

Analisa Dampak Simulasi Bayangan Objek pada PLTS 1,3 MWp Menggunakan Software SAM

Hendra Budiono Putra Parapa^{1,*}

¹PT PLN (Persero) UPDL Makassar, Jl. Poros Malino, Gowa, 92119, Indonesia

* hendra.budiono@pln.co.id

Abstract: *There are several factors that influence the performance of a PLTS, one of which is related to the impact of shadows falling on the surface of the photovoltaic module. The impact of shadows on the performance of PLTS is the driving factor for carrying out this research. This research aims to analyze the impact of shadow simulation on PLTS using SAM software. The PLTS location discussed in this research is the 1.3 MWp PLTS Selayar, South Sulawesi. The data used is PLTS main equipment specification data and solar radiation data sourced from NSRDB-NREL. The data is then processed using SAM (Supervisory Advisor Model) software to simulate three conditions, without shading, self-shading and vegetation shading. Based on the analysis that has been carried out, it is concluded that there is a decrease in PLTS production in self-shading conditions of 28,616 kWh and a performance ratio of 1.03% compared to conditions without shading, whereas when compared with self-shading and vegetation shading conditions, there is a decrease in production of 81,406 kWh and the performance ratio of 2.94%. This condition shows the need to address the causes of shading, especially shading caused by vegetation around the PLTS environment.*

Keywords: *PLTS; Shading; Performance Ratio*

Abstrak: Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja dari suatu PLTS, salah satunya yakni terkait dengan dampak bayangan yang jatuh pada permukaan modul fotovoltaik. Dampak bayangan terhadap kinerja dari PLTS tersebut yang menjadi faktor pendorong dilakukan penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak simulasi bayangan pada PLTS menggunakan software SAM. Lokasi PLTS yang menjadi pembahasan dalam penelitian ini yakni PLTS 1,3 MWp Selayar, Sulawesi Selatan. Data yang digunakan yakni data spesifikasi peralatan utama PLTS dan data radiasi matahari yang bersumber dari NSRDB-NREL. Data-data tersebut kemudian diolah menggunakan software SAM (*Supervisory Advisor Model*) dengan simulasi tiga kondisi yakni tanpa *shading*, *self-shading* dan *vegetation shading*. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa terjadi penurunan produksi PLTS pada kondisi *self-shading* sebesar 28,616 kWh dan *performance ratio* sebesar 1.03% dibandingkan dengan kondisi tanpa *shading* sedangkan jika dibandingkan dengan kondisi *self-shading* dan *vegetation shading*, terjadi penurunan produksi sebesar 81,406 kWh dan *performance ratio* sebesar 2.94%. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penanganan terhadap penyebab *shading* tersebut, khususnya *shading* yang diakibatkan oleh vegetasi disekitar lingkungan PLTS.

Kata kunci : PLTS; Shading; performance ratio

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan No. 16 Tahun 2016 pada Ratifikasi Perjanjian Paris, pemerintah Indonesia berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Untuk tujuan tersebut, pemerintah Indonesia menetapkan target untuk bauran energi terbarukan minimal 23% dari konsumsi energi pada 2025. Dalam rangka mencapai target bauran energi terbarukan minimal 23% dari konsumsi energi pada 2025, salah satu upaya yang dapat dilakukan yakni melakukan diversifikasi portfolio pembangkit menuju energi terbarukan.

Salah satu upaya diversifikasi pembangkit yang dilakukan adalah dengan pembangunan PLTS. PLTS fotovoltaik merupakan salah satu teknologi yang menghasilkan energi listrik yang bersih. Pembangunan PLTS fotovoltaik memiliki waktu pembangunan yang relatif singkat jika dibandingkan dengan Pembangkit energi terbarukan lainnya

