

# PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) OFF GRID DI PT. GEBER SAMUDRA

Suryo Aji Wicaksono<sup>1</sup>, Rukmi Sari Hartati<sup>2</sup>, I Wayan Sukerayasa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Energi dan Sistem Tenaga Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>2</sup>Energi dan Sistem Tenaga Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud No.88, Jimbaran

[suryoajiwicaks@gmail.com](mailto:suryoajiwicaks@gmail.com), [rukmisari@unud.ac.id](mailto:rukmisari@unud.ac.id), [sukerayasa@unud.ac.id](mailto:sukerayasa@unud.ac.id)

## ABSTRAK

Indonesia memiliki peluang besar untuk memanfaatkan sumber energi baru terbarukan untuk konversi ke tenaga listrik. Salah satu kemungkinan pemanfaatan energi terbarukan adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Rata-rata potensi energi matahari di Indonesia sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Oleh karena itu, penelitian ini berkaitan dengan desain PLTS di atap PT. Geber Samudra secara *off grid*. Rancangan PLTS ini dibuat dengan bantuan *software* Helioscope dengan total luas atap bangunan 125,71 m<sup>2</sup> dan kemiringan atap 20°. Potensi daya yang dihasilkan sebesar 9,8 kWp dan total produksi energi tahunan sebesar 15,56 MWh. Dibutuhkan Panel surya UKSOL UKS-6M 350Wp sebanyak 28 buah, 1 *inverter* tipe Solax X3 HYBRID 10.0T dengan kapasitas 10 kW, dan 6 unit baterai 48V 100Ah yang dirangkai seri. Berdasarkan hasil desain atap PLTS dapat dianalisis bahwa Perencanaan PLTS atap pada PT. Geber Samudra dianggap layak karena memenuhi kriteria *net present value* (NPV) yaitu Rp. 25.603.062 lebih besar dari nol. *Benefit-Cost Ratio* (B-CR) lebih besar dari satu yaitu 1,12, dan *discounted payback period* (DPP) adalah 21,8 tahun dan dicapai pada umur PLTS dengan asumsi beroperasi selama 25 tahun.

**Kata kunci:** PLTS Atap, *off grid*, helioscope, energi terbarukan.

## ABSTRACT

Indonesia has a great opportunity to utilize new renewable energy sources for conversion to electric power. One possible use of renewable energy is solar power plants (PLTS). The average potential of solar energy in Indonesia is around 4.8 kWh/m<sup>2</sup>/day. Therefore, this study is related to the design of PLTS on the roof of PT. Geber Samudra is off the grid. The design of this solar power plant is made with the help of Helioscope software with a total roof area of 125.71 m<sup>2</sup> and a roof slope of 20°. The potential power generated is 9.8 kWp and the total annual energy production is 15.56 MWh. It takes 28 pieces of UKSOL UKs-6M 350wp solar panels, 1 Solax X3 HYBRID 10.0 T type inverter with a capacity of 10 kW, and 6 units of 48V 100Ah batteries assembled in series. Based on the results of PLTS roof design can be analyzed that the planning of PLTS roof at PT. Geber Samudra is considered worthy because it meets the criteria of *net present value* (NPV) of Rp. 25.603.062 is greater than zero. The *Benefit-Cost Ratio* (B-CR) is greater than one which is 1.12, and the *discounted payback period* (DPP) is 21.8 years and is achieved at the age of PLTS with the assumption of operating for 25 years.

**Key words:** solar roof, *off grid*, helioscope, renewable energy.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki peluang besar untuk memanfaatkan sumber energi alternatif terbarukan untuk dikonversi menjadi energi listrik. Potensi energi terbarukan dapat diaplikasikan pada daerah lokal antara lain energi angin, laut, dan surya. Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki potensi energi surya yang cukup besar. didapatkan juga potensi energi matahari rata-rata Indonesia pada kisaran 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan yang berkisar di 9% [1].

Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), yang merupakan pedoman pengembangan energi nasional, telah menetapkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang sudah dan akan dikembangkan. Dalam RUEN juga disebutkan 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 di mana Provinsi Bali ditetapkan untuk mencapai kapasitas PLTS sebesar 108 MW pada tahun 2025 [2].

Dari sisi konfigurasi pembangkit, aplikasi PLTS di Provinsi Bali sudah cukup beragam, seperti sistem skala kecil untuk penerangan rumah tangga di desa dalam bentuk *solar home system*, sistem *off-grid* untuk menerangi kelompok masyarakat yang berada di luar jangkauan jaringan PLN, hingga sistem skala besar yang terkoneksi ke jaringan PLN. Namun, kapasitas total terpasang PLTS di Bali masih kecil, berkisar antara 3 - 4 MWp. Dibandingkan dengan target RUEN untuk Bali, maka PLTS yang harus dibangun dalam enam tahun ke depan hingga 2025 masih sangat besar [2].

Pemerintah Bali telah menerbitkan Peraturan Gubernur Nomor 45 tahun 2019 tentang pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap di provinsi Bali. Pergub ini mengatakan bahwa untuk mewujudkan Pulau Bali yang bersih, hijau dan indah, serta menjaga kesucian dan keharmonisan alam sesuai dengan visi *Nangun Sat Kerthi Loka Bali* maka perlu dibangun sistem energi bersih di daerah. Energi yang ramah lingkungan harus dikelola dengan baik agar mendatangkan kemanfaatan ekonomi, sosial budaya dan kesejahteraan bagi masyarakat Bali [3].

