

# Analisis Pengaruh Penambahan Kaca Film 80% pada Panel Surya Terhadap Efisiensi dan Daya dengan Variasi Sudut Kemiringan 0°, 15°, dan 30°

Erna Rahayu. EW<sup>a</sup>, Jatmiko Edi Siswanto <sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Dosen Program Studi Teknik Mesin, STITEKNAS Jambi, Jl. Lintas Sumatra, Mendalo Darat, Kota Jambi, Jambi 36361

## INFO ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Diterima 7 Oktober 2025

Diterima setelah direvisi 16 November 2025

Disetujui 16 November 2025

### Kata kunci

Panel surya,  
Kaca film  
Sudut  
Efisienis

**Abstract:** This study aims to determine the effect of adding 80% darkness window film, as well as determining the optimal tilt angle by knowing the efficiency of the tilt angle variation. The data collection method that will be carried out is a literature study and development experiments. The results obtained show that the tilt angle with the highest average efficiency value without using 80% window film is at a tilt angle of 15°, namely with an average efficiency of 26.47% with an output power of 92.65 Watts, and using window film at a tilt angle of 0°, namely with an average efficiency of 11.85% with an output power of 37.66 Watts. While the output power obtained shows a tilt angle of 0° with the highest average value without using 80% window film, namely with an average power of 103.27 watts and using window film at a tilt angle of 0°, namely with an average power of 37.66 watts. The use of window film will inhibit incoming energy so that it will get less energy but in terms of equipment durability it will be longer.

**Intisari :** Pada Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan kaca film tingkat kegelapan 80%, serta menentukan sudut kemiringan optimal dengan mengetahui efisiensi pada variasi sudut kemiringan. Metode pengambilan data yang akan dilakukan ini adalah studi literatur dan eksperimen pengembangan. Hasil yang diperoleh menunjukkan sudut kemiringan dengan nilai rata-rata efisiensi terbesar tanpa menggunakan kaca film 80% terdapat pada sudut kemiringan 15° yaitu dengan rata-rata efisiensi 26,47% dengan daya luaran 92,65 Watt, dan menggunakan kaca film pada sudut kemiringan 0° yaitu dengan rata-rata efisiensi 11,85% dengan daya luaran 37,66 Watt. Sedangkan daya luaran yang didapat menunjukkan sudut kemiringan 0° dengan nilai rata-rata terbesar tanpa menggunakan kaca film 80% yaitu dengan rata-rata daya 103,27 watt dan menggunakan kaca film pada sudut kemiringan 0° yaitu dengan rata-rata daya 37,66 watt. Pemakaian kaca Film akan menghambat energi masuk sehingga akan mendapat energi yang lebih kecil namun dari segi ketahanan peralatan akan lebih lama.

## 1. Pendahuluan

Sebagian besar kebutuhan energi di Indonesia masih bergantung pada bahan bakar fosil sebagai sumber utama, khususnya batu bara. Pemanfaatan energi secara berlebihan ini berpotensi menimbulkan emisi karbon yang mencemari udara, merusak kawasan hutan, serta menyebabkan kemacetan lalu lintas akibat kegiatan pertambangan [1]. Untuk mengurangi dampak negatif yang timbul akibat energi listrik yang berlebihan tersebut, diperlukan pengembangan sumber energi baru yang dikenal dengan istilah energi terbarukan. Salah satu jenis energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pemanfaatan PLTS dapat diaplikasikan sebagai sumber penerangan di berbagai lokasi, termasuk jalan umum, lampu taman, area kampus, dan tempat lainnya [2].

### 1.1. Energi Listrik

Energi listrik merupakan bentuk energi yang berhubungan dengan pergerakan elektron, yang kuantitasnya dapat diukur dalam satuan Watt-

jam atau KiloWatt-jam. Perpindahan energi listrik terjadi melalui aliran elektron yang melewati konduktor tertentu. Selain itu, energi listrik dapat disimpan dalam bentuk energi medan elektrostatik melalui muatan listrik yang terkumpul pada pelat-pelat kapasitor [3]. Secara keseluruhan, jumlah energi medan listrik ditambah dengan energi medan elektromagnetik setara dengan energi yang berkaitan dengan medan magnet, yang timbul akibat arus elektron yang mengalir melalui kumparan induksi [4].

### 1.2. Arus dan Tegangan

Atom sebagai partikel terkecil penyusun materi terdiri dari partikel subatomik, yaitu elektron, proton, dan neutron, yang tersusun dalam berbagai kombinasi. Elektron merupakan muatan listrik negatif (-) yang paling mendasar. Elektron yang berada pada kulit terluar atom disebut elektron valensi. Ketika energi eksternal, seperti panas, cahaya, atau listrik, diberikan kepada materi, elektron valensi akan menyerap energi tersebut dan dapat berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Jika energi yang diberikan cukup besar, sebagian elektron valensi terluar akan terlepas dari atom dan berubah menjadi elektron bebas [5]. Pergerakan elektron bebas

\* Corresponding Author:

