

PERANCANGAN DAN SIMULASI PLTS ATAP 1 KWP MENGUNAKAN HELIOSCOPE

I Gede Civavisna Brahma¹, I Nyoman Satya Kumara², Ida Ayu Dwi Giriantari³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud No.88, Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali 80361

civavisnabrahma@student.unud.ac.id¹, satya.kumara@unud.ac.id², dayu.giriantari@unud.ac.id³

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang sedang difokuskan perkembangannya. Artikel ini membahas perancangan dan simulasi unjuk kerja PLTS atap 1 kWp menggunakan *Helioscope*. Data input yang diperlukan oleh *Helioscope* adalah spesifikasi teknis PLTS seperti teknologi panel surya, jenis inverter, jumlah dan jenis modul yang dipilih dan luas lahan. Data lokasi yang diperlukan sistem PLTS meliputi koordinat, jenis atap bangunan, lingkungan sekitar PLTS dan data meteorologi. Sistem PLTS atap 1 kWp yang dirancang pada lokasi yang penulis gunakan menggunakan panel *Canadian Solar 195 Wp* sebanyak 7 buah, 1 buah inverter AEC 1 kW, dipasang pada atap bangunan menghadap utara, dan terhubung dengan jaringan pln melalui net meter. PLTS atap 1 kWp ini mampu menghasilkan energi listrik rata-rata harian 5,48 kWh, mingguan 41,07 kWh, bulanan 164,29 kWh, dan tahunan 1971,5 kWh. Produksi energi bervariasi sebesar rata-rata 8% tiap bulan dengan produksi minimum pada bulan Januari sebesar 135,1 kWh dan tertinggi pada bulan Juli sebesar 184,5 kWh. PLTS atap 1 kWp yang dirancang menghasilkan performance ratio 73,6% dengan iradiasi yang diterima dalam setahun mencapai 1859,2 kWh/m². Investasi awal yg diperlukan utk membangun PLTS atap 1 kWp adalah Rp. 20.000.000.

Kata Kunci : Energi Terbarukan, Tenaga matahari, PLTS, PLTS Atap, Simulasi, Unjuk kerja

ABSTRACT

Solar Power Plant (PLTS) as one of the renewable energy sources that is being focused on its development. This article discusses the design and simulation of the performance of a 1 kWp rooftop solar power plant using a Helioscope. The input data required by the Helioscope is PLTS technical specifications such as solar panel technology, inverter type, number and type of modules selected and land area. The location data required by the PLTS system includes the coordinates, the type of roof of the building, the environment around the PLTS and meteorological data. The 1 kWp PLTS roof system designed at the location that the author uses uses 7 pcs Canadian Solar 195 Wp panels, 1 pcs 1 kW AEC inverter, installed on the roof of the building facing north, and connected to the PLN network via a net meter. This 1 kWp rooftop PLTS is capable of producing an average daily average of 5,48 kWh, 41,07 kWh weekly, 164,29 kWh monthly, and annual 1971,5 kWh. Energy production varies by an average of 8% per month with the minimum production in January of 135,1 kWh and the highest in July of 184,5 kWh. The designed 1 kWp PLTS roof produces a performance ratio of 73,6% with the irradiation received in a year reaching 1859,2 kWh/m². The initial investment required to build a 1 kwp PLTS roof is IDR. 20.000.000.

Keywords: Renewable Energy, Sun Power, PLTS, PLTS Rooftop, Simulation, Performance

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang sedang digalakkan perkembangannya. RUEN menjelaskan bahwa Indonesia menargetkan kapasitas PLTS nasional sebesar 6,5 GW pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 45 GW pada tahun 2050. Target nasional kapasitas PLTS tersebut didistribusikan ke 34 wilayah provinsi di Indonesia dimana Provinsi Bali ditetapkan untuk mencapai kapasitas PLTS sebesar 108 MW pada tahun 2025 [1]. Pada tahun 2014, provinsi Bali telah memiliki PLTS terpasang sebesar 2,1 MW [2], sedangkan pada tahun 2020, kapasitas PLTS terpasang Provinsi Bali mencapai 3.7 MW [3]. Hal ini menunjukkan bahwa provinsi telah mengalami peningkatan kapasitas PLTS terpasang sejak tahun 2014 hingga 2020.

