

POTENSI PRODUKSI PLTS ATAP GEDUNG RUSUNAWA UNIVERSITAS UDAYANA

Eli Musa Reja Partogi Manalu^{1*}, Wayan Gede Ariastina², Ida Ayu Dwi Giriantari²,
I Nyoman Setiawan², I Wayan Sukerayasa², I Nyoman Satya Kumara²

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

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Jln. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali 80361

54rejamanalu@gmail.com*

ABSTRAK

Pemerintah akan terus meningkatkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan listrik salah satunya dengan pemanfaatan PLTS atap. Pada penelitian ini, lokasi yang akan direncanakan untuk dipasang PLTS atap adalah pada Gedung Rusunawa Universitas Udayana yang nantinya dapat membantu memenuhi kebutuhan pasokan energi listrik serta sebagai upaya untuk mendukung program pemerintah dalam program pemanfaatan energi baru dan terbarukan. Kapasitas PLTS yang akan dipasang ditentukan berdasarkan profil daya Gedung Rusunawa Universitas Udayana dengan 3 skenario desain kapasitas PLTS yaitu 20 kW, 15 kW dan 10 kW. Data iradiasi matahari harian digunakan untuk menentukan potensi produksi energi dari ketiga skenario tersebut. Produksi energi tahunan dari masing-masing skenario selanjutnya dibandingkan untuk melihat perbedaan di antara ketiganya.

Kata Kunci: Energi Listrik, PLTS atap, *On-grid*

ABSTRACT

The government will continue to increase the use of new and renewable energy as a solution to meet electricity needs, one of which is the use of rooftop solar power plants. In this research, the location that will be planned to install rooftop PV solar system is the Udayana University Rusunawa Building. The produced energy will be able to meet the electrical energy need and as well as supporting the government programs in the utilization of new and renewable energy. The capacity of the rooftop PV solar system to be installed is determined based on the load profile of the Udayana University Rusunawa Building. Three different scenarios namely 20 kW, 15 kW and 10 kW PV solar systems have been simulated using a PV solar simulator. Results of the simulation scenarios then are compared to look at the differences among the produced energy.

Keywords: *Electric Energy, Rooftop Solar Power Plant, On-grid*

1. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia terletak pada daerah ekuator yaitu wilayah tengah yang membagi bola bumi menjadi bagian utara dan selatan, sehingga posisi ini menyebabkan ketersediaan sinar matahari hampir sepanjang tahun di seluruh wilayah Indonesia, kecuali pada saat musim hujan. Berdasarkan RUPTL PT. PLN (Persero) periode 2019 sampai dengan 2028, wilayah Indonesia memiliki potensi energi listrik surya sebesar 207.898 MW atau 4.80 kWh/m²/hari sedangkan yang terpasang hingga 2019 hanya sebesar 78,5 MW [1]. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia masih sangat terbuka untuk dilakukan.

Keadaan tersebut tentu sangat berpotensi untuk dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik mengingat beratnya permasalahan yang terkait dengan pembangkitan listrik berbahan bakar fosil. Pemanfaatan EBT baru mencapai 2% dari total potensi EBT yang ada. Salah satu pemanfaatan EBT yang berpotensi besar di Indonesia yaitu pemanfaatan sinar matahari sebagai penghasil energi listrik, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sangat cocok dibangun di wilayah Indonesia [2].