E-mail: [jatmikoedis@gmail.com](mailto:jatmikoedis@gmail.com) (Jatmiko Edi Siswanto)

iniilah yang membentuk arus listrik dalam konduktor logam. Pergerakan atau aliran elektron ini disebut arus listrik ( $I$ ) dan memiliki satuan ampere. Dalam proses ini, sebagian atom kehilangan elektron sementara atom lainnya memperoleh elektron, sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan elektron dari satu objek ke objek lain. Ketika perpindahan terjadi, distribusi muatan positif dan negatif pada setiap objek menjadi tidak seimbang [6]. Objek yang memiliki kelebihan elektron akan bersifat negatif (-), sedangkan objek yang kekurangan elektron akan bersifat positif (+). Besaran muatan listrik suatu objek ditentukan oleh perbandingan jumlah elektron dan proton di dalamnya. Simbol yang digunakan untuk menyatakan muatan listrik adalah  $Q$ , dengan satuan coulomb (C), di mana 1 C setara dengan  $6,25 \times 10^{18}$  electron. Kemampuan muatan listrik untuk menghasilkan gaya disebabkan oleh adanya medan elektrostatis yang mengelilingi objek bermuatan tersebut. Muatan listrik dapat melakukan kerja akibat gaya tarik atau dorong yang ditimbulkan oleh medan elektrostatisnya, dan kemampuan melakukan kerja ini disebut potensial. Ketika terdapat dua muatan berbeda, antara keduanya akan terbentuk beda potensial. Satuan dasar beda potensial adalah volt (V), sehingga beda potensial sering disebut sebagai tegangan atau voltage [7].

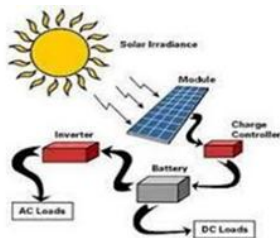
Peredaran arus listrik yang berasal dari sumber tenaga dibedakan menjadi dua jenis, yaitu arus searah (Direct Current) dan arus bolak-balik (Alternating Current). Arus searah merupakan arus listrik yang nilai intensitasnya tetap, baik positif maupun negatif, sehingga konstan terhadap waktu. Sementara itu, arus bolak-balik adalah arus listrik yang arah alirannya berubah secara periodik. Arus bolak-balik memiliki karakteristik berupa gelombang sinusoidal, yang memungkinkan energi dapat dialirkan secara lebih efisien.

### 1.3. Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan mekanisme transfer panas yang berlangsung langsung dari satu permukaan ke permukaan lain tanpa memerlukan media perantara, di mana perpindahan panas terjadi melalui gelombang elektromagnetik dan mampu berlangsung di ruang hampa (vakum). Sementara itu, durasi penyinaran matahari (*sunshine duration*) didefinisikan sebagai lamanya waktu sinar matahari mencapai permukaan bumi dalam kurun satu hari, yang biasanya diukur dalam satuan jam [8].

### 1.4. Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah teknologi yang berfungsi untuk mengubah energi foton dari sinar Matahari menjadi energi listrik. PLTS bekerja berdasarkan prinsip sel fotovoltaik, yaitu menggunakan lapisan tipis bahan semikonduktor yang, ketika menerima energi foton, akan menimbulkan eksitasi elektron sehingga menghasilkan tegangan listrik searah [9]. Ilustrasi prinsip kerja PLTS dapat dilihat pada Gambar 1. Intensitas energi yang diterima permukaan bumi dari sinar Matahari diperkirakan sekitar 1000 Watt per meter persegi. Namun, efisiensi konversi energi radiasi menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik saat ini hanya mencapai 25%, sehingga kapasitas listrik maksimum yang dapat dihasilkan oleh sel surya berkisar 250 Watt per m<sup>2</sup> [10].



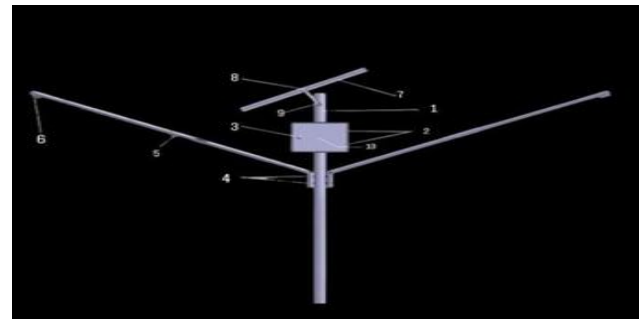
Gambar 1. Konsep Kerja PLTS secara Umum [1]

## 2. Metodologi



Gambar 2. Diagram Alir

Skema Gambar Penerangan Parkiran Tenaga Surya gambar skema alat PLTS Parkiran kampus yang dirancang dapat dilihat pada gambar 6. dibawah pada gambar dibawah:



Gambar 3. Desain Penerangan Parkiran Tenaga Surya (PPTS) Kampus STITEKNAS Jambi

Keterangan:

1. Tiang Utama PPTS
2. Panel Surya
3. Lampu (2 pc)
4. Box Panel (Baterai, Solar Charger Controller)
5. Lengan Ornamen
6. Pengunci Pintu Box Panel
7. Kerangka Panel Surya
8. Baut Kerangka Panel
9. Baut Lengan Ornamen
10. Engsel Box Panel



Gambar 4. Rangkaian Komponen Modul Panel Tenaga Surya (Dokumentasi Pribadi)