Dalam penerapannya kinerja dari PLTS dipengaruhi dari daya keluaran yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik, dimana terdapat beberapa aspek yang mempengaruhi daya keluaran tersebut diantaranya jenis material PV, intensitas radiasi matahari yang diterima, suhu sel, pergerakan awan dan efek bayangan lainnya, efisiensi inverter, debu, modul orientasi, kondisi cuaca, lokasi geografis, ketebalan kabel dan lain-lain [1]. Dalam penelitian terdahulu telah dilakukan kajian terkait dampak bayangan terhadap modul fotovoltaik menggunakan MatLab Simulink, dimana degradasi kejadian penyinaran matahari pada sel tunggal dari modul fotovoltaik menghasilkan penurunan daya yang dihasilkan oleh sistem [2]. Selain itu dilakukan juga dilakukan analisa dampak bayangan terhadap sistem solar PV menggunakan software PVsyst, yang mana dari hasil simulasi, untuk kondisi tanpa bayangan dihasilkan energi tahunan sebesar 2373 kWh, sedangkan pada sistem yang mengalami bayangan, energi tahunan yang dihasilkan adalah 2055 kWh [3]. Pada penelitian lainnya dilakukan eksperimen terkait pengaruh area bayangan pada tegangan, arus dan daya keluaran sistem PV, berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring bertambahnya area bayangan, maka tegangan dan arus sistem PV terus melemah [4]. Penelitian terkait investigasi terkait bayangan terhadap kinerja sistem PV juga dilakukan untuk sistem PV 1 kWp menggunakan software PVsyst, berdasarkan penelitian tersebut menunjukkan terjadinya penurunan produksi akibat bayangan per tahun sebesar 4,71 kWh/m [5]. Pada kondisi terjadinya bayangan sebagian khususnya yang terjadi di daerah perkotaan yang gersang dan padat penduduknya yang memiliki permasalahan terkait bayangan, direkomendasikan agar memperhatikan terkait orientasi dan desain untuk modul fotovoltaik baik yang standar maupun lanjutan [6] untuk mengatasi dampak akibat bayangan, diperlukan sistem pemantauan baru yang menggunakan teknologi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk mendeteksi bayangan dan kesalahan lain pada modul fotovoltaik. Sistem ini juga diawasi menggunakan platform pemantauan Internet of Things (IoT), yang menyediakan data real-time analisis dan peringatan. Kemampuan sistem untuk mendeteksi bayangan dan kesalahan lainnya secara akurat dapat meningkatkan efisiensi pembangkitan energi secara signifikan dan mengurangi biaya pemeliharaan [7]. Pada penelitian sebelumnya telah dibahas bagaimana dampak dan solusi penanggulangan dampak bayangan, namun kajian terkait analisa dampak simulasi bayangan pada PLTS menggunakan software SAM khususnya untuk PLTS di daerah kepulauan belum banyak dilakukan, sehingga perlu dilakukan kajian tersebut.

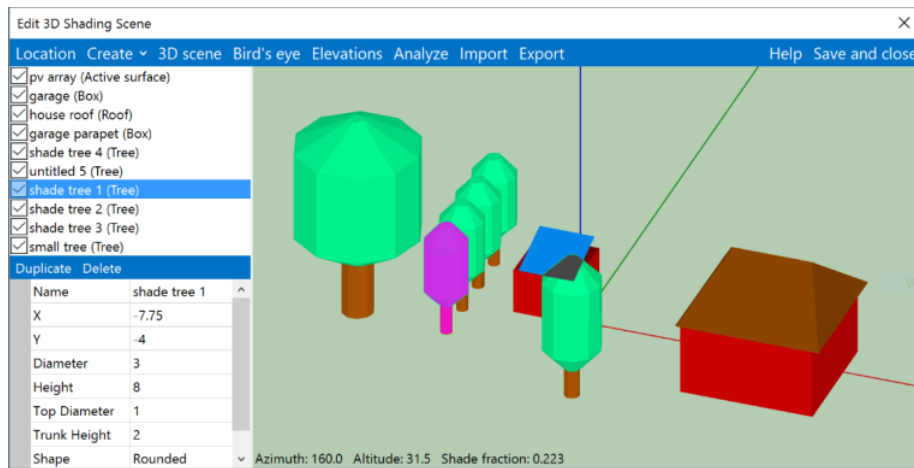
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak simulasi bayangan pada PLTS menggunakan software SAM, dan yang menjadi topik pembahasannya terkait dampak bayangan terhadap performa dan produksi PLTS. Lokasi PLTS yang menjadi pembahasan dalam penelitian ini yakni PLTS 1,3 MWp Selayar, Sulawesi Selatan. Dasar pemilihan lokasi ini dikarenakan PLTS Selayar merupakan salah satu Pembangkit yang menopang beban disistem Selayar, sehingga perlu dilakukan kajian terkait performa dan produksi dari PLTS tersebut dengan melakukan simulasi bayangan pada PLTS Selayar.

