

# Analisis Investasi PLTS 8 kWp On-Grid Pada Bangunan Apartemen Pariwisata di Bali

A.S. Murti<sup>1</sup>, I.N.S. Kumara<sup>2</sup>, W.G. Ariastina<sup>3</sup>

[Submission: 04-10-2024, Accepted: 10-11-2024]

**Abstract**— The potential for Renewable Energy in Indonesia is very high so that the government is committed to making an energy transition towards clean energy with a target mix of 23% by 2025 as stated in the RUEN. One of the easiest RE to develop and build today is the Solar Power Plant (PV). However, until 2022, the portion of the EBT mix has only reached 12.3% and specifically PLTS with a potential of 200 GW spread throughout Indonesia but its utilization is still less than 300 MW. According to ESDM press release data in 2023, the installed capacity for PLTS in 2022 has only reached 271,6 MWp. This condition is also exacerbated by changes in regulations related to the installation of PV system, especially rooftop PV where several incentive points have been removed so that the investment made becomes less attractive to the public. This research aims to find out which PV regulations can provide a mutually beneficial solutions for both the government and society in terms of increasing the renewable energy mix and the perceived impact of investment. This study uses a case study of an installed 8 kWp on-grid rooftop PV located in Tumbak Bayuh Village, Badung. Furthermore, data collection was carried out to conduct investment feasibility of the construction of the rooftop PV using 3 regulatory scenarios, ESDM Regulation No 48 of 2018, ESDM Regulation No 26 of 2021, and ESDM Regulation No 02 of 2024. The methods used in assessing investment feasibility are Net Present Value, Internal Rate of Return, Benefit Cost Ratio, and Payback Period. The final results show that ESDM Regulation No 26 of 2021 provides the most attractive investment feasibility, with the fastest PP in 5.7 years, IRR 16.18%, NPV Rp. 162,920,001, and BCR value of 1.63. However, as a mutually beneficial solutions, ESDM Regulation No 48 th 2018 is worth considering as it provides similar results for BCR and IRR in ESDM Regulation No 26 of 2021 and also can provide a mutually beneficial solutions for both the government and society.

**Intisari**— Potensi Energi Baru terbarukan (EBT) di Indonesia tergolong sangat tinggi sehingga pemerintah berkomitmen untuk melakukan transisi energi menuju energi bersih dengan target bauran 23% pada tahun 2025 yang tertuang dalam RUEN. Salah satu EBT yang paling mudah untuk dikembangkan dan dibangun saat ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Namun sampai tahun 2022, porsi bauran EBT baru mencapai 12,3% dan khusus PLTS dengan potensi sebesar 200 GW yang tersebar di seluruh Indonesia namun pemanfaatannya masih kurang dari 300 MW. Menurut data siaran pers ESDM 2023 menunjukkan kapasitas terpasang untuk PLTS tahun 2022 baru mencapai 271,6 MWp. Kondisi ini juga diperparah oleh perubahan regulasi terkait pemasangan PLTS, khususnya PLTS

Atap dimana beberapa poin insentif dihilangkan sehingga investasi yang dilakukan menjadi kurang menarik di mata masyarakat. Oleh sebab itu Penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui regulasi PLTS mana yang bisa memberikan solusi yang saling menguntungkan baik bagi pemerintah serta masyarakat dalam hal meningkatkan bauran energi terbarukan serta dampak investasi yang dirasakan. Penelitian ini menggunakan PLTS terpasang sebesar 8 kWp on-grid yang terletak di Desa Tumbak Bayuh, Badung sebagai studi kasus penelitian. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data untuk melakukan kelayakan investasi dari pembangunan PLTS Atap tersebut menggunakan 3 skenario regulasi yaitu Permen ESDM No 48 tahun 2018, Permen ESDM No 26 Tahun 2021, dan Permen ESDM No 2 Tahun 2024. Metode yang dipakai dalam menilai kelayakan investasi adalah *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, *Benefit Cost Ratio*, dan *Payback Period*. Hasil akhir menunjukkan bahwa Permen ESDM No 26 Tahun 2021 memberikan kelayakan investasi yang paling menarik yaitu dengan PP tercepat selama 5,7 Tahun, IRR sebesar 16,18%, NPV sebesar Rp. 162.920.001, dan nilai BCR sebesar 1,63. Namun regulasi Permen ESDM No 48 tahun 2018 layak untuk dipertimbangkan karena memberikan hasil investasi yang mendekati sama untuk nilai BCR dan IRR pada Permen ESDM No 26 Tahun 2021 serta mampu memberikan solusi yang saling menguntungkan baik bagi pemerintah serta masyarakat.

**Kata Kunci**— Energi Terbarukan, PLTS Atap, Kelayakan Investasi, Regulasi.

## I. PENDAHULUAN

Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia tergolong sangat tinggi, antara lain 450 MW untuk mini/mikro hidro, 50 GW untuk sumber energi biomassa, 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari energi surya, kemudian energi angin sebesar 3-6 m/det dan 3 GW energi nuklir. Dengan potensi tersebut pemerintah Indonesia berkomitmen untuk melakukan transisi energi menuju penggunaan energi bersih dengan target EBT sebesar 23% di tahun 2025 yang mana tertuang dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) [1][2][3].

Dalam artikel Kementerian ESDM, porsi bauran EBT sampai tahun 2022 baru mencapai 12,3% [4]. Data ini menyatakan bahwa pemanfaatan EBT di Indonesia belum terserap secara optimal serta memerlukan upaya yang terencana dan konkrit dalam mewujudkan target bauran 23% di tahun 2025. Oleh sebab itu pemerintah melakukan segala upaya dalam mendorong proses pembangunan pembangkit EBT di seluruh wilayah sesuai dengan potensi yang dimiliki salah satunya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) baik PLTS atap, PLTS terapung maupun PLTS dengan skala besar (skala utilitas) mengingat waktu pembangunan PLTS yang relatif cepat.

Laporan “Status Energi Bersih Indonesia” yang dipublikasikan oleh lembaga IESR, energi surya di Indonesia

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372

<sup>1</sup>Mahasiswa, Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Jl. PB. Sudirman Denpasar, 80234; 0361-223797; e-mail: [anandasrimurti1@gmail.com](mailto:anandasrimurti1@gmail.com)

<sup>2,3</sup>Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Jl. PB. Sudirman Denpasar, 80234; 0361-223797;; e-mail: [satya.kumara@unud.ac.id](mailto:satya.kumara@unud.ac.id), [w.ariastina@unud.ac.id](mailto:w.ariastina@unud.ac.id)



memiliki potensi sebesar 200 GW yang tersebar di seluruh Indonesia namun pemanfaatannya masih kurang dari 100 MW [5]. Data siaran pers ESDM tahun 2023 menunjukkan kapasitas terpasang untuk PLTS tahun 2022 baru mencapai 271,6 MWp [6]. Berdasarkan arahan pemerintah pusat serta potensi yang begitu besar, pemerintah Provinsi Bali secara khusus menerbitkan Peraturan Gubernur Bali No 45 Tahun 2019 tentang Energi Bersih yang disusun secara mandiri untuk mendorong pemanfaatan energi terbarukan di wilayah setempat dan juga sebagai langkah progresif untuk menjawab kebutuhan energi di Bali.

