
STUDI *PERFORMANCE* PLTS *ROOFTOP* 3KWP *FRAMELESS* WITH *ON-GRID* SYSTEM DI LINGKUNGAN PERUMAHAN KORI NUANSA JIMBARAN**Gede Agus Ryzky Martha^{1*}, Ida Ayu Dwi Giriantari², dan I Wayan Sukerayasa³**Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana^{1,2,3}Email: riskymartha39@gmail.com¹, dayu.giriantari@unud.ac.id², dan sukerayasa@unud.ac.id³

Artikel info**Artikel history:**

Diterima : 02-02-2022

Diterima dalam bentuk

revisi : 07-02-2022

Diterima dalam bentuk

revisi : 21-02-2022

Kata Kunci: *unjuk kerja; PLTS rooftop; HOMER***Keywords:** *performance; PLTS rooftop; HOMER*

Abstrak

PLTS *rooftop* adalah perkembangan teknologi energi terbarukan yang mengkonversikan radiasi matahari menjadi energi listrik dengan sistem fotovoltaik. Bali memiliki karakteristik geografi dan demografi yang minim lahan luas, jumlah penduduk yang cukup besar dengan luasan atap bangunan yang memadai sehingga penggunaan PLTS *rooftop* dapat dimaksimalkan. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui *performance* PLTS dilihat dari kriteria produksi energi rata-rata selama 6 bulan dengan menggunakan metode analisa unjuk kerja dengan standar IEC 61724, *Final Yield*, *Reference Yield* dan *Ratio Performance* dengan menggunakan metode pengukuran riil dilapangan. Hasil penelitian pada pengukuran sudut kemiringan PLTS dengan *Protractor Tool* sebesar 18° dengan perhitungan sudut kemiringan optimal PLTS sebesar 14,66°. Radiasi rata-rata 4,39 *hour* dengan hasil *energy yield* (YF) 4.518,7 kWh/year, *energy ideal* (YR) 5.311,79 kWh/year dengan *Performance Ratio* (PR) sebesar 85%. Hal ini telah sesuai dengan standar referensi PR (*Performance Ratio*) yang ada dimana *range* antara 70% hingga 90%. Hasil PR menunjukkan *performance* daripada sistem PLTS baik karena berada diatas 70% sehingga layak dioperasikan selama 25 tahun atau dibawah 25 tahun.

Abstract

PLTS rooftop is the development of renewable energy technology that converts solar radiation into electrical energy with a photovoltaic system. Bali has geographical and demographic characteristics that have minimal land area, a fairly large population with an adequate roof area so that the use of PLTS rooftop can be maximized. The purpose of the study was to determine the performance of PLTS as seen from the criteria for an average energy production for 6 months using the performance analysis method with the IEC 61724 standard, Final Yield, Reference Yield and Ratio Performance by using the real measurement method in the field. The results of the research on measuring the slope angle of PLTS with the Protractor Tool of 18 ° with the calculation of the optimal slope angle of PLTS of 14.66 °. The average radiation is 4.39 hours with an energy yield (YF) of 4,518.7 kWh/year, ideal energy (YR) of 5,311.79 kWh/year with a Performance Ratio (PR) of 85%. This is in accordance with the

existing PR (reference standard Performance Ratio) where the range is between 70% to 90%. The results of PR show that the performance of the PLTS system is good because it is above 70% so it is feasible to operate for 25 years or under 25 years.

Corresponden author: Gede Agus Ryzky Martha

Email: riskymartha39@gmail.com

artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi

CC BY SA

2022



Pendahuluan

Penggunaan energi di Indonesia masih di dominasi oleh penggunaan energi tak terbarukan yang berasal dari fosil, khususnya minyak bumi dan batu bara ([Azhar & Satriawan](#), 2018). Penggunaan semua bahan bakar fosil tentunya akan menghasilkan karbon, dan ketika bahan bakar fosil tersebut mengalami pembakaran, maka karbon tersebut akan lepas ke atmosfer sebagai karbon dioksida (CO₂) ([Ihsan](#), 2019). Karbon dioksida adalah salah satu jenis emisi gas rumah kaca yang merupakan kontributor terhadap sesuatu yang dikenal dengan pemanasan global atau lebih tepatnya perubahan iklim ([Azhar](#), 2014).

