 6 Grafik Tegangan Output Panel Saat *Shading*

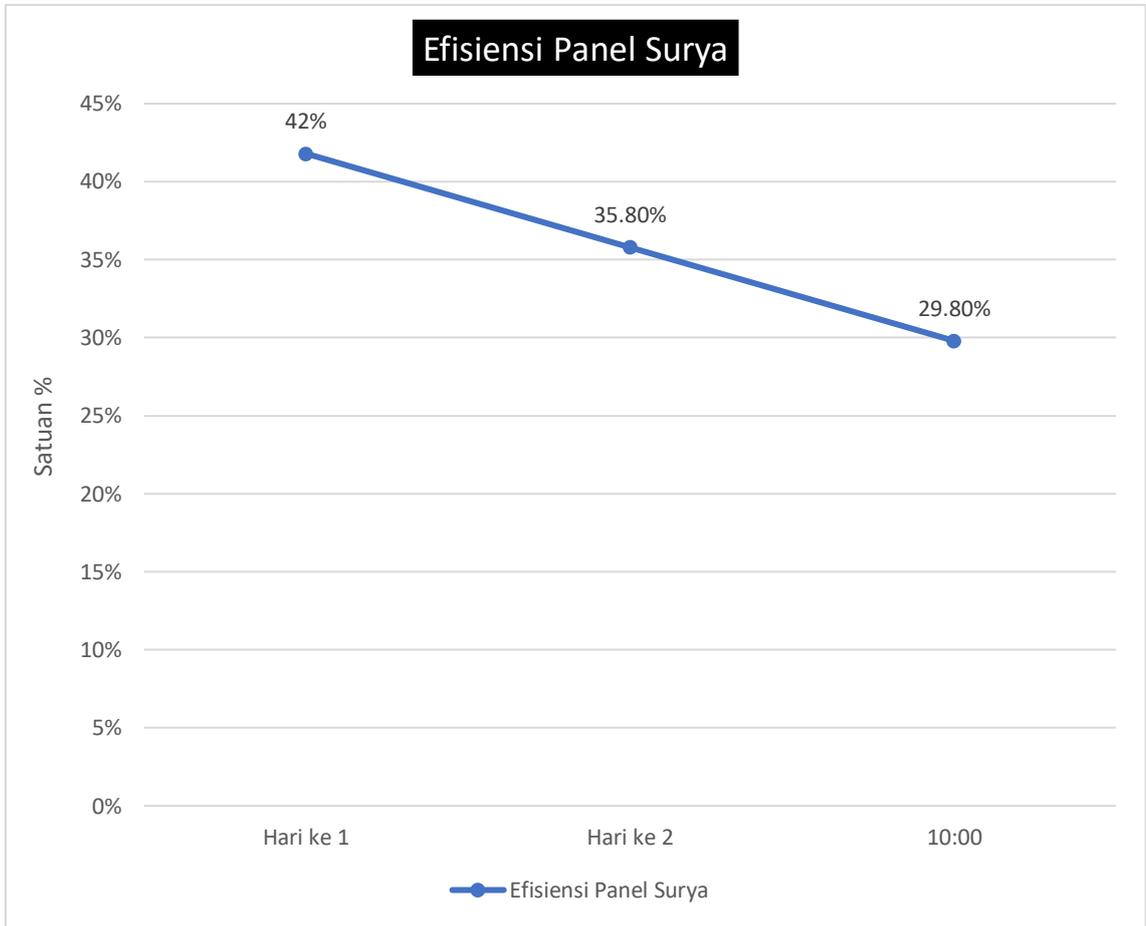
Gambar 4. 7 Grafik Arus Output Panel Surya Saat *Shading*



Gambar 4. 8 Grafik P Output Panel Surya Saat *Shading*



Gambar 4. 9 Grafik P Input Panel Surya Saat *Shading*



Gambar 4. 10 Grafik Persentase Efisiensi Panel Surya Saat *Shading*

4.2 Pembahasan

Dari hasil penelitian dan pengukuran pengaruh *shading* pada panel surya terhadap daya *output* yang dihasilkan pada PLTS *off- grid* berkapasitas 370 WP dapat dibahas sebagai berikut:

1. Pada tabel 4.1 terlihat bahwasanya tegangan keluaran (V Out), arus keluaran (I Out), dan daya keluaran (P Out) pada panel surya dalam keadaan tidak *shading* lebih besar nilainya dibandingkan dengan panel surya dalam keadaan *shading* yang tertera pada tabel 4.2. Karena pada saat panel surya dalam keadaan *shading* maka sinar matahari yang diserap akan berkurang dari biasanya, yang mengakibatkan nilai keluaran tegangan dan arus tidak maksimal.
2. Pada penelitian dan pengukuran ini penulis melakukan *shading* pada panel surya dengan cara menutupi permukaan panel surya sebagian yang terdapat pada permukaan panel surya berkapasitas 370 Wp yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai losses yang didapatkan ketika panel surya dalam keadaan *shading*.
3. Besar intensitas cahaya matahari yang sampai ke permukaan panel surya disebut dalam satuan lux. Sinar matahari menghasilkan = 120.000 lux, konversikan satuan dari lux ke w/m^2 , sementara nilai dari 120.000 lux = $1.000 w/m^2$ lalu dapat disederhanakan menjadi 120 lux = $1 w/m^2$.
4. Untuk mengukur besar nilai P Out pada panel surya, dapat menggunakan rumus sebagai berikut,

$$P_{\text{Out}} = V \times I.$$

Keterangan:

