



SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi,
dan Teknik Informatika

<https://ejurnal.itats.ac.id/snestik> dan <https://snestik.itats.ac.id>



Informasi Pelaksanaan :

SNESTIK III - Surabaya, 11 Maret 2023

Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:

DOI : 10.31284/p.snestik.2023.3996

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Manajemen Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid

Mohammad Adli Setiawan, Riny Sulistyowati, Machfud Syarifudin, Hari Agus Sujono
Wildan Agung Pambudi

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: wildanpambudi.wp@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is a tropical area with abundant sunlight, but over time the population of Indonesia is increasing. Due to the increasing population of Indonesia, the consumption of electrical energy is also increasing. In this study to design a Solar Power Plant system connected to the electricity grid using HelioScope simulation according to the building design of CV. Sinar Gemilang. The Generating System is also designed in such a way that it can analyze the feasibility in terms of cost. From the results of the analysis, it is found that the initial investment cost required for the Solar Power Generation system is Rp. 835.557.218,56 and operating and maintenance cost of Rp. 12.533.358,28. Meanwhile, the energy cost (COE) is Rp. 1.366,55/kWh for a Solar Power Plant is cheaper than using PLN which is Rp. 2.354,38/kWh.

Keywords: Solar Panels; HelioScope; On-Grid.

ABSTRAK

Indonesia merupakan daerah tropis dengan sinar matahari yang melimpah, namun dengan seiringnya berjalannya waktu jumlah penduduk Indonesia semakin bertambah. Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk Indonesia tersebut, maka konsumsi energi listrikpun menjadi meningkat. Pada penelitian ini untuk merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang terhubung dengan jaringan listrik menggunakan simulasi HelioScope dengan menyesuaikan pada desain bangunan CV Sinar Gemilang. Sistem Pembangkit juga dirancang sedemikian sehingga dapat menganalisa kelayakan dari segi biaya. Dari hasil analisa, didapatkan biaya investasi awal

yang dibutuhkan untuk sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebesar Rp. 835.557.218,56 dan biaya operasi pemeliharaan sebesar Rp. 12.533.358,28. Sedangkan biaya energi (COE) sebesar Rp. 1.366,55/kWh untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya lebih murah dibandingkan menggunakan PLN yang sebesar Rp. 2.354,38/kWh.

Kata Kunci: Panel Surya; HelioScope; On-Grid.

PENDAHULUAN

Energi memegang peranan yang sangat penting dalam perekonomian, baik sebagai bahan bakar maupun sebagai komoditas ekspor. Konsumsi energi meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk akan kebutuhan energi, energi fosil dan energi terbarukan perlu dikembangkan. Saat ini, bahan bakar fosil, khususnya minyak bumi, jumlahnya terbatas dan sumber energi alternatif perlu dikembangkan. Selain itu, penerapan subsidi harga energi akan mengurangi efisiensi energi berbagai industri dalam jangka Panjang. Hal ini juga terlihat dari intensitas energi yang tinggi. Saat ini belum ada sumber energi yang efisien [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi matahari, yang diubah menjadi listrik melalui panel Photovoltaic. Hal ini menjadikan PLTS sebagai pembangkit energi terbarukan yang termasuk dalam green energi sehingga lebih efisien, efektif dan andal untuk memenuhi kebutuhan listrik suatu daerah, dan Indonesia merupakan daerah tropis, sehingga PLTS dianggap cocok jika dikembangkan dan diterapkan secara serius di Industri [2]. Penyediaan energi matahari dari energi matahari dapat digunakan sebagai pengganti energi listrik tambahan yang di terapkan secara on grid [3-9]. Tujuan penggantian dengan photovoltaik adalah meminimalisir pengurangan biaya yang dikeluarkan dari instansi [10-13].