PT. Geber Samudra merupakan perusahaan biro jasa pengurusan administrasi cargo. PT. Geber Samudra terletak di Gg. Subak Sari No.2, Pedungan, Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Bali. PT Geber Samudra memiliki luas bangunan sebesar 240 m<sup>2</sup> dengan tinggi bangunan 8 m. Gedung PT. Geber Samudra terdiri dari 2 lantai yaitu lantai 1 berupa ruang kantor terbuka dan lantai 2 terdiri dari 2 ruangan kerja dan ruang makan. Adapun konsumsi energi listrik yang ada disetiap ruangan berasal dari berbagai macam beban, seperti beban lampu, beban AC (*Air Conditioner*), beban komputer, printer, dan beban kontak kontak lainnya. Oleh karena itu, Gedung PT. Geber Samudra dalam pengembangannya direncanakan untuk pemasangan PLTS atap untuk membantu menyuplai daya listrik sendiri.

Berdasarkan uraian tersebut, maka pada penelitian ini akan membahas mengenai perancangan PLTS atap di PT. Geber Samudra serta mengkaji kelayakan ekonomis dari pembangunan PLTS *off grid* di PT. Geber Samudra. Pada penelitian ini desain PLTS di atap PT. Geber Samudra dibuat dengan bantuan *software* Helioscope.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 PLTS *off grid*

PLTS *off grid* disebut sistem PLTS yang berdiri sendiri, bekerja secara independent tanpa terkoneksi jaringan PLN. Sistem tersebut memerlukan baterai guna menyimpan energi listrik yang diproduksi ketika ada sinar matahari sehingga kebutuhan listrik di malam hari [4].

### 2.2 Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah suatu proses perpindahan panas yang terjadi pada permukaan benda ke permukaan yang lain tanpa melalui perantara, perpindahan panas terjadi dengan gelombang elektromagnetik dan dapat menempati ruangan hampa (vakum). Lama penyinaran matahari (*sunshine duration*) adalah lamanya matahari bersinar sampai permukaan bumi dalam periode satu hari yang diukur dalam jam.[4]

### 2.3 Komponen PLTS

#### 2.3.1 Modul Surya

Dalam memilih modul fotovoltaik, perlu diperhatikan efisiensi yang tinggi (>15%) yang akan meminimalisasi pemanfaatan lahan, selain itu toleransi daya

modul fotovoltaik pun harus <2,5% dibawah kondisi uji standar (*standard test conditions*), dan rangka modul harus tahan terhadap korosi [3]

**2.3.2 Inverter**

*Inverter* merupakan jantung dari system PLTS, yang berguna untuk merubah arus DC yang diproduksi modul surya ke arus AC. Tegangan DC yang dihasilkan relatif tak konstan menurut tingkat radiasi matahari. Parameter tegangan serta arus *output inverter* umumnya disesuaikan menurut standar nasional/internasional.[4]

**2.3.3 Baterai**

Baterai ialah bagian utama PLTS yang memerlukan biaya investasi awal paling besar sesudah modul surya serta *inverter*. Tetapi, kerja serta pemeliharaannya yang kurang sesuai bisa mengakibatkan adanya penyusutan umur pada baterai secara cepat dimana hal terkait tidak sesuai dengan yang sudah diagendakan, akibatnya biaya operasional serta pemeliharaan meningkat. Ataupun pengaruh paling minim ialah baterai tak bisa dioperasikan menurut kemampuannya [5].

**2.3.4 Solar charge Controller (SCC)**

*Solar charge Controller* berfungsi untuk memastikan supaya baterai tak menerima kelebihan pelepasan dan pengisian muatan yang bisa mengurangi usia baterai. *Charge controller* dapat menjaga tegangan serta arus masukan/keluaran menurut kondisi baterai [4].

**2.4 Perancangan PLTS**

Pada proses perencanaan pengembangan sistem PLTS diperlukan adanya prakiraan kebutuhan tenaga listrik yang dapat memberikan informasi kepada pembuat kebijakan sehingga dengan prakiraan yang baik akan dapat mengurangi resiko pembangunan yang tidak dibutuhkan. Pembangkit listrik tenaga surya sangat tergantung kepada sinar matahari, maka perencanaan yang baik sangat diperlukan. Perencanaan yang baik terdiri dari perhitungan area array, perhitungan daya yang dibangkitkan PLTS, perhitungan inklinasi dan orientasi modul surya, perhitungan sudut kemiringan modul surya, temperatur modul surya dan hubungan modul surya secara seri dan parallel [5].

**2.4.1 Menghitung Jumlah Modul Surya**

Menghitung jumlah modul surya yang dapat dipasang pada suatu atap gedung, dapat dihitung dengan cara membagi luas atap gedung dengan luas permukaan modul surya. Berikut ini adalah perhitungannya [4]

$$Jumlah\ PV = \frac{luas\ atap\ (m^2)}{luas\ permukaan\ PV\ (m^2)} \quad (1)$$

Keterangan:

Luas atap = Dihitung dengan bantuan *google earth* (m<sup>2</sup>)

Luas permukaan PV = Dihitung dengan mengalikan panjang & lebar modul (m<sup>2</sup>)

**2.4.2 Konfigurasi Modul Surya**

Konfigurasi modul surya terhubung secara seri maupun paralel tergantung pada besarnya tegangan input inverter yang akan digunakan. Berikut ini adalah perhitungan konfigurasi modul surya: [6]

1. Secara seri minimal

$$Min\ modul\ seri\ per\ string = \frac{Vmin\ inverter}{Voc\ modul} \quad (2)$$

2. Secara seri maksimal

$$Max\ modul\ seri\ per\ string = \frac{Vmax\ inverter}{Vmpp\ modul} \quad (3)$$

3. Secara Paralel

$$Max\ paralel = \frac{Imax\ input\ inverter}{Impp\ modul} \quad (4)$$

Keterangan :

*Vmin Inverter* = Minimum DC input voltage inverter (volt)

*Voc Modul* = Open circuit voltage (volt)

*Vmax Inverter* = Maximum DC input voltage inverter (volt)

*Vmpp Modul* = Maximum power point voltage (volt)

*Imax Inverter* = Maximum input current inverter (A)

