

Analisis Perbandingan Instalasi Panel Surya Sistem *On-Grid* dan *Off-Grid* Pada Gedung Kebutuhan 60,5 KWp

Fachrurroji¹, M. Firman Wahyudi², Rizki Mubarak³, Aris Munawar⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Peradaban

Article Info**Article history:**

Received: 24 Oktober 2024

Received in revised form: 30 Oktober 2024

Accepted: 25 November 2024

Available online: 30 November 2024

Keywords:

Solar Power Plant,
On Grid System,
Off Grid System

Kata Kunci:

Pembangkit Listrik Tenaga Surya,
Sistem *On Grid*,
Sistem *Off Grid*

ABSTRACT

COMPARATIVE ANALYSIS OF ON-GRID AND OFF-GRID SOLAR PANEL INSTALLATIONS IN A BUILDING WITH A REQUIREMENT OF 60.5 KWp. Along with the increasing use of electrical energy and air pollution, one of which is caused by fossil fuel resources, has encouraged an increase in the use of renewable energy, especially solar power. Solar Power Plants (PLTS) have become an attractive alternative, especially for industrial and residential needs because they can reduce the cost of conventional electricity bills. At the design stage of the Solar Power Plant on-grid and off-grid systems in buildings with a power of 60,500 Wp by going through the stages of calculating the required load according to the conditions in the building, to obtain the required PLTS component capacity. In the long term, there will be an understanding of the use of renewable energy sustainably. The comparison results show that the cost between installing on-grid PLTS and installing off-grid PLTS is actually greater for on-grid PLTS with a cost of Rp. 444,301,500 than for installing off-grid PLTS with a cost of Rp. 332,214,000. However, the on-grid PLTS system offers a better system because it does not require a large area for battery storage, lower maintenance costs and can remain connected to the main network so it is very suitable for industrial needs.

Seiring dengan penggunaan energi listrik yang terus meningkat dan polusi udara yang salah satunya diakibatkan oleh sumber daya bahan bakar fosil telah mendorong peningkatan pemanfaatan energi terbarukan, khususnya tenaga surya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah menjadi alternatif yang menarik, terutama untuk kebutuhan industri dan perumahan karena dapat mengurangi biaya tagihan penggunaan listrik konvensional. Pada tahap perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *on-grid* dan *off-grid* pada gedung dengan daya 60.500 Wp dengan melalui tahapan perhitungan beban yang di perlukan sesuai dengan kondisi pada gedung tersebut, untuk mendapatkan kapasitas komponen PLTS yang diperlukan. Dalam waktu jangka panjang akan terjadi pemahaman penggunaan energi terbarukan secara berkelanjutan. Dari hasil perbandingan menunjukkan bahwa biaya antara pemasangan PLTS *on-grid* dengan pemasangan PLTS *off-grid* ternyata lebih besar PLTS *on-grid* dengan biaya Rp.444.301.500 dari pada pemasangan PLTS *off-grid* dengan biaya Rp.332.214.000. Namun, sistem PLTS *on-grid* menawarkan sistem yang lebih baik karena tidak membutuhkan area yang luas untuk penyimpanan baterai, biaya maintenance yang lebih rendah dan bisa tetap terhubung dengan jaringan utama sehingga sangat cocok untuk kebutuhan industri.

Corresponding author:

M. Firman Wahyudi

Program Studi Teknik Elektro Universitas Peradaban

Jalan Raya Pagojengan km 3 kecamatan paguyangan, bumiayu, JawaTengah, 53152, Indonesia

E-Mail Address :

1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu potensi energi terbarukan yang ada di Indonesia [1], [2]. Energi surya atau matahari sumber energi terbarukan yang sangat menjanjikan, memiliki potensi lebih besar dibandingkan sumber daya lainnya dalam menyelesaikan permasalahan energi dunia dan ramah lingkungan [3], [4]. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) bekerja dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari yang ditangkap menggunakan *solar Cell*, dengan menggunakan prinsip efek *Photovoltaic*. Efek *Photovoltaic* merupakan suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda, menghasilkan aliran arus DC (*Direct Current*) [5], [6], [7].

