

Rancang Bangun Perangkat Lunak Penghitung Tekno-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Web

Hartanxia¹, Marza Ihsan Marzuki^{2*}, Soni Prayogi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina

e-mail: ¹hartanx@gmail.com, ²marza.im@universitaspertamina.ac.id,

³soni.prayogi@universitaspertamina.ac.id

*Corresponding Author

Abstrak

Perkembangan teknologi energi terbarukan, khususnya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), semakin penting dalam mengatasi masalah energi dan lingkungan. Dalam konteks ini, perangkat lunak penghitung tekno-ekonomi PLTS menjadi alat yang sangat diperlukan untuk memperkirakan kinerja dan manfaat finansial dari instalasi PLTS. Dalam penelitian ini, kami merancang dan mengimplementasikan perangkat lunak penghitung tekno-ekonomi PLTS berbasis web. Perangkat lunak ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam melakukan perhitungan dan simulasi berbagai sistem PLTS, seperti off-grid, on-grid, dan hybrid. Kami menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript sebagai teknologi utama untuk membangun antarmuka pengguna yang responsif dan mengimplementasikan logika perhitungan. Setelah implementasi, perangkat lunak diuji untuk memastikan fungsionalitasnya dan mengumpulkan umpan balik pengguna. Hasilnya menunjukkan bahwa perangkat lunak penghitung tekno-ekonomi PLTS ini dapat memberikan estimasi kinerja dan manfaat finansial yang akurat. Perangkat lunak ini dapat digunakan sebagai panduan dalam pengambilan keputusan untuk investasi PLTS

Kata kunci: pembangkit listrik tenaga surya, PLTS, perangkat lunak penghitung, tekno-ekonomi, web-based

Abstract

The development of renewable energy technologies, particularly solar photovoltaic (PV) power plants, has become increasingly important in addressing energy and environmental challenges. In this context, solar PV techno-economic calculator software plays a crucial role in estimating the performance and financial benefits of PV installations. In this study, we designed and implemented a web-based solar PV techno-economic calculator software. The software was designed to facilitate users in performing calculations and simulations for various PV systems, such as off-grid, on-grid, and hybrid. We utilized HTML, CSS, and JavaScript as the main technologies to build a responsive user interface and implement the calculation logic. After implementation, the software was tested to ensure its functionality and collect user feedback. The results showed that the solar PV techno-economic calculator software provided accurate estimations of performance and financial benefits. The software can serve as a guide in decision-making for PV investment.

Keywords: solar photovoltaic, PV, calculator software, techno-economic, web-based

1. PENDAHULUAN

Energi dari Matahari telah menjadi semakin penting karena manfaat dan keuntungan yang banyak. International Energy Agency (IEA) memproyeksikan listrik yang dihasilkan oleh sel fotovoltaik surya akan meningkat 301%-384% dari tahun 2021 hingga 2030 [1]. Dengan kebutuhan energi yang terus meningkat, solusi yang berkelanjutan dan terbarukan dapat ditawarkan oleh utilisasi energi surya untuk mengurangi efek gas rumah kaca yang disumbangkan oleh pemanfaatan sumber energi fosil. Tren pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi listrik telah menjadi lebih mudah diakses dan lebih murah bagi individu dan bisnis [2].

Manfaat dan keuntungan yang dapat didapatkan dengan utilisasi energi surya sebagai energi listrik sangat banyak, termasuk namun tidak terbatas kepada energi surya adalah sumber energi bersih, terbarukan, dan berkelanjutan; bisa mendukung program transisi energi kepada energi baru terbarukan (EBT) dengan cara mereduksi penggunaan berkelanjutan bahan bakar fosil, yang kemudian dapat meminimalisasi perubahan iklim dengan berkurangnya efek gas rumah kaca; menghasilkan biaya lebih rendah dalam jangka panjang; meningkatkan ketahanan energi nasional seiring naiknya tingkat diversifikasi energi; dan juga meningkatkan pertumbuhan energi nasional melalui meningkatnya kebutuhan akan pekerja-pekerja baru tambahan [3].

Lokasi Indonesia yang berada di dalam kawasan tropis dengan penyinaran Matahari sepanjang tahun menjadikan potensi energi besar yang berkemampuan menghasilkan energi seiring bertumbuhnya demand energi secara konsisten di Indonesia [4]. Penggunaan energi surya dalam menghasilkan energi diyakini dapat membatasi emisi gas rumah kaca dan penggunaan energi fosil. Dalam jangka panjang, pemanfaatan energi surya di Indonesia memerlukan dukungan dari berbagai faktor, salah satunya adalah infrastruktur [5].

Pemanfaatan energi surya untuk membangkitkan listrik membutuhkan investasi awal yang sangat besar bila dibandingkan biaya produksi energi listrik menggunakan energi fosil. Dibutuhkan perencanaan awal matang yang melibatkan perhitungan tekno dan ekonomi yang tepat. Untuk melakukan perencanaan awal, perangkat lunak dapat membantu masyarakat melakukan perhitungan tekno dan ekonomi dengan lebih mudah dan menghemat waktu dengan menghitung berbagai parameter seperti luas area, lokasi, harga peralatan, dan biaya-biaya yang terlibat. Risiko besar yang ada karena investasi yang besar dapat dihindari dan dikelola apabila perangkat lunak yang tepat dapat membantu dalam pengambilan keputusan awal investasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

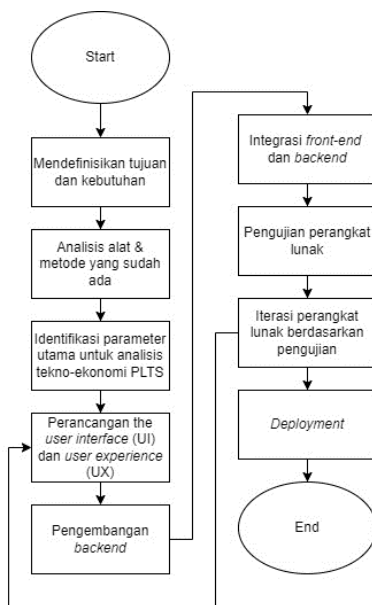
Beberapa perangkat lunak penghitung tekno-ekonomi PLTS telah beredar di pasaran seperti Helioscope, HOMER, dan PVSyst digunakan untuk menganalisis potensi PLTS dari suatu daerah dapat menghasilkan prediksi potensi PLTS dengan deviasi yang bervariasi. Dibutuhkan perangkat lunak yang dapat digunakan langsung oleh masyarakat untuk meningkatkan antusiasme masyarakat dan kemudian dapat meningkatkan adopsi PLTS oleh masyarakat [6].

Diharapkan promosi penggunaan energi baru terbarukan akan dapat meningkat dengan sebuah perangkat lunak perencana yang dapat digunakan dengan mudah oleh masyarakat luas.

2. METODE PERANCANGAN

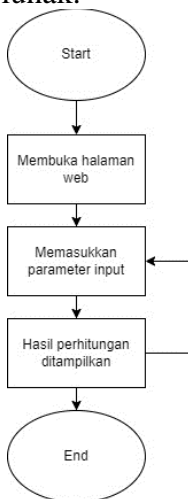
Proses perancangan perangkat lunak dimulai dengan mendefinisikan tujuan dan kebutuhan yang ada, kemudian dilanjutkan dengan menganalisis alat dan metode yang sudah ada dan dapat diakses. Parameter utama yang mempengaruhi tekno-ekonomi PLTS kemudian diidentifikasi. Kemudian antarmuka dirancang supaya ramah dan mudah digunakan oleh pengguna, dilanjutkan dengan pengembangan backend dari perangkat lunak yang kemudian akan digabungkan dengan antarmuka yang sudah dirancang. Pengujian perangkat lunak dilakukan agar dapat menghasilkan perangkat lunak yang

beroperasi dengan lancar dan mudah digunakan oleh pengguna. Hasil dari pengujian kemudian akan diiterasi dan diperbaiki berdasarkan hasil pengujian yang didapat. Kemudian perangkat lunak yang telah melewati tahap iterasi akan memasuki tahap deployment untuk diakses oleh orang banyak. Berikut merupakan diagram alir Rancang Bangun Perangkat Lunak Penghitung Tekno-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Web.