*Impp Modul* = Maximum power point current

**2.4.3 Menentukan Kapasitas Baterai**

Untuk mengetahui kapasitas baterai yang digunakan dalam memenuhi kebutuhan beban harian, dapat dicari dengan menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut : [4]

$$C = \frac{N \times Ed}{Vs \times DoD \times \eta_{inverter}} \quad (5)$$

Keterangan :

C = Kapasitas Baterai (Ah)

N = Hari-hari otonomi (hari)

Ed = Konsumsi energi harian (kWh)

Vs = Tegangan Baterai (volt)

DOD = Maksimum *discharge* baterai  
 $\eta$  = Efisiensi *inverter*

**2.5 Analisa Ekonomi**

Ekonomi dalam merencanakan pembangunan PLTS sangatlah berpengaruh terhadap kelayakan dari perencanaan PLTS itu sendiri, seperti investasi awal dan biaya pemeliharaan dalam perencanaan PLTS tersebut. Untuk menentukan biaya pengeluaran atas pemeliharaan serta operasional (M) dalam satu tahun pada sistem PLTS ini bisa dikalkulasikan melalui pemanfaatan rumus yakni berupa: [4]

$$M = 1\% \times \text{biaya investasi awal}$$

$$Mpw = M \left[ \frac{(1+i)^{n-1}}{i(1+i)^n} \right] \quad (6)$$

Keterangan:

Mpw = Biaya pemeliharaan dan biaya operasional (umur proyek)  
 M = Biaya pemeliharaan dan biaya operasional per tahun  
 n = umur proyek

**2.5.1 Biaya Siklus Hidup (LCC)**

Biaya siklus hidup mengacu pada total biaya pembuatan sistem pembangkit listrik selama masa pakai panel surya. Biaya siklus hidup diperoleh dari nilai sekarang dan total biaya sistem jaringan mikro fotovoltaik, yang merupakan biaya investasi awal terkecil di antara biaya pemeliharaan dan pengoperasian jangka panjang. Untuk menghitung biaya siklus hidup, dapat menggunakan rumus berikut: [7]

$$LCC = C + Mpw \quad (7)$$

Keterangan:

LCC = Biaya siklus hidup  
 C = Biaya investasi awal  
 Mpw = Nilai biaya sekarang untuk pemeliharaan dan operasional selama umur proyek

**2.5.2 Biaya Energi**

Biaya energi merupakan perbandingan antara biaya total per tahun dari pembangkit selama periode yang sama. Perhitungan biaya energi PLTS bergantung pada biaya siklus hidup PLTS, faktor pemulihan modal dan output tahunan kWh.

$$CoE = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}} \quad (8)$$

Keterangan:

COE = *Cost of Energy* (Rp/kWh)  
 CRF = *Capital Recovery Factor*  
 A kWh = Energi yang dibangkitkan tahunan

**2.5.3 Faktor Pemulihan Modal**

Tingkat pemulihan modal adalah rasio dari anuitas tetap dengan nilai saat ini yang diterima dalam periode waktu tertentu. Untuk menghitung tingkat pengembalian modal, rumus berikut dapat digunakan: [7]

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^{n-1}} \quad (9)$$

Keterangan:

CRF = *Capital Recovery Factor*  
 i = Tingkat diskonto  
 n = Periode dalam tahun

**2.5.4 Net Present Value (NPV)**

*Net present value* (NPV) adalah selisih antara nilai sekarang arus kas masuk dan nilai sekarang arus kas keluar. NPV digunakan untuk menganalisis tingkat pengembalian investasi proyek. Jika NPV positif, proyek dianggap layak, jika NPV negatif, proyek tidak dianggap layak.[7]

$$NPV = \sum_t^T = 1 \frac{Ct}{(1+r)^t} - Co \quad (10)$$

Keterangan:

Ct = *Net Chas inflow* selama periode waktu  
 Co = Total biaya investasi awal  
 r = *Discount rate*  
 t = Rentang waktu investasi

**2.5.5 Benefit Cost Ratio (B-CR)**

*Benefit Cost Ratio* adalah skala antara keuntungan dan biaya total, jika BCR lebih besar dari 1, proyek layak. [7]

$$BCR = \frac{B-(O+M)}{CR} \quad (11)$$

Keterangan:

BCR = *Benefit Cost Ratio*  
 CR = *Capital Recovery*

**2.5.6 Discounted Payback Period (DPP)**

Dalam analisis proyek dan penganggaran modal, payback period merupakan pengembalian modal investasi dalam jangka waktu tertentu. Untuk menghitung waktu kecepatan pengembalian investasi dapat menggunakan persamaan berikut: [12]

$$DPP = \text{year before recovery} + \frac{IA}{PVNCFK25} \quad (12)$$

Keterangan:

ybr = *Year before recovery*



IA = Biaya investasi awal

## 2.6 Software Helioscope

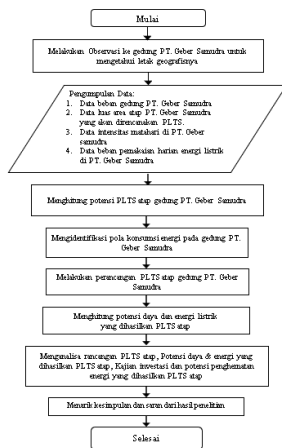
Folsom Labs mengembangkan Helioscope untuk menyederhanakan proses desain, rekayasa, dan penjualan array surya. dengan menggabungkan alat tata letak yang efisien dengan simulasi energi bankable, Helioscope membantu installer Solar meningkatkan kecepatan desain dengan 5x-10x. Helioscope memiliki desain 3D untuk memastikan ketepatan pada gambar sehingga mengetahui adanya perubahan dalam mendesain. Selain mendesain dari modul surya nya, Helioscope juga mampu mendesain mekanikal dan elektrik sehingga mempermudah pengguna software Helioscope untuk bisa mengetahui rancangan pembangkit listrik tenaga surya secara detail.



