

## DESIGN OF PLTS ON GRID SYSTEM AT BPTD CLASS II WEST PAPUA OFFICE (CASE STUDY OF NORTH REFLECTOR TILT ANGLE)

Perancangan PLTS Sistem On Grid Di Kantor BPTD Kelas II Papua Barat  
(Studi Kasus Sudut Kemiringan Reflektor Arah Utara)

Rahmat M<sup>1</sup>, Ishak Aryanto<sup>2</sup>, Disabella Dayera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua, Kota Sorong, Papua Barat Daya, Indonesia.

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua, Kota Sorong, Papua Barat Daya, Indonesia.

---

### Informasi Artikel

---

#### Riwayat Artikel

**Diserahkan** : 03-01-2024

**Direvisi** : 10-02-2024

**Diterima** : 02-03-2024

---

#### Kata Kunci:

Sel Surya; Intensitas  
Cahaya; Sudut Azimuth;  
Daya

#### Keywords :

Solar Cell; light intensity;  
Azimuth Corner; Power

---

#### Corresponding Author :

**Disabella Dayera**

Teknik Mesin, Teknik, Universitas Kristen Papua

Jl. F. Kalasuat, Malanu, Kota Sorong

Email: [disabella.dayera@ukip.ac.id](mailto:disabella.dayera@ukip.ac.id)

---

---

### ABSTRAK

---

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi matahari untuk menjadi energi listrik melalui *photovoltaic module*. Adapun di Indonesia potensi energi terbarukan dengan iradiasi harian rata-rata 4,5 – 4,8 kWh/m<sup>2</sup>. Sehingga dalam penelitian ini telah dilakukan sebuah Perancangan PLTS sistem on grid pada kantor BPTD kelas II Papua Barat dengan studi kasus pada sudut kemiringan reflektor dengan arah sudut datang dari arah Utara yaitu 0<sup>o</sup>, 50 dan 100 menggunakan metode observasi lapangan. Berikut hasil yang diperoleh yaitu daya output yang dihasilkan oleh panel surya sangat dipengaruhi oleh sudut kemiringannya dan arah sudut datang matahari dimana dalam penelitian ini arah utara, hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata daya output tertinggi yang dicapai yaitu pada sudut kemiringan 0<sup>o</sup> sebesar 247,24 watt dengan nilai efisiensi sebesar 32,12%.

---

### ABSTRACT

---

*Solar Power Plant (PLTS) is a power generation system that utilizes solar energy to become electrical energy through photovoltaic modules. As for Indonesia, the potential for renewable energy with an average daily irradiation of 4.5 – 4.8 kWh / m<sup>2</sup>. So that in this study, an on grid system PLTS design has been carried out at the BPTD class II West Papua office with a case study on the tilt angle of the reflector with the angle coming from the North, namely 0<sup>o</sup>, 50 and 100 using field observation methods. The following results obtained are The output power produced by solar panels is greatly influenced by the angle of inclination and the direction of the angle of incidence of the sun where in this study the direction of north, this can be seen from the average value of the highest output power achieved at an inclination angle of 0<sup>o</sup> of 247.24 watts with an efficiency value of 32.12%.*

---

## PENDAHULUAN

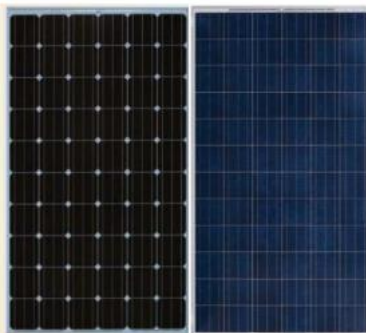
Indonesia, sebagai negara tropis, memiliki potensi energi terbarukan yang besar berkat sinar matahari yang melimpah, dengan rata-rata iradiasi harian mencapai 4,5 hingga 4,8 kWh/m<sup>2</sup>. Sinar matahari ini merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan yang tidak mencemari lingkungan, tidak akan habis, dan dapat dimanfaatkan secara cuma-cuma untuk keperluan kelistrikan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (Hutajulu, Siregar, dan Pambudi, 2020).

PLTS adalah sistem pembangkit listrik yang mengonversi energi matahari menjadi energi listrik melalui modul fotovoltaik. Modul fotovoltaik ini berkaitan dengan teknologi dan penelitian yang fokus pada penerapan panel surya. Panel surya biasanya dipasang di atas atap bangunan, yang dikenal sebagai rooftop solar panel. Tujuannya adalah menghasilkan listrik untuk mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik utama (PLN), atau bahkan sepenuhnya mandiri dari jaringan tersebut. Rooftop solar panel ini dapat dihubungkan dengan jaringan PLN (on grid) atau beroperasi secara mandiri (off grid). Namun, tantangan utama teknologi ini adalah biaya investasi awal yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi pembangkit listrik konvensional seperti PLTD yang menggunakan diesel sebagai penggerak utama dan generator sebagai penghasil energi listrik.

Oleh karena itu, penelitian ini akan merancang PLTS sistem on grid pada kantor BPTD Kelas II Papua Barat, dengan studi kasus sudut kemiringan reflektor yang mengikuti arah datangnya sinar matahari dari utara. Langkah ini adalah salah satu strategi untuk mengurangi penggunaan listrik dari pembangkit listrik tak terbarukan (energi fosil) serta mendukung upaya pemerintah dalam meningkatkan penggunaan energi baru terbarukan. Selain itu, penggunaan energi matahari ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam mendukung aktivitas operasional perkantoran, khususnya di kantor BPTD Kelas II Papua Barat.

### A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS merupakan salah satu distributed generation. PV array adalah kumpulan dari modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor yaitu silicon, panel surya dapat mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. (Rimbawati et al. 2023)



**Gambar 1.** Panel surya tipe monocrystalline dan polycrystalline (Hakim 2017)

Sel surya yang mendapat penyinaran sinar matahari merupakan salah satu sumber energi yang sangat menjanjikan. Dalam keadaan puncak atau saat posisi matahari tegak lurus, sinar matahari yang jatuh di permukaan sel surya seluas satu meter persegi akan mampu menghasilkan energi listrik 900 hingga 1000 Watt ( Gambar 1). Sel surya merupakan lapisan-lapisan tipis dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni, dan bahan semikonduktor lainnya. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC, yang dapat diubah menjadi listrik AC melalui inverter apabila diperlukan, oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik. (Muhammad and Setyo 2017)

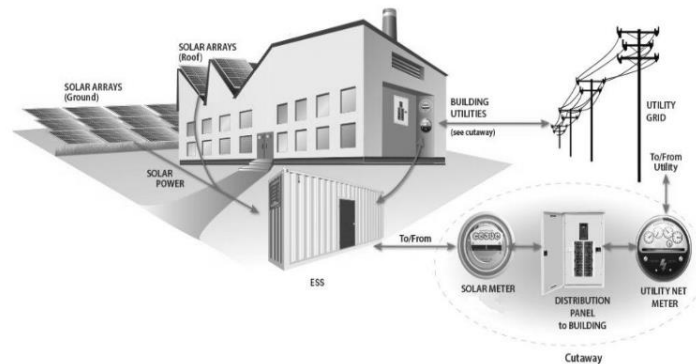
Pada umumnya PLTS terdiri dari beberapa komponen utama yaitu modul surya sebagai pembangkit listrik, inverter untuk mengkonversi sistem tegangan DC menjadi sistem tegangan AC, charger controller dan baterai sebagai media penyimpanan energy. Berdasarkan konfigurasi PLTS dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu PLTS terhubung dengan jaringan (on-grid) dan PLTS tidak terhubung dengan (off-grid).

