

Analisis Perancangan *PLTS Off Grid* 2 KW Pada Wisata Dung Tungkul Meteseh Semarang

Design Analysis of a 2 KW Off-Grid Solar Power System for Dung Tungkul Tourism in Meteseh, Semarang

Fachruroji¹, Rizky Mubarok², M. Roehul Zinan³, Randi Adzin Murdiantoro⁴, Rizki Noor Prasetyono^{*5}, Rizki Nurkholis⁶

^{1,2,3,4,5,6}Teknik Elektro, FST, Universitas Peradaban, Brebes, Indonesia

*.⁵Corresponding author: rizkinoorupb@peradaban.ac.id

¹ Fachruroji@peradaban.ac.id, ^{2,3} barokstemate@gmail.com, ^{4,6} randi.adzin.m@gmail.com

Abstrak

Penyesuaian dalam pengembangan energi alternatif dengan sumber energi terbarukan sangat dibutuhkan dan searah dengan kebijakan energi di Indonesia. Salah satu sumber energi terbarukan yang mampu dimanfaatkan di iklim Indonesia sebagai sumber pasokan listrik melalui konversi radiasi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan sel fotovoltaik sebagai medium transformasi energi. Maka tujuan penelitian dengan menggunakan software PVsyst 7.3.1 yaitu untuk mengetahui analisis perencangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-grid* 2kw di Wisata Dung Tungkul Meteseh, Kota Semarang sebagai studi kasus. Pada Analisis perancangan PLTS sistem *Off-grid* dengan kapasitas 2 kW di wisata Dung Tungkul Meteseh. PVsyst digunakan untuk merancang sistem instalasi PLTS yang akan diaplikasikan menggunakan basis data yang sudah ada didalamnya. Metode penelitian menggunakan analisis kuantitatif deskriptif dengan tahapan observasi, pengumpulan data, perancangan, pengaplikasian/simulasi, pengambilan data dan analisis data. Hasil riset perancangan PLTS *off-grid* pada tempat wisata Dung Tungkul Meteseh Semarang menggunakan software pvsyst, energi yang di butuhkan sebesar 2044 kWh per tahun. Sebaliknya, hasil pengukuran menunjukkan energi yang disalurkan ke beban sebesar 1.868 kWh per tahun. Berdasarkan analisis adanya kekurangan energi dengan nilai 8,59% atau setara dengan 175,5 kWh/tahun, kemudian dengan *solar fraction* menujukan 0,914 dan nilai mean rasio 0,607 menujukan kategori kinerja *system* yang optimal/baik dengan rincian nilai di atas 7 pada bulan Januari, November, dan Desember.

Kata kunci: energi terbarukan, PLTS *Off-grid*, software PVsyst, wisata Dung Tungkul Meteseh, kapasitas 2 kW

Abstract

Adjustments in the development of alternative energy with renewable energy sources are urgently needed and in line with energy policies in Indonesia. One of the renewable energy sources that can be utilized in the Indonesian climate as a source of electricity supply through the conversion of solar radiation into electrical energy using photovoltaic cells as a medium for energy transformation. So the purpose of the study using PVsyst 7.3.1 software is to determine the design analysis of the 2kw Off-grid Solar Power Plant (PLTS) at Dung Tungkul Meteseh Tourism, Semarang City as a case study. In the design analysis of the Off-grid PLTS system with a capacity of 2 kW at Dung Tungkul Meteseh tourism. PVsyst is used to design a PLTS installation system that will be applied using the existing database in it. The research method uses descriptive quantitative analysis with stages of observation, data collection, design, application/simulation, data collection and data analysis. The results of the off-grid PLTS design research at the Dung Tungkul Meteseh tourist spot in Semarang using pvsyst software, the energy needed is 2044 kWh per year. On the other hand, the measurement results show that the energy distributed to the load is 1,868 kWh per year. Based on the analysis of the energy shortage with a value of 8.59% or equivalent to 175.5 kWh/year, then with the solar fraction showing 0.914 and the mean ratio value of 0.607 indicating the optimal/good system performance category with a breakdown of values above 7 in January, November, and December.

Keywords: renewable energy, Off-grid PLTS, PVsyst software, Dung Tungkul Meteseh tourism, 2 kW capacity

I. INTRODUCTION

Kementrian ESDM dalam menelaah perkembangan kebutuhan listrik di Indonesia sebesar 6,9 % tiap tahunnya, didominasi oleh konsumsi rumah tangga [1]. Hal ini memperlihatkan bahwa konsumsi energi listrik keseharian dalam rumah tangga sangat mempengaruhi kehidupan sehari-hari. Kondisi ini semakin parah karena penggunaan bahan bakar fosil pada pembangkit listrik, baik minyak, batubara maupun bahan organik lainnya, yang jumlah emisinya tidak lagi dapat diimbangi oleh proses penyerapan alami melalui vegetasi dan sistem laut. Karena kebutuhan energi yang terus meningkat mengakibatkan kenaikan konsentrasi gas CO₂ dan mengakibatkan efek rumah kaca [2]. Jika terus berlanjut tidak ada penanganan yang serius untuk mengganti energi fosil dengan Energi Baru Terbarukan (EBT) akan mengakibatkan pemanasan suhu dunia yang mempengaruhi cuaca, tinggi permukaan air laut, kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan [3]. Pengembangan EBT tidak bisa dipisahkan dari perubahan dalam pendekatan pembangunan global perspektif ini menekankan bahwa pembangunan tidak hanya tentang pertumbuhan ekonomi dan industrialisasi, tetapi juga memperhatikan perlindungan lingkungan serta kesejahteraan masyarakat sebagai hal yang sangat penting untuk menjaga kelestarian lingkungan [4].