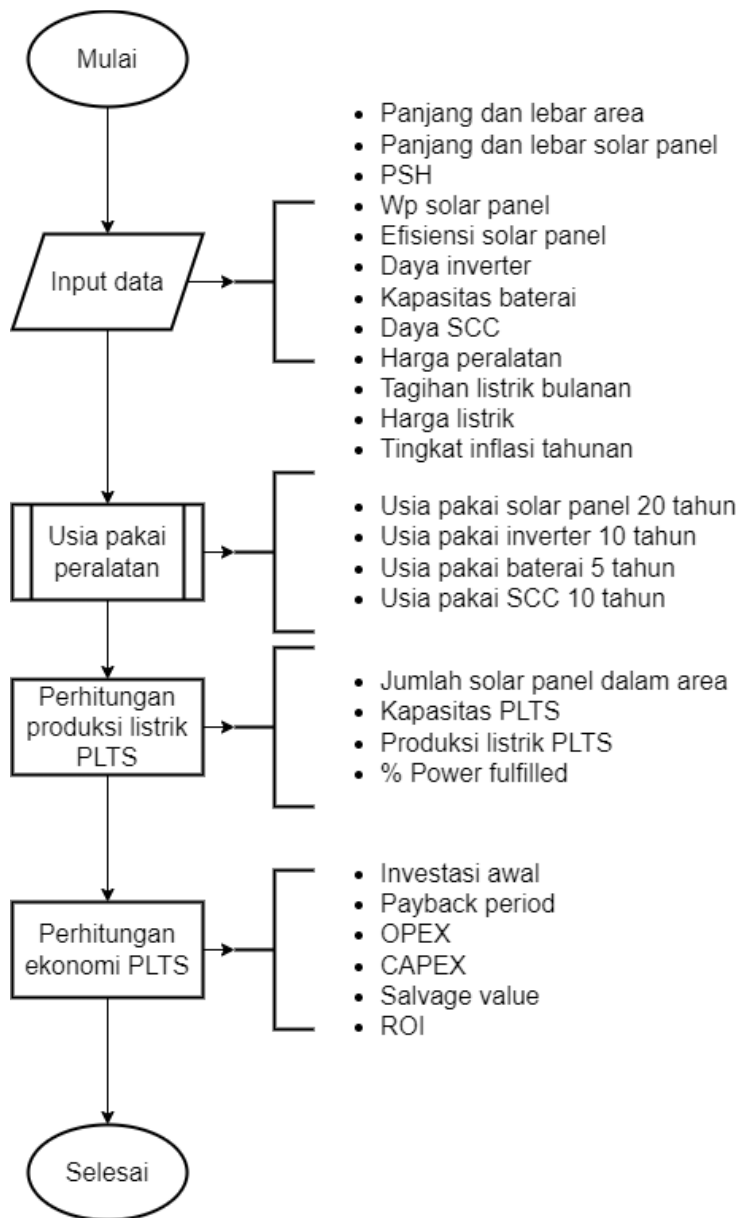
Gambar 2. 1. Diagram Alir Proses Perancangan

Pengguna akan memulai membuka halaman web untuk mengakses perangkat lunak dan kemudian memasukkan nilai dari variabel. Perangkat lunak akan mengeluarkan hasil perhitungan kepada pengguna setelah pengguna menekan tombol untuk mengeksekusi perhitungan. Kemudian pengguna dapat kembali memasukkan dan/atau mengubah nilai variabel input untuk melakukan perhitungan baru. Berikut merupakan diagram alir user journey perangkat lunak.



Gambar 2. 2. Diagram Alir User Journey

Berikut merupakan diagram alir perangkat lunak penghitung PLTS.



Gambar 2. 3. Diagram Alir Algoritma Perhitungan pada Perangkat Lunak

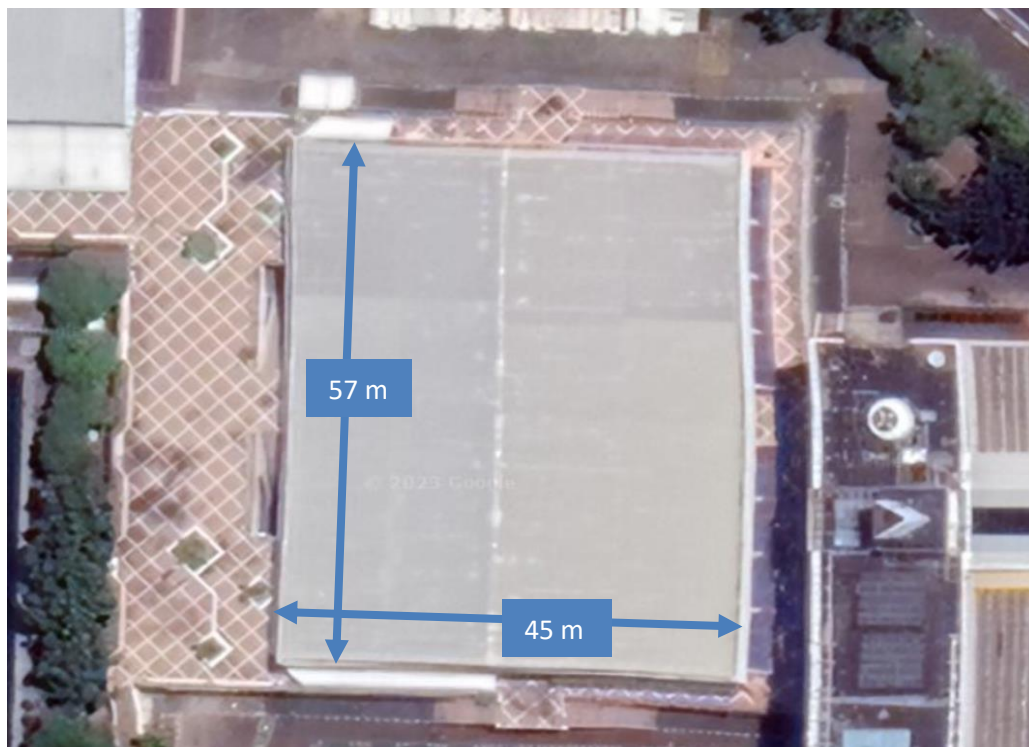
Kriteria perangkat lunak yang akan dirancang adalah:

1. Dapat diakses dengan jaringan internet
2. Dapat diakses oleh semua perangkat elektronik yang memiliki aplikasi peramban internet

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Analisis Potensi Listrik GOR II Universitas Pertamina

Pada GOR II Universitas Pertamina, didapati citra satelit sebagai berikut.



Gambar 3. 1. Citra Satelit Gedung GOR II Universitas Pertamina

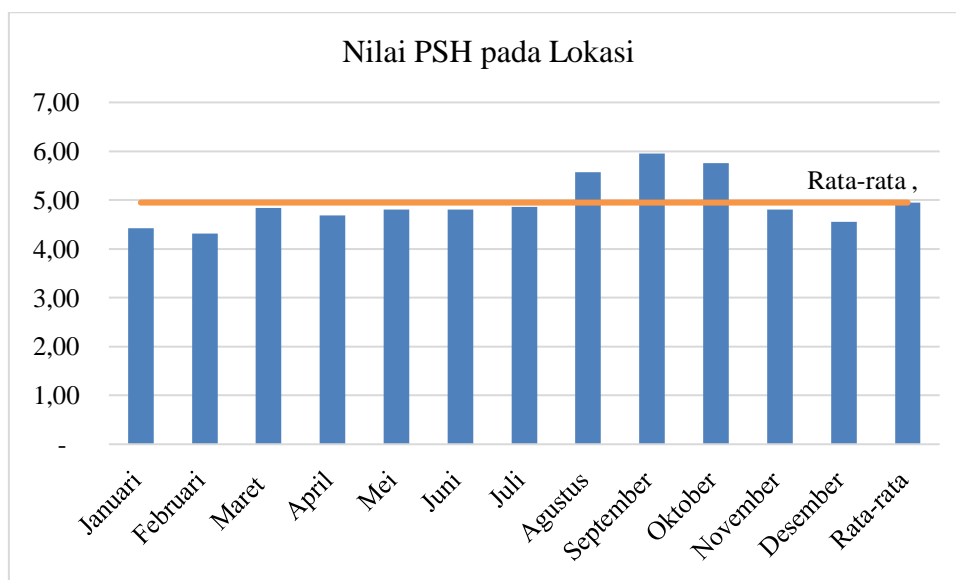
Panjang gedung 57 meter dan lebar gedung 45 meter. Dengan menggunakan data yang diperoleh dari Global Solar Atlas, didapati nilai PSH rata-rata sebagai berikut.

Tabel 3. 1. Nilai PSH pada Lokasi

Bulan	PSH
Januari	4,42
Februari	4,31
Maret	4,84
April	4,69
Mei	4,81

Juni	4,81
Juli	4,86
Agustus	5,57
September	5,95
Oktober	5,76
November	4,81
Desember	4,55
Rata-rata	4,95

Grafik nilai PSH pada lokasi ditampilkan oleh Gambar 3.1.

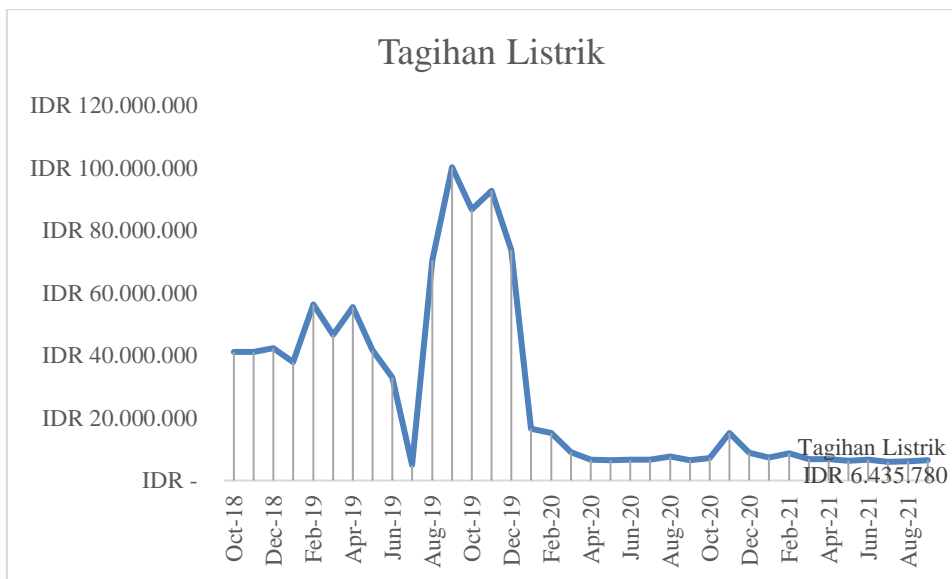


Gambar 3. 2. Grafik Nilai PSH pada Lokasi

Pada GOR II Universitas Pertamina, dari data internal diperoleh data kapasitas daya sebesar 162 KVA pada September 2021 dengan konsumsi listrik dalam periode Oktober 2018 sampai September 2021 sebagai berikut.