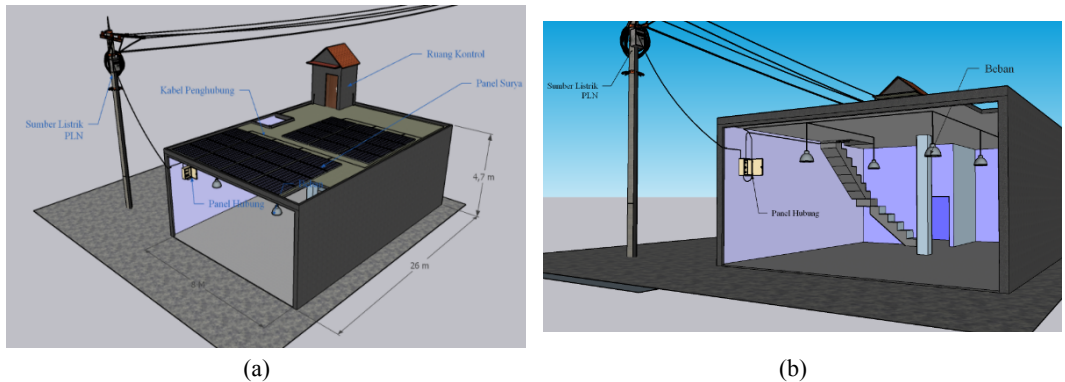
Total konsumsi daya yang digunakan di CV. Sinar Gemilang yaitu sebesar 67.950 Wh ini akan mempengaruhi jumlah pembayaran tagihan listrik yang dialami oleh CV Sinar Gemilang. Misalnya pada bulan April jumlah pembayaran tagihan listrik yang harus dibayar adalah sebesar Rp.210.540 kemudian pada bulan Mei meningkat menjadi Rp.240.740 selanjutnya pada bulan Juni naik lagi mencapai Rp.233.240. Lokasi penelitian memiliki tingkat sinar matahari yang cukup untuk menerangi panel surya, dan karena panel surya tidak memerlukan bahan bakar fosil (minyak bumi) sebagai sumber energi dibandingkan dengan diesel (generator set), pilihan untuk menggunakan panel surya karena lebih ramah lingkungan.

Sehingga pengembangan penelitian ini membahas tentang Manajemen Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid yang diharapkan mampu mengganti sebagian energi yang ada di CV. Sinar Gemilang.

METODE PENELITIAN

Perancangan Desain

Pembuatan desain pada penempatan panel surya pada tahapan ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui berapa banyak panel surya yang mampu diletakkan pada atap bengkel CV Sinar Gemilang.

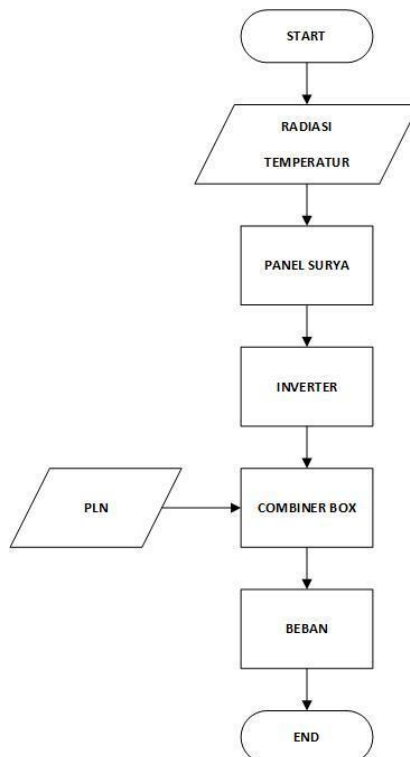


Gambar 1. Desain sistem pada bangunan dengan (a) Desain Rooftop, (b) Desain Dalam Ruangan

Pada Gambar 1 (a) dan (b) diatas dapat diketahui terdapat beberapa komponen, yaitu panel surya sebagai sumber energi utama, ruang kontrol utama untuk mendireksikan input dari panel surya, dan panel hubung yang terhubung dengan ruang kontrol utama. Panel hubung berfungsi sebagai tempat penerima suplai daya dari dua sumber, sehingga dapat dikendalikan sumber listrik yang akan digunakan

Struktur Sistem

Struktur dari sistem akan dijelaskan secara rinci dalam diagram blok pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram Perancangan Sistem

Panel surya merupakan komponen utama dimana fungsi dari panel surya adalah untuk menyerap energi dari matahari yang akan diubah menjadi energi listrik. Pada penelitian ini penulis menggunakan sistem On-Grid, jadi baterai digunakan hanya sebagai Back-Up saja.