Tenaga surya opsi energi ramah lingkungan yang aman bagi manusia, awalnya dipakai oleh perusahaan-perusahaan besar, teknologi panel surya sekarang diterapkan di rumah-rumah dan lampu jalan [5], [6]. PLTS, sebagai sumber energi terbarukan yang terus berkelanjutan dan ramah lingkungan, terdiri dari dua jenis instalasi utama. Secara operasional, pembangkit listrik tenaga surya memiliki tiga mode pengoperasian yang berbeda. Mode operasi pertama adalah sistem independen yang tidak terhubung jaringan listrik (*off-grid*). Mode kedua berupa sistem yang tersambung dengan jaringan distribusi listrik utama (*on-grid*). Sedangkan mode ketiga merupakan kombinasi antara PLTS dengan sumber pembangkit lain dalam satu sistem terpadu yang kita kenal sebagai sistem hibrida [7]. PLTS sistem *off-grid* adalah sistem yang beroperasi secara independen tanpa bergantung pada sumber listrik lain untuk memenuhi kebutuhan daya, menggunakan sinar matahari diambil oleh panel surya. Energi tersebut diubah inverter diambil dari energi matahari (*photon*) dicadangkan dalam baterai[8].

Sebagai langkah ke depan dalam menciptakan pembangkit energi yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan, serta untuk memberikan akses energi berkelanjutan kepada masyarakat [9]. Hambantan yang ditemui dalam PLTS, faktor yang memengaruhi efisiensi daya yang dihasilkan *solar panel*, seperti sinar matahari, suhu sel surya, penempatan panel surya, kemiringan panel surya dan dampak bayangan dari sinar matahari [10]. Pemanfaatan PLTS memiliki potensi investasi dalam pengembangan wisata, salah satunya wisata di Dung Tungkul Meteseh Semarang. Dung Tungkul Meteseh Semarang terletak di kelurahan Meteseh kecamatan Tembalang, Semarang Jawa Tengah. Dimana konsep dari wisatanya mengangkat kampung tematik dengan keunggulan pemandangan sungai asri dan alam terbuka. Untuk mendorong dalam konsep alam dan kelestarian lingkungan bisa memanfaatkan PLTS sebagai konsumsi energi listrik. Karena tujuannya untuk memberikan wisata yang lebih memiliki fungsi, estetis dan berkelanjutan. Wisatanya ini juga memiliki wilayah *outdoor* yang luas sehingga matahari yang cukup tinggi di banyak wilayah hal ini menjadikan energi potensial yang dapat secara luas untuk menghasilkan listrik.

II. LITERATURE REVIEW

1. PLTS Off-Grid

PLTS *Off-Grid* dilakukan melalui perancangan dengan pembangkit listrik memanfaatkan sinar matahari menghasilkan sumber arus listrik tanpa terkoneksi dengan jaringan listrik pembangkit PLN. Menjadikan kemudahan ketika menyediakan energi listrik di daerah terpencil dengan perawatan dan pengoprasian yang gampang dipahami dalam rentang waktu 5 tahun [11]. Keungulan PLTS ini adalah dapat di sesuaikan dan di perluas dengan sistem independen yang tidak terhubung jaringan listrik (*off grid*) [29]. Beberapa komponen PLTS *off-grid* yaitu sel surya, baterai, *Solar Charge Controller*, dan *Inverter*.

Pertama sel surya adalah komponen semikonduktor yang terdiri dari tipe P dan tipe N yang disusun atas bawah untuk menangkap energi pada sel surya (*photovoltaic effect*)[12], [13]. Kedua baterai, beroperasi berdasarkan sel elektrokimia yang melakukan konversi energi secara reversibel. Proses *discharge* mengubah energi kimia menjadi energi listrik, sedangkan proses *charge* melakukan konversi sebaliknya dari listrik ke energi kimia melalui reaksi elektrokimia *reversible*[14]. Berdasarkan penerapannya, baterai yang sering di pakai pada sistem PLTS dibagi menjadi 3 yaitu baterai *lead-acid*, *lithium-ion*, *nickel-cadmium*

(Ncid). Baterai jenis nikel-cadmium juga digunakan dalam kondisi penting seperti pada tempat yang bersuhu rendah, tetapi harganya relatif lebih mahal [15]. Ketiga *Solar Charge Controller* dipakai mengontrol arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban dan kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh dan kelebihan tegangan dari panel surya [16]. Panel surya 12 V memiliki *output* 16-21V jika tidak ada *solar charger controller* baterai rusak karena *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan [17]. Jenis *controller Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan prinsip adaptif, secara dinamis menyeimbangkan antara penurunan arus *input* dengan stabilisasi tegangan *output*. Pada kondisi radiasi matahari optimal, sistem meningkatkan kapasitas penyerapan arus dari modul surya untuk mencapai titik kerja daya maksimum.