Faktor-faktor yang mempengaruhi energi keluaran panel surya antara lain (Chikate, Sadawarte, and Sewagram 2015) yaitu:

- a. Bayangan (Shading)
- b. Efisiensi
- c. Sudut penyinaran (Angle of Incidence)
- d. Orientasi panel surya
- e. Suhu (temperature)
- f. Cuaca (cerah, mendung, gerimis)
- g. Intensitas radiasi matahari (Irradiance)

### B. Sistem PLTS On Grid

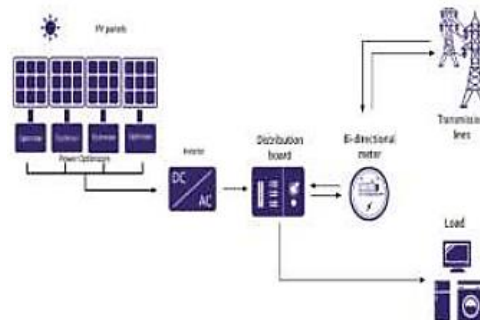
Sistem PLTS terinterkoneksi (On-Grid) atau yang disebut dengan Grid Connected PV System adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari untuk menghasilkan listrik. Dan sesuai dengan namanya, maka sistem ini akan dihubungkan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari melalui modul surya atau photovoltaic modul yang menghasilkan listrik semaksimal mungkin (Gambar 2). Sistem ini juga dianggap ramah lingkungan dan bebas emisi. Sistem PLTS terinterkoneksi juga merupakan sebuah solusi green energi bagi masyarakat perkotaan baik perkantoran maupun perumahan yang bertujuan untuk dapat memperkecil tagihan rekening listrik dari PLN dan dapat memberikan nilai tambah kepada pemiliknya. (Hasanah, Koerniawan, and Yuliansyah 2018)



Gambar 2. PLTS Sistem On-Grid (Hasanah, Koerniawan, and Yuliansyah 2018)

### C. Prinsip Kerja PLTS On Grid

Prinsip Kerja PLTS On grid PLTS on grid merupakan sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik PLN (Gambar 3). Tujuan PLTS on grid untuk mengurangi pemakaian energi listrik PLN sehingga mampu menghemat tagihan rupiah setiap bulannya. Prinsip kerja dari PLTS on grid disajikan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 3. Prinsip Kerja PLTS On grid (Ardiansyah, Setiawan, and Sukerayasa 2021)

Secara sederhana, unjuk kerja PLTS on grid sebagai berikut:

1. Saat PLTS beroperasi, arus keluaran modul surya (DC) dikonversi menjadi AC melalui inverter.
2. Keluaran inverter terhubung paralel dengan dengan PLN pada panel beban dan dilakukan sinkronisasi tegangan, frekuensi, dan sudut fasa. Arus keluaran dari sistem PLTS (inverter) bersinergi dengan arus dari PLN dalam memenuhi kebutuhan listrik dengan memprioritaskan arus keluaran dari sistem PLTS.
3. Impor energi listrik terjadi saat produksi daya PLTS tidak dapat memenuhi beban secara keseluruhan, sehingga masih menggunakan daya PLN. Ekspor energi listrik terjadi ketika produksi daya PLTS lebih besar dari beban listrik, sehingga sisa daya akan disalurkan ke jaringan listrik PLN. Ekspor dan Impor daya listrik tercatat pada kWh meter dalam bentuk energi. (Sugiono, Larasati, and Karuniawan 2022)

#### D. Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah sinar yang dipancarkan dari matahari ke permukaan bumi, yang disebabkan oleh emisi bumi dan gas pijar panas matahari. Radiasi dan sinar matahari dipengaruhi oleh berbagai hal sehingga sinar yang sampai ke permukaan bumi sangat bervariasi. Radiasi matahari yang mencapai bumi lebih kecil dari luar angkasa atau atmosfer bumi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yang dapat mengurangi radiasi matahari, antara lain terdapat beberapa energi yang dipantulkan kembali ke angkasa oleh atmosfer luar bumi. Banyak sinar matahari yang dipantulkan kembali karena penggunaan kaca di perumahan. Beberapa cahaya dipantulkan oleh awan dan sebanyak 30% radiasi yang mencapai permukaan bumi dipantulkan dengan berbagai cara. (Sumbung, Letsoin, and Merauke 2012)

##### 1. Geometri Radiasi Matahari

Untuk mengetahui energi radiasi yang jatuh di permukaan bumi memerlukan beberapa parameter yaitu posisi dan kedudukan matahari, maka perlu dilakukan konversi nilai fluks sinar yang diterima dari arah matahari menjadi hubungan harga ekuivalen terhadap permukaan normal. (Sukmajati and Hafidz 2015)

Berikut ini adalah beberapa definisi yang digunakan, antara lain (Albahar and Haqi 2020) :

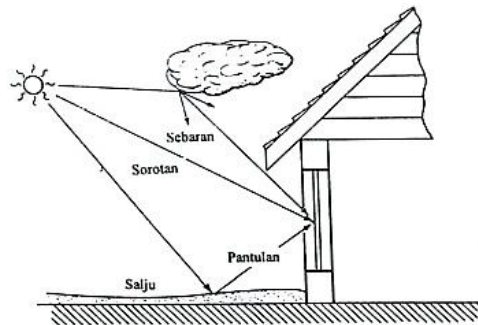
1. Sudut datang  $\theta$  adalah sudut antara sinar datang dengan normal pada permukaan pada sebuah bidang
2. Sudut latitude  $\phi$  pada suatu tempat adalah sudut yang dibentuk oleh garis radial ke pusat bumi pada suatu lokasi dengan proyeksi garis pada bidang equator. Sudut deklinasi berubah harga maksimum +23,450 pada tanggal 21 juni ke harga minimum -23,450 pada tanggal 21 desember. Deklinasi 00 terjadi pada tanggal 21 maret dan 22 desember.
3. Sudut Zenit  $\theta_Z$  adalah sudut yang dibuat oleh garis vertikal ke arah zenit dengan garis ke arah titik pusat matahari.
4. Sudut Azimuth  $\delta_Z$  adalah sudut yang dibuat oleh garis bidang horizontal antara garis selatan dengan proyeksi garis normal pada bidang horizontal. Sudut azimuth positif jika normal adalah sebelah timur dari selatan dan negatif pada sebelah barat dan selatan.
5. Sudut latitude  $\alpha$  adalah sudut yang di buat oleh garis ke titik pusat matahari dengan garis proyeksinya pada bidang horizontal.
6. Sudut kemiringan (slope)  $\beta$  adalah sudut kemiringan yang di buat oleh permukaan bidang dengan horizontal. (Gunawan, Kumara, and Irawati 2019)

##### 2. Intensitas Radiasi Surya

Karena adanya perubahan letak matahari terhadap bumi maka intensitas radiasi surya yang tiba di permukaan bumi juga berubah-ubah (Gambar 4). Maka berkaitan dengan hal tersebut di atas radiasi surya yang tiba pada suatu tempat di permukaan bumi dapat kita bedakan menjadi 3

jenis.(Rahayuningtyas, Kuala, and Apriyanto 2014) Ketiga jenis radisi itu adalah (Alam, Santoso, and Rahmadewi 2023):

