

# UNJUK KERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP 158 KWP PADA KANTOR GUBERNUR BALI

M.R. Wicaksana<sup>1</sup>, I.N.S. Kumara<sup>2</sup>, I.A.D Giriantari<sup>3</sup>, R. Irawati<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali.

<sup>4</sup>P3TKEBTKE Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.

Email : risarwicaksana@yahoo.co.id<sup>1</sup>, satya.kumara@unud.ac.id<sup>2</sup>,  
dayu.giriantari@unud.ac.id<sup>3</sup>, r\_yina96@yahoo.com<sup>4</sup>

## Abstrak

Pemerintah Provinsi Bali bekerja sama dengan Kementerian ESDM dalam pengembangan PLTS rooftop 158 kWp yang terhubung ke jaringan PLN. Energi yang dihasilkan hingga saat ini telah mengurangi suplai energi listrik dari PLN pada area Kantor Gubernur Bali. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energi yang dihasilkan oleh PLTS 158 kWp tersebut. Produksi energi di estimasi menggunakan *HelioScope*. Data yang diperlukan antara lain lokasi PLTS, dan spesifikasi teknis PLTS. Simulasi menghasilkan data energi total dalam satu tahun sebesar 249.764 kWh/tahun dengan energi tertinggi terjadi pada bulan Mei sebesar 24.172 kWh dan energi terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 16.226 kWh.

**Kata kunci** : Energi terbarukan, PLTS, Unjuk kerja, Atap bangunan, *HelioScope*

## Abstract

The Provincial Government of Bali is collaborating with the Ministry of Energy and Mineral Resources for the developing a 158 kWp rooftop solar power plant that connected to the grid of PLN. The energy produced so far has reduced the supply of electricity from PLN in the Bali Governor's Office area. The purpose of research studies is know the potential energy produced by solar power plant 158 kWp. Energy production is estimated using *HelioScope* simulation. Data needed includes location of the solar power plant, and solar power plant technical specifications. The simulation produces total energy data in a year of 249,764 kWh/year with the highest energy occurring in May of 24,172 kWh and the lowest energy occurring in January of 16,226 kWh.

**Keywords**: Renewable energy, Solar power plant, Performance, Rooftop, *HelioScope*.

## 1. PENDAHULUAN

Rencana Umum Energi Nasional yang disingkat RUEN merupakan kebijakan Pemerintah Pusat mengenai rencana pengembangan energi tingkat nasional yang menjadi penjabaran dan rencana pelaksanaan Kebijakan Energi Nasional yang bersifat lintas sektor untuk mencapai sasaran Kebijakan Energi Nasional. RUEN membahas pedoman untuk mengarahkan pengelolaan energi nasional guna mewujudkan kemandirian energi dan ketahanan energi nasional dalam mendukung pembangunan nasional berkelanjutan. Pembangkitan energi listrik yang telah dilakukan saat ini masih mengandalkan energi fosil yang kontribusi sebesar 95%. Pemanfaatan EBT baru

mencapai 2% dari total potensi EBT yang ada. Potensi tersebut menjadi dasar rencana pengembangan EBT paling sedikit 23% dari total bauran energi pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% dari total bauran energi primer pada tahun 2050 [1]. Namun demikian, dalam RUEN yang telah ditetapkan pemerintah akan terus meningkatkan pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan (EBT).

Provinsi Bali saat ini sudah memiliki beberapa PLTS berskala besar diantaranya adalah PLTS Karangasem dan PLTS Bangli yang masing-masingnya berkapasitas 1 MW On-Grid. Berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) Tahun 2017 sampai dengan 2026, bauran energi dari

energi baru dan terbarukan (EBT) hanya sebesar 12,9 %. Jika dirinci, bauran energi EBT yang terbesar datang dari air sebesar 7,8%, panas bumi 4,3% dan EBT lain sebesar 0,8%. Sedangkan untuk kondisi di Bali, energi listrik yang berasal dari energi baru dan terbarukan hanya sekitar 1% dari total pembangkit listrik di Bali [12]. Pemerintah perlu mengembangkan EBT lebih lanjut dikarenakan pengembangan EBT di wilayah Provinsi Bali masih sangat kurang sehingga pemerintah perlu segera mengembangkan dan mengoptimalkan energi tersebut mengingat permintaan listrik terutama di wilayah Provinsi Bali terus meningkat tiap tahunnya. Bali yang merupakan tujuan destinasi wisata membuat banyak gedung-gedung perhotelan maupun tempat-tempat hiburan yang membutuhkan daya listrik yang tidak sedikit.