Keempat inverter, pada PLTS karena arus yang dihasilkan modul adalah DC (*Direct Current*) sedangkan arus yang digunakan pada peralatan listrik dan jaringan listrik pada umumnya adalah AC (*Alternating Current*) [18]. Selain untuk mengubah arus DC *inverter* juga mempunyai fungsi lain yaitu sebagai mengatur dan menstabilkan tegangan pada daya listrik yang dihasilkannya. Penggunaan *inverter* dari dalam PLTS adalah untuk perangkat yang menggunakan AC. Ada beberapa jenis *inverter* antara lain, *Square Sine Wave Inverter*, *Modified Sine Wave Inverter*, dan *Pure Sine Wave Inverter*.

2. Metode Perancangan PLTS sistem off-grid

Perencanaan PLTS *Off-Grid* mencakup beberapa tahapan, yaitu:

1. Pemilihan dalam kapasitas baterai, gunakan rumus daya seperti persamaan 1, kemudian penentuan jenis baterai pada persamaan 2 [19] berikut:

$$P = I \times V \quad (1)$$

$$\sum Baterai = \frac{P_{total beban}}{Batas pemakaian ideal baterai \times P_{baterai}} \quad (2)$$

2. Penentuan *solar panel* yaitu menentukan kapasitas dan jumlah solar panel, gunakan rumus daya PV pada persamaan 3 dan rumus jumlah PV seperti persamaan 4 berikut:

$$Daya Total PV = \frac{Daya Beban}{Lama Penyinaraan Matahari} \quad (3)$$

$$Jumlah PV = \frac{Daya tatal PV}{Kapasitas PV} \quad (4)$$

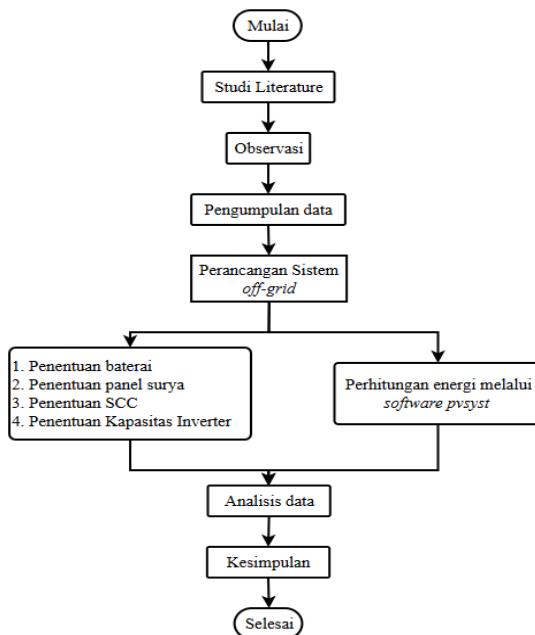
3. Penentuan *solar charge controller* (SCC) yaitu, sebelum menentukan SCC, ada parameter yang diketahui yaitu mengetahui total daya PV dan sistem tegangan baterai dengan satuan yang dicari yaitu arus. Penggunaan kapasitas SCC dengan spesifikasi sebesar 100 A. Untuk menghitung arus SCC dapat dilihat pada persamaan 5 dibawah ini.

$$\left(I = \frac{P}{V} \right) Arus SCC = \frac{Daya PV}{Sistem Tegangan Baterai} \quad (5)$$

4. Penentuan *inverter*, Dalam menentukan *inverter* yang akan digunakan, dapat dilihat dari jumlah beban total per jam. Pilih inverter sesuai kebutuhan beban, *high frequency* atau *low frequency*. Daya inverter yang dipilih harus lebih tinggi daya beban per jam.

III. RESEARCH METHOD

Perancangan PLTS *Off-Grid* dilakukan sesuai dengan tahapan penelitian berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

Berdasarkan gambar 1 mulai pada studi literatur dan observasi mengacu pada riset terdahulu dan apa yang dialami di lapangan. Khususnya mengantisipasi listrik yang sering terjadi pemadaman pada suatu daerah terutama pada daerah yang jauh dari jangkauan listrik PLN dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya sistem *Off Grid*. Kemudian tahapan pengumpulan data yaitu menentukan kapasitas baterai, menentukan kapasitas panel surya, menentukan *solar charger control* dan menentukan kapasitas *inverter*. Setelah analisis data untuk mengetahui data yang dibutuhkan pada wisata dung tungkul daya 2kW.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

1. Hasil Analisis Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *Off-grid*

Berdasarkan hasil pengambilan data kemudian analisis perancangan sistem *off grid* dengan perencanaan data total beban 2 kW pada PLTS. Tabel 1 kebutuhan panel surya dilakukan audit beban penggunaan listrik.

