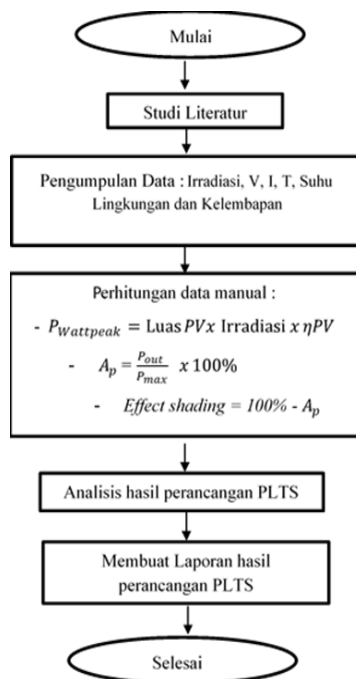


Dampak Bayangan Pada Panel Surya Terhadap Daya Keluaran PhotovoltaicSamsurizal¹, Sungsang Dody P², Miftahul Fikri³, Christiono⁴¹²³⁴Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Ketanagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN, Jakarta, DKI Jakarta.**Informasi Artikel****Naskah Diterima** : 28 September 2020**Direvisi** : 21 Desember 2020**Disetujui** : 21 Desember 2020***Korespondensi Penulis** :

samsurizal@itpln.ac.id

Graphical abstract**Abstract**

The effect of shadows that occur naturally due to the movement of the sun so that the radiance is exposed to trees and buildings before getting to the surface of the solar panels certainly affects the output power produced in the hydropower of the hydropower. This study used photovoltaic type polycrystalline, with observation data conducted in the campus environment IT-PLN. From the results of the study obtained that the power of 51.75 Watts occurred at 11.30 WIB, but when taken into account in real data the output power was obtained by 29.49 Watts at its peak power, it meant the shadow effect occurred by 84.217% at 12.30 WIB. Based on this, there can be a decrease in power by 43,582 Watts while when using the calculation of output power in real data there is a decrease of 25,155 Watts with a large shadow effect of 85,311% can be inferred the greater the shadow value that occurs the less power generated by a solar panel.

Keywords: Shadow Effect, Solar Panel, Output Power.

Abstrak

Efek bayangan yang terjadi secara alami karena Bergeraknya matahari sehingga pancarannya terkena pepohonan dan bangunan sebelum sampai ke permukaan panel surya tentunya memengaruhi terhadap daya keluaran yang dihasilkan pada PLTS. Penelitian ini menggunakan photovoltaic jenis polycrystalline, dengan data pengamatan di lakukan di lingkungan kampus IT-PLN. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa daya 51,75 Watt terjadi pukul 11.30 WIB, namun saat diperhitungkan secara data real daya keluarannya diperoleh sebesar 29,49 Watt pada daya puncaknya, itu berarti efek bayangan yang terjadi sebesar 84,217% pada pukul 12.30 WIB. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan terjadi penurunan daya sebesar 43,582 Watt sedangkan saat menggunakan perhitungan daya keluaran secara data real terjadi penurunan sebanyak 25,155 Watt dengan besar efek bayangan sebesar 85,311% dapat disimpulkan semakin besar nilai bayangan yang terjadi semakin kecil daya yang dihasilkan oleh sebuah panel surya.

Kata kunci: Efek Bayangan, Panel Surya, Daya Keluaran

© 2020 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik dunia terus meningkat seiring dengan meningkatnya kemajuan peradaban manusia. Pemanfaatan sumber energi listrik seperti batu bara, bahan bakar minyak, gas alam menghadapi kendala yang semakin besar kendala tersebut adalah sumbernya yang semakin berkurang dan yang lebih penting lagi munculnya persoalan polusi lingkungan hidup yang membahayakan bagi kehidupan umat manusia. Pengembangan sumber tenaga alternatif yang terbarukan dan bebas polusi menjadi kebutuhan mendesak bagi seluruh umat manusia. Sumber tenaga terbarukan tersebut seperti tenaga surya, tenaga angin, tenaga air, tenaga gelombang air laut dan lain-lain. Pengembangan pemanfaatan energi

terbarukan harus dilakukan baik dalam bentuk riset di laboratorium maupun terapannya berupa teknologi tepat guna yang langsung dapat dimanfaatkan oleh masyarakat.

Dari permasalahan tersebut harus ditemukan energi baru untuk mengantisipasi krisis energi fosil yang terjadi saat ini. Energi alternatif tersebut adalah energi surya yang memanfaatkan energi dari matahari. Secara astronomis Indonesia terletak pada 6 LU – 11 LS dan 95 BT – 141 BT. Hal ini membuat Indonesia terletak dikawasan tropis dan dilewati garis khatulistiwa sehingga tingkat radiasi matahari pada daerah di Indonesia memiliki rata-rata cukup tinggi perharinya yaitu 4,8 kWh/m²/hari dan ini membuat potensi besar untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [1]. Sumber energi terbarukan mempunyai sifat terbarukan serta berkesinambungan dan pemanfaatan sumber energi terbarukan merupakan alternatif yang perlu terus dikembangkan. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan energi matahari sebagai sumber terbarukan dan mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Untuk memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh panel surya maka pada perancangan sistem dibutuhkan sudut kemiringan panel yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari yang paling tinggi.