Salah satu upaya untuk mencapai target RUEN yang telah dicanangkan tersebut adalah dengan pengembangan PLTS berskala besar mulai dari kapasitas 100 kW hingga 500 kW diseluruh wilayah Indonesia yang berpotensi untuk dibangun PLTS. Dalam hal ini kementerian ESDM telah berkolaborasi dengan Pemerintah Provinsi Bali telah melakukan pembangunan infrastruktur pembangkit listrik tenaga surya/solar atau PLTS di Kantor Gubernur Bali sebagai proyek percontohan pada akhir tahun 2016. Pemasangan sebanyak 640 grid solar panel berteknologi *smart microgrid* tersebut diharapkan menghemat pengeluaran membayar listrik sekaligus membantu program Bali Clean and Green. PLTS dengan sistem jaringan mikro pada area perkantoran ini terletak pada atap lapangan tennis, tepatnya di bagian atap lapangan tennis area Kantor Gubernur Bali. PLTS ini akan dikoneksikan dengan baterai penyimpanan, lalu digabungkan ke jaringan distribusi PLN yang sudah ada di Kantor Gubernur Bali.

Salah satu cara mengetahui produksi energi pada suatu PLTS perlu dilakukan penelitian menggunakan sebuah simulasi pada software yang memiliki kemampuan dalam memprediksi hasil energi dari PLTS berdasarkan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam simulasi pada software tersebut. Software yang digunakan dalam menganalisis potensi PLTS Kantor Gubernur Bali, dalam penelitian ini adalah *HelioScope*.

Berdasarkan hal tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi produksi energi pada PLTS Kantor Gubernur Bali menggunakan software *HelioScope*.

## 2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

### 2.1 *Smart Microgrid*

Kantor Gubernur Bali telah menerapkan energi baru terbarukan sebagai bagian dalam membantu menyuplai energi listrik pada beban-beban yang terdapat pada area Kantor Gubernur Provinsi Bali pada akhir tahun 2016 yang terdiri dari beberapa pembangkit yaitu PLTS, PLTB dan PLTD dengan sistem *Smart Microgrid* yang merupakan jaringan skala kecil yang terdiri dari pembangkitan tersebar (*distributed generation*), yang meliputi *microturbine*, *fuel cell*, PV dan energi terbarukan lainnya, dengan dilengkapi media penyimpanan energi (*flywheels*, kapasitor energi dan baterai) serta beban. *Microgrid* biasanya beroperasi pada tegangan rendah dan bekerja dengan kondisi terhubung ke jaringan (*grid – connection*) dan tidak terhubung ke jaringan (*islanded*), dapat beroperasi dengan aliran daya 2 arah yaitu dari jaringan menuju sistem *microgrid*, dan dari sistem *microgrid* menuju jaringan. sehingga dapat meningkatkan keandalan serta ramah lingkungan karena menggunakan sumber energi terbarukan.

### 2.2 Komponen PLTS

Pada suatu sistem PLTS tentu terdapat komponen-komponen penyusun yang mendukung terjadinya pembangkitan energi listrik, diantaranya adalah PV *array* yaitu kumpulan dari modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor yaitu *silicon*, panel surya dapat mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik.



Gambar 1. Panel surya [5]

Selain itu PLTS juga terdiri dari beberapa komponen utama yaitu modul surya sebagai pembangkit listrik, inverter untuk mengkonversi sistem tegangan DC menjadi sistem tegangan AC, *charger controller* yang menjaga kondisi baterai agar terhindar dari *overcharge* dan baterai sebagai media penyimpanan energy. Berdasarkan konfigurasi PLTS dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu PLTS terhubung dengan jaringan (*on-grid*) dan PLTS tidak terhubung dengan (*off-grid*)