Gambar 5. Kaca filem dengan ketebalan 0,8 mm  
(Dokumentasi Pribadi)

Cara kerja dari penerangan parkiran tenaga surya ini adalah sebagai berikut:

1. Pada saat panel surya terpapar cahaya matahari, maka sel-sel surya yang terdapat pada panel surya akan menerima dan menyerap paparan radiasi matahari, dan rangkaian arus listrik bersi sekumpulan sel surya yang saling terhubung (*modul surya*) energi listrik.
2. Energi listrik yang telah dihasilkan panel surya (tegangan dan arus) kemudian akan dialirkan ke kontroller.
3. Kontroller akan mengatur arus yang akan dialirkan ke komponen lainnya seperti baterai dan lampu.
4. Pada saat baterai telah terisi penuh, maka kontroller akan memutuskan arus listrik dari baterai ke panel untuk mencegah kelebihan pengisian yang dapat merusak baterai.
5. Arus listrik pada baterai yang akan dialirkan ke beban dapat diatur secara otomatis oleh controller, mulai dari durasi 0 jam hingga 24 jam, 0 jam artinya arus akan dialirkan ketika panel tidak menerima cahaya matahari, dan akan diputus saat panel menerima cahaya matahari.

Spesifikasi komponen penerangan parkiran tenaga surya yang akan digunakan dalam pengujian ialah sebagai berikut

**Tabel 2.** Spesifikasi Komponen PPTS

| No. | Komponen    | Spesifikasi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Panel Surya | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Type</i> : Polikristalin</li> <li>• <i>Rated Power</i> : 100 (W)</li> <li>• <i>Voltage at pmax</i> : 18 (V)</li> <li>• <i>Current at pmax</i> : 5,56 (A)</li> <li>• <i>Open-circuit voltage</i> : 21,6 (V)</li> <li>• <i>Short-circuit Current</i> : 6,02 (A)</li> <li>• <i>Max Sistem Operating Voltage</i> : 1000 DC (V)</li> </ul> |

Busur derajat adalah alat yang berfungsi untuk mengetahui nilai kemiringan suatu benda. Busur derajat dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui sudut kemiringan Panel Surya. Seperti terlihat pada gambar 14 dibawah.



Gambar 6. Alat ukur Busur Derajat  
(Dokumentasi Pribadi)

Spesifikasi:

Material : Plastik Border  
Resolusi : 0,05°  
Rentang pengukuran : 4 x 90°

Akurasi : 0,2°  
Baterai : AAA baterai x 2  
Temperature kerja : 0-40°C  
Ukuran : 56 x 54 x 26mm

Multimeter akan digunakan untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya. Seperti terlihat gambar 10 dibawah

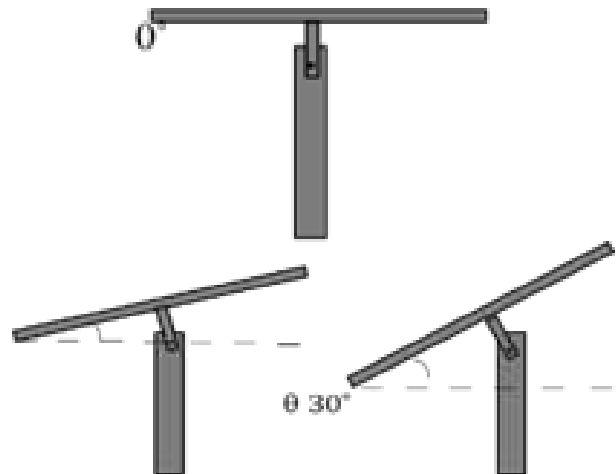


Gambar 7. Multi Meter

Spesifikasi:

DC tegangan : 200mV-2V-20V-200V-1000V  $\pm 3\%$   
tegangan AC : 200mV-2V-20V-200V-750V  $\pm 3\%$   
arus DC : 20mA-200mA-20A  $\pm 3\%$   
Arus bolak-balik : 2m-20m-200m-20A  $\pm 3\%$   
Pengukuran resistansi  $\Omega$ : 200-2k-20k-200k-2M-20M $\Omega$ -200M $\Omega$   $\pm 3\%$   
Pengukuran kapasitansi F: 20nF-200nF-2uF-200uF  $\pm 3\%$

Metode eksperimen pengembangan yang dilakukan adalah dengan menggunakan variasi sudut kemiringan panel surya. Sudut yang digunakan dengan mengambil sudut panel surya pada sumbu x yang tujuannya untuk mengetahui nilai sudut kemiringan yang maksimal. Seperti terlihat pada gambar 11 di bawah.



Gambar 8. Skema Sudut Kemiringan Panel Surya 0°, 15°, 30°

Pengambilan data dilakukan sesuai tabel pengujian yang dilakukan setiap interval waktu 1 jam mulai jam 9,00 sampai jam 15.00 pada kondisi hari yang cerah.

### 3. Hasil Dan Pembahasan

Pengambilan data pengujian dengan waktu per 1 Jam pada kondisi cuaca yang terang maka data yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 1 tersebut dibawah.

