Jurnal Elektronika, Sains dan Sistem Energi Vol.02 No.02, Agustus 2023, pp. 39-47

ALTRON

Journal Homepage: http://jurnal.uts.ac.id/index.php/Altron

SIMULASI PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN *SOFTWARE* SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM) DI GEDUNG KAMPUS AKADEMI KOMUNITAS OLAT MARAS (AKOM)

SIMULATION OF SOLAR POWER PLANT DESIGN USING SOFTWARE SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM) IN THE CAMPUS BUILDING OF OLAT MARAS COMMUNITY ACADEMY (AKOM)

Muhammad Yusuf Karim[1], Paris Ali Topan[2],Desi Maulidyawati[3], Indra Darmawan[4]

[1,2,3,4] Universitas Teknologi Sumbawa/Fakultas Rekayasa Sistem

muhammadyusufkarim42@gmail.com[1], paris.ali.topan@uts.ac.id [2], desi.maulidyawati@uts.ac.id [3], indra.darmawan@uts.ac.id [4]

INFO ARTIKEL

Submitted: 28 Juni 2023
Revised: 16 Juli 2023
Accepted: 31 Juli 2023

ABSTRAK

Kabupaten Sumbawa khususnya Gedung AKOM memiliki potensi penyinaran matahari yang cukup besar dan cocok untuk pembangkit listrik tenaga surya. Desain manual sistem tenaga surya, yang melibatkan analisis langsung persyaratan sistem seperti bahan dan peralatan, memakan waktu. Oleh karena itu, penggunaan perangkat lunak seperti *System Advisor Model* (SAM) memudahkan proses desain. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dan memanfaatkan data *Global Horizontal Irradiance* dan konsumsi energi listrik di Gedung AKOM untuk pengumpulan dan analisis data. Simulasi dan perancangan sistem tenaga surya menggunakan perangkat lunak SAM mempertimbangkan faktor-faktor seperti modul surya, inverter, baterai, dan komponen pendukung lainnya. Pemilihan komponen disesuaikan dengan kapasitas yang dibutuhkan. Studi menentukan bahwa untuk sistem tenaga surya dengan kebutuhan daya 18,3 kWh, direkomendasikan sekitar 10 modul surya, kapasitas inverter 4,7 kW, dan kapasitas baterai 12 kW. Selain itu, penelitian ini melibatkan perhitungan *Levelized Cost of Energy* (LCOE) menggunakan perangkat lunak SAM. LCOE mempertimbangkan faktor-faktor seperti biaya investasi awal, biaya operasional dan pemeliharaan, umur sistem, tingkat pengembalian yang diharapkan, tingkat diskonto, dan estimasi produksi energi. Perbandingan antara berbagai teknologi energi dibuat, membantu keputusan investasi dan pemilihan sumber energi. Hasil perhitungan menunjukkan nilai nominal LCOE sebesar 8,08¢/kWh atau Rp56,64/kWh dan nilai nyata sebesar 7,53¢/kWh atau Rp52,79/kWh.

Kata Kunci: PLTS, Simulasi Perancangan, Perangkat Lunak, *System Advisor Model*.

ABSTRACT

Sumbawa Regency, especially the AKOM Building, has a large potential for solar radiation and is suitable for solar power plants. Manual solar system design, which involves hands-on analysis of system requirements such as materials and equipment, is time consuming. Therefore, the use of software such as System Advisor Model (SAM) eases the design process.

This study uses quantitative research methods and utilizes data Global Horizontal Irradiance and electricity consumption in the AKOM Building for data collection and analysis. Simulation and design of solar power systems using SAM software considers factors such as solar modules, inverters, batteries, and other supporting components. Selection of components according to the required capacity. The study determined that for a solar power system with a power requirement of 18.3 kWh, around 10 solar modules, an inverter capacity of 4.7 kW, and a battery capacity of 12 kW are recommended. In addition, this study involves calculations Levelized Cost of Energy (LCOE) using SAM software. LCOE considers factors such as initial investment costs, operational and maintenance costs, system life, expected rate of return, discount rates, and estimated energy production. Comparisons between various energy technologies are made, aiding investment decisions and selection of energy sources. The calculation results show that the nominal value of LCOE is 8.08¢/kWh or IDR 56.64/kWh and the real value is 7.53¢/kWh or IDR 52.79/kWh.