Gedung Rusunawa Universitas Udayana merupakan fasilitas sewa tempat tinggal bagi mahasiswa Universitas Udayana yang terletak di Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran No2, Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kab. Badung, Bali. Gedung Rusunawa Universitas Udayana ini setiap bulannya memakai energi sebesar 1.162 kWh – 3.058 kWh [3]. Penelitian ini difokuskan pada rencana penggunaan PLTS atap pada Gedung Rusunawa Universitas Udayana. Hal ini merupakan salah satu bentuk dukungan kepada upaya pemerintah dalam hal pemanfaatan energi baru Terbarukan, serta dapat pula menjadi opsi pengurangan harga sewa bagi mahasiswa yang tinggal di Gedung Rusunawa Universitas Udayana.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS merupakan suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui sel surya (*photovoltaic*) untuk mengubah radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Sel surya merupakan lapisan-lapisan tipis dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni dan bahan semikonduktor lainnya. Berdasarkan aplikasi dan konfigurasinya, secara umum PLTS dapat dibagi menjadi dua yaitu sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan dan sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan atau PLTS yang berdiri sendiri. Berdasarkan lokasi pemasangannya, sistem PLTS dapat dibagi menjadi dua yaitu sistem PLTS pola tersebar dan sistem PLTS pola terpusat [4].

2.2. Komponen PLTS

Sistem PLTS memiliki komponen-komponen penyusun yaitu:

1. Modul Surya adalah komponen utama dalam sistem *Photovoltaic* (PV) yang mengubah sinar matahari menjadi listrik. Listrik yang dihasilkan adalah DC[5].
2. Inverter adalah peralatan elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) dari panel surya atau baterai menjadi arus listrik bolak-balik (AC) dengan frekuensi 50/60 Hz [6].
3. *Charge controller* adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur pengisian arus DC dari panel surya ke baterai dan mengatur penyaluran arus dari baterai ke peralatan listrik (beban).
4. Baterai adalah komponen PLTS yang berfungsi menyimpan listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari atau pada saat cuaca mendung.

2.3. PLTS Atap

Sistem PLTS Atap merupakan proses pembangkitan tenaga listrik

menggunakan modul fotovoltaik yang dipasang dan diletakkan pada atap, dinding, atau bagian lain dari bangunan milik pelanggan PLTS Atap serta menyalurkan energi listrik melalui sistem sambungan listrik pelanggan PLTS Atap [7].

2.4. Perencanaan dan Perancangan PLTS Atap

Perencanaan PLTS atap dilakukan dengan analisa lokasi pemasangan modul surya dan perhitungan luas atap dari lokasi penelitian. Tahap perencanaan juga meliputi analisa sistem kelistrikan yaitu audit daya listrik. Selanjutnya, pada tahap perancangan dilakukan dengan menentukan tipe modul surya dan inverter yang akan digunakan, setelah itu dilakukan perhitungan kapasitas PLTS yang akan dirancang.

Perhitungan konfigurasi seri-paralel pada perancangan PLTS atap sangat penting untuk dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus input DC dari panel surya dan inverter serta untuk mengetahui jumlah minimum dan maksimum panel surya yang dapat dirangkai secara seri maupun paralel.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian pada perancangan pembangkit listrik tenaga surya ini dilakukan di gedung Rusunawa Universitas Udayana, Bukit Jimbaran yang dilaksanakan pada bulan Maret 2023 hingga bulan Juni 2023. Sumber data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari pengukuran data profil beban yang diukur langsung ke lokasi, data luas atap dan nilai radiasi matahari yang bersumber dari *website* serta data spesifikasi komponen PLTS seperti modul surya dan inverter yang bersumber dari *datasheet* peralatan dan jurnal maupun buku terkait. Tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Identifikasi lokasi penelitian dan letak geografisnya
2. Pengumpulan data :
 - a. Data daya Rusunawa Universitas Udayana

- b. Data intensitas radiasi matahari Rusunawa Universitas Udayana
3. Mengidentifikasi pola konsumsi energi pada Gedung Rusunawa Universitas Udayana
 4. Menghitung potensi produksi energi PLTS di Gedung Rusunawa Universitas Udayana

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum

Gedung Rusunawa Universitas Udayana merupakan fasilitas sewa tempat tinggal bagi mahasiswa Universitas Udayana yang terletak di Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran No2, Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kab. Badung, Bali. Secara geografis terletak pada koordinat $8^{\circ}47'53''S$ $115^{\circ}09'43''E$. Gedung ini terletak di selatan garis khatulistiwa dan menghadap ke selatan arah mata angin dengan luas bangunan seluas 2.140 m^2 dan tinggi 11m. Gedung Rusunawa Universitas Udayana dibangun pada tahun 2008 dengan memiliki 3 lantai dan terdapat jumlah kamar sebanyak 114 dengan kapasitas 220 orang keseluruhan dengan harga sewa sebesar Rp. 2.100.000/orang/semester.