Gambar 1. Tampilan Software Helioscope

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan di PT. Geber Samudra Gg. Subak Sari No.2, Pedungan, Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Bali 80222. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Februari sampai Mei 2023. Analisis data dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Berikut penjelasan pada Gambar 2 :

### Langkah 1. Pengumpulan Data

Penelitian ini diawali dengan observasi dan pengumpulan data, yaitu data

beban bar, luas atap dan sudut kemiringan atap Hotel Mega Dana, intensitas matahari. Langkah 2. Menghitung potensi PLTS di Hotel

Analisis dilakukan untuk mengetahui potensi PLTS atap di Hotel Mega Dana.

### Langkah 3. Simulasi Helioscope

Melakukan simulasi pada aplikasi *helioscope* sesuai data yang telah diperoleh, dengan melakukan pemilihan komponen dan kemudian memperoleh hasil simulasi dari aplikasi.

### Langkah 4. Analisis Kelayakan ekonomis PLTS

Setelah menemukan hasil simulasi dan pemilihan komponen, maka dilakukan perhitungan ekonomis dan melakukan teknik analisis kelayakan ekonomis.

### Langkah 5. Penarikan Kesimpulan dan saran

Berdasarkan langkah keempat maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan dan saran terhadap penelitian.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran PT Geber Samudra

PT. Geber Samudra merupakan perusahaan biro jasa pengurusan administrasi cargo. PT. Geber Samudra terletak di Gg. Subak Sari No.2, Pedungan, Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Bali. PT Geber Samudra Secara geografis terletak pada koordinat (-8.70761,115.21060). Gedung PT Geber Samudra memiliki luas bangunan sebesar 240 m<sup>2</sup> dengan tinggi bangunan 8 m. Gedung PT. Geber Samudra terdiri dari 2 lantai yaitu lantai 1 berupa ruang kantor terbuka dan lantai 2 terdiri dari 2 ruangan kerja, 2 ruangan istirahat dan ruang makan. Adapun konsumsi energi listrik yang ada disetiap ruangan berasal dari berbagai macam beban, seperti beban lampu, beban AC (Air Conditioner), beban komputer, printer, dan beban kontak kontak lainnya.



Gambar 3. Gedung PT. Geber Samudra

### 4.2 Data Beban di PT. Geber Samudra

Daya listrik di PT Geber Samudra

disuplai oleh PLN sebesar 23.000 VA. Data Beban mencakup hasil total beban seluruh gedung yang berasal dari berbagai macam beban, seperti beban lampu, beban AC (Air Conditioner), beban komputer, printer, dan beban kontak kontak lainnya. Data ini diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan alat Power Quality Analyzer PQ3198 HIOKI dan pengecekan langsung setiap jam pada kWh meter pada tanggal 03 Februari 2023 – 09 Februari 2023 di Kantor PT. Geber Samudra.

Tabel 1. Data Beban di PT. Geber Samudra

JAM	Pemakaian Energi (kWh)						
	SENIN	SELASA	RABU	KAMIS	JUMAT	SABTU	MINGGU
00.00 – 01.00	2,12	2,12	2,38	2,43	2,67	3,14	4,77
01.00 – 02.00	1,72	1,3	1,38	1,98	1,88	3,64	4,66
02.00 – 03.00	2,25	1,42	1,42	1,98	1,9	3,52	4,52
03.00 – 04.00	2,1	1,88	1,98	2,18	2,23	3,23	3,53
04.00 – 05.00	1,77	1,85	1,93	1,98	1,98	2,06	2,52
05.00 – 06.00	2,03	1,55	1,84	2,16	1,89	2,62	2,54
06.00 – 07.00	1,5	1,44	1,81	2,02	1,9	2,45	2,4
07.00 – 08.00	0,96	1,14	1,56	0,98	1,76	1,63	1,41
08.00 – 09.00	0,95	0,92	0,84	0,86	1,23	1,33	1,14
09.00 – 10.00	1,03	1,94	1,89	1,79	1,02	0,98	1,15
10.00 – 11.00	1,89	1,78	1,93	1,83	1,95	0,83	1,13
11.00 – 12.00	1,76	1,71	1,87	1,93	1,97	0,72	1,08
12.00 – 13.00	1,66	1,62	1,83	1,96	1,96	0,61	1,81
13.00 – 14.00	1,61	1,61	1,85	1,83	1,82	0,35	1,65
14.00 – 15.00	1,57	1,57	1,74	1,84	1,83	0,11	1,71
15.00 – 16.00	1,61	1,72	1,76	1,76	1,75	0,13	1,67
16.00 – 17.00	1,62	1,65	1,67	1,62	1,61	0,14	1,62
17.00 – 18.00	1,66	1,54	1,64	1,6	1,65	0,13	1,93
18.00 – 19.00	1,65	1,57	1,68	1,63	1,63	0,23	2,06
19.00 – 20.00	0,85	0,73	0,72	0,83	0,84	0,51	2,95
20.00 – 21.00	0,87	0,88	0,79	0,78	0,78	5,64	4,08
21.00 – 22.00	1,8	1,62	0,93	1,32	1,89	5,11	4,75
22.00 – 23.00	1,83	1,78	1,75	1,79	1,89	5,21	3,27
23.00 – 24.00	1,87	1,8	1,83	1,93	2,1	4,6	2,81
<b>JUMLAH</b>	<b>38,68</b>	<b>37,14</b>	<b>39,02</b>	<b>41,01</b>	<b>42,13</b>	<b>48,92</b>	<b>61,16</b>
<b>RATA-RATA</b>	<b>1,61</b>	<b>1,54</b>	<b>1,62</b>	<b>1,7</b>	<b>1,75</b>	<b>2,03</b>	<b>2,54</b>

Pada Tabel 1 dapat dilihat pemakaian energi pada gedung PT. Geber Samudra selama 1 minggu. Terlihat perbedaan beban harian lebih tinggi pada *weekend* dibanding pada *weekdays*. Beban paling rendah terjadi pada hari selasa dengan total pemakaian energi 37,14 kWh, dan beban harian paling tinggi terjadi pada hari minggu dengan total pemakaian energi sebesar 61,16 kWh. Rata-rata pemakaian energi per harinya sebanyak 44 kWh, beban energi gedung PT. Geber Samudra selama seminggu sebesar 308,06 kWh.