Untuk membangun sebuah sistem PLTS saat ini masih diperlukan investasi yang cukup besar. Investasi yang masih cukup besar ini dipengaruhi oleh harga inverter, modul, mounting, kabel serta jasa yang masih cukup tinggi. Komponen-komponen tersebut sebagian besar masih memerlukan impor dari negara lain. Provinsi Bali telah ada beberapa perusahaan yang dapat melakukan pemasangan sistem PLTS yang dapat mendukung implementasi target PLTS yang diharapkan, seperti INECO Solar, Evo Solar, Fuji Home, French Solar dan Baran Energy. Rata-rata harga per Wp sistem PLTS yakni kisaran Rp 18.000/Wp hingga Rp 20.000/Wp.

Sejalan dengan digalakkannya pengembangan PLTS di Indonesia bahkan dunia, berbagai studi mengenai perancangan PLTS khususnya PLTS atap terus ditingkatkan demi tercapainya target pemasangan PLTS di berbagai wilayah. Berbagai studi yang dilakukan ini menggunakan berbagai instrument penelitian agar memudahkan peneliti untuk memperoleh hasil analisis yang diinginkan. Salah satu yang termasuk instrument penelitian yakni dengan menggunakan bantuan *software* untuk pengolahan data serta mengambil keputusan dari skenario yang telah dirancang oleh peneliti. *Software* dengan fitur yang lengkap namun mudah digunakan akan sangat efektif dalam mengerjakan suatu studi khususnya mengenai sistem PLTS. Salah satu

software yang digunakan dalam mendesain suatu sistem PLTS adalah *Helioscope*.

Tulisan ini akan memberikan informasi mengenai *software Helioscope* sebagai *tool* pendukung untuk mendesain serta analisis PLTS yang mencakup sejarah, definisi, fungsi, serta langkah penggunaan dengan studi kasus perancangan PLTS 1 kW. Informasi mengenai *software* ini diharapkan dapat menjadi panduan cepat bagi pembaca yang sedang atau akan melakukan studi atau riset yang berkaitan dengan perancangan sistem PLTS dengan berbagai model dan desain.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Helioscope

HelioScope adalah sebuah program desain berbasis web yang diperkenalkan oleh Folsom Labs yang memungkinkan para peneliti untuk melakukan simulasi lengkap perencanaan berupa tampilan 3D sehingga pengguna mampu mengetahui potensi *shadding* ataupun performa masing-masing panel yang akan di tempatkan dari berbagai bidang posisi.

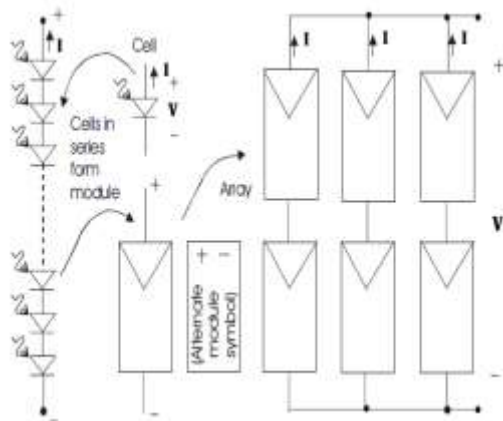
Folsom Labs berdiri pada tahun 2011, dan pada saat itu belum ada aplikasi surya yang dibuat khusus yang dapat memadukan ketelitian ilmiah yang diperlukan untuk pemodelan fisika surya yang dapat diandalkan dengan pengetahuan produk teknis yang diperlukan untuk membuatnya kuat dan mudah digunakan.

Folsom Labs mulai membuat *software HelioScope*, dan sejak itu telah digunakan untuk memodelkan proyek di lebih dari 200 negara dengan desain yang cukup untuk mengimbangi energi ekonomi terbesar di dunia berkali-kali. Pengguna *Helioscope* berkisar dari organisasi multinasional besar hingga bisnis keluarga kecil.