Pada PLTS, daya yang dihasilkan oleh pembangkit sangat bergantung pada radiasi matahari. Permasalahan yang secara umum sering terjadi yakni partial shading yang diakibatkan oleh adanya bayangan pohon dan gedung yang menutupi permukaan array modul fotovoltaik. Tertutupnya sebagian permukaan modul fotovoltaik akan mengakibatkan penurunan daya keluaran yang cukup berarti. Dimana semakin banyak area yang terhalang (partial shading) dari paparan matahari langsung maka daya keluaran panel surya semakin berkurang. Beberapa faktor penyebab bayangan pada modul fotovoltaik, diantaranya :

- Bayangan yang diakibatkan pergerakan awan, kotoran burung, debu atau daun yang berguguran.
- Bayangan yang diakibatkan dari bangunan dan vegetasi sekitar lingkungan PLTS.
- Bayangan yang diakibatkan karena pemasangan rak modul fotovoltaik atau yang lebih dikenal bayangan sendiri (*self-shading*). Untuk kondisi ini, kemiringan dan pemisahan antara baris modul perlu dioptimalkan.

Salah satu software yang dapat digunakan untuk membuat simulasi bayangan pada PLTS yakni SAM (Supervisory Advisor Model). SAM merupakan program simulasi yang dikembangkan

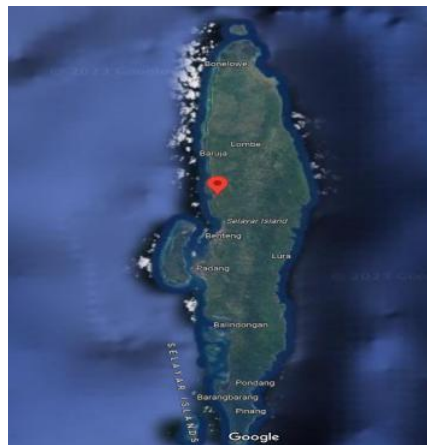
oleh National Renewable Laboratorium Energi, AS. SAM membantu merancang berbagai sistem energi terbarukan salah satunya yakni Solar PV [8]. salah satu fitur yang dapat digunakan dalam melakukan simulasi bayangan pada software SAM yakni *3D Shade Calculator*. *3D Shade Calculator* menghitung serangkaian kehilangan sinar dan bayangan difus dari representasi tiga dimensi dari suatu gambaran lokasi yang terdiri dari susunan fotovoltaik dan objek terdekat apa pun yang mungkin menyebabkan bayangan jatuh pada susunan tersebut. Objek permukaan aktif mewakili susunan fotovoltaik dan serangkaian bentuk tiga dimensi yang telah ditentukan sebelumnya mewakili objek bayangan di dekatnya [9].



Gambar 1. 3D scene editor untuk perhitungan bayangan [9]