Ketersediaan tenaga surya yang dipasang di darat merupakan salah satu faktor yang mempertimbangkan penerapan sistem tenaga surya di suatu daerah. Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan terletak di garis khatulistiwa sehingga memiliki potensi energi surya yang melimpah [8]. Sebagian besar wilayah Indonesia menerima radiasi matahari yang cukup stabil dan kuat, dengan rata-rata nilai radiasi harian sekitar 4 kWh/m². Berdasarkan data yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, sebaran radiasi matahari terdapat sedikit perbedaan di wilayah barat dan timur. Sebaran radiasi matahari untuk wilayah Barat diperkirakan sebesar 4,5 kWh/m²/hari dan untuk wilayah Timur sebesar 5,1 kWh/m²/hari dengan kisaran 9 hingga 10% [9]. Berdasarkan sistemnya, terdapat dua jenis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yaitu PLTS *on-grid* (terhubung jaringan) dan PLTS *stand alone* atau *off-grid*. PLTS *on-grid* merupakan sistem PLTS yang terhubung ke jaringan listrik KWh meter dari PLN [10], [11]. Sistem ini memungkinkan untuk mengalirkan energi yang dihasilkan oleh PLTS sebagai cadangan sumber listrik ketika terjadi gangguan atau pemadaman pada jaringan listrik PLN. Yang kedua yaitu PLTS *off-grid* atau biasa disebut dengan PLTS *standalone* (berdiri sendiri). Sistem PLTS ini dirancang untuk beroperasi secara mandiri dengan penggunaan energi baterai tanpa ada hubungan konfigurasi sistem dengan jaringan listrik PLN. Jika penggunaannya digabung maka disebut sistem hibrid [12], [13], [14].

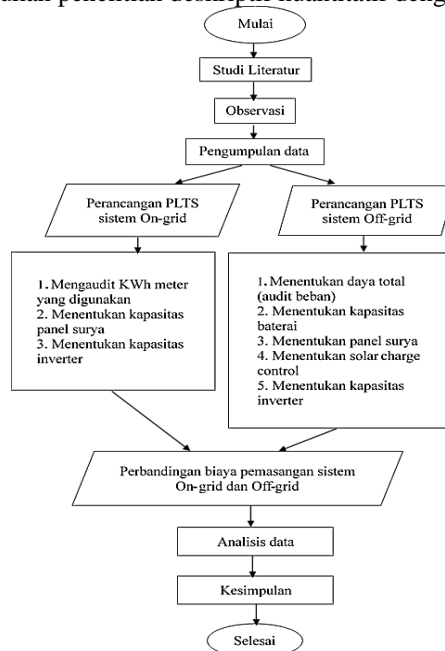
Pada era perkembangan teknologi yang semakin pesat, kebutuhan akan energi listrik di gedung-gedung perkantoran semakin meningkat, salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik adalah dengan pemasangan pembangkit listrik tenaga Surya [15], [16]. PLTS (Pembangkit Tenaga Surya) *rooftop* merupakan solusi yang handal bagi penyediaan energi di gedung-gedung perkantoran yang menggunakan listrik pada siang hari atau jam kerja, sehingga biaya pengadaan listrik lebih murah dari diesel atau bahan bakar minyak (BBM). Pembangkit listrik tenaga Surya sangatlah menjanjikan karena menggunakan sumber energi yang terbarukan dan ramah lingkungan [17]. Dalam upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi konvensional dan mengurangi emisi gas rumah kaca, pemasangan pembangkit listrik tenaga Surya menjadi pilihan yang tepat [18], [19].

Daerah terpencil atau pedesaan yang tidak terjangkau jaringan listrik konvensional dapat menggunakan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *off-grid*. Karena kendala akses dan mobilitas di lokasi, pengembangan jaringan listrik atau pembangkit tradisional membutuhkan biaya investasi yang cukup besar untuk biaya operasional dan pemeliharaan [20]. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off Grid* ini cocok untuk daerah yang tidak terjangkau listrik PLN atau daerah yang sering mati listrik. Sistem ini mandiri sehingga beban tetap menyala ketika jaringan listrik utama padam [21], [22]. Selain itu, PLTS ini memiliki konsep penghijauan (*Go Green*) dengan menggunakan energi yang ramah lingkungan. Hal ini membantu mengatasi masalah pemadaman listrik yang sering terjadi di rumah, terutama di rumah yang jauh dari jangkauan listrik.

Setelah mengetahui permasalahan dalam perancangan plts sistem *On-Grid* dan *Off-Grid* maka penulis melakukan analisis tahapan perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *On-Grid* dan *Off-Grid* pada gedung dengan kapasitas PLTS 60.500 Wp sebagai salah satu upaya hemat energi dan energi listrik mandiri melalui penggunaan pembangkit listrik tenaga surya dengan perhitungan beban yang di perlukan sesuai dengan kondisi pada gedung perkantoran, setelah itu penulis menjelaskan perbandingan biaya pemasangan PLTS *Off-Grid* dengan PLTS sistem *On-Grid*, proses selanjutnya penulis mengetahui data hasil uji perbandingan biaya pemasangan PLTS sistem *Off-Grid* dengan pemasangan PLTS sistem *On-Grid*. Ketika data hasil uji sudah diketahui selanjutnya melakukan analisis perbandingan antara PLTS *Off-Grid* dengan PLTS *On-Grid*.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan penelitian deskriptif kuantitatif dengan tahapan sesuai dengan gambar 2.1:



Gambar 2.1 Tahapan Penelitian

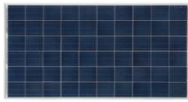



Permasalahan yaitu sebagai upaya untuk membandingkan energi listrik dengan konvensional yang ramah lingkungan agar dapat mengurangi tingkat polusi akibat penggunaan sumber daya mineral dan sebagai investasi jangka panjang dengan menghemat biaya tagihan listrik pada gedung perkantoran dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya.