Tabel 1. Beban penggunaan listrik

| No | Nama beban | Jumlah | Lama penggunaan (per jam) | Beban (watt) | Energi/hari (wh) |
|--------------|-----------------|--------|---------------------------|--------------|------------------|
| 1 | Lampu led | 25 | 2 | 20 | 1000 |
| 2 | soundsystem | 3 | 1,5 | 500 | 2250 |
| 3 | blander | 4 | 1 | 100 | 400 |
| 4 | Showcase | 4 | 3 | 300 | 3600 |
| 5 | Pompa air | 1 | 1,5 | 350 | 525 |
| 6 | Mesin cupsealer | 1 | 0.5 | 100 | 50 |
| Total | | | | | 7825 |

Pada tabel 1 menujukan hasil audit beban yang ada pada tempat Wisata Dung Tungkul Semarang dilakukan dengan nilai maksimum beban yang diberikan dari hasil observasi. Selanjutnya tahapan perancangan pertama melakukan penentuan kapasitas baterai yang akan di gunakan yaitu *deep cycle battery* dengan tegangan 12v 200Ah dengan batas pemakaian ideal 80% (0,8). Untuk menentukan kapasitas baterai menggunakan persamaan 2, hasil perhitungan tabel 2 berikut.

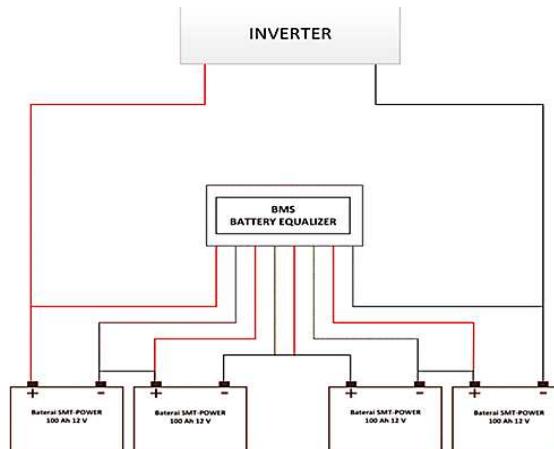
Tabel 2. Penetuan kapasitas baterai

| Tegangan (V) | Arus (Ah) | Daya (Watt) |
|--------------|-----------|-------------|
| 12 | 200 | 2400 |

Berdasarkan tabel 1 diperoleh nilai daya total beban 7825 Wh dan pada tabel 2 didapatkan daya baterai yang digunakan 2400 W. Kemudian jumlah penentuan jumlah baterai sesuai dengan persamaan 2.

$$\sum \text{Baterai} = \frac{P_{\text{total beban}}}{\text{Batas pemakaian ideal baterai} \times P_{\text{baterai}}} = \frac{7825}{0,8 \times 2400} = 4,075 \text{ unit}$$

Berdasarkan perhitungan persamaan diatas menunjukan nilai 4,075 jika dibulatkan maka jumlah baterai yang digunakan sekitar 4 unit. Kemudian dirangkai seri dengan sesuai gambar 2 berikut.



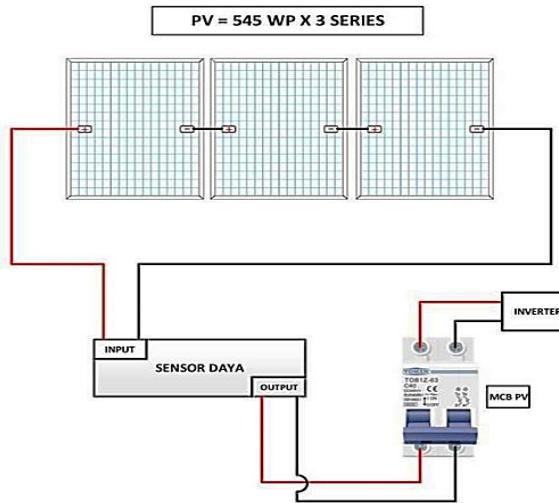
Gambar 2. Rangkaian baterai

Selanjutnya penentuan panel surya dengan daya total beban 2 kW. Penentuan panel surya yang diambil 550 Wp dengan spek $V_{oc} = 49,75V$, $V_{mp} = 41,80V$, $I_{sc} = 13,93A$, dan $I_{mp} = 13.04$. Tahapan ini mengetahui daya total PV persamaan 3 dan jumlah panel dengan persamaan 4, hasilnya disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan daya total dan jumlah PV

| Daya Beban (Wh) | Lama Penyinaran Matahari (jam) | Daya Total PV (Watt) | Kapsistas PV (Wp) | Jumlah PV (Unit) |
|-----------------|--------------------------------|----------------------|-------------------|------------------|
| 7825 | 5 | 1565 | 550 | 2,845 |