**Tabel 1.** Data Hasil Pengujian Sudut 0°

| Waktu Pengukuran (Jam) | Tanpa Kaca Film                      |                 |               | Menggunakan Kaca Film                |                 |               |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------------|-----------------|---------------|
|                        | Radiasi Matahari (W/M <sup>2</sup> ) | Tegangan (Volt) | Kuat Arus (A) | Radiasi Matahari (W/M <sup>2</sup> ) | Tegangan (Volt) | Kuat Arus (A) |
| 09.00                  | 441,7                                | 21,3            | 2,22          | 287,8                                | 12,33           | 1,40          |
| 10.00                  | 920,3                                | 14,09           | 7,30          | 762,099                              | 14,03           | 1,42          |
| 11.00                  | 923                                  | 18,99           | 7,46          | 903,9                                | 17,98           | 2,63          |
| 12.00                  | 981                                  | 19,74           | 7,45          | 920,1                                | 18,99           | 2,40          |
| 13.00                  | 579,6                                | 19,27           | 6,32          | 209,5                                | 18,97           | 2,25          |
| 14.00                  | 406                                  | 19,74           | 5,32          | 302,6                                | 18,45           | 2,70          |
| 15.00                  | 696,3                                | 20,4            | 2,81          | 540,5                                | 19,41           | 1,93          |

**Tabel 2.** Data Hasil Pengujian Sudut 15°

| Waktu uji | Tanpa Kaca Film                      |                 |               | Menggunakan Kaca Film                |                 |               |
|-----------|--------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------------|-----------------|---------------|
|           | Radiasi Matahari (W/M <sup>2</sup> ) | Tegangan (Volt) | Kuat Arus (A) | Radiasi Matahari (W/M <sup>2</sup> ) | Tegangan (Volt) | Kuat Arus (A) |
| 09.00     | 442,2                                | 21,1            | 2,34          | 291,1                                | 13,36           | 1,39          |
| 10.00     | 1002,0                               | 19,01           | 7,29          | 762,0                                | 14,10           | 1,42          |
| 11.00     | 920,3                                | 19,17           | 6,41          | 912,2                                | 14,28           | 2,24          |
| 12.00     | 990,7                                | 19,55           | 7,46          | 957,7                                | 18,95           | 2,40          |
| 13.00     | 429,8                                | 18,69           | 3,49          | 209,3                                | 18,20           | 2,44          |
| 14.00     | 608,9                                | 19,32           | 3,36          | 200,3                                | 18,38           | 2,44          |
| 15.00     | 540,0                                | 20,4            | 2,98          | 277,8                                | 19,30           | 1,21          |

**Tabel 3.** Data Hasil Pengujian Sudut 30°

| Waktu Pengukuran (Jam) | Tanpa Kaca Film                      |                 |               | Menggunakan Kaca Film                |                 |               |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------------|-----------------|---------------|
|                        | Radiasi Matahari (W/M <sup>2</sup> ) | Tegangan (Volt) | Kuat Arus (A) | Radiasi Matahari (W/M <sup>2</sup> ) | Tegangan (Volt) | Kuat Arus (A) |
| 09.00                  | 442,7                                | 21,3            | 2,39          | 300,3                                | 12,33           | 1,38          |
| 10.00                  | 1092,5                               | 18,88           | 5,65          | 957,7                                | 17,42           | 1,42          |
| 11.00                  | 970,1                                | 18,84           | 7,52          | 920                                  | 14,46           | 2,25          |
| 12.00                  | 1053,3                               | 19,73           | 6,21          | 1022,8                               | 19,73           | 1,44          |
| 13.00                  | 571,7                                | 19,39           | 3,22          | 293,8                                | 16,60           | 1,93          |
| 14.00                  | 719,9                                | 20,0            | 5,00          | 71,1                                 | 18,60           | 1,54          |
| 15.00                  | 539,5                                | 20,5            | 2,97          | 280,2                                | 19,39           | 1,42          |

Dari hasil data di atas maka akan dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan hasil daya input (Pin), daya keluar (Pout), dan efisiensi perbandingan menggunakan kaca film dan tidak menggunakan kaca film pada panel surya 100wp

#### 1. Menghitung daya masuk (Pin) panel surya

Daya masuk (Pin) yang diterima panel surya pada tiap jam pengukuran dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Dimana : Pin} = It \times A_{\text{panel}}$$

#### a. Tanpa menggunakan kaca film

Diketahui : intensitas cahaya matahari dan luas. Permukaan panel pada pengukuran pukul 09:00 tanpa menggunakan kaca film:

$$It = 441,7 \text{ W/m}^2$$

$$A_{\text{panel}} = 1,03 \text{ m} \times 0,67 \text{ m} = 0,69 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka Pin} = 441,7 \text{ W/m}^2 \times 0,69 \text{ m}^2 = 304,77 \text{ Watt}$$

#### b. Dengan menggunakan kaca film

Diketahui : intensitas cahaya matahari dan luas. Permukaan panel pada pengukuran pukul 09:00 dengan menggunakan kaca film:

$$It = 287,8 \text{ W/m}^2$$

$$A_{\text{panel}} = 1,03 \text{ m} \times 0,67 \text{ m} = 0,69 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka Pin} = 287,8 \text{ W/m}^2 \times 0,69 \text{ m}^2 = 198,58 \text{ Watt}$$

