

STUDI EKONOMIS PENGGUNAAN PLTS ROOFTOP 3 KWP FRAMELESS WITH ON-GRID SYSTEM PADA PELANGGAN R/4400 VA

I Komang Widi Astawa¹, Ida Ayu Dwi Giriantari², I Wayan Sukerayasa³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

³Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: widiastawa2@gmail.com¹

ABSTRAK

PLTS adalah salah satu teknologi energi terbarukan yang bersumber dari energi yang berkelanjutan yaitu matahari. Potensi energi surya yang sangat tinggi menjadikan Bali salah satu tujuan pengembangan energi terbarukan. Penelitian ini berfokus kepada produksi energi PLTS, penghematan biaya listrik dan mencari tahu apakah menguntungkan atau tidak diinvestasikan pada lokasi, khususnya pada salah satu area SARBAGITA yang berlokasi di Perum Nuansa Jimbaran ditinjau dari segi ekonomi. Metode yang digunakan adalah analisis ekonomi kelayakan investasi, dengan indikator pendukung seperti DF, NPV, BCR, DPP, LCC, COE dan CRF dengan mempertimbangkan aspek ekonomi. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa pada harga jual energi PLTS ke PLN sebesar Rp 1.444,70/kWh, dengan biaya investasi PLTS Rp 61.274.248 dapat menghasilkan penghematan Rp 5.078.700/tahun dan pendapatan kumulatif tahun ke-25 Rp 109.341.618. Sensitivitas harga sangat berpengaruh terhadap biaya pendapatan PLTS. COE pada harga jual energi Rp 2.888/kWh, juga dapat menunjukkan kelayakan investasi sehingga investasi dapat dikatakan menguntungkan secara ekonomis.

Kata Kunci: PLTS, Investasi, Aspek Ekonomi

ABSTRACT

PLTS is one of the renewable energy technologies sourced from sustainable energy, namely the sun. The potential for solar energy is quite good, making Bali one of the targets for the energy mix. This research focuses on the production of PV mini-grid energy, saving electricity costs and finding out whether it is profitable or not to invest in the location, especially in one of the SARBAGITA areas located in Perum Nuansa Jimbaran from an economic point of view. The method used is an economic analysis of investment feasibility, with supporting indicators such as DF, NPV, BCR, DPP, LCC, COE and CRF by considering economic aspects. Yield of this study found that the selling price of PLTS power to PLN was IDR. 1,444.70/kWh, investment cost PLTS is IDR. 61,274,248, it can generate savings of IDR. 5,078,700/year and cumulative income for the 25th year is IDR. 109,341,618. Price sensitivity is very influential on the cost of PV mini-grid revenue. COE at the energy selling price of IDR 2,888/kWh, can also show the feasibility of the investment so that the investment can be said to be economically profitable.

Keywords: PLTS, Investment, Economic Aspect

1. PENDAHULUAN

Cahaya surya merupakan pusat intesitas energi yang tidak terbatas dan juga difungsikan sebagai *supply* pembangkitan fotovoltaik. Indonesia memiliki kapasitas PLTS yang dapat dicapai sebesar 0,87 GW. Menurut skema pembangunan energi mengacu kepada pengembang sumber energi nasional, dihasilkan energi 80 MW pada tahun 2010 hingga tahun 2024 menjadi 400 MW [1].

Penelitian PLTS di Bali sudah banyak dilakukan, yaitu pada skala besar adalah PLTS Kayubih yang menyumbang kapasitas PLTS sebesar 1 MWp dengan performa rasio berada pada 83,6% [2]. Adapun PLTS yang berlokasi di Kantor Gubernur Bali yang memanfaatkan atap gedung sebagai penempatan PLTS dengan sistem *on-grid* berkapasitas 158 kWp yang berfokus pada pembangkitan produksi energi [3]. PT. Indonesia Power juga telah berpartisipasi dalam pembangunan EBT dengan memasang PLTS *rooftop* berkapasitas 24 kW yang telah dilakukan peninjauan teknis terhadap kualitas komponen dan konfigurasi pemasangannya [4]. Gedung sekolah di Kota Denpasar juga ikut serta mendukung pembangunan EBT dengan potensi PLTS yang terpasang pada sudut kemiringan atap 30,96° dapat menghasilkan 3.214,6 kWh [5]. Sistem *Smart Microgrid* yang telah diterapkan pada Universitas Udayana dengan kapasitas PLTS 26,4 kWp dapat menghasilkan energi per tahun sebesar 38.948 kWh melalui penelitian terhadap unjuk kerja dari sistem PLTS [6]. Perancangan sistem pompa irigasi PLTS untuk pertanian Subak Semaagung memiliki tujuan untuk mengatasi kekurangan air setiap tahunnya, maka dirancang PLTS dengan kapasitas 52,14 kW untuk mensuplai luas lahan pertanian kurang lebih 55 hektar dengan anggaran investasi sebesar Rp 1.168.137.010 [7]. PLN Distribusi Bali telah melakukan pemasangan PLTS *rooftop on-grid* di dua lokasi yang berbeda, yaitu di gedung PLN Distribusi Bali dengan kapasitas 30 kW berjumlah 120 unit dan pada gedung PLN Area Bali Selatan berkapasitas 10 kW dengan total 38 unit [8].