- a. Radiasi Langsung (direct radiation)
- b. Radiasi Sebaran (diffuse radiation)
- c. Radiasi Pantulan



Gambar 4. Jenis-jenis Radiasi (Kumi and Brew-Hammond 2013)

Lapisan luar dari matahari yang disebut fotosfer memancarkan suatu spektrum radiasi yang kontinu. Untuk pembahasan ini cukup dianggap matahari sebagai sebuah benda hitam, sebuah radiator sempurna pada 5762 K. Dalam ilmu fotovoltaik dan studi mengenai permukaan tertentu, distribusi spektral adalah penting.(Hasan 2012)

## E. Perhitungan Perancangan PLTS Sistem On-grid

### 1. Analisa dan Perhitungan Konsumsi Daya Ouput PLTS

#### a. Perhitungan Daya Listrik

Daya listrik yang dihasilkan panel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya elektron yang mengalir atau besarnya arus, hubungan tersebut ditunjukkan pada persamaan berikut (Alam, Santoso, and Rahmadewi 2023):

$$P = I_{sc} \times V_{oc} \quad (1)$$

Dimana, P (Daya : watt); I (Arus) dan V (Tegangan)

#### b. Perhitungan Jumlah Panel pada PLTS

Perhitungan jumlah modul panel surya yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan berikut:(Ningsih 2020)

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{\text{watt peak}}}{\text{Daya Panel} \times 20\%} \quad (2)$$

Nilai DC/AC ratio yang diinginkan beirkisar sebesar 1,02-1,2. Sehingga daya total panel surya akan melebihi kapasitas inverteir. Hal ini perlu dilakukan untuk menjaga nilai eifisiensi keirja rteir berada di rangei maksimal.

#### c. Kalkulasi Pemakaian Energi Menurut Tarif Tenaga Listrik PT. PLN (Persero)

Kalkulasi pemakaian energi dan rupiah yang dibayarkan dapat dihitung secara sistematis sebagai berikut:(Sugirianta, Saputra, and Sunaya 2019)

$$\text{Pemakaian kWh (P)} = \text{Jam Nyala} \times \text{KVA tersambung (s)} \times \cos \varphi \quad (3)$$

Dimana, diasumsikan nilai faktor daya ideal ( $\cos \varphi = 1$ )

#### d. Menghitung nilai efisiensi panel surya

Perhitungan efisensi PLTS menggunakan rumus sebagai berikut:(Purwanto, Pravitasari, and Kurniawan 2024)

$$\eta (\text{efisiensi}) = \{ P / (E \times A) \} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

$P$  = daya Output harian (watt)

$E$  = tingkat radiasi di kota Sorong  $587,5 \text{ W/m}^2$

$A$  = Luas panel surya =  $p \times l = 1,32 \text{ m} \times 0,992 \text{ m} = 1,31 \text{ m}^2$

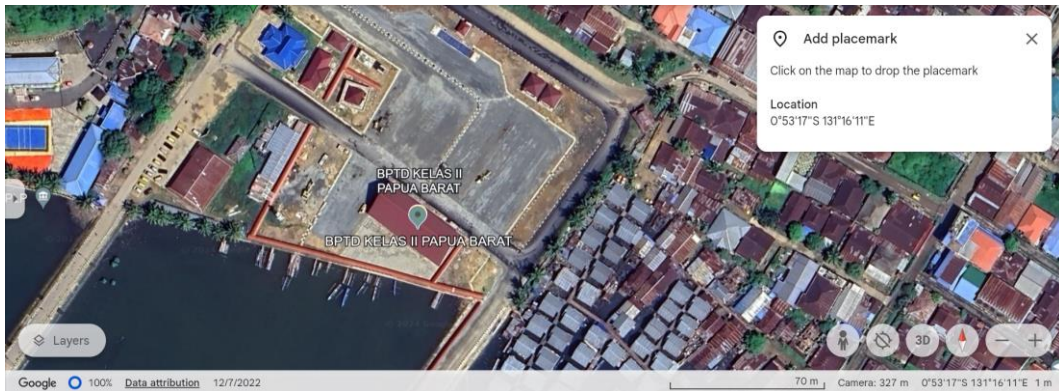
### 2. Analisa Perhitungan Biaya

Biaya pemeliharaan dan operasional (  $M$  ) per tahun untuk PLTS on grid yang sudah terpasang adalah sebagai berikut: (Almanda and Muttaqin 2020)

$$\text{Pemakaian kWh (P)} = \text{Total kWh sebulan} - \text{kWh gedung} \quad (4)$$

## METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan di kantor di kantor BPTD kelas II Papua Barat selama 1 bulan (Gambar 5).



**Gambar 5.** Lokasi Penelitian

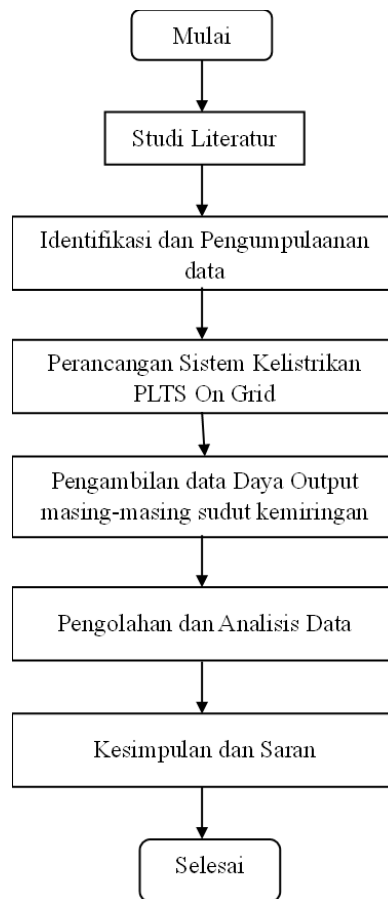
### A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan pendekatan kualitatif dengan metode observasi lapangan, dimana sumber data yang digunakan adalah pemakaian energi listrik setiap bulan dari tagihan kantor, profil energi dari data AMR PLN, tingkat iradiasi matahari dilokasi website nasa/BMKG, harga modul surya dan inverter berdasarkan website warung energi dan data lainnya yang mendukung.

### B. Prosedur Penelitian

1. Menyiapkan semua alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian. Dalam hal ini adalah sebagai berikut:
  - 1 unit Panel surya 240 Wp
  - Kabel 10 meter
  - Alat ukur Multimeter (SUNSHINE DT-9205E)
2. Panel Surya dipasang pada struktur penyangga pada sudut kemiringan :  $0^\circ$ ,  $5^\circ$  dan  $10^\circ$  dengan panel surya menghadap Utara.
3. Waktu pengambilan data dilakukan mulai dari pukul 09 : 00 – 17 : 00 WIT
4. Pengukuran nilai arus hubung singkat (  $I_{sc}$  ) dan Tegangan sirkuit terbuka (  $V_{oc}$  ) dengan menggunakan multimeter.
5. Pengumpulan data dengan melakukan pengukuran daya yang didapat dari tegangan dan arus yang di hasilkan sel surya.
6. Apabila data sudah didapatkan maka data –data tersebut siap diolah untuk selanjutnya diambil analisis dan kesimpulan dari hasil penelitian tersebut.