**4.3 Iradiasi Mathari**

Produksi PLTS dipengaruhi oleh Iradiasi matahari. Nilai iradiasi matahari dari suatu wilayah selalu mengalami perubahan tergantung cuaca pada lokasi pengukuran. Iradiasi matahari diperoleh berdasarkan data dari website Indonesiasolarmap.com.

Data iradiasi matahari dari tanggal 03 Februari 2023 – 09 Februari 2023 dengan titik koordinat (-8.70761,115.21060) ditunjukkan pada Tabel 2

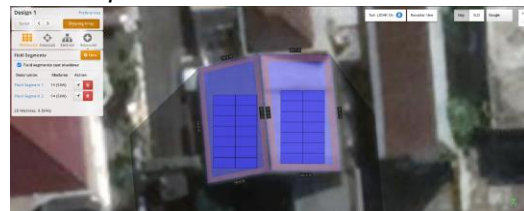
Tabel 2. Iradiasi Matahari

Bulan	03/02/2023	04/02/2023	05/02/2023	06/02/2023	07/02/2023	08/02/2023	09/02/2023
00.00	0	0	0	0	0	0	0
01.00	0	0	0	0	0	0	0
02.00	0	0	0	0	0	0	0
03.00	0	0	0	0	0	0	0
04.00	0	0	0	0	0	0	0
05.00	0	0	0	0	0	0	0
06.00	0	25,46	13,74	13,27	24,45	13,5	0
07.00	0	74,84	55,06	56,12	60,32	60,33	0
08.00	32,48	120,88	170,15	200,09	80,76	65,24	51,56
09.00	58,84	179,78	340,21	254,97	162,63	67,81	95,45
10.00	118,53	195,03	441,11	320,98	382,13	163,7	80,13
11.00	214,89	412,19	476,62	344,68	367,49	89,02	94,1
12.00	178,68	375,93	324,16	337,59	295,81	94,22	155,47
13.00	166,38	340,08	414,48	252,91	236,83	132,43	199,93
14.00	203,49	306,73	328,63	327,58	229,28	150,23	135,85
15.00	187,58	246,17	281,65	300,68	165,29	111,7	130,1
16.00	143,97	116,98	184,15	105,26	94,78	85,08	112,21
17.00	61,87	68,83	106,71	98,95	48,04	61,63	48,5
18.00	32,48	21,58	33,15	56,56	22,65	20	21,13
19.00	0	0	0	0	0	0	0
20.00	0	0	0	0	0	0	0
21.00	0	0	0	0	0	0	0
22.00	0	0	0	0	0	0	0
23.00	0	0	0	0	0	0	0

**4.4 Perancangan PLTS Atap PT. Geber Samudra**

**4.4.1 Desain PLTS Atap**

Data-data yang telah diperoleh lalu disimulasikan pada aplikasi *helioscope*. Peneliti merancang PLTS sebesar 9.800 Wh. Berikut hasil simulasi pada aplikasi *helioscope*.



Gambar 4. Desain PLTS di *Helioscope*

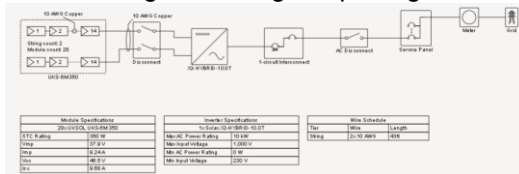
Berdasarkan hasil simulasi pada aplikasi *helioscope* potensi PLTS atap Hotel Mega Dana diketahui bahwa jumlah modul yang dapat dipasang menghadap utara saja pada Hotel Mega Dana sebanyak 28 buah, dan total daya yang dapat dihasilkan sebesar 9.800 Wp.

Komponen utama yang digunakan pada perancangan ini yaitu :

1. Modul surya UKSOL UKS-6M 350Wp.
2. Inverter Solax X3-HYBRID-10.0T
3. Baterai LTO 48V 100Ah

#### 4.4.2 Konfigurasi Modul Surya

Konfigurasi Modul Surya melalui simulasi *single line diagram* pada gambar



Gambar 5. Konfigurasi Modul Surya PLTS Atap PT. Geber Samudra

#### 4.4.3 Menentukan Kapasitas Baterai

Perencanaan ini akan menggunakan Baterai Lifepo4 48V 100Ah SacredSun SCIFP48100 dengan kapasitas 100 Ah, tegangan nominal baterai 48 V, dan *Cycle Use DOD 80%*. Agar baterai mengikuti tegangan sistem maka baterai harus dirangkai seri. Untuk menghitung kapasitas baterai, maka digunakan persamaan (5). berikut adalah perhitungannya

$$C = \frac{1 \text{ hari} \times 24 \text{ kWh/hari}}{48 \times 0,8 \times 0,97} = 572,7 \text{ Ah}$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{751,7 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}} = 5,7 \text{ unit}$$

Berdasarkan perhitungan maka total baterai yang dipakai dalam perancangan sebanyak 6 buah baterai.

#### 4.5 Hasil Simulasi Desain PLTS Atap

Hasil *summary* PLTS atap dapat diperhatikan pada gambar 6.