Riset terhadap kemampuan PLTS di Bali terfokus pada kawasan SARBAGITA yang berada bagian Selatan Bali, mengacu kepada data tahun 2017, secara ekonomi

dari sisi penghasilan asli daerah di Bali sebagian besar berada di kawasan SARBAGITA sebesar 60% dari Rp 17,7 triliun. Dari 1.081.694 pelanggan listrik, 65% terpusat pada area Selatan dengan menyokong sebesar 5,7 triliun kWh atau 51% dari sistem kelistrikan di Bali. Perkembangan PLTS di Bali telah mencapai 3,71 MWp pada tahun 2020 [9], sehingga pembangunan PLTS harus terus diupayakan baik skala besar maupun skala kecil untuk mencapai target RUEN.

Penelitian ini menggunakan energi yang dihasilkan PLTS dengan data ekspor impor energi ke PLN selama 6 bulan beroperasi. Sesuai dengan Permen ESDM No. 49 tahun 2018, energi ekspor akan dihitung 65% dari total energi dengan harga jual energi sebesar Rp 1.444,70/kWh [10]. Hasil kajian ini berfokus pada besarnya penghematan tagihan listrik, serta keuntungan pemasangan PLTS pada lokasi Perum Nuansa Jimbaran serta diharapkan guna difungsikan menjadi sumber percontohan bagi masyarakat untuk meningkatkan minat terhadap PLTS *rooftop*.

2. KAJIAN PUSTAKA

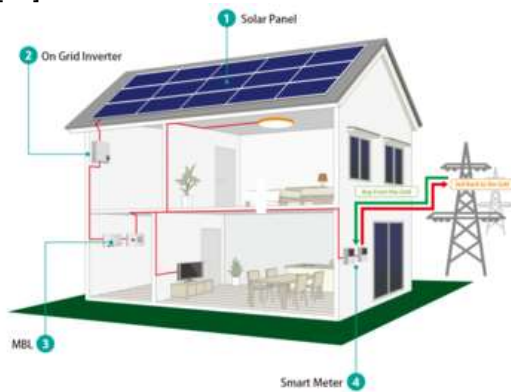
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari untuk mengubah radiasi foton matahari menjadi energi listrik melalui sel surya. PLTS menggunakan sinar matahari untuk menghasilkan arus searah, yang dapat diubah menjadi arus bolak-balik jika diperlukan. PLTS bersifat mandiri, dapat langsung terkoneksi ke jaringan listrik dan bisa juga bekerjasama dengan pembangkit listrik lain. Pembangunan PLTS akan meningkatkan laju elektrifikasi dan lebih memenuhi kebutuhan konsumen akan listrik [11].

2.2 PLTS *Rooftop*

Sistem fotovoltaik atap adalah sistem fotovoltaik yang lebih kecil dari sistem fotovoltaik yang dipasang di tanah. Sistem fotovoltaik atap dipasang di atap perumahan, bangunan komersial atau kompleks industri. Energi listrik yang dihasilkan oleh sistem dapat dimasukkan ke dalam jaringan sepenuhnya dan disesuaikan dengan tarif yang berlaku atau dapat digunakan untuk konsumsi sendiri

dengan pengukuran net metering. Melalui sistem net metering ini, produksi listrik pelanggan akan mengimbangi listrik dari sistem jaringan (PLN) seperti gambar 1 [11].