Helioscope memiliki fitur yang sangat membantu dalam melakukan desain PLTS di sebuah atap gedung, adapun fitur yang terdapat pada *software Helioscope* diantaranya yaitu, melakukan desain dalam ruang lingkup 3 dimensi (3D), menghasilkan simulasi elektrikal dengan menampilkan *single line diagram*, membuat proposal (laporan) yang berkualitas dengan waktu yang singkat, menentukan dengan cepat tata letak modul surya berdasarkan kondisi lahan, atap dan penghalang di sekitarnya, melakukan desain

2.2 Teknologi Panel Surya

Sistem fotovoltaik merupakan sistem yang didesain mengenai sel fotovoltaik [4]. Sel fotovoltaik menyerap sinar matahari sebagai sumber energi untuk membangkitkan listrik. Sel fotovoltaik memproduksi daya kurang dari 3 Watt pada tegangan sekitar 0,5 Volt DC sehingga sel fotovoltaik harus dirangkai menjadi konfigurasi seri-paralel untuk memproduksi daya yang cukup [4]. Sel fotovoltaik disusun secara seri membentuk modul fotovoltaik supaya tegangan *output* yang dihasilkan memadai untuk kebutuhan. Modul fotovoltaik biasanya didesain pada tegangan 12 Volt karena sistem fotovoltaik biasanya beroperasi pada tegangan tersebut [4]. Jika *output* yang dihasilkan dari sebuah modul dianggap tidak memadai untuk menyuplai daya maka modul akan disusun menjadi *array*. Ketika modul disusun membentuk *array* dengan susunan seri maka modul diharapkan menghasilkan daya *output* maksimal dengan kondisi arus yang sama, sedangkan ketika modul disusun membentuk *array* dengan susunan paralel maka modul diharapkan menghasilkan daya *output* maksimal dengan kondisi tegangan yang sama.

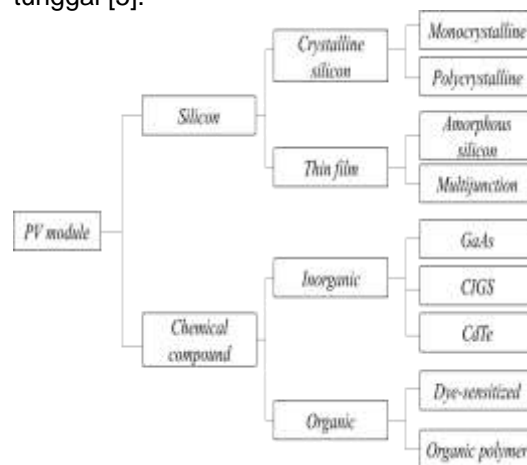


Gambar 1. Sel, modul, *array* [4]

Panel surya *monocrystalline* adalah teknologi panel surya yang pertama sebelum dikembangkan lagi ke generasi panel surya yang baru untuk memenuhi kebutuhan – kebutuhan yang lain. Panel surya dibuat dari *polycrystalline silicon*, sama dengan generasi baru panel surya yaitu panel surya *thin film* [5]. Beberapa jenis teknologi panel surya yang telah tersedia berdasarkan efisiensinya,

durabilitas serta fleksibilitasnya yang bergantung pada kebutuhan. Panel surya terdiri dari bahan semikonduktor, yang dikombinasikan dengan beberapa sifat logam dan beberapa sifat insulator.

Crystalline silicon terbuat dari atom *silicon* yang dihubungkan satu sama lain kemudian membentuk kristal. Terdapat dua tipe *crystalline silicon* yaitu *monocrystalline silicon* dan *polycrystalline silicon*. *Monocrystalline silicon* memiliki efisiensi tinggi dihitung berdasarkan daya *output* panel [5]. *Monocrystalline silicon* dibuat dengan sel kristal tunggal dengan bentuk oval dan kemudian dipotong menjadi pola yang berbeda [5]. *Polycrystalline silicon* memiliki efisiensi yang tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dengan *monocrystalline silicon* [5]. Pembuatan *polycrystalline silicon* yaitu dengan menuangkan *silicon* cair ke dalam cetakan dan tidak dibuat menjadi *silicon* tunggal [5].