Seiring berjalannya waktu, ketersediaan energi fosil semakin menipis dan untuk mengantisipasinya Energi Baru Terbarukan (EBT) merupakan alternatif terbaik ([Komunikasi](#), 2016). EBT adalah energi yang berasal dari "proses alam yang berkelanjutan", seperti tenaga surya, tenaga angin, arus air, proses biologi, dan panas bumi ([Septianus](#), 2015). Penggunaan energi baru dan terbarukan harus menjadi perhatian utama pemerintah Indonesia tidak hanya sebagai upaya untuk mengurangi pemakaian energi fosil melainkan juga untuk mewujudkan energi bersih atau ramah lingkungan ([Afriyanti et al.](#), 2020).

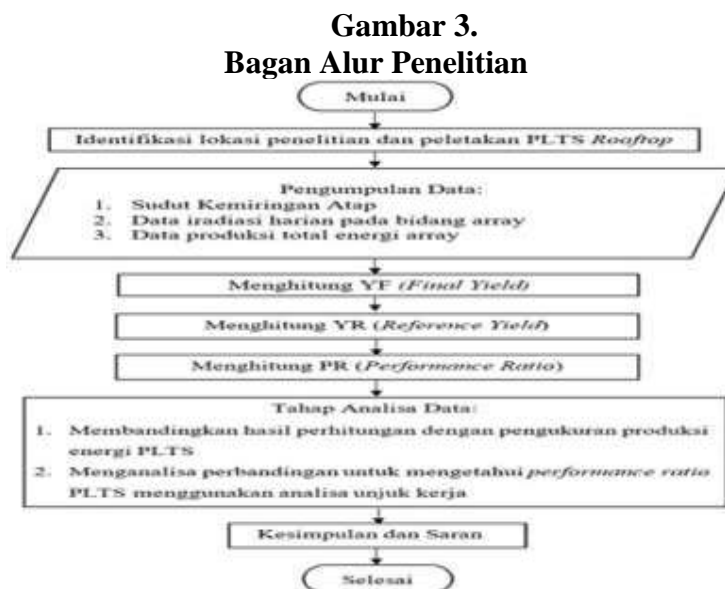
Pembangunan EBT sedang gencarnya dilakukan oleh pemerintah Indonesia, hal ini bisa dilihat dari beberapa kebijakan yang dikeluarkan baik ditingkat pusat maupun tingkat daerah yang mendorong percepatan pembangunan EBT. Pembangunan EBT telah dilakukan di Bali, khususnya pada teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah mencapai 3,71 MWp. PLTS merupakan pembangkit yang mampu mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik ([Aditya](#), 2018). Pembangunan PLTS dengan sistem rooftop sangat relevan diterapkan di Bali, karena beberapa hal yaitu lahan terbatas, memiliki potensi energi surya tertinggi yaitu sekitar 98% dan luasan atap yang memadai ([Sanusi](#), 2017). Akan tetapi kinerja panel surya sangat tergantung dari kondisi cuaca, yaitu radiasi matahari dan suhu lingkungan ([Irwan et al.](#), 2015). PLTS rooftop merupakan salah satu teknologi pembangkit listrik masa depan yang sangat ramah lingkungan dan dapat menjadi solusi penghematan terhadap tingginya tarif listrik saat ini. Selain ramah lingkungan, efek shading yang minim pada PLTS rooftop sangat efisien dipasang pada atap suatu bangunan atau gedung. Pemasangan PLTS di atas atap dikenal dengan PLTS rooftop ([Satria & Syafii](#), 2018).

PT Indonesia Power Pesanggaran Bali yang bergerak di bidang pembangkit listrik juga telah membangun PLTS di atap sebagai bagian dari upaya membangun portofolio pembangkit listrik yang bersih dan berkelanjutan (S. [Kumara](#), 2020). Indonesia Power membangun PLTS 24 kWp rooftop pada tahun 2016 dan 7,5 kWp rooftop pada tahun 2018 ([Wicaksana](#) et al., 2019). PLTS 24kW IP tersebut terletak di lokasi geografis 8,72 derajat lintang selatan dan 115,21 bujur timur. PLTS ini dipasang di atap gedung administrasi PT. Indonesia Power Pesanggaran dengan luas atap 826,59 m². PLTS dibangun di bagian utara atap gedung administrasi yang menghadap langsung ke jalan raya atau ke utara. Sehingga orientasi modul surya menghadap ke utara di belakang atap bangunan. Sudut kemiringan modul ke atap bangunan. Sudut kemiringan atap bangunan adalah 22° (K V . [Kumara](#), 2018).