Keywords: *PLTS, Design Simulation, Software, System Advisor Model.*

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Sumbawa, khususnya Gedung AKOM yang berlokasi di Jalan Raya Olat Maras, Pernek, Kecamatan Unter Iwes, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, memiliki potensi penyinaran matahari yang sangat baik untuk dimanfaatkan sebagai sistem pembangkit listrik tenaga surya. Intensitas radiasi matahari di suatu wilayah selalu mengalami fluktuasi yang dinamis. Nilai radiasi matahari pada setiap detiknya senantiasa berubah-ubah, dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kondisi cuaca, posisi matahari, dan waktu dalam satu hari [1]. Dalam konteks wilayah Sumbawa, berdasarkan data dari *National Solar Radiation Database*, diperoleh rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 907,62 watt per meter persegi (W/m²). Data ini memberikan gambaran tentang potensi energi surya yang dapat dimanfaatkan dalam menghasilkan listrik energi alternatif di wilayah tersebut [2][3]. Dengan pemahaman akan fluktuasi radiasi matahari ini, perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya dapat lebih optimal dan efisien sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Dengan koordinat geografisnya di 8°33'46.6"S 117°25'24.2"E dan luas tanah sebesar 1,2 hektar, lokasi ini memiliki tingkat radiasi matahari yang tinggi, sangat cocok untuk pembangkitan listrik tenaga surya. Sebelum memasang instalasi panel surya di lapangan, diperlukan perencanaan terlebih dahulu untuk menentukan tingkat akurasi, kebutuhan, dan biayanya, guna memastikan kesuksesan implementasi sistem ini [4]. Perancangan manual sistem pembangkit listrik tenaga surya memakan waktu karena analisis kebutuhan sistem, seperti bahan dan peralatan [5]. Oleh karena itu, diperlukan perangkat lunak yang membantu mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan data *Global Horizontal Irradiance* dan konsumsi energi listrik di Gedung kampus AKOM [6]. Dengan demikian, peneliti memanfaatkan *System Advisor Model* (SAM) sebagai bantuan merancang sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk pengembangan panel surya di Gedung AKOM.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ilham Dzulfian Annas pada tahun 2022 dengan judul "Studi Pengaruh Variasi Bahan *Photovoltaic* Terhadap Besarnya *Plane Of Array* Dan Daya Listrik Pada Gedung "H" Universitas Muhammadiyah Surakarta Menggunakan *Software System Advisor Model* (SAM)" menghasilkan penggunaan software SAM sangat akurat untuk mengetahui perbedaan dari bahan modul surya yang digunakan [2]. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Defi Rizkasari, dkk, pada tahun 2020 dengan judul "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Untuk Plts Di Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan Dan Energi Sumber Daya Mineral (Pup-Esdm) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta" menghasilkan setiap kemiringan sebuah panel surya akan mempengaruhi hasil energi listrik yang dihasilkan [7]. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh I Dewa Gde Yaya Putra Pratama pada tahun 2018 dengan judul "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Pusat Pemerintahan Kabupaten Bandung Untuk PLTS *Rooftop*" menghasilkan kemiringan sebuah panel surya akan mempengaruhi hasil energi listrik yang dihasilkan [8]. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Fajar Kurnianto pada tahun 2016 dengan judul "Analisis Potensi Pembangkit Listrik *Solar Dish Stirling* dalam Penyediaan Energi Listrik di Industri" menghasilkan penggunaan software SAM sangat akurat untuk merancang sebuah pembangkit energi terbarukan salah satunya yaitu *Solar Dish Stirling* [9]. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Jodi Bawolo, dkk, pada tahun 2020 dengan judul "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rumah Kebun Desa Ammat Kabupaten Kepulauan Talaud" menghasilkan sebuah rancangan PLTS *off grid* yang dapat menyuplai kebutuhan energi listrik untuk bangunan rumah kebun Desa Ammat [10]. Berdasarkan penelitian sebelumnya, simulasi menggunakan *software* SAM menunjukkan hasil yang sesuai harapan. Kontribusi Energi Baru dan Terbarukan lebih tinggi daripada pembangkit listrik konvensional berbahan bakar fosil. Diharapkan penelitian ini akan memberikan hasil yang sejalan atau lebih efisien dari penelitian sebelumnya.