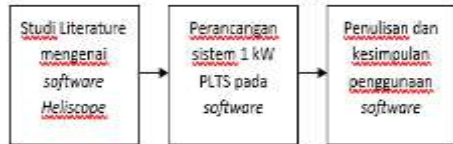
Gambar 2. Berbagai teknologi solar sel [6]

Pemanfaatan panel surya bisa diimplentasi pada berbagai konsep pemasangan serta pada berbagai lokasi, yakni seperti pemanfaatan panel surya pada atap atau sering disebut PV- *rooftop*, panel surya *Ground Mounted* (pemasangan pada permukaan tanah), panel surya terapung *Floating PV*), dll. PLTS juga dapat dirancang dengan berbagai sistem, yakni PLTS on-grid, off-grid serta hybrid.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi pada tulisan ini dengan data sekunder bersumber dari literatur, jurnal, serta web desain dari *Heliscopes*

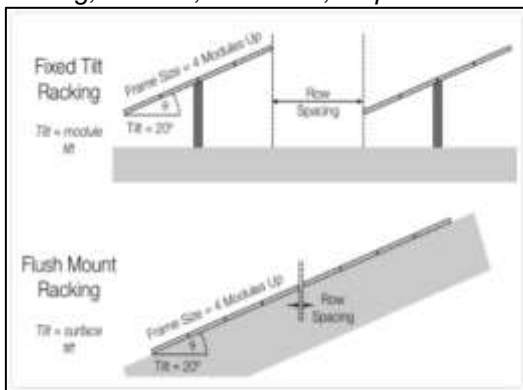
secara langsung. Tulisan ini akan memberikan perancangan sistem PLTS 1 kW sebagai contoh penggunaan *software Helioscope*.



Gambar 3. Skema Perancangan dan Penulisan

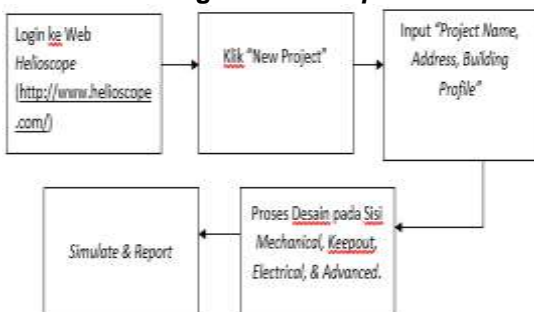
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Helioscope merupakan sebuah *software* simulasi untuk memudahkan mendesain PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Analisis yang dilakukan yakni dengan mempertimbangkan luas area, *shading*, jenis modul, inverter dll. Konsep pemasangan yang ditawarkan juga bermacam-macam seperti *flush mount racking*, *fixed tilt*, *east-west*, *carpot*.



Gambar 4. Perbedaan *Fixed Tilt* dan *Flush Mount Racking*

4.1 Langkah-langkah Perancangan PLTS 1 kW dengan *Helioscope*



Gambar 5 . *Flowchart* Langkah-langkah *Helioscope*

Langkah I

Langkah pertama yang harus dilakukan yakni masuk ke web *helioscope* (<https://www.helioscope.com/>) dan akan muncul tampilan seperti gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Login *Helioscope*

Langkah II.

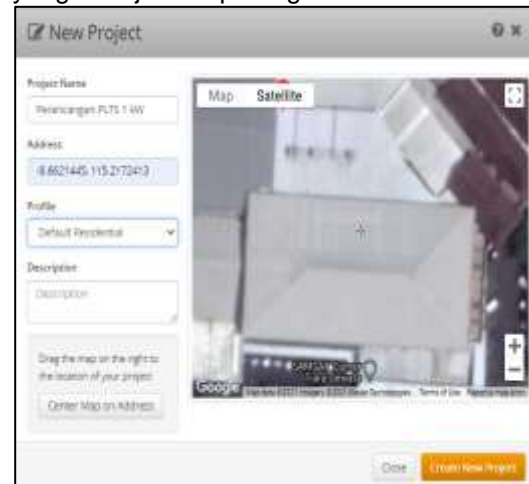
Setelah muncul tampilan seperti gambar 6, pengguna yang telah memiliki akun *helioscope* bisa langsung masuk dan klik ke *button* “*existing user log in*”, sedangkan bagi pengguna yang belum memiliki akun dan apabila ingin melakukan uji coba gratis dapat melakukan registrasi terlebih dahulu. Hal yang harus dilakukan yakni dengan mengisi *email*, nama pertama, nama terakhir, asal perusahaan, serta password.