#### 2. Menghitung daya keluar (P<sub>out</sub>) panel surya.

Daya keluar (Pout) yang dihasilkan panel surya pada tiap jam pengukuran dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Dimana : Pout} = V \times I$$

#### a. Tanpa menggunakan kaca film

$$\text{Diketahui : tegangan dan arus pengukuran pukul 09:00}$$

$$V = 21,3 \text{ Volt}$$

$$I = 2,22 \text{ Ampere}$$

$$\text{Maka, Pout} = 21,3 \text{ Volt} \times 2,22 \text{ Ampere} = 47,24 \text{ Watt}$$

#### b. Dengan menggunakan kaca film

$$\text{Diketahui : tegangan dan arus pengukuran pukul 09:00}$$

$$V = 12,33 \text{ Volt}$$

$$I = 1,40 \text{ Ampere}$$

$$\text{Maka, Pout} = 12,33 \text{ Volt} \times 1,40 \text{ Ampere} = 17,26 \text{ Watt}$$

#### 3. Menghitung Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya pada tiap jam pengukuran dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Diketahui } \eta = \frac{\text{Besar Energi Yang Keluar (P}_{\text{out}}\text{)}}{\text{Besar Energi Yang Masuk (P}_{\text{in}}\text{)}} \times 100\%$$

#### a. Tanpa Menggunakan Kaca Film

Diketahui : Pout (daya keluar) dan Pin (daya masuk) pengukuran pukul 09:00

$$P_{\text{out}} = 47,24 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{in}} = 304,77 \text{ Watt}$$

$$\text{Maka } \eta = \frac{47,24 \text{ Watt}}{304,77 \text{ Watt}} \times 100\% = 15,5 \%$$

#### b. Menggunakan Kaca Film

Diketahui : Pout (daya keluar) dan Pin (daya masuk) pengukuran pukul 09:00

$$P_{\text{out}} = 17,26 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{in}} = 198,58 \text{ Watt}$$

$$\text{Maka } \eta = \frac{17,26 \text{ Watt}}{198,58 \text{ Watt}} \times 100\% = 8,69 \%$$

Hasil dari perhitungan daya masuk, daya keluar, dan efisiensi tanpa menggunakan kaca film dan menggunakan kaca film secara lengkap dapat dilihat pada tabel.4 di bawah ini:

**Tabel 4.** Pengolahan data pada sudut kemiringan 0°

| Waktu | Tanpa Kaca Film |             |                | Menggunakan Kaca Film |             |                |
|-------|-----------------|-------------|----------------|-----------------------|-------------|----------------|
|       | Daya Masuk      | Daya Keluar | Effisiensi (%) | Daya Masuk            | Daya Keluar | Effisiensi (%) |
| (Jam) | (Watt)          | (Watt)      |                | (Watt)                | (Watt)      |                |
| 09:00 | 304,77          | 47,24       | 15,5 %         | 198,58                | 17,26       | 8,69 %         |
| 10:00 | 635             | 102,85      | 19,56 %        | 525,78                | 19,92       | 3,13 %         |
| 11:00 | 630,87          | 141,66      | 22,45 %        | 623,69                | 47,28       | 7,58 %         |
| 12:00 | 676,89          | 147,06      | 21,72 %        | 634,86                | 45,57       | 7,17 %         |
| 13:00 | 399,92          | 121,78      | 30,45 %        | 144,55                | 42,68       | 29,53 %        |
| 14:00 | 280,14          | 105,01      | 50,29 %        | 208,79                | 53,50       | 19,09 %        |
| 15:00 | 480,44          | 57,32       | 15,36 %        | 372,94                | 37,46       | 7,79 %         |
| Rata- | 486,86          | 103,27      | 25,04 %        | 387,02                | 37,66       | 11,85 %        |
| R(Σ)  |                 |             |                |                       |             |                |

Hasil pengolahan data pada sudut kemiringan panel surya 0° berupa daya masuk, daya keluar dan efisiensi dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

1. Menghitung daya masuk (Pin) panel surya

Daya masuk (Pin) yang diterima panel surya pada tiap jam pengukuran dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

Dimana : Pin = It x Apanel

a. Tanpa menggunakan kaca film

Diketahui : intensitas cahaya matahari dan luas. Permukaan panel pada pengukuran pukul 09:00 tanpa menggunakan kaca film:

$$It = 442,2 \text{ W/m}^2$$

$$A_{\text{panel}} = 1,03 \text{ m} \times 0,67 \text{ m} = 0,69 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka, } P_{\text{in}} = 442,2 \text{ W/m}^2 \times 0,69 \text{ m}^2 = 305,11 \text{ Watt}$$

b. Dengan menggunakan kaca film

Diketahui : intensitas cahaya matahari dan luas. Permukaan panel pada pengukuran pukul 09:00 dengan menggunakan kaca film:

$$It = 291,1 \text{ W/m}^2$$

$$A_{\text{panel}} = 1,03 \text{ m} \times 0,67 \text{ m} = 0,69 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka, } P_{\text{in}} = 291,1 \text{ W/m}^2 \times 0,69 \text{ m}^2 = 200,85 \text{ Watt}$$

Dengan menerapkan persamaan perhitungan data pengukuran daya masuk diatas dapat dilihat pada tabel 5.