Berdasarkan kajian dan referensi diatas, penelitian ini akan didasari oleh analisis berupa data rata-rata energi yang dihasilkan PLTS serta data *output*, *ekspor-impor* daya ke jaringan PLN. Perhitungan yang dilakukan mengikuti acuan yang ditetapkan oleh *standard* IEC 61724. Hasil studi *performance* penggunaan PLTS Rooftop 3 kWp *frameless with on-grid system* di lingkungan perumahan kori nuansa jimbaran ini diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi oleh masyarakat untuk meningkatkan penggunaan PLTS Rooftop.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Perumahan Jl. Nuansa Udayana Utara IV No.31 Jimbaran. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Maret sampai Agustus 2021 dengan menggunakan teknik pengumpulan data yaitu penelaahan kepustakaan dan metode observasi dilapangan. Analisis data dapat dilihat pada Gambar 3:



Berikut penjelasan pada gambar 3:

1. Pengumpulan Data
Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data, diantaranya sudut kemiringan atap, data iradiasi harian pada bidang array, dan data produksi total energi *array*.
2. Perhitungan Manual
Menghitung beberapa faktor dalam *performance* PLTS, yaitu menghitung YF (*Final Yield*), menghitung YR (*Reference Yield*), dan menghitung PR (*Performance Ratio*).
3. Analisa *Performance*
Analisa dilakukan untuk mengetahui hasil perhitungan dengan pengukuran produksi energi PLTS dan untuk mengetahui apakah *Performance Ratio* PLTS sudah sesuai standar.
4. Kesimpulan

Hasil dan Pembahasan

A. Review PLTS Terpasang

1. Arah Hadapan dan Sudut Kemiringan Panel Surya

Pada desain PLTS rumah tinggal Kori Nuansa Jimbaran menggunakan penyangga tipe tetap, maka dari itu untuk mendapatkan iradiasi optimal, orientasi PV modul diarahkan menghadap ke utara.

Gambar 4.
Sudut Kemiringan Atap Rumah Tinggal Kori Nuansa Jimbaran



Sudut kemiringan panel surya di rumah tinggal Kori Nuansa Jimbaran mengikuti arah kemiringan atap rumah, yaitu 18° diukur menggunakan *Protractor Tool*.

2. Sudut Kemiringan Optimal PLTS

Kemiringan optimal modul (β) ditentukan dengan mencari nilai ketinggian maksimum matahari dalam derajat (α) menggunakan persamaan 1 sebagai berikut (K. V. [Kumara](#) et al., 2018):

$$\alpha = 90^\circ + 8,79^\circ - 23,45^\circ = 75,34^\circ$$

Sedangkan sudut yang harus dibentuk oleh modul PLTS terhadap permukaan bumi (β), dapat diperoleh menggunakan persamaan 2 sebagai

berikut:

$$\beta = 90^\circ - 75,34^\circ = 14,66^\circ$$

Kemiringan optimal modul surya yang dihitung di Perumahan Nuansa Udayana Utara IV No.31 Jimbaran adalah $14,66^\circ$, hal ini tidak sesuai dengan hasil riil dilapangan dimana modul surya akan mengikuti sudut kemiringan atap sehingga sudut kemiringan modul surya adalah 18° .

3. Sudut Kemiringan Optimal PLTS Kori Nuansa Jimbaran

Sistem PLTS pada lokasi penelitian di Jl. Nuansa Udayana Utara IV No.31 beroperasi secara *on-grid* dengan kapasitas 3 kWp menggunakan 13 modul *Jsky Leaf type ST48M255TGP* dengan *brand inverter Growatt MIC 3000TL-X* dengan maksimum daya output 3000 W.

