

Kemandirian Energi Listrik di Pasar Seni Kuta dengan menggunakan Sistem PLTS

I.D.G.B.Wiranatha¹, R.S.Hartati², I.N.Setiawan³

[Submission: 17-06-2024, Accepted: 30-07-2024]

Abstract— The Kuta Art Market, is a modern market that was recently revitalized in 2023. The building has renewable energy potential of PLTS on the roof area, when this potential can be exploited then the electricity consumption of the Kuta Art Market Building is no longer supplied by conventional power plants (PLN) but will enjoy clean energy of autonomous plants such as PLTS. The aim of this study is to identify the potential for generating electricity on the roof of the Kuta Art Market, determine the capacity of the battery as a reserve source of energy and the value of the investment.

The research steps of this thesis calculate the solar energy potential in the area of the Kuta Art Market by using Pvsyst software, collect the load profile of the Kuta Art Market. The next step is to compute the capacity of the PLTS - inverter then determine the battery capacity required according to the load profile of the Kuta Art Market and then determines the investment cost to build the solar power plant on the rooftop of the Kuta Art Market as well as to evaluate the potential cost savings that can be achieved by using solar energy as a primary resource.

The total roof area of the Kuta Art Market is 780,455 m² with energy potential of 166,23 kW. Based on the design results, PLTS will be built with a capacity of 61,6 kWp, with total battery capacity 3200 Ah. Total investment of Rp. 1,162,938.563 is required for the construction of PLTS, a payback period of 15 years 8 months, NPV of Rp. 204,439.887,26 and IRR of 8,06%. Based on the values above, it indicates that the PLTS project on the roof of the Kuta Art Market building is feasible to carry out.

Intisari— Bangunan Pasar Seni Kuta yang merupakan pasar moderen yang baru direvitalisasi di tahun 2023. Bangunan tersebut memiliki potensi energi terbarukan berupa PLTS pada area atap, bila potensi ini dapat dimanfaatkan maka konsumsi energi listrik bangunan Pasar Seni Kuta tidak lagi disuplai pembangkit konvensional (PLN) tapi akan menikmati energi bersih pembangkit mandiri seperti PLTS. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui potensi pembangkitan energi listrik pada atap bangunan Pasar Seni Kuta, menentukan kapasitas baterai sebagai sumber cadangan energi dan nilai investasi serta payback periode dari nilai investasi pembangunan sistem PLTS dan Baterai.

Langkah-langkah penelitian tesis ini menghitung besar potensi energi matahari di area Pasar Seni Kuta, dengan memanfaatkan software Pvsyst, melakukan pengambilan data profil beban bangunan Pasar Seni Kuta. Langkah berikutnya adalah menghitung jumlah dan kapasitas PLTS - inverter kemudian

menentukan kapasitas baterai yang dibutuhkan sesuai dengan profil beban bangunan Pasar Seni kemudian menentukan biaya investasi yang diperlukan untuk membangun pembangkit listrik energi matahari di atap Bangunan Pasar Seni Kuta serta mengevaluasi potensi penghematan biaya yang dapat dicapai dengan menggunakan energi matahari sebagai sumber daya utama.

Luas total atap Pasar Seni Kuta adalah 780,455 m² dengan potensi energi sebesar 166,23 kW dari hasil perencanaan akan dipasang PLTS berkapasitas 61,6kWp, total kapasitas baterai sebesar 3200 Ah. Dibutuhkan total investasi sebesar Rp. 1.162.938.563 untuk pembangunan PLTS, *payback periode* sebesar 15 tahun 8 bulan, NPV sebesar Rp. 204.439.887,26 dan IRR sebesar 8,06%. Berdasarkan nilai diatas mengindikasikan bahwa proyek PLTS atap gedung Pasar Seni Kuta layak untuk dikerjakan.

Kata Kunci— Energi Terbarukan; Kemandirian; PLTS; Investasi.

I. PENDAHULUAN

Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) ialah kebijakan Pemerintah Pusat tentang rencana pengembangan energi tingkat nasional yang menjadi penjabaran dan rencana pelaksanaan Kebijakan Energi Nasional yang bersifat lintas sektor guna mencapai sasaran Kebijakan Energi Nasional. Sebanyak 95% dari pembangkitan energi listrik saat ini masih mengandalkan energi fosil sedangkan pemanfaatan EBT baru mencapai 2% dari total potensi EBT yang ada [1]. Namun demikian, dalam RUEN yang telah ditetapkan pemerintah Indonesia akan terus meningkatkan persentase pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan (EBT).

Pada RUEN telah tertuang pada tahun 2025 Provinsi Bali ditargetkan untuk membangun PLTS dengan kapasitas terpasang sebesar 108 MW [2]. Bali mengandalkan sektor pariwisata sebagai sumber pendapatan Masyarakat yang berkaitan erat dengan penggunaan energi listrik sebagai penunjang akomodasi pariwisata diantaranya seperti hotel, villa, restaurant, café dan lain-lain. Pertumbuhan pemakaian energi listrik di Bali rata-rata mencapai 6,91% per tahun dengan rasio elektrifikasi yang mencapai 94,47% di tahun 2017 [3]. Bali saat ini masih sangat bergantung pada pembangkit-pembangkit listrik tipe konvensional yang menggunakan bahan bakar fosil seperti batu bara dalam memenuhi kebutuhan listrik untuk menunjang kegiatan pariwisata, maka secara tidak langsung juga berkontribusi pada kerusakan lingkungan sedangkan pulau Bali dikenal dunia sebagai tempat yang sangat menjaga tradisi, budaya, dan alamnya. Untuk itu perlu didorong pengembangan pembangkit ramah lingkungan atau yang dikenal sebagai pembangkit Energi Baru Terbarukan (EBT), seperti contoh

¹ Mahasiswa, Universitas Udayana, Jln P.B. Sudirman, Dangin Puri Klod, Denpasar 80234 INDONESIA (telp: 085338208798; e-mail: bayuwiranatha@student.unud.ac.id)

^{2, 3} Staff Pengajar, Program Studi Pasca Sarjana, Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jalan P.B. Sudirman Denpasar-Bali 80232 (telp: 0361-261182; e-mail: rukmisari@unud.ac.id)



Provinsi Bali saat ini sudah memiliki beberapa PLTS berskala besar diantaranya PLTS Karangasem [4] dan PLTS Bangli [5] yang masing-masing berkapasitas 1MW. Tempat-tempat wisata maupun penginapan juga harus ikut didorong dalam pengembangan pembangkit berjenis EBT yang disesuaikan dengan potensi alam yang tersedia disekitar area, hal tersebut juga akan membantu dalam mengurangi biaya tagihan listrik serta mengurangi dampak kerusakan lingkungan akibat pembangkit konvensional.