Langkah III.

Pada langkah ketiga ini pengguna akan ditujukan pada halaman pembuatan proyek langsung atau melihat video training terlebih dahulu

Langkah IV.

Klik “*New Project*” untuk melakukan simulasi perancangan yang baru dan isi beberapa data tentang proyek yang akan dilakukan (nama proyek, alamat, profil bangunan, dan deskripsi proyek), seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Halaman “*New Project*”

Langkah V.

Pada langkah ini akan ditampilkan halaman design yang telah menampilkan gambar satelit lokasi yang pengguna inginkan sebelumnya, seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Halaman Desain

Langkah VI.

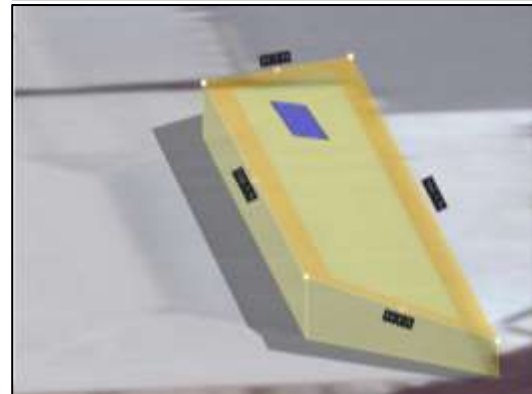
Pada langkah ini ditunjukkan berbagai fitur yang ada pada halaman desain dimana terletak pada pojok kiri atas. Sisi tersebut menunjukkan adanya beberapa fitur yang ditawarkan *helioscope*, yakni terdapat sisi *mechanical*, *keepouts*, *electrical*, serta *advanced*

Sisi mekanikal tersebut tercantum kondisi *layout* dari suatu lahan yang akan dipilih, dengan menambahkan *field segmen* dan klik "new". Setelah menambahkan *field segmen*, pengguna harus memilih lokasi yang akan dipilih untuk meletakkan modul PV dengan menarik garis (gambar 9).



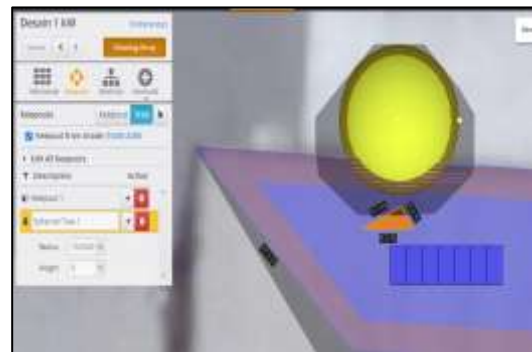
Gambar 9. Pemilihan Lokasi

Setelah memilih lokasi yang akan diletakkan modul PLTS, pengguna harus mengisi beberapa spesifikasi seperti jenis modul yang digunakan, ketinggian bangunan, sudut kemiringan, sudut azimuth pemasangan modul, dll Setelah pengisian *field segment*, pengguna dapat meletakkan modul PLTS pada lokasi yang telah dipilih (Gambar 10).