Peraturan Gubernur Bali tersebut salah satu isinya menyebutkan bahwa pemasangan PLTS perlu dititikberatkan ke sektor industri dan komersial disamping sektor rumah tangga dan pembangkit skala besar mengingat banyaknya bangunan komersial seperti hotel, villa, mall dan lain-lain di Bali [7]. Bali Selatan secara khusus merupakan wilayah dengan sebaran akomodasi terbanyak di Bali yang berada dalam wilayah Denpasar, Badung, Gianyar, dan Tabanan (SARBAGITA) [8]. Berdasarkan data BPS, total akomodasi yang ada di Bali mencapai 3.345 dimana sebanyak 403 merupakan akomodasi hotel berbintang dan 2.942 merupakan akomodasi hotel non bintang dan akomodasi lainnya seperti villa, pondok wisata, dan lain-lain [9].

Bali dengan iklim tropisnya, memiliki potensi energi matahari yang cukup besar yaitu berkisar antara 4,01 – 6,13 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan rata-rata 4,89 kWh/m<sup>2</sup>/hari di pusat kabupaten/kota di Bali. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sah, dan Wijayatunga (2017) dalam *Asian Development Bank Sustainable Environment Working Paper Series*, Bali memiliki iradiasi matahari sebesar 1.490 hingga 1776 kWh/m<sup>2</sup>/tahun, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan standar di Eropa untuk kelayakan proyek energi surya, yaitu hanya 900 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Berdasarkan data di atas, Bali secara umum dan wilayah SARBAGITA secara khusus memiliki karakteristik yang mendukung untuk penerapan PLTS [8].

Disisi lain, pemerintah Indonesia melalui Kementerian ESDM juga telah mengeluarkan regulasi mengenai pemasangan PLTS Atap. Regulasi pertama dimulai dengan Permen ESDM No 48 tahun 2018 sebagai tonggak awal tentang regulasi untuk mengatur konsumen tenaga listrik yang juga sebagai produsen tenaga listrik yang berasal dari pembangkit tenaga surya dengan harapan bertumbuh dan berkembangnya penggunaan energi terbarukan. Pasal 6 ayat 1 mengatur tentang perhitungan ekspor impor energi listrik dari sistem PLTS yang berbunyi “Energi listrik pelanggan PLTS Atap yang diekspor dihitung berdasarkan nilai kWh ekspor yang tercatat pada kWh ekspor-impor dikali 65%” [10]. Permen ESDM No 48 tahun 2018 membuat peningkatan pemasangan PLTS atap dari 609 pelanggan di tahun 2018 menjadi 4.262 pelanggan di tahun 2021.

Tahun 2021 Permen ESDM No 48 tahun 2018 mengalami revisi menjadi Permen ESDM No 26 tahun 2021 dimana diharapkan dengan revisi yang telah dilakukan akan mendorong dan mempercepat target 3,6 GW PLTS atap ditahun 2025 yang mana merupakan salah satu proyek strategis usulan ESDM yang tercantum dalam Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian No 7 tahun 2021 [11].

Revisi yang menjadi sorotan yaitu ketentuan nilai ekspor yang awalnya hanya 65% dari kWh ekspor tercatat menjadi 100% serta periode reset akumulasi ekspor diperpanjang dari 3 bulan menjadi 6 bulan [12]. Namun sejak Permen ESDM No 26 tahun 2021 di implementasikan, aturannya hanya jalan di tempat dikarenakan pihak PLN mengalami *oversupply* [13]. Oleh sebab itu aturan tersebut ditinjau kembali dan dilakukan harmonisasi antara ESDM dan PT PLN Persero. Kemudian pada bulan Juni telah disahkan Permen ESDM No 02 Tahun 2024 sebagai hasil revisi dari Permen ESDM No 26 tahun 2021 dan harmonisasi antara ESDM dan PT PLN Persero. Ada beberapa poin yang menjadi sorotan yaitu pertama akan diberlakukan sistem kuota untuk pemasangan PLTS Atap yang disusun oleh PLN dan ditetapkan oleh kementerian ESDM. Kedua yaitu tidak adanya pembatasan besaran PLTS Atap yang akan dipasang sepanjang mengikuti kuota yang tersedia. Yang terakhir yaitu ekspor energi listrik dari PLTS Atap kedepan tidak akan diperhitungkan lagi atau dianggap 0% [14]. Hal ini akan menurunkan minat masyarakat dalam memasang PLTS Atap baik untuk mengurangi tagihan listrik ataupun ikut turut serta dalam mengembangkan energi bersih di Indonesia.

Oleh sebab itu penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui regulasi PLTS mana yang bisa memberikan solusi yang saling menguntungkan baik bagi pemerintah serta masyarakat dalam hal meningkatkan bauran energi terbarukan serta dampak investasi yang dirasakan. Penelitian ini menggunakan studi kasus PLTS yang sudah terpasang sebesar 8 kWp *on-grid* yang terletak di Desa Tumbak Bayuh, Badung. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data untuk melakukan kelayakan investasi dari pembangunan PLTS Atap tersebut menggunakan 3 skenario regulasi yaitu Permen ESDM No 48 tahun 2018, Permen ESDM No 26 Tahun 2021, dan Permen ESDM No 2 Tahun 2024. Metode yang dipakai dalam menilai kelayakan investasi adalah *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, *Benefit Cost Ratio*, dan *Payback Period*.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan salah satu energi terbarukan yang mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik. Pembangkit listrik ini merupakan salah satu solusi yang sangat direkomendasikan karena melimpahnya energi matahari khususnya di Indonesia [15].

Indonesia merupakan wilayah tropis yang memiliki potensi energi matahari harian yang besar. Namun ada beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya daya output dari PLTS diantaranya radiasi matahari, kemiringan dan arah panel surya, temperatur panel surya serta pengaruh bayangan [16]. Selain itu PLTS juga merupakan alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil seperti batubara, minyak, dan gas bumi karena energi tersebut merupakan kelompok energi tak terbarukan dan akan habis jika terus di eksploitasi dan tidak adanya pengelolaan yang baik dalam penggunaannya.

Ketika panel surya terkena cahaya matahari, panel surya akan menghasilkan energi listrik berupa listrik arus searah atau *direct current* (DC), yang kemudian membutuhkan inverter untuk mengubah arus DC menjadi arus bolak balik

atau *alternating current* (AC) sehingga bisa digunakan untuk mensuplai peralatan listrik yang umumnya membutuhkan sumber AC.

## B. Jenis-Jenis PLTS

Secara umum, PLTS terdiri dari 3 jenis sistem yaitu *on-grid system*, *hybrid system*, dan *off-grid system (stand alone)*. Berikut akan dijelaskan lebih lanjut mengenai masing-masing sistem.