II. METODE PENELITIAN

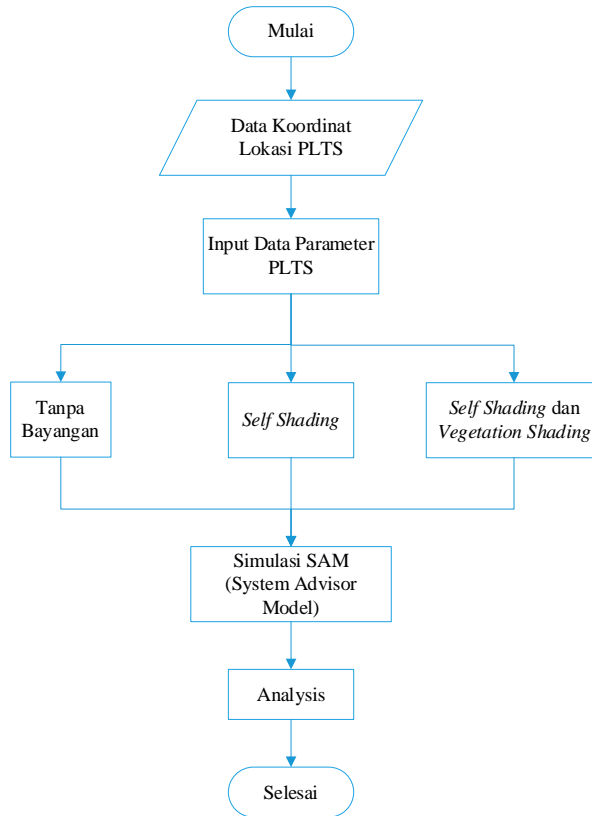
Berikut ini merupakan uraian metode yang digunakan untuk melakukan analisa kinerja PLTS 1,3 MWp menggunakan software SAM (System Advisor Model) untuk studi kasus PLTS di pulau Selayar, Sulawesi Selatan. Pulau Selayar adalah salah satu pulau yang terletak di Sulawesi Selatan dengan koordinat 6°02'45.9"S 120°27'28.3"E. Pulau ini terletak di selatan pulau Sulawesi.



Gambar 2. Lokasi pulau Selayar dari Google Maps [10]

Pada penelitian ini menggunakan input data data parameter PLTS yakni data spesifikasi peralatan utama dan data iradiasi matahari yang bersumber dari website NREL yakni NSRDB (National Solar Radiation Database). Data input parameter PLTS tersebut kemudian diolah menggunakan aplikasi

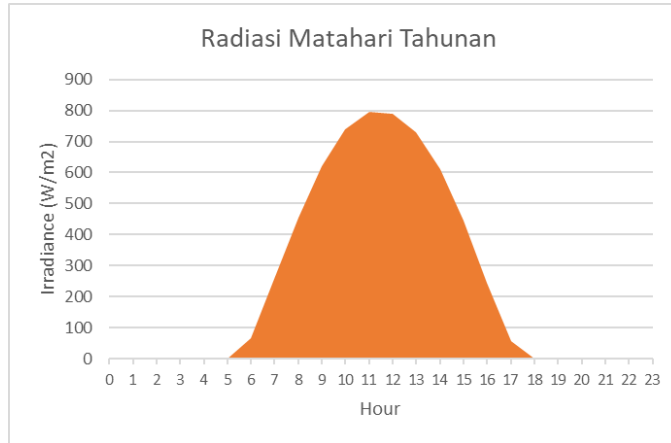
SAM untuk dilakukan analisa kinerja dari PLTS terhadap tiga kondisi yakni kondisi tanpa bayangan, *self-shading* serta kondisi *self-shading* dan *vegetation shading* berdasarkan hasil simulasi software SAM. Langkah – langkah dalam melakukan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Penelitian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data irradiasi yang digunakan dalam simulasi ini menggunakan data yang bersumber dari website NREL yakni NSRDB.



Gambar 4. Radiasi matahari selama satu tahun dipulau Selayar

Berdasarkan sumber data iradiasi NREL maka global horizontal irradiance (GHI) Tahunan di Pulau Selayar sebesar 2124,3 kWh/m² atau setara dengan 5,82 kWh/m²/day.

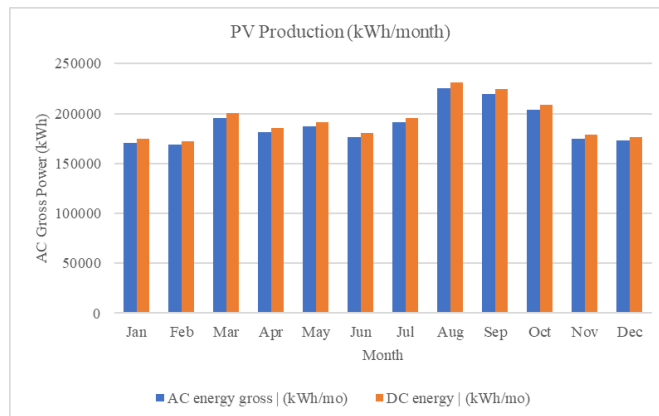
Berdasarkan data spesifikasi peralatan utama dan radiasi matahari di pulau Selayar, maka dapat dilakukan simulasi menggunakan software SAM untuk tiga kondisi yakni:

1. Simulasi SAM untuk kondisi tanpa shading

Untuk hasil simulasi SAM untuk kondisi tanpa shading dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 5.