Hasil studi literatur, sebagai teknologi yang ramah lingkungan dan menggunakan bahan bakar terbarukan (matahari), sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) akan semakin populer karena dapat digunakan di berbagai tempat, seperti gedung perkantoran, pabrik industri, perumahan, penerangan jalan, dan wilayah terpencil. Terdapat dua jenis sistem pembangkit listrik tenaga Surya yang dapat dipilih, yaitu *on-grid* dan *off-grid*. Sistem *on-grid* menghubungkan pembangkit listrik tenaga Surya dengan jaringan listrik utama, sedangkan sistem *off-grid* menggunakan penyimpanan energi pada baterai. Dalam konteks gedung perkantoran, perlu dilakukan analisis perbandingan antara pemasangan pembangkit listrik tenaga Surya *on-grid* dan *off-grid*.

2.1. Alat dan bahan

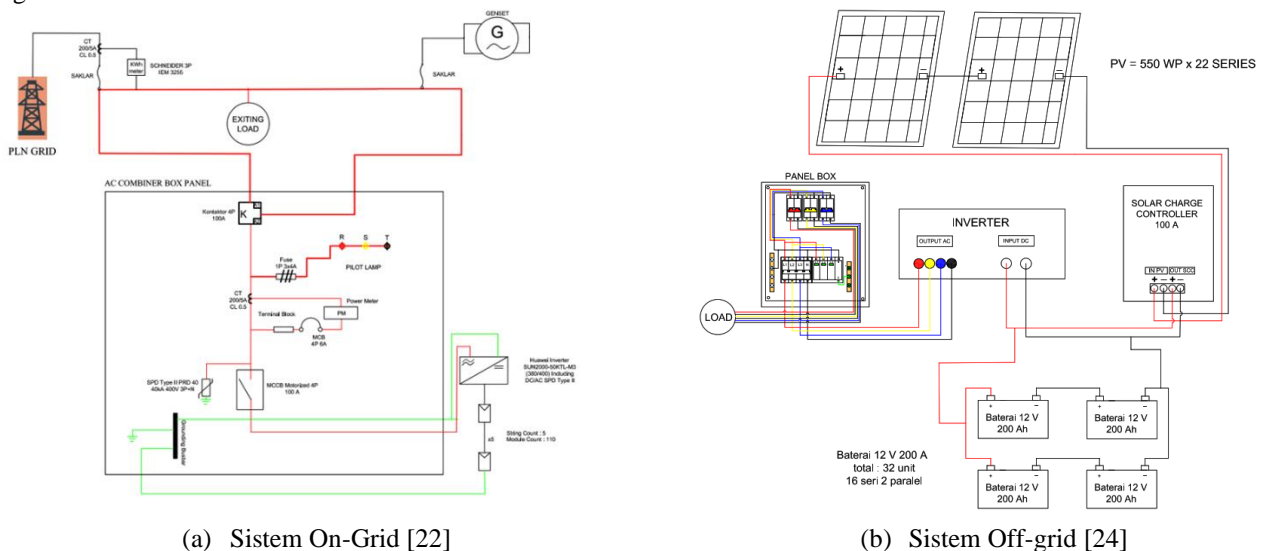
Alat – alat yang digunakan untuk menganalisis sistem *off-grid* menggunakan penyimpanan energi pada baterai yaitu sesuai tabel 2.1.