### 2.3 Faktor yang Mempengaruhi Produksi Energi PLTS

Keberhasilan produksi dari PLTS pada Kantor Gubernur Bali ini tidak terlepas dari berbagai macam faktor yang mempengaruhi hasil produksi, unjuk kerja PLTS ini perlu diperhatikan mengingat banyak faktor yang mempengaruhi kinerja pembangkit dan hasil energi listrik yang diproduksi nantinya. Faktor – faktor yang mempengaruhi produksi energi listrik PLTS adalah iradiasi matahari, energi yang dihasilkan modul surya dapat menurun atau meningkat tergantung dari iradiasi matahari pada lokasi pengukuran, suhu modul surya juga mampu mempengaruhi hasil energy yang dibangkitkan karena energi yang dihasilkan menurun seiring dengan meningkatnya suhu tergantung dari besarnya koefisien suhu pada modul surya. Penurunan produksi energi akibat pengaruh dari kenaikan suhu adalah sekitar 0,4% setiap peningkatan 1°C., *shading (bayangan)* yaitu benda-benda disekeliling PLTS yang menghalangi peninaran matahari ke modul surya sehingga mengurangi nilai iradiasi matahari yang ditangkap oleh modul surya, tingkat kebersihan modul surya juga mampu mempengaruhi hasil energi yang dibangkitkan oleh PLTS dikarenakan kotoran atau debu yang menghalangi sel surya dalam menerima sinar matahari, terakhir adalah sudut kemiringan serta orientasi pemasangan modul surya perlu diperhatikan agar panel surya mampu menyerap sinar matahari dengan baik dan menghasilkan *output* energi yang telah ditargetkan.

### 2.4 Simulasi Dengan HelioScope

*HelioScope* merupakan sebuah program berbasis web yang diperkenalkan oleh Folsom Labs yang memungkinkan

para insinyur untuk melakukan simulasi lengkap perencanaan berupa tampilan 3D sehingga pengguna mampu mengetahui potensi shading ataupun performa masing-masing panel yang akan di tempatkan dari berbagai bidang posisi.

Prinsip kerja dari simulasi ini menggunakan data input berupa spesifikasi teknis PLTS seperti teknologi modul surya, jenis inverter, jumlah dan jenis modul yang akan digunakan, dan luas area PLTS, sedangkan data lokasi PLTS mencakup koordinat, jenis atap bangunan, lingkungan sekitar PLTS dan data meteorologi pada Kantor Gubernur Bali.



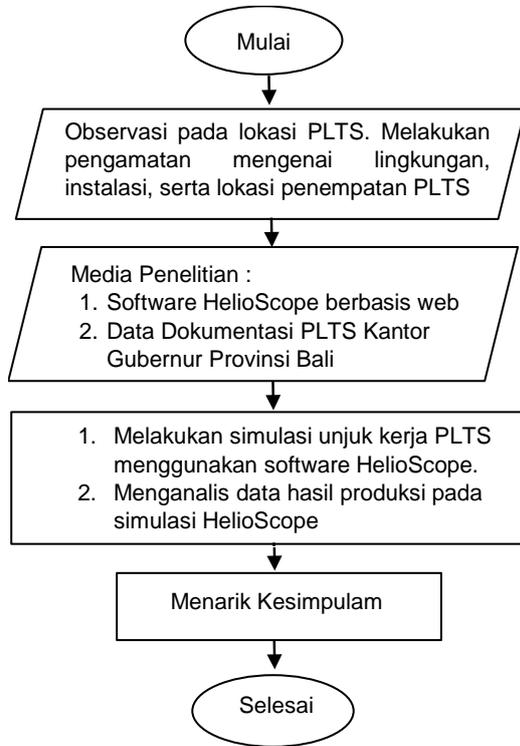
Gambar 2. Tampilan aplikasi *HelioScope*

Data yang digunakan *HelioScope* adalah data cuaca yang berasal dari stasiun cuaca di seluruh dunia dengan analisis TMY *weather* yaitu pemilihan kondisi cuaca yang sesuai dengan keadaan saat itu berdasarkan data 30 tahun terakhir. Setelah disimulasikan maka akan didapatkan hasil berupa data estimasi produksi energi pada Kantor Gubernur Bali. Hasil simulasi yang diperoleh oleh *HelioScope* tidak bisa menjadi acuan sepenuhnya dalam perkiraan energi yang dihasilkan oleh PLTS Kantor Gubernur Bali, dikarenakan ada beberapa faktor yang mampu mempengaruhi PLTS dalam membangkitkan energi listrik pada kondisi riil sebagai contoh debu dan kotoran yang bisa terdapat kapan saja pada panel surya.