Gambar 1. Gedung Rusunawa Universitas Udayana

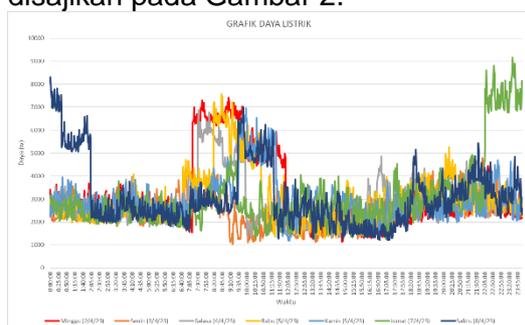
4.2. Skema Kelistrikan

Kebutuhan energi Gedung Rusunawa Universitas Udayana disuplai dari gardu induk (GI) Nusa Dua melalui penyulang Tragia. Daya listrik pada Gedung Rusunawa Universitas Udayana disuplai dari transformator kapasitas 160 kVA yang terhubung ke panel meter lalu menuju ke *Main*

Distribution Panel (MDP) lalu menuju ke Sub Distribution Panel (SDP) yang dibagi setiap lantai yaitu SDP lantai 1, SDP lantai 2 dan SDP lantai 3, dimana pada satu SDP dapat menyuplai rata-rata 38 ruangan.

4.3. Profil Daya Listrik

Data daya listrik Gedung Rusunawa Universitas Udayana ini didapat dari pengukuran ke lokasi secara langsung selama 7 hari dengan periode pengukuran per 1 menit menggunakan alat ukur *power quality analyzer* dengan hasil grafik daya yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Daya Listrik

4.4 Pemakaian dan Tagihan Listrik Bulanan

Gedung Rusunawa Universitas Udayana merupakan pelanggan listrik dari PLN dengan *id* pelanggan 551100072726 (Yayasan Tri Dharma) dan daya terpasang sebesar 23.000 VA yang tergolong dalam tarif R-3/TR dengan biaya sebesar Rp. 1.699,53 per-kWh. Pada penelitian ini data rekening pembayaran listrik bulanan di Gedung Rusunawa Universitas Udayana yang digunakan dari bulan Mei 2022 sampai dengan bulan April 2023. Pemakaian dan tagihan listrik pada gedung Rusunawa Universitas Udayana dapat dilihat pada Tabel 1.

Adapun rekening minimum yang harus dibayarkan oleh pelanggan sesuai dengan golongan dan daya kontraknya yang merupakan perhitungan energi minimum selama 40 jam dalam kurun waktu satu bulan. Perhitungan rekening

minimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$RM = 40 \text{ jam nyala} \times \text{Daya Kontrak} \times \text{Tarif per-Golongan}$$

Atau:

$$RM = 40 \text{ jam nyala} \times 23 \text{ kVA} \times \text{Rp. } 1.699,53 = \text{Rp. } 1.563.567,-$$

Tabel 1. Tagihan Pembayaran Listrik [8]

| Bulan | Pemakaian Energi (kWh) | Tagihan (Rp) |
|---------------|------------------------|--------------|
| Mei '22 | 1.015 | 1.725.023 |
| Juni '22 | 1.139 | 1.935.765 |
| Juli '22 | 1.025 | 1.742.018 |
| Agustus '22 | 920 | 1.563.568 |
| September '22 | 1.162 | 1.974.854 |
| Oktober '22 | 2.785 | 4.733.191 |
| November '22 | 3.043 | 5.171.670 |
| Desember '22 | 3.058 | 5.197.163 |
| Januari '23 | 2.865 | 4.869.153 |
| Februari '23 | 1.269 | 2.156.704 |
| Maret '23 | 1.275 | 2.166.901 |
| April '23 | 2.273 | 3.863.032 |
| Total | 21.829 | 37.099.040 |