Tabel 2.1 Alat dan bahan

| Nama | Gambar | Keterangan |
|--------------------------|---|---|
| Solar module |  | Modul surya, juga dikenal sebagai modul fotovoltaik (PV), bertanggung jawab untuk menghasilkan energi dari matahari melalui efek photovoltaic. Dalam sel atau panel surya, efek fotovoltaik berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik [23]. Di antara dua lapisan tipis sel surya, lapisan tipis bahan semikonduktor tipe P (positif) dan tipe N (negatif) terhubung satu sama lain [24]. |
| Baterai |  | Sistem sel surya menggunakan baterai untuk menyimpan energi cadangan. Baterai memiliki cairan elektrolit yang dapat menghantarkan listrik, anoda dan katoda berfungsi sebagai kutub positif dan negative, dengan Output baterai adalah arus searah (DC) [25]. |
| Solar Charger Controller |  | Peralatan elektronik yang disebut Pengontrol Pengisian Solar (SCC) berfungsi untuk mengontrol arus searah (DC) yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Untuk mencegah kerusakan dan memperpanjang usia baterai, aliran listrik DC dari panel surya akan diputuskan ketika baterai penuh [26]. |
| Inverter |  | Alat elektronika daya yang disebut inverter dapat mengubah sumber tegangan DC menjadi sumber tegangan AC pada frekuensi tertentu. Kebutuhan transformer step up untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC, inverter biasanya menghasilkan frekuensi arus listrik sekitar 50 Hz atau 60 Hz dengan tegangan output sekitar 120 V atau 240 V [27]. |

2.2. Diagram Wiring

Proses pengambilan data dalam analisis sistem *on-grid* dan *off-grid* mengikuti diagram wiring sesuai dengan gambar 2.2 berikut..



Gambar 2.2 (a) Skema rangkain, (b) Desain tempat alat, & (c) Flowchart Sistem

2.3. Perancangan/ Perencanaan PLTS

Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang dilakukan pada perencanaan PLTS sistem Off Grid dan sistem On-Grid untuk gedung dengan kapasitas daya 60.500 Wp.

2.3.1. Perancangan PLTS sistem *on-grid*

Untuk merancang sebuah pembangkit listrik tenaga surya sistem *On-grid*, ada beberapa poin penting yang harus diperhatikan [28], diantaranya:

- Mencatat kwh meter terpasang : 450 W, 900 W, 1300 W, 2200 W, 3500, 4400 W, 5500 W, dst.
- Menentukan *Inverter*, Dalam menentukan kapasitas *inverter* disesuaikan dengan kebutuhan beban, daya inverter yang dipilih harus diatas daya beban per jam.
- Menentukan jumlah daya solar panel, Untuk menentukan jumlah panel surya yang dipasang disesuaikan dengan spesifikasi dari panel surya.

2.3.2. Perancangan PLTS sistem off-grid

Dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sistem *Off-Grid* dilakukan beberapa tahapan [28]:

- a) Penentuan kapasitas baterai yang dibutuhkan, gunakan rumus daya seperti pada persamaan 2.1 berikut:

$$P = I \times V \quad (2.1)$$

Setelah menentukan daya baterai, untuk menentukan jumlah baterai menggunakan persamaan 2.2 berikut:

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Daya total beban}}{\text{DoD} \times \text{Daya Baterai}} \quad (2.2)$$

- b) Perencanaan solar panel dalam kapasitas dan jumlah solar panel, gunakan rumus daya PV dan rumus jumlah PV seperti pada persamaan 3.3 dan 3.4 berikut ini.

$$\text{Daya minimum PV} = \frac{\text{Total Kebutuhan Energi}}{\text{Lama Penyinaran matahari}} \quad (2.3)$$

$$\text{Jumlah PV} = \frac{\text{Daya Total PV}}{\text{Kapasitas PV}} \quad (2.4)$$

- c) Penentuan *Solar Charge Controller* (SCC), ada parameter yang harus diketahui yaitu mengetahui total daya PV dan sistem tegangan baterai dengan satuan yang dicari yaitu arus. Untuk menghitung arus SCC dapat dilihat pada persamaan 3.5 dibawah ini.

$$\text{Arus SCC} = \frac{\text{Daya PV}}{\text{Sistem Tegangan Baterai}} \quad (2.5)$$

- d) Penentuan inverter yang akan digunakan, dapat dilihat dari jumlah beban total per jam

2.4. Teknik Analisis Data

Analisis data yang dilakukan yaitu mengurangi jumlah nilai terbesar dikurangi jumlah nilai terkecil, kemudian penentuan persentase nilai selis sesuai dengan persamaan 2.6 berikut.

$$\eta = \frac{f}{N} \times 100\% = \frac{\text{Jumlah selisih}}{\text{Jumlah total}} \times 100\% \quad (2.6)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Data Audit Beban

Sebelum merancang sistem PLTS yang akan digunakan, dilakukan audit beban untuk mengetahui daya total beban harian yang digunakan. Data audit beban bisa dilihat pada tabel 3.1 berikut ini..