Tabel 1. Hasil simulasi software SAM untuk kondisi tanpa shading

Parameter	Unit	Value
Annual AC energy gross	kWh/year	2,269,095
Annual DC energy	kWh/year	2,320,028
Energy yield	kWh/kW	1,753.87
Performance ratio	%	81.66



Gambar 5. Hasil simulasi SAM untuk produksi PV per bulan

Berdasarkan tabel 1 dan gambar 5, produksi AC energy maksimal PV terjadi pada bulan agustus dengan nilai produksi sebesar 225742 kWh dan minimal terjadi pada bulan februari sebesar 168744 kWh. Total AC energy dalam setahun adalah 2,269,095 kWh dengan performance ratio sebesar 81.66%.

2. Simulasi SAM untuk kondisi self shading.

Untuk simulasi self shading menggunakan fitur *3D shade calculator* pada software SAM. Model *self shading* dapat dilihat pada gambar 6.

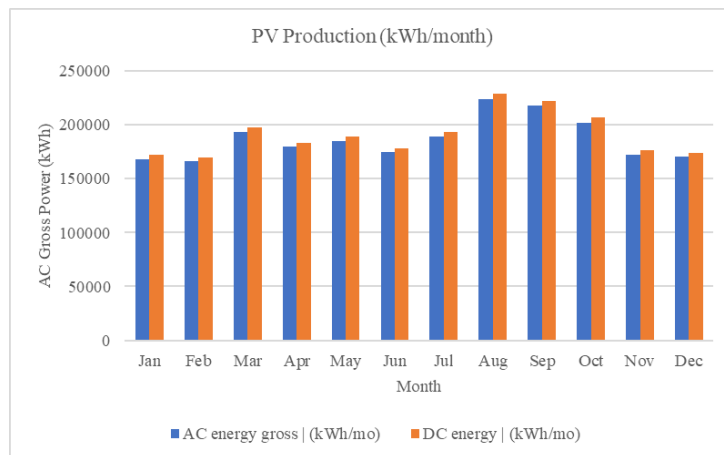


Gambar 6. Simulasi *self shading* pada software SAM

Hasil simulasi SAM untuk kondisi *self shading* dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 7.

Tabel 2. Hasil simulasi software SAM untuk kondisi *self-shading*

<i>Parameter</i>	<i>Unit</i>	<i>Value</i>
<i>Annual AC energy gross</i>	kWh/year	2,240,479
<i>Annual DC energy</i>	kWh/year	2,290,773
<i>Energy yield</i>	kWh/kW	1,731.75
<i>Performance ratio</i>	%	80.63