Shading adalah dimana salah satu atau lebih sel silikon dari *solar cell* panel tertutup dari pancaran sinar matahari. *Shading*/teduh/bayangan PLTS biasanya dihasilkan dari susunan Array yang terdiri atas beberapa panel surya yang dihubungkan secara seri dan/atau parallel untuk menghasilkan daya yang diinginkan. Satu sel silikon menghasilkan tegangan lebih kurang 0,6 Volt. *Shading* adalah kondisi dimana salah satu atau lebih sel silikon dari panel surya tertutup dari sinar matahari sehingga tensiangannya lebih rendah dari yang lainnya. Pada keadaan ini, sel tersebut akan menjadi beban dari sel lainnya yang berfungsi normal. *Shading* akan mengurangi daya keluaran dari panel surya secara signifikan. Beberapa jenis PV modul sangat terpengaruh oleh *shading* dibandingkan yang lain. Untuk mengurangi dampak hal tersebut, setiap panel surya harus dipasang *bypass diodes*, sehingga sel/panel yang bermasalah akan secara otomatis terlepas dari array.

Bayangan pada array yang terjadi disiang hari akan mempengaruhi daya keluaran. Analisa rinci pada setiap terjadinya bayangan pada array diharapkan dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya bayangan pada array. Efek bayangan dapat mengurangi radiasi matahari dan berakibat pada penurunan energi yang dihasilkan oleh sistem. Namun, ketika bayangan hanya terjadi di sebagian array, maka akan ada pengurangan tegangan maksimum. Sehingga, pengurangan pada energi maksimum akan terjadi pada array. Mempertimbangkan area yang ditempati oleh modul tanaman PV, bagian dari mereka (satu atau lebih sel) dapat ditutupi oleh pohon, daun tumbang, cerobong asap, awan atau oleh panel PV diinstal di dekatnya. Dalam kasus bayangan, sel PV terdiri dari persimpangan P-N berhenti menghasilkan energi dan menjadi pasif beban. Sel ini berperilaku sebagai dioda yang memblokir saat ini diproduksi oleh sel-sel lain yang terhubung secara seri dengan demikian membahayakan seluruh produksi modul. Apalagi dioda tunduk pada tegangan yang lain Sel-sel yang dapat menyebabkan perforasi persimpangan karena terlalu panas lokal (*hot spot*) dan kerusakan pada modul. Untuk menghindari itu satu atau lebih sel yang diarsir menggagalkan produksi seluruh string, beberapa dioda yang *by-pass* bagian modul yang teduh atau rusak dimasukkan pada tingkat modul. Dengan demikian fungsi modul adalah dijamin walaupun dengan efisiensi berkurang.

Jika terdapat bayangan yang kecil menutupi permukaan modul seperti akibat ranting pohon dan sumber bayangan lainnya, maka output daya dari modul akan mengalami penurunan yang signifikan karena panel surya terdiri dari rangkaian sel surya yang dihubungkan secara seri [2] [3]. Mengukur bayangan menjadi tantangan tersendiri karena sifat matahari yang bergerak sepanjang hari belum lagi bayangan yang mungkin juga ikut berubah akibat pengaruh lingkungan sekitar [3]. Terdapat solusi dalam mengatasi efek bayangan yakni dengan menggunakan *diode bypass* atau pengoptimalan daya, namun *diode bypass* belum sepenuhnya melindungi sel surya dari efek bayangan [4] [5]. Strategi untuk

mengurangi efek bayangan adalah dengan mengamati pola bayangan pada modul karena merupakan factor utama dalam kehilangan output daya PV [5].

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya [6]. Untuk mengetahui peningkatan arus keluaran terhadap perubahan sudut kemiringan pada *photovoltaic*, dengan menggunakan *regretion quadratic method*. Hasil yang diperoleh pengukuran sudut kemiringan PV dengan arus keluaran menggunakan metode regresi kuadratik sudut optimum peletakan panel sel surya dalam menerima paparan radiasi sinar matahari pada sudut 36,7°. Sedangkan pada jurnal Energi & Kelistrikan [7] Sel surya merupakan teknologi yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik, oleh sebab itu jika terdapat bayangan yang menutupi permukaan modul maka akan menyebabkan penurunan produksi energi, oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk melihat dampak bayangan pada modul dengan menganalisis output per array PLTS, selanjutnya sumber bayangan dihilangkan. Dari hasil analisa menunjukkan terdapat kenaikan output pada Pkl 06.00-12.00 pada array 2 sebesar 48% diatas kenaikan output rata-rata yang hanya berkisar sebesar 24%, demikian pula pada langgam output yang tidak terpaut jauh dari Array lainnya dengan deviasi yang tersisa hanya sebesar 1%. Pada pukul 12.00-18.00 perubahan output juga dapat diamati pada Array 4 sebesar 46 % diatas rata-rata kenaikan yang hanya sebesar 39%, demikian pula dengan langgam output dengan deviasi dari 21% menjadi 1%.