Pasar Seni Kuta merupakan tempat belanja oleh-oleh yang sudah berdiri sejak tahun 1965 dan mengalami revitalisasi melalui program pemerintah kabupaten badung pada tahun 2022 dengan anggaran mencapai 259 miliar rupiah yang tidak hanya digunakan untuk revitalisasi Pasar Seni Kuta namun juga penataan kembali kawasan pantai Kuta, pantai Legian dan pantai seminyak, mencakup renovasi toilet, pembangunan shalter kebencanaan dan pedestriann sepanjang 6 km [6] dari revitalisasi bangunan Pasar Seni Kuta kini memiliki 3 lantai dengan jumlah kios pedagang sebanyak 207 unit dengan total kebutuhan daya listrik mencapai 92kVA kebutuhan daya listrik bangunan Pasar Seni Kuta saat ini disuplai oleh PLN dengan kapasitas daya terpasang sebesar 105 kVA. Pada bangunan Pasar Seni Kuta memiliki bentuk atap limasan seluas 780,455 m² yang memiliki potensi energi matahari yang sangat cocok untuk dimanfaatkan menggunakan teknologi *photovoltaic*. Bila potensi tersebut dapat dimanfaatkan dengan baik bangunan Pasar Seni Kuta tidak perlu lagi menggunakan sumber energi listrik dari pembangkit konvensional tapi akan menikmati energi listrik yang bersih dan terbarukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemandirian energi listrik dari Gedung Pasar Seni Kuta menggunakan sistem PLTS dengan baterai sebagai sumber energi utama menggantikan sumber energi konvensional. Dimulai dengan pengabihan data beban harian bangunan Pasar Seni Kuta, penentuan komponen PLTS, mempertimbangkan aspek lahan yang tersedia, kemudian melakukan simulasi pembangkitan energi PLTS atap Pasar Seni Kuta menggunakan *software Pvsyst*, dan menghitung besarnya nilai investasi.

II. STUDI PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan suatu bentuk energi baru terbarukan atau EBT yang memanfaatkan sumber energi matahari untuk menghasilkan listrik [7]. Prinsip dasar dari pembangkit listrik tenaga surya terletak pada semikonduktor yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik melalui efek *photovoltaic*. PLTS berdasarkan teknologi yang digunakan dibagi menjadi tiga sistem, yaitu [8]:

1. PLTS Grid-tied

Merupakan jenis pembangkit listrik surya yang terhubung langsung ke jaringan listrik umum atau grid dalam PLTS *on-grid*, energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung oleh rumah tangga atau bisnis, dan kelebihan energi yang diproduksi dapat dialirkan ke jaringan listrik umum, seringkali menghasilkan kredit listrik untuk pengguna.

2. PLTS Off-grid

Merupakan jenis sistem dengan konsep *standalone* dimana jaringan tidak terhubung ke jaringan listrik utama Sistem ini dilengkapi dengan penyimpanan energi, seperti baterai, untuk menyimpan energi saat produksi melebihi kebutuhan lokal.

3. PLTS Hybrid

Merupakan jenis sistem pembangkit listrik yang menggabungkan energi surya dengan sumber energi lainnya, seperti pembangkit listrik tenaga bahan bakar fosil atau pembangkit listrik tenaga air. Sistem ini juga dapat dilengkapi dengan baterai untuk menyimpan surplus pembangkitan energi listrik

B. Komponen PLTS

Sistem PLTS terdiri dari beberapa komponen utama guna menunjang sistem pembangkitan energi listrik, antara lain [9]:

1. Panel Surya

Sel surya atau sel fotovoltaik adalah perangkat yang mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Terdapat tiga jenis panel surya yang umumnya tersedia di pasaran antara lain *monocrystalline*, *polycrystalline*, *thin film solar cell*.

2. Solar Charge Controller

Solar charge controller merupakan perangkat elektronik yang berfungsi mengatur arus searah (DC) yang masuk ke baterai dan arus yang dikeluarkan dari baterai menuju beban. Fungsinya sangat penting dalam menjaga kestabilan pengisian baterai dan menyuplai daya yang optimal ke beban.

3. Inverter

Inverter memiliki fungsi utama untuk mengubah arus listrik searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik (AC) yang nantinya akan menyuplai beban.

4. Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan kelebihan daya yang dibangkitkan oleh panel surya ketika daya yang dihasilkan melebihi kebutuhan beban. Pemakaian baterai secara efektif memastikan ketersediaan energi yang kontinu dan stabil dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya.

C. Aspek Ekonomi

Tujuan dari analisis kelayakan ekonomi adalah untuk mengevaluasi kemungkinan keberhasilan ekonomi suatu rencana investasi teknis dengan memperinci berbagai alternatif yang dianggap paling menguntungkan [10].

1. Payback period (PP)

Tujuan utama dari metode *payback period* adalah mendapatkan dan mengetahui periode waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi, yang sering kali disebut sebagai titik impas (*Break Even Point*). Perhitungan *payback period* juga dapat memberitahukan risiko keuangan terhadap *project*

yang akan dilakukan, semakin kecil nilai *payback period* maka semakin baik yang berarti risiko keuangan semakin kecil dan pengembalian modal semakin cepat.

$$PP = (n - 1) + \frac{\text{Arus kas kumulatif tahun } (n-1)}{\text{Arus kas bersih tahun } n} \quad (1)$$

2. Net present value (NPV)

Metode *net present value* atau NPV adalah cara untuk menghitung nilai bersih saat ini suatu investasi. NPV adalah perbandingan antara nilai investasi pasar dan biaya itu sendiri. Jika nilai NPV adalah negatif, maka proyek tidak direkomendasikan untuk dilaksanakan, jika nilainya positif, maka proyek layak untuk dilaksanakan.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - \text{Initial Investment} \quad (2)$$

3. Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) adalah merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengkomputasi tingkat bunga (discount rate) yang membuat nilai sekarang dari total perkiraan arus kas masuk seimbang dengan nilai sekarang dari antisipasi arus kas keluar. Fungsi lain dari IRR adalah menilai apakah suatu investasi layak dilakukan atau tidak, angka IRR yang positif ini mengindikasikan bahwa project mampu memberikan pengembalian investasi yang menguntungkan dan begitu juga sebaliknya.