.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap pertama dalam penelitian simulasi adalah pengumpulan data dari sumber sekunder. Data yang digunakan mencakup radiasi matahari dari *National Solar Radiation Database* (NSRDB) dan pemakaian energi listrik dari PT PLN

(Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Sumbawa. Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah pengolahan data secara manual, termasuk perhitungan rata-rata pemakaian energi di gedung kampus AKOM selama 1 tahun, serta menentukan jumlah modul surya, inverter, dan baterai yang akan digunakan. Data yang terkumpul akan dimasukkan ke dalam software SAM untuk melakukan simulasi kinerja sistem PLTS selama periode tertentu. Selama simulasi, SAM akan menghasilkan output seperti energi dari panel surya, penggunaan baterai, penghematan energi, dan kinerja finansial sistem PLTS. Hasil simulasi akan dianalisis melalui grafik, tabel, dan laporan untuk mengevaluasi parameter kinerja sistem PLTS yang direncanakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Profil Energi Listrik dan Rekening Pembayaran Listrik Kampus AKOM Sumbawa

Gedung Kampus AKOM Sumbawa memiliki kapasitas daya listrik sebesar 3500VA, sehingga dapat dikategorikan dalam golongan R2 dengan tarif listrik sebesar Rp.1699,53 per kilowatt per jam (kWh). Selama periode waktu tertentu, rata-rata konsumsi energi listrik bulanan di Kampus AKOM Sumbawa mencapai 550 kWh. Data lengkap tentang penggunaan energi listrik di Kampus AKOM Sumbawa dapat diakses dan terperinci pada Tabel 1, yang memberikan informasi terkait pemakaian dan beban listrik selama periode tertentu..

Tabel 1. Rekap pembelian token listrik IDPel 442400129981

NO	IDPEL	TARIF	DAYA	NOKWH	TGLBAYAR	PEMKWH	RPTAG
1	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	5/15/2023	275	500,000
2	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	5/2/2023	275	500,000
3	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	4/17/2023	275	500,000
4	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	4/2/2023	275	500,000
5	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	3/20/2023	275	500,000
6	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	3/5/2023	275	500,000
7	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	2/16/2023	275	500,000
8	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	2/1/2023	275	500,000
9	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	1/10/2023	275	500,000
10	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	1/3/2023	275	500,000
11	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	12/19/2022	275	500,000
12	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	12/5/2022	275	500,000
13	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	11/17/2022	55	100,000
14	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	11/17/2022	110	200,000
15	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	11/16/2022	110	200,000
16	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	10/12/2022	550	1,000,000
17	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	9/15/2022	550	1,000,000
18	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	9/2/2022	275	500,000
19	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	8/21/2022	275	500,000
20	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	8/2/2022	275	500,000
21	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	7/6/2022	275	500,000
22	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	6/3/2022	323.5	500,000
23	442,400,129,981	R2	3,500	14,291,192,525	5/12/2022	323.5	500,000

B. Parameter Perancangan PLTS

Untuk melakukan simulasi produksi energi dengan menggunakan SAM, bagian ini akan dijelaskan mengenai perhitungan untuk menentukan jumlah komponen modul surya, inverter, dan kapasitas baterai yang dibutuhkan dalam sistem PLTS.

a. Menghitung jumlah modul surya

Modul surya yang digunakan adalah TALLMAX 460W dari Trina Solar dengan spesifikasi 460Wp, 41,3V, dan 11,13A. Untuk mendapatkan total daya modul surya dalam satu hari yang diperlukan, kita dapat menggunakan persamaan berikut.