2. menghitung daya keluar (Pout) panel surya

Daya keluar (Pout) yang dihasilkan panel surya pada tiap jam pengukuran dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Dimana : } P_{\text{out}} = V \times I$$

a. Tanpa menggunakan kaca film

Diketahui : tegangan dan arus pengukuran pukul 09:00

$$V = 21,1 \text{ Volt}$$

$$I = 2,34 \text{ Ampere}$$

$$\text{Maka, } P_{\text{out}} = 21,1 \text{ Volt} \times 2,34 \text{ Ampere} = 49,37 \text{ Watt}$$

b. Dengan menggunakan kaca film

Diketahui : tegangan dan arus pengukuran pukul 09:00

$$V = 13,36 \text{ Volt}$$

$$I = 1,39 \text{ Ampere}$$

$$\text{Maka, } P_{\text{out}} = 13,36 \text{ Volt} \times 1,39 \text{ Ampere} = 18,57 \text{ Watt}$$

3. Menghitung Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya pada tiap jam pengukuran dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Diketahui } \eta = \frac{\text{Besar Energi Yang Keluar (P}_{\text{out}}\text{)}}{\text{Besar Energi Yang Masuk (P}_{\text{in}}\text{)}} \times 100\%$$

a. Tanpa Menggunakan Kaca Film

Diketahui : Pout (daya keluar) dan Pin (daya masuk) pengukuran pukul 09:00 Pout = 47,24 Watt

$$Pin = 304,77 \text{ Watt}$$

$$\text{Maka } \eta = \frac{47,24 \text{ Watt}}{305,11 \text{ Watt}} \times 100\% = 16,18 \%$$

b. Menggunakan Kaca Film

Diketahui : Pout (daya keluar) dan Pin (daya masuk) pengukuran pukul 09:00

$$P_{\text{out}} = 17,26 \text{ Watt}$$

$$Pin = 198,58 \text{ Watt}$$

$$\text{Maka } \eta = \frac{17,26 \text{ Watt}}{200,85 \text{ Watt}} \times 100\% = 9,24 \%$$

Hasil dari perhitungan daya masuk, daya keluar, dan efisiensi tanpa menggunakan kaca film dan menggunakan kaca film secara lengkap dapat dilihat pada tabel.5 di bawah ini:

**Tabel 5.** Pengolahan Data Pada Sudut Kemiringan 15°

| Waktu Pengukuran (Jam) | Tanpa Kaca Film |             |                | Menggunakan Kaca Film |             |                |
|------------------------|-----------------|-------------|----------------|-----------------------|-------------|----------------|
|                        | Daya Masuk      | Daya Keluar | Effisiensi (%) | Daya Masuk            | Daya Keluar | Effisiensi (%) |
|                        | (Watt)          | (Watt)      |                | (Watt)                | (Watt)      |                |
| 09:00                  | 305,11          | 49,37       | 16,18          | 200,85                | 18,57       | 9,24           |
| 10:00                  | 691,38          | 138,58      | 20,04          | 510,54                | 20,02       | 3,92           |
| 11:00                  | 635,00          | 122,87      | 19,34          | 629,41                | 31,98       | 5,08           |
| 12:00                  | 683,58          | 145,84      | 21,33          | 660,81                | 45,48       | 6,88           |
| 13:00                  | 296,56          | 65,23       | 45,17          | 144,41                | 44,40       | 14,97          |
| 14:00                  | 420,14          | 65,91       | 46,96          | 138,20                | 44,84       | 10,67          |
| 15:00                  | 372,60          | 60,79       | 16,31          | 191,68                | 23,33       | 12,18          |
| Rata-r (Σ)             | 486,33          | 92,65       | 26,47          | 353,7                 | 32,66       | 8,99           |

Hasil pengolahan data pada sudut kemiringan panel surya 0° berupa daya masuk, daya keluar dan efisiensi dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

1. Menghitung daya masuk ( Pin ) panel surya

Daya masuk (Pin) yang diterima panel surya pada tiap jam pengukuran dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Dimana : } Pin = It \times A_{\text{panel}}$$

a. Tanpa menggunakan kaca film

Diketahui : intensitas cahaya matahari dan luas. Permukaan panel pada pengukuran pukul 09:00 tanpa menggunakan kaca film:

$$It = 442,7 \text{ W/m}^2$$

$$A_{\text{panel}} = 1,03 \text{ m} \times 0,67 \text{ m} = 0,69 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka, } P_{\text{in}} = 442,7 \text{ W/m}^2 \times 0,69 \text{ m}^2$$

$$= 305,46 \text{ Watt}$$

- b. Dengan menggunakan kaca film

Diketahui : intensitas cahaya matahari dan luas. Permukaan panel pada pengukuran pukul 09:00 dengan menggunakan kaca film:

$$\begin{aligned} I_t &= 300,3 \text{ W/m}^2 \\ A_{\text{panel}} &= 1,03 \text{ m} \times 0,67 \text{ m} \\ &= 0,69 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } P_{\text{in}} &= 300,3 \text{ W/m}^2 \times 0,69 \text{ m}^2 \\ &= 201,20 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dengan menerapkan persamaan perhitungan data pengukuran daya masuk diatas dapat dilihat pada tabel 5.

