

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Eksperimen Alat

Pada penelitian ini yaitu melakukan pengujian pada panel surya *solar tracking dual axis system* dengan melakukan pengamatan terhadap daya serta efisiensi yang dihasilkan akibat pengaruh *shading* dengan variasi kegelapan yang berbeda menggunakan *solar protection film*. Pada saat pengujian dilakukan panel surya *solar tracking dual axis system* ini menggunakan jenis panel surya *monocrystalline* dengan kapasitas daya 85 WP yang dipasangkan pada rangka besi yang dapat berputar. Pada saat sistem penggeraknya panel surya *solar tracking dual axis system* diaktifkan *Light Dependent Resistor* (LDR) mengirimkan posisi cahaya matahari terkuat menuju *microcontroller* Arduino Mega 2560 yang diproses untuk memasuki motor *driver* yang mengatur motor *stepper* yang membuat posisi panel surya dapat mengarah tepat dititik posisi matahari itu berada seperti Gambar 4.1.

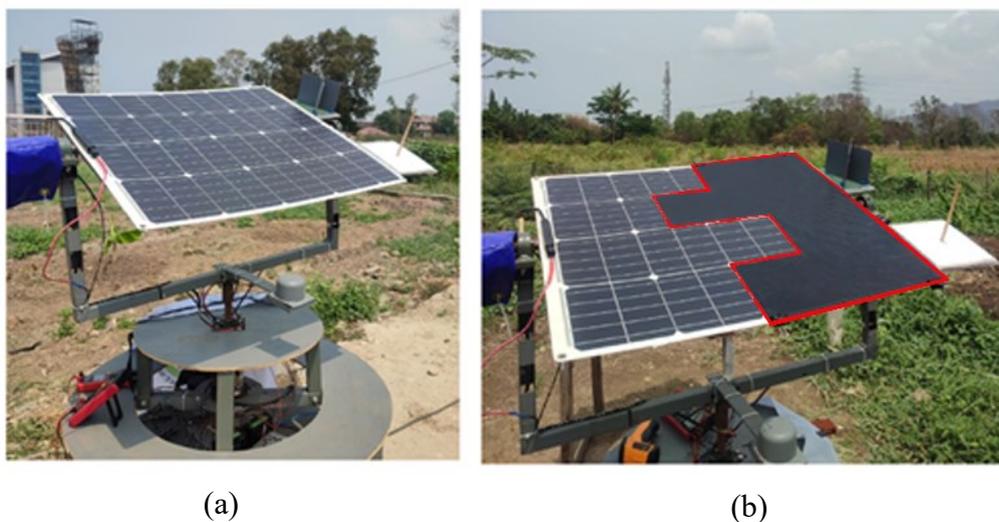


Gambar 4.1 Visualisasi *solar tracking dual axis system*, (a) Rotasi sudut *altitude* sebesar 270° , (b) Rotasi sudut *azimuth* sebesar 360°

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa panel surya *solar tracking dual axis system* tepat mengarah dititik posisi matahari itu berada. Sistem pada panel surya bekerja. Pada eksperimen alat ini dapat dikatakan berhasil dengan sistem yang bekerja dan dapat berfungsi.

4.2. Eksperimen *Shading*

Eksperimen *shading* dilakukan pada saat panel surya *solar tracking dual axis system* diaktifkan dengan menggunakan berbagai jenis *shading* dengan variasi kegelapan dan penutupan yang berbeda. Pengujian *shading* dilakukan beberapa pengamatan yang memiliki variabel yang berbeda dengan masing-masing variasi kegelapan dan penutupan didalamnya dengan menggunakan *solar protection film*. Proses pengujian *shading* meliputi beberapa pengamatan, yaitu: Pengamatan iradiasi dan suhu, pengamatan daya, serta pengamatan efisiensi.



Gambar 4.2 Eksperimen *shading* panel surya, (a) Eksperimen *shading* 0%, (b) Eksperimen *shading* 80% penutupan $\frac{1}{2}$ Panel

Pada Gambar 4.2 merupakan salah satu kondisi pada saat eksperimen *shading* dilakukan. Eksperimen *shading* dilakukan dengan kondisi yang berbeda yaitu dengan permukaan yang tertutup *shading* dan permukaan yang tidak tertutup, seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 (a) merupakan kondisi pada saat permukaan panel surya tidak tertutup *shading*, sedangkan pada Gambar 4.2 (b) merupakan kondisi saat permukaan panel surya tertutup oleh *shading*. Pada eksperimen *shading* yang dilakukan ini untuk melihat seberapa besar pengaruh *shading* terhadap kinerja panel surya untuk menghasilkan *output*. Eksperimen ini dilakukan guna melihat perbandingan *output* yang dihasilkan oleh panel surya *solar tracking dual axis system* pada saat kondisi tersebut dengan penerapan *shading* seperti yang terlihat pada Gambar 4.2.

Eksperimen yang dilakukan menggunakan *solar protection film* dengan berbagai variasi kegelapan untuk merepresentasikan *shading* yang terjadi pada saat panel surya *solar tracking dual axis system* mengalami kondisi terkena *shading*. Pada Gambar 4.2 (b) merupakan salah satu kondisi pada saat eksperimen *shading* dengan kondisi panel surya *solar tracking dual axis system* tertutup. Eksperimen *shading* dengan kondisi permukaan panel surya tertutup oleh *shading* yang telah dilakukan ini menggunakan variasi kegelapan, dengan kegelapan: 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%, serta dengan penutupan panel surya dengan bagian: $\frac{1}{4}$ panel, $\frac{1}{2}$ panel, $\frac{3}{4}$ panel, dan 1 panel, dari pengamatan yang dilakukan yaitu dengan melihat dari masing-masing variasi kegelapan serta dipadukan dengan posisi penutupan yang berbeda memperlihatkan hasil yang berbeda.

Pada hasil dari pengujian *shading* ini akan diproses dengan kalkulasi serta teori dengan sumber yang terpercaya, selanjutnya dari hasil tersebut dapat didapatkan kesimpulan. Pada pengujian *shading* ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar efek yang ditimbulkan oleh *shading* pada panel surya *solar tracking dual axis system* terhadap pengaruh iradiasi, suhu, daya dan efisiensi. Pengujian *shading* ini dengan tujuan yang telah dijelaskan sebelumnya dengan hasil yang didapat tersebut akan mengetahui seberapa baik hasil yang didapatkan serta hal tersebut dapat mengetahui sejauh mana efek *shading* dapat mempengaruhi kinerja dari *solar tracking dual axis system*.

Dalam pengujian *shading* ini hampir seluruh pengujian yang diterapkan pada panel surya *solar tracking dual axis system* menggunakan *solar protection film* sebagai media yang merepresentasikan tingkat kegelapan *shading* tersebut. Pada pengujian ini terdapat satu bagian yang tidak menggunakan *solar protection film*, yaitu pada bagian kegelapan *shading* 0%, hal itu dilakukan untuk mengetahui hasil dari kinerja panel surya *solar tracking dual axis system* saat kondisi tanpa *shading*. Dari pengujian yang dilakukan ini data yang didapat disajikan dalam bentuk grafik sehingga dapat terlihat alur perubahan yang tampak jelas perbedaannya, dengan beberapa perbandingan data yang ada maka dapat diamati perbedaannya sehingga dapat dibandingkan pada setiap variable dan variasi dari kegelapan serta penutupan pada pengujian *shading* yang dilakukan ini. Berikut merupakan beberapa pengamatan pada pengujian *shading*:

4.2.1. Pengamatan Iradiasi dan Suhu

Pengamatan ini dilakukan untuk mengamati serta mengetahui efek yang ditimbulkan oleh setiap *shading* pada dengan mengukur suhu panel dan suhu kaca film pada setiap variasi kegelapan dan penutupan pada panel surya yang mendapatkan iradiasi matahari. Pengamatan iradiasi dilakukan dengan menggunakan *pyranometer* serta untuk suhu menggunakan *Thermogun*. Pada hasil pengujian dapat dilihat sebagai berikut:

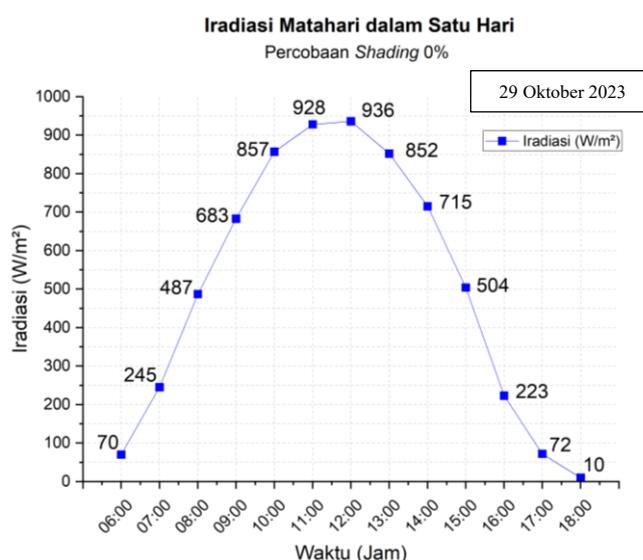
1. Kegelapan *shading* 0%

Pada penggambaran kondisi pengamatan *shading* 0% dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini, yaitu sebagai berikut:

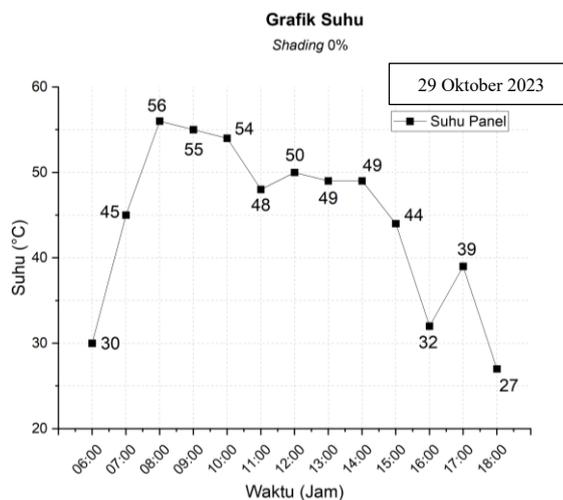


Gambar 4.3 Kondisi panel surya kegelapan *shading* 0%

Pengamatan *shading* 0% ini terdapat hasil dalam bentuk grafik, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik Iradiasi Matahari Eksperimen *Shading* 0%

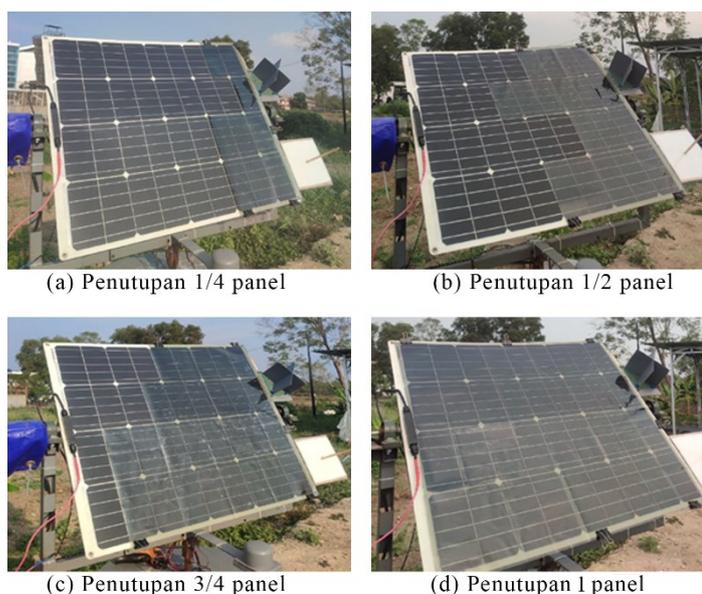


Gambar 4.5 Grafik Suhu Panel Eksperimen *Shading* 0%

Pada Gambar 4.4 grafik iradiasi eksperimen *shading* 0% terlihat iradiasi dari waktu ke waktu menunjukkan peningkatan dengan titik tertinggi 936 W/m^2 pada jam 12.00 serta penurunan sesuai dengan kondisi sinar matahari. Pada Gambar 4.5 grafik suhu panel eksperimen *shading* 0% menunjukkan peningkatan dan penurunan yang fluktuatif, seperti peningkatan pada jam 08.00 dengan suhu 56°C serta penurunan pada jam 16.00 dengan suhu 32°C diakibatkan oleh faktor eksternal seperti suhu lingkungan yang tertera pada Tabel A.1.

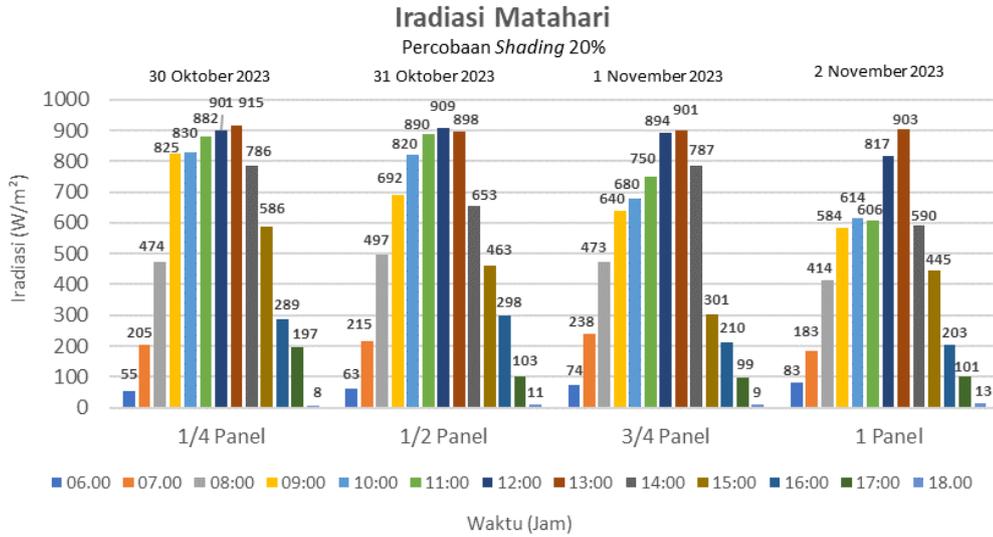
2. Kegelapan *shading* 20%

Pada kondisi pengamatan *shading* 20% dapat dilihat pada Gambar 4.6.

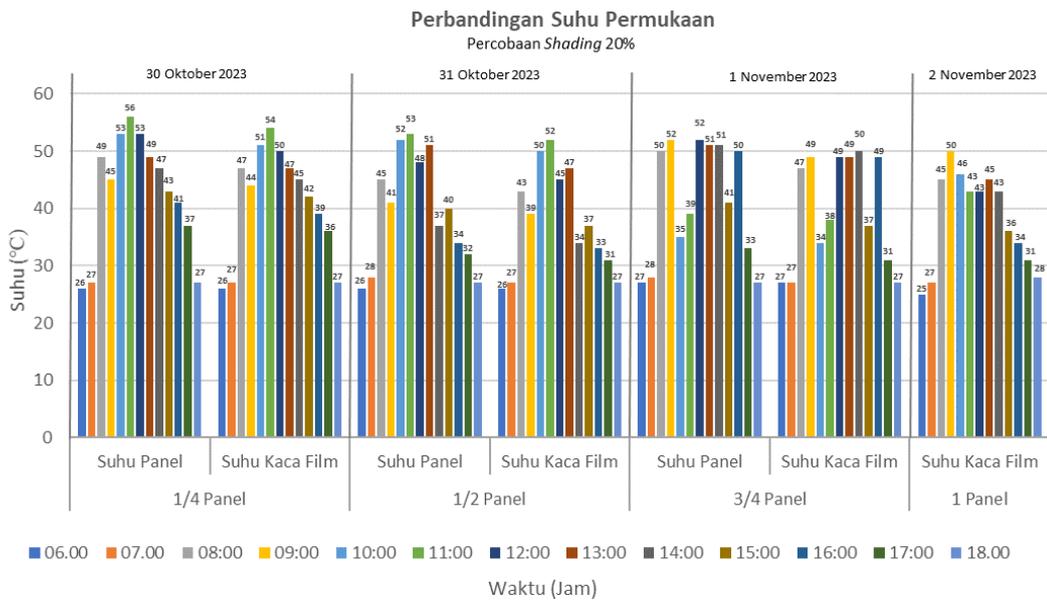


Gambar 4.6 Kondisi panel surya kegelapan *shading* 20%, (a) Penutupan $\frac{1}{4}$ panel, (b) Penutupan $\frac{1}{2}$ panel, (c) Penutupan $\frac{3}{4}$ panel, (d) Penutupan 1 panel

Pengamatan *shading* 20% ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik Iradiasi Matahari Eksperimen *Shading* 20%



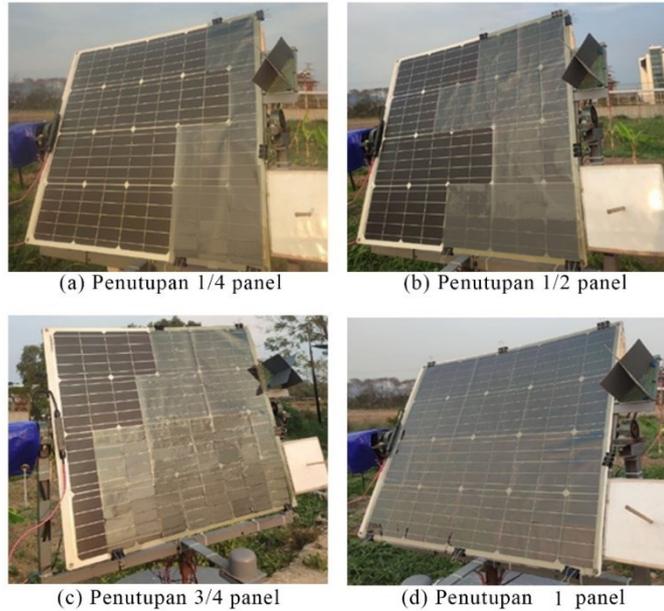
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Eksperimen *Shading* 20%

Pada Gambar 4.7 grafik iradiasi matahari eksperimen *shading* 20% hasil sesuai dengan kondisi matahari pada setiap waktunya dengan iradiasi paling tinggi sebesar 915 W/m² pada jam 13.00 tanggal 30 Oktober 2023. Pada Gambar 4.8 grafik perbandingan suhu permukaan eksperimen *shading* 20% menunjukkan hasil yang lebih kecil dibandingkan dengan bagian panel yang tidak tertutup tersebut seperti pada 11.00 tanggal 30 Oktober 2023 suhu panel 56°C sedangkan suhu kaca film 54°C. Pada eksperimen ini iradiasi tidak mempengaruhi secara langsung suhu

pada panel akan tetapi yang mempengaruhi secara langsung perubahan suhu yaitu penggunaan kaca film, suhu lingkungan yang tertera pada Tabel A.2 s.d. Tabel A.5.