Total daya modul surya dalam sehari $= P_{Modul} \times$ Waktu penyinaran ..... (1)

$$= 460W \times 4\ jam$$
$$= 1840Wh$$

Dari total daya puncak selama satu hari sebesar 1840Wh, dapat dihitung jumlah modul surya yang diperlukan, yaitu sebagai berikut:

Jumlah modul surya $= \frac{P_{watt}}{P_{Modul\ total}}$ ..... (2)

$$= \frac{18.400Wh}{1840Wp}$$
$$= 10\ modul\ surya$$

Sehingga daya yang dihasilkan dari 10 modul surya, dapat dihitung dengan persamaan berikut

Daya Modul Surya $= P_{Modul} \times$ Jumlah Modul Surya ..... (3)

$$= 460\text{W} \times 10$$
$$= 4.600\text{W}$$

Sehingga dengan menggunakan 10 modul surya daya yang dihasilkan dalam 1 jam sebesar 4.600W.

b. Menentukan Jumlah Inverter

Inverter yang digunakan merupakan database dari *software* SAM dengan nama inverter yaitu Solis-1P4.6K-4G-US (240V) dari Ginlong Technologies Co-Ltd dengan kapasitas DC maksimum 4.744,17Wdc / 500Vdc dengan harga sebesar $ 264.00 atau Rp3.960.792. Dengan menggunakan spesifikasi tersebut dihitung jumlah inverter yang diperlukan, jumlah inverter yang diperlukan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

Jumlah Inverter $= \frac{P_{max}}{P_{max\ Inv}}$ ..... (4)

$$= 0{,}9696$$
$$\approx 1 \text{ inverter}$$

Sehingga inverter yang diperlukan dari daya yang dihasilkan sebesar 4.600W sebanyak 1 inverter

c. Menghitung Jumlah Baterai

Pada penelitian ini, kapasitas baterai yang digunakan adalah 100Ah 12V. Konsumsi rata-rata energi listrik Kampus AKOM Sumbawa per hari mencapai 18,3 kWh. Jenis baterai yang digunakan adalah *Lead Acid* VRLA AGM karena umurnya yang panjang jika dirawat dengan baik dan dapat digunakan berulang kali tanpa mengalami degradasi yang signifikan. Untuk menghitung jumlah baterai yang akan digunakan, kita dapat menggunakan persamaan berikut:

Kapasitas Baterai $= \frac{W}{V_{baterai}}$ ..... (5)

$$= \frac{18.333\text{Wh}}{12\text{V}}$$
$$= 1.527{,}75\text{Ah}$$
$$\approx 2000\text{Ah}$$

Jadi, total kapasitas baterai yang dibutuhkan yaitu sebesar 1.527,75Ah, dibulatkan menjadi 2000Ah. Baterai yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi sebesar 100Ah 12volt, sehingga jumlah baterai yang diperlukan dihitung menggunakan persamaan berikut:

Jumlah Baterai $= \frac{\text{Total Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Kapasitas Baterai Digunakan (Ah)}}$ ..... (6)

$$= \frac{2000\text{Ah}}{100\text{Ah}}$$
$$= 20 \text{ Baterai}$$

Setelah dilakukan perhitungan jumlah baterai yang diperlukan yaitu sebanyak 20 baterai. Langkah selanjutnya menentukan daya yang akan dihasilkan dari 20 baterai tersebut menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Energi Baterai} = \text{Kapasitas Baterai} \times \text{V Baterai} \times \text{Jumlah baterai} \quad \text{..... (7)}$$

$$= 100\text{Ah} \times 12 \text{ volt} \times 20$$
$$= 24.000\text{Wh}$$
$$= 24\text{kWh}$$

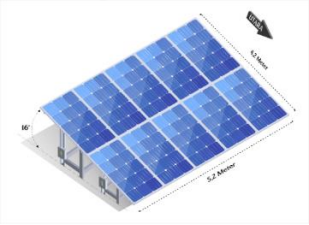
Sehingga besar daya yang dihasilkan dari 20 baterai yaitu sebesar 24kWh.

C. Desain Sistem PLTS di *Software* SAM

a. Desain Modul Panel Surya

Modul surya yang digunakan dalam perancangan ini adalah TALLMAX 460W dari Trina Solar dengan spesifikasi daya 460W, 41,3V, dan 11,13A per-modul. Harga per-modul surya adalah $232.35 atau Rp3.485.947. Perancangan panel surya Kampus AKOM Sumbawa akan dilakukan di lahan terbuka dengan orientasi menghadap arah utara 0° dan kemiringan panel surya sebesar 16°. Langkah ini bertujuan untuk memaksimalkan penerimaan sinar matahari dan meningkatkan efisiensi sistem panel surya tersebut [11].