Dalam Combiner Box terdapat dua tegangan yang masuk, yaitu dari Panel Surya dan PLN. Combiner Box berfungsi mengatur tegangan yang diperlukan. Dikarenakan pada waktu siang hari panel surya dapat dijadikan sumber energi listrik dimana energi listrik yang dibangkitkan oleh panel surya dapat dijadikan sebagai energi listrik pengganti suplai listrik dari PLN. Kemudian pada saat malam hari, panel akan menghubungkan ke suplai energi yang berasal dari sumber PLN.

Perhitungan Peak Sun Hour (PSH)

Dalam bagian ini dilakukan perhitungan Peak Sun Hour (PSH) dengan menggunakan Persamaan (1) berikut;

$$PSH = \frac{(Rata-Rata Radiasi)}{(Insulasi Standar)} \quad (1)$$

Dalam penentuan nilai Peak Sun Hour (PSH), dapat dilakukan perhitungan dimana nilai radiasi matahari rata-rata dibagi dengan nilai insulasi standar dimana nilai tersebut sebesar 1 kW/m².

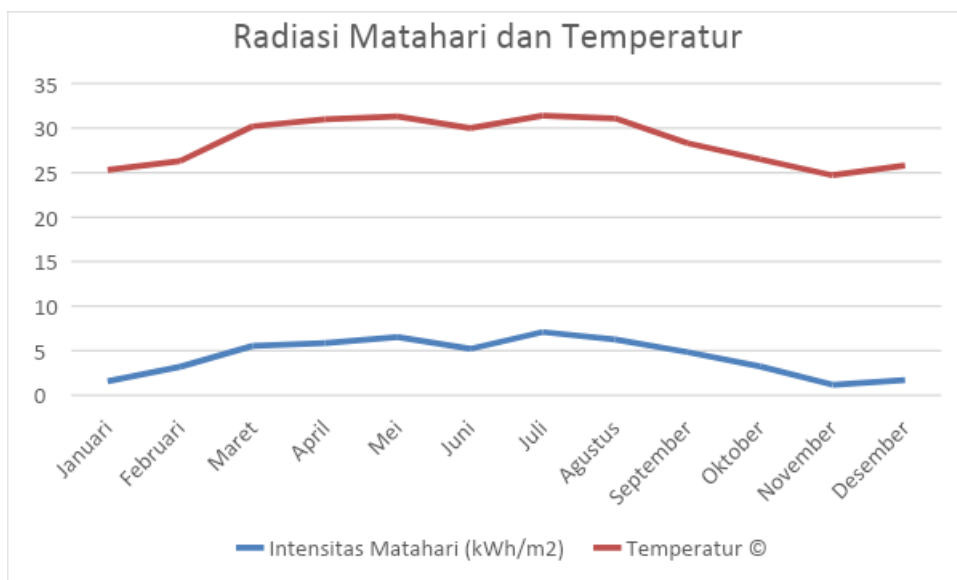
HASIL DAN PEMBAHASAN

Radiasi Matahari dan Temperatur

Dalam pencarian data radiasi dan temperature dapat diperoleh melalui penyimpanan data yang didukung online update yaitu menggunakan Surface Meterology and Solar Energy atau disingkat SMSE dari NASA. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut

Tabel 1. Radiasi Matahari dan Temperatur

Bulan	Intensitas Matahari (kWh/m ²)	Temperatur (°C)
Januari	1,56	25,3
Februari	3,20	26,3
Maret	5,55	30,2
April	5,85	31,0
Mei	6,55	31,3
Juni	5,21	30,0
Juli	7,10	31,4
Agustus	6,25	31,1
September	4,84	28,3
Oktober	3,25	26,5
November	1,18	24,7
Desember	1,73	25,8
Rata-rata	4,36	29,83