### 1 PLTS *On-grid System*

PLTS *on-grid system* merupakan penggabungan antara jaringan PLN dan sistem PLTS yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Sistem ini bisa dipasang jika sudah terdapat jaringan PLN yang sudah mensuplai beban. PLTS *on-grid* berfungsi untuk memenuhi kebutuhan listrik di siang hari sehingga bisa mengurangi penggunaan listrik PLN.

Ketika sinar matahari bersinar di siang hari, beban akan disuplai oleh PLTS terlebih dahulu kemudian kekurangannya akan disuplai oleh PLN. Saat malam hari, seluruh beban akan disuplai oleh PLN. Saat PLTS menghasilkan energi listrik lebih besar dibandingkan dengan beban, maka kelebihan listrik tadi bisa dialirkan ke jaringan PLN. Komponen sistem PLTS *on-grid* hanya terdiri modul surya yang menghasilkan arus DC dan inverter yang berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi arus AC.



Gambar 1: Konfigurasi sistem PLTS *On-grid* [17]

### 2 PLTS *Hybrid System*

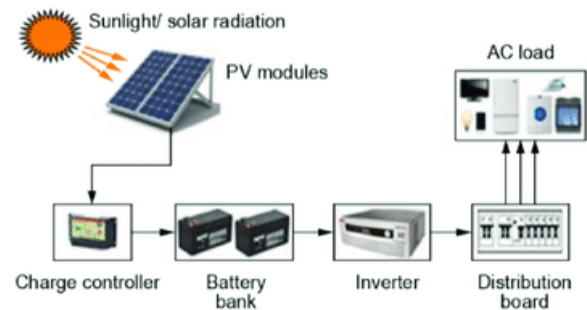
PLTS *hybrid system* merupakan sistem PLTS *on-grid* dengan tambahan baterai sebagai media penyimpanan energi jika PLTS menghasilkan energi listrik yang lebih besar dari beban dan ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah. Baterai yang dipasang memiliki 2 fungsi, pertama bisa digunakan untuk mensuplai beban di malam hari sehingga penggunaan listrik PLN bisa ditekan dan mampu menghemat tagihan listrik lebih banyak. Yang kedua yaitu baterai bisa digunakan sebagai *back-up* beban –beban esensial saat terjadi pemadaman listrik oleh PLN

#### 1 PLTS *Off-grid System*

PLTS *off-grid system* yang ditunjukkan oleh Gambar 3 merupakan sistem PLTS yang memanfaatkan radiasi matahari tanpa terhubung ke jaringan PLN. Biasanya PLTS jenis ini ditemukan di daerah-daerah terpencil yang masih belum terjangkau oleh jaringan PLN. Oleh sebab itu sistem PLTS ini



Gambar 2: Konfigurasi sistem PLTS *Hybrid system* [17]



Gambar 3: Konfigurasi sistem PLTS *Off-grid system* [17]

harus dilengkapi oleh sistem baterai untuk menyalurkan energi listrik di malam hari. Besar baterai disesuaikan dengan beban yang ada sehingga bisa disuplai sesuai dengan kebutuhan.

## C. Komponen Sistem PLTS

Dalam mendesain sistem PLTS baik itu *off-grid* maupun *on-grid*, komponen yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

### 1. Modul Surya

Modul surya merupakan salah satu komponen utama sistem PLTS yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Modul surya terdiri oleh rangkaian sel surya yang dihubungkan secara seri maupun paralel. Gabungan modul surya akan membentuk suatu *array* [18].

### 2. Inverter

Inverter merupakan suatu perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus searah atau *direct current* (DC) yang dihasilkan dari solar modul menjadi arus bolak balik atau *alternating current* (AC) untuk mensuplai energi listrik. Pemilihan inverter dilakukan sesuai dengan kebutuhan sistem yang akan di pasang, baik itu *on-grid*, *hybrid*, maupun *off-grid*.

### 3. Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya selama siang hari. Energi tersebut dapat digunakan di malam hari atau ketika cuaca mendung atau hujan di siang hari. Baterai pada sistem PLTS menjalani dua tahap penting, yaitu pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*), yang bergantung pada ketersediaan sinar matahari. Ketika matahari bersinar, panel surya menghasilkan energi listrik. Jika produksi energi listrik melebihi beban, energi tersebut bisa dialirkan untuk mengisi baterai. Sebaliknya, ketika matahari tidak bersinar, baterai bisa menjadi sumber energi listrik. Proses pengisian dan pengosongan ini dikenal sebagai satu siklus baterai [15].



#### D. Analisa Kelayakan Investasi

Analisis investasi diperlukan untuk mengetahui terkait kelayakan suatu investasi. Beberapa kriteria umum yang sering digunakan untuk menilai hal tersebut adalah sebagai berikut :

##### 1. Net Present Value (NPV)

NPV mengindikasikan bahwa semua aliran kas bersih dinilai pada nilai saat ini dengan menggunakan faktor diskonto. Teknik ini menghitung selisih antara total aliran kas bersih saat ini dan investasi awal yang diinvestasikan [19]. Persamaan untuk menghitung NPV adalah sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - S \quad (1)$$

NCF merupakan pendapatan bersih hingga tahun ke-n, S adalah nilai investasi awal, t adalah lama tahun investasi dan i adalah *discount rate* yang digunakan.

##### 2. Payback Period (PP)

*Payback Period* merujuk pada periode waktu yang diperlukan untuk mendapatkan kembali nilai investasi melalui arus kas yang dihasilkan oleh suatu proyek atau investasi. Di sisi lain, *Discounted Payback Period* adalah periode pengembalian yang mempertimbangkan faktor diskonto. Dalam *Discounted Payback Period*, kita mencari tahu berapa tahun total arus kas bersih sekarang yang diakumulasikan akan sama dengan investasi awal.

##### 3. Benefit Cost Ratio (BCR)

*Benefit Cost Ratio* atau *B/C Ratio* adalah metode penghitungan yang membandingkan biaya produksi dengan manfaat yang dihasilkan oleh suatu proyek usaha. Dalam konteks ini, 'B' mengacu pada keuntungan atau manfaat (*benefit*), sementara 'C' mengacu pada biaya (*cost*) [19].

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t(1+i)^t}{S} \quad (2)$$

NCF merupakan pendapatan bersih hingga tahun ke-n, S adalah nilai investasi awal, t adalah lama tahun investasi dan i adalah *discount rate* yang digunakan.

##### 4. Internal Rate of Return (IRR)

*Internal Rate of Return* adalah tingkat pengembalian atau tingkat keuntungan yang diharapkan dari suatu investasi atau proyek. Ini adalah tingkat bunga yang akan membuat semua arus kas masuk dan keluar dari investasi tersebut menjadi seimbang sehingga nilai sekarangnya adalah nol [19].

IRR mencoba untuk menyamakan nilai sekarang (*present value*) dari semua arus kas masuk (penerimaan) dengan nilai sekarang dari semua arus kas keluar (pengeluaran) dalam proyek investasi.