Sedangkan pada penelitian [8]berjudul *Characteristics of Temperature Changes Measurement on Photovoltaic Surfaces Against Quality of Output Current on Solar Power Plants*, menghasilkan arus optimal adalah pada 1,92 Ampere, suhu optimum pada 37,4 ° C, dan nilai tukar tertinggi adalah pada 2,08 Ampere sedangkan suhu pada permukaan sel surya adalah pada 37,4 ° C. Sesuai dengan hasil yang telah dilakukan dengan menggunakan persamaan regresi matematis yaitu persamaan statistik regresi kuadrat, dapat diketahui bahwa karakteristik sel surya memiliki tenaga kerja yang efisien adalah sekitar 37,4 °C, didapatkan pula pengaruh *irradiance* pada percobaan tersebut.

Adapun beberapa parameter lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerja dari sel surya, diantaranya, perubahan temperatur, intensitas radiasi matahari, tertutupnya sebagian permukaan sel surya (*effect shading*). Tertutupnya sebagian permukaan sel surya biasanya disebabkan karena adanya bangunan atau pohon-pohon yang lebih tinggi. Karena menyebabkan tertutupnya sel surya maka kinerja dari sel surya pun tidak akan maksimal, sehingga dapat sangat berpengaruh pada penurunan nilai daya output dan juga arus yang dihasilkan. Umumnya, sudut orientasi panel surya yang menghasilkan energi tahunan maksimum, sangat bergantung terhadap posisi lintang dari lokasi pemasangan panel. Jika sebuah lokasi berada di belahan selatan, sehingga energi maksimum tahunan akan didapatkan dengan sudut orientasi (azimuth) panel 0° (menghadap utara sejati). Hal tersebut tentu juga berlaku sebaliknya (180° untuk belahan bumi utara) [9]. Tampilan mengenai konfigurasi perancangan sudut kemiringan dan orientasi berpengaruh terhadap daya keluaran yang dihasilkan. Ada beberapa parameter lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerja dari sel surya, diantaranya, perubahan temperatur, intensitas radiasi matahari, tertutupnya sebagian permukaan sel surya (efek bayangan). Tertutupnya sebagian permukaan sel surya biasanya disebabkan karena adanya bangunan atau pohon-pohon yang lebih tinggi. Karena menyebabkan tertutupnya sel surya maka kinerja dari sel surya pun tidak akan maksimal, sehingga dapat sangat berpengaruh pada penurunan nilai daya output dan juga arus yang dihasilkan.

Terdapat beberapa jenis *photovoltaic* yang terdapat dimasyarakat, mulai dari thin film, *mono cristalyne*, maupun polycrystalline [10] [11] [12]. Dari latar belakang yang dipaparkan diatas penelitian ini hanya menggunakan photovoltaic jenis polycrystalline, panel surya tidak dapat bekerja secara maksimal jika terjadi efek bayangan. Pada penelitian ini, peneliti akan merumuskan serta menganalisis bagaimana dampak bayangan terhadap terhadap nilai daya keluaran dari *photovoltaic*.

2. METODE PENELITIAN

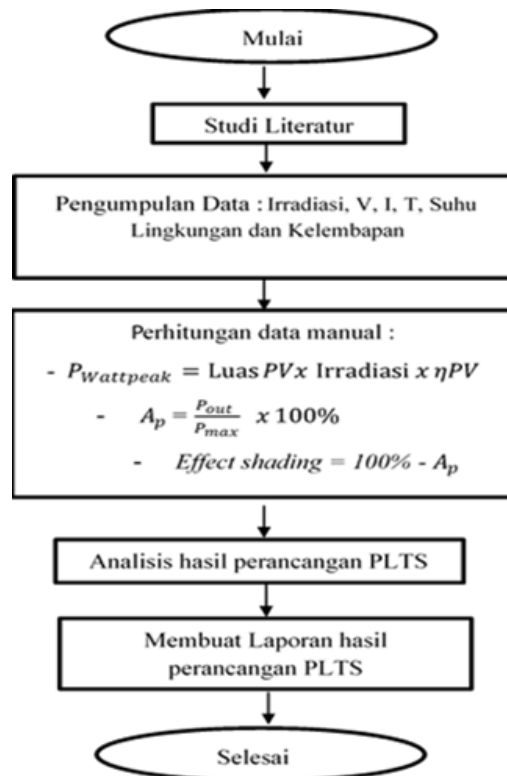
2.1 Metode Penelitian

Proses penelitian terbagi menjadi beberapa tahap yang dilakukan berdasarkan urutan dalam melakukan penelitian:

- a) Identifikasi masalah yaitu dengan merumuskan latar belakang hingga tujuan dalam penelitian ini.
- b) Studi literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari buku referensi dan jurnal-jurnal sesuai dengan topik penelitian yang dilakukan yaitu tentang dampak bayangan pada *photovoltaic*.
- c) Observasi, yaitu mengumpulkan data dengan mengadakan pengamatan secara langsung pada, effect shading, sudut kemiringan. Selain itu, dipelajari juga analisis parameter dan variabel yang berkaitan.
- d) Perancangan dan pengujian, yaitu dengan merancang PLTS untuk ditempatkan pada satu titik dan dilakukan pengujian panel seperti Irradiasi, Tegangan, Arus, Suhu Panel Surya, Suhu Lingkungan dan Kelembapan

2.2 Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses penelitian dan kajian ini dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.3 Perancangan Penelitian

Pada penelitian kali ini dilakukan perancangan PLTS yang diletakkan pada area kampus IT-PLN. Data yang diambil adalah Irradiasi, Tegangan, Arus, Suhu Panel Surya, Suhu Lingkungan dan Kelembapan. Adapun variabel juga saat itu adalah cuaca, karena pengaruh tebalnya awan dapat menutupi sinar yang memancar ke bumi maka cuaca menjadi variabel. Dimana untuk mendapatkan data tersebut menggunakan acuan sudut kemiringan

sebesar 35° seperti penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, dan waktu pengambilan data dilakukan tiap 10 menit sekali mulai pukul 08.00–16.00 WIB selama kurun waktu 2 minggu, sedangkan untuk data perhitungan sebagai bahan untuk analisa yang digunakan asumsi hanya 1 hari dengan sistem PLTS off – grid.



Gambar 2. Alat Pengujian Panel Surya

2.4 Pengumpulan Data dan Analisa

Pada penelitian ini data yang diambil adalah Irradiasi, Tegangan, Arus, Suhu, Suhu Lingkungan dan Kelembaban. Untuk mengumpulkan data tersebut digunakan peralatan sebagai berikut :

- 1) *Solar power meter*
Digunakan untuk mengukur intensitas cahaya.



Gambar 3. Solar Power Meter

- 2) Avometer
Digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan tahanan. Dalam penelitian hanya digunakan mengukur arus dan tegangan.



Gambar 4. Avometer

- 3) Thermo gun

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu panel surya.



Gambar 5. Thermo Gun

- 4) Thermo Hygrometer
Digunakan untuk mengukur suhu lingkungan dan kelembapan



Gambar 6. Thermo Hygrometer

Untuk mendapatkan luasan panel surya yang terpancar oleh sinar matahari digunakan rumus sebagai berikut

$$A_p = \frac{P_{out}}{P_{max}} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- A_p = Persentase luasan panel surya yang terpancar oleh sinar matahari (%)
- P_{out} = Daya keluaran (Watt)
- P_{max} = Mpp dari spesifikasi Panel Surya (Watt)

Untuk mengetahui potensi energi listrik yang didapat dari matahari digunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{Wattpeak} = Luas PV \times PSI \times \eta_{PV} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- Luas PV = Luas area panel surya (m^2)
- PSI = Peak Solar Insolation adalah $1.000 W/m^2$
- η_{PV} = Efisiensi Panel Surya

Dan untuk mendapatkan besar shadingnya digunakan rumus sebagai berikut :

$$Effect\ shading = 100\% - A_p \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- A_p = persentase luasan panel surya yang terpancar oleh sinar matahari

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti diketahui *Solar cell panel*, terdiri dari beberapa silikon yang diserikan untuk menghasilkan daya yang diinginkan. Satu silikon menghasilkan 0.46 Volt, untuk membentuk solar cell panel 12 Volt, 36 silikon diserikan, hasilnya adalah $0.46 \text{ Volt} \times 36 = 16.56$ Bayangan adalah dimana salah satu atau lebih sel silikon dari solar cell panel tertutup dari sinar matahari. *Shading* akan mengurangi pengeluaran daya dari solar cell panel. Beberapa jenis solar cell panel modul sangat terpengaruh oleh bayangan dibandingkan yang lain. Efek yang sangat ekstrim oleh efek bayangan pada satu sel dari modul panel surya *single crystalline* yang tidak memiliki internal *bypass diodes*. Untuk mengatasi hal tersebut solar cell panel dipasang *bypass diode*, *bypass diode* untuk arus mengalir ke satu arah, mencegah arus ke silikon yang kena bayangan.