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (3)$$

III. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada bangunan Pasar Seni Kuta yang berlokasi di Jl. Kuta Art Market No.18, Kuta, Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung, Provinsi Bali. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

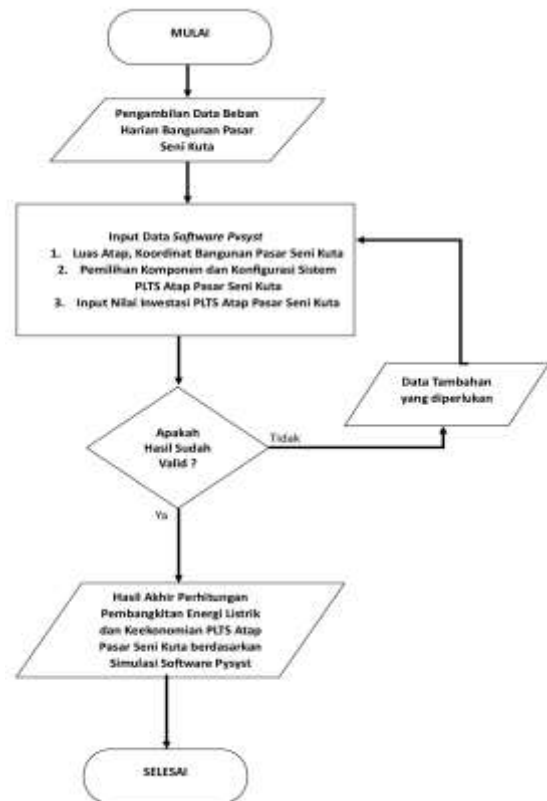
A. Pengambilan Data

Langkah pertama dalam penelitian ini diawali dengan pengumpulan data beban harian bangunan Pasar Seni Kuta yang berlokasi di Jl. Kuta Art Market, Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung, Bali. Pengambilan data dimulai dari tanggal 7 Maret – 14 Maret 2024 menggunakan alat HIOKI PQ3198 dilanjutkan dengan pengambilan data luas atap dan sistem kelistrikan dari gambar *As Buildt Drawing* bangunan Pasar Seni Kuta.

B. Perancangan Sistem PLTS

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan jenis dan jumlah panel surya didasarkan atas efisiensi dan bentuk atap dengan mempertimbangkan akses untuk perawatan dan perbaikan dari panel surya. Selanjutnya menentukan kapasitas inverter yang akan digunakan untuk menkonversi pembangkitan energi listrik *PV Array* menjadi tegangan AC untuk menyuplai beban Pasar Seni.

I.D.G.B.Wiranatha: Kemandirian Energi Listrik di Pasar Seni ...



Gambar 1: Flowchart Penelitian

C. Simulasi Pysyst

Berdasarkan hasil perancangan PLTS dan pengumpulan data lapangan, nilai-nilai tersebut kemudian di *input* pada *Software Pysyst* untuk dilakukan simulasi pembangkitan energi listrik dari PLTS atap Pasar Seni Kuta. Hasil simulasi tersebut kemudian dibandingkan dengan beban harian bangunan Pasar Seni Kuta yang akan digunakan untuk menentukan kapasitas baterai PLTS untuk menyimpan surplus pembangkitan energi listrik guna menyuplai beban bangunan Pasar Seni Kuta di malam hari. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilakukan analisis keekonomian terhadap nilai investasi dari pembangunan PLTS atap Pasar Seni Kuta

D. Hasil dan Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis terhadap PLTS atap Pasar Seni Kuta dan analisis terhadap nilai investasi pembangunan dapat ditarik kesimpulan apakah *project* PLTS atap Pasar Seni Kuta dinyatakan layak untuk dikerjakan atau tidak.

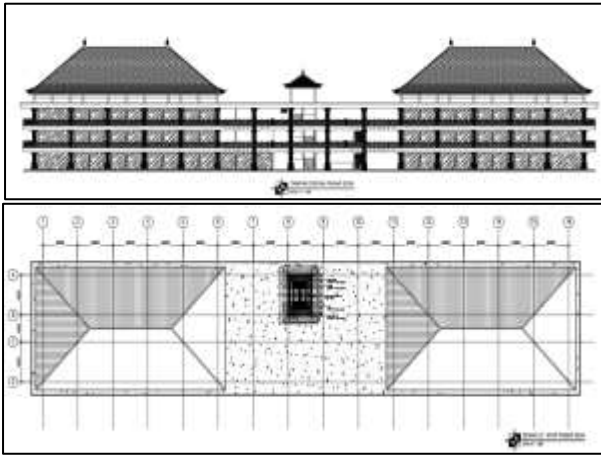
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Pasar Seni Kuta

Pasar Seni Kuta merupakan pasar tradisional yang berada dekat dengan Pantai Kuta yang telah menjadi destinasi belanja oleh-oleh sejak tahun 1965 dan mengalami pembaruan melalui program revitalisasi yang diterapkan oleh Pemerintah Kabupaten Badung pada tahun 2022 [6]. Letak geografis dari



Pasar Seni Kuta Kabupaten Badung berada pada $8^{\circ}42'31''$ Lintang Selatan dan $115^{\circ}10'07''$ Bujur Timur dengan ketinggian 9 meter di atas permukaan laut. Adapun gambar tampak depan dan atas dari bangunan Pasar Seni Kuta dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampak Depan dan Tampak Atas Bangunan Pasar Seni Kuta

Dari hasil revitalisasi pada tahun 2022 Pasar Seni Kuta kini memiliki 3 lantai dengan total 207 unit kios, fasilitas tempat parkir, serta sistem keamanan seperti CCTV, *fire alarm*, dan *soundsystem*. Bangunan Pasar Seni Kuta saat ini disuplai oleh PLN dengan kapasitas daya terpasang mencapai 105 kVA.

B. Potensi Energi Maksimum PLTS Atap Pasar Seni Kuta

Salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi pemanfaatan PLTS atap adalah luas atap. Pada gambar 2 yang merupakan tampak depan dan atas dari bangunan Pasar Seni Kuta dapat dilihat luas area atap yang potensial untuk dipasang panel surya. Pengukuran luas atap bangunan Pasar Seni Kuta akan dilakukan menggunakan citra satelit yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran Luas Atap Pasar Seni Kuta menggunakan Citra Satelit

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan citra satelit, didapatkan luas area dari satu atap bangunan Pasar Seni Kuta adalah $600,35 \text{ m}^2$, dari Gambar 2 diketahui Pasar Seni Kuta memiliki 2 buah atap yaitu sisi Timur dan Barat maka total luas atap dari bangunan Pasar Seni Kuta adalah $1.200,7 \text{ m}^2$. Maka dapat dihitung potensi pembangkitan energi listrik dengan mengalikan total luas atap (m^2) dengan radiasi matahari puncak (PSI) dan nilai efisiensi (η_{PV}) modul surya tertinggi yang ada dipasaran. Perhitungan potensi pembangkitan energi listrik dapat dilihat sebagai berikut:

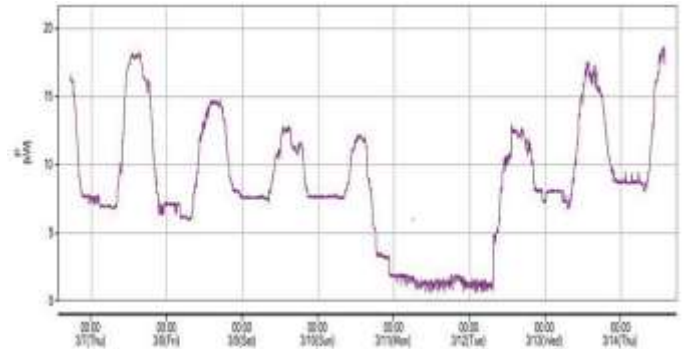
$$P(\text{Watt Peak}) = PV \text{ Array Area} \cdot PSI \cdot \eta_{PV} \quad (4)$$

$$P(\text{Watt Peak}) = 1.200,7 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 21,3\%$$

$$P(\text{Watt Peak}) = 255,75 \text{ kW Peak}$$

C. Pengukuran Beban Harian Pasar Seni Kuta

Pengukuran beban harian dari bangunan Pasar Seni Kuta dilakukan dari tanggal 7 Maret – 14 Maret 2024 menggunakan alat HIOKI PQ3198. Hasil pengukuran beban harian gedung Pasar Seni Kuta dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengukuran Beban Harian Pasar Seni Kuta

Berdasarkan gambar 4 yang merupakan hasil pengukuran lapangan beban gedung Pasar Seni Kuta dari tanggal 7 Maret – 14 Maret 2024 diketahui beban puncak tertinggi sebesar 18.020 Watt pada tanggal 7 Maret 2024. Dari hasil pengukuran lapangan diketahui beban pasar seni mulai meningkat dari pukul 08.00 Wita dan mengalami penurunan pada pukul 21.00 Wita sesuai dengan jam operasional Pasar Seni Kuta sedangkan beban yang dilayani pada malam hari atau diluar jam operasional Pasar Seni Kuta ialah beban lampu area koridor lantai 1 - lantai 3 dan sistem pompa air bersih. Beban Pasar Seni Kuta pada tanggal 11-12 Maret 2024 berbeda dari hasil pengukuran dihari lainnya ini disebabkan adanya Hari Raya Nyepi di Bali.

D. Perancangan Sistem PLTS Atap Gedung Pasar Seni Kuta

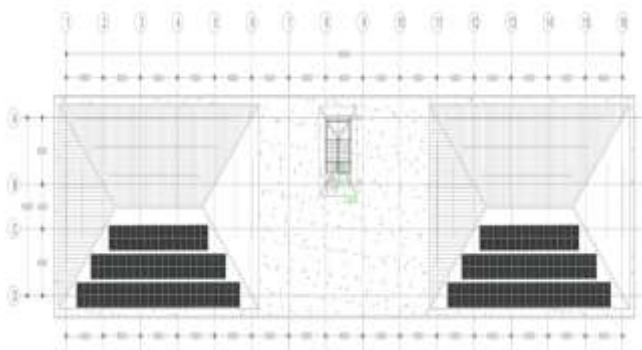
Rancangan PLTS atap pada penelitian ini mengadopsi sistem PLTS *Hybrid*, sebuah sistem yang terintegrasi dengan jaringan listrik nasional (PLN) dan dilengkapi dengan penyimpanan baterai.

Panel surya yang akan digunakan pada penelitian ini ditentukan berdasarkan kriteria kapasitas W_p tertinggi, memiliki efisiensi tertinggi dan keunggulan dalam teknologi. Berdasarkan hasil survey dipilih panel surya merek Solterra 550 Wp. Tabel I memperlihatkan spesifikasi dari panel surya Solterra 550Wp.

TABEL I
SPESIFIKASI PANEL SOLTERRA 550 WP

Module	JB Series 380M
Dimension (L/W/H) (mm)	2256×1133×35
Max System Voltage (Vdc)	1000/1500 V
Max Power (P_{max})	550 Wp
Module Efficiency (η)	21,3%
Max Power Point Voltage (V_{mpp})	40,9 V
Max Power Point Current (I_{mpp})	13,45 A
Open Circuit Voltage (V_{oc})	49,62 V
Short Circuit Current (I_{sc})	14,03A

Pada penelitian ini hanya atap dengan arah hadap ke sisi utara yang akan dipasang panel surya, jumlah panel surya yang akan dipasang juga akan mempertimbangkan akses untuk perawatan dan perbaikan dari panel surya. Pada Gambar 5 dapat dilihat pemasangan panel surya pada atap bangunan Pasar Seni Kuta dengan jumlah total panel surya yang terpasang adalah 112 unit dan memiliki total kapasitas pembangkitan sebesar 61.600 Wp.



Gambar 5. Layout Pemasangan Panel Surya Atap Pasar Seni Kuta

E. Inverter

Inverter merupakan perangkat elektronik untuk merubah listrik arus searah (DC) menjadi listrik arus bolak balik (AC) baik sistem satu fasa atau tiga fasa. Dari hasil survey pembuat maka dipilihlah HiCELL tipe SI-70K-3PH dengan kapasitas 70 kW. Tabel II memperlihatkan HiCELL tipe SI-70K-3PH.

TABEL III
SPESIFIKASI HiCELL TIPE SI-70K-3PH

Technical Data	HiCELL tipe SI-70K-3PH
<i>Input (DC)</i>	
Max. DC input Voltage (V)	1200
Start-up Voltage (V)	250
Number of MPPT	4
Max. input current (A)	42A / MPPT Socket
MPPT voltage range (V)	200-1000
<i>Output (AC)</i>	
Rated output power (W)	70.000
Nominal AC voltage (V)	380V (-15%) ~440(+10%)
Output frequency(Hz)	50Hz / 60Hz
Max. AC current (A)	111,6
Efficiency	
Max. efficiency	98,7%

Persamaan (4) – (5) digunakan untuk menentukan konfigurasi panel surya dari PLTS 61,6 kWp yang dirancang [11].