4.5 Nilai Radiasi Matahari

Pada penelitian ini nilai radiasi matahari bersumber dari situs web www.indonesiasolarmap.com. Nilai radiasi matahari yang digunakan adalah pada bulan Mei 2022 sampai dengan bulan April 2023 yang dimana dipilih titik pengambilan data terdekat pada koordinat Denpasar dengan periode setiap 1 jam perharinya.

Tabel 2. Nilai Iradiasi Matahari [9]

| Bulan | Nilai Iradiasi Matahari (Kwh/m ² /Hari) |
|----------------|--|
| Mei 2022 | 2,81 |
| Juni 2022 | 2,57 |
| Juli 2022 | 2,75 |
| Agustus 2022 | 5,09 |
| September 2022 | 5,32 |
| Oktober 2022 | 2,92 |
| November 2022 | 2,68 |
| Desember 2022 | 2,71 |
| Januari 2023 | 2,90 |
| Februari 2023 | 3,16 |
| Maret 2023 | 2,96 |
| April 2023 | 2,88 |

4.6 Sudut Kemiringan Atap

Nilai sudut kemiringan atap Gedung Rusunawa Universitas Udayana diperoleh dari penggunaan aplikasi. Hasil pengambilan gambar sudut kemiringan atap dapat dilihat pada Gambar 3. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil nilai sudut kemiringan atap Gedung Rusunawa Universitas Udayana sebesar $16,5^\circ$.



Gambar 3. Sudut Kemiringan Atap

4.7 Perancangan PLTS Atap

Skenario desain PLTS Atap Gedung Rusunawa Universitas Udayana direncanakan akan dipasang pada atap sisi Utara gedung dengan luas $112,87 \text{ m}^2$.

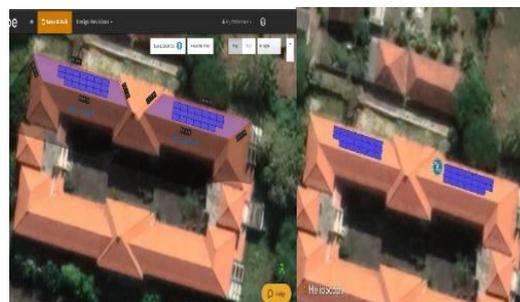
4.7.1 Kapasitas PLTS

Pada penelitian ini, akan direncanakan 3 skenario kapasitas PLTS yang diantaranya ditentukan berdasarkan jumlah penggunaan energi Gedung Rusunawa perharinya dibagi dengan nilai *Peak Sun Hour* (PSH). Kapasitas PLTS yang akan dirancang pada penelitian ini adalah 20 kWp, 15 kWp dan 10 kWp dimana penentuan kapasitas dilihat dari ketersediaan instalasi paket PLTS di pasaran.

4.8 Desain PLTS Skenario 1

Pada desain PLTS skenario 1, dipasang 40 buah modul surya dengan kapasitas 500 W, sehingga total kapasitas PLTS adalah 20kW. Panel

surya diatur dengan konfigurasi tinggi sebesar 11 m (36 ft), azimuth sebesar 11° dan kemiringan sebesar $16,5^\circ$. Hasil desain PLTS 20 kWp dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain PLTS Skenario 1 (20 kWp)

Desain PLTS ini adalah 1 array dan 2 string dengan modul surya masing-masing berjumlah 20 buah, dirangkai secara seri, berpotensi menghasilkan daya sebesar 20 kW. Produksi total energi tahunan sebesar 30,66 MWh, memiliki presentase rasio kinerja sebesar 77,2% dan total produksi energi tahunan dibagi dengan daya nameplate (kWh/kWp) sebesar 1.533,1.