Bayangan pada array yang terjadi disiang hari akan mempengaruhi daya keluaran. Analisa rinci pada setiap terjadinya bayangan pada array diharapkan dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya bayangan pada array. Efek bayangan dapat mengurangi radiasi matahari dan berakibat pada penurunan energi yang dihasilkan oleh sistem. Namun, ketika bayangan hanya terjadi di sebagian array, maka akan ada pengurangan tegangan maksimum. Sehingga, pengurangan pada energi maksimum akan terjadi pada array. Mempertimbangkan area yang ditempati oleh modul tanaman *photovoltaic* (PV), bagian dari mereka (satu atau lebih sel) dapat ditutupi oleh pohon, daun tumbang, cerobong asap, awan atau oleh panel PV diinstal di dekatnya. Dalam kasus bayangan, sel PV terdiri dari persimpangan P-N berhenti menghasilkan energi dan menjadi pasif beban. Sel ini berperilaku sebagai dioda yang memblokir saat ini diproduksi oleh sel-sel lain yang terhubung secara seri dengan demikian membahayakan seluruh produksi modul. Apalagi dioda tunduk pada tegangan yang lain Sel-sel yang dapat menyebabkan perforasi persimpangan karena terlalu panas lokal (*hot spot*) dan kerusakan pada modul..

Dilakukan perhitungan manual untuk menghitung estimasi daya yang dihasilkan dimana sudah diketahui spesifikasi luas panel surya jenis Polycrystalline dengan kapasitas 50 Wp dapat dilihat dalam tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Luas Panel Surya

| Panjang (mm) | Lebar (mm) | Luas (m ²) |
|--------------|------------|------------------------|
| 700 | 510 | 0,732 |

Dengan menggunakan data pada tabel 1 didapat hasil daya keluaran panel surya menggunakan persamaan 2. Karena pada penelitian ini panel surya yang digunakan memiliki jenis polycrystalline jadi efisiensi yang digunakan adalah 16% diperoleh hasil sebagai berikut.

$$P_{Wattpeak} = \text{Luas PV} \times \text{PSI} \times \eta_{PV}$$

$$P_{Wattpeak} = 0,357 \text{m}^2 \times 1000 \text{ m}^2 \times 0,16$$

$$P_{Wattpeak} = 57,12 \text{ Wattpeak}$$

Dari data luas panel surya yang sudah dipatkan sebesar 57,12 *Wattpeak* kita bisa menghitung persentase luasan panel surya yang terpancar oleh sinar matahari (A_p) dengan menggunakan persamaan 1 diperoleh hasil 114,2 %, dimana daya spesifikasi panel surya ini diketahui sebesar 50 Watt. Penelitian yang dilakukan saat ini memiliki orientasi kemiringan semuanya sama disesuaikan pada sudut 35°. Kemiringan panel haruslah diperhatikan karena berpengaruh juga dengan jalannya lintas matahari hal ini diperlukan karena jika dipasang secara tidak sesuai panel surya tidak akan bekerja secara maksimal karena tidak semua bagian terkena pancaran sinar matahari yang mengandung foton. Untuk mengetahui besar efek bayangan dicari terlebih dahulu daya keluaran yang terbaik sebagai perbandingan untuk daya lainnya.

Adapun hasil perhitungan tiap waktunya dalam hal ini tiap 10 menit ditunjukkan pada tabel 2. Yang menunjukkan besaran pancaran sinar matahari yang diterima oleh panel surya tiap waktunya.

Tabel 2. Persentase Bagian Panel atas Pancaran Sinar Matahari

| No | Waktu (Jam) | A_p (%) |
|-----|-------------|-----------|
| 1. | 8:10 | 21,081 |
| 2. | 8:20 | 20,529 |
| 3. | 8:30 | 35,871 |
| 4. | 8:40 | 27,991 |
| 5. | 8:50 | 28,697 |
| 6. | 9:00 | 37,086 |
| 7. | 9:10 | 56,622 |
| 8. | 9:20 | 59,161 |
| 9. | 9:30 | 63,134 |
| 10. | 9:40 | 63,245 |
| 11. | 9:50 | 19,227 |
| 12. | 10:00 | 75,938 |
| 13. | 10:10 | 78,256 |
| 14. | 10:20 | 86,092 |
| 15. | 10:30 | 33,554 |
| 16. | 10:40 | 91,280 |
| 17. | 10:50 | 26,158 |
| 18. | 11:00 | 84,988 |
| 19. | 11:10 | 82,560 |
| 20. | 11:20 | 87,196 |
| 21. | 11:30 | 100 |
| 22. | 11:40 | 83,112 |
| 23. | 11:50 | 37,637 |
| 24. | 12:00 | 83,333 |
| 25. | 12:10 | 80,022 |
| 26. | 12:20 | 63,796 |
| 27. | 12:30 | 76,156 |
| 28. | 12:40 | 50,441 |
| 29. | 12:50 | 70,750 |
| 30. | 13:00 | 26,821 |
| 31. | 13:10 | 50,662 |
| 32. | 13:20 | 54,856 |
| 33. | 13:30 | 63,576 |
| 34. | 13:40 | 56,291 |
| 35. | 13:50 | 19,419 |
| 36. | 14:00 | 20,309 |
| 37. | 14:10 | 54,415 |
| 38. | 14:20 | 30,684 |
| 39. | 14:30 | 37,417 |
| 40. | 14:40 | 56,185 |
| 41. | 14:50 | 46,578 |
| 42. | 15:00 | 46,247 |