System Metrics	
Design	Design 1
Module DC Nameplate	9,80 kW
Inverter AC Nameplate	10,00 kW Load Ratio: 0,98
Annual Production	15,56 MWh
Performance Ratio	80,3%
kWh/kWp	1,588,0
Weather Dataset	TMY, 10km Grid, meteororm/nasa low resolution (meteororm)
Simulator Version	251af09e18-fbea4a758f-396fad496a-2999072dce
Shade Report	<a href="#">View 'Shade Report'</a>

Gambar 6 Hasil summary PLTS Atap PT. Geber Samudra di *Helioscope*

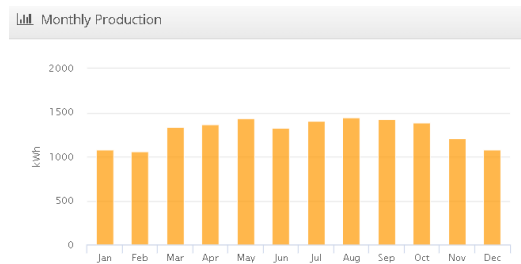
Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa desain PLTS atap Hotel Mega Dana memiliki potensi menghasilkan daya sebesar 9,8 kWp, produksi total energi tahunan sebesar 15,56 MWh. PLTS ini memiliki persentase rasio kinerja sebesar 80,3% dan total

produksi energi tahunan yang dibagi dengan daya nameplate (kWh/kWp) sebesar 1.588 kWh. Informasi mengenai hasil produksi bulanan berdasarkan simulasi dapat ditemukan pada tabel 3.

Tabel 3. Produksi energi bulanan

Bulan	GHI (kWh/m <sup>2</sup> )	Nameplate (kWh)	Grid (kWh)
Januari	152.6	1,268.7	1,081.7
Februari	144.0	1,242.5	1,057.7
Maret	171.2	1,583.4	1,333.2
April	162.3	1,621.2	1,363.3
Mei	159.9	1,709.3	1,438.9
Juni	142.3	1,567.6	1,331.4
Juli	151.9	1,646.4	1,406.0
Agustus	166.1	1,700.3	1,447.1
September	177.6	1,686.5	1,424.2
Oktober	188.0	1,654.6	1,390.2
November	173.8	1,427.7	1,207.0
Desember	157.3	1,271.8	1,082.5

Produksi PLTS tertinggi terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 1,447.1 kWh sedangkan produksi energi terendah terjadi pada bulan Februari yaitu sebesar 1,057.7 kWh.



Gambar 7 Produksi energi bulanan PLTS PT. Geber Samudra di *Helioscope*

#### 4.6 Perhitungan Investasi Awal PLTS

Biaya investasi awal PLTS yang direncanakan di Hotel Mega Dana dibagi menjadi 2 biaya yaitu *direct cost* dan *indirect cost*. Biaya *direct cost* seperti biaya modul surya, inverter, baterai dan komponen pelengkap. Biaya *indirect cost* seperti biaya pengiriman dan biaya pemasangan dan instalasi. Berikut Biaya investasi yang dikembangkan

Tabel 4. Investasi Awal PLTS Atap

KOMPONEN	JUMLAH	HARGA SATUAN (Rp)	HARGA TOTAL (Rp)
<b>Direct Cost</b>			
Modul surya UKSOL, UKS-6M 350 Wp*	28	Rp 3.330.000	Rp93.240.000
Battery SCIFP48100 Lithium-ion 48V100Ah*	6	Rp 5.200.000	Rp 31.200.000
Inverter Solax X3-HYBRID-10.0T**	1	Rp. 39.600.000	Rp. 39.600.000
Komponen Pelelangan	1	Rp 16.000.000	Rp 16.000.000
<b>Indirect Cost</b>			
Biaya pemasangan dan instalasi***	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
Biaya pengimanan komponen****	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Total			Rp. 197.040.000

Berdasarkan Tabel 4. total biaya investasi awal keseluruhan adalah Rp.197.040.000.

#### 4.7 Biaya Pemeliharaan dan operasional

Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS, biasanya diperhitungkan sekitar 1-2% dari total investasi awal. Biaya pemeliharaan dan investasi awal ditetapkan sebesar 1% dari total investasi awal, dikarenakan Indonesia hanya memiliki 2 musim sehingga biaya pembersihan dan pemeliharaan panel surya tidak sebesar negara-negara yang memiliki 4 musim

$$M = 1\% \times \text{Rp.}254.587.500$$

$$= \text{Rp.}2.545.875$$

#### 4.8 Biaya Siklus Hidup

Biaya pemeliharaan (M) dan operasional (o) yang harus dikeluarkan setiap tahun adalah sebesar Rp.1.905.875, sedangkan nilai saat ini dari biaya pemeliharaan dan operasional jika diasumsikan umur proyek (n) adalah 25 tahun. Penentuan tingkat besar diskonto ini berdasarkan dengan Rapat Dewan Gubernur (RDG) Bank Indonesia pada 21-22 Juni 2023 yaitu 5.75%. Dengan demikian, biaya pemeliharaan dapat diperoleh dengan persamaan (6)

$$M_{pw} = M \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$= \text{Rp.} 2.545.875 \left[ \frac{(1 + 0,0575)^{25} - 1}{i(1 + i,0575)^{25}} \right]$$

$$= \text{Rp.} 54.760.530$$

Dengan demikian dapat diperoleh biaya siklus hidup atau *life cycle cost* (LCC) dengan persamaan (7).

$$LCC = C + M_{pw}$$

$$= \text{Rp.} 197.040.000 + \text{Rp.} 60.097.200 + \text{Rp.} 70.773.858$$

$$= \text{Rp.} 327.911.058$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, untuk perancangan PLTS atap Hotel Mega Dana, dilaporkan bahwa memerlukan biaya investasi awal sebesar Rp.197.040.000 dan *Life Cycle Cost* (LCC) PLTS selama proyek 25 tahun sebesar Rp. 327.911.058. Biaya siklus hidup dipengaruhi biaya investasi awal PLTS.