Gambar 1. PLTS Rooftop [12]

2.3 Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik

Menurut Permen ESDM No. 28 Tahun 2016 [13] mengenai harga beli energi listrik yang dikelola PLN dan dikaji ulang kembali pada Permen ESDM No.3 Tahun 2020 [14], bila berlaku pertukaran dengan aturan faktor terhadap ekonomi makro kurs (Indonesian Crude Price), maka yang ditaksir menurut 3 bulan, tentu dilaksanakan perubahan tarif tenaga listrik.

2.4 Prospek PLTS di Bali Tahun 2050

Berdasarkan penelitian yang ditulis oleh Pawitra dkk [15] tentang status PLTS di Bali, kemajuan PLTS di Bali telah mencapai 3,71 MWp pada tahun 2020 atau telah mencapai 3,44% dari target RUEN. Menurut data dalam 14 tahun terakhir peningkatan rata-rata pertahun senilai 7,14% yaitu sebesar 265,18 kWp. Saat ini kapasitas PLTS terbesar di Bali berada di Kabupaten Karangasem dengan total kapasitas 1.106 kWp (29,79%) dari total kapasitas di Bali. Kapasitas PLTS terendah di Bali berada di Kabupaten Jembrana sebesar 10 kWp (0,27%).



Gambar 2. Prospek PLTS Bali [15]

Penggunaan PLTS di Bali digunakan dalam berbagai fungsi, dimana kapasitas tertinggi digunakan sebagai utilitas sebesar 58,64% dan kapasitas terkecil difungsikan untuk pompa air sebesar 0,55%. Sistem PLTS terhubung ke PLN (on-grid) lebih dominan di Bali mencapai 87%, sementara itu yang terkecil didominasi oleh sistem hibrida sebesar 6% dari keseluruhan PLTS terpasang di Bali. Berdasarkan gambar 2, untuk mencapai target RUEN sebesar 108 MWp pada tahun 2025, maka pembangunan terhadap PLTS di Bali harus mencapai total kapasitas terpasang sebesar 17,38 MWp per tahun hingga tahun 2025 [15].

2.5 Perhitungan Ekonomis

Pembangkit listrik tenaga surya sangat bergantung pada sinar matahari, sehingga diperlukan perhitungan faktor ekonomi yang baik. Perhitungan yang baik dapat menjadikan keuntungan di masa depan, perhitungan meliputi perhitungan daya yang dibangkitkan PLTS, perhitungan *area array*, faktor diskonto dan teknik analisis ekonomi kelayakan investasi. Beberapa perhitungan ini dapat digunakan pada studi ekonomis terhadap PLTS yang sudah beroperasi, dan yang membedakan perhitungan perencanaan dengan studi evaluasi adalah indikator, serta acuan terhadap pengolahan data dalam kalkulasi berbeda (terbaru).

2.5.1 Ekspor Impor Energi Listrik Pelanggan ke PLN

Transaksi kredit energi listrik pelanggan pada akhir bulan dihitung menggunakan persamaan 1:

$$\text{Tagihan Listrik Pelanggan (kWh)} = \text{Jumlah kWh Impor} - 65\% \text{ Nilai kWh Ekspor (1)}$$

Dengan:

Jumlah kWh Ekspor = Jumlah energi yang diekspor konsumen ke jaringan

Nilai kWh Impor = Total energi yang telah dipakai konsumen melalui PLN.

2.5.2 Faktor Diskonto

Pertimbangan sah terhadap keuntungan dimasa depan dengan biaya pembayaran masa kini merupakan keadaan yang susah diterapkan, karena adanya pengaruh nilai uang terhadap waktu. Adapun faktor diskonto dicari dengan persamaan 2 [16]:

$$DF = \frac{1}{(1+i)^1} \quad (2)$$

Dengan:

DF = Faktor Diskonto

i = Tingkat Diskonto

n = Periode (dalam tahun)

2.6 Teknik Analisis Ekonomi Kelayakan Investasi

Saat menganalisis kelayakan ekonomi suatu proyek teknik tidak hanya memerlukan prinsip teknis dan ekonomi, tetapi juga membantu membuat keputusan tentang urusan pribadi yang mungkin berdampak finansial di masa depan. Ilmu ekonomi teknis dapat memberikan pemahaman pengambilan keputusan berdasarkan parameter ekonomi, termasuk: tingkat pengembalian, nilai arus bersih sekarang, persentase penghasilan dengan pendanaan.