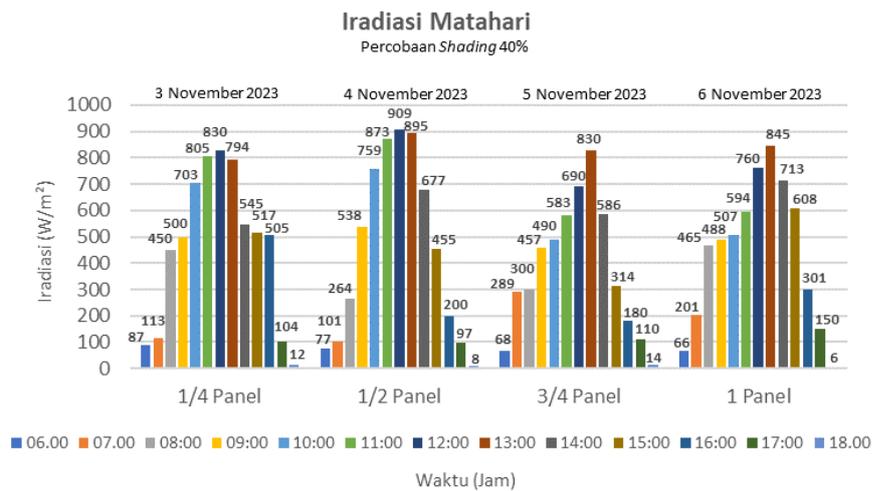
3. *Kegelapan Shading 40%*

Pada kondisi pengamatan *shading 40%* dapat dilihat pada Gambar 4.9.

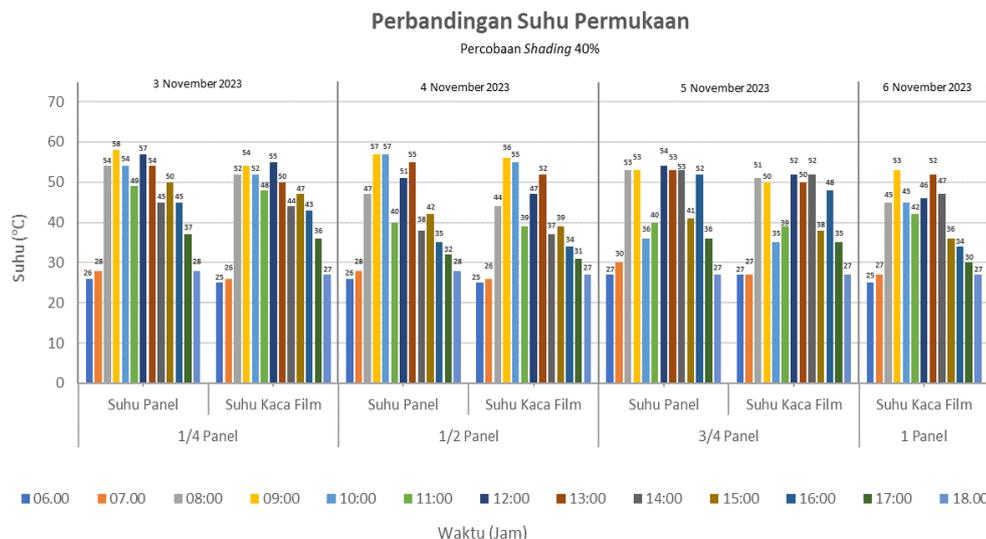


Gambar 4.9 Kondisi panel surya kegelapan shading 40%, (a) Penutupan 1/4 panel, (b) Penutupan 1/2 panel, (c) Penutupan 3/4 panel, (d) Penutupan 1 panel

Pada pengamatan *shading* ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.10 Grafik Iradiasi Eksperimen *Shading 40%*

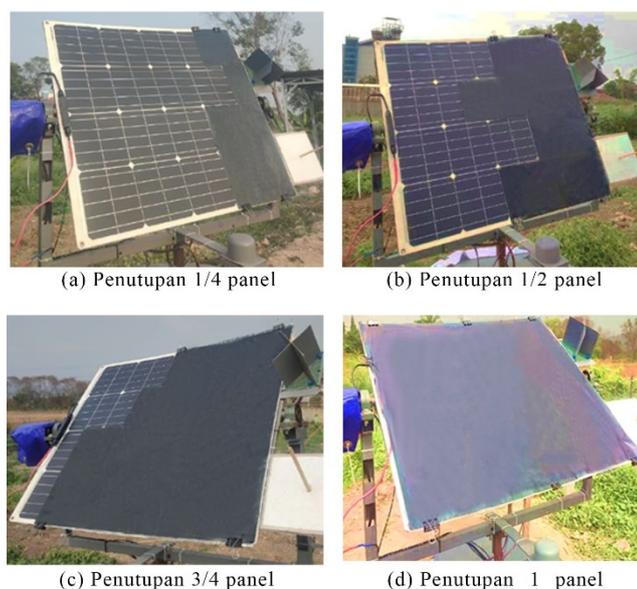


Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Eksperimen *Shading* 40%

Pada Gambar 4.10 adalah hasil iradiasi eksperimen *shading* 40%, hasil menunjukan kesesuaian setiap waktunya dengan iradiasi paling tinggi sebesar 909 W/m² pada jam 12.00 tanggal 4 November 2023. Gambar 4.11 hasil perbandingan suhu panel dan kaca film menunjukan hasil yang tidak begitu jauh akibat suhu lingkungan yang tertera pada Tabel A.6 s.d. Tabel A.9, seperti pada 09.00 tanggal 3 November 2023 suhu panel 58°C sedangkan suhu kaca film 54°C.

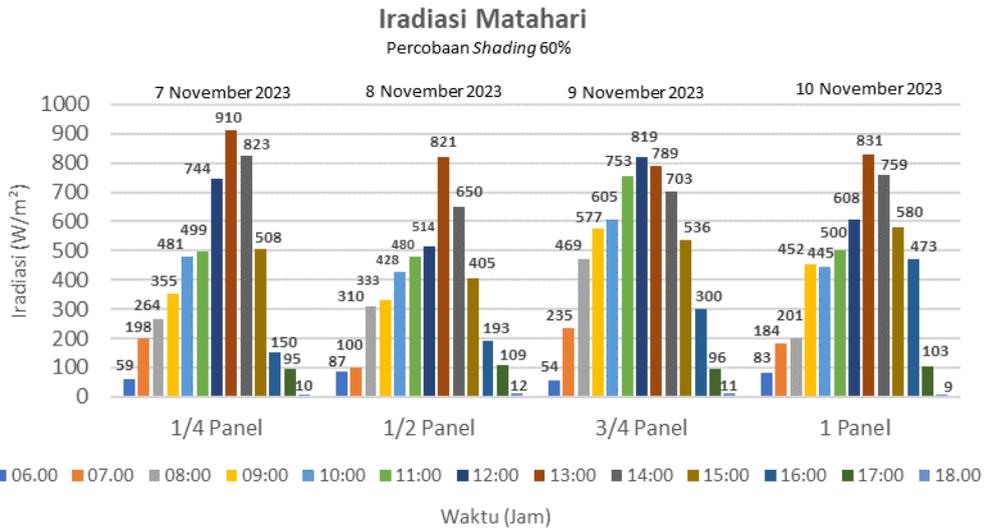
4. Kegelapan *Shading* 60%

Pada kondisi pengamatan *shading* 60% dapat dilihat pada Gambar 4.12.

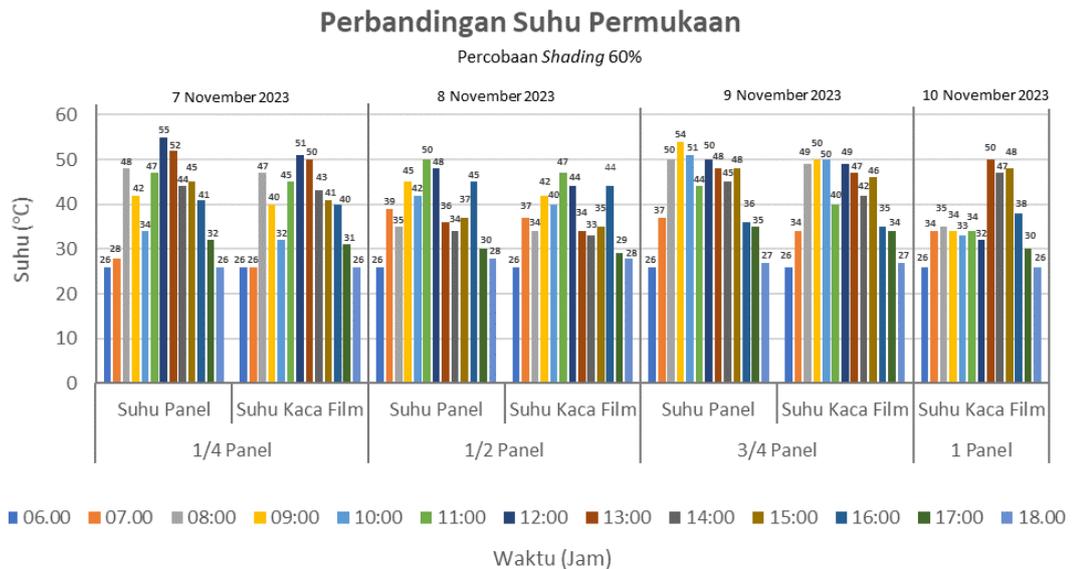


Gambar 4.12 Kondisi panel surya kegelapan *shading* 60%, (a) Penutupan 1/4 panel, (b) Penutupan 1/2 panel, (c) Penutupan 3/4 panel, (d) Penutupan 1 panel

Pada pengamatan *shading* ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.13 Grafik Iradiasi Matahari Eksperimen *Shading* 60%