## 3. METODE PENELITIAN

Tahap awal penelitian ini adalah melakukan observasi untuk mengetahui lokasi, konfigurasi dan spesifikasi sistem PLTS pada Kantor Gubernur Bali. Selanjutnya melakukan simulasi dengan software *HelioScope*. Tahap selanjutnya mengumpulkan data dokumentasi pada PLTS Kantor Gubernur Bali. Selanjutnya

melakukan simulasi unjuk kerja PLTS menggunakan software dan menganalisis data hasil produksi pada simulasi yang telah dilakukan. Terakhir setelah dilakukan analisis, didapatkan kesimpulan mengenai estimasi hasil produksi energi pada PLTS Kantor Gubernur Bali.



#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

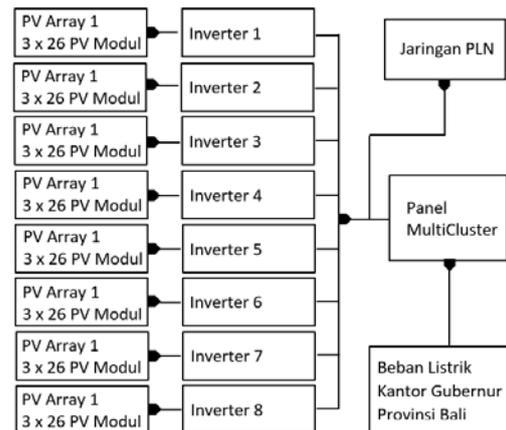
##### 4.1 Sistem PLTS *Smart Microgrid* Kantor Gubernur Bali

Pembangkit Listrik Tenaga Surya dibangun di atas Lapangan Tenis dengan luas lahan 1,537.87 m<sup>2</sup>. Pembangunan dimulai sejak pertengahan 2016 dan mulai beroperasi pada akhir tahun 2016 berkat kerjasama antara Kementerian ESDM dan Pemerintah Bali. Secara geografi PLTS terletak pada koordinat 8°40'07" lintang selatan, 115°,14'08" bujur timur dengan ketinggian ± 15 meter diatas permukaan laut. Tampak atas dari lokasi PLTS menggunakan Google Earth dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan lokasi PLTS

PLTS Kantor Gubernur Provinsi Bali mampu menghasilkan energi listrik sebesar 158 kWp dengan terhubung ke jaringan PLN yang digunakan dalam menyuplai beban listrik yang ada pada area gedung-gedung pada Kantor Gubernur Bali. Single line diagram sistem pembangkitan energi listrik dengan sistem *Smart Microgrid* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. *Single line diagram* PLTS dengan *Smart Microgrid*

Sistem *Smart Microgrid* pada Kantor Gubernur Bali memiliki sistem monitoring yang berfungsi mencatat data dan operasi dari keseluruhan sistem, termasuk operasi PLTS, serta terkoneksi dengan monitor lokal dan terhubung dengan jaringan internet sehingga dapat diakses oleh komputer pusat P3TKEBTKE sehingga dapat dipantau secara *realtime*.

##### 4.1.1 PLTS Kantor Gubernur Bali

PLTS *Smart Mikrogrid* Kantor Gubernur Bali terdiri dari 8 *PV array* dimana masing-masing *PV array* terdiri dari 3 *PV string* dengan masing masing *PV string* berjumlah 26 modul surya dimana masing-

masing modul tersusun secara seri dengan total modul keseluruhan mencapai 624.



**Gambar 5. PLTS yang dibangun diatas lapangan tennis [5]**

PLTS *Smart Mikrogrid* Kantor Gubernur Bali menggunakan inverter dengan tipe *Sunny Tripower 20000TL-30*. Inverter ini berfungsi mengubah arus DC yang dihasilkan oleh solar panel menjadi arus AC yang digunakan untuk mensuplai energi listrik pada beban di Kantor Gubernur Bali. Inverter *Sunny Tripower* ditunjukkan pada gambar 6.



**Gambar 6. Inverter Sunny Tripower 20000TL [5]**

Pada setiap inverter memiliki input 1 *PV array*, dimana terdapat 8 *PV array* sehingga dibutuhkan 8 inverter *Sunny Tripower 20000TL*.