2.6.1 Net Present Value (NPV)

Metode rencana investasi atau metode lain yang layak dipilih, semua prakiraan arus kas masa depan harus dinyatakan dalam nilai sekarang yang setara atau didiskontokan sebagai dasar perbandingan Berikut ini adalah kriteria efisiensi ekonomi dalam analisis nilai sekarang. Untuk menghitung NPV, gunakan persamaan 3 berikut [16]:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - \text{Initial Investment (II)} \quad (3)$$

Dengan:

NCFt = Arus kas bersih selama masa umur teknis PLTS

II = Investasi awal (Initial Investment)

i = Tingkat diskonto

n = Periode dalam tahun (umur investasi)

2.6.2 Benefit Cost Ratio (BCR)

BCR merupakan teknik yang sekali waktu dipakai untuk kajian tambahan guna memastikan akhir dari analisis yang telah dikalkulasikan menggunakan teknik lain. Teknik perbandingan terhadap keuntungan dengan dana tersebut mengutamakan komparasi antara keuntungan yang didapat terhadap dana dan pendanaan yang harus mendukung pendanaan termuat. Untuk melaksanakan kalkulasi terhadap keuntungan dengan biaya menggunakan persamaan 4 [16]:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = \frac{EUAB}{EUAC} \quad (4)$$

Dengan:

BCR = Benefit Cost Ratio

B = Benefit (keuntungan)

C = Cost (pengeluaran)

2.6.3 Discounted Payback Period (DPP)

Lama pemulihan dana merupakan durasi yang diperlukan guna memulihkan angka penanaman modal menggunakan penghasilan dari hal yang diinvestasikan. *Discounted payback period* merupakan waktu pemulihan modal yang dikalkulasikan memakai faktor diskonto. Perhitungan *discounted payback period* dikalkulasikan melalui arus kas kumulatif nilai masa kini terhadap arus kas pada saat pemodal dana awal. Standar yang menentukan rencana (proyek) yang dilaksanakan memenuhi ketentuan seperti [16]:

1. Bila batas waktu pengembalian modal lebih singkat daripada umur proyek, maka penanaman modal dinyatakan sebanding.
2. Bila batas waktu pengembalian modal lebih panjang daripada umur proyek, maka penanaman modal dinyatakan tidak sebanding.

2.6.4 Life Cycle Cost (LCC)

LCC merupakan total modal yang diinvestasikan terhadap sebuah proyek sepanjang masa sistem menggunakan persamaan 5 [16]:

$$LCC = I + POpw + Rpw \quad (5)$$

Dengan:

LCC = Biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*).

I = Modal awal merupakan dana permulaan yang digunakan guna membeli bagian-bagian PLTS, dana pengeluaran pemasangan dan dana komponen tambahan lainnya.

POpw = Nilai modal masa kini untuk keseluruhan dana perawatan dan fungsional sepanjang umur teknis.

RPW = Nilai modal masa kini guna mengkonversikan dana pengeluaran sepanjang umur teknis.

2.6.5 Cost of Energy (COE)

Kalkulasi dana energi sebuah PLTS didapatkan dari *life cycle cost*, *capital recovery factor* dan penghasilan PLTS tahunan melalui persamaan 6 [16]:

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{kWh} \quad (6)$$

Dengan:

COE = Biaya energi (Rp/kWh).

CRF = Faktor pemulihan modal.

kWh = Energi yang dibangkitkan tahunan (kWh/tahun).

2.6.6 Capital Recovery Factor (CRF)

Nilai pemulihan modal yaitu instrumen yang penting untuk mengatur perubahan total *life cycle cost* agar tercapai suatu pengeluaran yang sama per tahun. Faktor pemulihan modal diperoleh dengan persamaan 7 [16]:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (7)$$

Dengan:

CRF = Faktor pemulihan modal

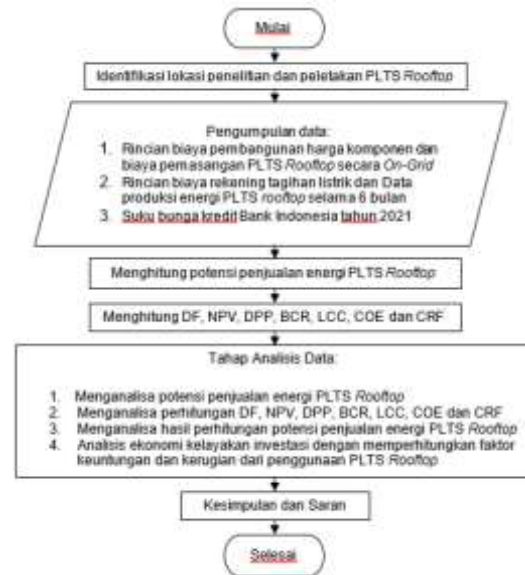
i = Tingkat diskonto

n = Periode dalam tahun (umur investasi)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Perumahan Jl. Nuansa Udayana Utara IV No.31 Jimbaran, Kabupaten Badung. Riset dijalankan mulai bulan Maret hingga

Agustus 2021. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3:



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Berikut penjelasan pada gambar 3:

Langkah 1. Pengumpulan Data

Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data, diantaranya data rincian pembelian komponen, data produksi energi harian PLTS dan tagihan bulanan yang diperoleh dari UP3 Bali Selatan.