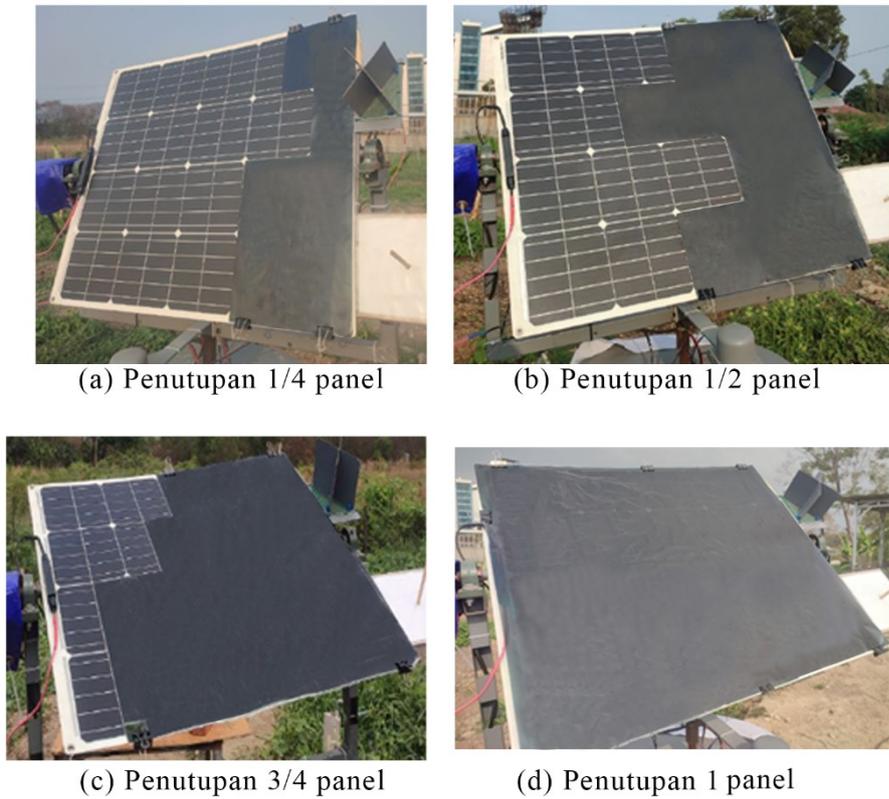


Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Eksperimen *Shading* 60%

Pada iradiasi Gambar 4.13 hasil iradiasi pada setiap penutupan menunjukan pola fluktuaktif, dengan iradiasi paling tinggi sebesar 910 W/m² pada jam 13.00 tanggal 7 November 2023 hasil sesuai kondisi cerah matahari. Gambar 4.14 terlihat perbedaan suhu tertinggi yaitu pada bagian penutupan ¼ panel pada jam 12.00, sebesar 55°C dan 51°C antara suhu panel dan suhu kaca film. Pada eksperimen ini hubungan iradiasi tidak mempengaruhi secara langsung, suhu lingkungan yang mempengaruhi suhu permukaan panel surya yang tertera pada Tabel A.10 s.d. A.13.

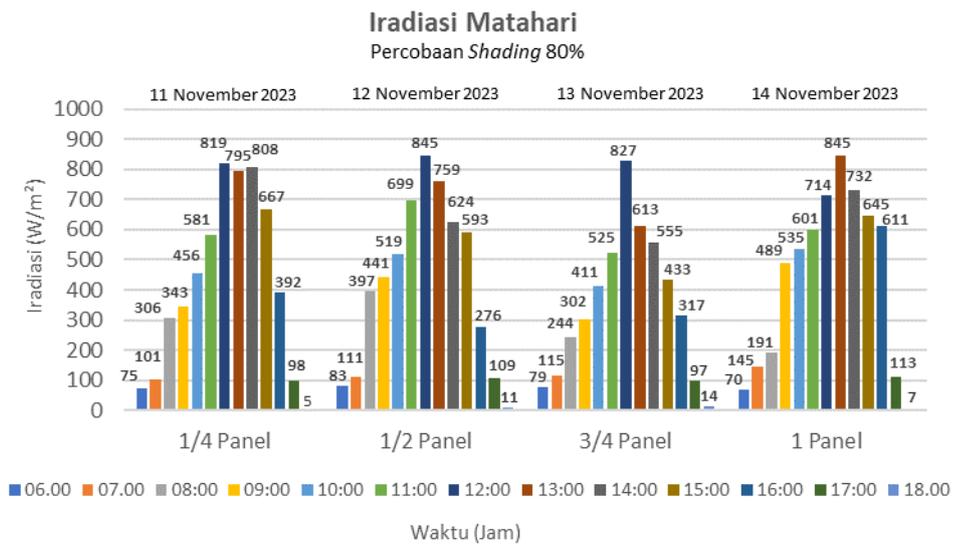
5. *Kegelapan Shading 80%*

Pada kondisi pengamatan *shading 80%* dapat dilihat pada Gambar 4.15.

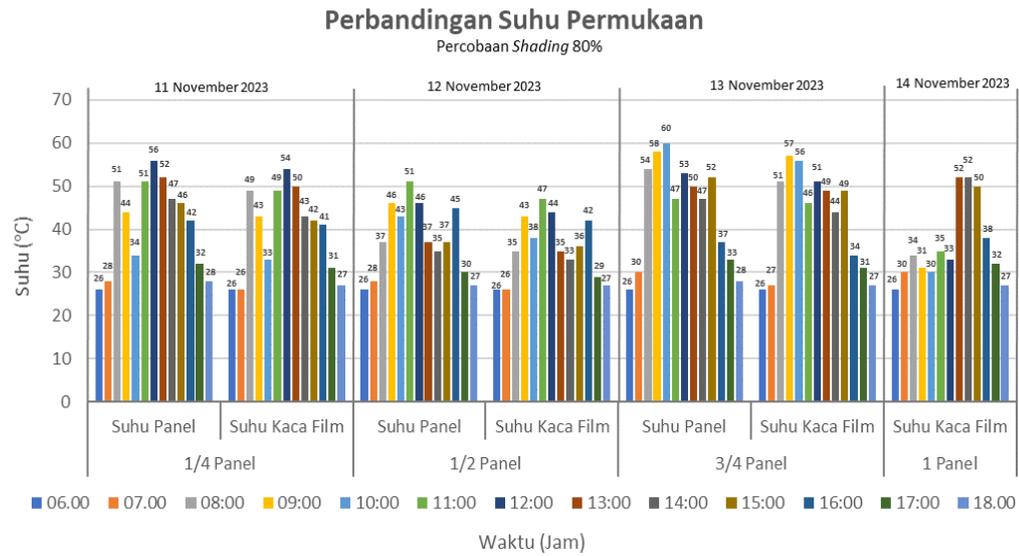


Gambar 4.15 Kondisi panel surya kegelapan shading 80%, (a) Penutupan 1/4 panel, (b) Penutupan 1/2 panel, (c) Penutupan 3/4 panel, (d) Penutupan 1 panel

Pada pengamatan *shading* ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.16 Grafik Iradiasi Matahari Eksperimen *Shading 80%*

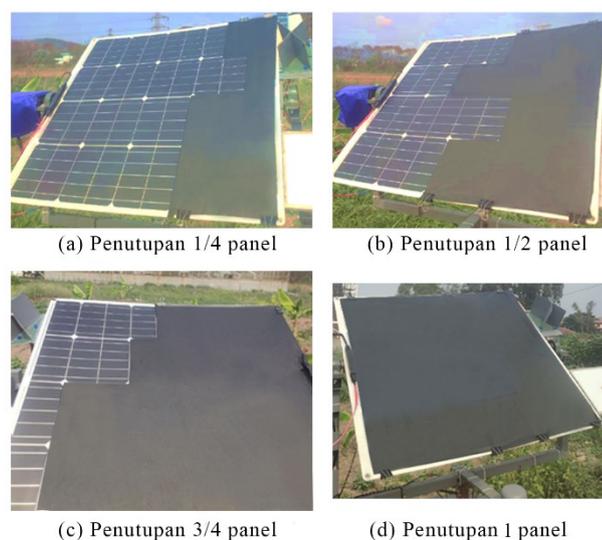


Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Eksperimen *Shading* 80%

Pada Gambar 4.16 grafik iradiasi yang fluktuatif dikarenakan kondisi cahaya matahari pada saat itu, dengan iradiasi paling tinggi sebesar 945 W/m^2 pada jam 12.00 tanggal 12 November 2023. Perbandingan suhu pada Gambar 4.17 terlihat fluktuatif serta perubahan selisih suhu panel dan suhu kaca film terdapat nilai yang bertambah, salah satunya pada posisi $\frac{1}{2}$ panel pada jam 11.00 selisih suhu mencapai 4°C , hal tersebut dipengaruhi oleh suhu lingkungan yang tertera pada Tabel A.14 s.d. Tabel A.17.