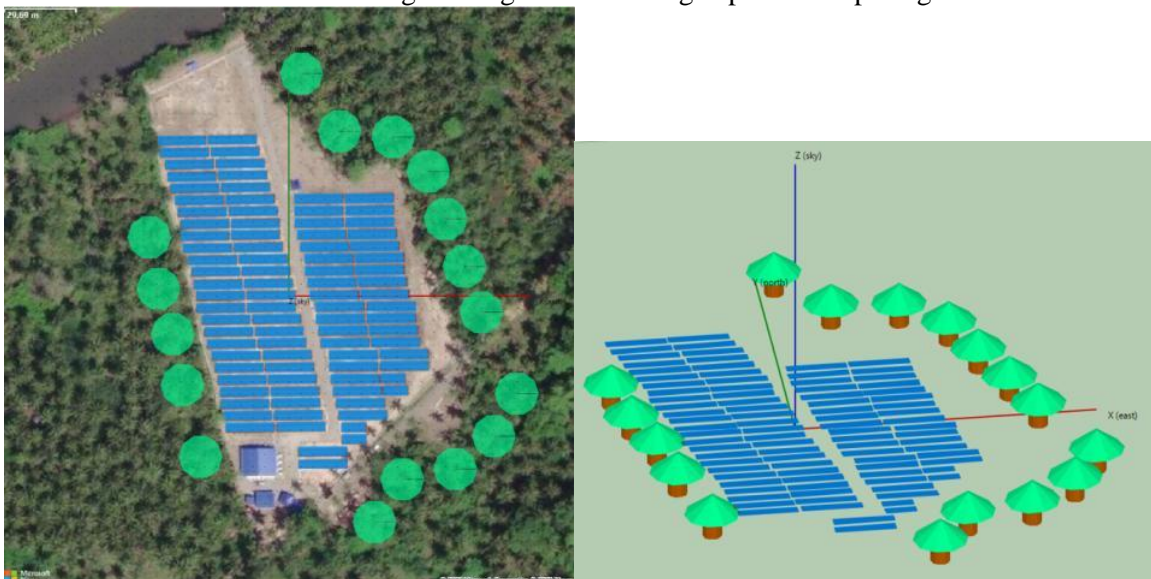


Gambar 7. Hasil simulasi SAM untuk produksi PV per bulan

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 7, produksi AC energy maksimal PV terjadi pada bulan Agustus dengan nilai produksi sebesar 223974 kWh dan minimal terjadi pada bulan Februari sebesar 165849 kWh. Total AC energy dalam setahun adalah 2,269,095 kWh dengan *performance ratio* sebesar 80.63%.

3. Simulasi SAM untuk kondisi *self shading* dan *vegetation shading*.

Untuk simulasi *self shading* dan *vegetation shading* menggunakan fitur *3D shade calculator* pada software SAM. Model *self shading* dan *vegetation shading* dapat dilihat pada gambar 8.

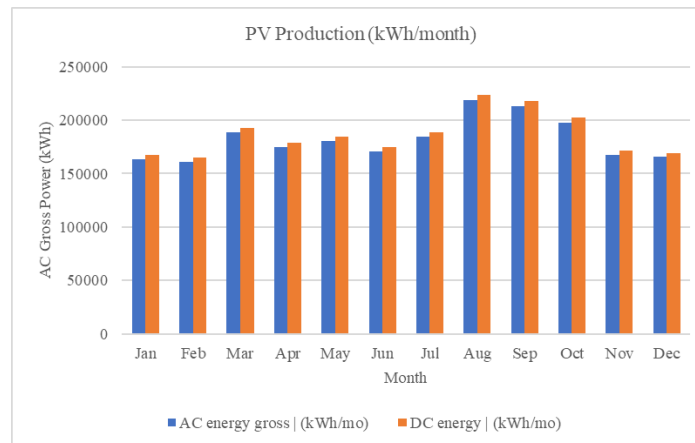


Gambar 8. Simulasi *self shading* dan *vegetation shading* pada software SAM

Hasil simulasi SAM untuk kondisi tanpa shading dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 9.

Tabel 3. Hasil simulasi software SAM untuk kondisi *self-shading* dan *vegetation shading*.

Parameter	Unit	Value
Annual AC energy gross	kWh/year	2,187,689
Annual DC energy	kWh/year	2,236,804
Energy yield	kWh/kW	1,690.95
Performance ratio	%	78.72



Gambar 9. Hasil simulasi SAM untuk produksi PV per bulan

Berdasarkan tabel 3 dan gambar 9, produksi AC energy maksimal PV terjadi pada bulan agustus dengan nilai produksi sebesar 219095 kWh dan minimal terjadi pada bulan februari sebesar 161130 kWh. Total AC energy dalam setahun adalah 2,269,095 kWh dengan performance ratio sebesar 78.72%.