Gambar 3. Kurva Pengukuran Radiasi Matahari dan Temperatur dalam 1 Tahun

Pada Tabel 1 dan Gambar 3 diatas terdapat suhu tertinggi pada suhu 31,4 derajat Celsius pada bulan Juli dan terendah 24,7 pada bulan November. Jika panel surya tersebut bekerja diatas suhu 25 derajat Celsius maka akan berkurang 0,5% setiap perubahan suhunya. Nilai kenaikan suhu sebesar 6,4 menghitung besarnya daya yang berkurang pada saat suhu di sekitar panel mengalami kenaikan derajat Celsius dari suhu standar menggunakan Persamaan (2) berikut.

$$P \text{ saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C} = 0,5\% \text{ per } ^\circ\text{C} \times PMPP \times \Delta t \quad (2)$$

Dimana

$P \text{ saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C}$: Daya pada saat suhu naik derajat Celsius dari suhu standar

$PMPP$: Daya keluaran maksimal modul surya

Δt : Kenaikan suhu

$$P \text{ saat } t \text{ naik } 6,4^\circ\text{C} = 0,5\% \text{ per } ^\circ\text{C} \times 600 \text{ Watt} \times 600 \text{ Watt} \times 6,4^\circ\text{C} = 19,2 \text{ Watt}$$

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat suhu naik menjadi t derajat Celsius dari suhu standar dihitung dengan menggunakan Persamaan (3) berikut.

$$PMPP \text{ saat naik menjadi } 6,4^\circ\text{C} = PMPP - P \text{ saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C} = 600 \text{ Watt} - 19,2 \text{ Watt} = 580,8 \text{ Watt} \quad (3)$$

$PMPP \text{ saat } t \text{ naik}$ menjadi t derajat Celsius adalah daya keluaran maksimum panel surya pada saat suhu di sekitar panel naik menjadi t derajat Celsius dari suhu standar. Faktor koreksi temperature (Temperature Correction Factor) dihitung dengan menggunakan Persamaan (4) berikut:

$$TCF = PMPP \text{ saat naik menjadi } t^\circ\text{C} : PMPP = 580,8 : 600 = 0,97 \quad (4)$$

Dalam penentuan nilai Peak Sun Hour (PSH), dapat dilakukan perhitungan dimana nilai radiasi matahari rata-rata dibagi dengan nilai insulasi standard dimana nilai tersebut sebesar 1 kW/m², sehingga didapat nilai menggunakan Persamaan (5) berikut:

$$PSH = \frac{\text{Rata-Rata Insulasi}}{\text{Insulasi Standard}} = \frac{4,26 \text{ kWh/m}^2}{1 \text{ kW/m}^2} = 4,36 \text{ Hours} \quad (5)$$

Perhitungan terhadap Peak Sun Hour (PSH) ini untuk mengetahui lamanya penyinaran matahari maksimum (dalam jam) per hari terhadap standar intensitas radiasi matahari dimana PSH sangat penting sebagai pedoman untuk melakukan PLTS kapan akan mendapatkan Earn Back the Original Investment Point (BEP) dari investasi PLTS. Lamanya waktu radiasi matahari efektif digunakan dalam sehari pada penelitian ini adalah 4,36 jam.

Perhitungan Seri dan Paralel Modul Surya

Untuk mengetahui tegangan dan arus input DC dari modul surya yang ditransfer ke inverter maka harus menentukan konfigurasi seri-paralel modul surya dalam perencanaan PLTS. Adapun jumlah modul yang dibutuhkan untuk CV Sinar Gemilang berjumlah 20 modul dengan perhitungan kapasitas PLTS sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas PLTS} = \text{Kapasitas Panel Surya} \times \text{Jumlah Modul Surya} = 600 \text{ Watt} \times 20 \text{ Modul} = 12.000 \text{ Wp}$$

$$\text{Kapasitas PLTS} = \text{Kapasitas Panel Surya} \times \text{Jumlah Modul Surya} = 600 \text{ Watt} \times 20 \text{ Modul} = 12.000 \text{ Wp}$$