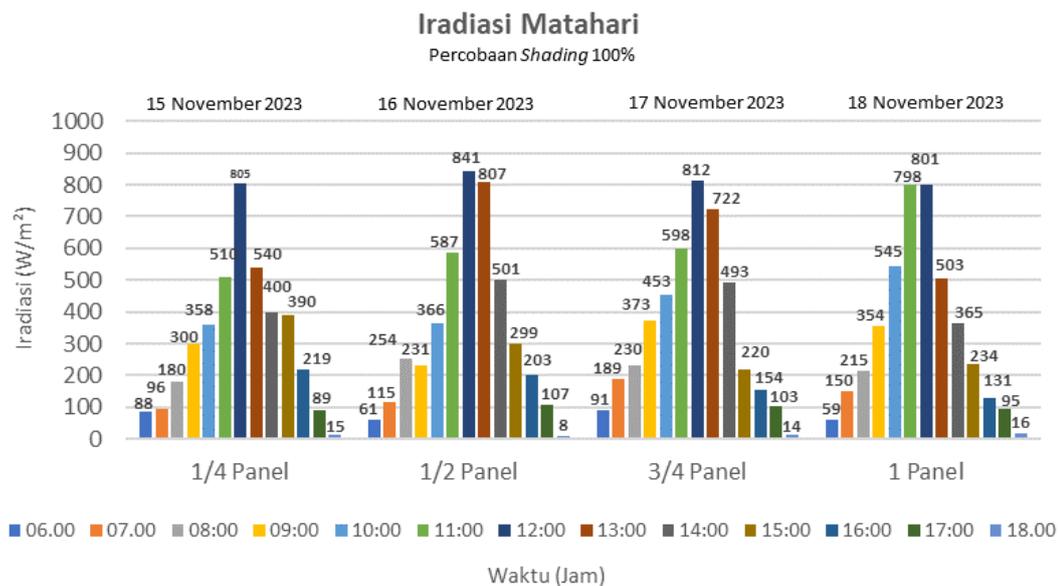
6. Kegelapan *Shading* 100%

Pada kondisi pengamatan *shading* 100% dapat dilihat pada Gambar 4.18.

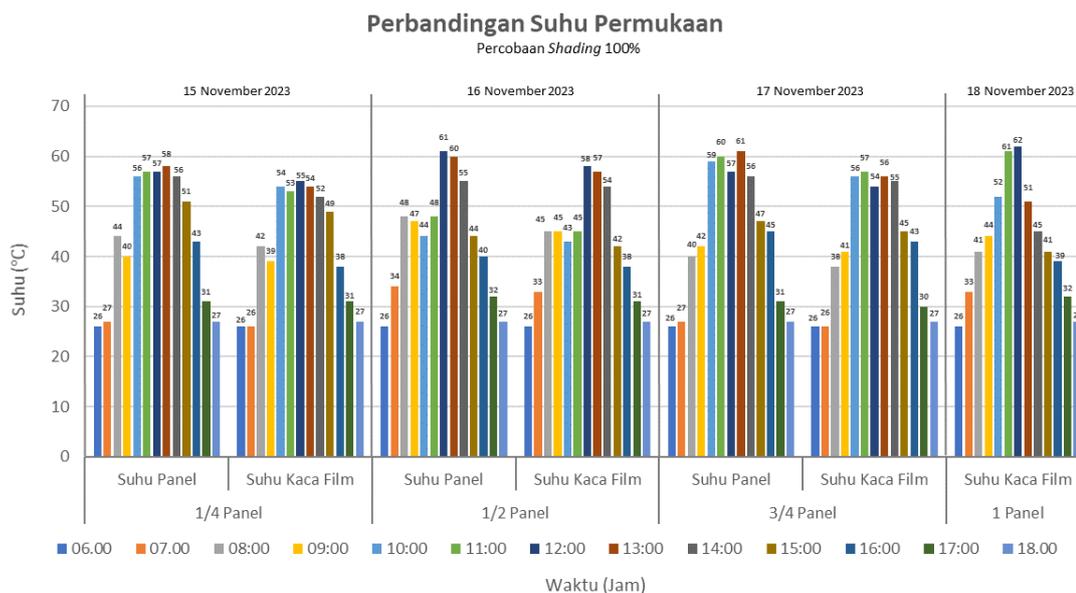


Gambar 4.18 Kondisi panel surya kegelapan *shading* 100%, (a) Penutupan $\frac{1}{4}$ panel, (b) Penutupan $\frac{1}{2}$ panel, (c) Penutupan $\frac{3}{4}$ panel, (d) Penutupan 1 panel

Pada pengamatan *shading* ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.19 Grafik Iradiasi Matahari Eksperimen *Shading* 100%



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Eksperimen *Shading* 100%

Grafik iradiasi pada Gambar 4.19 menampilkan hasil yang fluktuatif yang tidak begitu jauh serta sesuai dengan kondisi cerah dengan iradiasi paling tinggi sebesar 841 W/m² pada jam 12.00 tanggal 16 November 2023. Pada grafik suhu Gambar 4.20 terlihat suhu perbandingan panel dan kaca film memiliki tingkat yang berbeda pada posisi ½ panel pada jam 12.00 selisih suhu mencapai 3°C, sebesar 61°C dan 58°C antara suhu panel dan suhu kaca film. Pada eksperimen ini iradiasi

tidak mempengaruhi secara langsung suhu permukaan panel yang tertutup kaca film dan yang tidak tertutup *shading* dikarenakan saat dilakukan eksperimen faktor yang mempengaruhi perubahan suhu panel surya yaitu suhu lingkungan, yang tertera pada Tabel A.18 s.d. Tabel A.21.

Pada pengamatan iradiasi terhadap suhu pada setiap eksperimen kegelapan *shading* menunjukkan hasil yang fluktuatif pada variabel iradiasi maupun suhu. Faktor yang mempengaruhi iradiasi adalah kondisi penyinaran matahari pada hari dimana eksperimen tersebut dilakukan. Faktor yang mempengaruhi suhu panel surya adalah kondisi lingkungan seperti besar kecilnya suhu lingkungan yang mempengaruhi panel surya pada saat eksperimen dilakukan dan hembusan angin yang membuat suhu permukaan yang tertutup *shading* maupun yang tidak tertutup *shading* menjadi turun.

Pada hasil suhu yang ditunjukkan pada setiap eksperimen *shading* dengan berbagai variasi kegelapan dan penutupan *solar protection film* menunjukkan perbedaan nilai terhadap permukaan panel surya antara permukaan yang tertutup *shading* dan permukaan yang tidak tertutup, hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.8, Gambar 4.11, Gambar 4.14, Gambar 4.17, dan Gambar 4.20, dari beberapa gambar tersebut keseluruhan nilai suhu yang dihasilkan pada permukaan panel surya yang tidak tertutup *shading* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai suhu permukaan yang tertutup dengan *shading* dengan media *solar protection film*. Pada perbedaan nilai suhu yang terjadi pada permukaan panel surya antara permukaan yang tertutup *shading* dan permukaan yang tidak tertutup dikarenakan pengaruh dari penggunaan *solar protection film* yang dapat menurunkan suhu pada bagian benda yang tertutupi tersebut sehingga hal tersebutlah yang dapat menyebabkan nilai suhu permukaan panel yang terkena *shading* lebih kecil dibandingkan dengan permukaan yang tidak tertutup. Dari pengamatan suhu tersebut dengan melihat nilai hasil perbandingan suhu yang didapat tersebut dapat dikatakan *shading* dapat mempengaruhi suhu permukaan panel surya.

Pengamatan suhu mendapatkan suatu hasil yang berbeda antara permukaan yang tertutup *shading* dan permukaan yang tidak tertutup pada panel surya *solar tracking dual axis system*. Pada eksperimen *shading* dengan berbagai variasi

kegelapan dan penutupan hasil suhu tersebut tidak mempengaruhi hasil dari daya *output*. Hasil eksperimen tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.8, Gambar 4.11, Gambar 4.14, Gambar 4.17, dan Gambar 4.20, dimana pada beberapa gambar tersebut menunjukkan hasil suhu yang masih didalam kisaran batas nominal temperatur pengoperasian atau *Nominal Operating Cell Temperature* (NOCT) yang tertera pada spesifikasi panel surya 85 WP yang digunakan yaitu sekitar -45°C s.d. 80°C , dikarenakan suhu tidak melebihi batas nominal temperatur pengoperasian yaitu sekitar 25°C s.d. 61°C sehingga tidak mempengaruhi kinerja dari panel surya tersebut.

Eksperimen dilakukan pada setiap kegelapan memiliki kondisi yang berbeda dengan nilai hasil yang berbeda, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada setiap kegelapan *shading* 0%, 20%, 40%, 80%, dan 100%. Pada eksperimen kegelapan *shading* 0% salah satunya nilai iradiasi pada jam 11.00 mengalami peningkatan sebesar 926 W/m^2 tetapi nilai suhunya mengalami penurunan dengan nilai 48°C , hal tersebut juga terjadi pada *shading* lainnya salah satunya eksperimen kegelapan *shading* 20% pada penutupan $\frac{1}{4}$ panel iradiasi pada jam 08.00 sebesar 474 W/m^2 dengan suhu 49°C kemudian pada jam 09.00 iradiasi sebesar 825 W/m^2 tetapi nilai suhunya 45°C dan selanjutnya pada jam 10.00 iradiasi sebesar 830 W/m^2 suhu kembali meningkat menjadi 53°C . Hasil data yang fluktuaktif tersebut terjadi pada setiap eksperimen kegelapan *shading* dengan berbagai posisi penutupan.

Pada eksperimen kegelapan *shading* dengan berbagai posisi penutupan iradiasi tidak mempengaruhi secara langsung suhu permukaan panel surya, tetapi terdapat faktor yang dapat merubah nilai dari suhu permukaan panel surya tersebut. Faktor yang mempengaruhi nilai suhu menjadi fluktuaktif adalah suhu lingkungan dan angin yang mempengaruhi panel surya. Sehingga besar kecilnya suhu lingkungan adalah faktor penyebab hal itu terjadi yang menyebabkan perubahan nilai suhu panel surya menjadi tidak konstan atau fluktuaktif sehingga faktor eksternal yang menjadi penyebab hal tersebut terjadi.