Analisis Pemakaian Listrik GOR II Universitas Pertamina

Pemakaian listrik didapatkan dari sumber internal yang berisi konsumsi listrik dengan tarif per KWh sebesar 1.549 Rupiah dalam periode Oktober 2018 sampai September 2021 sebagai berikut.



Gambar 3. 1. Tagihan Listrik

Dengan deviasi yang besar antar data, didapatkan bahwa ternyata pada periode Juli 2019 sampai Agustus 2019 terjadi penurunan pengunjung gedung, dan mulai Februari 2020 terjadi pandemi Covid-19 yang mengakibatkan aktivitas di gedung terbatas. Didapatkan nilai trimmed mean dari data tagihan listrik periode Agustus 2019 sampai dengan Desember 2019 yang merupakan periode dengan okupansi gedung yang normal.

$$Mean = \frac{\sum tagihan}{n_{data}} \tag{3. 1}$$

$$Mean = \frac{424.158.594}{5} = 84.831.719 \text{ Rupiah}$$

Analisis Potensi PLTS GOR II Universitas Pertamina

Analisis potensi PLTS akan dimulai dengan pemilihan peralatan yang akan digunakan. Panel surya akan menggunakan modul Longi Hi-MO5 LR5-72HPH-550M 550 Wp dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 3. 1. Spesifikasi Panel Surya Longi Hi-MO5 LR5-72HPH-550M

Longi	
Model: Hi-MO5 LR5-72HPH-550M	
STC (Standard Test Condition)	
Daya Maksimum (Pmax)	550 W
Tegangan Maksimum Operasional (Vmp)	41,95 V
Arus Maksimum Operasional (Imp)	13,12 A
Tegangan Open Circuit (Voc)	49,80 V

Arus Short Circuit (Isc)	13,98 A
Efisiensi Modul	21,3%
Suhu Operasional	-40°C ~ +85°C
Tegangan Maksimum Sistem	1500V (IEC)
Toleransi Daya	0 ~ 3%
Tipe Sel	Monocrystalline, 182mm
Kombinasi Sel	144 (6 x 24)
Dimensi (mm)	2278×1134×35
Harga	Rp 3.000.000,-

Inverter pada sistem akan menggunakan modul ATESS HPS15000TL dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 3. 2. Spesifikasi Inverter ATESS HPS15000TL

ATESS	
Model: HPS15000TL	
AC (Grid-connected)	
Apparent power	16 KVA
Rated power	15 KW
Rated voltage	400 V
Rated current	21 A
Voltage range	360 - 440 V
Rated frequency	50/60 Hz
Frequency range	47~51.5/57~61.5 Hz
PF	0,8 lagging ~ 0,8 leading
AC connection	3/N/PE
AC (Off-grid)	
Apparent power	16 KVA
Rated power	15 KW
Rated voltage	400 V
Rated current	21 A
Rated frequency	50/60 Hz
Overload capability	110%-10 mins 120%-1 min
DC (Battery and PV)	
Max. PV open-circuit voltage	100 V
PV MPPT voltage range	125 - 850 V
Battery voltage range	260~700 V
Full load battery voltage range	300~700 V
Max. charge/discharge power	15 KW
Max. charge/discharge current	50 A
General information	
Price	150.000.000 Rupiah

Solar charge controller (SCC) sistem akan menggunakan modul ATESS PBD250 dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 3. 3. Spesifikasi SCC ATESS PBD250

ATESS	
Model: PBD250	
Battery voltage	600 V - 900 V
Rated charge current	416 A
Nominal PV power	250 KW
Maximum efficiency	99%
Price	150.000.000

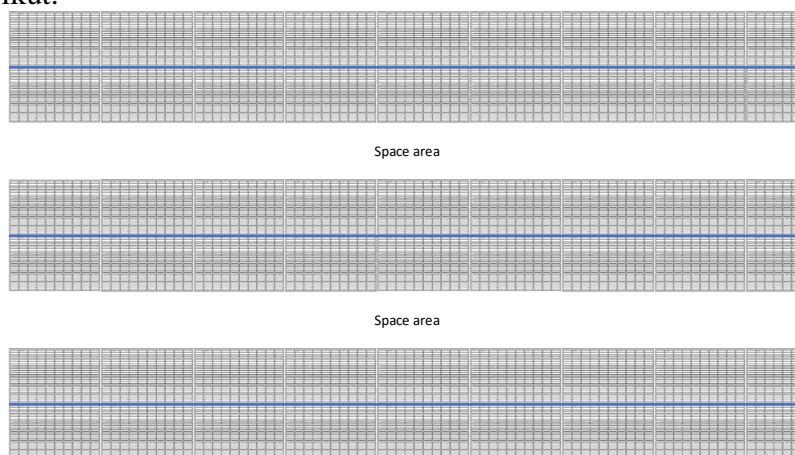
Baterai sistem akan menggunakan modul ATESS BR114R dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 3. 4. Spesifikasi baterai ATESS BR114R

ATESS	
Model: BR114R	
Tegangan nominal	51,2 V
Kapasitas	280 Ah
Jenis baterai	Li-Ion
Dimensi	523 × 231 × 805
Harga	50.000.000 Rupiah

Analisis Potensi Produksi Listrik PLTS

Analisis potensi produksi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTS dilakukan dengan mempertimbangkan besar area untuk dipasang solar panel, dimensi solar panel, dan PSH. Area untuk dipasang solar panel diketahui memiliki panjang 57 meter dan lebar 45 meter, dimensi panel surya diketahui memiliki panjang 2278 mm dan lebar 1134 mm. Jarak antar panel surya yang digunakan adalah 1 meter. Penataan panel surya pada area dilakukan secara memanjang dan akan ada area sebagai jarak antar panel seperti ilustrasi Gambar 3.4. berikut.



Gambar 3. 2. Penataan Panel Surya

Tabel berikut menunjukkan potensi produksi listrik PLTS.

Tabel 3. 5. Potensi Produksi Listrik PLTS

Nama Variabel	Nilai
Panjang area	57 m
Lebar area	45 m
Peak Sun Hours	5
Jarak antar panel surya	1 m
Panjang panel surya	2 m
Lebar panel surya	1 m
Wp panel surya	550 Wp
Jumlah panel	525
Kapasitas	288.750 Wp
Produksi harian	304 KWh
Produksi tahunan	111.122 KWh
Persentasi energi terpenuhi	16,91%

Dengan dimensi area, dimensi panel surya, dan jarak antar panel surya yang diketahui, dapat dihitung jumlah panel yang dapat ditampung oleh area sebagai berikut.

$$Jumlah\ panel = \frac{L_{area}}{L_{panel}} \times \frac{W_{area}}{W_{panel} + W_{walkway}} \quad (3.2)$$

$$Jumlah\ panel = \frac{57}{2,278} \times \frac{45}{1,134 + 1} = 525$$

Jumlah panel surya yang dapat ditampung oleh area adalah 525 unit panel surya. Dengan nilai Wp panel surya 550 Wp, dapat dihitung estimasi kapasitas PLTS yang dapat dipasang, produksi harian, dan produksi tahunan sebagai berikut.

$$Kapasitas\ PLTS = Jumlah\ panel \times Wp\ panel\ surya \quad (3.3)$$

$$Kapasitas\ PLTS = 525 \times 550 = 288.750\ Wp$$

Dengan nilai PSH rata-rata tahunan 4,95 dapat dihitung produksi harian dari PLTS sebagai berikut.

$$Produksi\ harian = \frac{Kapasitas}{1000} \times PSH \times Efisiensi\ panel\ surya \quad (3.4)$$

$$Produksi\ harian = \frac{288.750}{1000} \times 4,95 \times 21,3\% = 304\ KWh$$

Dengan jumlah hari per tahun 365 dapat dihitung produksi tahunan dari PLTS sebagai berikut.

$$Produksi\ tahunan = Produksi\ harian \times 365 \quad (3.5)$$

$$Produksi\ tahunan = 304 \times 365 = 111.122\ KWh$$

Dengan produksi tahunan sebesar 111.122 KWh dapat dihitung persentase energi listrik yang dapat disuplai PLTS terhadap pemakaian listrik.

$$\% \text{ Energi terpenuhi} = \frac{\text{Produksi tahunan}}{\frac{\text{Tagihan bulanan}}{\text{Harga listrik}} \times 12} \quad (3.6)$$

$$\% \text{ Energi terpenuhi} = \frac{111.122}{\frac{84.831.719}{1.549} \times 12} = 16,91\%$$

Didapati bahwa energi yang dihasilkan oleh PLTS hanya bisa memenuhi 16,91% dari konsumsi listrik.