Panel Surya diatur Seri dan Paralel seperti berikut

- a. Rangkaian Seri Minimal diperoleh dengan persamaan berikut

$$\text{Minimal Modul Seri Per - String} = \frac{V_{\text{mins Inverter}}}{V_{\text{oc Modul}}} = \frac{200}{41,5} = 4,82 \approx 5$$

- b. Rangkaian Seri Maksimal diperoleh dengan persamaan berikut

$$\text{Maksimal Modul Per - String} = \frac{V_{\text{maks Inverter}}}{V_{\text{oc Modul}}} = \frac{1100}{34,4} = 31,98 \approx 32$$

- c. Rangkaian Paralel diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut

$$\text{Modul Paralel Per - String} = \frac{V_{\text{maks Power Current Input}}}{V_{\text{maks Power Current}}} = \frac{22}{7,44} = 2,96 \approx 3$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dengan jumlah modul surya 20 modul terdiri dari 2 array yang dapat disusun dengan 5 modul seri dengan 2 modul parallel tiap Array, maka diperoleh perhitungan arus dan tegangan totalnya pada keluaran modul surya sebagai berikut

$$\text{Besar Arus} = \text{Maximum Power Current} \times \text{Jumlah Paralel Panel} = 7,44 \text{ A} \times 2 \text{ Unit} = 14,88 \text{ A}$$

$$\text{Besar Tegangan} = \text{Maximum Power Voltage} \times \text{Jumlah Seri Panel Surya} = 34,4 \text{ V} \times 5 \text{ Unit} = 172 \text{ V}$$

Jadi dapat disimpulkan untuk besaran arus dalam 2 string 14,88 A dan nilai tegangan dalam satu string yang terdapat pada 5 modul surya adalah 172 Volt dengan spesifikasi Inverter Maksimum Input Voltage 1100 Volt dan nilai Maximum Input Current sebesar 22 A.

Energi Yang Dihasilkan

Radiasi yang dihasilkan oleh sinar matahari tidak sepenuhnya diterima oleh modul surya. Hal ini dipengaruhi oleh losses yang ada pada panel surya, losses pada inverter dan komponen pendukung PLTS lainnya. Losses dari Panel Surya ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Losses Panel Surya

Daya Modul Surya		600 Wp
Jenis Losses	Besar Nilai Losses	Daya
Losses Kotoran (debu, kotoran hewan dsb)	4%	24 Wp
Losses temperatur modul (monocrystalline)	2%	12 Wp
Losses level radiasi matahari	2%	12 Wp
Losses kabel penghantar	3%	9 Wp
Total Losses		57 Wp

Total Daya Output Modul Surya

$$600 - 57 = 543 \text{ Wp}$$

Berdasarkan Tabel 2 perhitungan losses di atas, maka energi yang dihasilkan modul surya pada saat PSH (Peak Sun Hour) 4,36 jam menggunakan persamaan berikut:

$$P_{\text{(Besar Energi yang Dihasilkan)}} = P_{\text{modul}} \times \text{Jumlah Modul} \times \text{PSH} = 543 \text{ Wp} \times 20 \times 4,36 \text{ Hours} = 47.349,6 \text{ Wh} = 47,35 \text{ kWh}$$

Besar energi yang dihasilkan oleh modul surya sebesar 47,35 kWh. Energi tersebut kemudian menuju inverter dimana inverter memiliki konsumsi energi dengan efisiensi Inverter 98,7% dan Loses kabel penghantar diasumsikan 3% (0,97). Total energi keluarannya dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_{\text{out PLTS}} = P_{\text{Modul Surya}} \times \text{Efisiensi} \times \text{Loses Kabel} = 47,35 \text{ kWh} \times 0,987 \times 0,97 = 45,33 \text{ kWh}$$