| No | Waktu (Jam) | A_p (%) |
|-----|-------------|-----------|
| 43. | 15:10 | 21,964 |
| 44. | 15:20 | 15,783 |
| 45. | 15:30 | 42,825 |
| 46. | 15:40 | 24,944 |
| 47. | 15:50 | 19,867 |
| 48. | 16:00 | 18,984 |

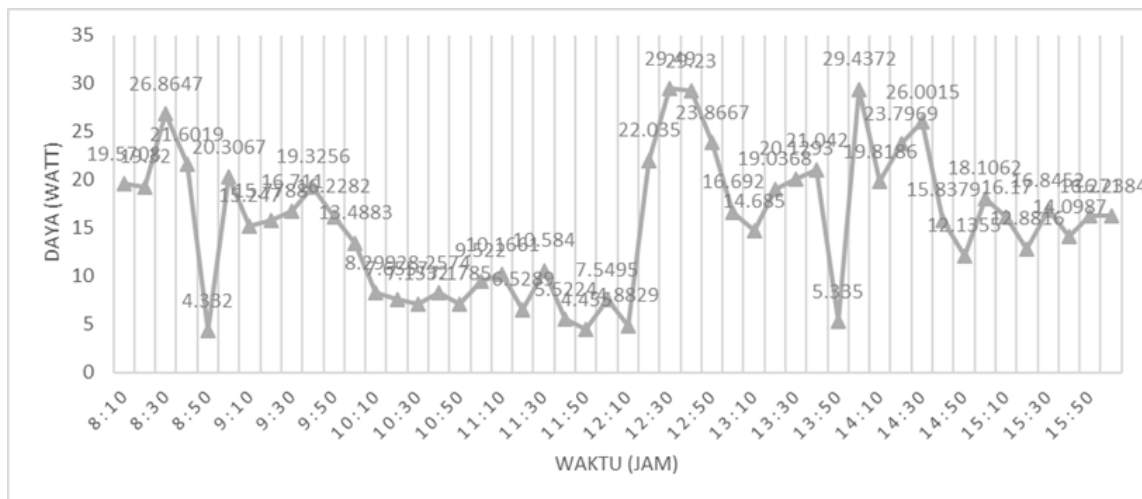
Seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. untuk panel surya yang bekerja secara maksimal terjadi pada pukul 11.30 siang hari. Pada jam tersebut didapatkan estimasi daya keluaran sebesar 51,75 Watt, maka pada pukul 11.30 tersebut dianggap panel mendapatkan pancaran sinar matahari sebesar 100% dan dapat dianggap waktu tersebut adalah waktu dimana panel bekerja secara maksimal karena memiliki keluaran daya paling baik, sedangkan untuk estimasi daya keluaran paling rendah terjadi yang mendapatkan pancaran sinar matahari terjadi pada pukul 15.20 yaitu diperoleh daya sebesar 15,783 Watt. Setelah mendapatkan pancaran sinar matahari pada pada surya selanjutnya didapatkan nilai tegangan, arus, dan irradiasi dengan panel surya yang digunakan yaitu photovoltaic jenis Polycrystalline berkapasitas 50 Wp. Data - data diatas nantinya akan diperhitungkan untuk mendapatkan nilai efek bayangan berdasarkan pengukuran lapangan untuk mengetahui besar tegangan dan arus. Untuk mengetahui efek bayangan dari data ini dilakukan terlebih dahulu mencari nilai daya keluaran didapat hasil sebagai berikut ini:

$$P = V \times I$$

$$P = 1,5A \times 19,66\text{volt}$$

$$P = 29,49 \text{ Watt}$$

Untuk melihat daya keluaran tiap waktunya dapat dilihat dalam bentuk grafik pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Daya Keluaran

Setelah dilakukan perhitungan dapat dilihat pada gambar 7. didapatkan daya keluaran terbesar terjadi pada pukul 12.30 WIB dengan daya yang diperoleh sebesar 29,49 Watt lalu untuk yang terkecil didapat pada pukul 08.50 WIB dengan daya yang diperoleh hanya sebesar 4,332 Watt.