Luas area panel surya yang akan digunakan dengan luas modul surya sebesar 2,186m², yaitu total area panel surya sebesar 21,860 m² dengan panjang 4,204m dan lebar 5,2m. Dengan memanfaatkan lahan terbuka yang tidak terhalang oleh bangunan atau penghalang lainnya, panel surya akan mendapatkan paparan sinar matahari sepanjang hari dari pagi hingga sore hari untuk mengoptimalkan penggunaan energi matahari untuk kebutuhan listrik Kampus AKOM Sumbawa

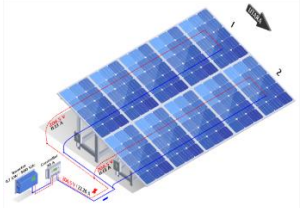


Gambar 4. Tampilan rancangan panel surya

b. Desain Inverter

Penentuan inverter didasarkan pada asumsi hasil simulasi desain modul surya yang menghasilkan daya output panel surya sebesar 4,597kWdc. Oleh karena itu, inverter yang dipilih harus memiliki kapasitas lebih besar yang mendekati hasil output modul surya sebesar 4,6 - 5 kWdc. Penghubungan sistem seri dan paralel modul surya dapat disimulasikan ke dalam *software* SAM dengan memasukkan jenis inverter yang sesuai. Modul surya dipasang secara 5 seri dan dirangkai paralel dalam 2 rangkaian, dengan gambaran perangkaian kabel yang dapat dilihat pada gambar 4.9 [12].

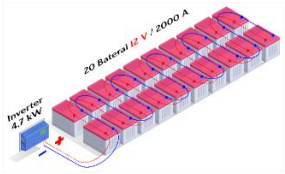
Berikut desain inverter pada perancangan panel surya Kampus AKOM Sumbawa:



Gambar 5. Tampilan rancangan seri paralel modul surya ke inverter

c. Desain Baterai

Pemilihan baterai dilakukan melalui analisis dan asumsi berdasarkan hasil simulasi desain modul surya dengan output daya sebesar 4,6 kilowatt-dc (kWdc). Dengan mempertimbangkan kapasitas daya ini, diperlukan penggunaan sebanyak 20 baterai yang masing-masing memiliki kapasitas 12 volt-dc (Vdc) atau total kapasitas sebesar 24 kilowatt-dc (kWdc). Harga per kilowatt-jam (kWh) untuk baterai yang dipilih adalah $503.40 atau setara dengan Rp7.552.510. Data ini menjadi dasar penting dalam penentuan jumlah dan kapasitas baterai yang sesuai untuk mencukupi kebutuhan sistem dan memastikan efisiensi serta kinerja optimal dari sistem pembangkit listrik tenaga surya tersebut [13].



Gambar 6. Tampilan rancangan baterai

D. Hasil dan Analisa Data *Software* SAM

a. Metrik Tahunan Simulasi SAM

Berikut adalah metrik kinerja dan metrik keuangan hasil pengolahan data perancangan PLTS menggunakan *software* SAM.

Tabel 2. Metrik Tahunan hasil perencanaan PLTS

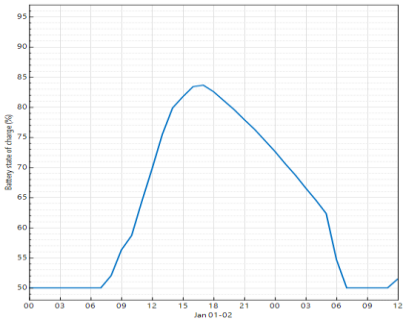
No	Metrik	Nilai
1	Energi AC tahunan di Tahun 1	7.471 kWh
2	Faktor kapasitas DC di Tahun 1	18,60%
3	Hasil energi di Tahun 1	1.625 kWh/kW
4	Rasio kinerja di Tahun 1	0.73
5	Efisiensi bolak-balik baterai	84,40%
6	Baterai mengisi energi dari sistem	100%
7	Tagihan listrik tanpa sistem (tahun 1)	Rp34.266.969
8	Tagihan listrik dengan sistem (tahun 1)	Rp17.880.367
9	Penghematan bersih dengan sistem (tahun 1)	Rp16.386.602
10	Nilai bersih sekarang	Rp24.139.242
11	Periode pengembalian sederhana	4,8 tahun
12	biaya modal bersih	Rp255.702.692
13	Ekuitas	Rp191.769.550
14	Utang	Rp63.918.204