Pada Tabel 2 tertera bahwa rata-rata konsumsi perhari adalah 67,95 kWh. Maka persentasi suplai sistem PLTS ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{Supply PLTS} = \frac{\text{Energi Output PLTS}}{\text{Rata-Rata Pemakaian Energi Harian}} \times 100\% = \frac{45,33 \text{ kWh}}{67,95 \text{ kWh}} \times 100\% = 66,71\%$$

Maka didapat Energy Yields per tahun dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Energy Yields} = P_{\text{out PLTS}} \times 365 \text{ Hari} \times \text{PSH} = 45,33 \text{ kWh} \times 365 \times 4,36 = 72.138,162 \text{ kWh}$$

Perhitungan kebutuhan baterai yang akan digunakan dengan asumsi pertimbangan dapat melayani kebutuhan 3 hari tanpa sinar matahari. Kebutuhan baterai minimum (Baterai hanya digunakan 50% untuk pemenuhan kebutuhan listrik), dengan demikian kebutuhan daya dikalikan dua (2) kali. Diketahui output beban yang dihasilkan 45,33 kWh, maka dengan persamaan berikut dihitung kebutuhan baterai. Tabel 3 dibawah menunjukkan nilai besaran energi output panel surya yang dihasilkan.

$$45,33 \times 3 \text{ hari} \times 2 \text{ kali} = 271,98 \text{ kWh} = 271.980 \text{ Wh}$$

$$\text{Kebutuhan Baterai} = \frac{271.980}{12 \text{ V}} = 22,665 \text{ Baterai} \approx 23 \text{ Baterai}$$

Tabel 3. Besaran Energi Output Panel Surya yang Dihasilkan

Modul Surya	Daya Modul	Total Loses	Energi yang dihasilkan	Efisiensi	Energi Output
Trina Solar, TSM-DE 20	600 W	57 W	47,35 kWh	2,02 kWh	45,33 kWh

Biaya Investasi PLTS

Untuk membangun sistem pada PLTS pada Rooftop CV Sinar Gemilang diperlukan biaya-biaya yang meliputi biaya komponen, biaya pengiriman serta biaya pemasangan. Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6 berikut menunjukkan besarnya biaya investasi, sedangkan Tabel 7 selanjutnya adalah Total Keseluruhan Biaya Investasi beserta biaya lain-lain.

Tabel 4. Tabel Biaya Investasi Komponen Utama

Komponen	Tipe	Jumlah	Unit	Harga/pcs (Rp)	Total (Rp)
Panel Solar Trina Solar 600W	TSM-DE20-600W	20	Pcs	Rp 2.173.822,50	Rp 43.476.450,00
Inverter Huawei 50Kw	SUN2000-50K TL-M0	1	Pcs	Rp 79.706.825,00	Rp 79.706.825,00

Tabel 5. Tabel Biaya Investasi Komponen Pendukung

Komponen	Jumlah	Unit	Harga/pcs (Rp)	Total (Rp)
Aluminium Rail Mounting System	20	Set	Rp 530.000,00	Rp 10.600.000,00
Baterai 12DCV 1000AH	23	Pcs	Rp 7.700.000,00	Rp 177.100.000,00

Combiner Box PV String	1	Pcs	Rp 3.945.008,03	Rp 3.945.008,03
MCCB Schneider 3P 100A	2	Pcs	Rp 2.900.000,00	Rp 5.800.000,00
MCB DC 3P 32A	8	Pcs	Rp 280.000,00	Rp 2.240.000,00
Surge Arrester Schneider 3P	1	Pcs	Rp 1.930.400,00	Rp 1.930.400,00
CT 500/5A	3	Pcs	Rp 95.000,00	Rp 285.000,00
kWH Meter Huawei DTSU666-H	1	Pcs	Rp 2.790.000,00	Rp 2.790.000,00