B. Analisa Unjuk Kerja PLTS Rooftop Kori Nuansa

Unjuk kerja dari sebuah PLTS dapat ditentukan dengan beberapa indikator dari standar IEC 61724, yaitu: menghitung *final yield* (YF), *Reference Yield* (YR) dan *Performance Ratio* (PR), namun karena keterbatasan sumber data yang ada pada sistem PLTS Kori Nuansa Jimbaran unjuk kerja hanya dapat disajikan kedalam performa spesifik *Final Yield* ([Hakim, 2020](#)).

1. Perhitungan Besar Daya Output PLTS

Asumsi rugi-rugi (*losses*) sistem PLTS 15% karena keseluruhan komponen sistem yang digunakan masih baru, *losses* terjadi karena beberapa faktor seperti kotoran (debu), temperatur dan kabel penghantar sebesar $\pm 10\%$ dengan *factory losses* 5%. Sehingga besar energi dari panel surya tersebut dikurangi dengan besar *losses*. Besar energi diketahui melalui kapasitas PLTS 255 Wp berjumlah 13 modul, sehingga besar energi dapat dihitung menggunakan persamaan 3 sebagai berikut:

$$P_i = 3.315 \text{ Wp} \times (100\% - 15\%)$$

$$P_i = 2,82 \text{ kWp}$$

Berdasarkan kapasitas panel terpasang didapatkan hasil pengurangan susut panel surya sebesar 2,82 kWp. Berikut analisa energi terhadap radiasi minimum sebesar 3,26 h didapatkan dari data Global Solar Atlas, maka dapat dihitung energi yang dihasilkan panel menggunakan persamaan 4 sebagai berikut:

$$P_{out} = 2,82 \text{ kWp} \times 3,26 \text{ h} = 9,2 \text{ kWh}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan hasil radiasi terendah 9,2 kWh, maka perhitungan radiasi tertinggi didapatkan energi panel surya sebagai berikut:

$$P_{out} = 2,82 \text{ kWp} \times 5,54 \text{ h} = 15,62 \text{ kWh}$$

Pada radiasi tertinggi energi yang dihasilkan panel sebesar 15,62 kWh. Jika menghitung energi rata-rata yang dihasilkan setiap tahunnya adalah menggunakan radiasi rata-rata pada lokasi penelitian dengan PSH 4,39 h, dengan menggunakan persamaan 4 sebagai berikut:

$$P_{out} = 2,82 \text{ kWp} \times 4,39 \text{ h} = 12,38 \text{ kWh}$$

Daya *output* PLTS didapatkan 12,38 kWh, maka dapat dihitung *energy yield* melalui persamaan (8) sebagai berikut:

$$\text{Energy Yield} = \text{Energi Output} \times 365 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Energy Yield} &= 12,38 \text{ kWh} \times 365 \text{ hari} \\ &= 4.518,7 \text{ kWh/tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan *energy yield* didapatkan dari energi yang ditotalkan dari daya susut panel surya terhadap PSH, sehingga *energy yield* didapatkan 4.518,7 kWh/tahun. Berikut adalah tabel besar *output* daya PLTS.

Tabel 1.
Besar Energi PLTS

Energi Radiasi Matahari Terendah (kWh)	Energi Radiasi Matahari Tertinggi (kWh)	Energi Radiasi Matahari Rata-Rata (kWh)	<i>Energy Yield</i> (kWh/Tahun)
9,2	15,62	12,38	4.518,7

2. Perhitungan *Performance Ratio* (PR)

Performance Ratio dikatakan layak berada pada persentase 70%-90% ([Ramadhan et al., 2021](#)). Berikut perhitungan untuk mencari nilai *performance ratio* dari sistem PLTS dengan PSH (*Peak Sun Hour*) sebesar 4,39 h, maka dapat dihitung *energy* ideal menggunakan persamaan (9) sebagai berikut:

$$E \text{ ideal} = P \text{ array} \times \text{Jumlah Modul} \times H \text{ tilt}$$

$$H \text{ tilt} = 4,39 \text{ h} \times 365 \text{ hari} = 1.602,35 \text{ h/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan H_{tilt} didapatkan hasil 1.602,35 h/tahun, hasil ini akan dijadikan sebagai data untuk mencari *energy* ideal, sebagai berikut:

$$E \text{ ideal} = 3.315 \text{ Wp} \times 1.602,35 \text{ h/tahun} = 5.311,79 \text{ kWh/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *Final Yield* (YF) didapatkan sebesar 4.518,7 kWh/tahun (*energy yield*) dan didapatkan nilai 5.311,79 kWh/tahun, maka dapat dihitung nilai *performance ratio* dari sistem PLTS menggunakan persamaan (7) sebagai berikut:

$$PR = 4.518,7 / 5.311,79 \times 100\% = 85\%$$

Hasil perhitungan *performance ratio* didapatkan sebesar 85%, hal ini telah sesuai dengan standar referensi PR yang ada, dimana *range* antara 70% hingga 90%. Hasil PR menunjukkan *performance* daripada sistem PLTS baik karena berada diatas 70% sehingga layak dioperasikan selama waktu teknis berlangsung.

Berdasarkan YF (*energy yield*) dari simulasi HOMER didapatkan sebesar 4.718 kWh/tahun (Gambar 4), maka dapat dihitung PR menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$PR = 4.718/5.311,79 \times 100\% = 89\%$$

Hasil *performance ratio* dari data energi simulasi HOMER didapatkan sebesar 89%, sedangkan pada perhitungan secara riil didapatkan sebesar 85%. Maka dari hasil perbandingan *performance ratio* didapatkan selisih sebesar 4%, dikarenakan faktor *losses* pada sistem PLTS yang digunakan.

3. Simulasi HOMER Produksi PLTS

Desain PLTS di Jl. Udayana Utara Perum Kori Nuansa Jimbaran dengan menggunakan sistem *on-grid* yaitu produksi energi yang dihasilkan PLTS dapat menyuplai beban siang hari dan jika memiliki kelebihan daya, maka sistem akan mencatat melalui tagihan bulanan sebagai ekspor daya. Apabila PLTS tidak dapat mensuplai beban yang ada maka, secara langsung beban rumah tangga akan di *cover* oleh jaringan PLN. Tahap menginput data pada HOMER sebagai indikator untuk mendapatkan hasil adalah sebagai berikut:

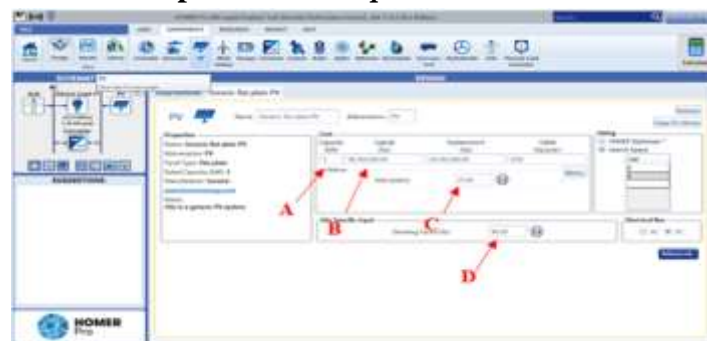
- a. Membuka *software* HOMER.

Gambar 5.
Tampilan Menu Awal HOMER



- b. Memilih komponen PV modul.

Gambar 6.
Tampilan Menu *Input* PV Modul



- 1) Menginput data *Capacity* berdasarkan total daya yang dibangkitkan yaitu 3 kWp

- 2) Pada *Capital* adalah harga dari total PV modul yang diinvestasikan
 - 3) *lifetime* mengikuti dari pada brand produk PV yang digunakan yaitu selama 25 tahun
 - 4) *Derating Factor* adalah efisiensi jika digunakan selama 25 tahun yaitu sebesar 80%
- c. Memilih komponen inverter.

Gambar 7.
Tampilan Menu Inverter



- 1) Menginput data pada *Capacity* sesuai inverter yang digunakan 3 kWp
 - 2) *Capital* atau harga inverter sebesar Rp 12.723.750.
 - 3) Pada *lifetime* diinput berdasarkan umur teknis pemakaian inverter yaitu 15 tahun.
 - 4) Efisiensi inverter 97,60% sesuai spesifikasi dari merk inverter.
- d. Memilih *Load* pada HOMER dengan *default Residential*, karena diperuntukkan untuk rumah tinggal pada variabel A.

Gambar 8.
Tampilan Menu Load



- e. Menentukan lokasi pada HOMER di JL. Nuansa Udayana Utara IV No.31.