#### 4.9 Faktor Pemulihan Modal

Faktor pemulihan modal dapat dihitung dengan persamaan (9).

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$= \frac{0,0425(1 + 0,0425)^{25}}{(1 + 0,0425)^{25} - 1}$$

$$= 0,065$$

#### 4.10 Biaya Energi (*cost of energy*) PLTS

Biaya energi penting sebagai bahan pertimbangan kelayakan suatu proyek PLTS. Biaya energi PLTS ditentukan oleh berbagai faktor diantaranya biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan produksi kWh tahunan. Biaya energi dapat diperoleh dengan persamaan (8).

$$CoE = \frac{LCC \times CRF}{AkWh}$$

$$= \frac{\text{Rp.} 327.911.058 \times 0,065}{15.560 \text{ kWh/tahun}}$$

$$= \text{Rp.} 1.369/\text{kWh}$$

#### 4.11 Analisis Kelayakan Ekonomi PLTS

Kelayakan investasi PLTS atap ditentukan berdasarkan *Net Present Value* (NPV), *Benefit-Cost Ratio* (B-CR) dan *Discounted Payback Period* (DPP). Untuk memperoleh nilai tersebut diperlukan factor diskonto (DF), sesuai dengan RDG, maka nilai DF dapat diperoleh dengan persamaan (10).

$$DF = \frac{1}{(1+r)^t}$$

$$= \frac{1}{(1 + 0,0425)^1}$$

$$= 0,996$$

Pendapatan dari arus kas masuk yang dihasilkan dari total penghematan tagihan listrik setiap tahunnya, mencapai Rp. 21.301.640. Di sisi lain, arus kas keluar didapat dari biaya O&M sebesar Rp. 3.940.800 per tahun, serta biaya pergantian komponen inverter dan baterai setiap 10 tahun sesuai dengan jaminan kinerja komponen dari pabrikan. Berdasarkan data ini, berikut nilai kumulatif arus kas bersih



nilai sekarang (K-PVNCFF) tahun pertama sampai tahun ke 25.

Tabel 5. Kumulatif Arus Kas Bersih

Tahun	Kas Masuk (Rp)	Kas Keluar (Rp)		NCF (Rp)	DF	PVNCF (Rp)	K-PVNCF (Rp)
		PEO	Investor				
0	Rp. 21.301.640				1,00		
1	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,96	Rp. 16.666.406	Rp. 16.666.406
2	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,92	Rp. 15.971.972	Rp. 32.638.378
3	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,89	Rp. 15.451.147	Rp. 48.089.525
4	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,85	Rp. 14.756.714	Rp. 62.846.239
5	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,81	Rp. 14.062.280	Rp. 76.908.519
6	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,78	Rp. 13.541.435	Rp. 90.449.974
7	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,75	Rp. 13.020.630	Rp. 103.470.604
8	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,72	Rp. 12.499.834	Rp. 115.970.408
9	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,69	Rp. 11.978.979	Rp. 127.948.287
10	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800	Rp. 47.750.204	-Rp. 30.389.364	0,66	-Rp. 20.056.960	Rp. 107.892.407
11	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,63	Rp. 10.937.329	Rp. 118.829.736
12	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,61	Rp. 10.590.112	Rp. 129.419.848
13	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,58	Rp. 10.069.287	Rp. 139.489.135
14	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,56	Rp. 9.722.070	Rp. 149.211.205
15	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,54	Rp. 9.374.853	Rp. 158.586.038
16	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,51	Rp. 8.854.028	Rp. 167.440.086
17	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,49	Rp. 8.506.811	Rp. 175.946.897
18	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,47	Rp. 8.159.594	Rp. 184.106.491
19	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,45	Rp. 7.812.378	Rp. 191.918.869
20	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800	Rp. 23.023.654	-Rp. 5.662.814	0,43	-Rp. 5.435.010	Rp. 189.483.859
21	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,42	Rp. 7.291.552	Rp. 196.775.411
22	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,40	Rp. 6.944.336	Rp. 203.719.747
23	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,38	Rp. 6.597.119	Rp. 210.316.866
24	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,36	Rp. 6.249.902	Rp. 216.566.768
25	Rp. 21.301.640	Rp. 3.940.800		Rp. 17.360.840	0,35	Rp. 6.076.294	Rp. 222.643.062

4.12 Metode NPV

Besar nilai NPV dapat diperoleh dengan persamaan (10).

$$NPV = K - PVNCF_{25} + IA = Rp. 222.643.062 - Rp. 197.040.000 = Rp. 25.603.062$$

Ditemukan bahwa nilai NPV sebesar Rp. 25.603.062 (>0). Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa PLTS memiliki kelayakan ekonomi yang memungkinkan untuk dilaksanakan.

4.13 Metode B-CR

Besar nilai B-CR dapat diperoleh dengan persamaan (11).

$$B - CR = \frac{Rp. 222.643.062}{Rp. 197.040.000} = 1,12$$

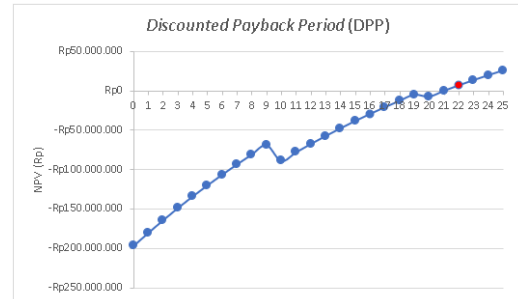
Ditemukan bahwa nilai B-CR sebesar 1,12 (>1). Maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa kelayakan ekonomi PLTS memungkinkan untuk dilaksanakan.

4.14 Metode DPP

Dalam penelitian ini diketahui bahwa pada tahun ke-22 kumulatif PVNCF yaitu sebesar Rp. 203.719.747 mampu melebihi investasi awal yaitu sebesar Rp. 197.040.000, dengan year before recovery adalah pada tahun yang mendekati biaya investasi awal yaitu pada tahun ke-21.