Tabel 3.1 Data audit beban

| NO | Nama beban | Jumlah | Lama penggunaan (jam) | Beban (Watt) | Energi/Hari (Wh) |
|-------|--------------|--------|-----------------------|--------------|------------------|
| 1 | Lampu | 20 | 12 | 20 | 4.800 |
| 2 | Lampu | 7 | 12 | 30 | 2.520 |
| 3 | AC | 8 | 10 | 350 | 28.000 |
| 4 | Pompa air | 1 | 3 | 600 | 1.800 |
| 5 | CCTV DVR | 5 | 24 | 16 | 1.920 |
| 6 | Televisi LCD | 1 | 4 | 100 | 400 |
| 7 | Kipas Angin | 10 | 12 | 50 | 6.000 |
| 8 | Komputer | 10 | 6 | 250 | 15.000 |
| Total | | | | 7.190 | 60.440 |

Berdasarkan tabel 3.1 menunjukan Gedung dengan kebutuhan 60.440 Wh diperkirakan membutuhkan luas 180 m² dan bisa digunakan pada tempat terbuka dengan luas 120 m² seperti gambar pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Area pemasangan panel surya

3.2 Hasil Perancangan Sistem On-Grid

Pada perancangan Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-grid* berdasarkan tabel 3.1 dan gambar 2.2.a telah diketahui total beban yang digunakan sebesar 60,44 kWh. Perancangan sistem PLTS *On-Grid* pertama survei lapangan dilakukan untuk meninjau lokasi peletakan modul surya dan melakukan pengukuran ruang untuk menempatkan panel surya dan *combiner box*. Perencanaan gambar kerja detail untuk acuan pada instalasi panel surya dan *combiner box*, menggunakan diagram line sesuai dengan gambar 2.2. (a) dibuat dengan mengacu pada Gedung berkapasitas 60,5 KWp. Kemudian penentuan menggunakan inverter berkapasitas 50 KWp dengan spesifikasi daya maksimal 75 KW, MPPT *Voltage Range* sekitar 200 – 1000 Vdc, input maksimum arus per MPPT adalah 30 A, parameter yang telah diketahui ini digunakan untuk menentukan panel surya dan sistem panel surya.

Setelah menentukan inverter yang sesuai dengan kebutuhan, selanjutnya pilih PV *module* yang sesuai dengan inverter yang dipilih. Dalam penelitian ini dipilih PV *module* dengan daya 550 Wp dengan spesifikasi yang disesuaikan untuk kebutuhan beban dan rangkaian PLTS yang digunakan. Spesifikasi *maximum power* (P_{max}) dari PV adalah 550 Wp, maka jumlah panel surya yang dipilih menggunakan persamaan 3.1 berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah PV} &= \frac{\text{Daya total PV}}{\text{Kapasitas PV}} \\ &= \frac{60.440}{550} = 109,89 \text{ unit, maka dibulatkan menjadi 110 unit} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Persamaan 3.1 berdasarkan hasil $110 \times 550 \text{ Wp} = 60.500 \text{ Wp}$. Untuk menentukan rangkaian PV yang akan digunakan perhatikan I_{sc} dan V_{oc} dari PV, diketahui *open circuit voltage* (v_{oc}) adalah 37,9 V dan *short circuit current* (I_{sc}) sebesar 18,52 A, maka dari total 110 modul panel surya yang digunakan PV dirangkai secara 22 seri dalam 5 string agar tegangan yang masuk ke inverter di range 200 – 1000 V dan arus yang masuk ke MPPT dibawah 30 A.

Biaya Investasi pemasangan PLTS *On-Grid* (total kebutuhan daya listrik yang digunakan per jam yaitu 7.190 Wh), setelah melakukan perhitungan untuk menentukan total komponen plts maka biaya peralatan dan estimasi harga kebutuhan PLTS *on-grid* dan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Rincian biaya perancangan PLTS *on-grid*

| No. | Jenis material | Merek | Satuan | Kuantitas | Harga komponen (Rp) | Total harga (Rp) |
|--------|----------------|-------------------------------------|--------|-----------|---------------------|------------------|
| 1 | PV module | Trinasolar 550 wp TSM DE-19 | UNIT | 110 | 3.030.000 | 333.300.000 |
| 2 | Inverter | Huawei SUN2000-50KTL-M3 | UNIT | 1 | 75.732.000 | 75.732.000 |
| 3 | Kabel DC | LEONI XLRE 1 x 4 mm ² | M | 971 | 18.500 | 17.963.500 |
| 4 | Kabel AC | SUPREME NYHY 4 x 35 mm ² | M | 15 | 388.000 | 5.820.000 |
| 5 | Kabel ground | SUPREME NYA 1 x 4 mm ² | M | 250 | 8.300 | 2.075.000 |
| 6 | Motorized 4P | SCHNEIDER 3 phase 4p 100 A | UNIT | 1 | 4.500.000 | 4.500.000 |
| 7 | Kontaktor | SCHNEIDER 3 phase 4p 100 A | UNIT | 1 | 2.888.000 | 2.888.000 |
| 8 | MCB | SCHNEIDER 3 phase 4p 6 A | UNIT | 1 | 433.000 | 433.000 |
| 9 | SPD | SCHNEIDER SPD ACTI 9 IPRD | UNIT | 1 | 1.590.000 | 1.590.000 |
| | | A9L20600 3P+N 350V | | | | |
| Jumlah | | | | | | 444.301.500 |