Dilihat dari tabel 2, sistem panel surya yang dirancang menghasilkan energi listrik tahunan sebesar 7.471 kWh. Status pengisian baterai menunjukkan rata-rata 100% dengan efisiensi pemakaian baterai 84,40%. Penghematan keuangan setelah menggunakan sistem PLTS mencapai 56,14% atau Rp16.386.602, sehingga tagihan listrik menjadi Rp17.880.367. Biaya investasi awal untuk membangun PLTS direncanakan sebesar Rp255.702.692 termasuk komponen modul surya, inverter, baterai, dan penunjang lainnya.

b. Hasil Energi Listrik Bulanan Dalam Satu Tahun

Pendapatan energi listrik dari panel surya bervariasi karena perbedaan intensitas penyinaran matahari setiap waktu. Pada gambar 4.13, puncak pendapatan energi listrik tercapai pada bulan Agustus sebesar 732,954 kWh, sementara terendah pada bulan Desember sebesar 435,55 kWh. Rata-rata pendapatan listrik setiap bulannya selama satu tahun adalah 622,61 kWh.

c. Tingkat Pengisian dan Pengosongan Daya Baterai



Gambar 7. Diagram status daya baterai dalam 1 hari

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada gambar 7, status daya baterai menunjukkan pengisian baterai dimulai setiap jam 6 pagi hingga mencapai kapasitas penuh (100%). Lamanya waktu pengisian baterai tergantung pada energi yang dihasilkan oleh panel surya. Pada sore hari, saat intensitas penyinaran matahari menurun, daya baterai yang telah terisi akan digunakan sampai esok hari ketika matahari kembali menyinari panel surya [14].

d. *Losses* (Kerugian)

Suatu kondisi yang mungkin terjadi dalam sistem panel surya, disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, modul surya yang tertutup debu atau kotoran dapat menyebabkan pengurangan intensitas sinar matahari yang mencapai sel surya, sehingga produksi listrik menjadi berkurang. Kedua, tegangan dapat mengalami penurunan saat melewati dioda atau peralatan lainnya dalam sistem, sehingga sebagian daya terbuang dalam bentuk panas. Selain itu, kesalahan dalam pengkabelan baik untuk arus DC maupun AC juga dapat menyebabkan kerugian daya dalam sistem. Berbagai faktor tersebut, dan kemungkinan lainnya, perlu diperhatikan dan diatasi dalam perancangan dan instalasi sistem panel surya untuk memaksimalkan efisiensi dan produksi energi.

Total kerugian daya AC yang hilang pada gambar 4.15 didapatkan dari model inverter yang dipakai. Akan tetapi untuk menentukan total kerugian daya DC dapat diperhitungkan dengan rumus yang ada di *software* SAM. Berikut perhitungan total kerugian daya DC yang hilang [15]:

$$Total\ DC\ power\ loss = 100\% \times \left[1 - the\ product\ of\ \left(1 - \frac{loss}{100\%}\right)\right] \quad \text{..... (8)}$$

$$= 100\% \times [\,1 - (\,(\,1 - Mismatch \div 100\%\,) \times (\,1 - Diodes\ and\ connections \div 100\%\,) \times (\,1 - DC\ wiring \div 100\%\,))]$$

$$= 100\% \times \left[1 - \left((0{,}98)(0{,}995)(0{,}98)\right)\right]$$
$$= 100\% \times [1 - 0{,}955598]$$
$$= 100\% \times [0{,}044402]$$
$$= 0{,}044402$$
$$= 4{,}4402\%$$

E. Analisis Aspek Keuangan

Dalam analisis aspek ekonomi, penting untuk mempertimbangkan berbagai faktor keuangan dan kelayakan finansial yang terkait dengan suatu proyek atau investasi.

a. *Installation Costs*

Biaya instalasi atau installation cost adalah total biaya yang terkait dengan pemasangan sistem, mencakup peralatan, tenaga kerja, teknik, perijinan, dan biaya lainnya yang berlaku dalam tahun pertama proyek. Dalam penelitian ini, harga komponen seperti modul surya sekitar Rp3.491.163 per unitnya, sehingga jika menggunakan 10 unit, biaya pembelian modul surya mencapai Rp34.911.633. Selain itu, satu inverter digunakan dengan harga Rp3.966.718, dan 20 baterai dengan harga Rp7.563.811 per 1 kW digunakan dalam perancangan sistem [15].