Gambar 9.
Lokasi Penelitian



- f. Download data *Resources* Solar GHI dan *Temperature* sesuai lokasi *meteorology* penelitian.

Gambar 10.
Tampilan Menu GHI



Gambar 11.
Tampilan Menu Temperatur



- g. Menginput data pada bagian *Economics*.

Gambar 12.
Tampilan Menu *Economic*



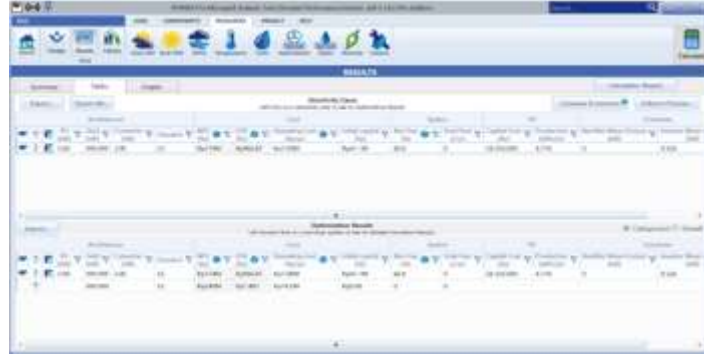
- 1) Pada Nominal *discount rate* adalah nilai suku bunga Bank Indonesia yaitu 3,5%
 - 2) *Expected inflation rate* adalah data inflasi pada tahun 2021 senilai 0,21%
 - 3) *Project lifetime* yang digunakan berdasarkan lamanya komponen baiknya digunakan yaitu selama 25 tahun
 - 4) *System fixed O&M cost* adalah biaya pemeliharaan sistem yaitu sebesar Rp 410.737
 - 5) Pada *Currency* diubah kedalam satuan rupiah.
- h. Menginput data pada *Advanced Grid*.

Gambar 13.
Tampilan Menu *Grid*



- 1) *Input* harga jual energi PLN ke pelanggan pada *Grid Power Price* sesuai Permen ESDM No.17 tahun 2013 yaitu Rp 1.444,70
 - 2) Pada *Grid Net Excess Price* adalah harga jual energi PLTS ke PLN dikali 65%
 - 3) Selanjutnya klik *calculate*.
- i. Hasil dari simulasi HOMER didapatkan gambar sebagai berikut:

Gambar 14.
Hasil Simulasi



Gambar 15.
Hasil Simulasi



Hasil data simulasi HOMER menunjukkan *energi purchased* sebesar 6.152 kWh dan *energi sold* sebesar 1.212 kWh. *Net purchased* adalah hasil dari pengurangan *energi purchased* dan *energi sold*. *Net purchased* menunjukkan angka 4.941 kWh. *Energy charge* merupakan harga yang harus dibayarkan setiap bulannya.

4. Perbandingan Produksi Energi PLTS Perhitungan Terhadap Riil

Data energi yang dihasilkan selama 6 bulan secara riil dengan simulasi HOMER ditampilkan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2.
Produksi Daya Selisih Data Riil dengan Simulasi Homer

Total Produksi PLTS	Homer Simulasi (kWh)	Riil Daya (kWh)	Selisih (%)
Maret	598	348	58,2%
April	499	410	82,2%
Mei	434	456	105,1%
Juni	407	419	102,9%
Juli	397	387	97,5%
Agustus	428	378	88,3%
Total	2.763	2.398	86,8%

Berikut Tabel 2 dimana perhitungan terhadap persentase selisih didapatkan melalui persamaan 10 sebagai berikut:

$$\text{Persentase (\%)} = (\text{Data Riil})/(\text{Data Simulasi}) \times 100\% (10)$$

$$\text{Persentase (\%)} = (348 \text{ kWh})/(598 \text{ kWh}) \times 100\% = 58,2\%$$

Hasil data riil dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya bayangan awan, temperatur dan cuaca yang tiba-tiba berubah menjadi mendung.

Kesimpulan

Modul surya memiliki standar kemiringan antara 13°-15°, namun pada perhitungan sudut kemiringan pada lokasi penelitian adalah sebesar 14,66°. Hal ini berbeda dengan hasil dilapangan, karena sudut kemiringan modul surya mengikuti dari kemiringan atap rumah, sehingga sudut kemiringan modul surya menjadi 18°.