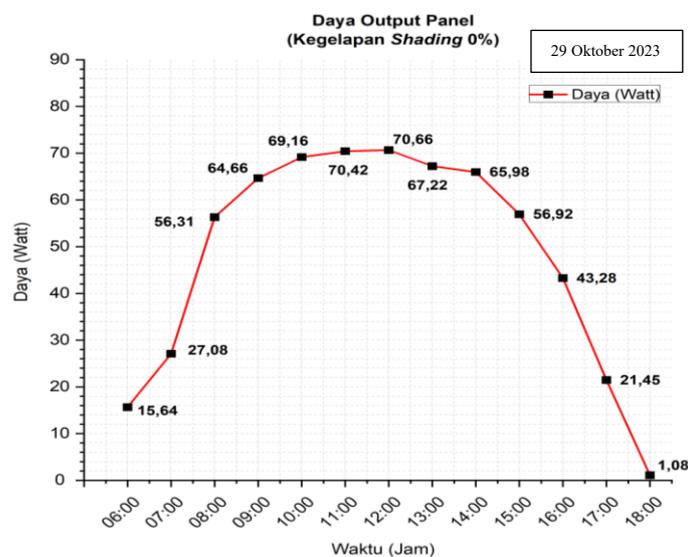
4.2.2 Pengamatan Daya dan Efisiensi

Pengamatan daya dan efisiensi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya dan efisiensi yang didapat pada setiap eksperimen *shading* dengan berbagai

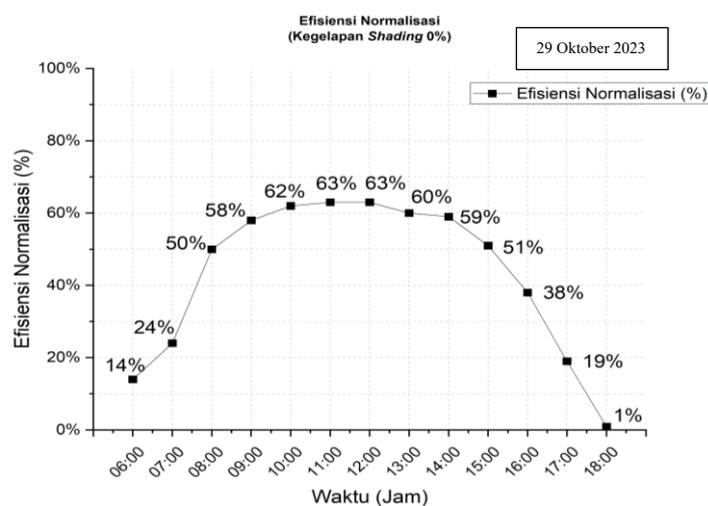
kegelapan serta penutupan pada panel surya *solar tracking dual axis system*. Pengamatan dilakukan dengan berbagai variabel kegelapan *shading* serta posisi penutupan pada setiap jam dengan menggunakan alat ukur *multimeter* untuk mengukur arus dan tegangan kemudian hasil dikalkulasikan dengan Persamaan (2.1) untuk mengetahui daya *output* yang dihasilkan dan dikalkulasikan dengan Persamaan (2.2) untuk mengetahui efisiensi daya normalisasi. Pada hasil pengamatan dapat dilihat sebagai berikut:

1. Pengamatan daya dan efisiensi *shading* 0%

Pada pengamatan ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.21 Grafik Daya *Output* Panel Kegelapan *Shading* 0%

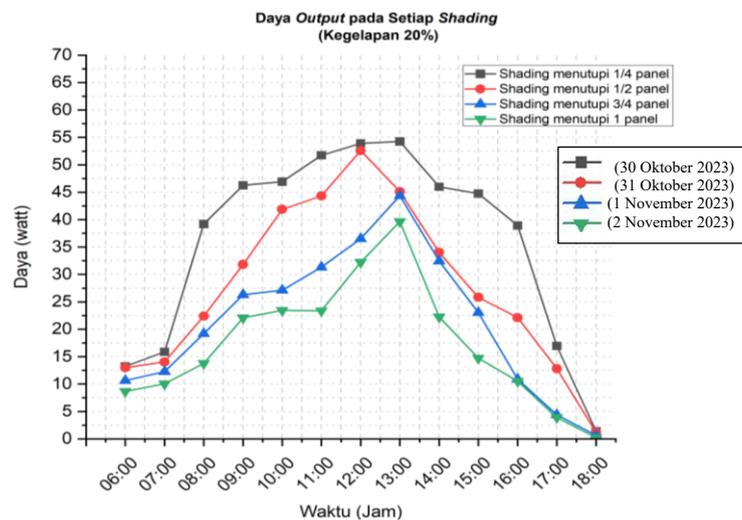


Gambar 4.22 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi Kegelapan *Shading* 0%

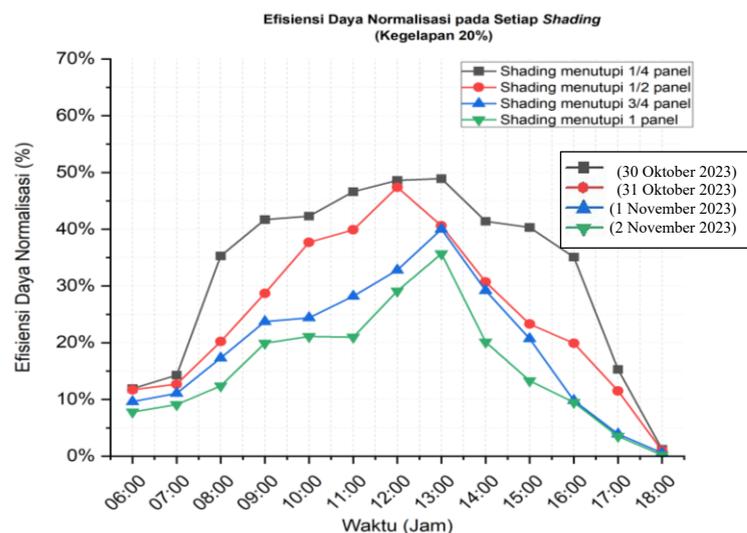
Pada grafik daya *output* Gambar 4.21 diperoleh dengan Persamaan (2.1) bahwa hasil daya terdapat peningkatan, titik tertinggi daya *output* yang didapat yaitu pada jam 12.00 sebesar 70,77 Watt. Setelah dilakukan kalkulasi dengan Persamaan (2.2) didapat efisiensi pada Gambar 4.22 menunjukkan peningkatan efisiensi terbaik sebesar 63% pada jam 11.00 dan 12.00. Pengamatan memiliki hasil yang baik pada hasil daya *output* Gambar 4.21 dan efisiensi daya normalisasi pada Gambar 4.22 terdapat hubungan yang sesuai dengan iradiasi pada Gambar 4.4 grafik iradiasi matahari eksperimen shading 0%.

2. Pengamatan daya dan efisiensi *shading* 20%

Pada pengamatan ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.23 Grafik Daya Output Shading 20%

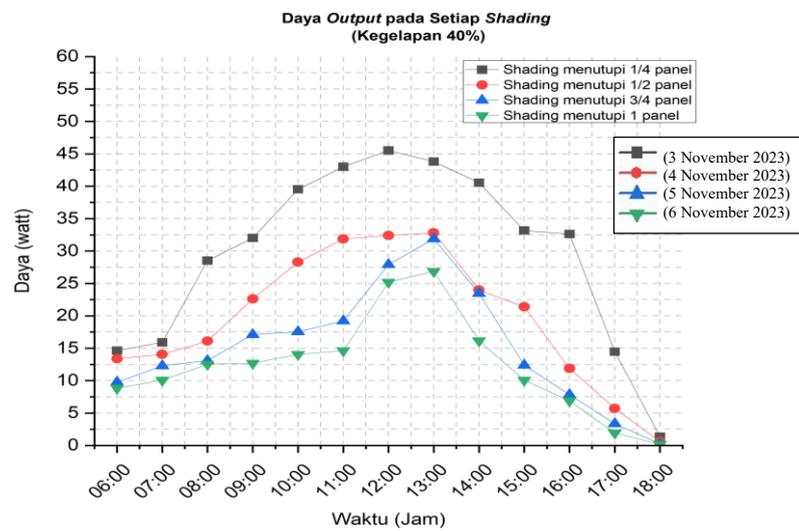


Gambar 4.24 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi Shading 20%

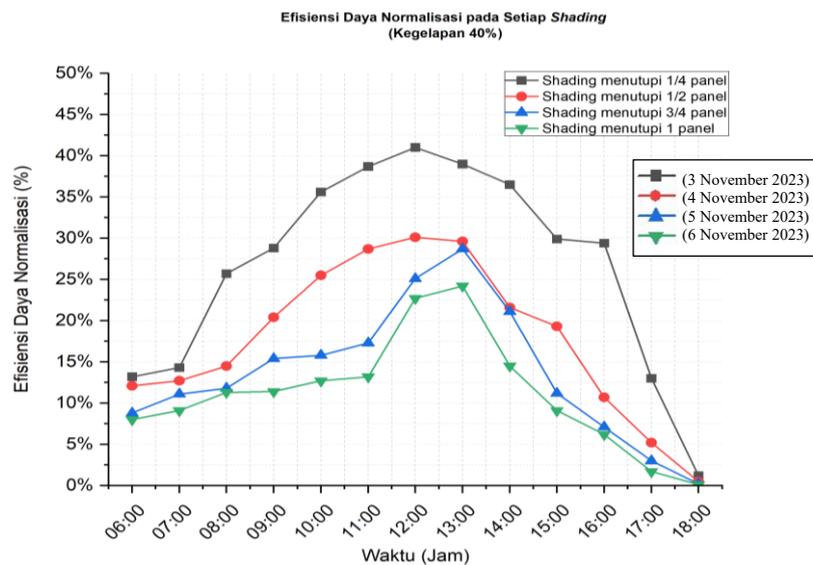
Terlihat Gambar 4.23 hasil daya *output* terlihat pada bagian waktu tertentu terdapat hasil yang fluktuatif hal ini disebabkan pengaruh dari iradiasi matahari yang didapat. Pada Gambar 4.24 diperoleh hasil efisiensi daya normalisasi yang menyatakan hasil persentase yang fluktuatif serta sesuai dengan iradiasi yang didapat pada Gambar 4.7 grafik iradiasi dengan dipengaruhi oleh penyinaran dari matahari, dengan titik tertinggi pada penutupan $\frac{1}{4}$ panel jam 13.00 dengan daya sebesar 54,25 Watt serta dengan efisiensi daya normalisasi sebesar 48,9%.