Gambar 10. Peletakkan Modul PLTS sebanyak 7 modul agar menghasilkan kapasitas 1 kW

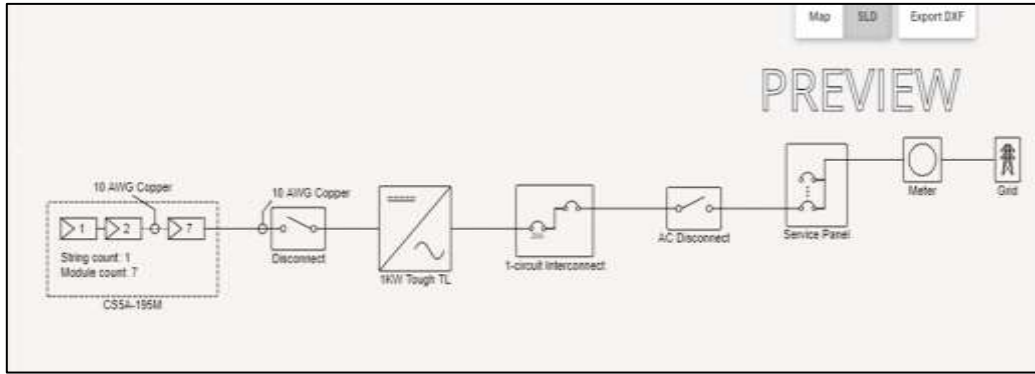
Pada simulasi PLTS 1 kW ini, pengguna tidak menggunakan fitur *keepout* seperti tree, atau gangguan lainnya, karena pada kondisi lokasi tersebut tidak ada gangguan.



Gambar 11. Fitur *Keepouts* apabila Digunakan

Pada sisi elektrikal, akan disediakan sistem kelistrikan DC dan AC. Pada bagian ini harus memilih inverter apa yang akan digunakan serta memilih kapasitasnya.

Pada halaman desain ini juga dapat menampilkan SLD (*Single Line Diagram*) dari desain yang telah dibuat seperti yang ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Single Line Diagram

Pada fitur *advanced*, pengguna dapat menghitung *shading* yang mempengaruhi produksi dari PLTS tersebut. Akan tetapi, pada jurnal ini penulis tidak memberikan *shading* karena pada lokasi yang digunakan tidak ada *shading* yang mempengaruhi.

Langkah VII.

Pada langkah ini, pengguna telah selesai mendesain sistem pada halaman desain yang tertera pada langkah VI. Setelah itu

pengguna harus klik “Save & Exit”. Setelah klik “save & exit”, maka akan muncul halaman untuk menghasilkan *report* dari sistem yang telah dirancang. Pengguna harus klik “simulate” terlebih dahulu.

Setelah klik *simulate*, pengguna dapat mengunduh hasil simulasi dengan klik “show report”. Hasil yang akan disajikan dalam bentuk pdf. atau csv seperti yang ditunjukkan pada gambar 13. Laporan tersebut merupakan laporan produksi tahunan pada sistem PLTS yang dirancang.

Annual Production

| Description | Output | % Delta |
|-------------------------------------|----------------|--------------|
| Annual Global Horizontal Irradiance | 1,912.7 | |
| POA Irradiance | 1,961.3 | 2.5% |
| Shaded Irradiance | 1,961.3 | 0.0% |
| Irradiance after Reflection | 1,897.2 | -3.3% |
| Irradiance after Shading | 1,854.2 | -2.0% |
| Total Collector Irradiance | 1,859.2 | 0.0% |
| nameplate | 2,537.3 | |
| Output at Irradiance Levels | 2,332.7 | -9.2% |
| Output at Cell Temperature Derate | 2,098.7 | -12.1% |
| Output After Mismatch | 2,065.2 | -1.6% |
| Optimal DC Output | 2,064.2 | 0.0% |
| Constrained DC Output | 2,064.0 | 0.0% |
| Inverter Output | 1,961.4 | -4.0% |
| Energy to Grid | 1,971.5 | -0.5% |

Temperature Metrics

| | |
|-----------------------------|---------|
| Avg. Operating Ambient Temp | 28.2 °C |
| Avg. Operating Cell Temp | 50.1 °C |

Simulation Metrics

| | |
|-----------------|------|
| Operating Hours | 4606 |
| Scheduled Hours | 4606 |