Berdasarkan tabel 3 menunjukan daya total PV yang dihasilkan dalam 5 jam penyinaran yaitu 1565 Watt. Kemudian dengan spesifikasi kapasitas PV 550 maka dibutuhkan 2,845 Unit PV atau dibulatkan menjadi 3 Unit PV. Rangkaian PV bisa dilihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Rangkaian PV

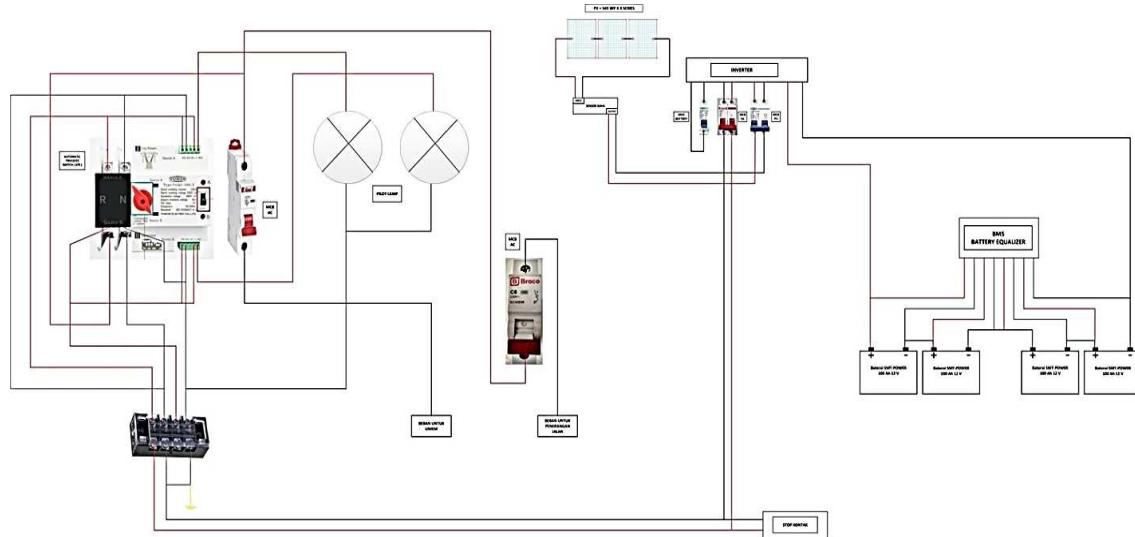
Tahapan berikutnya yaitu penentuan *Solar charging controller* dengan menganalisis spesifikasi arus SCC yang didapatkan dari daya total pv dan sistem tegangan baterai pada persamaan 5.

$$I_{SCC} = \frac{\text{Daya PV}}{\text{Sistem Tegangan Baterai}} = \frac{1565}{48} = 32,6 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan diatas menunjukkan nilai arus SCC 32,6 Amper maka maka spesifikasi solar charger control harus melebihi perhitungan di atas.

Tahapan terakhir adalah menentukan inverter berdasarkan pada audit beban pada tabel 1. Jumlah beban sebesar 4050 watt/Wh. Maka inverter yang di perlukan pada rangkain ini sebesar 5000 watt/Wh karena untuk mensuplai daya listrik yang ada di tempat Wisata Meteseh Dung Tungkul. inverter yang di pakai tipe high frequency karena daya beban di tempat Wisata Meteseh Dung Tungkul relatif rendah dan inverter jenis *high frequency* ini harganya relatif lebih murah.

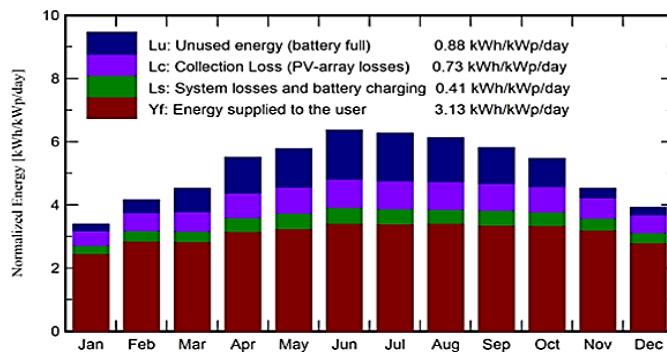
Berikut merupakan diagram hasil hasil perancangan dari PLTS sistem off-grid di wisata dung tungkul meteseh semarang dengan daya 2kW dilihat pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Hasil perancangan diagram line rangkaian PLTS off grid

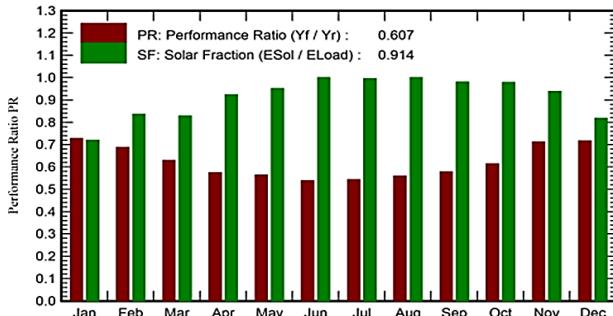
2. Analisis Energi Menggunakan Software Pvsys