Perbandingan hasil simulasi software SAM untuk tiga kondisi yakni tanpa *shading*, *self shading* serta kondisi *self shading* dan *vegetation shading*, dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan produksi PV (AC Energy) dan Performance ratio hasil simulasi

PV Condition	Annual AC Energy Gross (kWh)	Performance Ratio (%)
No Shading	2,269,095	81.66
Self Shading	2,240,479	80.63
Self Shading and Vegetation Shading	2,187,689	78.72

Berdasarkan tabel 4, hasil simulasi software SAM menunjukkan penurunan produksi PV pada kondisi self shading sebesar 28,616 kWh dan performance ratio sebesar 1.03% dibandingkan dengan kondisi tanpa shading sedangkan jika dibandingkan dengan kondisi self shading dan vegetation shading, terjadi penurunan produksi sebesar 81,406 kWh dan performance ratio sebesar 2.94%.

Berdasarkan kajian ini diketahui bahwa shading mempunyai dampak cukup besar terhadap performa PLTS, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap penyebab shading tersebut. Khususnya shading yang diakibatkan oleh vegetasi disekitar lingkungan PLTS.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa hasil simulasi pada software SAM menunjukkan produksi maksimal terjadi pada bulan agustus dan produksi minimal pada bulan februari untuk semua kondisi simulasi, serta terjadi penurunan produksi PV pada kondisi *self shading* sebesar 28,616 kWh dan performance ratio sebesar 1.03% dibandingkan dengan kondisi tanpa shading sedangkan jika dibandingkan dengan kondisi *self-shading* dan *vegetation shading*, terjadi penurunan produksi sebesar 81,406 kWh dan performance ratio sebesar 2.94%. Dari hasil tersebut perlu dilakukan penanganan terhadap penyebab *shading* tersebut, khususnya *shading* yang diakibatkan oleh vegetasi disekitar lingkungan PLTS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada rekan-rekan operasional dari PLN ULPLTD Selayar dan PLN UPDL Makassar, atas bantuan dan kerjasamanya sehingga penelitian ini dapat dilakukan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. V Vidyanandan, "An Overview of Factors Affecting the Performance of Solar PV Systems," *Energy Scan*, no. 27, pp. 2–8, 2017, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/319165448>.
- [2] G. Abdelaziz, H. Hichem, B. R. Chiheb, and G. Rached, "Shading effect on the performance of a photovoltaic panel," *2021 IEEE 2nd Int. Conf. Signal, Control Commun. SCC 2021*, no. January, pp. 208–213, 2021, doi: 10.1109/SCC53769.2021.9768356.
- [3] D. Bernadette, M. Twizerimana, A. Bakundukize, B. Jean Pierre, and N. Theoneste, "Analysis of Shading Effects in Solar PV System," *Int. J. Sustain. Green Energy*, vol. 10, no. 2, p. 47, 2021, doi: 10.11648/j.ijrse.20211002.13.
- [4] Y. Dai, "Impact of Shading Area on PV System," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 440, no. 3, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/440/3/032073.
- [5] I. Handoko Rusiana, Z. Yuda Bakti, and S. Sambasri, "Study and Analysis of Shading Effects on Photovoltaic Application System," *MATEC Web Conf.*, vol. 218, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201821802004.
- [6] H. Oufettoul, N. Lamdihine, S. Motahhir, N. Lamrini, I. A. Abdelmoula, and G. Aniba, "Comparative Performance Analysis of PV Module Positions in a Solar PV Array Under Partial Shading Conditions," *IEEE Access*, vol. 11, no. November 2022, pp. 12176–12194, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3237250.
- [7] F. S. M. Abdallah, M. N. Abdullah, I. Musirin, and A. M. Elshamy, "Intelligent solar panel monitoring system and shading detection using artificial neural networks," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 324–334, 2023, doi: 10.1016/j.egyr.2023.05.163.
- [8] S. U.-D. Khan, I. Wazeer, and Z. Almutairi, "Comparative Analysis of SAM and RETScreen Tools for the Case Study of 600 kW Solar PV System Installation in Riyadh, Saudi Arabia," *Sustainability*, vol. 15, no. 6, p. 5381, 2023, doi: 10.3390/su15065381.
- [9] P. Gilman, A. Dobos, N. DiOrio, J. Freeman, S. Janzou, and D. Ryberg, "System Advisor Model (SAM) Photovoltaic Model Technical Reference Update," *Natl. Renew. Energy Lab.*, no. March, p. 93, 2018.
- [10] "Map data ©2023 Google 1 km." Google, p. 2023, 2023.