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

$i_1$  adalah nilai *discount rate* rendah sedangkan  $i_2$  adalah nilai *discount rate* tertinggi yang akan digunakan.

#### E. PVsyst

PVsyst adalah perangkat lunak yang secara komprehensif digunakan untuk keperluan pembelajaran, perencanaan ukuran (*sizing*), dan analisis data sistem PLTS [20]. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh Universitas Genewa dan dapat digunakan dalam berbagai konteks, termasuk sistem yang terkoneksi ke jaringan listrik (*grid-connected*), sistem mandiri

(*stand-alone*), sistem pompa (*pumping*), dan jaringan arus searah untuk transportasi umum (*DC-grid*).

### III. METODOLOGI

#### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di Apartemen Bali Gedeg di Desa Tumbakbayuh, kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung. Penelitian ini telah dilaksanakan mulai tahun 2023 sampai Juni 2024.

#### B. Data Penelitian

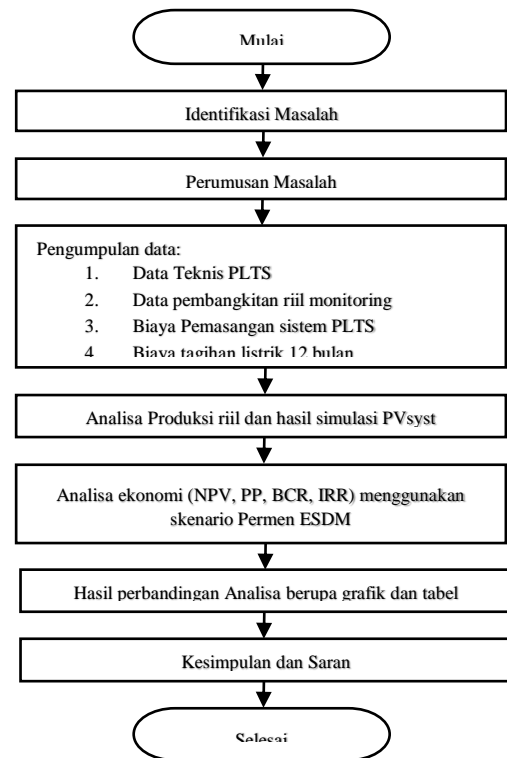
Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data teknis komponen PLTS yang sudah terpasang (modul surya, inverter, jumlah komponen, lama operasi peralatan, *single line diagram* sistem), biaya tagihan listrik pelanggan selama 1 tahun terakhir, hasil simulasi PVsyst yang sudah dilakukan oleh kontraktor, biaya investasi sistem PLTS, serta parameter ekonomi sistem PLTS (biaya O&M, nilai inflasi, nilai suku bunga, *lifetime* sistem). Data tersebut didapat dari pemilik apartemen, PLN serta dari kontraktor PLTS Atap.

#### C. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *software* yang berfungsi untuk mengetahui estimasi energi yang bisa dihasilkan oleh sistem PLTS atap. Selanjutnya yaitu *monitoring system* dari sistem PLTS atap yang sudah terpasang untuk mengetahui hasil produksi riil. Instrumen berikutnya yaitu menggunakan aplikasi pengolah angka yang digunakan untuk mengolah dan menganalisa data yang telah didapat.

#### D. Tahapan dan Alur Penelitian

Alur penelitian dapat dilihat pada *flowchart* Gambar 4 dibawah.



Gambar 4: Tahapan dan Alur Penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Gambaran Umum Apartemen Bali Gedeg

Salah satu dari akomodasi yang memasang PLTS Atap adalah Bali Gedeg *Loft Apartment*. Akomodasi tersebut merupakan milik dari putra daerah asli Bali yang berasal dari perenangan yang terdiri atas 3 Kamar dan memiliki fasilitas lengkap seperti Kulkas, TV, *Water heater*, AC, kolam renang dan peralatan elektronik lain. Pemilik apartemen memutuskan untuk memasang PLTS Atap sebagai upaya untuk menghemat pembayaran listrik ke PLN.

PLTS Atap yang terpasang pada bangunan tersebut berkapasitas 8 kWp dan dijadikan objek penelitian dimana lokasi tepatnya berada di wilayah Desa Tumbak Bayuh, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung. PLTS atap tersebut merupakan salah satu dari sekian banyak sistem PLTS atap *on-grid* yang sudah terpasang di wilayah yang sama. Visualisasi PLTS bias dilihat pada Gambar 5 dibawah.

Secara geografis, letak sistem PLTS atap ini berada di - 8.6234 Lintang Selatan dan 115.1408 Bujur Timur. Berdasarkan informasi dari pemilik, PLTS atap tersebut dibangun oleh salah satu kontraktor EPC (*Engineering Procurement and Construction*) solar panel yang berada di Bali. Sistem PLTS atap 8 kWp dibangun pada tahun 2021 awal dan mulai beroperasi di akhir tahun 2021.



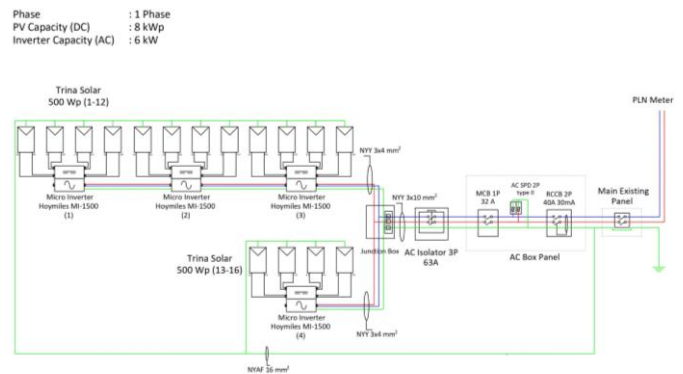
Gambar 5: Tampak Atas Sistem PLTS Atap 8 kWp pada Bangunan Apartemen Bali Gedeg

##### B. Sistem PLTS Atap 8 kWp

Sistem PLTS Atap di atas menggunakan sistem *on-grid* 1 fasa dan menggunakan teknologi *microinverter* sebagai inverter dimana setiap *microinverter* terhubung dengan 4 modul surya. Pada sistem ini terdapat 16 modul surya oleh sebab itu terdapat 4 *microinverter* yang digunakan. Teknologi ini memungkinkan untuk menghasilkan energi lebih banyak karena setiap panel terhubung secara paralel sehingga jika salah satu panel terkena *shading* maka panel lain tidak terkena dampak apapun. *Microinverter* yang digunakan berkapasitas 1.500 W dan bisa dihubungkan dengan *microinverter* yang sejenis sebanyak 3 unit.

A.S. Murti, I.N.S. Kumara, W.G. Ariastina : Analisis Investasi...

Karena pada sistem ini terdapat 4 *microinverter*, maka diperlukan suatu *junction box* untuk menghubungkan semua inverter. Gambar 6 menunjukkan *wiring diagram* PLTS Atap 8 kWp Apartemen Bali Gedeg yang didapat dari pihak kontraktor.