2. Menghitung daya keluar ( $P_{\text{out}}$ ) panel surya

Daya keluar ( $P_{\text{out}}$ ) yang dihasilkan panel surya pada tiap jam pengukuran dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Dimana : } P_{\text{out}} = V \times I$$

- a. Tanpa menggunakan kaca film

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : tegangan dan arus pengukuran pukul 09:00} \\ V &= 21,3 \text{ Volt} \\ I &= 2,39 \text{ Ampere} \\ \text{Maka, } P_{\text{out}} &= 21,3 \text{ Volt} \times 2,39 \text{ Ampere} \\ &= 50,90 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- b. Dengan menggunakan kaca film

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : tegangan dan arus pengukuran pukul 09:00} \\ V &= 12,33 \text{ Volt} \\ I &= 1,38 \text{ Ampere} \\ \text{Maka, } P_{\text{out}} &= 12,33 \text{ Volt} \times 1,38 \text{ Ampere} \\ &= 17,01 \text{ Watt} \end{aligned}$$

3. Menghitung Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya pada tiap jam pengukuran dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Diketahui } \eta = \frac{\text{Besar Energi Yang Keluar } (P_{\text{out}})}{\text{Besar Energi Yang Masuk } (P_{\text{in}})} \times 100\%$$

- a. Tanpa Menggunakan Kaca Film

Diketahui :  $P_{\text{out}}$  (daya keluar) dan  $P_{\text{in}}$  (daya masuk) pengukuran pukul 09:00

$$P_{\text{out}} = 47,24 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{in}} = 304,77 \text{ Watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \eta &= \frac{47,24 \text{ Watt}}{304,77 \text{ Watt}} \times 100\% \\ &= 15,50\% \end{aligned}$$

- b. Menggunakan Kaca Film

Tanpa menggunakan kaca film dan menggunakan kaca film secara lengkap dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Diketahui :  $P_{\text{out}}$  (daya keluar) dan  $P_{\text{in}}$  (daya masuk) pengukuran pukul 09:00

$$P_{\text{out}} = 17,01 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{in}} = 201,20 \text{ Watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \eta &= \frac{17,01 \text{ Watt}}{201,20 \text{ Watt}} \times 100\% \\ &= 8,45\% \end{aligned}$$

Efisiensi tanpa menggunakan kaca film dan menggunakan kaca film secara lengkap dapat dilihat pada tabel 6.

Setelah dilakukan pengolahan data, maka selanjutnya perlu dilakukan pembahasan dan analisa data untuk dapat menentukan sudut kemiringan dan perbandingan antara tidak menggunakan kaca film dan dengan menggunakan kaca film pada panel surya dengan nilai efisiensi paling optimal.

Daya keluar ( $P_{\text{out}}$ ) rata-rata tanpa menggunakan kaca film pada sudut kemiringan  $0^\circ$  sebesar 103,27 watt, sudut kemiringan  $15^\circ$  sebesar 92,66 watt, sudut kemiringan  $30^\circ$  sebesar 92,33 watt. Daya keluar ( $P_{\text{out}}$ ) rata-rata menggunakan kaca film pada sudut kemiringan  $0^\circ$  sebesar 37,66 watt,  $15^\circ$  sebesar 32,66 watt,  $30^\circ$  sebesar 27,10 watt.

1. Efisiensi tanpa menggunakan kaca film

Sudut kemiringan  $0^\circ$  dengan rata-rata 25,04 %,  $15^\circ$  dengan rata-rata 26,47%, untuk sudut  $30^\circ$  dengan rata-rata 24,36 %.

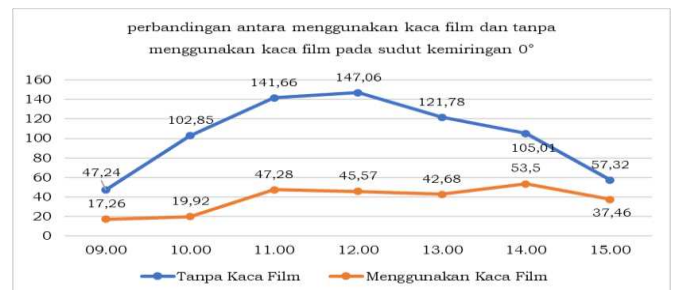
2. Efisiensi menggunakan kaca film

Sudut kemiringan  $0^\circ$  yaitu dengan rata-rata 11,85%. %,  $15^\circ$  dengan rata-rata 8,99 %, untuk sudut  $30^\circ$  dengan rata-rata 8,63 %. Untuk data rata-rata pengujian dapat dilihat pada table,6 tersebut dibawah:

**Table 6.** Data rata-rata pengujian dapat dilihat pada

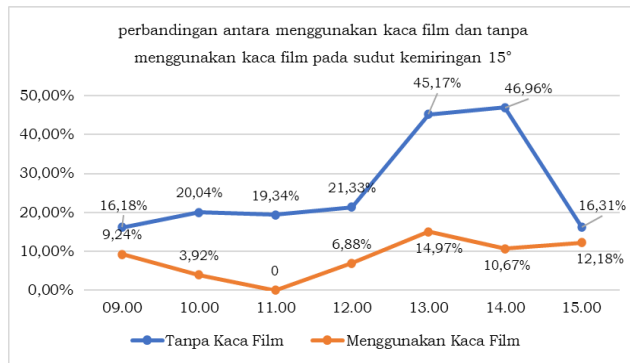
| (sudut) | Tanpa Kaca Film |             |                 | Menggunakan Kaca Film |             |                 |
|---------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------------|-------------|-----------------|
|         | Daya Masuk      | Daya Keluar | Effisiens i (%) | Daya Masuk            | Daya Keluar | Effisien si (%) |
|         | (Watt)          | (Watt)      | (%)             | (Watt)                | (Watt)      | (%)             |
| 0       | 486,86          | 103,27      | 25,04 %         | 387,02                | 37,66       | 11,85           |
| 15      | 486,33          | 92,65       | 26,47           | 353,7                 | 32,66       | 8,99            |
| 30      | 531,26          | 92,33       | 24,36 %         | 395,32                | 27,10       | 8,63            |

Dengan uraian tersebut diatas penjelasan dalam bentuk gambar,13 dapat dijelaskan tersebut dibawah.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Daya Output

Dari uraian gambar tersebut diatas sudut kemiringan sudut  $0^\circ$  yang memberikan daya luaran terbesar baik pada solarcel yang memakai kaca memakai kaca film data terkecil 47,24 watt dan terbesar 147,06 watt. dengan rata-rata sebesar 103,27 watt sedang kan untuk menggunakan kaca film data terkecil 17,26 watt dan terbesar 47,28 watt dengan rata-rata 37,66 watt.



Gambar 9. Grafik. Perbandingan Efisiensi

Dari uraian gambar tersebut diatas sudut kemiringan sudut 15° yang memberikan efisiensi pada solarcel yang memakai kaca memakai kaca film data terkecil 3,92 % dan terbesar 14,97%. Dengan rata-rata sebesar 11,85 % sedang kan untuk tidak menggunakan kaca film data terkecil 16,18 % dan terbesar 46,96 % dengan rata rata 26,47 %

#### 4. Simpulan

Berdasarkan Analisa dan perhitungan yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari percobaan tiga sudut kemiringan sudut 0 yang memberikan daya luaran terbesar baik pada solarcel yang memakai kaca film maupun tidak memakai kaca film yaitu sebesar 103,27 watt tanpa kaca film dan 37,66.
2. Dari percobaan tiga sudut kemiringan sudut 15° yang memberikan efisiensi terbesar baik pada solarcel yang memakai kaca film maupun tidak memakai kaca film yaitu sebesar 46,96 % tanpa kaca film dan 14,97% dengan kaca film.
3. Pemakaian kaca Film akan menghambat energi masuk sehingga akan mendapat energi yang lebih kecil namun dari segi ketahanan peralatan akan lebih lama.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siswanto, Jatmiko Edi, and Erna Rahayu. "Analisa Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluar Dan Efisiensi Pada Panel Surya." *Jurnal Inovator* 7.2 (2024): 72-77.
- [2] Nugroho, Rismanto Arif, Mochammad Facta, and Yuningtyastuti Yuningtyastuti. "Memaksimalkan Daya Keluaran Sel Surya Dengan Menggunakan Cermin Pemantul Sinar Matahari (Reflector)." *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 3.3 (2014): 408-414.
- [3] Yushchenko, A. de Bono, B. Chatenoux, M. K. Patel, and N. Ray. 2018. GIS- based assessment of photovoltaic (PV) and concentrated solar power (CSP) generation potential in West Africa. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, pp. 2088–2103.
- [4] Rashid, Ezan Ezuani, Sharifah Rafidah Wan Alwi, and Zainuddin Abdul Manan. "Evaluation of photovoltaic system installation for a mosque in Universiti Teknologi Malaysia." *PERINTIS eJournal* 1.1 (2011): 61-69.
- [5] Dzulfikar, Dafi, and Wisnu Broto. "Optimalisasi pemanfaatan energi listrik tenaga surya skala rumah tangga." *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*. Vol. 5. 2016.
- [6] Gunoto, Pamor, and Sofan Sofyan. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 Wp Untuk Penerangan Lampu Di Ruang Selasar Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan." *Sigma Teknika* 3.2 (2020): 96-106.
- [7] Sekamingrum, Wijayanti. Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Solar Panel (Photovoltaic) Monocrystalline 50 Wp Terhadap Optimalisasi Output Daya. Diss. UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG, 2023.
- [8] Rusda, Rusda, Dihya Ahmad Rasyid Ridho, and Marson Ady Putra. "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Penerimaan Iradiasi Matahari Dan Daya Keluaran Yang Dihasilkan Panel Surya." *PoliGrid* 4.1 (2023).
- [9] Rauf, Rosnita. "Matahari sebagai Energi Masa Depan Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)." (2023).
- [10] Priambudy, Fajar Alam, Ida Bagus Ketut Sugirianta, and Gede Yasada. Analisis Teknis dan Ekonomis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Rooftop Rumah Tinggal di Hayam Wuruk Residence–Denpasar Menggunakan Homer Pro. Diss. Politeknik Negeri Bali, 2023.