Hasil prediksi menggunakan aplikasi *Pvsys* dalam satuan kWh/kWp/hari dalam periode satu tahun bisa di lihat pada gambar 9 di bawah:



Gambar 9. Produksi energi listrik PVsyst

Pada grafik gambar 9 menunjukkan bahwa sistem PLTS selama setahun dengan rata rata nilai energi listrik yang di suplai ke beban (YF) 3.13 kWh/kWp/hari, *losses* energi cahaya menjadi energi listrik (LS) sebesar dengan rata rata nilai selama setahun 0.41 kWh/kWp/hari, losses pada modul PV (LC) sebesar 0.73 kWh/kWp/hari, energi yang tidak di gunakan dalam kondisi baterai penuh (LU) memiliki nilai paling besar dibulan ke 6 (juni) dan titik terendah bulan ke 1 (Januari) dan nilai rata rata LU sebesar 0.88 kWh/kWp/hari.



Gambar 10. Performa Ratio

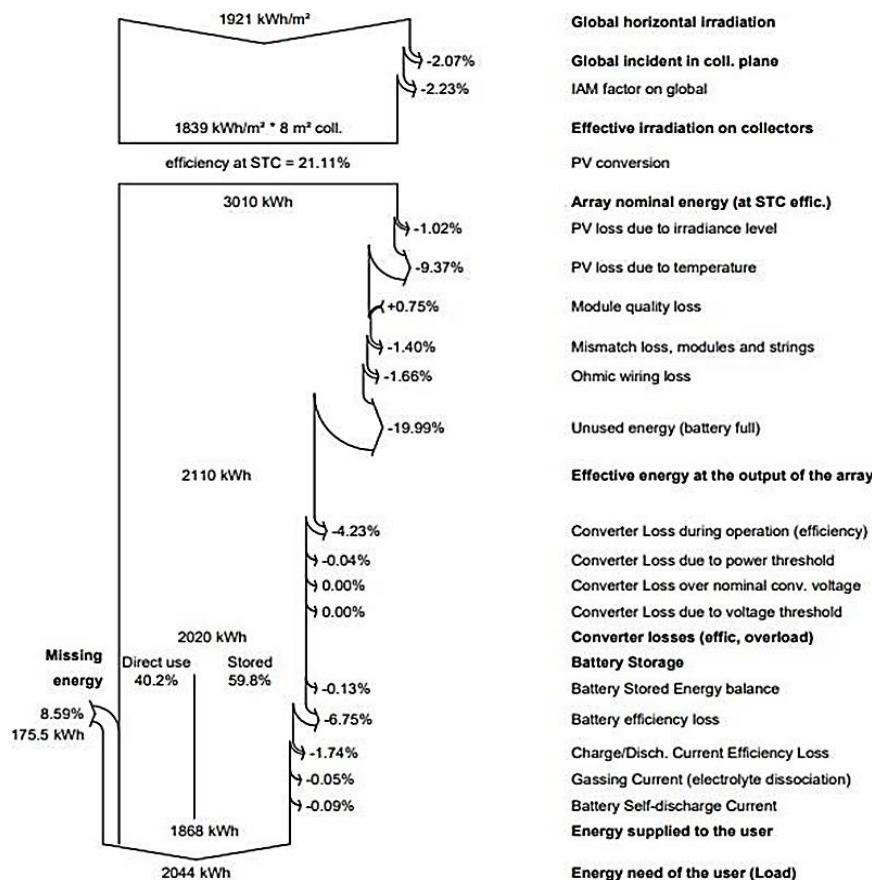
Gambar 10 merupakan hasil dari analisis rasio kinerja/performa (PR) dan *solar fraction* (SF) secara berkala dalam satu tahun, didapatkan rata-rata PR 0.607 dan rasio di atas 0.7 ada di bulan Januari, November dan Desember. *Solar Fraction* (SF) adalah kemampuan modul panel surya untuk memenuhi kebutuhan energi dari sistem didapatkan milainya sebesar 1.00. Artinya nilai 1.00 termasuk dalam persentase tinggi menujukan lebih banyak energi beban tahunan yang dipenuhi panel surya.

Tabel 4. Hasil simulasi software PVsyst

| Bulan | Global horizontal irradiation kWh/m ² | Unused energy kWh | Emiss kWh | Energy supplied to user kWh | Energy need of the user (Load) kWh |
|-----------|---|----------------------|--------------|--------------------------------|--|
| Januari | 129,4 | 9,91 | 48,79 | 124,8 | 173,6 |
| Februari | 135,7 | 18,17 | 25,83 | 130,9 | 156,8 |
| Maret | 148,8 | 36,56 | 29,72 | 143,8 | 173,6 |
| April | 159,2 | 55,23 | 12,85 | 155,1 | 168 |
| Mei | 157,8 | 60,96 | 8,55 | 165 | 173,6 |
| Juni | 158,3 | 75,81 | 0 | 168 | 168 |
| Juli | 164,3 | 75,89 | 0,88 | 172,7 | 173,6 |
| Agustus | 174,3 | 70,45 | 0 | 173,6 | 173,6 |
| September | 177,3 | 55,1 | 3,28 | 164,7 | 168 |
| Okttober | 192 | 44,39 | 3,64 | 169,9 | 173,6 |
| November | 166,8 | 13,78 | 10,44 | 157,5 | 168 |
| Desember | 157,2 | 11,04 | 31,5 | 142,1 | 173,6 |
| Jumlah | 1921,1 | 527,29 | 175,48 | 1868,1 | 2044 |
| Rata-rata | 160,09 | 43,94 | 14,62 | 155,67 | 170,3 |