3.3 Hasil Perancangan Sistem *Off-Grid*

Hasil analisis perancangan pertama yaitu penentuan jenis baterai yang digunakan pada konsep ini adalah sistem VRLA (*Valve Regulation Lead Acid Battery*) dengan tegangan baterai 12 VDC. Batas pemakaian ideal baterai jenis ini yang disebut DOD adalah 80%. Kapasitas baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah 12 Volt 200 Ah. Untuk menentukan kapasitas baterai, kita dapat menggunakan persamaan 2.1.

$$P = V \times I = 12 \text{ Volt} \times 200 \text{ Ah} = 2400 \text{ Watt}$$

Setelah dilakukan perhitungan dapat diketahui kapasitas daya baterai yaitu 2400 watt, maka langkah selanjutnya mencari kapasitas jumlah baterai yang akan digunakan dengan persamaan 2.2 sebagai berikut.

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Daya total beban}}{\text{DoD} \times \text{Daya Baterai}} = \frac{60.440}{0,8 \times 2.400 \text{ watt}} = 31,48 \text{ unit, dibulatkan menjadi 32 unit}$$

Sehingga dapat diketahui jumlah kapasitas baterai yang akan digunakan yaitu $32 \text{ unit} \times 2400 = 76.800 \text{ watt}$ dipasang secara 16 seri dan 2 paralel untuk memberikan daya yang optimal, jumlah kapasitas baterai yang dipasang secara seri paralel. Penentuan panel surya, maka perlu untuk mengetahui daya total PV dan jumlah panel yang akan digunakan persamaan 3.3.

$$\text{Daya total PV} = \frac{\text{Daya Beban}}{\text{Lama penyinaran matahari}} = \frac{60.440 \text{ Wh}}{5 \text{ Jam}} = 12.100 \text{ Watt}$$

Dalam penelitian ini kapasitas PV yang dipilih adalah 550 Wp dengan spesifikasi $V_{mpp} = 31,6 \text{ V}$, $I_{mpp} = 17,40 \text{ A}$, $V_{oc} = 37,9 \text{ Volt}$, $I_{sc} = 18,52 \text{ A}$, dan $\text{Eficiency} = 21,0 \%$.

$$\text{Jumlah PV} = \frac{\text{Daya total PV}}{\text{Kapasitas PV}} = \frac{12.100}{550} = 21,97 \text{ unit, maka dibulatkan menjadi 22 unit}$$

Hasil diatas sehingga kapasitas PV yaitu $22 \text{ unit} \times 550 \text{ Wp} = 12.100 \text{ wattpeak}$ yang dipasang secara seri dalam 2 string untuk memenuhi daya yang diperlukan. Kemudian penentuan *Solar charging controller* ditentukan dengan memperhatikan parameter seperti daya total PV dan sistem tegangan baterai menggunakan persamaan 3.5.

$$\text{Arus SCC} = \frac{\text{Total Daya PV}}{\text{Sistem Tegangan baterai}} = \frac{12.100}{192} = 126,04$$

Dari hasil perhitungan kapasitas SCC diatas, diketahui kapasitas arus *solar charge control* yang diperlukan adalah 126,04 A, maka dari itu spesifikasi dari SCC harus diatas arus SCC yang diperlukan. Berdasarkan hasil data diatas pada tabel 3.1, maka inverter yang diperlukan yaitu diatas dari total daya beban yang dipakai per jam yaitu bisa dilihat dari tabel diatas sejumlah 7.190 watt/Wh. Maka dari itu inverter yang diperlukan sebesar kapasitas 10.000 Watt karena untuk mensuplai daya listrik peralatan gedung dan beban berat seperti AC, komputer maka diperlukan inverter Low Frequency sinus wave agar menjaga keawetan barang elektronik yang ada di gedung. Sehingga hasil analisis estimasi harga PLTS *off-grid* yang dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Rincian biaya perancangan PLTS *off-grid*

| No. | Jenis material | Merek | Satuan | Kuantitas | Harga komponen (Rp) | Total harga (Rp) |
|-----|----------------|-----------------------------|--------|-----------|---------------------|------------------|
| 1 | PV module | Trinasolar 550 wp TSM DE-19 | UNIT | 22 | 3.030.000 | 66.660.000 |