Berikut tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 6 diagram alir berikut:



**Gambar 6.** Diagram Alir Penelitian

**C. Analisis Data**

Hasil Perancangan sistem kelistrikan PLTS Sistem On Grid selanjutnya dianalisis menggunakan Microsoft excel dalam melakukan Analisa perhitungan baik pemenuhan kebutuhan konsumsi daya listrik menggunakan PLTS Sistem On Grid dan analisis ekonomi di mana membandingkan Tagihan energi diperoleh dari pengurangan antara pemakaian energi sebelum terpasang PLTS dengan Energi PLTS terpakai.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Pengumpulan Data set**

**1. Data Beban Harian Kantor**

Data beban harian di Kantor BPTD Kelas II Papua Barat dapat dilihat pada [tabel 1](#) berikut ini:

**Tabel 1.** Data Beban Harian Di Kantor BPTD Kelas II Papua Barat

No.	Tanggal	Beban Harian (Watt)
1	04-Feb-24	5,075
2	05-Feb-24	23,062
3	06-Feb-24	25,224
4	07-Feb-24	24,367
5	08-Feb-24	28,895
6	09-Feb-24	27,558
7	10-Feb-24	5,025

Berdasarkan tabel 1 diatas, Adapun rata-rata beban harian di kantor yaitu sebesar 33 KWh sesuai dengan jumlah perangkat kelistrikan yang digunakan serta jumlah ruangan yang ada di Kantor BPTD Kelas II Papua Barat.

## 2. Data Lama Penyinaran Matahari dan Curah Hujan di Kota Sorong

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari websiten resmi BMKG, yang terdiri dari: data lama penyinaran matahari dan curah hujan di kota sorong diambil dimulai dari tanggal 04 – 11 Februari 2024. Adapun dengan uraian data sebagai berikut (Tabel 2):

ID WMO : 97502  
 Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Domine Eduard Osok  
 Lintang : -0.89118  
 Bujur : 131.28575

**Tabel 2.** Data Curah Hujan dan Intensitas lama penyinaran Matahari di Kota Sorong (tanggal 04 - 11 Februari 2024)

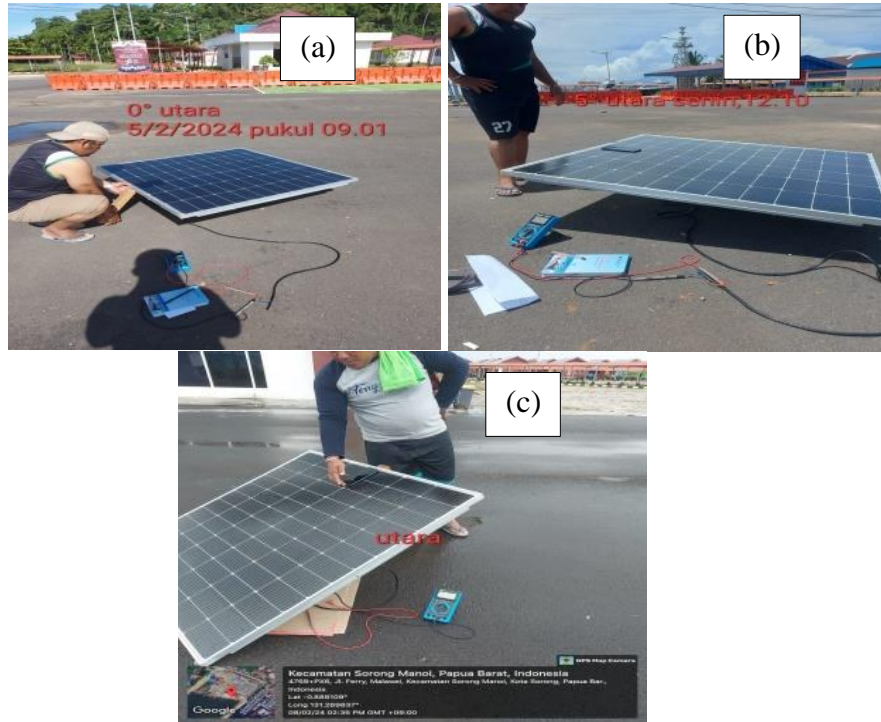
Tanggal	Curah Hujan (mm)	Lamanya penyinaran matahari (jam)
04-02-2024		11
05-02-2024	1,1	8,3
06-02-2024	8,2	9,7
07-02-2024	0,1	0
08-02-2024	1	2
09-02-2024	12,2	6
10-02-2024		7,6
11-02-2024		9,3

(Sumber: [https://dataonline.bmkg.go.id/data\\_iklim](https://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim))

Menurut penelitian Mochamad Reza Yuliatmaja yang berjudul “Lama Penyinaran Matahari Dan Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Pergerakan Semu Matahari” menyatakan Radiasi matahari yang di terima permukaan bumi pada suatu waktu tertentu di sebabkan oleh sudut datang matahari. Perbedaan tempat menurut lintang dapat menyebabkan perbedaan periode penerimaannya, dimana semakin besar sudut datang sinar matahari maka akan semakin besar energi radiasi matahari yang di terima permukaan bumi begitu pula sebaliknya dimana semakin sempit sudut datang sinar matahari maka energy radiasi matahari yang di terima permukaan bumi akan semakin sedikit.(Yuliatmaja 2009)

## B. Hasil Perancangan Alat PLTS On-grid

Penelitian perancangan PLTS on-grid ini menggunakan model panel surya *Photo Voltaic* 240WP (1 unit) dengan ukuran 1320 mm (panjang), 992 mm (lebar), 35 mm (tebal), adapun jumlah variasi sudut yang dibuat untuk proses pengujian kinerja yaitu  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ , dan  $10^\circ$  Berikut gambar 7 perancangan alat dan tabel 3:



**Gambar 7.** Perancangan PLTS *On-Grid* (a) Sudut kemiringan  $0^{\circ}$  (b) Sudut Kemiringan  $5^{\circ}$  dan (c) Sudut kemiringan  $10^{\circ}$

**Tabel 3.** Posisi Kemiringan Instalasi Panel Surya

Pengukuran Hari Ke-	Garis Lintang	Garis Bujur
1	- 0.888068°	131.269808°
2	- 0.888033°	131.269756°
3	- 0.888033°	131.269756°
4	- 0.888089°	131.269828°

### C. Hasil Pengolahan Data

#### 1. Daya Output dan Efisiensi PLTS

Perhitungan nilai daya output masing-masing sudut kemiringan dengan arah sudut datang matahari dari arah selatan dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$\text{Daya Output } (P) = I_{sc} \times V_{oc}$$

$$P_{\text{hari ke-1; sudut } 0^{\circ}} = 45,4 \text{ V} \times 4,05 \text{ A} = \mathbf{155,7 \text{ watt}}$$

Sedangkan, perhitungan nilai efisiensi panel surya masing-masing sudut kemiringan dengan arah sudut datang matahari dari arah selatan dihitung menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$\eta (\text{efisiensi}) = (P / (E \times A)) \times 100\%$$

dimana, nilai Intesitas Matahari di Kota Sorong ( $E$ ) =  $4,7 \text{ Kwh/m}^2 = 587,5 \text{ watt/m}^2$  dan Luas Panel Surya 240 WP ( $A$ ) =  $1,320 \text{ m} \times 0,992 \text{ m} = 1,31 \text{m}^2$  maka diperoleh,

$$\eta (\%) = \left( \frac{155,7 \text{ watt}}{587,5 \text{ w/m}^2 \times 1,31 \text{m}^2} \right) \times 100\% = 20,17\%$$

$$\eta (\%) = \left( \frac{182,6 \text{ watt}}{587,5 \text{ w/m}^2 \times 1,31 \text{m}^2} \right) \times 100\% = 23,73\%$$