P_{Out} = Daya keluaran panel surya (W)

V = Tegangan keluaran panel surya (V)

I = Arus keluaran panel surya (A)

5. Untuk mengukur luas area permukaan pada panel surya dapat menggunakan rumus sebagai berikut,

$$A = P \times L \times \text{Jumlah Panel}$$

Keterangan:

A = Luas area permukaan panel surya (m^2)

P = Panjang panel surya (M)

L = Lebar panel surya (M)

6. Untuk mendapatkan nilai P_{in} , terlebih dahulu kita cari nilai Irradian (I_r) dengan rumus sebagai berikut,

$$\text{Irradian} = \frac{\text{Intensitas Cahaya Matahari}}{\text{Besarnya nilai lux}}$$

7. Untuk mencari nilai dari P_{in} , dapat menggunakan rumus sebagai berikut,

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

Keterangan:

P_{in} = Daya input akibat radiasi matahari (W)

I_r = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas area permukaan panel surya (m^2)

8. Untuk mencari besar nilai efisiensi pada panel surya, dapat menggunakan rumus sebagai berikut,

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

Keterangan:

η = Efisiensi Panel Surya (%)

P_{out} = Daya keluaran (W)

P_{in} = Daya masukan (W)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan data yang telah didapatkan dari hasil penelitian dan pengukuran mengenai pengaruh *shading* pada panel surya terhadap daya *output* yang dihasilkan oleh PLTS *off-grid* berkapasitas 370 WP, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian dan pengukuran dilakukan selama 3 hari, diambil rata-rata nilai daya keluaran yang mampu dihasilkan oleh panel surya pada saat tidak terdapat *shading* yaitu sebesar 249.04 W sedangkan rata-rata nilai daya keluaran yang mampu dihasilkan oleh panel surya pada saat terdapat *shading* yaitu sebesar 154.03 W. Sehingga *partial shading* yang terdapat pada permukaan panel surya akan mengakibatkan menurunnya nilai daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dari kondisi normal.
2. Berdasarkan data dari hasil penelitian dan pengukuran yang telah dilakukan, didapatkan hasil nilai *losses* rata-rata daya keluaran pada panel surya pada saat penelitian dan pengukuran selama 3 hari ketika dalam keadaan *shading* adalah sebesar 95.01 W.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan pengukuran yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan penulis guna mendapatkan nilai maksimal dari hasil *output* pada panel surya adalah sebagai berikut:

1. Dalam pemasangan dan penggunaan energi baru terbarukan berupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), pastikan terlebih dahulu tempat pemasangan panel surya terhindar dari berbagai jenis *shading*, agar hasil nilai keluaran (*output*) pada panel surya dapat maksimal.
2. Lakukan perawatan secara berkala pada PLTS, salah satunya dengan cara melakukan pembersihan pada permukaan panel surya dari kotoran, debu, dan lain sebagainya yang mengakibatkan terdapat *shading* pada permukaan panel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arya Mertasana, Putu. (2017). Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Daya Output Yang Di Hasilkan Pada Plts Kayubih Kabupaten Bangli. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- Lugia Hardianto, Dimas. “Analisis Keluaran Energi Listrik Pada Panel Surya 60 Wp Ditinjau Dari Sudut Kemiringan Terhadap Pengaruh Suhu Dan Iradiasi Matahari”. Halaman 15, 16.
- Indonesia, Builder. “Efek Shading Panel Surya dan Pengaruhnya Terhadap Output Daya”. www.builder.id. Diakses pada 5 Agustus 2023. <https://www.builder.id/efek-shading-panel-surya/>.
- Suwarti, Wahyono, P. B. (2018). Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah terhadap Kinerja Panel Surya. EKSERGI Jurnal Teknik Energi, 3, 78–85.
- Raditya, G. (2017). Efisiensi Pada Panel Surya: Apakah penting?. Diakses pada 6 Agustus 2023. <https://janaloka.com/efisiensipada-panel-surya/>.

LAMPIRAN**Lampiran 1. 1 Surat Rekomendasi Ujian LA**

Lampiran 1. 2 Lembar Bimbingan LA

Lampiran 1. 3 Lembar Kesepakatan Bimbingan

Lampiran 1. 4 Box Panel dan Panel Surya



Lampiran 1. 5 Dokumentasi Saat Pengukuran