Tabel 6. Tabel Biaya Investasi Kabel dan Sambungan

Komponen	Jumlah	Unit	Harga/pcs (Rp)	Total (Rp)
Supreme NYY 4x6 sqmm (Inverter to AC Combox)	150	Meter	Rp 75.000,00	Rp 11.250.000,00
Supreme NYY 4x25 sqmm (AC Combox to Distribution Panel)	100	Meter	Rp 175.000,00	Rp 17.500.000,00
MC4-Connector	20	Pair	Rp 25.000,00	Rp 500.000,00
Equipment Grounding	1	Set	Rp 6.000.000,00	Rp 6.000.000,00
Installation Accessories	1	Set	Rp 32.500.000,00	Rp 32.500.000,00

Tabel 7. Tabel Biaya Keseluruhan Investasi dan Biaya Lain-Lain

Biaya Pengiriman, Pajak dan Lain-lain	Rp 363.973.788,39
Total	Rp 759.597.471,42
Contingency Plan PPN (+10%)	Rp 75.959.747,14
Total Keseluruhan	Rp 835.557.218,56

Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan umumnya dilakukan setahun sekali dengan besaran antara 1% sampai dengan 2% dari total biaya investasi awal. Dari penelitian ini mengambil besaran biaya operasional dan pemeliharaan sebesar 1,5% maka dengan menggunakan persamaan berikut dihitung biayanya.

A Biaya Pemeliharaan=1,5%×Total Biaya Investasi Awal=1,5%×Rp. 835.557.218,56=Rp. 12.53

Aspek Biaya

1. Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost)

Biaya siklus hidup PLTS dalam rencana ini ditentukan oleh nilai sekarang dari total biaya sistem PLTS. Ini termasuk biaya investasi awal, biaya operasi dan pemeliharaan. PITS yang dirancang dalam penelitian ini diharapkan dapat berfungsi selama 25 tahun. Keputusan tentang umur proyek didasarkan pada garansi dari produsen modul surya. Suku bunga yang digunakan untuk menghitung Present Value dalam survey ini adalah 9,16%. (Bank umum bulan Februari 2022 menggunakan jenis pinjaman modal). Dengan menggunakan persamaan berikut maka diperoleh hasil dari perhitungan.

$$MPW = A \left[\frac{(1-i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Dengan

A = Rp. 12.533.358,28

i = 9,16%=0,0916

n =25 Tahun

Maka

$$MPW = 12.533.358,28 \times \left[\frac{(1+0,0916)^{25} - 1}{0,0916(1+0,0916)^{25}} \right] = Rp. 121.530.846,55$$

Berikut adalah perhitungan biaya siklus hidup (Life Cycle Cost) dengan menggunakan persamaan berikut untuk sistem PLTS selama 25 tahun.

$$LCC = C + MPW = 835.557.218,56 + 121.530.846,55 = 957.088.065,11$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui biaya siklus hidup (Life Cycle Cost) sistem PLTS ini selama 25 tahun sebesar Rp. 957.088.065,11

2. *Cost of Energy*

Untuk perhitungan biaya energi (COE) ditentukan dengan biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) serta kWh produksi pertahun. Sebelumnya perlu menghitung faktor pemulihan modal (CRF), berikut perhitungannya.

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

Dengan

$$i = 9,16\% = 0,0916$$

$$n = 25$$

Maka

$$CRF = \left[\frac{0,0916(1+0,0916)^{25}}{(1+0,0916)^{25} - 1} \right] = 0,103$$

Diketahui Yields per tahun adalah 72.138,162 kWh, dalam menggunakan sistem PLTS dengan perhitungan berikut

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}} = \frac{Rp. 957.088.065,11 \times 0,103}{72.138,162} = Rp. 1.366,55 \text{ kWh}$$

Sedangkan untuk menggunakan PLN :

$$COE = \frac{\text{Rata-Rata Pembayaran Per-Bulan}}{\text{Beban kWh}} = \frac{Rp. 159.980}{67,95} = Rp. 2.354,38 \text{ per kWh}$$

Maka dapat disimpulkan untuk penggunaan PLTS lebih murah dibandingkan penggunaan PLN dilihat dari selisih harga per kWh dimana PLN lebih mahal 987,83 per kWh.