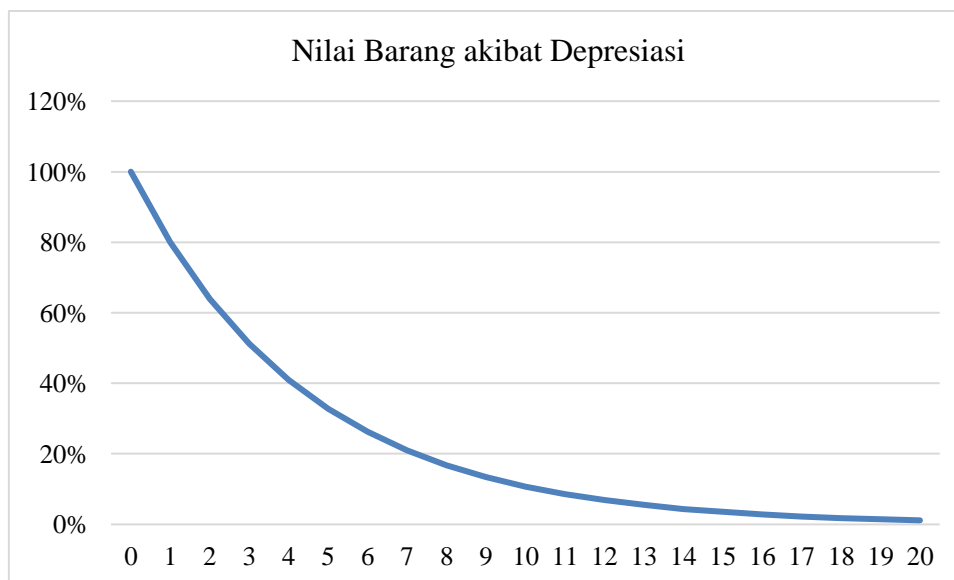
Analisis Potensi Ekonomi Produksi PLTS

Analisis potensi ekonomi produksi PLTS dapat dilakukan dengan mempertimbangkan harga listrik per KWh dan produksi tahunan PLTS sebagai berikut.

$$\text{Nilai listrik tahunan} = \text{Produksi tahunan} \times \text{Harga listrik per KWh} \quad (3.7)$$

$$\text{Nilai listrik tahunan} = 111.122 \times 1.549 = 172.127.824 \text{ Rupiah}$$

Didapatkan nilai energi listrik tahunan yang dihasilkan oleh PLTS sebesar 172.127.824 Rupiah. Metode depresiasi Declining balance menyatakan bahwa penyusutan nilai barang akan mencapai titik maksimum pada awal masa pemakaian dan menyusut secara konsisten menuju akhir masa pakai barang. Dalam kasus ini dianggap bahwa depresiasi tahunan akan bernilai 20% selama 20 tahun yang diilustrasikan oleh Gambar 3.5.



Gambar 3. 3. Grafik Nilai Barang yang Terdepresiasi dalam Waktu 20 tahun

Analisis Potensi Ekonomi Produksi PLTS off-grid

Tabel berikut menunjukkan potensi ekonomi produksi listrik PLTS off-grid.

Tabel 3. 6 Potensi Produksi Listrik PLTS off-grid

Nama Variabel	Nilai
Biaya solar panel	1.575.000.000 Rupiah
Biaya inverter	780.000.000 Rupiah
Biaya baterai	780.000.000 Rupiah
Biaya SCC	150.000.000 Rupiah
Investasi awal	6.105.000.000 Rupiah
Payback period	35,47 Tahun
Depresiasi tahunan panel surya	77.842.074 Rupiah
Depresiasi tahunan inverter	321.345.294 Rupiah
Depresiasi tahunan baterai	104.881.920 Rupiah
Depresiasi tahunan SCC	13.389.387 Rupiah
OPEX tahunan	517.458.676 Rupiah
Total OPEX	10.349.173.518 Rupiah
Tambahan solar panel	0 Rupiah
Tambahan inverter	780.000.000 Rupiah
Tambahan baterai	2.340.000.000 Rupiah
Tambahan SCC	150.000.000 Rupiah
CAPEX	12.195.000.000 Rupiah
Salvage value solar panel	18.158.514 Rupiah
Salvage value inverter	773.094.113 Rupiah
Salvage value baterai	1.022.361.600 Rupiah
Salvage value SCC	32.212.255 Rupiah
Total salvage value	1.845.826.482 Rupiah
ROI	-84,73%

Analisis potensi ekonomi produksi PLTS off-grid dimulai dengan menghitung biaya yang diperlukan untuk membeli peralatan sebelum pemasangan PLTS. Perhitungan biaya solar panel ditampilkan sebagai berikut.

$$Biaya\ solar\ panel = Jumlah\ solar\ panel \times Harga\ solar\ panel \tag{3.8}$$

$$Biaya\ solar\ panel = 525 \times 3.000.000 = 1.575.000.000\ Rupiah$$

Perhitungan jumlah inverter dapat dihitung melalui pembulatan atas dari perbandingan antara kapasitas PLTS yang telah termasuk capacity factor dengan power rating inverter sebagai berikut.

$$Jumlah\ inverter = \frac{Kapasitas\ PLTS \times Capacity\ factor}{Power\ rating\ inverter \times 1000} \tag{3.9}$$

$$Jumlah\ inverter = \frac{288.750 \times 1,2}{15 \times 1000} \approx 24$$

Dengan jumlah inverter 24, biaya inverter dapat dihitung dengan perkalian antara jumlah inverter dan harga inverter sebagai berikut.

$$Biaya\ inverter = Jumlah\ inverter \times Harga\ inverter$$

(3. 10)

$$\text{Biaya inverter} = 24 \times 150.000.000 = 780.000.000 \text{ Rupiah}$$

Perhitungan jumlah baterai dapat dihitung melalui pembulatan atas dari perbandingan antara produksi harian yang telah termasuk capacity factor dengan kapasitas baterai sebagai berikut.

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Produksi harian} \times \text{Capacity factor}}{\text{Kapasitas baterai}} \quad (3. 11)$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{304 \times 1,2}{14} \approx 120$$

Dengan jumlah baterai 120, biaya inverter dapat dihitung dengan perkalian antara jumlah baterai dan harga baterai sebagai berikut.

$$\text{Biaya baterai} = \text{Jumlah baterai} \times \text{Harga baterai} \quad (3. 12)$$

$$\text{Biaya baterai} = 120 \times 30.000.000 = 780.000.000 \text{ Rupiah}$$

Dengan jumlah SCC 1, biaya SCC dapat dihitung dengan perkalian antara jumlah baterai dan harga SCC sebagai berikut.

$$\text{Biaya SCC} = \text{Jumlah SCC} \times \text{Harga SCC} \quad (3. 13)$$

$$\text{Biaya SCC} = 1 \times 150.000.000 = 150.000.000 \text{ Rupiah}$$

Nilai investasi awal diwakili oleh total biaya alat melalui perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Nilai investasi awal} = \sum \text{Biaya peralatan} \quad (3. 14)$$

Nilai investasi awal

$$= 1.575.000.000 + 780.000.000 + 780.000.000 + 150.000.000$$

$$\text{Nilai investasi awal} = 6.105.000.000 \text{ Rupiah}$$

Payback period dapat dihitung dari perbandingan antara nilai investasi awal dengan nilai listrik tahunan hasil produksi PLTS sebagai berikut.

$$\text{Payback period} = \frac{\text{Nilai investasi awal}}{\text{Nilai listrik tahunan}} \quad (3. 15)$$

$$\text{Payback period} = \frac{6.105.000.000}{172.127.824} = 35,47 \text{ tahun}$$

Nilai depresiasi alat tahunan dihitung dari pengurangan nilai awal aset dengan salvage value dibagi dengan usia pakai aset sebagai berikut.

$$\text{Depresiasi tahunan} = \frac{\text{Nilai awal aset} - \text{Salvage value}}{\text{Usia pakai}} \quad (3. 16)$$

$$\text{Depresiasi tahunan panel surya} = \frac{1.575.000.000 - (1.575.000.000 \times 1,15\%)}{20}$$

$$\text{Depresiasi tahunan panel surya} = 77.842.074 \text{ Rupiah}$$

$$\text{Depresiasi tahunan inverter} = \frac{780.000.000 - (780.000.000 \times 10,74\%)}{10}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Depresiasi tahunan inverter} &= 321.345.294 \text{ Rupiah} \\
 \text{Depresiasi tahunan baterai} &= \frac{780.000.000 - (780.000.000 \times 32,77\%)}{5} \\
 \text{Depresiasi tahunan baterai} &= 104.881.920 \text{ Rupiah} \\
 \text{Depresiasi tahunan SCC} &= \frac{150.000.000 - (150.000.000 \times 1,15\%)}{20} \\
 \text{Depresiasi tahunan SCC} &= 13.389.387 \text{ Rupiah}
 \end{aligned}$$

Nilai operating expenditure (OPEX) tahunan dapat dihitung dari total nilai depresiasi alat sebagai berikut.

$$\text{OPEX tahunan} = \sum \text{Depresiasi tahunan alat} \tag{3.17}$$

$$\begin{aligned}
 \text{OPEX tahunan} &= 77.842.074 + 321.345.294 + 104.881.920 + 13.389.387 \\
 \text{OPEX tahunan} &= 517.458.676 \text{ Rupiah}
 \end{aligned}$$

Dalam 20 tahun, total nilai OPEX dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Total OPEX} = \text{OPEX Tahunan} \times 20 \tag{3.18}$$

$$\text{Total OPEX} = 517.458.676 \times 20 = 10.349.173.518 \text{ Rupiah}$$

Alat yang sudah melewati batas usia pakai perlu untuk diganti dengan alat yang baru. Perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk menambahkan alat baru dapat dihitung dari perbandingan antara usia sistem dengan usia pakai alat yang kemudian dikalikan dengan harga alat. Perhitungan ditunjukkan oleh persamaan berikut ini.

$$\text{Tambahan alat} = \left(\frac{20}{\text{Usia pakai}} - 1 \right) \times \text{Harga alat} \tag{3.19}$$

Dengan usia pakai panel surya 20 tahun, tidak diperlukan penggantian panel surya lama dengan yang baru, sehingga perhitungan biaya untuk tambahan panel surya adalah sebagai berikut.