| | | | | | | |
|--------|--------------|-------------------------------------|------|-----|------------|-------------|
| 2 | SCC | SMT power MPPT 100A | UNIT | 1 | 640.000 | 640.000 |
| 3 | Baterai | Narada VRLA 12V 200A | UNIT | 32 | 5.710.000 | 182.720.000 |
| 4 | Inverter | SANKELUX 10 kW 3 phase | UNIT | 1 | 51.678.000 | 51.678.000 |
| 5 | Kabel AC | SUPREME XLRE 4 x 35 mm ² | M | 15 | 388.000 | 5.820.000 |
| 6 | Kabel DC | LEONI XLRE 1 x 4 mm ² | M | 971 | 18.500 | 17.963.500 |
| 7 | Kabel ground | SUPREME NYA 1 x 4 mm ² | M | 250 | 8.300 | 2.075.000 |
| 8 | MCCB 4P | SCHNEIDER | UNIT | 1 | 2.317.500 | 2.317.500 |
| 9 | SPD | SCHNEIDER | UNIT | 1 | 1.590.000 | 1.590.000 |
| Jumlah | | | | | | 332.214.000 |

3.4 Analisis Perbandingan biaya pemasangan PLTS On-grid dengan pemasangan PLTS Off-grid

Setelah dilakukan perancangan dan perhitungan biaya diatas maka perbandingan biaya dan selisih antara biaya pemasangan PLTS sistem on-grid dengan PLTS sistem standalone atau off-grid dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Perbandingan biaya

| Keterangan | PLTS on-grid | PLTS off-grid | Selisih |
|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Perbandingan | Rp.444.301.500 | Rp.332.214.000 | Rp.112.087.500 |

Berdasarkan tabel 3.4 diatas biaya antara pemasangan PLTS sistem on-grid dengan pemasangan PLTS sistem off-grid ternyata lebih besar PLTS sistem on-grid dengan total biaya Rp. 444.301.500,00 daripada pemasangan PLTS sistem off-grid dengan biaya Rp. 332.214.000,00. Selisih diantara pemasangan PLTS sistem on-grid dan off-grid dengan total daya beban yang sama ini adalah sejumlah Rp.112.087.500,00.

$$\eta = \frac{\text{Jumlah selisih}}{\text{Jumlah total}} \times 100\% = \frac{\text{Rp.112.087.500}}{\text{Rp.776.515.500}} \times 100\% = 14,43 \%$$

Berdasarkan hasil diatas diketahui persentase selisih biaya pemasangan PLTS on-grid dengan PLTS off-grid adalah biaya pemasangan PLTS on-grid lebih mahal 14,43% dibandingkan dengan PLTS off-grid.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil perencanaan pemasangan PLTS on-grid berguna untuk aktivitas energi listrik dengan intensitas tinggi disiang hari karena menghemat biaya listrik dari jaringan utama. Dengan meneliti hasil dari perbandingan antara biaya pemasangan PLTS on-grid dengan biaya pemasangan PLTS off-grid, diketahui biaya pemasangan PLTS on-grid lebih besar dengan kisaran biaya investasi kurang lebih Rp.444.301.500 dan biaya pemasangan PLTS off-grid kurang lebih Rp.332.214.000 dengan hasil persentase 14,43%. Meskipun biaya investasi perancangan dan instalasi PLTS on-grid lebih mahal dari biaya investasi awal instalasi PLTS off-grid, namun untuk jangka waktu yang panjang PLTS on-grid lebih diunggulkan karena tidak menggunakan baterai.

Daftar Pustaka

- [1]. Bayu, Handoko, and Jaka Windarta. "Tinjauan kebijakan dan regulasi pengembangan PLTS di Indonesia." *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan* 2.3 (2021): 123-132.
- [2]. Afif, Faisal, and Awaludin Martin. "Tinjauan potensi Dan Kebijakan energi surya di Indonesia." *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material* 6.1 (2022): 43-52.
- [3]. I. P. Dedi Wiriastika, I. N. Setiawan, and I. W. Sukerayasa, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tempat Olah Sampah Setempat Werdi Guna Desa Gunaksa Kabupaten Klungkung," *J. SPEKTRUM*, vol. 9, no. 1, p. 44, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2022.v09.i01.p6.
- [4]. I. D. G. Yaya Putra Pratama, I. N. Satya Kumara, and I. N. Setiawan, "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung Untuk Plts Rooftop," *J. SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, p. 119, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p15.
- [5]. Liestyowati, Dwi, et al. "Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berkapasitas 100 WP dengan Inverter 1000 Watt." *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi* 1.5 (2022): 623-634.
- [6]. Susilowati, Sri Endah, and Imam Uddin. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Daya 50 Watt Menggunakan Compact Disc Bekas." *Jurnal Kajian Teknik Mesin* 7.2 (2022): 1-12.
- [7]. Hurairah, Muhammad, et al. "Uji Kerja Alat Pengering Makanan Berbasis Sumber Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya." *Jurnal Surya Energy* 7.2 (2023): 60-66.
- [8]. Al Nafi, Faliq Hukma, and Marsanto Adi Nurcahyo. "Analisis Swot Perjanjian Perdagangan Indonesia–Chile Cepa." *BBM (Buletin Bisnis & Manajemen)* 7.2 (2021): 164-181.
- [9]. Afif Faisal and Martin Awaludin, "Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 6, no. 1, pp. 43–52, 2022, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/362433776_Tinjauan_Potensi_dan_Kebijakan_Energi_Surya_di_Indonesia.
- [10]. Nurjaman, H. B., and T. Purnama. "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai solusi energi terbarukan rumah tangga." 2022,
- [11]. Rizki, Rizki Maulana, and Insani Abdi Bangsa. "Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Gedung UPHB PT Pembangkit Jawa Bali Unit Muara Karang." *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (AJIEE)* 5.1 (2023): 67-75.
- [12]. H. B. Nurjaman and T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga," *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 136–142, 2022, doi: 10.21831/jee.v6i2.51617.