Tabel 3. Tabel Persentase bagian panel yang terkena pancaran sinar matahari

| No | Waktu (Jam) | A_p (%) |
|-----|-------------|-----------|
| 1. | 8:10 | 66,364 |
| 2. | 8:20 | 65,513 |
| 3. | 8:30 | 91,097 |
| 4. | 8:40 | 73,251 |
| 5. | 8:50 | 14,689 |
| 6. | 9:00 | 68,859 |
| 7. | 9:10 | 51,702 |
| 8. | 9:20 | 53,505 |
| 9. | 9:30 | 56,666 |
| 10. | 9:40 | 65,532 |
| 11. | 9:50 | 55,029 |
| 12. | 10:00 | 45,738 |
| 13. | 10:10 | 28,142 |
| 14. | 10:20 | 25,960 |
| 15. | 10:30 | 24,256 |
| 16. | 10:40 | 28,0006 |
| 17. | 10:50 | 24,342 |
| 18. | 11:00 | 32,288 |
| 19. | 11:10 | 34,473 |
| 20. | 11:20 | 22,139 |
| 21. | 11:30 | 35,890 |
| 22. | 11:40 | 18,726 |
| 23. | 11:50 | 15,106 |
| 24. | 12:00 | 25,600 |
| 25. | 12:10 | 16,557 |
| 26. | 12:20 | 74,720 |
| 27. | 12:30 | 100 |
| 28. | 12:40 | 99,118 |
| 29. | 12:50 | 80,931 |
| 30. | 13:00 | 56,602 |
| 31. | 13:10 | 49,796 |
| 32. | 13:20 | 64,553 |
| 33. | 13:30 | 68,258 |
| 34. | 13:40 | 71,353 |
| 35. | 13:50 | 18,090 |

| No | Waktu (Jam) | A_p (%) |
|-----|-------------|-----------|
| 36. | 14:00 | 99,820 |
| 37. | 14:10 | 67,204 |
| 38. | 14:20 | 80,694 |
| 39. | 14:30 | 88,170 |
| 40. | 14:40 | 53,706 |
| 41. | 14:50 | 41,151 |
| 42. | 15:00 | 61,397 |
| 43. | 15:10 | 54,832 |
| 44. | 15:20 | 43,681 |
| 45. | 15:30 | 57,121 |
| 46. | 15:40 | 47,808 |
| 47. | 15:50 | 55,174 |
| 48. | 16:00 | 55,064 |

Tabel 3. dapat dilihat persentase bagian panel surya yang terpancar sinar matahari terbesar terjadi pukul 12.30 WIB sehingga dapat dikatakan pada jam tersebut nilai efek bayangan yang terjadi sebesar 0%. Dari penjelasan tersebut permasalahan yang menyebabkan panel surya terkena efek bayangan secara umum adalah adanya pepohonan atau bangunan yang terdapat disekitar tempat pemasangan panel surya. Maka dari itu penempatan panel surya harus tepat. Penempatan panel surya juga harus sesuai dengan lintas matahari. Karena jika panel dipasang menghadap timur atau barat yang terjadi adalah tidak maksimalnya bekerja panel surya yang dikarenakan jika panel surya hanya memiliki waktu yang sedikit untuk bekerja secara maksimal. Jika panel surya menghadap timur hanya akan maksimal di pagi hari ketika di siang menjelang sore harinya panel tidak akan bekerja sama sekali karena sel surya tidak sama sekali terkena pancaran sinar matahari. Jadi, sebaiknya panel surya dipasang menghadap arah utara atau selatan. Lalu untuk memperhitungkan besar efek bayangan digunakan persamaan 3, dengan memasukan data tabel 2. dan 3. akan diperoleh hasil besar efek bayangan yang terbesar yang diperoleh adalah sebesar 84,217% untuk yang estimasi daya keluaran dan 85,311% untuk daya keluaran.

Dari data yang telah perhitungankan maka dengan estimasi potensi energi yang terbesar pada perhitungan pada pukul 11.30 WIB berbeda Ketika dilakukan perhitungan setelah dilakukan penelitian. Ternyata daya keluaran terbesar dari panel surya tersebut adalah 29,49 Watt dan terjadi pada pukul 12.30 WIB. Dan jika terjadi efek bayangan yang sangat besar yang membuat panel hanya terkena sebagian itu akan membuat daya keluaran pun berkurang terlihat hanya 4,335 Watt yang dihasilkan jika panel surya hanya terkena 14,689% itu mengartikan bahwa 85,311% bagian panel surya pada jam 08.50 WIB terkena efek bayangan. Masalah yang sering timbul akibat efek bayangan antara lain berkurangnya luasan daya dari keluaran daya nominal, karena isolasi berkurang sehingga *photo-current* dari matahari pun berkurang. Arus tiap sel menurun, karena sel disusun secara seri. Stress akibat panas yang tidak merata pada permukaan modul akan meningkatkan suhu pada sel secara dramatis, sehingga timbul overheating pada sel-sel tertentu