Potensi produksi energi PLTS selama 1 tahun yang dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa produksi dari PLTS dengan kapasitas 20 kWp dalam periode 1 tahun yaitu 30.661,3 kWh.

Tabel 3. Poyensi produksi PLTS 20 kWp

| No | Bulan | Produksi PLTS (kWh) |
|----|-----------|---------------------|
| 1 | Mei | 2746,3 |
| 2 | Juni | 2615,4 |
| 3 | Juli | 2678,3 |
| 4 | Agustus | 2775,9 |
| 5 | September | 2838,2 |
| 6 | Oktober | 2750,4 |
| 7 | November | 2436,1 |
| 8 | Desember | 2220,1 |
| 9 | Januari | 2162,9 |
| 10 | Februari | 2214,3 |
| 11 | Maret | 2551,4 |
| 12 | April | 2672 |
| | Total | 30661,3 |

4.9 Desain PLTS Skenario 2

Pada desain PLTS skenario 2, dipasang 30 buah modul surya dengan kapasitas 500 W, sehingga total kapasitas PLTS adalah 15kW. Panel surya diatur dengan konfigurasi tinggi sebesar 11 m (36 ft), azimuth sebesar 11° dan kemiringan sebesar 16,5°. Hasil desain PLTS 15 kWp dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain PLTS Skenario 2 (15 kWp)

Desain PLTS ini adalah 1 array dan 2 string dengan modul surya masing-masing berjumlah 30 buah, berpotensi menghasilkan daya sebesar 15 kW, produksi total energi tahunan sebesar 23,09 MWh, memiliki presentase rasio kinerja sebesar 77,6% dan total produksi energi tahunan dibagi dengan daya *nameplate* (kWh/kWp) sebesar 1.539,6.

Tabel 4. Perbandingan Produksi PLTS 15 kWp

| No | Bulan | Produksi PLTS (kWh) |
|----|-----------|---------------------|
| 1 | Mei | 2068,4 |
| 2 | Juni | 1969,9 |
| 3 | Juli | 2017,9 |
| 4 | Agustus | 2091 |
| 5 | September | 2137,9 |
| 6 | Oktober | 2071,5 |
| 7 | November | 1834,5 |
| 8 | Desember | 1671,9 |
| 9 | Januari | 1628,8 |
| 10 | Februari | 1667,8 |
| 11 | Maret | 1921,4 |
| 12 | April | 2012,7 |
| | Total | 23093,7 |

Potensi produksi energi PLTS Skenario 2 selama 1 tahun yang dapat dilihat pada Tabel 4. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa produksi dari PLTS

dengan kapasitas 15 kWp dalam periode 1 tahun yaitu 23,093,7 kWh.

4.10 Desain PLTS Skenario 3

Pada desain PLTS skenario 2, dipasang 30 buah modul surya dengan kapasitas 500 W, sehingga total kapasitas PLTS adalah 15kW. Panel surya diatur dengan konfigurasi tinggi sebesar 11 m (36 ft), azimuth sebesar 11° dan kemiringan sebesar 16,5°. Desain PLTS 10 kWp dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain PLTS Skenario 3 (10 kWp)

Desain PLTS Skenario 3 adalah 1 array dan 2 string dengan modul surya masing-masing berjumlah 20 buah, berpotensi menghasilkan daya sebesar 10 kW, produksi total energi tahunan sebesar 15,20 MWh, memiliki presentase rasio kinerja sebesar 76,6% dan total produksi energi tahunan dibagi dengan daya *nameplate* (kWh/kWp) sebesar 1.520,2.

Potensi produksi energi PLTS Skenario 2 selama 1 tahun yang dapat dilihat pada Tabel 5. Dari Tabel 5. dapat dilihat hasil produksi dari PLTS kapasitas 10 kWp dalam jangka 1 tahun yaitu sebesar 15.202,3 kWh.