- [13]. Utami, Priska Restu, and Mariza Wijayanti. "Analisa Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Taman Markisa di Wilayah RT 01/RW 08 Kelurahan Mampang, Pancoran Mas, Kota Depok." *Jurnal Abdi Masyarakat Multidisiplin* 1.2 (2022): 42-49.
- [14]. Alamsyah, Tomi, Ayong Hiendro, and Zainal Abidin. "Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Monocrystalline dan Polycrystalline Di Kota Pontianak dan Sekitarnya." *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)* 9.2 (2021).
- [15]. Hidayat, Fery, Dani Rusirawan, and IQBAL RACHMADI FAJAR TANJUNG. "Evaluasi Kinerja PLTS 1000 Wp di Itenas Bandung." *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika* 7.1 (2019): 195.
- [16]. Roza, Emilia, and Mohammad Mujirudin. "Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA." *Jurnal Kajian Teknik Elektro* 4.1 (2019): 16-30.
- [17]. I. D. G. Yaya Putra Pratama, I. N. Satya Kumara, and I. N. Setiawan, "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung Untuk Plts Rooftop," *J. SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, p. 119, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p15.
- [18]. Muslim, Supari, Khusnul Khotimah, and Alfiantin Noor Azhiimah. "analisis kritis terhadap perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) tipe photovoltaic (PV) sebagai energi alternatif masa depan." *Rang Teknik Journal* 3.1 (2020): 119-130.
- [19]. Baharuddin, Randis. "Rancang Bangun Sistem Mini Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Portable." *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)* 9.1 (2021): 65-70.
- [20]. P. T. Sogy and E. Indonesia, "Pedoman dan Materi K P," no. 3.
- [21]. Setyawan, Andre, and Agus Ulinuha. "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Untuk Supply Charge Station." *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 24.1 (2022): 23-28.
- [22]. Syafii, Syafii, Yona Mayura, and Muhardika Muhardika. "Strategi Pembebanan PLTS Off Grid untuk Peningkatan Kontinuitas Suplai Energi Listrik." *Jurnal Rekayasa Elektrika* 15.3 (2019).
- [23]. P. Pendidikan, D. A. N. Pelatihan, and P. Plts, "Pengenalan plts 1.," pp. 1–22.
- [24]. Naim, Muhammad. "Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Mahalona Kecamatan Towuti." *DINAMIKA–Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 9.1 (2017): 27-32.
- [25]. P. Hadi Saputro *et al.*, *Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Alat Penerangan Rumah Tangga Di Desa Air Naga Galang Kota Batam*. Media Sains Indonesia, 2022
- [26]. G. M. . M. Indra Wahyudin A.Karim, Meita Rumbayan, "Perencanaan Daya Cadang Menggunakan Panel Surya Di Perumahan Bukit Ranomuut Indah," *Kementrian Keuang.*, 2022, [Online]. Available: <https://www.kemenkeu.go.id/publikasi/berita/presiden-tegaskan-pentingnya-pembangunan-infrastruktur/>
- [27]. P. G. G. Priajana, I. N. S. Kumara, and I. N. Setiawan, "Grid Tie Inverter Untuk Plts Atap Di Indonesia: Review Standar Dan Inverter Yang Compliance Di Pasar Domestik," *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 2, p. 62, 2020, doi: 10.24843/spektrum.2020.v07.i02.p9.
- [28]. Jalaluddin, Rahmat, and Yanuar Mahfudz Safarudin. "Perbandingan Biaya Perancangan Plts On-Grid dan Off-Grid pada Laboratorium Listrik PPSDM MIGAS." *Prosiding Seminar Nasional NCIET*. Vol. 1. No. 1. 2020.