$$\text{Tambahan panel surya} = \left(\frac{20}{20} - 1 \right) \times 1.575.000.000 = 0 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai inverter 10 tahun, diperlukan penggantian inverter lama dengan yang baru, sehingga perhitungan biaya untuk tambahan inverter adalah sebagai berikut.

$$\text{Tambahan inverter} = \left(\frac{20}{10} - 1 \right) \times 780.000.000 = 780.000.000 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai baterai 5 tahun, diperlukan penggantian baterai lama dengan yang baru, sehingga perhitungan biaya untuk tambahan baterai adalah sebagai berikut.

$$\text{Tambahan baterai} = \left(\frac{20}{5} - 1 \right) \times 780.000.000 = 2.340.000.000 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai SCC 10 tahun, diperlukan penggantian SCC lama dengan yang baru, sehingga perhitungan biaya untuk tambahan SCC adalah sebagai berikut.

$$\text{Tambahan SCC} = \left(\frac{20}{10} - 1 \right) \times 150.000.000 = 150.000.000 \text{ Rupiah}$$

Nilai CAPEX merupakan akumulasi dari biaya yang dibutuhkan untuk membeli peralatan, yang ditunjukkan oleh perhitungan berikut.

$$CAPEX = \text{Nilai investasi awal} + \sum \text{Tambahan alat} \quad (3.20)$$

$$CAPEX = 6.105.000.000 + 0 + 780.000.000 + 2.340.000.000 + 150.000.000$$

$$CAPEX = 12.195.000.000$$

Salvage value alat dapat dihitung dari perkalian antara biaya alat, nilai alat saat usia pakai habis, dan jumlah penggantian alat. Perhitungan ditunjukkan oleh persamaan berikut ini.

Salvage value alat

$$= \text{Biaya alat} \times \text{Nilai alat saat usia pakai habis} \times \frac{20}{\text{Usia pakai}} \quad (3.21)$$

Dengan usia pakai panel surya 20 tahun, salvage value dari panel surya adalah:

$$\text{Salvage value panel surya} = 1.575.000.000 \times 1,15\% \times \frac{20}{20} = 18.158.514 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai inverter 10 tahun, salvage value dari inverter adalah:

$$\text{Salvage value inverter} = 780.000.000 \times 10,74\% \times \frac{20}{10} = 773.094.113 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai baterai 5 tahun, salvage value dari baterai adalah:

$$\text{Salvage value baterai} = 780.000.000 \times 32,77\% \times \frac{20}{5} = 1.022.361.600 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai SCC 10 tahun, salvage value dari SCC adalah:

$$\text{Salvage value SCC} = 150.000.000 \times 1,15\% \times \frac{20}{20} = 32.212.255 \text{ Rupiah}$$

Total salvage value dari semua alat dapat dihitung dengan penjumlahan salvage value peralatan.

$$\text{Total salvage value alat} = \sum \text{Salvage value alat} \quad (3.22)$$

Total salvage value alat

$$= 18.158.514 + 773.094.113 + 1.022.361.600 + 32.212.255$$

$$\text{Total salvage value alat} = 1.845.826.482 \text{ Rupiah}$$

Return of investment (ROI) menunjukkan keuntungan atau kerugian dari suatu investasi yang dapat dihitung dengan perbandingan pendapatan dengan pengeluaran sebagai berikut.

$$ROI = \frac{\text{Nilai listrik tahunan} \times 20}{\text{Total pengeluaran}} - 1 \quad (3.23)$$

$$ROI = \frac{172.127.824 \times 20}{12.195.000.000 + 10.349.173.518} - 1 = -48.03\%$$

Dengan ROI -84,73%, investasi PLTS off-grid mengeluarkan biaya total 31.096.917.664 Rupiah dengan pendapatan 16.162.236.956 Rupiah.

Analisis Potensi Ekonomi Produksi PLTS on-grid

Tabel berikut menunjukkan potensi ekonomi produksi listrik PLTS on-grid.

Tabel 3. 7. Potensi Produksi Listrik PLTS on-grid

Nama Variabel	Nilai
Biaya solar panel	1.575.000.000 Rupiah
Biaya inverter	780.000.000 Rupiah
Investasi awal	5.175.000.000 Rupiah
Payback period	30,06 Tahun
Depresiasi tahunan panel surya	77.842.074 Rupiah
Depresiasi tahunan inverter	321.345.294 Rupiah
OPEX tahunan	399.187.369 Rupiah
Total OPEX	7.983.747.373 Rupiah
Tambahan solar panel	0 Rupiah
Tambahan inverter	780.000.000 Rupiah
CAPEX	8.775.000.000 Rupiah
Salvage value solar panel	18.158.514 Rupiah
Salvage value inverter	773.094.113 Rupiah
Total salvage value	791.252.627 Rupiah
ROI	-79,46%

Analisis potensi ekonomi produksi PLTS on-grid dimulai dengan menghitung biaya yang diperlukan untuk membeli peralatan sebelum pemasangan PLTS. Perhitungan biaya solar panel ditampilkan sebagai berikut.

$$Biaya\ solar\ panel = Jumlah\ solar\ panel \times Harga\ solar\ panel \quad (3.24)$$

$$Biaya\ panel = 525 \times 3.000.000 = 1.575.000.000\ Rupiah$$

Perhitungan jumlah inverter dapat dihitung melalui pembulatan atas dari perbandingan antara kapasitas PLTS yang telah termasuk capacity factor dengan power rating inverter sebagai berikut.

$$Jumlah\ inverter = \frac{Kapasitas\ PLTS \times Capacity\ factor}{Power\ rating\ inverter \times 1000} \quad (3.25)$$

$$Jumlah\ inverter = \frac{288.750 \times 1,2}{15 \times 1000} \approx 24$$

Dengan jumlah inverter 24, biaya inverter dapat dihitung dengan perkalian antara jumlah inverter dan harga inverter sebagai berikut.

$$Biaya\ inverter = Jumlah\ inverter \times Harga\ inverter$$

$$Biaya\ inverter = 24 \times 150.000.000 = 780.000.000\ Rupiah$$

Nilai investasi awal diwakili oleh total biaya alat melalui perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Nilai investasi awal} = \sum \text{Biaya peralatan} \quad (3.26)$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai investasi awal} &= 1.575.000.000 + 780.000.000 \\ \text{Nilai investasi awal} &= 5.175.000.000 \text{ Rupiah} \end{aligned}$$

Payback period dapat dihitung dari perbandingan antara nilai investasi awal dengan nilai listrik tahunan hasil produksi PLTS sebagai berikut.

$$\text{Payback period} = \frac{\text{Nilai investasi awal}}{\text{Nilai listrik tahunan}} \quad (3.27)$$

$$\text{Payback period} = \frac{5.175.000.000}{172.127.824} = 30,06 \text{ tahun}$$

Nilai depresiasi alat tahunan dihitung dari pengurangan nilai awal aset dengan salvage value dibagi dengan usia pakai aset sebagai berikut.

$$\text{Depresiasi tahunan} = \frac{\text{Nilai awal aset} - \text{Salvage value}}{\text{Usia pakai}} \quad (3.28)$$

$$\text{Depresiasi tahunan panel surya} = \frac{1.575.000.000 - (1.575.000.000 \times 1,15\%)}{20}$$

$$\text{Depresiasi tahunan panel surya} = 77.842.074 \text{ Rupiah}$$

$$\text{Depresiasi tahunan inverter} = \frac{780.000.000 - (780.000.000 \times 10,74\%)}{10}$$

$$\text{Depresiasi tahunan inverter} = 321.345.294 \text{ Rupiah}$$

Nilai operating expenditure (OPEX) tahunan dapat dihitung dari total nilai depresiasi alat sebagai berikut.

$$\text{OPEX tahunan} = \sum \text{Depresiasi tahunan alat} \quad (3.29)$$

$$\text{OPEX tahunan} = 77.842.074 + 321.345.294$$

$$\text{OPEX tahunan} = 399.187.369 \text{ Rupiah}$$

Dalam 20 tahun, total nilai OPEX dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Total OPEX} = \text{OPEX Tahunan} \times 20$$

$$\text{Total OPEX} = 399.187.369 \times 20 = 7.983.747.373 \text{ Rupiah}$$

Alat yang sudah melewati batas usia pakai perlu untuk diganti dengan alat yang baru. Perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk menambahkan alat baru dapat dihitung dari perbandingan antara usia sistem dengan usia pakai alat yang kemudian dikalikan dengan harga alat. Perhitungan ditunjukkan oleh persamaan berikut ini.

$$Tambahan\ alat = \left(\frac{20}{Usia\ pakai} - 1 \right) \times Harga\ alat \quad (3.30)$$

Dengan usia pakai panel surya 20 tahun, tidak diperlukan penggantian panel surya lama dengan yang baru, sehingga perhitungan biaya untuk tambahan panel surya adalah sebagai berikut.

$$Tambahan\ panel\ surya = \left(\frac{20}{20} - 1 \right) \times 1.575.000.000 = 0\ Rupiah$$

Dengan usia pakai inverter 10 tahun, diperlukan penggantian inverter lama dengan yang baru, sehingga perhitungan biaya untuk tambahan inverter adalah sebagai berikut.

$$Tambahan\ inverter = \left(\frac{20}{10} - 1 \right) \times 780.000.000 = 780.000.000\ Rupiah$$

Nilai CAPEX merupakan akumulasi dari biaya yang dibutuhkan untuk membeli peralatan, yang ditunjukkan oleh perhitungan berikut.