Berikut hasil perhitungan nilai daya output dan efisiensi masing-masing sudut kemiringan di lapangan (tabel 4, 5, 6 dan 7):

**Tabel 4.** Data Hasil Perhitungan Nilai Daya Output dan Nilai Efisiensi Panel Surya Hari ke-1

No	Waktu (jam)	Sudut 0°		Sudut 5°		Sudut 10°	
		P (watt)	$\eta$ (%)	P (watt)	$\eta$ (%)	P (watt)	$\eta$ (%)
1	09.00-10.00	155,27	20,17	164,80	21,41	87,43	11,36
2	10.00-11.00	183,37	23,83	192,89	25,06	193,34	25,12
3	11.00-12.00	223,02	28,98	153,91	20,00	179,78	23,36
4	12.00-13.00	256,48	33,33	277,09	36,00	256,02	33,27
5	13.00-14.00	298,94	38,84	269,54	35,02	240,62	31,26
6	14.00-15.00	257,70	33,48	194,04	25,21	148,33	19,27
7	15.00-16.00	149,04	19,36	161,28	20,96	189,35	24,60
8	16.00-17.00	114,24	14,84	84,34	10,96	127,92	16,62
<b>Rata-rata</b>		<b>204,76</b>	<b>26,60</b>	<b>187,23</b>	<b>24,33</b>	<b>177,85</b>	<b>23,11</b>

**Tabel 5.** Data Hasil Perhitungan Nilai Daya Output dan Nilai Efisiensi Panel Surya Hari ke-2

No	Waktu (jam)	Sudut 0°		Sudut 5°		Sudut 10°	
		P (watt)	$\eta$ (%)	P (watt)	$\eta$ (%)	P (watt)	$\eta$ (%)
1	09.00-10.00	86,64	11,26	93,07	12,09	96,75	12,57
2	10.00-11.00	60,30	7,83	82,72	10,75	75,94	9,87
3	11.00-12.00	89,35	11,61	84,09	10,93	95,37	12,39
4	12.00-13.00	131,11	17,04	125,61	16,32	134,55	17,48
5	13.00-14.00	169,13	21,97	100,57	13,07	101,02	13,13
6	14.00-15.00	133,21	17,31	138,76	18,03	137,25	17,83
7	15.00-16.00	117,26	15,24	112,70	14,64	104,17	13,53
8	16.00-17.00	58,82	7,64	54,12	7,03	55,31	7,19
<b>Rata-rata</b>		<b>105,73</b>	<b>13,74</b>	<b>98,95</b>	<b>12,86</b>	<b>100,04</b>	<b>13,00</b>

**Tabel 6.** Data Hasil Perhitungan Nilai Daya Output dan Nilai Efisiensi Panel Surya Hari Ke-3

No	Waktu (jam)	Sudut 0°		Sudut 5°		Sudut 10°	
		P (watt)	$\eta$ (%)	P (watt)	$\eta$ (%)	P (watt)	$\eta$ (%)
1	10.00-11.00	92,88	12,07	86,63	11,26	90,92	11,81
2	11.00-12.00	89,22	11,59	87,87	11,42	90,51	11,76
3	12.00-13.00	115,26	14,98	95,68	12,43	127,37	16,55
4	13.00-14.00	128,16	16,65	102,81	13,36	114,33	14,86
5	14.00-15.00	11,12	1,45	12,90	1,68	15,61	2,03
6	15.00-16.00	43,55	5,66	42,18	5,48	42,21	5,48
7	16.00-17.00	25,72	3,34	25,29	3,29	25,29	3,29
<b>Rata-rata</b>		<b>65,89</b>	<b>8,56</b>	<b>59,44</b>	<b>7,72</b>	<b>65,92</b>	<b>8,57</b>

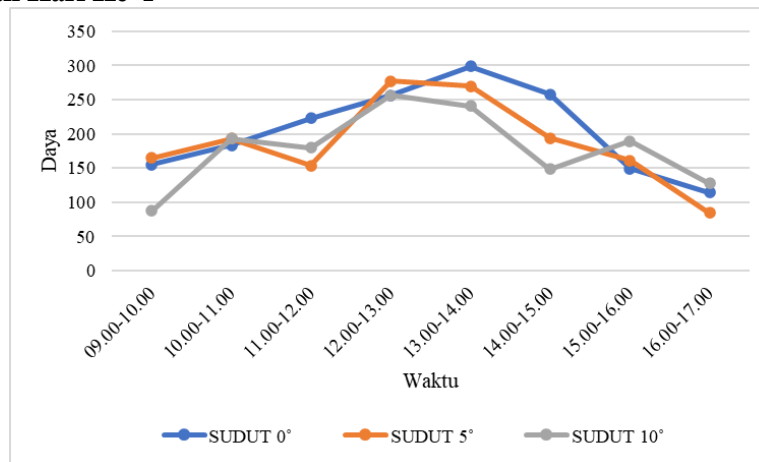
**Tabel 7.** Data Hasil Perhitungan Nilai Daya Output dan Nilai Efisiensi Panel Surya Hari Ke-4

No	Waktu (jam)	Sudut 0°		Sudut 5°		Sudut 10°	
		P (watt)	$\eta$ (%)	P (watt)	$\eta$ (%)	P (watt)	$\eta$ (%)
1	09.00-10.00	194,83	25,32	218,01	28,33	176,22	22,90
2	10.00-11.00	268,19	34,85	256,77	33,36	185,60	24,12
3	11.00-12.00	279,07	36,26	242,21	31,47	279,21	36,28
4	12.00-13.00	287,11	37,30	285,91	37,15	282,10	36,65
5	13.00-14.00	283,82	36,88	209,72	27,25	275,87	35,84
6	14.00-15.00	280,40	36,43	236,13	30,68	283,14	36,79
7	15.00-16.00	218,96	28,45	219,38	28,51	195,53	25,41
8	16.00-17.00	165,52	21,51	166,79	21,67	176,93	22,99
<b>Rata-rata</b>		<b>247,24</b>	<b>32,12</b>	<b>229,36</b>	<b>29,80</b>	<b>231,83</b>	<b>30,12</b>

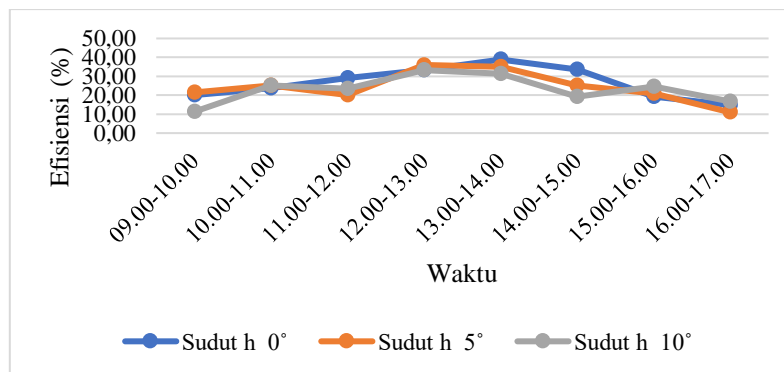
**D. Pembahasan**

Dari hasil pengolahan data kemudian dilakukan pembahasan dan analisa hasil penelitian untuk mendapatkan grafik daya output dan efisiensi panel solar cell 240 WP dengan variasi sudut kemiringan panel solar cell 0°, 5°, dan 10° seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