Diketahui :

- Open Circuit Voltage (Voc) : 49,62 V
- Max Power Point Voltage (Vmpp) : 40,9 V
- Max Power Point Current (Impp) : 13,45 A
- Max. Input Current Inverter : 42 A/MPPT
- Min. DC Input Voltage Inverter : 250 V
- Max. DC Input Voltage Inverter : 1200 V

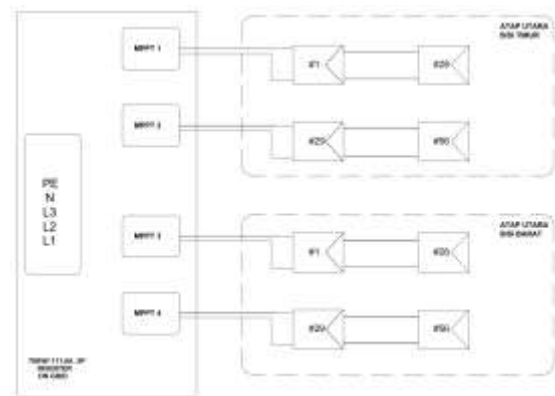
$$\begin{aligned} \text{Min. seri} &= \frac{V_{\min} \text{ Inverter}}{V_{oc} \text{ solar panel}} \\ &= 250V / 49,62V = 5,03 \approx 6 \text{ unit} \end{aligned} \quad (4)$$

I.D.G.B.Wirana: Kemandirian Energi Listrik di Pasar Seni ...

$$\begin{aligned} \text{Max. seri} &= \frac{V_{\max} \text{ Inverter}}{V_{mpp} \text{ solar panel}} \\ &= 1200V / 40,9V = 29,34 \approx 29 \text{ unit} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Max. paralel} &= \frac{I_{\max} \text{ Inverter}}{I_{mpp} \text{ solar panel}} \\ &= 42A / 13,45A = 3,12 \approx 3 \text{ unit} \end{aligned} \quad (6)$$

Dari hasil konfigurasi diatas diketahui bahwa minimal rangkaian seri sebanyak 6 unit dengan maksimum rangkaian seri sebanyak 28 unit dan maksimum rangkaian paralel adalah 3 rangkaian untuk setiap MPPT yang tersedia pada inverter. Sistem PLTS atap Pasar Seni Kuta akan dibagi menjadi dua yaitu sisi Timur dan Barat menyesuaikan dengan atap pasar seni kuta yang dibagi menjadi dua yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Konfigurasi PLTS Atap Pasar Seni Kuta 61,6 kWp

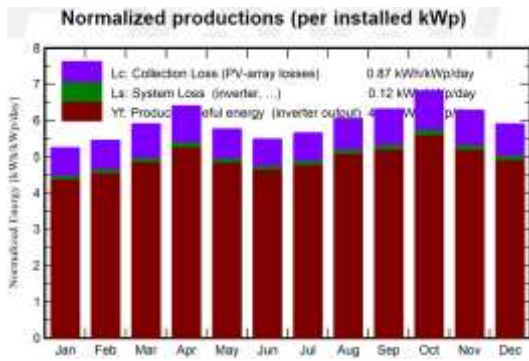
F. Simulasi Pvsyst PLTS Atap Gedung Pasar Seni 61,6 kWp

Simulasi dilakukan dengan menggunakan software PVSyst versi 7.4, untuk desain PLTS berkapasitas 61,6 kWp dengan menggunakan data iradiasi matahari berasal dari Meteonorm 7.4. Data-data yang didapatkan dari hasil pengukuran lapangan dan perhitungan diatas kemudian di-input pada software PVSyst. Pada Gambar 7 (a) – 7(c) dapat dilihat hasil simulasi pembangkitan energi listrik dari PLTS atap Pasar Seni Kuta

	GloSolar kWh/m²	DifHor kWh/m²	T_Amb °C	GloGinc kWh/m²	GloEFF kWh/m²	E_Airay kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFGrid kWh
January	174.6	88.89	27.78	162.8	159.0	9596	8200	8200	3003	3000
February	158.3	79.89	27.87	152.8	149.5	8956	7456	4715	3032	2742
March	182.7	78.21	28.01	183.3	178.8	9524	8255	5381	3776	2874
April	181.4	85.78	27.72	182.1	188.0	10003	7989	5223	4482	2766
May	162.1	88.63	27.73	178.9	175.6	9486	8255	5317	3814	2938
June	146.7	83.61	28.63	164.5	161.5	8818	7989	5184	3283	2805
July	158.9	88.04	28.41	175.4	172.4	9369	8255	5312	3682	2942
August	174.0	86.36	28.23	187.7	184.6	9974	8255	5382	4199	2883
September	184.9	86.32	28.29	189.3	186.1	9876	7989	5188	4287	2791
October	216.5	75.36	27.63	211.8	207.8	11000	8255	5413	5175	3843
November	202.1	79.06	27.71	188.6	184.1	9855	7989	5171	4311	2818
December	200.5	79.24	28.88	183.2	178.7	9638	8255	5391	3678	2864
Year	2141.4	863.86	27.33	2170.0	2128.3	114206	97200	62947	46870	34253

Gambar 7. (a) Hasil Simulasi Pembangkitan Energi Listrik PLTS 61,6 kWp





Gambar 7. (b) Hasil Simulasi Pembangkitan Energi Listrik PLTS 61,6 kWp



Gambar 7. (c) Hasil Simulasi Pembangkitan Energi Listrik PLTS 61,6 kWp

Dari data yang tertera pada Gambar 7.(a) – 7.(c) terlihat bahwa total potensi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTS 61,6 kWp selama periode 12 bulan adalah 114.206 kWh. Pembangkitan energi listrik tertinggi tercatat pada bulan Oktober sebesar 11.000 kWh, sementara pembangkitan terendah terjadi pada bulan Februari dengan potensi sekitar 8.056 kWh.

Secara keseluruhan, rata-rata produksi energi listrik dalam satu tahun mencapai sekitar 4,96 kWh/kWp/day, dengan kerugian sistem (*system loss*) sekitar 0,12 kWh/kWp/day dan kerugian array (*PV-array losses*) sekitar 0,87 kWh/kWp/day. Dari hasil simulasi juga diketahui bahwa PLTS atap Pasar Seni Kuta memiliki *performance ratio* sebesar 0,822 atau 82,2% dalam rentang 12 bulan.

G. Skenario Penggunaan Baterai

Berdasarkan hasil pengukuran kebutuhan energi listrik di Pasar Seni Kuta akan dibandingkan dengan hasil simulasi pembangkitan energi dari PLTS 61,6 kWp. Adapun sampel yang digunakan ialah data pada tanggal 8 Maret 2024 baik data pengukuran lapangan dan hasil simulasi. Gambar 8 dan Tabel III memperlihatkan grafik pembangkitan PLTS dengan kebutuhan energi listrik bangunan Pasar Seni Kuta. Perbandingan ini dilakukan untuk menentukan kapasitas baterai yang akan digunakan untuk menyimpan surplus pembangkitan energi listrik dari PLTS.