$$CAPEX = Nilai\ investasi\ awal + \sum Tambahan\ alat \quad (3.31)$$

$$CAPEX = 5.175.000.000 + 0 + 780.000.000$$

$$CAPEX = 8.775.000.000$$

Salvage value alat dapat dihitung dari perkalian antara biaya alat, nilai alat saat usia pakai habis, dan jumlah penggantian alat. Perhitungan ditunjukkan oleh persamaan berikut ini.

$$Salvage\ value\ alat = Biaya\ alat \times Nilai\ alat\ saat\ usia\ pakai\ habis \times \frac{20}{Usia\ pakai} \quad (3.32)$$

Dengan usia pakai panel surya 20 tahun, salvage value dari panel surya adalah:

$$Salvage\ value\ panel\ surya = 1.575.000.000 \times 1,15\% \times \frac{20}{20} = 18.158.514\ Rupiah$$

Dengan usia pakai inverter 10 tahun, salvage value dari inverter adalah:

$$Salvage\ value\ inverter = 780.000.000 \times 10,74\% \times \frac{20}{10} = 773.094.113\ Rupiah$$

Total salvage value dari semua alat dapat dihitung dengan penjumlahan salvage value peralatan.

$$Total\ salvage\ value\ alat = \sum Salvage\ value\ alat \quad (3.33)$$

$$Total\ salvage\ value\ alat = 18.158.514 + 773.094.113$$

$$Total\ salvage\ value\ alat = 791.252.627\ Rupiah$$

Return of investment (ROI) menunjukkan keuntungan atau kerugian dari suatu investasi yang dapat dihitung dengan perbandingan pendapatan dengan pengeluaran sebagai berikut.

$$ROI = \frac{\text{Nilai listrik tahunan} \times 20}{\text{Total pengeluaran}} - 1 \tag{3.34}$$

$$ROI = \frac{172.127.824 \times 20}{8.775.000.000 + 7.983.747.373} - 1 = -3,56\%$$

Dengan ROI -79,46%, investasi PLTS on-grid mengeluarkan biaya total 6.447.721.919 Rupiah dengan pendapatan 16.162.236.956 Rupiah.

Analisis Potensi Ekonomi Produksi PLTS hybrid

Tabel berikut menunjukkan potensi ekonomi produksi listrik PLTS off-grid.

Tabel 3. 8 Potensi Produksi Listrik PLTS off-grid

Nama Variabel	Nilai
Biaya solar panel	1.575.000.000 Rupiah
Biaya inverter	780.000.000 Rupiah
Biaya baterai	390.000.000 Rupiah
Biaya SCC	150.000.000 Rupiah
Investasi awal	5.715.000.000 Rupiah
Payback period	33,2 Tahun
Depresiasi tahunan panel surya	77.842.074 Rupiah
Depresiasi tahunan inverter	321.345.294 Rupiah
Depresiasi tahunan baterai	52.440.960 Rupiah
Depresiasi tahunan SCC	13.389.387 Rupiah
OPEX tahunan	465.017.716 Rupiah
Total OPEX	9.300.354.318 Rupiah
Tambahan solar panel	0 Rupiah
Tambahan inverter	780.000.000 Rupiah
Tambahan baterai	1.170.000.000 Rupiah
Tambahan SCC	150.000.000 Rupiah
CAPEX	10.635.000.000 Rupiah
Salvage value solar panel	18.158.514 Rupiah
Salvage value inverter	773.094.113 Rupiah
Salvage value baterai	511.180.800 Rupiah
Salvage value SCC	32.212.255 Rupiah
Total salvage value	1.334.645.682 Rupiah
ROI	-82,73%

Analisis potensi ekonomi produksi PLTS hybrid dimulai dengan menghitung biaya yang diperlukan untuk membeli peralatan sebelum pemasangan PLTS. Perhitungan biaya solar panel ditampilkan sebagai berikut.

$$\text{Biaya solar panel} = \text{Jumlah solar panel} \times \text{Harga solar panel} \quad (3.35)$$

$$\text{Biaya solar panel} = 525 \times 3.000.000 = 1.575.000.000 \text{ Rupiah}$$

Perhitungan jumlah inverter dapat dihitung melalui pembulatan atas dari perbandingan antara kapasitas PLTS yang telah termasuk capacity factor dengan power rating inverter sebagai berikut.

$$\text{Jumlah inverter} = \frac{\text{Kapasitas PLTS} \times \text{Capacity factor}}{\text{Power rating inverter} \times 1000} \quad (3.36)$$

$$\text{Jumlah inverter} = \frac{288.750 \times 1,2}{15 \times 1000} \approx 24$$

Dengan jumlah inverter 24, biaya inverter dapat dihitung dengan perkalian antara jumlah inverter dan harga inverter sebagai berikut.

$$\text{Biaya inverter} = \text{Jumlah inverter} \times \text{Harga inverter}$$

$$\text{Biaya inverter} = 24 \times 150.000.000 = 780.000.000 \text{ Rupiah}$$

Dengan kapasitas 50% produksi, perhitungan jumlah baterai dapat dihitung melalui pembulatan atas dari perbandingan antara produksi harian yang telah termasuk capacity factor dengan kapasitas baterai sebagai berikut.

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Produksi harian} \times \text{Capacity factor}}{\text{Kapasitas baterai}} \times \text{Persentase baterai} \quad (3.37)$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{304 \times 1,2}{14} \times 50\% \approx 60$$

Dengan jumlah baterai 60, biaya inverter dapat dihitung dengan perkalian antara jumlah baterai dan harga baterai sebagai berikut.

$$\text{Biaya baterai} = \text{Jumlah baterai} \times \text{Harga baterai} \quad (3.38)$$

$$\text{Biaya baterai} = 60 \times 30.000.000 = 390.000.000 \text{ Rupiah}$$

Dengan jumlah SCC 1, biaya SCC dapat dihitung dengan perkalian antara jumlah baterai dan harga SCC sebagai berikut.

$$\text{Biaya SCC} = \text{Jumlah SCC} \times \text{Harga SCC} \quad (3.39)$$

$$\text{Biaya SCC} = 1 \times 150.000.000 = 150.000.000 \text{ Rupiah}$$

Nilai investasi awal diwakili oleh total biaya alat melalui perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Nilai investasi awal} = \sum \text{Biaya peralatan} \quad (3.40)$$

$$\text{Nilai investasi awal}$$

$$= 1.575.000.000 + 780.000.000 + 780.000.000 + 150.000.000$$

$$\text{Nilai investasi awal} = 5.715.000.000 \text{ Rupiah}$$

Payback period dapat dihitung dari perbandingan antara nilai investasi awal dengan nilai listrik tahunan hasil produksi PLTS sebagai berikut.

$$\text{Payback period} = \frac{\text{Nilai investasi awal}}{\text{Nilai listrik tahunan}} \quad (3.41)$$

$$\text{Payback period} = \frac{5.715.000.000}{172.127.824} = 33,2 \text{ tahun}$$

Nilai depresiasi alat tahunan dihitung dari pengurangan nilai awal aset dengan salvage value dibagi dengan usia pakai aset sebagai berikut.

$$\text{Depresiasi tahunan} = \frac{\text{Nilai awal aset} - \text{Salvage value}}{\text{Usia pakai}} \quad (3.42)$$

$$\text{Depresiasi tahunan panel surya} = \frac{1.575.000.000 - (1.575.000.000 \times 1,15\%)}{20}$$

$$\text{Depresiasi tahunan panel surya} = 77.842.074 \text{ Rupiah}$$

$$\text{Depresiasi tahunan inverter} = \frac{780.000.000 - (780.000.000 \times 10,74\%)}{10}$$

$$\text{Depresiasi tahunan inverter} = 321.345.294 \text{ Rupiah}$$

$$\text{Depresiasi tahunan baterai} = \frac{780.000.000 - (780.000.000 \times 32,77\%)}{5}$$

$$\text{Depresiasi tahunan baterai} = 52.440.960 \text{ Rupiah}$$

$$\text{Depresiasi tahunan SCC} = \frac{150.000.000 - (150.000.000 \times 1,15\%)}{20}$$

$$\text{Depresiasi tahunan SCC} = 13.389.387 \text{ Rupiah}$$

Nilai operating expenditure (OPEX) tahunan dapat dihitung dari total nilai depresiasi alat sebagai berikut.

$$\text{OPEX tahunan} = \sum \text{Depresiasi tahunan alat} \quad (3.43)$$

$$\text{OPEX tahunan} = 77.842.074 + 321.345.294 + 52.440.960 + 13.389.387$$

$$\text{OPEX tahunan} = 465.017.716 \text{ Rupiah}$$

Dalam 20 tahun, total nilai OPEX dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Total OPEX} = \text{OPEX Tahunan} \times 20$$

$$\text{Total OPEX} = 465.017.716 \times 20 = 9.300.354.318 \text{ Rupiah}$$

Alat yang sudah melewati batas usia pakai perlu untuk diganti dengan alat yang baru. Perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk menambahkan alat baru dapat dihitung dari perbandingan antara usia sistem dengan usia pakai alat yang kemudian dikalikan dengan harga alat. Perhitungan ditunjukkan oleh persamaan berikut ini.

$$\text{Tambahan alat} = \left(\frac{20}{\text{Usia pakai}} - 1 \right) \times \text{Harga alat} \quad (3.44)$$

Dengan usia pakai panel surya 20 tahun, tidak diperlukan penggantian panel surya lama dengan yang baru, sehingga perhitungan biaya untuk tambahan panel surya adalah sebagai berikut.

$$\text{Tambahan panel surya} = \left(\frac{20}{20} - 1\right) \times 1.575.000.000 = 0 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai inverter 10 tahun, diperlukan penggantian inverter lama dengan yang baru, sehingga perhitungan biaya untuk tambahan inverter adalah sebagai berikut.