Untuk melakukan pemasangan instalasi panel surya, ada beberapa biaya tambahan yang harus diperhitungkan. Biaya keseimbangan peralatan sistem mencapai Rp10.613.827, biaya tenaga kerja instalasi sebesar Rp6.065.022, dan biaya margin serta supervisor pemasang sebesar Rp6.065.022. Selain itu, juga perlu menyisihkan biaya tidak terduga sebesar 5%. Jumlah total biaya yang diperlukan untuk pemasangan seluruh instalasi panel surya di kampus AKOM adalah sebesar Rp255.311.394.

b. *Operating Costs*

Biaya pemeliharaan tetap modul surya dan baterai secara berturut-turut sebesar Rp266.985/kWdc dan Rp148.325/kWdc. mencakup aktivitas dan pengeluaran yang berkaitan dengan menjaga dan memperbaiki komponen sistem agar tetap dalam kondisi optimal.

c. *Financial Parameter*

Financial Parameters menyediakan beberapa opsi dan field yang berkaitan dengan parameter keuangan. Pada proyek ini memisalkan jika biaya hutang sebesar 25%, maka hutang yang akan dibayar dalam satu tahun yaitu sebesar $4279,39 atau Rp63.918.204. Berikut adalah beberapa contoh opsi atau field yang ada di fitur tersebut:

d. *Levelized Cost of Energy (LCOE)*

Perhitungan LCOE melibatkan biaya investasi awal, operasional, dan pemeliharaan, waktu hidup sistem, tingkat pengembalian yang diharapkan, tingkat diskon, serta perkiraan produksi energi. LCOE memberikan angka yang

memungkinkan perbandingan langsung antara teknologi energi yang berbeda dan membantu dalam pengambilan keputusan investasi dan pemilihan sumber energi. Berikut hasil perhitungan dari *software* SAM [14]:

Tabel 3. Metrik Tahunan hasil perencanaan PLTS

No	LCOE	Nilai ¢USD	Nilai Rupiah
1	**Levelized Cost of Energy Nominal**	8.08 ¢/kWh	Rp56.64/kWh
2	**Levelized Cost of Energy Real**	7.53 ¢/kWh	Rp52.79/kWh

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi perancangan PLTS menggunakan *software System Advisor Model* ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan, yaitu data lokasi yang akan diteliti, kebutuhan-kebutuhan komponen yang akan digunakan seperti modul surya, inverter, baterai dan komponen penunjang PLTS lainnya, dan sistem desain yang mengatur cara kerja rangkaian panel surya terhadap baterai maupun inverter.

Pemilihan komponen yang digunakan pada penelitian ini yaitu daya listrik sebesar 18,3kWh, panel yang digunakan dihitung dari jumlah daya yang dihasilkan dari spesifikasi modul tersebut, yaitu sekitar 10 modul surya dengan spesifikasi 460W 41,3V, 11.13A, menghasilkan daya sebesar 4,6kW. Menggunakan kapasitas inverter sebesar 4,7kW atau lebih. Baterai yang digunakan harus memiliki kapasitas penyimpanan lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh panel surya yaitu sebesar 12 kW, hal ini dilakukan untuk menyuplai daya listrik ketika kurangnya intensitas penyinaran matahari yang menyebabkan daya output panel surya berkurang.

Hasil perhitungan *Levelized Cost of Energy* (LCOE) yang dilakukan menggunakan *software System Advisor Model* (SAM), ditemukan bahwa untuk sistem tersebut memiliki nilai nominal sebesar 8.08 ¢/kWh atau setara dengan Rp56.64/kWh. Nilai nominal ini mencerminkan biaya rata-rata per kilowatt-hour (kWh) energi listrik yang dihasilkan oleh sistem pembangkit selama jangka waktu tertentu. Selain itu, hasil perhitungan juga mengungkapkan bahwa LCOE memiliki nilai real sebesar 7.53 ¢/kWh atau setara dengan Rp52.79/kWh. Nilai real ini mempertimbangkan faktor inflasi atau kenaikan biaya dari waktu ke waktu.