Langkah 2. Perhitungan Manual

Menghitung beberapa faktor ekonomi, yaitu *discount factor*, *benefit cost ratio*, *net present value*, *cost of energy*, *capital recovery factor*, *life cycle cost* dan *discounted payback period*.

Langkah 3. Analisis Ekonomi Kelayakan Investasi

Analisis dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penghematan penggunaan PLTS *rooftop* dan mengetahui lama pengembalian modal untuk mendapatkan keuntungan.

Langkah 4. Kesimpulan

Melakukan determinasi yang didapatkan melalui *result* riset.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Biaya Investasi PLTS Rooftop On-Grid

Biaya investasi awal meliputi dari pembelian komponen untuk membangun sebuah sistem PLTS *rooftop* secara *on-grid*. Selanjutnya adalah tabel 2 rincian anggaran investasi awal menurut riset, yaitu:

Tabel 2. Rincian Biaya Investasi

Description	Qty	Sat	Unit Price	Total Price
<i>Direct Cost</i>				
PV module (J-leaf ST48M253TGP, 255Wp)	12	Unit	Rp 2.362.500	Rp 28.350.000
Growatt MIC 3000TL-X (1 phase on grid 13 A/14,3 A)	1	Unit	Rp 12.723.750	Rp 12.723.750
<i>Indirect Cost</i>				
Metal support Profil C (0,75)	1	Ls	Rp 3.375.000	Rp 3.375.000
Panel Control	1	Unit	Rp 1.366.200	Rp 1.366.200
DC cable/AC cable/Accessories	1	Ls	Rp 1.768.230	Rp 1.768.230
Installation	1	Ls	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000
Transportation	1	Ls	Rp 2.160.000	Rp 2.160.000
Commissioning	1	Ls	Rp 1.350.000	Rp 1.350.000
PLN Instalasi (SLO + kWh EXIM)	1	Ls	Rp 5.400.000 Total Discount 10 % Grand Total PPN 10% Total	Rp 61.893.180 Rp 6.189.318 Rp 55.703.862 Rp 5.570.386 Rp 61.274.248

Berdasarkan tabel 2, Sistem PLTS *on-grid* di Jl. Nuansa Udayana Utara IV No.31 memiliki 2 jenis biaya yaitu:

1. *Direct cost* adalah 12 unit PV Modul J-Leaf dan 1 unit inverter Growatt MIC 3000TL-X.
2. *Indirect cost* adalah Baja ringan, panel control, cable ac/dc dan aksesorisnya, instalasi, transportasi pengiriman barang, uji coba dan PLN instalasi berupa kwh EXIM dan pengurusan SLO.

Pengeluaran total terhadap modal pendanaan senilai Rp 61.274.248. Untuk total dana pembelian *component* dan pemasangan PLTS dihitung dari kontraktor yaitu PT Fuji Home Japan.

4.2 Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Biaya PO pertahun 1-2% dari investasi awal. 1% ditentukan melalui parameter cuaca di Indonesia, karena Indonesia hanya mengalami 2 musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan sehingga biaya pemeliharaan tidak sebesar jika dibandingkan dengan negara 4 musim. Dengan *I (indirect cost)* terlihat pada tabel 2, maka PO dapat dihitung menggunakan persamaan 8:

$$PO = 1\% \times I \quad (8)$$

$$PO = 1\% \times (Rp 28.350.000 + Rp 12.723.750)$$

$$PO = 1\% \times Rp 41.073.750$$

$$PO = Rp 410.737 \text{ per – tahun}$$

4.3 Perhitungan Beban Tanpa PLTS

Perhitungan beban tanpa PLTS digunakan sebagai perbandingan besar penghematan terhadap penggunaan beban dengan PLTS, dimana pembangkitan energi pada bulan Maret 348 kWh dengan total energi terekspor ke PLN 132 kWh, maka beban siang dapat dihitung menggunakan persamaan 9:

$$\text{Beban Siang} = \text{Pembangkitan PLTS} - \text{kWh Ekspor} \quad (9)$$

$$\text{Beban Siang Hari} = 348 \text{ kWh} - 132 \text{ kWh} = 216 \text{ kWh}$$