Gambar 8. Grafik Pembangkitan PLTS dengan Kebutuhan Energi Pasar Seni Kuta

TABEL III
DATA PEMBANGKITAN PLTS DAN KEBUTUHAN ENERGI PASAR SENI KUTA
TANGGAL 8 MARET 2024

Jam	Pembangkitan PLTS (Watt)	Kebutuhan Energi Pasar Seni Kuta (Watt)
00:00	-	7.570
01:00	-	7.620
02:00	-	7.400
03:00	-	6.900
04:00	-	6.890
05:00	-	6.890
06:00	-	6.890
07:00	9.216	6.790
08:00	23.092	7.190
09:00	34.451	9.630
10:00	42.233	11.650
11:00	46.259	16.060
12:00	46.546	17.400
13:00	46.007	18.230
14:00	41.922	18.080
15:00	34.683	18.000
16:00	23.551	17.150
17:00	10.070	16.280
18:00	-	15.410
19:00	-	13.490
20:00	-	9.720
21:00	-	7.990
22:00	-	6.520
23:00	-	6.550
Total	358.030	266.300

Berdasarkan gambar 8 dan Tabel II dapat dilihat besarnya total pembangkitan PLTS 61,6 kWp atap gedung Pasar Seni Kuta sebesar 358.030 Watt bila dibandingkan dengan kebutuhan beban harian sebesar 266.300 Watt atau terdapat deviasi sebesar 91.730 Watt.

Penggunaan energi listrik pada bangunan Pasar Seni Kuta didominasi oleh beban lampu penerangan dan alat-alat berdagang dijam operasionalnya dan beban pada malam hari atau diluar jam operasional Pasar Seni Kuta ialah beban lampu area koridor lantai 1 - lantai 3. Dari surplus energi yang berhasil dibangkitkan oleh PLTS 61,6 kWp akan disimpan ke dalam baterai untuk menyuplai kebutuhan energi listrik bangunan Pasar Seni Kuta diluar jam operasi dari PLTS.

Baterai yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan tegangan 48 Vdc. Berikut disajikan perhitunga kapasitas baterai untuk menyimpan surplus pembangkitan PLTS atap Pasar Seni Kuta.

$$Ah_{batt} = \frac{E}{V_s} \quad (7)$$

$$Ah_{batt} = \frac{91.730 W}{48V} = 1.911 Ah$$

Dari perhitungan diatas diketahui kapasitas baterai untuk menyimpan surplus energi hasil pembangkitan PLTS sebesar 1.911 Ah. Berdasarkan nilai tersebut akan dihitung nilai *depth of discharge* (DoD) baterai sebesar 60% dan jumlah hari otonomi sebanyak 1 hari.

$$Cb = \frac{Ah_{batt} \times d}{DoD} \quad (8)$$

$$Cb = \frac{1.911 Ah \times 1}{60\%} = 3.185 Ah$$

Pada penelitian ini dipilih baterai merek HiCell VLAR Battery dengan model Hi-12200-V, spesifikasi dari baterai Hi-12200-V dapat dilihat pada tabel IV.

TABEL IV
 SPESIFIKASI BATERAI HI-12200-V

Hi-12200-V	
Nominal Voltage	12 Volt
Nominal Capacity	200 Ah
Internal Resistance (Ohm)	3,3
Weight	66 Kg

Dengan memperhitungkan DoD dan jumlah hari otonomi maka diketahui minimal kapasitas baterai untuk menyimpan surplus pembangkitan PLTS 61,6 kWp adalah 3.185 Ah. Sama seperti *array* panel surya, ketika baterai dirangkai secara seri, maka nilai tegangan akan bertambah namun nilai kapasitas akan tetap dan sebaliknya ketika baterai dirangkai secara paralel maka nilai kapasitas akan bertambah namun nilai tegangan akan tetap. Berikut disajikan perhitungan konfigurasi seri paralel untuk baterai PLTS 61,6 kWp.

$$Seri Baterai = \frac{Tegangan Sistem (Vdc)}{Tegangan Baterai (Vdc)} \quad (9)$$

$$Seri Baterai = \frac{48}{12} = 2 \text{ unit}$$

$$Paralel Baterai = \frac{Total Kapasitas Baterai (Ah)}{Kapasitas 1 Unit Baterai (Ah)} \quad (10)$$

$$Paralel Baterai = \frac{3.185}{200} = 15,9 \approx 16 \text{ unit}$$

Dari hasil perhitungan konfigurasi baterai didapat baterai akan dirangkai seri sebanyak 2 unit dan dirangkai secara paralel sebanyak 16 rangkaian. Sehingga total kapasitas baterai yang akan dipasang didapat dari perkalian antara jumlah rangkaian paralel baterai dengan kapasitas 1 unit baterai, sebagai berikut:

$$Kap. Baterai = Rangkaian Paralel \times Ah Baterai$$

$$Kap. Baterai = 16 \times 200Ah = 3.200 Ah$$

Dari kapasitas baterai sebesar 3.200Ah dapat dihitung besarnya energi listrik yang disimpan dari surplus pembangkitan PLTS 61,6 kWp dengan mengalikan kapasitas baterai dengan tegangan sistem, sebagai berikut:

$$Energi (Wh) = Kap. Batt (Ah) \times V Sistem (Vdc)$$

$$Energi (Wh) = 3.200Ah \times 48Vdc = 153.600 Wh$$

Penentuan *solar charge controller* yang digunakan pada perancangan sistem PLTS atap Pasar Seni Kuta harus memiliki kapasitas untuk menangani arus hubung singkat dari *array* surya dan arus beban. Perhitungan tersebut didapatkan dengan mengalikan faktor keamanan sebesar 1,25 dengan arus hubung singkat modul surya dan jumlah paralel modul surya yang dipasang.

$$I_{CR} = 1,25 \times I_{SC} \times n \quad (9)$$

$$I_{CR} = 1,25 \times 14,03 \times 4$$

$$I_{CR} = 70,15 A$$

Dari perhitungan diatas maka *charge controller* yang dipilih haruslah memiliki nilai arus minimal sebesar 70,15 A. Untuk kebutuhan tersebut, maka dipilihlah MPPT *Solar Charge Controller* Tracer8420AN dan akan dikombinasikan dengan inverter baterai dari Eperver NP7500-42 sebanyak 3 unit inverter untuk membentuk sistem AC 3 fasa yang akan melayani fasa R,S dan T. Spesifikasi dari kedua item diatas dapat dilihat pada tabel V dan tabel VI.