B. Saran

Beberapa parameter pada penelitian ini masih menggunakan data-data komponen dan cuaca yang ada di *software* SAM. Untuk mendapatkan hasil akurasi sistem yang tepat, diperlukan untuk mengambil data secara langsung ke lapangan. Hasil produksi energi listrik dari sistem yang telah didesain diperlukan penambahan modul surya dan baterai untuk melengkapi kekurangan produksi energi pada bulan-bulan tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] E. Roza and M. Mujirudin, "Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA," *Ejournal Kaji. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 16–30, 2019, [Online]. Available: http://download.garuda.ristekdikti.go.id/article.php?article=984946&val=11994&title=Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik Uhamka

[2] I. D. Annas, "Studi Pengaruh Variasi Bahan Photovoltaic Terhadap Besarnya Plane Of Array," pp. 1–14, 2022, Accessed: May 06, 2023. [Online]. Available: http://eprints.ums.ac.id/100833/2/NASKAH PUBLIKASI.pdf

[3] "NSRDB." https://nsrdb.nrel.gov/data-viewer (accessed May 21, 2023).

[4] Administrator, "Sejarah Akom Sumbawa," *Akademi Komunitas Olat Maras*, 2023. https://www.akoms.ac.id/page/detail/sejarah-akom-sumbawa (accessed May 21, 2023).

[5] "Geografi Wilayah Kabupaten Sumbawa," *sumbawakab.go.id*, 2023. https://sumbawakab.go.id/geografi.html (accessed May 24, 2023).

[6] M. Mulyadi, "Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif Serta Pemikiran Dasar Menggabungkannya," *J. Stud. Komun. dan Media*, vol. 15, no. 1, p. 128, 2013, doi: 10.31445/jskm.2011.150106.

[7] D. Rizkasari, W. Wilopo, and M. K. Ridwan, "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Untuk Plts Di Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan Dan Energi Sumber Daya Mineral (Pup-Esdm) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta," *J. Approriate Technol. Community Serv.*, vol. 1, no. 2, pp. 104–112, Jul. 2020, doi: 10.20885/jattec.vol1.iss2.art7.

[8] I. D. G. Y. P. Pratama, I. N. S. Kumara, and I. N. Setiawan, "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung Untuk Plts Rooftop," *unud.ac.id*, vol. 5, 2018, [Online]. Available: https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/download/44815/27221/

[9] F. Kurnianto, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Solar Dish Stirling Dalam Penyediaan Energi Listrik Di Industri,"

Umy.ac.id, 2016, [Online]. Available: http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/8716
[10] J. Bawalo, M. Rumbayan, and N. M. Tulung, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rumah Kebun Desa Ammat Kabupaten Kepulauan Talaud," *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, pp. 1–11, 2014, Accessed: May 20, 2023. [Online]. Available: http://repo.unsrat.ac.id/3270/1/jurnal_Jodi-1.pdf
[11] Y. H. Anoi, A. Yani, and Y. W, "Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 0–5, 2020, doi: 10.24127/trb.v8i2.1051.
[12] I. G. B. W. Yogathama, I. W. A. Wijaya, and I. N. Budiastra, *Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Mengikuti Pola Atap Wantilan Desa Antosari Untuk Memenuhi Daya 3600 Watt*, vol. Vol. 8, No, no. 2. 2021. [Online]. Available: https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/download/75411/40280
[13] Albert, "Tips Memilih Baterai Panel Surya | | Royalpv," *royal pv*, 2017. https://www.royalpv.com/tips-memilih-baterai-panel-surya/ (accessed May 20, 2023).
[14] A. Saputra and F. Sudarma, "Analisis Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Panel Surya Untuk Warung Umkm dengan Metode Instalasi Atap Langsung Jurnal Teknik Mesin : Vol . 11 , No . 3 , Oktober 2022 ISSN 2549-2888," *publikasi.mercubuana.ac.id*, vol. 11, no. 3, 2022, [Online]. Available: https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/jtm/article/download/16248/6141
[15] National Renewable Energy Laboratory, "System Advisor Model," *U.S. Department of Energy*, 2019. https://sam-nrel-gov.translate.goog/about-sam.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=sc (accessed May 21, 2023).