**1. Pengukuran Hari Ke-1**



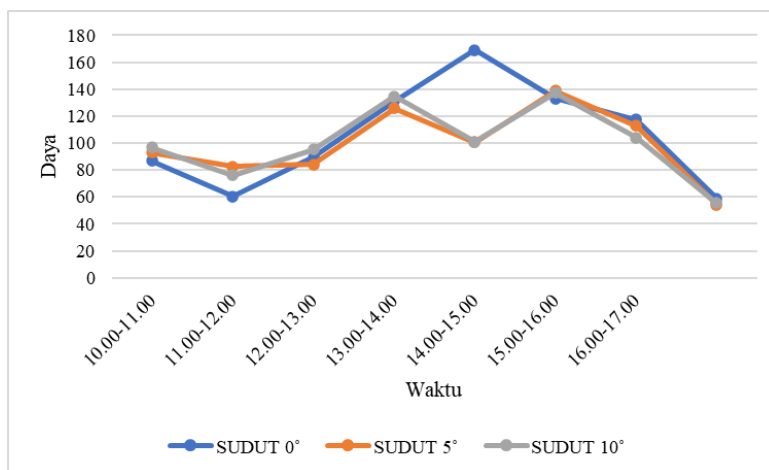
**Gambar 8.** Perbandingan daya untuk setiap sudut kemiringan (Hari ke-1)



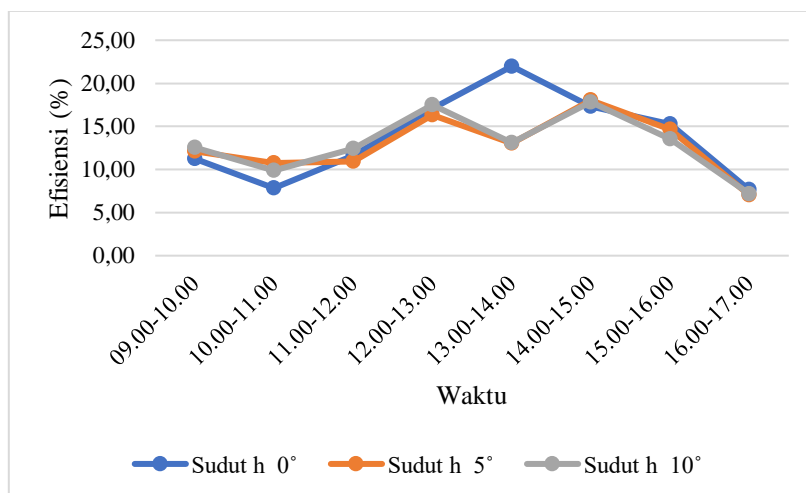
**Gambar 9.** Hubungan Efisiensi terhadap waktu pengambilan data pada variasi sudut kemiringan (Hari ke-1)

Nilai daya output yang dihasilkan panel surya pada masing-masing sudut kemiringan panel surya  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ , dan  $10^\circ$  pada hari pertama ditampilkan pada gambar 7, dimana untuk sudut  $0^\circ$  daya output tertinggi terjadi pada jam 13:00 WIT, sudut  $5^\circ$  daya output tertinggi terjadi pada jam 12:00 WIT, dan sudut  $10^\circ$  daya output tertinggi terjadi pada jam 12:00 WIT. Adapun nilai rata-rata daya output untuk setiap sudut kemiringan pada hari ke-1 adalah untuk sudut  $0^\circ$  sebesar 204,76 watt, sudut  $5^\circ$  sebesar 187,23 watt, dan sudut  $10^\circ$  sebesar 177,85 watt. Dari hasil memperlihatkan bahwa daya tertinggi dihasilkan pada sudut kemiringan  $0^\circ$  yaitu sebesar 204,76 watt.

Sedangkan nilai rata-rata efisiensi panel surya pada masing-masing sudut kemiringan pada gambar 8, memperlihatkan pada sudut kemiringan  $0^\circ$  sebesar 26,60%, sudut kemiringan  $5^\circ$  sebesar 24,33% sedangkan pada sudut kemiringan  $10^\circ$  sebesar 23,11%. Dari hasil memperlihatkan bahwa nilai efisiensi tertinggi dihasilkan pada sudut kemiringan  $0^\circ$  yaitu sebesar 26,60%.



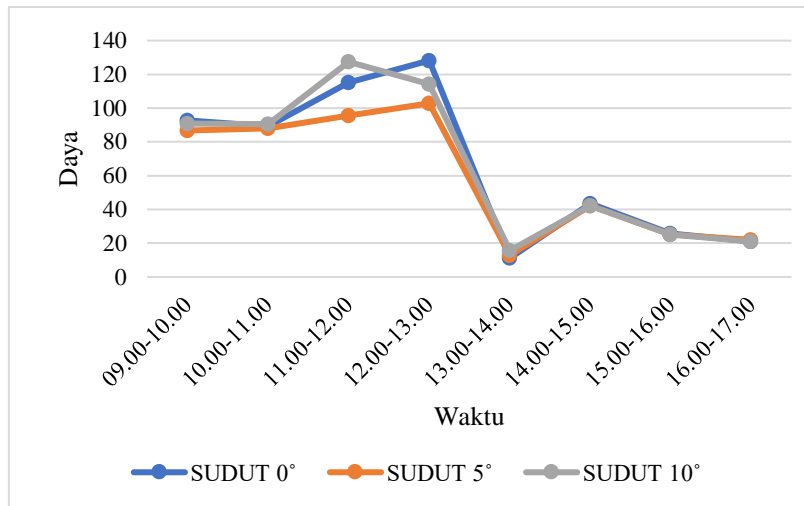
**Gambar 10.** Perbandingan daya untuk setiap sudut kemiringan (Hari ke-2)



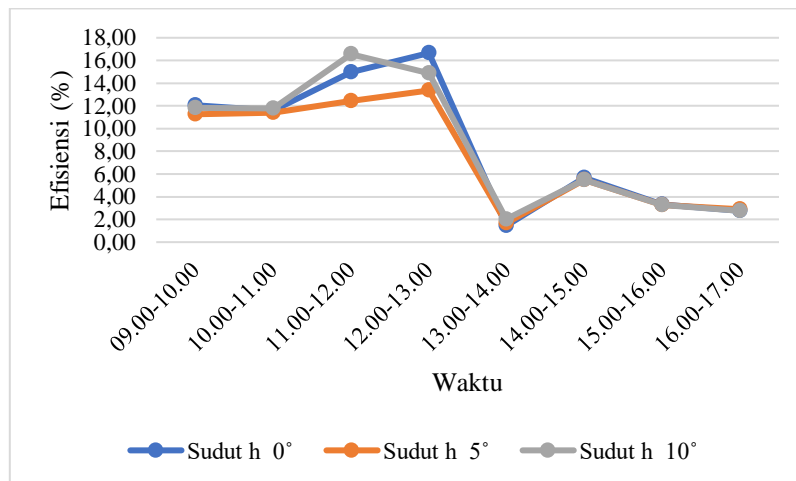
**Gambar 11.** Hubungan Efisiensi terhadap waktu pengambilan data pada variasi sudut kemiringan (Hari ke-2)

Nilai daya output yang dihasilkan panel surya pada masing-masing sudut kemiringan panel surya  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ , dan  $10^\circ$  pada hari pertama ditampilkan pada gambar 9, dimana untuk sudut  $0^\circ$  daya output tertinggi terjadi pada jam 13:00 WIT, sudut  $5^\circ$  daya output tertinggi terjadi pada jam 14:00 WIT, dan sudut  $10^\circ$  daya output tertinggi terjadi pada jam 14:00 WIT. Adapun nilai rata-rata daya output untuk setiap sudut kemiringan pada hari ke-1 adalah untuk sudut  $0^\circ$  sebesar 105,73 watt, sudut  $5^\circ$  sebesar 98,95 watt, dan sudut  $10^\circ$  sebesar 100,04 watt. Dari hasil memperlihatkan bahwa daya tertinggi dihasilkan pada sudut kemiringan  $0^\circ$  yaitu sebesar 105,73 watt.