#### 4.1.2 Teknologi *Photovoltaic*

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atau PV yang berada di atap lapangan tennis yang berada pada area

Kantor Gubernur Bali ini memiliki kapasitas maksimal 255 Watt pada setiap modulnya. Secara keseluruhan, PLTS ini memiliki kapasitas pembangkitan energi listrik hingga  $624 \times 255 \text{ Watt} = 158 \text{ kWp}$ . Merk PLTS yang digunakan yaitu *SunTech* dengan model STP255-20/Wem.

**Tabel 1. Spesifikasi SunTech Model STP225-20/Wem [14].**

Product SunTech (Made In China)	
Model : STP255-20/Wem	
Electrical Characteristics	
<b>STC (Standar Test Condition)</b>	
Maximum Power at STC (Pmax)	255 W
Power Tolerance	0/+5 W
Optimum Operating Current (Imp)	8.28 A
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.8 V
Short Circuit Current (Isc)	8.76 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.6 V
Operating Cell Temperature	45°C ± 2°C
Module Efficiency	15.7%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C
Maksimum System Voltage	1000 V
Maximum Series Fuse Rating	20 A
Weight	18.2 kg
Dimension	1640mm x 99mm x 35mm
All Technical Data at Standard Test Condition	
AM = 1.5 E=1000 W/m <sup>2</sup> Tc=25 °C	

Tabel 1 menunjukkan spesifikasi modul PV SunTech yang digunakan pada PLTS Kantor Gubernur Bali. Spesifikasi tersebut berdasarkan hasil pengujian *Standard Test Condition* (STC) yaitu dengan kondisi suhu panel stabil sebesar 25°C, *irradiance* yang jatuh pada panel stabil sebesar 1000 W/m<sup>2</sup> dengan spektrum cahaya AM 1,5. Daya maksimal yang dapat diperoleh pada kondisi ini yaitu sebesar 255 W, Vp maksimal 30,8 V dan Ip maksimal 8,28 A.

#### 4.2 Hasil Simulasi HelioScope

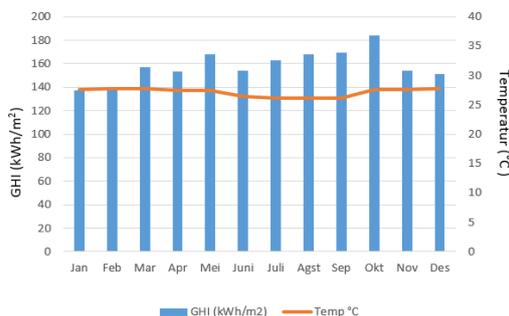
Simulasi yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui potensi energi dalam setahun yang didapat pada PLTS Kantor Gubernur Bali. Produksi energi yang telah didapatkan dari hasil simulasi

menggunakan software HelioScope telah ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Produksi Energi PLTS Menggunakan Simulasi HelioScope.

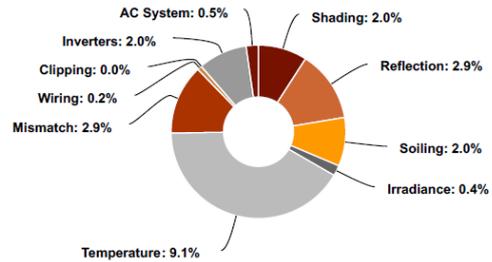
Bulan	GHI (kWh/m <sup>2</sup> )	Temp °C	HELIOSCOPE Energy Output (kWh)
Jan	137,06	27,6	16226
Feb	139,01	27,7	16959
Mar	157,01	27,7	19785
Apr	153,07	27,5	21956
Mei	168,09	27,5	24172
Juni	154,02	26,5	22792
Juli	163,08	26,2	24100
Agst	168,03	26,1	23571
Sep	169,08	26,2	22047
Okt	184,05	27,6	22478
Nov	154,01	27,6	18031
Des	151,08	27,7	17647
<b>Total Satu Tahun</b>			<b>249.764</b>

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa potensi energi listrik yang mampu dibangkitkan PLTS per tahun sebesar 249.764 kWh dengan produksi tertinggi terjadi pada bulan Mei dengan hasil produksi energi sebesar 24.172 kWh dan hasil produksi energi terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 16.226 kWh. Sedangkan untuk data irradiansi tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 184.05 kWh/m<sup>2</sup> dan irradiansi terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 137.06 kWh/m<sup>2</sup>. Suhu lingkungan selama satu tahun berkisar 26°C sampai dengan 28°C. Grafik irradiansi matahari dan suhu yang diterima PLTS ditunjukkan pada gambar 7.