$$\text{Tambahan inverter} = \left(\frac{20}{10} - 1\right) \times 780.000.000 = 780.000.000 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai baterai 5 tahun, diperlukan penggantian baterai lama dengan yang baru, sehingga perhitungan biaya untuk tambahan baterai adalah sebagai berikut.

$$\text{Tambahan baterai} = \left(\frac{20}{5} - 1\right) \times 780.000.000 = 1.170.000.000 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai SCC 10 tahun, diperlukan penggantian SCC lama dengan yang baru, sehingga perhitungan biaya untuk tambahan SCC adalah sebagai berikut.

$$\text{Tambahan SCC} = \left(\frac{20}{10} - 1\right) \times 150.000.000 = 150.000.000 \text{ Rupiah}$$

Nilai CAPEX merupakan akumulasi dari biaya yang dibutuhkan untuk membeli peralatan, yang ditunjukkan oleh perhitungan berikut.

$$\text{CAPEX} = \text{Nilai investasi awal} + \sum \text{Tambahan alat} \tag{3.45}$$

$$\begin{aligned} \text{CAPEX} &= 5.715.000.000 + 0 + 780.000.000 + 1.170.000.000 + 150.000.000 \\ \text{CAPEX} &= 10.027.000.000 \end{aligned}$$

Salvage value alat dapat dihitung dari perkalian antara biaya alat, nilai alat saat usia pakai habis, dan jumlah penggantian alat. Perhitungan ditunjukkan oleh persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Salvage value alat} \\ &= \text{Biaya alat} \times \text{Nilai alat saat usia pakai habis} \times \frac{20}{\text{Usia pakai}} \end{aligned} \tag{3.46}$$

Dengan usia pakai panel surya 20 tahun, salvage value dari panel surya adalah:

$$\text{Salvage value panel surya} = 1.575.000.000 \times 1,15\% \times \frac{20}{20} = 18.158.514 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai inverter 10 tahun, salvage value dari inverter adalah:

$$\text{Salvage value inverter} = 780.000.000 \times 10,74\% \times \frac{20}{10} = 773.094.113 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai baterai 5 tahun, salvage value dari baterai adalah:

$$\text{Salvage value baterai} = 780.000.000 \times 32,77\% \times \frac{20}{5} = 511.180.800 \text{ Rupiah}$$

Dengan usia pakai SCC 10 tahun, salvage value dari SCC adalah:

$$\text{Salvage value SCC} = 150.000.000 \times 1,15\% \times \frac{20}{20} = 32.212.255 \text{ Rupiah}$$

Total salvage value dari semua alat dapat dihitung dengan penjumlahan salvage value peralatan.

$$Total\ salvage\ value\ alat = \sum Salvage\ value\ alat \quad (3.47)$$

$$\begin{aligned} Total\ salvage\ value\ alat &= 18.158.514 + 773.094.113 + 511.180.800 + 32.212.255 \\ Total\ salvage\ value\ alat &= 1.334.645.682\ Rupiah \end{aligned}$$

Return of investment (ROI) menunjukkan keuntungan atau kerugian dari suatu investasi yang dapat dihitung dengan perbandingan pendapatan dengan pengeluaran sebagai berikut.

$$ROI = \frac{Nilai\ listrik\ tahunan \times 20}{Total\ pengeluaran} - 1 \quad (3.48)$$

$$ROI = \frac{172.127.824 \times 20}{10.027.000.000 + 9.300.354.318} - 1 = -44,97\%$$

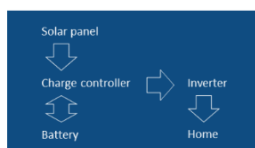
Dengan ROI -82,73%, investasi PLTS hybrid mengeluarkan biaya total 19.056.213.664 Rupiah dengan pendapatan 16.162.236.956 Rupiah.

3.2 Perhitungan Menggunakan Perangkat Lunak Perhitungan PLTS off-grid

Menggunakan perangkat lunak, nilai parameter dimasukkan sebagai berikut.

[<< Back to home](#)

Off-Grid Solar PV Calculator



Length of area to be attached solar panel (m)	57
Width of area to be attached solar panel (m)	45
Peak Sun Hours (hrs) ¹	4.95
Area width for walking between each row (m) ¹	1
Solar panel length (m) ¹	2.278
Solar panel width (m) ¹	1.134
Solar panel Wp (Wp) ¹	550
Solar panel efficiency (%) ¹	21.3
Solar panel price (Rupiah) ¹	3000000
Inverter power rating (KW) ¹	15
Inverter price (KW) ¹	150000000
Battery capacity (KWh) ¹	14.336
Battery price (Rupiah) ¹	30000000
Charge controller price (Rupiah) ¹	150000000
Monthly electricity bill (Rupiah) ¹	84831718.82592
Current electricity price (Rupiah)	1549
Annual inflation rate (%) ¹	6
Calculate	

Gambar 3. 4. Input Nilai PLTS Off-Grid

Kemudian didapatkan hasil seperti berikut.

- Total Wp: 288,750
- Daily electricity generated (KWh): 1,429.313
- Annual electricity generated (KWh): 521,699.063
- Initial investment needed (\$): 8,925,000,000
- Payback period (years): 11.04
- % Power fulfilled: 79.38%
- Annual OPEX: 896,647,155.915
- Total OPEX (20 years): 17,932,943,118.302
- CAPEX: 23,475,000,000
- Salvage value after 20 years (\$): 5,542,056,881.698
- ROI: -60.97%

© Hartanxia

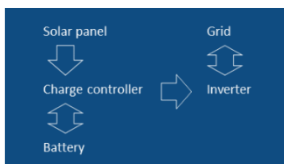
Gambar 3. 5. Hasil Keluaran Perhitungan PLTS off-grid

Perhitungan PLTS on-grid

Menggunakan perangkat lunak, nilai parameter dimasukkan sebagai berikut.

[back to home](#)

On-Grid Solar PV Calculator



Length of area to be attached solar panel (m)	57
Width of area to be attached solar panel (m)	45
Peak Sun Hours (hrs) ¹	4.95
Area width for walking between each row (m) ²	1
Solar panel length (m) ¹	2.278
Solar panel width (m) ¹	1.134
Solar panel Wp (Wp) ¹	550
Solar panel efficiency (%) ¹	21.3
Solar panel price (Rupiah) ¹	3000000
Inverter power rating (KW) ¹	15
Inverter price (KW) ¹	15000000
Monthly electricity bill (Rupiah) ¹	84831718.82592
Current electricity price (Rupiah)	1549
Annual inflation rate (%) ¹	6

[Calculate](#)

Gambar 3. 6 Input Nilai PLTS On-Grid

Kemudian didapatkan hasil seperti berikut.

Total Wp: 288,750
 Daily electricity generated (kWh): 304.444
 Annual electricity generated (kWh): 111,121.9
 Initial investment needed (\$): 5,175,000,000
 Payback period (years): 30.06
 % Power fulfilled: 16.91%
 Annual OPEX (\$): 399,187,368.651
 Total OPEX (\$): 7,983,747,373.022
 CAPEX (\$): 8,775,000,000
 Salvage value (\$): 791,252,626.978
 ROI: -79.46%

© Hartanxia

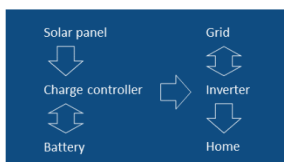
Gambar 3. 7. Hasil Keluaran Perhitungan PLTS On-grid

Perhitungan PLTS hybrid

Menggunakan perangkat lunak, nilai parameter dimasukkan sebagai berikut.

<< Back to home

Hybrid Solar PV Calculator



Length of area to be attached solar panel (m)	57
Width of area to be attached solar panel (m)	45
Peak Sun Hours (hrs) ¹	4.95
Area width for walking between each row (m) ¹	1
Solar panel length (m) ¹	2.278
Solar panel width (m) ¹	1.134
Solar panel Wp (Wp) ¹	550
Solar panel efficiency (%) ¹	21.3
Solar panel price (Rupiah) ¹	3000000
Inverter power rating (KW) ¹	15
Inverter price (KW) ¹	15000000
Battery capacity (KWh) ¹	14.336
Battery percentage (%) ¹	50
Battery price (Rupiah) ¹	3000000
Charge controller price (Rupiah) ¹	15000000
Monthly electricity bill (Rupiah) ¹	84831718.82592
Current electricity price (Rupiah)	1549
Annual inflation rate (%) ¹	6

Calculate

Gambar 3. 8. Input Nilai PLTS Hybrid

Kemudian didapatkan hasil seperti berikut.