Gambar 6: *Wiring Diagram* Sistem PLTS Atap 8 kWp

Komponen penyusun PLTS atap 8 kWp ini terdiri dari modul surya, inverter dan juga sistem proteksi yang digunakan. Penjabaran dari masing-masing komponen bisa dilihat pada Tabel I dibawah dan komponen tersebut merupakan data riil yang digunakan berdasarkan hasil survey di lapangan.

TABEL I  
 KOMPONEN PLTS 8 kWp APARTEMEN BALI GEDEG

Nama Komponen	Jumlah
Trina Solar VerteX DE18M(II) 500Wp	16
<i>Microinverter</i> Hoymiles MI-1500	4
<i>Monitoring Dongle</i>	1

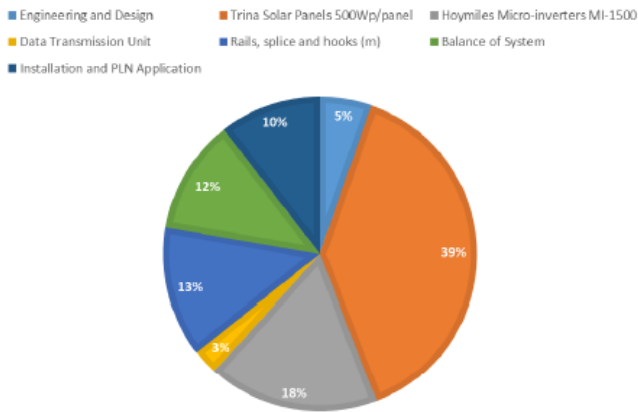
##### C. Biaya Investasi PLTS Atap 8 kWp Apartemen Bali Gedeg

Total biaya yang dikeluarkan untuk sistem PLTS atap 8 kWp adalah sebesar Rp. 119.000.000 yang diperoleh langsung pemilik sistem serta divalidasi ke pihak kontraktor pemasang dan harga di atas sudah termasuk seluruh pajak. Tabel II dan Gambar 7 dibawah berturut-turut merupakan tabel dan grafik *pie* rincian biaya investasi yang dikeluarkan.

TABEL II  
 BIAYA INVESTASI PLTS ATAP 8 kWp

No.	Item	Unit	Satuan	Total Harga (Rupiah)
1	Engineering and Design	1	Set	Rp. 6.379.416
2	Trina Solar Panels 500Wp/panel	16	Pcs	Rp. 46.098.246
3	Hoymiles Micro-inverters MI-1500	4	Pcs	Rp. 21.064.841
4	Data Transmission Unit	1	Set	Rp. 3.194.471
5	Rails, splice and hooks (m)	1	Set	Rp. 15.761.731
6	Balance of System	1	Set	Rp. 14.027.555
7	Installation and PLN Application	1	Set	Rp. 12.473.734
<b>Total</b>				<b>Rp. 119.000.000</b>





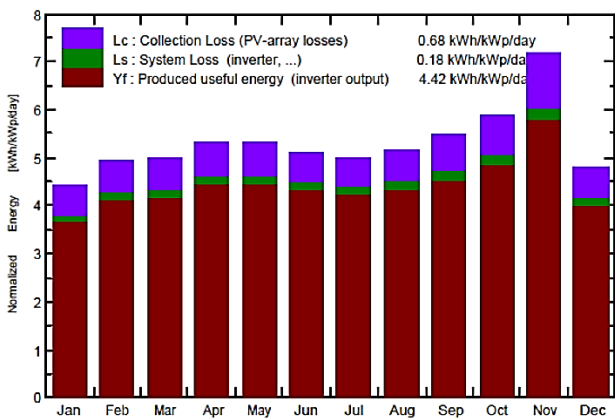
Gambar 7: Grafik Pie Biaya Investasi PLTS Atap 8 kWp

D. Simulasi PLTS Atap 8 kWp Apartemen Bali Gedeg

Simulasi unjuk kerja pada suatu sistem PLTS perlu dilakukan di dalam tahap perencanaan pembangunan yang bertujuan untuk mengetahui potensi produksi energi listrik yang mampu dihasilkan. Simulasi yang didapat menggunakan program Pvsyst dan didalamnya sudah terkandung data-data teknis mengenai sistem PLTS.

Simulasi Pvsyst yang dilakukan menggunakan data meteorologi yang berasal dari Meteoronorm 7.2 dengan tambahan simulasi shading yang terdapat di lokasi PLTS Atap tersebut.

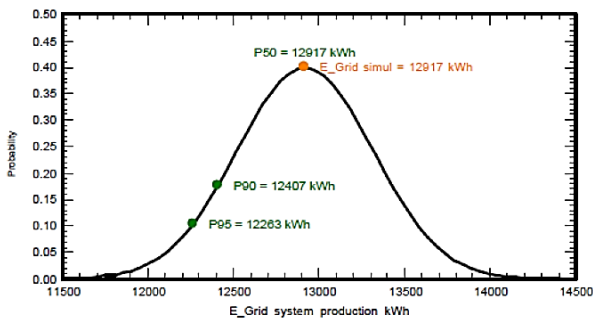
Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 8.00 kWp



Gambar 8: Grafik Potensi Energi Listrik PVsyst

Gambar 8 menunjukkan grafik potensi energi listrik rata-rata harian yang bisa didapat. Bisa dilihat bahwa energi yang bisa dihasilkan dalam 1 hari secara rata-rata sebesar 4.42 kWh/kWp/hari.

Probability distribution



Gambar 9: Grafik Probabilitas Potensi Produksi Energi Tahunan PLTS Atap 8 kWp

Selanjutnya Gambar 9 menunjukkan probabilitas energi yang bisa dibangkitkan. P90 berarti 90% kemungkinan PLTS atap tersebut mampu menghasilkan energi sebesar 12.407 kWh dalam satu tahun. Pada Tabel III bisa diketahui terkait total potensi energi yang bisa dihasilkan setiap bulan serta total dalam 1 tahun pada kolom E\_Grid. Potensi total energi yang bisa dihasilkan dalam 1 tahun adalah sebesar 12.917 kWh.

TABEL III  
HASIL SIMULASI PVSYST ENERGI BULANAN PLTS ATAP 8 kWp

Bulan	E_Array (MWh)	E_Grid (MWh)	PR
Jan	0,950	0,912	0,833
Feb	0,966	0,927	0,839
Mar	1,075	1,033	0,837
Apr	1,112	1,068	0,839
Mei	1,151	1,106	0,842
Jun	1,084	1,042	0,851
Jul	1,095	1,053	0,854
Agu	1,125	1,081	0,849
Sep	1,142	1,095	0,833
Okt	1,261	1,210	0,827
Nov	1,450	1,390	0,808
Des	1,041	1,000	0,841
<b>Tahunan</b>	<b>13,451</b>	<b>12,917</b>	<b>0,837</b>

E. Unjuk Kerja Riil PLTS Atap 8 kWp Apartemen Bali Gedeg

Sistem PLTS pada penelitian ini mulai beroperasi sejak Desember 2021. Oleh sebab itu data unjuk kerja riil dapat diambil data dari monitoring sistem PLTS.