3. Pengamatan daya dan efisiensi *shading* 40%

Pada pengamatan ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.25 Grafik Daya Output Shading 40%

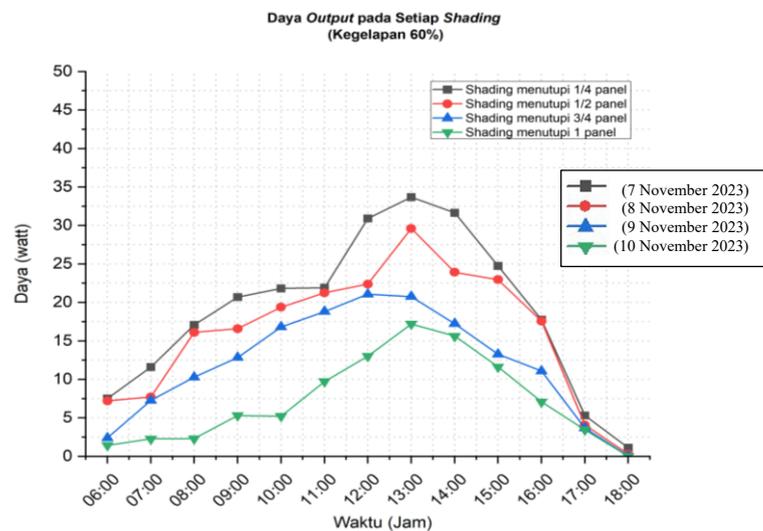


Gambar 4.26 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi Shading 40%

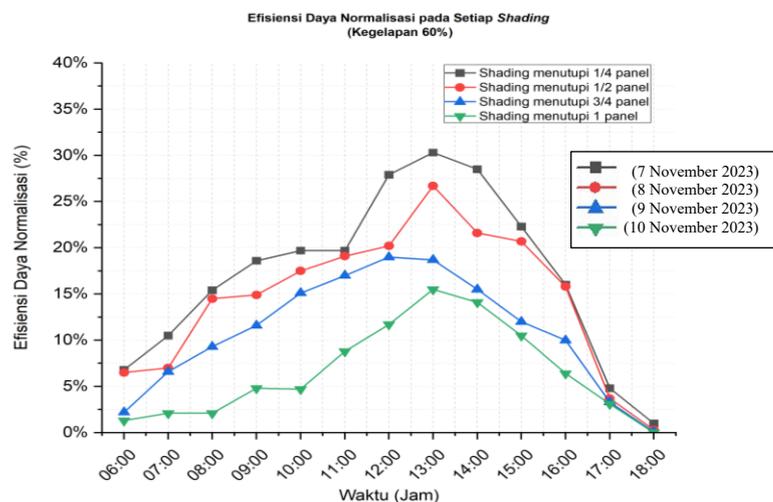
Pada Gambar 4.25 peningkatan dan penurunan hasil daya *output* yang berbeda dikarenakan data didapat dengan kondisi iradiasi berbeda. Pada Gambar 4.26 efisiensi juga memiliki peningkatan dan penurunan sama halnya seperti daya *output*. Hasil daya *output* dan efisiensi daya normalisasi peningkatan dan penurunannya dipengaruhi oleh iradiasi yang didapat pada Gambar 4.9, terdapat penurunan iradiasi dibagian waktu tertentu contohnya pada bagian penutupan $\frac{1}{2}$ panel pada jam 13.00 nilai iradiasi 895 W/m², daya *output* 32,81 Watt, dan efisiensi daya normalisasi 29,6% seketika pada jam 14.00 iradiasi 677 W/m², daya *output* 23,97 Watt dan efisiensi normalisasi 21,6%.

4. Pengamatan daya dan efisiensi *shading* 60%

Pada pengamatan ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.27 Grafik Daya Output Shading 60%

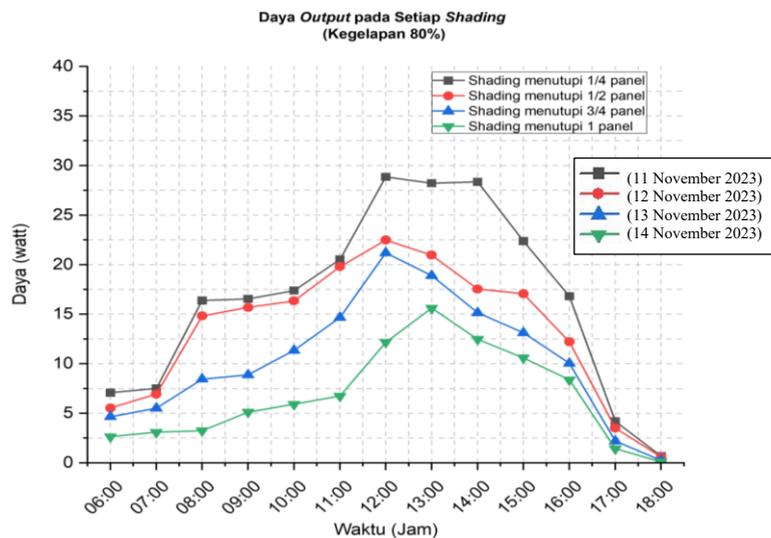


Gambar 4.28 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi Shading 60%

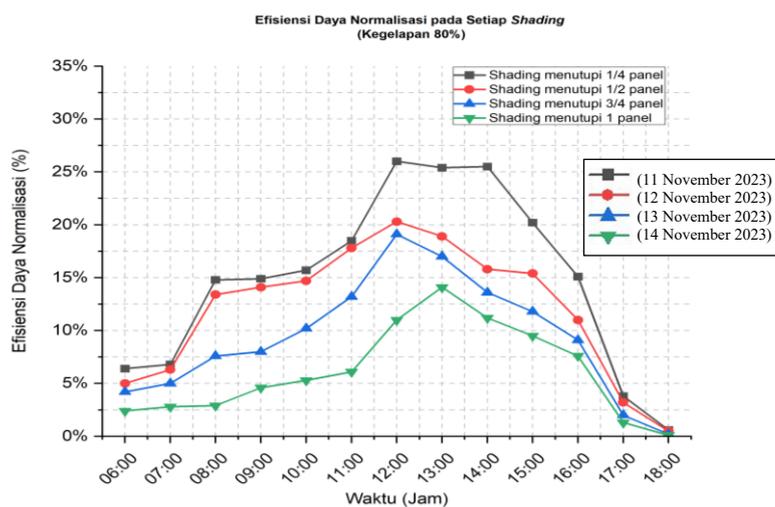
Daya *output* yang diperoleh pada Gambar 4.27 menunjukkan peningkatan dan penurunan yang konstan dipengaruhi oleh iradiasi sinar matahari. Pada Gambar 4.28 diperoleh persentase dengan nilai perolehan peningkatan dan penurunan yang konstan. Data yang diperoleh pada eksperimen kegelapan *shading* 60% dapat dikatakan konstan dengan titik tertinggi pada penutupan $\frac{1}{4}$ panel jam 13.00 dengan daya sebesar 33,68 Watt serta dengan efisiensi daya normalisasi sebesar 30,3%. Pada percobaan ini kegelapan *shading* dan penutupan yang semakin gelap dan besar menyebabkan hasil daya *output* dan efisiensi menjadi lebih kecil.

5. Pengamatan daya dan efisiensi *shading* 80%

Pada pengamatan ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.29 Grafik Daya Output Shading 80%