Sedangkan nilai rata-rata efisiensi panel surya pada masing-masing sudut kemiringan pada gambar 10, memperlihatkan pada sudut kemiringan  $0^{\circ}$  sebesar 13,74%, sudut kemiringan  $5^{\circ}$  sebesar 12,86% sedangkan pada sudut kemiringan  $10^{\circ}$  sebesar 13,00%. Dari hasil memperlihatkan bahwa nilai efisiensi tertinggi dihasilkan pada sudut kemiringan  $0^{\circ}$  yaitu sebesar 13,74%.



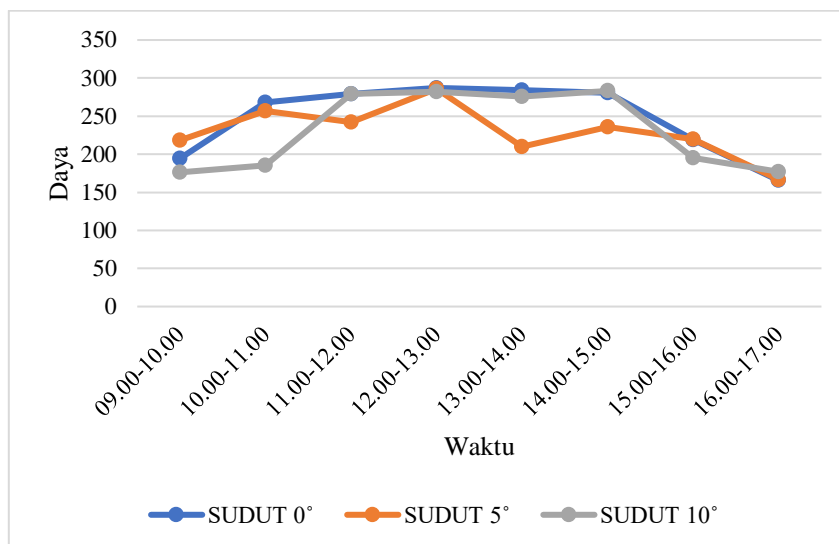
Gambar 12. Perbandingan daya untuk setiap sudut kemiringan (Hari ke-3)



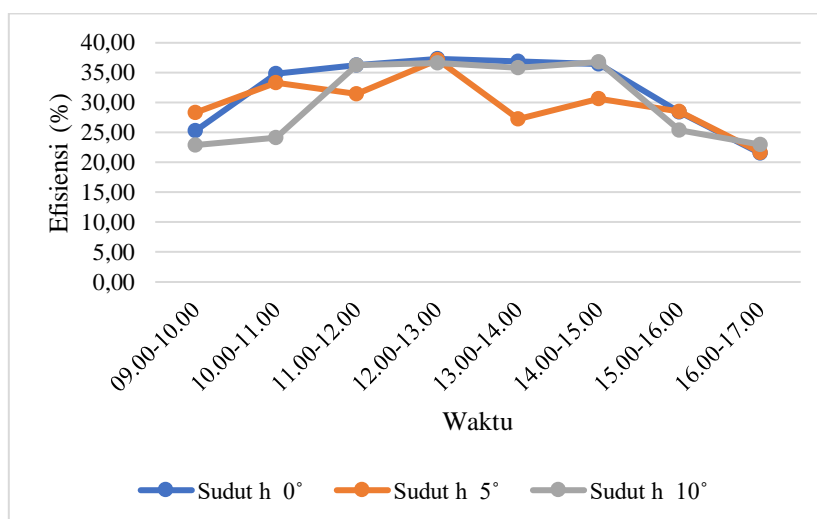
Gambar 13. Hubungan Efisiensi terhadap waktu pengambilan data pada variasi sudut kemiringan (Hari ke-3)

Nilai daya output yang dihasilkan panel surya pada masing-masing sudut kemiringan panel surya  $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ , dan  $10^{\circ}$  pada hari pertama ditampilkan pada gambar 11, dimana untuk sudut  $0^{\circ}$  daya output tertinggi terjadi pada jam 12:00 WIT, sudut  $5^{\circ}$  daya output tertinggi terjadi pada jam 12:00 WIT, dan sudut  $10^{\circ}$  daya output tertinggi terjadi pada jam 11:00 WIT. Adapun nilai rata-rata daya output untuk setiap sudut kemiringan pada hari ke-1 adalah untuk sudut  $0^{\circ}$  sebesar 128,16 watt, sudut  $5^{\circ}$  sebesar 102,81 watt, dan sudut  $10^{\circ}$  sebesar 127,37 watt. Dari hasil memperlihatkan bahwa daya tertinggi dihasilkan pada sudut kemiringan  $0^{\circ}$  yaitu sebesar 128,16 watt.

Sedangkan nilai rata-rata efisiensi panel surya pada masing-masing sudut kemiringan pada gambar 12, memperlihatkan pada sudut kemiringan  $0^{\circ}$  sebesar 8,56%, sudut kemiringan  $5^{\circ}$  sebesar 7,72% sedangkan pada sudut kemiringan  $10^{\circ}$  sebesar 8,57%. Dari hasil memperlihatkan bahwa nilai efisiensi tertinggi dihasilkan pada sudut kemiringan  $10^{\circ}$  yaitu sebesar 8,57



**Gambar 14.** Perbandingan daya untuk setiap sudut kemiringan (Hari ke-4)



**Gambar 15.** Hubungan Efisiensi terhadap waktu pengambilan data pada variasi sudut kemiringan (Hari ke-4)

Nilai daya output yang dihasilkan panel surya pada masing-masing sudut kemiringan panel surya 0°, 5°, dan 10° pada hari pertama ditampilkan pada gambar 13, dimana untuk sudut 0° daya output tertinggi terjadi pada jam 12:00 WIT, sudut 5° daya output tertinggi terjadi pada jam 12:00 WIT, dan sudut 10° daya output tertinggi terjadi pada jam 14:00 WIT. Adapun nilai rata-rata daya output untuk setiap sudut kemiringan pada hari ke-1 adalah untuk sudut 0° sebesar 247,24 watt, sudut 5° sebesar 229,36 watt, dan sudut 10° sebesar 231,83 watt. Dari hasil memperlihatkan bahwa daya tertinggi dihasilkan pada sudut kemiringan 0° yaitu sebesar 247,24 watt.