TABEL IV  
DAYA MAKSIMUM DAN PRODUKSI ENERGI PLTS ATAP 8 kWp TAHUN 2022

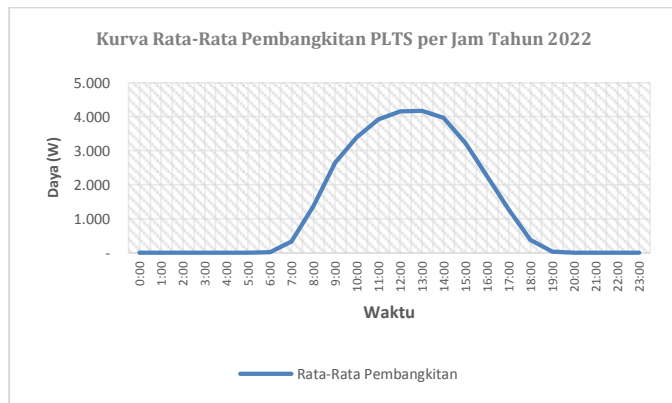
Bulan	Pmax (W)	Produksi Energi Riil (Wh)
Jan	6.120,3	1.105,39
Feb	6.120,1	985,24
Mar	6.120,1	1.074,36
Apr	6.120,0	974,70
Mei	6.120,0	942,22
Jun	6.119,8	812,14
Jul	6.120,0	775,61
Agu	6.120,1	904,77
Sep	6.120,3	899,27
Okt	6.120,1	947,09
Nov	6.120,9	868,50
Des	6.120,1	1.038,17
<b>Rata-Rata/Total</b>	<b>6.120,2</b>	<b>11.327,46</b>

Dari Tabel IV bisa dilihat produksi riil yang dihasilkan oleh sistem PLTS Atap terpasang dari bulan Januari sampai Desember 2022. Dari data tersebut, bulan Januari merupakan bulan dengan produksi tertinggi sebesar 1.105,39 kWh sedangkan bulan Juli merupakan bulan dengan produksi terendah yaitu sebesar 775,61 kWh. Tabel V Menampilkan

TABEL V  
DAYA PEMBANGKITAN RATA-RATA PER JAM PLTS ATAP 8 kWp  
APARTEMEN BALI GEDEG TAHUN 2022

Waktu	Rata-Rata Daya Pembangkitan PLTS per Jam Tahun 2022 (Watt)
00:00	-
01:00	-
02:00	-
03:00	-
04:00	-
05:00	-
06:00	17
07:00	339
08:00	1.370
09:00	2.643
10:00	3.389
11:00	3.913
12:00	4.157
13:00	4.172
14:00	3.974
15:00	3.226
16:00	2.248
17:00	1.251
18:00	381
19:00	42
20:00	-
21:00	-
22:00	-
23:00	-
Total	31.12

Dari Tabel V di atas, diketahui rata-rata daya pembangkitan per jam selama 24 jam dalam kurun waktu 1 tahun sehingga dapat dihasilkan kurva daya pembangkitan rata-rata per jam seperti yang ditampilkan Gambar 10 dibawah.



Gambar 10: Kurva Daya Pembangkitan Rata-Rata PLTS Per-Jam 2022

Dari total produksi PLTS sebesar 11.249,58 kWh di tahun 2022, sebanyak 6.960,58 kWh atau 62% energi PLTS langsung digunakan oleh pelanggan untuk mensuplai beban dan sisanya sebesar 4.289 kWh atau 38% diexport ke jaringan PLN. Pada tahun tersebut PLN masih menerapkan nilai export sebesar 65% oleh sebab itu sisa kWh export yang masih dihargai sebesar 2.787,85 kWh. Total akhir energi yang bisa dihemat pada tahun 2022 adalah 9.748,43 kWh dengan tingkat *solar fraction* rata-rata sebesar 46%. Tabel VI menampilkan total penghematan yang didapat.

A.S. Murti, I.N.S. Kumara, W.G. Ariastina : Analisis Investasi...

TABEL VI  
PENGHEMATAN PLTS ATAP 8 kWp APARTEMEN BALI GEDEG

Bulan	Total Konsumsi Energi (kWh)	Import energi dari PLN (kWh)	Total kWh PLTS (kWh)	Total Tagihan listrik dengan PLTS (Rp)	Total Tagihan listrik tanpa PLTS (Rp)
Jan	1.513,16	925	848,81	Rp. 1.103.173	Rp. 2.513.972
Feb	1.598,76	1.028	821,66	Rp. 1.290.912	Rp. 2.656.188
Mar	1.892,84	1.218	968,64	Rp. 1.548.487	Rp. 3.172.120
Apr	1.915,29	1.304	861,54	Rp. 1.766.348	Rp. 3.209.743
Mei	1.970,49	1.372	840,29	Rp. 1.893.713	Rp. 3.302.250
Jun	1.916,59	1.363	721,94	Rp. 2.002.643	Rp. 3.211.921
Jul	1.620,01	1.104	686,96	Rp. 1.785.863	Rp. 3.099.385
Agu	1.785,22	1.190	798,67	Rp. 1.945.826	Rp. 3.519.481
Sep	1.783,26	1.198	762,71	Rp. 2.012.855	Rp. 3.515.616
Okt	1.850,71	1.283	782,21	Rp. 2.105.514	Rp. 3.648.591
Nov	1.536,70	1.052	774,60	Rp. 1.502.249	Rp. 3.029.535
Des	1.717,55	1.103	880,40	Rp. 1.650.108	Rp. 3.386.072
<b>Total</b>	<b>21.100,58</b>	<b>14.140</b>	<b>9.748,43</b>	<b>Rp. 20.607.690</b>	<b>Rp. 38.264.872</b>

Total tagihan listrik bulanan di tahun 2022 bisa dilihat pada tabel VI di atas. Dengan pemasangan sistem PLTS Atap sebesar 8 kWp, pengurangan antara total tagihan listrik tanpa PLTS dan dengan PLTS memberikan penghematan tagihan total mencapai 17 juta selama tahun 2022.

#### F. Analisis Investasi PLTS Atap 8 kWp

Beberapa metode penilaian investasi dapat digunakan untuk menentukan tingkat kelayakan ekonomi dari suatu investasi yaitu *Net Present Value*, *Payback Period*, *Benefit Cost Ratio*, dan juga *Internal Rate of Return*. Penelitian ini menggunakan metode di atas untuk menentukan kelayakan investasi sistem PLTS Atap 8 kWp dengan membandingkan 3 skenario Peraturan Menteri (Permen) ESDM yaitu Permen ESDM No 48 tahun 2018, Permen ESDM No 26 Tahun 2021 dan Permen ESDM No 02 Tahun 2024.