Hasil *performance ratio* terhadap perhitungan riil didapatkan sebesar 85%, sedangkan pada simulasi HOMER besar *persentase performance ratio* sebesar 89%, maka dari hasil perbandingan *performance ratio* didapatkan selisih sebesar 4%, dikarenakan faktor losses pada sistem PLTS yang digunakan. hal ini telah sesuai dengan standar referensi PR yang ada dimana range antara 70% hingga 90%. Hasil PR menunjukkan *performance* daripada sistem PLTS baik karena berada diatas 70% sehingga layak dioperasikan selama waktu umur teknis berlangsung.

BIBLIOGRAFI

- Aditya, M. D. (2018). *Implementasi Kontrol Fuzzy Berbasis Modified Particle Swarm Optimization (Mps) Pada Mobile Based Sistem Penjejak Matahari Pasif Dua Poros Menggunakan Reflektor*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Afriyanti, Y., Sasana, H., & Jalunggono, G. (2020). *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Energi Terbarukan Di Indonesia*. *DINAMIC: Directory Journal of Economic*, 2(3), 865–884. <https://doi.org/10.31002/dinamic.v2i3.1428>
- Azhar, M., & Satriawan, D. A. (2018). *Implementasi kebijakan energi baru dan energi terbarukan dalam rangka ketahanan energi nasional*. *Administrative Law and Governance Journal*, 1(4), 398–412. <https://doi.org/10.14710/alj.v1i4.398-412>
- Azhar, T. B. (2014). *Konsumsi Energi Listrik, Pertumbuhan Ekonomi dan Penduduk terhadap Emisi Gas Rumah Kaca Pembangkit Listrik di Indonesia*. Skripsi Sarjana Fakultas Ekonomi, Universitas Syiah Kuala.
- Hakim, K. (2020). *Desain dan analisa unjuk kerja pembangkit listrik tenaga surya 15 Kw dengan memaksimalkan final yield dan performance ratio pada perkantoran skala kecil-sedang*.
- Ihsan, R. N. (2019). *Faktor Sosial Ekonomi Yang Mempengaruhi Intensitas Emisi Co2 Dalam Merepresentasikan Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia Tahun 1992-2018*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Uin Jakarta.
- Irwan, Y. M., Leow, W. Z., Irwanto, M., Amelia, A. R., Gomesh, N., & Safwati, I. (2015). *Indoor test performance of pv panel through water cooling method*. *Energy Procedia*, 79, 604–611. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.540>
- Komunikasi, B. (2016). *Layanan Informasi Publik dan Kerja Sama Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*. *Jurnal Energi: Program Strategis EBTKE Dan Ketenagalistrikan*. Edisi, 2.
- Kumara, K. V., Kumara, I. N. S., & Ariastina, W. G. (2018). *Tinjauan Terhadap PLTS 24 kW Atap Gedung PT Indonesia Power Pesanggaran Bali*. *E-Journal Spektrum*, 26–35.
- Kumara, S. (2020). *Peta Jalan Pengembangan PLTS Atap Menuju Bali Mandiri Energi*. [10.31219/osf.io/83yxv](https://doi.org/10.31219/osf.io/83yxv)
- Ramadhan, S., Aziz, H., & Diantari, R. A. (2021). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berkapasitas 1, 8 Kwp Sebagai Sumber Energi Green House*. Institut Teknologi PLN. Institut Teknologi PLN.
- Sanusi, A. (2017). *Ir. Wijayanto Samirin, MPP*.
- Satria, H., & Syafii, S. (2018). *Sistem Monitoring Online dan Analisa Performansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN*. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 14(2), 267513. [10.17529/jre.v14i2.11141](https://doi.org/10.17529/jre.v14i2.11141)
- Septianus, E. (2015). *Rancang Bangun Alat Penetas Telur Dengan Sistem Penggerak Otomatis (Pengujian)*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Wicaksana, M. R., Kumara, I. N. S., Giriantari, I. A. D., & Irawati, R. (2019). *Unjuk kerja pembangkit listrik tenaga surya rooftop 158 kWp pada kantor gubernur Bali*. *Jurnal Spektrum*, 6(3).