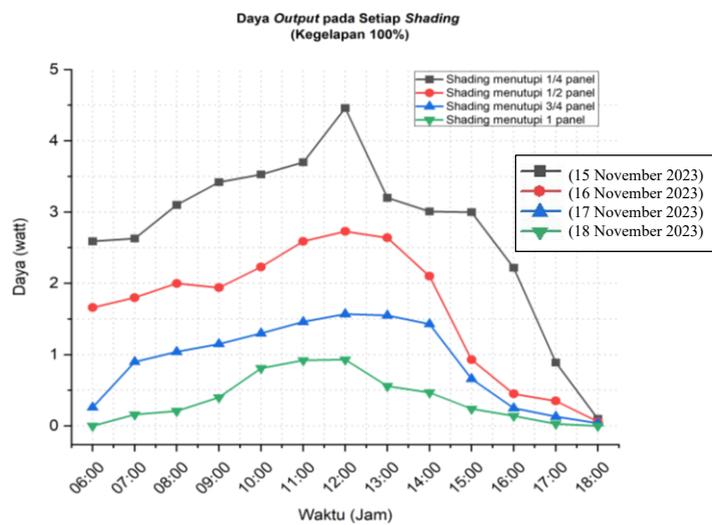


Gambar 4.30 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi Shading 80%

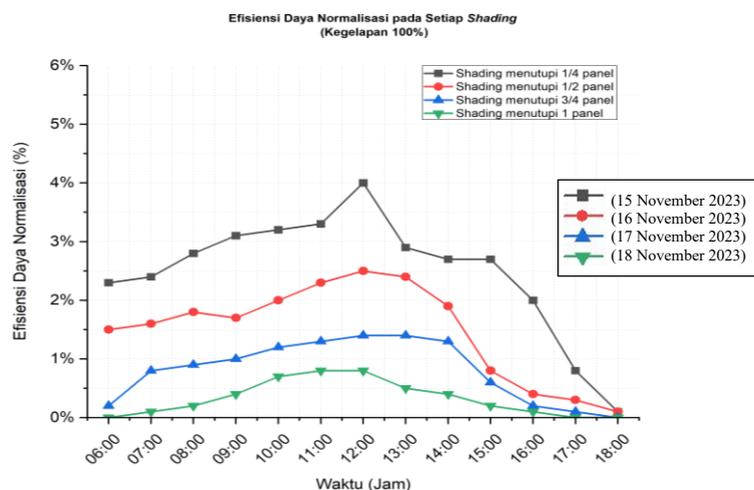
Pada Gambar 4.29 daya *output* yang diperoleh menampakan hasil yang lebih kecil dari eksperimen *shading* sebelumnya, bahwa pengaruh kegelapan *shading* 80% dapat mempengaruhi hasil. Pada Gambar 4.30 memperlihatkan hasil persentase efisiensi daya normalisasi yang semakin kecil dengan variabel kegelapan *shading* 80% dengan penutupan yang semakin besar. Dari eksperimen kegelapan *shading* 80% titik tertinggi pada penutupan $\frac{1}{4}$ panel jam 12.00 dengan daya sebesar 28,87 Watt serta efisiensi daya normalisasi sebesar 26%, dari hasil yang semakin kecil ini bahwa pengaruh kegelapan *shading* yang semakin gelap dapat mempengaruhi hasil daya *output* dan efisiensi daya normalisasi.

7. Pengamatan daya dan efisiensi *shading* 100%

Pada pengamatan ini terdapat hasil data, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.31 Grafik Daya *Output Shading* 100%



Gambar 4.32 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi *Shading* 100%
Grafik daya *output* pada Gambar 4.31 diperoleh hasil yang fluktuaktif

dengan nilai yang tidak begitu jauh sesuai dengan iradiasi yang didapat yang tertera pada Gambar 4.15. Pada Gambar 4.32 memperlihatkan nilai persentase efisiensi daya normalisasi dengan nilai yang paling kecil dibandingkan dengan persentase eksperimen *shading* sebelumnya, titik tertinggi pada penutupan $\frac{1}{4}$ panel jam 12.00 dengan daya sebesar hanya 4,46 Watt serta efisiensi daya normalisasi sebesar 4% saja. Eksperimen yang telah dilakukan ini memperlihatkan eksperimen *shading* 100% dengan tingkat kegelapan paling gelap sangat mempengaruhi dari hasil *output* panel surya menjadi sangat rendah, salah satunya terlihat pada posisi penutupan 1 panel dengan seluruh hasil efisiensi daya normalisasi dalam 1 hari bernilai 0%.

Daya *output* yang dihasilkan pada pengamatan panel surya *solar tracking dual axis system* merupakan hasil kalkulasi dengan menggunakan Persamaan (2.1), yaitu dengan mengkalikan tegangan sirkuit terbuka atau *open circuit voltage* (V_{oc}) dan arus hubung singkat atau *short circuit current* (I_{sc}). Hasil tegangan sirkuit terbuka pada panel surya *solar tracking dual axis system* merupakan tegangan yang dihasilkan tanpa beban atau tanpa *load* sehingga *output*-nya merupakan murni tegangan yang dihasilkan dari kinerja panel surya *solar tracking dual axis system*. Pada hasil arus hubung singkat pada panel surya ini adalah arus yang dihasilkan pada saat menghubungkan kedua rangkaian positif dan negatif menjadi satu. Pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan hasil tegangan sirkuit terbuka dan arus hubung singkat yaitu dengan menggunakan *digital clamp multimeter*, pada saat melakukan pengukuran tegangan sirkuit terbuka pengaturan pengukuran menggunakan sistem *multimeter* pada *digital clamp multimeter* dengan menggunakan kabel *probe*, saat melakukan pengukuran arus hubung singkat menggunakan sistem *clamp* atau penjepit. Dari hasil tegangan dan arus dilakukan kalkulasi Persamaan (2.1) untuk hasil daya *output* dan Persamaan (2.2) untuk hasil efisiensi daya normalisasi.

Pada data *output* tegangan yang dihasilkan menunjukan perubahan yang tidak terlalu besar dan nilainya tidak begitu jauh. Tegangan yang didapat tegangan sirkuit terbuka yang merupakan tegangan murni yang dihasilkan oleh panel surya tersebut, yang mempengaruhi perubahan nilai tegangan tersebut adalah intensitas iradiasi matahari atau penyinaran matahari yang didapatkan oleh panel surya

monocrystaline 85 WP. Dapat dilihat pada Lampiran B pada bagian Gambar B.1 terlihat rangkaian panel surya yang tersusun secara seri pada setiap selnya, pada gambar tersebut menunjukkan kondisi panel surya dalam keadaan tanpa *shading* sehingga panel surya mendapatkan radiasi matahari tanpa halangan menyebabkan *output* yang dihasilkan dapat dikatakan baik, seperti yang tertampil pada grafik daya *output* Gambar 4.21 dan efisiensi daya normalisasi Gambar 4.22. Pada kondisi penutupan $\frac{1}{4}$ panel pada Lampiran B pada Gambar B.2 terlihat *shading* menutupi 9 sel pada panel surya tersebut berdasarkan Perhitungan (A.1), dengan tertutupnya $\frac{1}{4}$ bagian panel surya menyebabkan *output* panel surya berkurang tetapi rangkaian masih dapat mengalirkan arus listrik yang berasal dari sebagian besar sel yang tidak tertutup. Penutupan $\frac{1}{2}$ panel pada Lampiran B pada Gambar B.3 terlihat *shading* menutupi 18 sel *output* panel surya yang dihasilkan mengecil sehingga rangkaian hanya mendapatkan arus listrik yang sesuai pada setengah bagian panelnya. Penutupan $\frac{3}{4}$ panel pada Lampiran B pada Gambar B.4 terlihat *shading* menutupi 27 sel *output* panel surya yang dihasilkan makin mengecil yang diakibatkan oleh hampir seluruh sel tertutup sehingga rangkaian hanya bisa mengalirkan arus listrik yang baik dari sel yang tidak tertutup. Penutupan 1 panel pada Lampiran B pada Gambar B.5 terlihat *shading* menutupi 36 sel *output* panel surya yang dihasilkan sangat kecil dan hampir tidak ada tergantung dari kegelapan *shading*-nya diakibatkan keseluruhan sel pada panel surya tertutup yang dapat menghalangi akses radiasi matahari masuk kedalam sel sehingga rangkaian hanya dapat mengalirkan arus yang sangat kecil dan tidak ada tergantung dari kegelapan *shading*-nya. Pada pengamatan yang telah dilakukan ini dapat dikatakan *shading* yang terjadi pada panel surya juga mempengaruhi rangkaian penghubung antar sel, rangkaian dapat terpengaruh tergantung dari kondisi sel surya pada saat terkena *shading* pada setiap penutupan dan kegelapan yang terjadi seperti yang telah dijelaskan sebelumnya serta hal tersebut juga mempengaruhi hasil *output* yang terjadi pada panel surya yang tertera pada gambar grafik hasil yaitu Gambar 4.21 s.d. Gambar 4.32.

Pada pengamatan daya *output* dan efisiensi daya normalisasi dapat dikatakan sesuai, hal ini dikarenakan pengaruh kegelapan *shading* yang semakin gelap dan posisi penutupan yang semakin besar dalam menutupi panel surya *solar*

tracking dual axis system dapat menyebabkan nilai daya *output* dan nilai efisiensi daya normalisasi menjadi semakin kecil. Dalam fenomena pengaruh *shading* yang terjadi dapat dilihat pada eksperimen *shading* 0% atau tanpa bayangan daya yang dihasilkan dapat dikatakan baik hal ini dapat dilihat pada salah satu daya mencapai 70,66 Watt pada Jam 12.00 dengan efisiensi 63%.

Pada saat menggunakan kegelapan *shading* 20% terjadi penurunan daya *output* salah satunya pada titik tertinggi penutupan $\frac{1}{4}$ panel jam 13.00 daya sebesar 54,25 Watt dengan efisiensi 48,9%, penurunan terus berlanjut pada seluruh eksperimen kegelapan, yaitu: eksperimen kegelapan *shading* 40% penutupan $\frac{1}{4}$ panel jam 12.00 daya sebesar 45,51 Watt dengan efisiensi 41%, eksperimen kegelapan *shading* 60% penutupan $\frac{1}{4}$ panel jam 13.00 daya sebesar 33,68 Watt dengan efisiensi 30,3%, eksperimen kegelapan *shading* 80% penutupan $\frac{1}{4}$ panel jam 12.00 daya sebesar 28,87 Watt dengan efisiensi 26%, dan yang terakhir pada eksperimen kegelapan *shading* 100% penutupan $\frac{1}{4}$ panel jam 12.00 daya sebesar 4,46 Watt dengan efisiensi 4%. Eksperimen ini dikatakan berhasil, pengaruh visualisasi kegelapan *shading* yang semakin gelap dan posisi penutupan yang semakin besar dapat menurunkan nilai daya *output* dan efisiensi daya normalisasi yang terukur secara terperinci setiap jamnya selama 21 hari pada panel surya *solar tracking dual axis system*, untuk hasil rata-rata dapat dilihat pada Lampiran A-11 Tabel.A.22, Tabel A.23, dan Tabel A.24.