Condition Set

| Description | Condition Set 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-----------|-------------------|---|-------------------|-----------|-------|--------|-----|-------------|-------|---------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weather Dataset | TMY, 10km Grid, meteorium (meteorium) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solar Angle Location | Meters Lat/Lng | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Transposition Model | Perov Model | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperature Model | Sandia Model | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperature Model Parameters | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Back Type</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>Temperature Units</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fixed Tpt</td> <td>-3.56</td> <td>-0.075</td> <td>3°C</td> </tr> <tr> <td>Flush Mount</td> <td>-2.01</td> <td>-0.0405</td> <td>0°C</td> </tr> </tbody> </table> | Back Type | a | b | Temperature Units | Fixed Tpt | -3.56 | -0.075 | 3°C | Flush Mount | -2.01 | -0.0405 | 0°C | | | | | | | | | | | | |
| Back Type | a | b | Temperature Units | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fixed Tpt | -3.56 | -0.075 | 3°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Flush Mount | -2.01 | -0.0405 | 0°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Soiling (%) | <table border="1"> <thead> <tr> <th>J</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>A</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Inclusion Variance | 0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cell Temperature Spread | 4°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Module Bypass Range | 2.5% to 2.5% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AC System Device | 0.50% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Module Characterizations

| Module | Uploaded By | Characterization |
|----------------------------|--------------|---------------------------|
| CSSA-195M (Canadian Solar) | Potomac Labs | Manufacturer Default (PM) |

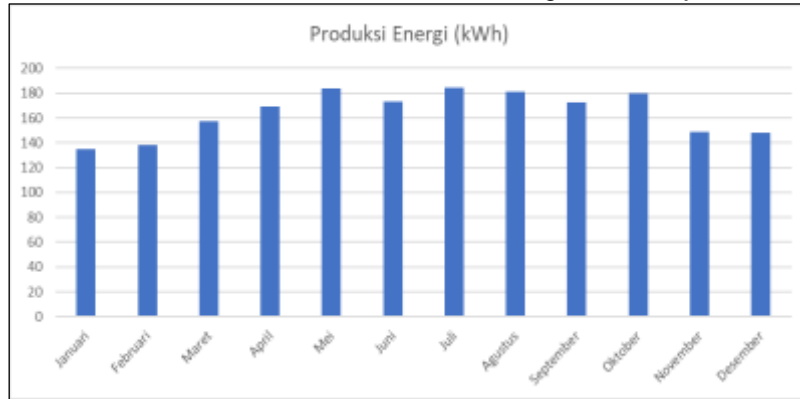
Component Characterizations

| Device | Uploaded By | Characterization |
|--------------------|--------------|------------------|
| 1kW Tough TL (AFC) | Potomac Labs | Spec Sheet |

Gambar 13. Hasil Simulasi

Pada gambar 13 dijelaskan hasil sistem rancangan PLTS 1 kW dalam setahun. Produksi tahunan yang diperoleh pada sistem tersebut mencapai 1972 MWh dengan *performance ratio* 73,6%. Iradiasi yang diterima dalam setahun mencapai 1859,2 kWh/m². Inverter yang digunakan yakni berkapasitas 1 kW dan modul PLTS

dengan kapasitas maksimum 1,37 kW. Satu modul yang digunakan yakni dengan kapasitas 195 Watt, dan dipasang sebanyak 7 buah. Konsep peletakan PLTS ini adalah PLTS atap atau pada *software* disebut dengan *Flush Mount Racking* dengan pemasangan *portrait* dan kemiringan 10 derajat.



Grafik 14. Produksi Energi PLTS per Bulan

Tabel 1. Produksi Energi Per Bulan

| Bulan | Produksi Energi (kWh) per Bulan |
|-----------|---------------------------------|
| Januari | 135,1 |
| Februari | 138,5 |
| Maret | 157,3 |
| April | 169,2 |
| Mei | 183,6 |
| Juni | 173,5 |
| Juli | 184,5 |
| Agustus | 181,3 |
| September | 172,4 |
| Oktober | 179,6 |
| November | 148,7 |
| Desember | 147,7 |