Pada pengukuran iridiasi (proses terpaparnya panel surya dengan radiasi) secara global selama satu tahun, nilai iridiasi paling besar pada bulan Oktober sebesar 192.0 kWh/m² sedangkan nilai paling rendah pada bulan Januari 129.4 kWh/m². Hal ini di pengaruhi oleh banyak faktor antara lain perubahan iklim dan intensitas cahaya. Pengisian baterai juga tercatat energi yang terbuang pada saat baterai terisi penuh. Jumlah yang paling tinggi ada di bulan juli 75.89 kWh dan jumlah paling sedikit pada bulan januari 9.91 kWh. Sedangkan kebutuhan energi total sebesar 173.6 kWh pada bulan Januari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober dan Desember. Kondisi ini dipengaruhi oleh jumlah hari yang lebih banyak (31 hari) pada bulan-bulan tersebut. Secara signifikan, kebutuhan beban total mencapai titik terendah pada bulan Februari dengan konsumsi 156,8 kWh.

Analisis pasokan energi menunjukkan variasi bulanan yang signifikan. Pada bulan Januari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober, dan Desember, energi yang tersalurkan ke beban mencapai 173,6 kWh. Nilai terendah terjadi pada Januari (124,8 kWh), sekaligus mencatat kehilangan energi tertinggi sebesar 48,79 kWh. Sebaliknya, Juni dan Agustus mengalami kehilangan energi paling minimal. Terjadinya hilang energi di sebabkan oleh beberapa faktor meliputi: (1) *window* produksi efektif 5 jam (10.00-15.00), (2) dampak suhu ambient, (3) geometri instalasi, (4) properti material panel, dan (5) fluktuasi radiasi matahari.



Gambar 11. Diagram Kerugian Sistem

Saat diuji berdasarkan Kondisi Pengujian Standar (STC), modul fotovoltaik menghasilkan energi listrik sebesar 3.010 kWh dengan efisiensi terukur sebesar 21,11%. Beberapa parameter kritis memengaruhi penurunan efisiensi sistem fotovoltaik, terutama: (1) kualitas material panel, (2) efek termal akibat suhu operasional tinggi, (3) variabilitas radiasi matahari, (4) pemborosan energi saat baterai mencapai kapasitas maksimum, (5) daya keluaran bersih panel, serta (6) keterbatasan efisiensi sistem penyimpanan energi. Analisis menunjukkan seluruh faktor tersebut menyebabkan reduksi energi sebesar 51,52% dari potensi teoritis. Secara kuantitatif, kebutuhan beban sistem mencapai 2.044 kWh/tahun, namun terjadi defisit energi tahunan sebesar 175,5 kWh (8,59% dari total kebutuhan). Energi yang di suplai ke beban sebesar 1868 kWh, atau sekitar 40,2% di gunakan secara langsung dan penyimpanan pada baterai sebesar 59,8%.

V. CONCLUSION

Kesimpulan berdasarkan perancangan pembangkit listrik tenaga surya sistem *off-grid* pada tempat wisata Dung Tungkul Meteseh Semarang menggunakan *software pvsyst*, energi yang di butuhkan di wisata meteseh dung tungkul sebesar 2044 kWh/tahun. Tetapi energi yang di suplai ke beban sebesar 1868 kWh/tahun. Sehingga ada kurangnya energi sebesar 8.59% atau setara dengan 175.5 kWh/tahun karena banyak faktor yang mempengaruhi berkurangnya energi pada panel surya. Antara lain kualitas panel surya, tingginya temperature, level iridasi, energi yang terbuang pada saat baterai kondisi penuh, energi efektif dari keluaran panel surya dan *battery storage*. Selain itu, sistem PLTS dapat dikategorikan baik dengan nilai rasio SF yang di dapatkan sebesar 0.914 dengan nilai rata rata rasio 0.607 dan nilai di atas 7 pada bulan Januari, November, Desember.

Saran riset selanjutnya melakukan pembandingan simulasi dan perancangan riil dengan komponen yang sama. Kemudian dilakukan perancangan dengan variasi beban sesuai dengan kubutuhan dari studi kasus yang dihadapi

ACKNOWLEDGMENT

Penelitian bisa dilaksanakan berkat dukungan pendanaan hibah internal Universitas Peradaban tahun 2025 terima kasih kepada semua pihak yang mendukung dan menyuskesan khususnya Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Peradaban.