4.10 Perbandingan Potensi Produksi Energi

Dari ketiga desain PLTS, yaitu 10 kWp, 15 kWp dan 20 kWp didapatkan perbandingan potensi produksi yang dapat dilihat pada Gambar 7.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan konsumsi energi listrik pertahun dari Gedung Rusunawa Universitas Udayana yang diperoleh dari rekening tagihan listrik PLN ULP

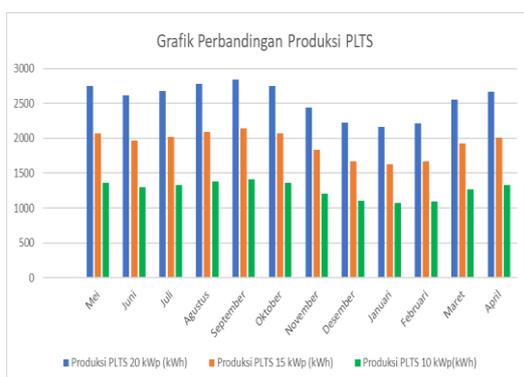
Kuta periode Mei 2022 sampai April 2023 yaitu sebesar 21.829 kWh dengan tagihan sebesar Rp. 37.099.040 dan rata-rata pemakaian energi listrik selama 12 bulan didapat sebesar 1.819 kWh.

Potensi produksi PLTS atap dari hasil simulasi 3 skenario adalah:

- Kapasitas 20 kWp dengan produksi energi sebesar 30,66 MWh/tahun.
- Kapasitas 15 kWp dengan produksi energi sebesar 23,09 MWh/tahun.
- Kapasitas 10 MWh dengan produksi energi sebesar 15,2 MWh/tahun.

Tabel 5. Perbandingan Produksi PLTS 10 kWp

| No | Bulan | Produksi PLTS (kWh) |
|----|-----------|---------------------|
| 1 | Mei | 1361,7 |
| 2 | Juni | 1297,5 |
| 3 | Juli | 1328,3 |
| 4 | Agustus | 1376,4 |
| 5 | September | 1407,8 |
| 6 | Oktober | 1364,2 |
| 7 | November | 1207,8 |
| 8 | Desember | 1099,7 |
| 9 | Januari | 1071,2 |
| 10 | Februari | 1097,1 |
| 11 | Maret | 1265 |
| 12 | April | 1325,6 |
| | Total | 15202,3 |



Gambar 7. Perbandingan produksi PLTS dari 3 Skenario

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunawan, N.S., Kumara, I.N.S., Irawati, R. 2019. Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 26,4 kWp pada Sistem Smart Microgrid UNUD. Ejournal Spektrum Vol. 6. No. 3, September 2019.
- [2] Wicaksana, M.R., Giriantari, I.A.D., Irawati, R. 2019. Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 kWp pada Kantor Gubernur Bali. Ejournal Spektrum Vol. 6 No. 3, September 2019.
- [3] PT PLN (Persero) ULP Kuta, Tagihan Penggunaan Energi Listrik, Unpublished.
- [4] 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 Vol. 5, No. 2 Desember 2018. Hal. 26-35.
- [5] 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 Vol. 5, No. 2 Desember 2018. Hal. 26-35.
- [6] Pratama, I.D.G.Y.P., Kumara, I.N.S., Setiawan, I.N. 2018. Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung untuk PLTS Rooftop. E-journal Spektrum 5(2) : 119-128.
- [7] A.A.G.A Pawitra, I.N.S. Kumara, W.G. Ariastina. 2020. Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 19, No.2. <https://doi.org/10.24843/MI TE.2020.v19i02.P09>
- [8] PT PLN ULP Kuta. 2023. Pembayaran Tagihan Listrik. April 2022-Mei 2023.
- [9] Asosiasi Energi Surya Indonesia. 2021. Dilihat 15 Mei 2023.