Sedangkan nilai rata-rata efisiensi panel surya pada masing-masing sudut kemiringan pada gambar 14, memperlihatkan pada sudut kemiringan 0° sebesar 32,12%, sudut kemiringan 5° sebesar 29,80% sedangkan pada sudut kemiringan 10° sebesar 30,12%. Dari hasil memperlihatkan bahwa nilai efisiensi tertinggi dihasilkan pada sudut kemiringan 0° yaitu sebesar 32,12% Gambar 15.

Berdasarkan hasil pengolahan data daya output dan nilai efisiensi dari masing-masing sudut kemiringan memperlihatkan bahwa semakin besar sudut kemiringan yang diterapkan maka semakin besar pula daya yang diperoleh. Perubahan nilai daya output yang dihasilkan tergantung besaran Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya. Semakin besar intensitas radiasi yang diterima maka daya yang dapat dihasilkan oleh sistem juga semakin besar karena

energi matahari merupakan sumber utama dari pembangkitan menggunakan teknologi photovoltaic. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mengenai variasi sudut kemiringan modul PV, Perubahan intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap kuat dan lemahnya tegangan yang diterima panel sel surya dan perubahan terhadap sudut datang sinar matahari berpengaruh terhadap besar kecilnya tegangan. (Bahari, Laka, and Rosmiati 2017)

## KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan maka diambil kesimpulan yaitu output yang dihasil oleh panel surya sangat dipengaruhi oleh sudut kemiringannya dan arah sudut datang matahari dimana dalam penelitian ini arah utara, hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata daya output tertinggi yang dicapai yaitu pada sudut kemiringan  $0^{\circ}$  sebesar 247, 24 watt dengan nilai efisiensi sebesar 32,12%.

## REFERENSI

- Alam, Kaizar Nur, Dian Budhi Santoso, and Rani Rahmadewi. 2023. "Perancangan Sudut Panel Surya Untuk Sistem Solar Tracker Di Kabupaten Karawang Menggunakan Metode Simulasi PVsyst." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* 6 (2).
- Albahar, Abdul Kodir, and Muhammad Faizal Haqi. 2020. "Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (PV) Terhadap Keluaran Daya." *JURNAL ELEKTRO* 8 (2): 115–22.
- Almanda, Deni, and Moh Akhsin Zaenal Muttaqin. 2020. "Analisa Dan Perbandingan PLTS on Grid Yang Terpasang Di Atap Gedung Utama PT Subur Semesta Dengan Plts On Grid Yang Bergerak Mengikuti Arah Matahari." *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)* 3 (2): 57–60.
- Ardiansyah, Allan, I Nyoman Setiawan, and I Wayan Sukerayasa. 2021. "Perancangan Plts Atap On Grid System Pada Kantor Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Penelitian Dan Pengembangan Kota Probolinggo." *Jurnal SPEKTRUM Vol* 8 (4).
- Bahari, Syahrul, Agustinus Laka, and Rosmiati Rosmiati. 2017. "Pengaruh Perubahan Arah Sudut Sel Surya Menggunakan Energi Matahari Intensitas Cahaya Terhadap Tegangan." *Prosiding Semnastek*.
- Chikate, Bhalachandra V, Y Sadawarte, and BDCOE Sewagram. 2015. "The Factors Affecting the Performance of Solar Cell." *International Journal of Computer Applications* 1 (1): 975–8887.
- Energi, Warung. n.d. "No Title." Accessed February 16, 2024. <https://www.warungenergi.com/product/paket-plts-ongrid-pre-assembled/>.
- Gunawan, N Surya, I N Satya Kumara, and Rina Irawati. 2019. "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 26, 4 KWp Pada Sistem Smart Microgrid UNUD." *Jurnal SPEKTRUM Vol* 6 (3): 1–9.
- Hakim, Muhammad Fahmi. 2017. "Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik." *Dinamika Dotcom: Jurnal Pengembangan Manajemen Informatika Dan Komputer*.
- Hasan, Hasnawiyi. 2012. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi." *Jurnal Riset Dan Teknologi Kelautan* 10 (2): 169–80.
- Hasanah, Aas Wasri, Tony Koerniawan, and Yuliansyah Yuliansyah. 2018. "Kajian Kualitas Daya Listrik PLTS Sistem Off-Grid Di STT-PLN." *Energi & Kelistrikan* 10 (2): 93–101.
- Hutajulu, Albert Gifson, Masbah R T Siregar, and Mohammad Priyo Pambudi. 2020. "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) On Grid Di Ecopark Ancol." *TESLA: Jurnal Teknik Elektro* 22 (1): 23–33.

- Kumi, Ebenezer Nyarko, and Abeeku Brew-Hammond. 2013. "Design and Analysis of a 1 MW Grid-Connected Solar PV System in Ghana."
- Muhammad, Naim, and Wardoyo Setyo. 2017. "Rancangan Sistem Kelistrikan Plts On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti." *Jurnal Ilmah Teknik Mesin Dinamika* 8.
- Ningsih, Pratika Sulistya. 2020. "Pengukuran Tegangan, Arus, Daya Pada Prototype PLTS Berbasis Mikrokontroler Arduin Uno." *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, Dan Industri* 5 (1): 8–16.
- Purwanto, Purwanto, Deria Pravitasari, and Andriyatna Agung Kurniawan. 2024. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Energi Alternatif Pada Tambak Udang Sebagai Solusi Keterbatasan Jaringan Listrik PLN Di Daerah Pesisir Pantai." *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin* 3 (2): 224–34.
- Rahayuningtyas, Ari, Seri Intan Kuala, and Ign Fajar Apriyanto. 2014. "Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Skala Rumah Sederhana Di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Terbarukan." *Prosiding SNaPP: Sains, Teknologi* 4 (1): 223–30.
- Rimbawati, Rimbawati, Kris April Mas Sahlul, Juli Riandra, and Budi Santri Kusuma. 2023. "PENENTUAN KEMIRINGAN PANEL SURYA MENGGUNAKAN METODE AZIMUT PADA PLTS RUMAH SUMBUL." In *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 6:61–66.
- Sugiono, Friska Ayu Fitrianti, Ppangestuningtyas Diah Larasati, and Eriko Arvin Karuniawan. 2022. "PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA TERHADAP POTENSI PEMANFAATAN PLTS ROOFTOP DI BENGKEL TEKNIK MESIN, POLITEKNIK NEGERI SEMARANG." *Jurnal Rekayasa Energi* 1 (1): 1–8.
- Sugirianta, Ida Bagus Ketut, I Gusti Ngurah Agung Dwijaya Saputra, and I Gusti Agung Made Sunaya. 2019. "Modul Praktek PLTS On-Grid Berbasis Micro Inverter." *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika* 9 (1): 19–26.
- Sukmajati, Sigit, and Mohammad Hafidz. 2015. "Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW on Grid Di Yogyakarta." *Energi & Kelistrikan* 7 (1): 49–63.
- Sumbung, H F, Yohanes Letsoin, and JKML Merauke. 2012. "Analisa Dan Estimasi Radiasi Konstan Energi Matahari Melalui Variasi Sudut Panel Fotovoltaik SHS 50 WP." *Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha* 1 (1).
- Yuliatmaja, Mochamad Reza. 2009. "Kajian Lama Penyinaran Matahari Dan Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Pergerakan Semu Matahari Saat Solstice Di Semarang." *Skripsi S1 FMIPA Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang*.