Tabel 2. Produksi Energi

| Produksi Energi Rata-Rata Per Tahun (kWh) | Produksi Energi Rata-Rata Per Bulan (kWh) | Produksi Energi Rata-Rata Mingguan (kWh) | Produksi Energi Rata-Rata Harian (kWh) |
|---|---|--|--|
| 1971,5 | 164,29 | 41,07 | 5,48 |

Pada tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata produksi energi terendah berada pada bulan Januari sebesar 135,1 kWh, sedangkan rata-rata produksi tertinggi terdapat pada bulan Juli yakni sebesar

184,5 kWh. Pada tabel 2 menunjukkan bahwa produksi tahunan yang diperoleh pada sistem yakni sebesar 1971,5 kWh, rata-rata

per bulan sistem mencapai 164,29 kWh, dan rata-rata produksi harian sistem mencapai 5,48 kWh

5. SIMPULAN

Penggunaan *software Helioscope* sangat memudahkan pengguna untuk melakukan desain serta analisis produksi energi pada sebuah sistem PLTS. Prinsip kerja dari simulasi ini menggunakan data input berupa spesifikasi teknis PLTS seperti teknologi panel surya, jenis inverter, jumlah dan jenis modul yang dipilih dan luas lahan, sedangkan data lokasi sistem PLTS meliputi koordinat, jenis atap bangunan, lingkungan sekitar PLTS dan data meteorologi.

Berbagai konsep pemasangan PLTS yang ditawarkan *Helioscope* sudah mencakup kondisi riil (kondisi lapangan) pemasangan PLTS yang ada seperti adanya konsep *fixed tilt* dan *ground mounted*. Fitur-fitur yang terdapat pada *software* ini seperti *mechanical*, *keepouts*, *electrical* merupakan fitur utama yang sangat mendukung analisis sistem PLTS yang akan dirancang. Diharapkan *software*

ini akan terus berkembang dan terus melakukan pembaharuan jenis-jenis PLTS maupun jenis inverter seiring berkembangnya teknologi PLTS yang semakin banyak jenisnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wicaksana. M. R, Kumara. I. N. S, and Irawati. R. " Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 kWp Pada Kantor Gubernur Bali." *Jurnal Spektrum Vol. 6, No. 3*
- [2] Kumara, I. N. S., Ariastina, W. G., Sukerayasa, I. W., & Giriantari, I. A. D. (2014, October). On the potential and progress of renewable electricity generation in Bali. In *2014 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)* (pp. 1-6). IEEE
- [3] Pawitra, A. A. G. A., Kumara, I. N. S., Ariastina, W. G. (2020). Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*.
- [4] Indonesia Gov, Peraturan Presiden 22/2017 – Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), 2017.
- [5] Messenger, Roger A., and Jerry Ventre. "Photovoltaic systems engineering." (2004).
- [6] Romadhoni, M. N. A., Erlina, E., & Azzahra, S. (2020). *Perencanaan Pembangunan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On Grid Pada Atap Gedung (Roof Top) Berkapasitas 10 kWp di Inspektorat Daerah Kota Samarinda* (Doctoral dissertation, INSTITUT TEKNOLOGI PLN).
- [7] Rizkasari, D., Wilopo, W., & Ridwan, M. K. (2020). Potensi Pemanfaatan Atap Gedung untuk Plts di Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral (Pup-esdm) Provinsi Daerah Istimewa YOGYAKARTA. *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, 1(2), 104-112.
- [8] Ikhsan, R., Sara, I. D., & Lubis, R. S. (2016). Kajian Energi Penerapan *Building Applied Photovoltaics* (BAPV) Pada Atap Gedung Politeknik Aceh. *J-Innovation*, 5(2), 1-6.
- [9] Nugroho, A. (2020). *Perancangan Pembangkit Listrik Building Integrated Photovoltaic (BIPV) On-Grid System (Studi Kasus: Gedung Rektorat UIN SUSKA Riau)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).
- [10] Suropto, H., & Fathoni, A. (2021). Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya; sebuah review berdasarkan data histori, metode analisis, dan nilai ekonomi. *Jurnal Aptek*, 13(1), 33-41.
- [11] Website resmi Helioscope dengan laman <https://www.helioscope.com/> Diakses pada Tanggal 15 Juli 2021