**Gambar 7.** Irradiansi matahari dan suhu di Kantor Gubernur Bali

Selain menunjukkan hasil irradiansi dan hasil produksi PLTS, pada simulasi HelioScope juga menunjukkan adanya rugi-rugi daya yang terjadi dan telah ditunjukkan pada gambar 8.



**Gambar 8.** Komposisi rugi daya pada PLTS 158 kWp Kantor Gubernur Bali

Berdasarkan gambar 8 besaran rugi-rugi daya yang terjadi disebabkan oleh suhu temperatur modul surya sebesar 9.1% sedangkan rugi-rugi daya terkecil disebabkan oleh penghantar sebesar 0.2%.

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan didapat beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Estimasi produksi energi yang didapat melalui simulasi menggunakan software HelioScope selama satu tahun sebesar 249.764 kWh dengan hasil produksi terbesar terjadi pada bulan mei sebesar 24.172 kWh dan produksi terendah terjadi pada bulan januari sebesar 16.226 kWh.
2. Selain menunjukkan hasil irradiansi dan hasil produksi PLTS simulasi HelioScope juga menunjukkan adanya rugi-rugi daya pada PLTS yang disebabkan oleh suhu temperatur modul surya sebesar 9.1% sedangkan rugi-rugi daya terkecil disebabkan oleh penghantar sebesar 0.2%.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indonesia Gov, Perpres 22/2017 – Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). 227, 2017
- [2] PT. PLN. (Persero), Rencana usaha Penyediaan Tenaga Listrik, Jakarta: PT PLN (Persero) 2017-2026, 2017.

- [3] K. RI, Blue Print Pengelolaan Energi Nasional, Jakarta, 2006-2025, p. Jakarta.
- [4] ABB, Technical Application Papers No.10 Photovoltaic Plants., Bergamo, Italy: ABB SACE, 2010.
- [5] N. S. Kumara, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Urban Dan Ketersediannya di Indonesia," *Teknologi Elektro*, Vols. 9, No.1, pp. 68-75, 2010.
- [6] Dokumentasi Pilot Project Smart Grid in Microgrid Kantor Gubernur Provinsi Bali, 2019.
- [7] HelioScope, Desain Simulasi PLTS 158 kWp dengan HelioScope, 2019.
- [8] E. T. A. Duka, I. N. Setiawan and A. I. Weking, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung," *E-Journal SPEKTRUM*, Vols. 5, No.2, pp. 67-73, 2018.
- [9] I. K. A. Setiawan, I. N. S. Kumara and I. W. Sukerayasa, "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWp Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih, Bangli," *Teknologi Elektro*, Vols. 12, No.1, pp. 27-33, 2014.
- [10] P. A. Sujana, I. N. S. Kumara and I. A. D. Giriantari, "Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Unjuk Kerja PLTS," *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 2 No. 3, pp. 49-54, 2015.
- [11] I. N. S. Kumara, I. N. Setiawan, T. Urme, A. A. G. A. Parwitra, Y. Divayana and A. Jaya, "Implementation of Grid-connected PV Plant in Remote Location in Sumbawa Island of Indonesia: Lesson Learned," *ICSGTEIS*, pp. 203-209, 2018.
- [12] I. D. G. Y. P. Pratama, I. N. S. Kumara and I. N. Setiawan, "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung Untuk PLTS Rooftop," *E-Journal SPEKTRUM*, Vols. 5, No. 2, pp. 119-128, 2018.
- [13] K. V. Kumara, I. N. S. Kumara and W. G. Ariastina, "Tinjauan Terhadap PLTS 24 kW Atap Gedung PT Indonesia Power Pesanggaran Bali," *E-Journal SPEKTRUM*, Vols. 5, No.2, pp. 26-35, 2018.
- [14] Suntech-power. 265 Watt. STP265-20/Wem(265\_260\_255), 2016