Besar nilai DPP dapat diperoleh dengan persamaan (12).

$$Dpp = ybr + \frac{IA}{K - PVNCF_{25}} = 21 + \frac{Rp. 197.040.000}{Rp. 222.643.062} = 21,8 \text{ Tahun}$$



Gambar 8 Diagram DPP

Dari hasil analisis, ditemukan bahwa nilai DPP adalah 21,8 tahun n berarti nilai DPP lebih kecil dari umur PLTS (diasumsikan 25 tahun), berdasarkan hasil ini, PLTS memungkinkan untuk dilaksanakan.

4.15 Hasil Analisis Kelayakan Investasi

Berdasarkan hasil analisis ekonomi kelayakan investasi PLTS atap PT. Geber Samudra, dapat ditampilkan data hasil analisis kelayakan investasi pada tabel 6.

Tabel 6 Hasil Analisis Kelayakan Investasi

No.	Analisis Kelayakan	Kriteria Kelayakan	Hasil Analisis Investasi	Kesimpulan
1.	Net Present Value (NPV)	Layak (NPV>0), tidak layak (NPV<0)	Rp. 25.603.062	Investasi dianggap layak karena nilai NPV selama umur PLTS lebih besar dari 0
2.	Benefit-Cost Ratio(B-CR)	Layak (B-CR>1), (B-CR) tidak layak (B-CR<1)	1,12	Investasi dianggap layak karena nilai B-CR lebih besar dari 1
3.	Discount Payback Period (DPP)	Layak (nilai DPP lebih kecil dari umur PLTS), tidak layak (nilai DPP lebih besar dari umur PLTS)	21,8	Investasi dianggap layak karena pengembalian modal terjadi selama umur PLTS

Berdasarkan analisis tabel 6, investasi pada PLTS Atap PT. Geber Samudra dianggap layak untuk dilaksanakan. Hal ini dikarenakan ketiga metode investasi, yaitu Net Present Value (NPV), Benefit-Cost Ratio (B-CR) dan Discount Payback Period (DPP) dari PLTS atap PT. Geber Samudra memenuhi kriteria kelayakan investasi.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan simulasi total luasan atap bangunan PT. Geber Samudra dengan bantuan citra *Google Earth* dan luas permukaan modul surya yang akan digunakan maka dapat dihitung maksimal jumlah modul yang dapat dipasang di atap gedung. Dari perhitungan PT. Geber Samudra memiliki total luas atap 125,71 m<sup>2</sup> yang dapat dipasang modul surya sebanyak 28 buah dengan kapasitas sebesar 9.800 kWp.

Berdasarkan data profil beban Gedung PT. Geber Samudra yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan alat Power Quality Analyzer PQ3198 HIOKI dan pengecekan langsung setiap jam pada kWh meter gedung PT. Geber Samudra. Konsumsi energi tertinggi terjadi pada hari minggu dengan total pemakaian energi sebesar 61,16 kWh dan konsumsi energi terendah terjadi pada hari Selasa dengan total pemakaian energi 37,14 kWh.

Berdasarkan hasil dan pembahasan desain PLTS atap di gedung PT. Geber Samudra maka dapat diambil kesimpulan bahwa desain PLTS ini menggunakan software Helioscope dengan sudut kemiringan riil atap sebesar 20° dengan azimuth 0° karena modul menghadap ke utara untuk memaksimalkan pembangkitan energi dari PLTS. Pada penelitian ini desain PLTS atap berdasarkan pola pemakaian energi gedung PT. Geber Samudra menggunakan panel surya UKSOL UKS-6M 350Wp sebanyak 28 buah serta memakai 1 buah inverter Solax X3-HYBRID-10.0T dengan kapasitas 10 kW dan didapat potensi daya yang dihasilkan sebesar 9,8 kWp dengan produksi total energi tahunan sebesar 15,56 MWh.

Biaya investasi awal pada perancangan PLTS atap gedung PT. Geber Samudra sebesar Rp.197.040.000. Berdasarkan hasil perhitungan analisis kelayakan investasi, desain PLTS atap di gedung PT. Geber Samudra mendapatkan hasil Net Present Value (NPV) sebesar Rp.25.603.062 yang artinya investasi dianggap layak karena nilai NPV selama umur PLTS lebih besar dari 0, Benefit-Cost Ratio (B-CR) sebesar 1,12 yang berarti investasi dianggap layak karena nilai B-CR lebih besar dari 1 dan Discounted Payback Period (DPP) selama 21,8 tahun yang artinya investasi dianggap layak karena pengembalian modal terjadi sebelum umur PLTS berakhir.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewan Energi Nasional. 2020. Dewan Energi Nasional Newsletter, Vol.1, Januari-Maret 2020.
- [2] Kumara, I.N.S., dkk 2019. *Roadmap for Rooftop PV: Bali Toward Energy Self-sufficient*
- [3] Gubernur Bali. 2019. Peraturan Gubernur Bali Nomor: 45 tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih. Denpasar
- [4] Ramadhani, M. (2018). Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dots & Don'ts. GIZ. Tom, M., & Luis, C. (2003). *Practical Handbook of Photovoltaic*.
- [5] Wiranata, I.P.A., Kumara, I.N.S., Sukerayasa, I.W. 2019. Simulasi Unjuk Kerja PLTS 1 Mw Kayubih Jika Menggunakan Sun Tracking System. *Jurnal Spektrum* Vol. 6, No. 4
- [6] Kristiawan, H., Kumara, I.N.S., Giriantari, I.A.D. 2019. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar. *Jurnal Spektrum*, Vol. 6, No. 4
- [7] Ing. Bagus Ramadhani, M. Sc, 2018. *Buku Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dots & Don'ts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) Jakarta, Indonesia