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan daya keluaran diperoleh sebesar 51,75 Watt terjadi pada pukul 11.30 WIB namun saat diperhitungkan secara data real daya keluarannya ternyata daya terbesar diperoleh hanya sebesar 29,49 Watt terjadi pada pukul 12.30 WIB. Pada saat terjadi efek bayangan yang sangat besar menyebabkan turunnya nilai daya. Untuk estimasinya daya keluaran berkurang sampai sebesar $51,75 \text{ Watt} - 8,168 \text{ Watt} = 43,582 \text{ Watt}$ dari daya puncaknya jika terkena efek bayangan sebesar 84,217%. Untuk yang perhitungan secara real daya keluarannya berkurang sebesar $29,49 \text{ Watt} - 4,335 \text{ Watt} = 25,155 \text{ Watt}$ dari daya puncaknya jika terkena efek bayangan sebesar 85,311%. Permasalahan yang menyebabkan efek bayangan karena adanya pepohonan dan bangunan sehingga panel surya tidak terpancarkan secara keseluruhan yang membuat panel surya tidak bekerja secara maksimal.

Penyebab umum timbul akibat efek bayangan diantaranya berkurang luasan daya dari keluaran daya nominal, selain itu disebabkan karena adanya pepohonan dan bangunan sehingga panel surya tidak terpancarkan secara keseluruhan yang membuat panel surya tidak dapat bekerja secara maksimal.

4.2 Saran

Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, perlu dilakukan pengembangan agar ke depannya menjadi sempurna ataupun lebih baik lagi sehingga memiliki beberapa saran, diantaranya:

- a) Untuk lebih mendapatkan hasil daya keluaran yang lebih baik perlu digunakan parameter yang lebih banyak tidak hanya effect shading seperti suhu, azimuth, kelembaban, sudut kemiringan dan jenis photovoltaic.
- b) Dapat memaksimalkan perhitungan menggunakan aplikasi software untuk sistem PLTS yang akan dikembangkan atau dikaji, seperti Homer, PVSYSY, dan aplikasi sistem PLTS lainnya.

REFERENSI

- [1] B. Ramdhani, Dasar-Dasar Pembangkit Listrik Tenaga Surya., Jakarta Pusat, 2018.
- [2] S. M. Salih and. M. Q. Taha, "Analysis of Shading Impact Factor for Photovoltaic Modules," July, 2017.
- [3] P. Sathyanarayana, R. Ballal, P. S. Sagar and G. Kumar, "Effect of shading on the performance of solar PV panel," *Energy and Power*, vol. 5, no. 1A, pp. 1-4, 2015.
- [4] L. Davies, R. Thornton, P. Hudson, and B. Ray "Automatic Detection and Characterization of Partial Shading in PV System," in *2018 IEEE 7th World Conf. Photovolt. Energy Conversion, WCPEC 2018 - A Jt. Conf. 45th IEEE PVSC, 28th PVSEC 34th EU PVSEC*, 2018.
- [5] N. Djilali, and N. Djilali "'PV array power output maximization under partial shading using new shifted PV array arrangements," *Appl. Energy*, no. 187, September, pp. 326–337, 2017.
- [6] Samsurizal, A. Makkulau dan Christiono, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Arus Keluaran Pada Photovoltaic Dengan Menggunakan Regretion Quadratic Method," *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, no. 2 vol.10, pp. 137-144, 2018.
- [7] Samsurizal, Christiono dan A. Makkulau, "Evaluasi Sudut Kemiringan Terhadap Pengaruh Irradiance Pada Array Photovoltaic Jenis Monocrystalline," *Jurnal SETRUM*, no. 1. vol.8, pp. 28-34, 2019.
- [8] A. Makkulau, Christiono and Samsurizal, "Characteristics of Temperature Changes

- Measurement on Photovoltaic Surfaces Against Quality of Output Current on Solar Power Plants," *International Conference on Technologies and Policies in Electric Power & Energy, IEEE*, vol. doi: 10.1109/IEEECONF48524.2019.9102630., pp. 1-4, 2019.
- [9] K. H. Khwee, "Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak)," *Jurnal ELKHA*, no. 2 vol.5, 2013.
- [10] A. W. W. A. B. Duffie, *Solar Engineering Of Thermal Processes*, Newyork: John Wiley & Sons, 2008.
- [11] M. Bachtiar, "Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System)," *SMARTek*, no. 3 vol. 4 , pp. 176-182, 2006.
- [12] APAMSI, *Pengembangan PLTS di Indonesia*, Yogyakarta, 2013.