AUTHOR CONTRIBUTION

FA pembuatan desain riset dan pembuatan laporan penelitian. SA pengumpulan literatur dan metode penelitian. TA and SA pengambilan data dan implementasi simulasi. FIA and FoA analisis data dan pembuatan luaran.

REFERENCES

- [1] A. N. Azizah and S. Purbawanto, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PV dan Mikrohidro) Terhubung Grid (Studi Kasus Desa Merden, Kecamatan Padureso, Kebumen)," *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, vol. 2, no. 1, 2021, doi: 10.22146/juliet.v2i1.64365.
- [2] L. Kurniarahma, L. T. Laut, and P. K. Prasetyanto, "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi CO2 di Indonesia," *Directory Journal of Economic*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [3] R. Pratama and K.-K. Kunci, "EFEK RUMAH KACA TERHADAP BUMI," 2019.
- [4] A. D. Nugroho, M. S. Alim, S. Sundari, and G. R. Soekarno, "Kebijakan Dekarbonisasi Sistem Energi Indonesia pada Sektor Energi Terbarukan," *CAKRAWALA*, vol. 17, no. 2, 2023, doi: 10.32781/caikrawala.v17i2.539.
- [5] N. Fatmi, I. Muhammad, and Alchalil, "Rancangan Panel Surya Sebagai Sumber Listrik Pada Pembinaan Penghematan Energi Bagi Masyarakat Kurang Mampu Di Desa Blang Panyang Kecamatan Muara Satu," *Krida Cendekia*, vol. 1, no. 5, 2021.
- [6] M. Rifal, N. S. Dera, and R. Pido, "PERANCANGAN PROTOTYPE HYBRID ENERGI ANTARA SOLAR CELL DAN THERMOELECTRIC GENERATOR (TEG)," *GORONTALO JOURNAL OF INFRASTRUCTURE AND SCIENCE ENGINEERING*, vol. 3, no. 2, 2020, doi: 10.32662/gojise.v3i2.1179.
- [7] R. Putri, S. Meliala, and Z. Zuraida, "Penerapan Instalasi Panel Surya Off-Grid Menuju Energi Mandiri Di Yayasan Pendidikan Islam Dayah Miftahul Jannah," *JET (Journal of Electrical ...)*, vol. 5, no. 3, 2020.
- [8] L. M. Hayusman and N. Saputra, "Studi Perencanaan Panel Kendali PLTS-PLN Berdasarkan Kapasitas Baterai Untuk PLTS OFF-GRID," *Jurnal Sains Terapan*, vol. 8, no. 1, 2022.
- [9] R. Rahman, "Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Rumah Tinggal Di Kota Banjarbaru," *Jurnal EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)*, vol. 4, no. 1, 2021, doi: 10.31602/eeict.v4i1.4540.
- [10] M. Syahwil and N. Kadir, "Rancang Bangun Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem Off-grid Sebagai Alat Penunjang Praktikum Di Laboratorium," *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, vol. 3, no. 1, 2021, doi: 10.14710/jplp.3.1.26-35.
- [11] M. Naim, "Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Loeha Kecamatan Towuti," *Vertex Elektro*, vol. 12, no. 01, 2020.
- [12] Partaonan Harahap, Inda Bustami, Rimbawati, and Benny Oktrialdi, "Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Dan Suhu Terhadap Daya Yang Dikeluarkan Oleh Modul Sel Surya Monocrystalline Dan Polycrystalline," *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 3, no. 2, 2022, doi: 10.53695/jm.v3i2.791.
- [13] D. Darwin, A. Panjaitan, and S. Suwarno, "Analisa pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal," *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 1, no. 2, 2020, doi: 10.53695/jm.v1i2.105.
- [14] M. Thowil Afif and I. Ayu Putri Pratiwi, "Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.02.1.

- [15] P. H. Bachtiar, "OPTIMASI DAYA SOLAR CELL MENGGUNAKAN MPPT UNTUK CHARGING BATERAI VRLA (VALVE REGULATED LEAD ACID) MELALUI SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER," *Digital Repository Universitas Jember*, no. September 2019, 2021.
- [16] G. N. A. Mahardika, "Rancang Bangun Baterai Charge Control Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino Uno Memanfaatkan Sumber Plts," *Spektrum*, vol. 3, no. 1, 2016.
- [17] R. A. Harahap and E. Susanti, "PERANCANGAN PLTS 200 WP DENGAN SOLAR TRACKER," *SIGMA TEKNIKA*, vol. 5, no. 2, 2022, doi: 10.33373/sigmateknika.v5i2.4641.
- [18] N. Huwaida, "Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Listrik Hydroponic Drip System," *ELECTRICES*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.32722/ees.v2i2.3591.
- [19] S. Sayudi, P. Murdiyat, and L. Bima, "Analisis Kebutuhan Daya Dan Komponen Untuk Stasiun Pengisian Baterai Kendaraan Listrik Dengan Sumber Energi PLTS Di Politeknik Negeri Samarinda," *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 20, no. 2, 2022, doi: 10.31963/sinergi.v20i2.3449.