##### 1. Metode *Net Present Value*

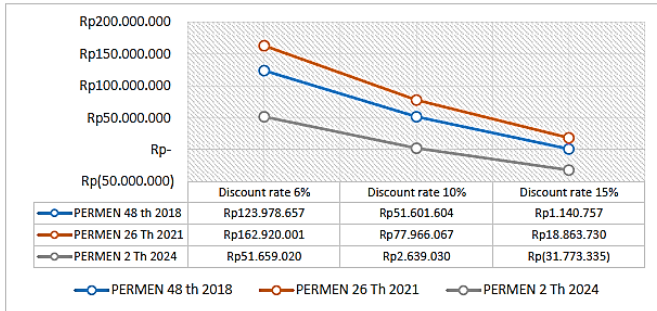
Perhitungan analisis kelayakan pertama akan menggunakan metode NPV dimana metode ini membutuhkan data seperti biaya investasi, arus kas masuk, arus kas keluar dan faktor diskonto. Arus kas masuk didapat melalui perkalian antara tarif listrik dengan total energi listrik tahunan yang dihasilkan dan setiap tahunnya akan terjadi penurunan produksi energi listrik sebesar 1%. Faktor diskonto berfungsi untuk melihat pengaruh suku bunga terhadap suatu investasi. Pada penelitian ini menggunakan 3 nilai diskonto yaitu 6%, 10%, dan 15%.

Skenario Permen ESDM No 48 tahun 2018, Nilai NPV pada setiap nilai diskonto bernilai positif, sehingga investasi tersebut dinyatakan layak. NPV pada tingkat diskonto 6% bernilai sebesar Rp. 123.978.657, untuk tingkat diskonto 10% bernilai sebesar Rp. 51.601.604, dan pada tingkat diskonto 15% bernilai sebesar Rp. 1.140.757.



Skenario Permen ESDM No 26 Tahun 2021, Nilai NPV pada setiap nilai diskonto bernilai positif, sehingga investasi tersebut dinyatakan layak. Nilai NPV pada tingkat diskonto 6% bernilai sebesar Rp. 162.920.001, untuk tingkat diskonto 10% bernilai sebesar Rp. 77.966.067, dan pada tingkat diskonto 15% bernilai sebesar Rp. 18.863.730.

Skenario Permen ESDM No 2 Tahun 2024 Nilai NPV pada tingkat diskonto 6% dan 10% bernilai positif, sehingga investasi tersebut dinyatakan layak namun pada tingkat diskonto 15% bernilai negatif sehingga dinyatakan tidak layak pada tingkat diskonto ini. Nilai NPV pada tingkat diskonto 6% bernilai sebesar Rp. 51.659.020, untuk tingkat diskonto 10% bernilai sebesar Rp. 2.639.030, dan pada tingkat diskonto 15% bernilai sebesar Rp. - 31.773.335.



Gambar 11: Grafik Perbandingan Nilai NPV

Berdasarkan Gambar 11 di atas, Permen ESDM No 48 tahun 2018 dan Permen ESDM No 26 tahun 2021 layak dijalankan pada semua nilai diskonto sedangkan untuk Permen ESDM No 2 tahun 2024 layak dijalankan pada tingkatan diskonto 6% dan 10% sedangkan tingkat diskonto 15% tidak layak karena bernilai negatif.

2. Metode *Internal Rate of Return*

Untuk menentukan tingkat minimum nilai IRR diperlukan batas *Minimum Acceptable Rate of Return* (MARR). Suku bunga acuan BI per Desember 2023 sebesar 6%, imbal hasil sukuk tabungan obligasi sebesar 6,5% dan imbal hasil dari reksadana campuran per 15 Agustus 2023 mencapai 11,7%.

Dari acuan imbal hasil di atas ditetapkan bahwa MARR yang digunakan adalah 11%. Berdasarkan persamaan (3) dapat dicari nilai IRR untuk seluruh skenario pada perhitungan dibawah.

Perhitungan IRR pada skenario Permen ESDM No 48 tahun 2018 :

$$IRR = 6\% + \frac{Rp. 123.978.657}{Rp. 123.978.657 - Rp. 1.140.757} (15\% - 6\%) = 15,08\%$$

Perhitungan IRR pada skenario Permen ESDM No 26 tahun 2021:

$$IRR = 6\% + \frac{Rp. 162.920.001}{Rp. 162.920.001 - Rp. 18.863.730} (15\% - 6\%) = 16,18\%$$

Perhitungan IRR pada skenario Permen ESDM No 2 tahun 2024:

$$IRR = 6\% + \frac{Rp. 51.659.020}{Rp. 51.659.020 - (-Rp. 31.773.335)} (15\% - 6\%) = 11,57\%$$

Dari perbandingan hasil perhitungan di atas, diketahui bahwa nilai IRR pada semua skenario Permen ESDM sudah mampu melampaui nilai MARR yang ditetapkan di atas sehingga semua skenario di atas dinyatakan layak untuk dilakukan.

3. Metode *Benefit Cost Ratio*

Secara umum BCR dihitung dengan membagi nilai sekarang dari manfaat dengan nilai sekarang dari biaya. Jika Nilainya lebih dari 1 maka investasi layak untuk dilakukan dan jika nilainya kurang dari satu maka investasi tidak layak untuk dilakukan.

Perhitungan BCR pada skenario Permen ESDM No 48 tahun 2018:

$$BCR = \frac{Rp. 274.456.826}{Rp. 192.478.800} = 1,43$$

Perhitungan BCR pada skenario Permen ESDM No 26 tahun 2021 :

$$BCR = \frac{Rp. 313.398.169}{Rp. 192.478.800} = 1,63$$

Perhitungan BCR pada skenario Permen ESDM No 2 tahun 2024 :

$$BCR = \frac{Rp. 202.137.188}{Rp. 192.478.800} = 1,05$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa skenario Permen ESDM No 48 tahun 2018 dan Permen ESDM No 26 tahun 2021 sangat layak untuk dijalankan sedangkan skenario Permen ESDM No 2 tahun 2024 walaupun nilainya lebih dari 1 namun sangat tipis dengan nilai 1 sehingga perlu dipertimbangkan kembali investasi pada skenario ini.