TABEL V
 SPESIFIKASI SOLAR CHARGE CONTROLLER TRACER8420AN

TRACER8420AN	
Battery Input Voltage Range	8V~68V
Battery Type	Sealed/Gel/Flooded/User
Rated charge current	80A
Max. PV open circuit voltage	1200 Vdc
Tracking efficiency	≥99.5%
Conversion efficiency	≤98.6%

TABEL VI
 SPESIFIKASI INVERTER NP7500-42

NP7500-42	
Continous Output Power	7500W
Output Voltage	220/230 (±3%) Vac ;
Output Frequency	50/60 Hz ±0,2%
Output Wave	Pure Sine Wave
Load Power factor	0,2 – 1
Rated Input Voltage	48Vdc
Input Voltage Range	43,2 – 64 Vdc
Max Output efficiency	93%

H. Analisis Kelayakan Ekonomi PLTS 61,6 kWp

Perancangan proyek merupakan tahap yang sangat krusial dalam siklus pengembangan suatu investasi dan untuk memastikan bahwa proyek tersebut benar-benar dapat memberikan manfaat ekonomi yang signifikan. Pada gambar 9 diperlihatkan rinci biaya investasi PLTS 61,6 kWp



Cost of the system			
Item	Quantity	Cost (Rp)	Total (Rp)
Installation costs			
PV modules			
Soltara 550Wp	112	5.120.000,00	573.440.000,00
Supports for modules	112	632.000,00	70.784.000,00
Inverters			
HiCell_50-70K-SPH	1	100.243.000,00	100.243.189,33
Batteries	32	4.612.000,00	147.584.000,00
Other components			
Wiring	1	126.784.000,00	126.784.000,00
Other components	1	6.781.000,00	6.781.000,00
Other components	1	6.851.408,00	25.534.376,00
Batteries and inverter			
Engineering	1	2.000.000,00	2.000.000,00
Installation			
Transport	1	60.000.000,00	60.000.000,00
Batteries	1	64.000.000,00	64.000.000,00
			Total
			1.162.938.563,33
			Depreciable asset
			885.270.189,33
Operating costs			
Item			Total (Rp/year)
Maintenance			
Provision for inverter replacement			10.266.218,93
Salaries			15.095.909,36
Total (Rp/year)			25.362.128,30
Including inflation (8.20%)			27.446.263,11
System summary			
Total installation cost		1.162.938.563,33 (Rp)	
Operating costs (incl. inflation 8.20%/year)		27.446.263,11 (Rp/year)	
Usable energy from solar		62.924.000 (kWh/year)	
Energy sold to the grid		68.924.000 (kWh/year)	
Cost of produced energy (COP)		1.254.52 (Rp/kWh)	

Gambar 9. Rincia Biaya Investasi PLTS 61,6 kWp

Rencana anggaran biaya untuk pembangunan PLTS di atap Pasar Seni Kuta, memiliki total investasi Rp 1.162.938.563,33 yang terdiri dari pembelian *PV modul dan support*, inverter, *baterai, solar charge*, pengkabelan, jasa perencanaan, serta jasa transport dan *setting*. Diluar pembelian bahan untuk PLTS juga dibutuhkan anggaran untuk pemeliharaan PLTS tiap tahun yakni sebesar Rp 25.356.218,93 yang terdiri dari dana untuk pergantian inverter setiap 10 tahun dan gaji untuk jasa perawatan dan pembersihan PLTS setiap tahunnya. Pada gambar 9 juga terlihat biaya pembangkitan energi dari sistem PLTS 61,6 kWp adalah Rp 1.254,52 / kWh.

Rancangan anggaran biaya yang telah dijabarkan sebelumnya diuji tingkat kelayakan dengan menggunakan kombinasi metode PP, NPV, IRR, dan ROI. Pada gambar 10.(a) – gambar 10.(b) diperlihatkan analisis keekonomian hasil simulasi *PVsyst* PLTS 61,6 kWp.

Financial analysis			
Simulation period	25 years	Start year	2024
Project lifetime			
Income variation over time			
Inflation		0,00 %/year	
Production variation (aging)		0,00 %/year	
Discount rate		6,00 %/year	
Income dependent expenses			
Income tax rate		0,00 %/year	
Other income tax		0,00 %/year	
Dividends		0,00 %/year	
Depreciable assets			
Asset	Depreciation method	Depreciation period (years)	Salvage value (Rp)
PV modules			
Soltara 550Wp	Straight-line	25	0,00
Supports for modules	Straight-line	25	0,00
Inverters			
HiCell_50-70K-SPH	Straight-line	25	0,00
Batteries			
Batteries	Straight-line	25	0,00
		Total	0,00
			885.270.189,33
Financing			
Own funds			1.162.938.563,33 (Rp)
Electricity sale			
Feed-in tariff	1.400,00000 (Rp/kWh)		
Duration of tariff warranty	20 years		
Annual connection tax	0,00 (Rp/kWh)		
Annual tariff variation	0,0 %/year		
Feed-in tariff decrease after warranty	0,00 %		
Self-consumption			
Consumption tariff	1.400,00000 (Rp/kWh)		
Tariff evolution	0,0 %/year		
Return on investment			
Payback period	15,6 years		
Net present value (NPV)	204.439.887,26 (Rp)		
Internal rate of return (IRR)	6,00 %		
Return on investment (ROI)	17,6 %		

Gambar 10. (b) Hasil Simulasi Keekonomian PLTS 61,6 kWp

Berdasarkan hasil simulasi *PVsyst* pada gambar 10 (a) & (b) diperlihatkan nilai *payback period* (PP) yang merupakan suatu pendekatan yang dirancang untuk mengidentifikasi jangka waktu yang diperlukan agar modal investasi suatu proyek dapat pulih melalui aliran kas yang dihasilkan, dari hasil simulasi didapatkan PLTS atap Gedung pasar seni sebesar 15 tahun 8 bulan.

Nilai *Net Present Value* (NPV) memiliki nilai positif yang didapat dari perhitungan jumlah total biaya investasi, arus kas masuk, arus kas keluar, dan faktor diskon dimana biaya investasi awal sebesar Rp. Rp. 1.162.938.563,33. Arus kas masuk dihitung dengan mengalikan tarif dasar listrik dengan potensi energi listrik tahunan yang diperoleh dari hasil simulasi *PVsyst*, mencapai angka Rp 136.080.000 per tahun. Faktor diskon atau suku bunga yang digunakan dalam perhitungan NPV adalah sebesar 6%, yang merujuk pada tingkat suku bunga pinjaman yang berlaku di sebagian besar bank di Indonesia. Berdasarkan hasil simulasi, nilai NPV yang terkumulasi adalah sebesar Rp. Rp 204.439.887,26

Nilai *Internal Rate of Return* (IRR) dari hasil simulasi juga menunjukkan nilai positif hal tersebut mengindikasikan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Pasar Seni Kuta, memiliki kelayakan finansial yang menandakan bahwa proyek ini mampu memberikan pengembalian investasi yang menguntungkan. Nilai IRR juga didukung oleh ROI dari PLTS atap Pasar Seni Kuta yang bernilai 17,6% .