Total Wp: 288,750

Daily electricity generated (KWh): 1,429.313

Annual electricity generated (KWh): 521,699.063

Initial investment needed (\$): 7,125,000,000

Payback period (years): 8.82

% Power fulfilled: 79.38%

Annual OPEX: 654,611,955.915

Total OPEX (20 years): 13,092,239,118.302

CAPEX: 16,275,000,000

Salvage value after 20 years (\$): 3,182,760,881.698

ROI: -44.97%

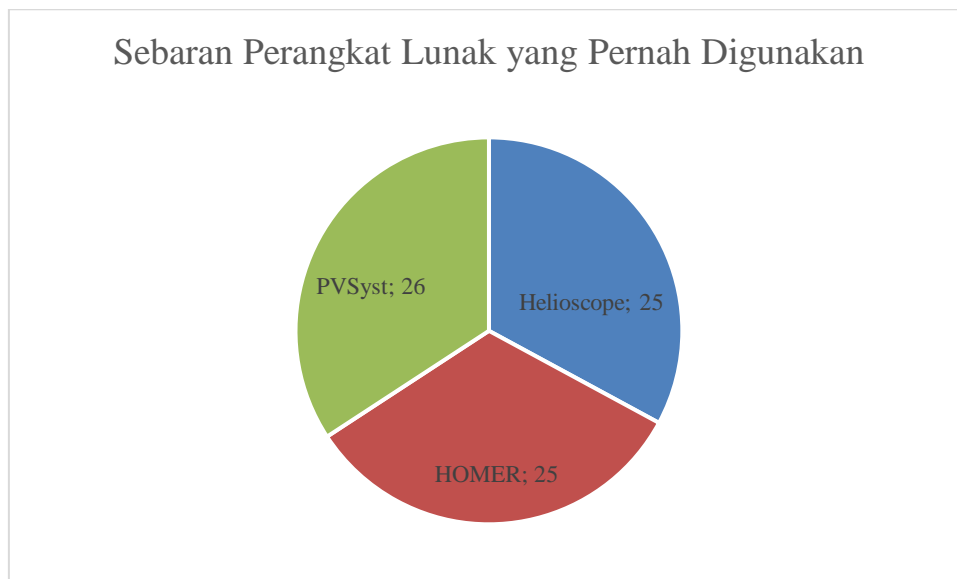
© Hartanxia

Gambar 3. 9. Hasil Keluaran Perhitungan PLTS Hybrid

3.3. Analisis Pengalaman Penggunaan Perangkat Lunak oleh Pengguna

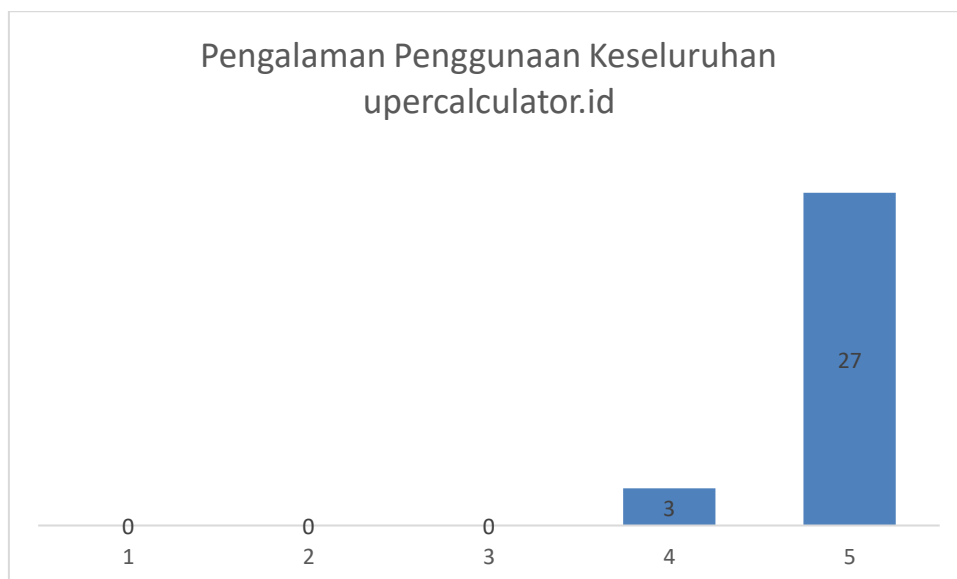
Dilakukan pengumpulan pendapat terhadap pengguna untuk mengetahui kemudahan penggunaan perangkat lunak bagi pengguna. Pengumpulan pendapat/data dilakukan dengan kuesioner yang disebar ke target audiens yang pernah menggunakan aplikasi HelioScope, HOMER, dan PVsyst. Target audiens akan diminta untuk menggunakan upercalculator.id untuk kemudian dibandingkan pengalaman penggunaannya dengan perangkat lunak lainnya.

Didapatkan bahwa dari 30 responden, HelioScope pernah digunakan oleh 25 orang, HOMER pernah digunakan oleh 25 orang, dan PVsyst pernah digunakan oleh 26 orang.

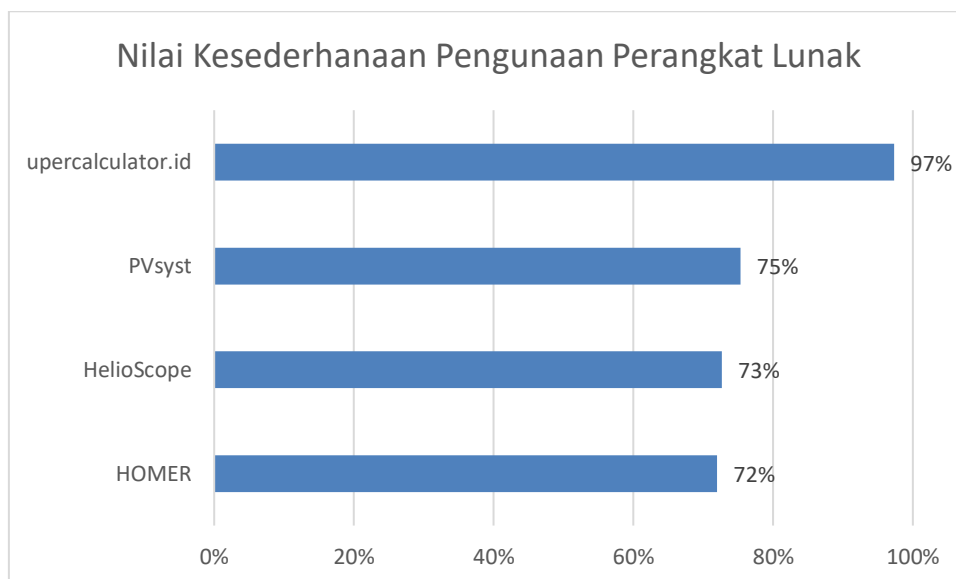


Gambar 3. 10. Sebaran Perangkat Lunak yang Pernah Digunakan

Secara keseluruhan, upercalculator.id mendapatkan nilai 98% untuk pengalaman penggunaan perangkat lunak bagi responden.



Gambar 3. 11 Pengalaman Penggunaan Keseluruhan upercalculator.id



Gambar 3. 12 Nilai Kesederhanaan Penggunaan Perangkat Lunak

Didapatkan bahwa sebanyak 30 pengguna berpendapat bahwa upercalculator.id memiliki penggunaan yang lebih mudah dan sederhana dibandingkan perangkat lunak sejenis dengan nilai rata-rata 97%, kemudian memiliki nilai rata-rata 75% dan kemudian HOMER dan HelioScope dengan nilai 73% dan 72%.

4. KESIMPULAN

Perangkat lunak berbasis web penghitung tekno-ekonomi PLTS yang dirancang dapat diakses dengan jaringan internet dan dilengkapi oleh figure-figur dan petunjuk untuk memudahkan pengguna mengoperasikan perangkat lunak tersebut dengan 30 responden memberikan nilai rata-rata 98% terhadap kesederhanaan penggunaan upercalculator.id.

Variabel input tekno-ekonomi yang digunakan dalam menghitung dampak tekno-ekonomi PLTS di antara lain ialah:

Tabel 4. 1. Variabel Input

Dimensi area	Rating baterai
Dimensi solar panel	Harga baterai
Peak sun hours	Harga SCC
Rating solar panel	Tagihan listrik bulanan
Harga solar panel	Inflasi tahunan rata-rata
Rating inverter	Usia pakai peralatan
Harga inverter	Efisiensi solar panel

Dari variabel input tersebut akan didapatkan variabel sebagai berikut.

Tabel 4. 2. Variabel Output

Kapasitas PLTS	OPEX
Produksi listrik PLTS	CAPEX
% pemenuhan energi oleh PLTS	Salvage value
Biaya investasi awal	ROI
Payback period	

Hasil simulasi di gedung GOR II Universitas Pertamina ditemukan bahwa sistem PLTS hanya bisa menyuplai 16,91% listrik yang dibutuhkan oleh gedung, dengan pemasangan PLTS secara on grid akan menghasilkan hasil yang paling menguntungkan dengan payback period selama 30.06 tahun dan ROI -79,46%.

Daftar Pustaka

- [1] International Energy Agency, "World Energy Outlook 2022," International Energy Agency, Paris, 2022.
- [2] T. SUTIKNO, A. C. SUBRATA dan A. ELKHATEB, "Evaluation of Fuzzy Membership Function Effects for Maximum Power Point Tracking Technique of Photovoltaic System," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 109157-109165, 2021.
- [3] A. K. Pandey, B. Kalidasan, R. R. Kumar, S. Rahman, V. V. Tyagi, Krismadinata, Z. Said, P. A. Salam, D. E. Juanico, J. U. Ahamed, K. Sharma, M. Samykano dan S. K. Tyagi, "Solar Energy Utilization Techniques, Policies, Potentials, Progresses, Challenges and Recommendations in ASEAN Countries," *Sustainability*, vol. 14, no. 18, p. 11193, 2022.
- [4] A. M. Fathoni, N. A. Utama dan M. A. Kristianto, "A Technical and Economic Potential of Solar Energy Application with Feed-in Tariff Policy in Indonesia," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 20, pp. 89-96, 2014.
- [5] N. Bamati dan A. Raofi, "Development level and the impact of technological factor on renewable energy production," *Renewable Energy*, vol. 151, pp. 946-955, 2020.
- [6] D. D. Milosavljević*, T. S. Kevkić and S. J. Jovanović, "Review and validation of photovoltaic solar simulation tools/software based on case study," *Open Physics*, vol. 20, pp. 431-451, 2022.