KESIMPULAN

Hasil perancangan PLTS pada Rooftop CV Sinar Gemilang menggunakan simulasi HelioScope, menghasilkan suatu kesimpulan. Perancangan sistem PLTS On-Grid pada Rooftop CV Sinar Gemilang dibantu menggunakan aplikasi HelioScope menghasilkan simulasi total panel sebanyak 20 panel surya jenis monocrystalline dengan memanfaatkan luas lahan yang tersedia dan menyesuaikan beban CV Sinar Gemilang. Modul surya terdiri dari 2 Array yang dapat disusun dengan 5 modul seri dengan 2 modul parallel tiap array, menghasilkan 45,33 kWh yang memenuhi 66,71% kebutuhan daya pada CV Sinar Gemilang. Harga per kWh menggunakan PLTS lebih murah yaitu Rp. 1.366,55 per kWh dibandingkan menggunakan PLN yaitu Rp. 2.354,38 per kWh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Rakhmadanu, G. Setyono, and A. A. Arifin, "Pengaruh Variasi Pendinginan Terhadap Peforma Photovoltaik Kapasitas 100 WP Ddngan Variasi Sudut Kemiringan 0°, 5° dan 10°," p. 6, 2019.

- [2] A. R. Mulyawan, "Analisa Potensi Energi Matahari Sebagai Sumber Penerangan Jalan Umum di Wonoayu," p. 9, 2021.
- [3] A. G. Hutajulu, M. R. Siregar, and M. P. Pambudi, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) On Grid Di Ecopark Ancol," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 22, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i1.7333.
- [4] R. Sulistyowati and A. Fadholi, "Optimalisasi Panel Surya Untuk Skala Rumah Tangga," p. 10.
- [5] A. Rachman, "Optimalisasi Teknologi Energi Surya Berbasis Penyesuaian Posisi Panel Bulanan Di Sulawesi Tenggara," *JurTek: Jurnal Teknologi FT UMJ*, vol.8, no.1, p.1, Jan.2016, doi: 10.24853/jurtek.8.1.1-8.
- [6] S. Darma, "Analisa Perkiraan Kemampuan Daya Yang Dibutuhkan Untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," *Jurnal Ampere*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2017, doi: 10.31851/ampere.v2i1.1210.
- [7] M. Naim and S. Wardoyo, "Rancangan Sistem Kelistrikan Plts On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti," *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 8, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2017, doi: 10.33772/djitm.v8i2.2379.
- [8] A. G. Hutajulu, M. R. Siregar, and M. P. Pambudi, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) On Grid di Ecopark Ancol," *Tesla*, vol. 22, no. 1, p. 317714, 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i1.7333. [9] M. Naim and S. Wardoyo, "Rancangan Sistem Kelistrikan Plts On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti," *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 8, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2017, doi: 10.33772/djitm.v8i2.2379.
- [9] "Simulasi Produksi Energi Listrik_proceeding SEMNAS 1 SNtekpan_Elieser Tarigan.pdf."
- [10] H. Sujono, R. Sulistyowati, A. Safi'i, and C. Priananda, "Photovoltaic farm with maximum power point tracker using hill Climbing algorithm, ARPN , 2018
- [11] "Perencanaan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung D Fakultas Teknik Umsu," Thesis, 2019. Accessed: Mar. 15, 2021. [Online].Available:<http://repositori.umsu.ac.id/xmlui/handle/123456789/7928>
- [12] "Perancangan Tenaga Surya Lampu Celup Bawah Air (LACUBA) Pada BaganApung-ITSRepository."https://123dok.com/document/zgl3j07q-perancangan-tenaga-surya-lampu-celup-bawah-lacuba-repository.html (accessed Mar. 15, 2021).
- [13] Z. U. Bayrak, G. Bayrak, M. T. Ozdemir, M. T. Gencoglu, and M. Cebeci, "A low-cost power management system design for residential hydrogen & solar energy based power plants," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 41, no. 29, pp. 12569–12581, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.01.093.