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian kemandirian energi listrik di Pasar Seni Kuta dengan menggunakan sistem PLTS diketahui bahwa dengan luas total atap Pasar Seni Kuta seluas 1.200,7 m² memiliki potensi pembangkit energi sebesar 255,75 kWp. Berdasarkan hasil perhitungan akan dirancang PLTS berkapasitas 61,6 kWp diatap bangunan Pasar Seni Kuta dengan panel surya sebanyak 112 unit yang berkapasitas 550 Wp dan inverter berkapasitas 70kW dari hasil simulasi

Financial analysis										
Detailed economic results (kWh)										
Year	Electricity sale	Own funds	Re-invest	Deprec. allow.	Taxable income	Taxes	After-tax profit	Self-costs saving	Cumul. profit	% return
0	0	1.162.938.563	0	0	0	0	0	0	-1.162.938.563	0,00%
1	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	2.713.268	-1.157.225.295	0,23%
2	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	5.426.536	-1.152.508.759	0,47%
3	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	8.139.804	-1.147.792.221	0,71%
4	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	10.853.072	-1.143.075.683	0,95%
5	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	13.566.340	-1.138.359.145	1,19%
6	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	16.279.608	-1.133.642.607	1,43%
7	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	18.992.876	-1.128.926.069	1,67%
8	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	21.706.144	-1.124.209.531	1,91%
9	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	24.419.412	-1.119.492.993	2,15%
10	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	27.132.680	-1.114.776.455	2,39%
11	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	29.845.948	-1.110.059.917	2,63%
12	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	32.559.216	-1.105.343.379	2,87%
13	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	35.272.484	-1.100.626.841	3,11%
14	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	37.985.752	-1.095.910.303	3,35%
15	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	40.699.020	-1.091.193.765	3,59%
16	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	43.412.288	-1.086.477.227	3,83%
17	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	46.125.556	-1.081.760.689	4,07%
18	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	48.838.824	-1.077.044.151	4,31%
19	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	51.552.092	-1.072.327.613	4,55%
20	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	54.265.360	-1.067.611.075	4,79%
21	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	56.978.628	-1.062.894.537	5,03%
22	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	59.691.896	-1.058.178.000	5,27%
23	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	62.405.164	-1.053.461.462	5,51%
24	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	65.118.432	-1.048.744.924	5,75%
25	86.591.265	0	33.562.219	36.522.848	2.713.268	0	2.713.268	67.831.700	-1.044.028.387	5,99%
Total	1.628.781.621	1.162.938.563	1.391.136.679	885.270.189	6.481.780	0	6.481.780	204.439.887	204.439.887	17,6%

Gambar 10. (a) Hasil Simulasi Keekonomian PLTS 61,6 kWp

diketahui PLTS 61,6 kWp mampu membangkitkan energi listrik sebesar 114.206 kWh/tahun.

Berdasarkan sampel hasil pengukuran beban harian Pasar Seni Kuta didapat sebesar 266,3 kW/hari sedangkan hasil simulasi PLTS energi yang dapat dibangkitkan sebesar 358,03 kW/hari sehingga didapatkan surplus energi sebesar 91,73 kW/hari. Kapasitas baterai pada sistem PLTS atap Pasar Seni Kuta didasarkan atas nilai beban harian, nilai *Deep Of Discharge* sebesar 60% dan hari otonomi ialah 1 hari. Dari hasil perhitungan didapat total kapasitas baterai 3200 Ah dengan 1 unit *solar charge controller* dan 3 unit baterai inverter.

Penentuan kelayakan investasi PLTS atap Pasar Seni Kuta didasarkan atas nilai *Payback periode*, NPV, IRR. Total investasi pembangunan PLTS ialah Rp. 1.162.938.563. Berdasarkan hasil simulasi *PVsyst* untuk analisis kelayakan investasi didapatkan hasil *payback periode* sebesar 15 tahun 8 bulan, NPV sebesar Rp. 204.439.887,26 dan IRR sebesar 8,06%. Berdasarkan nilai diatas mengindikasikan bahwa proyek PLTS atap Pasar Seni Kuta layak untuk dikerjakan.

REFERENSI

- [1] Wicaksana, I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* 158 kWp pada Kantor Gubernur Bali," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 3, p. 107, Sep. 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i03.p15
- [2] "I.N.S. Kumara, I. A. D. Giriantari, W. G. Ariastina, W. Sukerayasa, N. Setiawan, C. G. I. Partha, "Peta Jalan Pengembangan PLTS Atap : Menuju Bali Mandiri Energi," *Center For Community Based Renewable Energy (CORE) Universitas Udayana, Greenpeace Indonesia, Bali, 2019.*
- [3] A A. Sugiyono, Anindhita, I. Fitriana, L. O. Wahid MA, and Adiarso, *Indonesia Energy Outlook 2019: The impact of increased utilization of new and renewable energy on the National economy.* 2023. doi: 10.5281/zenodo.8216488.
- [4] I. K. A. Setiawan, I. N. S. Kumara, and I. W. Sukerayasa, "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWp Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih, BANGLI," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro/Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 1, Jun. 2014, [Online]. Available: <https://erepo.unud.ac.id/id/eprint/3571/>
- [5] I. N. S. Kumara, W. G. Ariastina, I. W. Sukerayasa, and I. A. D. Giriantari, "1 MWp *Grid Connected PV Systems in the Village of Kayubih Bali*; Review on location's characteristics and its technical specifications," *ICITEE*, Oct. 2014, doi: 10.1109/iciteed.2013.6676258.
- [6] PUPR. (2023) Penataan Kawasan Pantai Samigita.[Online]. Available: <https://dpupr.badungkab.go.id/penataan-kawasan-pantai-pantai>
- [7] N.S Gunawan, I.N.S. Kumara, and R. Irawati, "Unjuk kerja pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) 26,4 kWp pada *system smart microgrid* UNUD," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 3, pp. 1-9, Sep. 2019
- [8] G. Pradika, I. A. D. Giriantari, and I. N. Setiawan, "Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS *Rooftop*," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro/Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2, p. 225, Dec. 2020, doi: 10.24843/mite.2020.v19i02.p15.
- [9] B. M. Pangaribuan, I. A. D. Giriantari, and I. W. Sukerayasa, "DESAIN PLTS ATAP KAMPUS UNIVERSITAS UDAYANA: GEDUNG REKTORAT," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 7, no. 2, p. 90, Jun. 2020, doi: 10.24843/spektrum.2020.v07.i02.p12.
- [10] K. Yonata, "Analisis Tekno-Ekonomi Terhadap Desain Sistem PLTS pada Bangunan Komersial di Surabaya, Indonesia," 2017. [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/41115/>
- [11] AWicaksana, I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari, "UNJUK KERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP 158 KWP PADA KANTOR GUBERNUR BALI," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 3, p. 107, Sep. 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i03.p15.



{Halaman ini sengaja dikosongkan}