4. Metode *Payback Period*

Jangka waktu investasi PLTS Atap 8 kWp ini adalah 25 tahun berdasarkan garansi performa dari panel surya. Setiap skenario memiliki arus kas kumulatif masing-masing. Skenario Permen ESDM No 48 tahun 2018 memiliki rata-rata arus kas bersih yang masuk selama 25 tahun sebesar Rp. 19.375.624, skenario Permen ESDM No 26 tahun 2021 memiliki rata-rata arus kas bersih yang masuk selama 25 tahun sebesar Rp.22.639.653 dan skenario Permen ESDM No 2 tahun 2024 memiliki rata-rata arus kas bersih yang masuk selama 25 tahun sebesar Rp. 13.313.857. Dengan investasi awal sebesar Rp. 119.000.000 maka didapat *payback period* setiap skenario berturut-turut 6,4 tahun, 5,7 tahun, dan 8,6 tahun. Dengan perhitungan yang sama menggunakan arus kas bersih terdiskonto 6%, maka *payback period* setiap skenario berturut-turut 8,3 tahun, 7,2 tahun, dan 13,9 tahun.

skenario Permen ESDM No 26 Tahun 2021 memiliki waktu pengembalian modal yang paling cepat dari skenario yang lain karena seluruh energi yang di export dari PLTS ke PLN dinilai 100% sehingga tidak ada energi yang terbuang. Sedangkan skenario Permen ESDM No 2 Tahun 2024 memiliki pengembalian modal yang paling lama karena energi yang di export dinilai 0% atau bisa dikatakan energi tersebut terbuang percuma. Berdasarkan perhitungan di atas, seluruh skenario layak untuk dijalankan karena waktu pengembalian modal kurang dari 25 tahun.

V. KESIMPULAN



Bali Gedeg Loft Apartment merupakan salah satu akomodasi pariwisata di Bali yang melakukan pemasangan PLTS Atap sebesar 8 kWp dengan tujuan untuk menghemat tagihan listrik PLN. Sistem PLTS Atap tersebut memerlukan biaya investasi sebesar Rp. 119.000.000,- dengan jangka waktu investasi selama 25 tahun dimana hal tersebut mengacu pada garansi performa dari panel surya. Metode analisis investasi yang digunakan yaitu PP, BCR, IRR dan NPV. Berdasarkan perbandingan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semua skenario Permen ESDM memberikan kelayakan pada investasi PLTS Atap 8 kWp. Namun skenario Permen ESDM No 26 tahun 2021 mampu memberikan tingkat investasi yang paling layak dan paling menguntungkan dengan nilai IRR sebesar 16,18% dan nilai NPV sebesar Rp.162.920.001 serta masa pengembalian modal yang paling cepat yaitu 7,2 tahun jika menggunakan tingkat diskonto sebesar 6%. Oleh sebab itu Permen ESDM No 26 tahun 2021 merupakan aturan yang memberikan dampak paling positif diantara aturan Permen ESDM lain terkait PLTS untuk terus memberikan stimulus serta menarik minat masyarakat yang lebih luas dalam hal pembangunan PLTS Atap dan dalam rangka membantu mencapai target RUEN serta ikut berperan serta dalam pengembangan energi bersih di Indonesia. Namun Permen ESDM No 48 tahun 2018 masih layak untuk dipertimbangkan karena memberikan hasil investasi yang mendekati sama pada nilai BCR dan IRR dengan Permen ESDM No 26 tahun 2021 serta mampu memberikan solusi yang saling menguntungkan baik bagi pemerintah serta masyarakat.

#### REFERENSI

- [1] KESDM, "Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) Indonesia," 2008. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/potensi-energi-baru-terbarukan-ebt-indonesia>
- [2] K. Sumariana, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, "Desain dan Analisa Ekonomi PLTS Atap untuk Villa di Bali," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 3, p. 337, 2019, doi: 10.24843/mite.2019.v18i03.p06.
- [3] G. Riawan, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, "Analisis Performansi dan Ekonomi PLTS Atap 10 kWp pada Bangunan Rumah Tangga di Desa Batuan Gianyar," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 21, no. 1, p. 63, 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i01.p09.
- [4] KESDM, "Pemerintah Optimis Tingkatkan Pemanfaatan Potensi EBT," 2023. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2023/05/10/3479/pemerintah.optimis.tingkatkan.pemanfaatan.potensi.ebt>
- [5] A. C. A. Pradiya Tampubolon, "Laporan Status Energi Bersih Indonesia," *Iesr*, pp. 1–23, 2019, [Online]. Available: [www.iesr.or.id](http://www.iesr.or.id)
- [6] P. Agung, "Kementerian ESDM," 2023. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/dirjen-ebtke-kapasitas-terpasang-pembangkit-ebt-2022-lebihi-target>
- [7] Gubernur Bali, "Bali Energi Bersih," *PERGUB BALI No. 45 Tahun 2019*, 2019.
- [8] I. N. S. Kumara *et al.*, "Peta Jalan Pengembangan PLTS Atap: Menuju Bali Mandiri Energi Bersih, Center for Community Based Renewable Energy (CORE), Greenpeace Indonesia," 2019, [Online]. Available: <http://ebtke.esdm.go.id/post/2020/03/02/2491/menuju.bali.mandiri.energi.bersih>
- [9] BPS Provinsi Bali, *Provinsi Bali Dalam Angka*. 2022.
- [10] Kementerian ESDM Republik Indonesia, "Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Thn 2018 Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT. PLN (Persero)," p. 18, 2018.
- [11] U. Simanjuntak, "Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021 Disepakati, Indonesia targetkan tercapainya target 3,6 GW PLTS Atap di tahun 2025," 2022. <https://iesr.or.id/permen-esdm-nomor-26-tahun-2021-disepakati-indonesia-targetkan-tercapainya-target-36-gw-plts-atap-di-tahun-2025>
- [12] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum, Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2021," *Menteri Energi dan Sumber Daya Miner. Republik Indones.*, no. 948, 2021, [Online]. Available: [www.peraturan.go.id](http://www.peraturan.go.id)
- [13] A. Bagaskara, D. Kurniawan, H. M. Bintang, R. J. Suryadi, and S. N. Firdausi, "Indonesia Solar Energy Outlook 2023 The emergence of solar PV in Fueling Indonesia's Energy Transition 2 Authors (Alphabetically): Indonesia Solar Energy Outlook 2023," pp. 1–42, 2022, [Online]. Available: <https://iesr.or.id/pustaka/indonesia-solar-energy-outlook-2023>
- [14] Kementerian ESDM Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia nomor 2 Tahun 2024 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Yang Terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum," *Mentri Energi dan Sumber Daya Miner.*, vol. 2024, pp. 1–35, 2024, [Online]. Available: [https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Permen\\_ESDM\\_Nomor\\_2\\_Tahun\\_2024.pdf](https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Permen_ESDM_Nomor_2_Tahun_2024.pdf)
- [15] M. S. ing. Bagus Ramadhani, "Dos & Don ' ts," 2018.
- [16] E. P. Aji, P. Wibowo, and J. Windarta, "Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem On Grid di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 1, pp. 15–27, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13158.
- [17] A. Pandey, P. Pandey, and J. S. Tumuluru, "Solar Energy Production in India and Commonly Used," pp. 1–26, 2022.
- [18] Suhendar, *Dasar-dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, vol. 1, no. March. 2022.
- [19] Ross, Westerfield, and Jordan, *Fundamentals of Corp. Finance*, vol. 53, no. 9. 2010.
- [20] PVsyst, *pvsyst-tutorial-v6-grid-connected-en*, no. May. 2017. [Online]. Available: <https://www.pvsyst.com/wp-content/pdf-tutorials/pvsyst-tutorial-v6-grid-connected-en.pdf>



{Halaman ini sengaja dikosongkan}