Perhitungan untuk beban siang hari didapatkan 216 kWh pada bulan Maret, maka untuk menentukan kWh tanpa PLTS dengan energi impor 285 kWh (energi yang telah digunakan), maka dapat dihitung dengan persamaan 10:

$$\text{kWh tanpa PLTS} = \text{kWh Impor} + \text{Beban Siang} \quad (10)$$

$$\text{kWh tanpa PLTS} = 285 \text{ kWh} + 216 \text{ kWh} = 501 \text{ kWh}$$

Hasil perhitungan didapatkan total pemakaian beban atau kWh tanpa PLTS sebesar 501 kWh pada bulan Maret, menggunakan rumus 9 dan 10, data kalkulasi yang diperoleh seperti tabel 3:

Tabel 3. Beban Tanpa PLTS

Bulan	Produksi PLTS (kWh)	Daya Ekspor (kWh)	Beban Siang Hari (kWh)	Ekspor 65 % ke PLN (kWh)	Daya Impor (kWh)	Pemakaian Beban Tanpa PLTS (kWh)
Maret	348	132	216	86	285	501
April	410	92	318	60	488	806
Mei	456	135	321	88	541	862
Juni	419	203	216	132	438	654
Juli	387	260	127	169	205	332
Agustus	378	264	114	172	143	257

4.4 Perhitungan Biaya Penjualan Energi PLTS

Perhitungan Penjualan energi sesuai Permen ESDM No.49 tahun 2018 menyatakan, bahwa pembelian tenaga listrik fotovoltaik ditetapkan sebesar 65% energi dari total energi yang diekspor dengan persamaan 1:

$$\text{Penjualan Energi PLTS} = 132 \text{ kWh} \times 65\% = 86 \text{ kWh}$$

Maka untuk pendapatan pada penjualan energi PLTS Rp 1.444,70/kWh, didapatkan hasil seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Penjualan Energi Ekspor 65% PLTS

Bulan	kWh Jual	Pendapatan (Rp)
Maret	86	124.244
April	60	86.640
Mei	88	127.072
Juni	132	190.608
Juli	169	244.036
Agustus	172	248.368
Total	707	1.021.403

Sesuai tabel 4 penjualan energi per tahun diasumsikan dua kali total pendapatan energi yaitu Rp 2.042.806.

Perhitungan pembayaran tanpa PLTS pada bulan Maret, dengan beban total pemakaian sebesar 501 kWh mengacu pada tabel 3. Maka untuk pembayaran dapat dihitung menggunakan persamaan 11:

$$\begin{aligned} \text{Pembayaran (Rp)} &= \text{Energi} \times \text{Harga Energi} \times \text{PPN (11)} \\ \text{Pembayaran (Rp)} &= 501 \text{ kWh} \times 1.444,70/\text{kWh} \times 10\% \\ \text{Pembayaran (Rp)} &= \text{Rp } 759.985 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan pembayaran tanpa PLTS memiliki perbedaan pada perhitungan dimana jika kita menjual energi ke PLN maka tidak ada PPN yang berlaku, sedangkan jika kita menggunakan energi PLN, pembayaran energi ditambahkan dengan PPN 10%, karena biaya tersebut termasuk dalam pajak penerangan jalan sehingga penggunaan listrik dari pemerintah akan dikenakan PPN sebesar 10%. Maka dari persamaan 11 didapatkan hasil pembayaran energi tanpa PLTS sesuai pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Pembayaran Tanpa PLTS

Bulan	kWh Jual	Pembayaran (Rp)
Maret	501	759.985
April	806	1.222.649
Mei	862	1.307.598
Juni	654	992.076
Juli	332	503.622
Agustus	257	389.852
Total	3.412	5.175.782

Pada tabel 5 tagihan energi per tahun diasumsikan dua kali total pembayaran energi yaitu Rp 10.351.564.

4.5 Perhitungan Penghematan Biaya Listrik

Penghematan dihitung dari pengurangan antara penjualan energi PLTS terhadap pembayaran energi tanpa PLTS, dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Penghematan Setelah Menggunakan PLTS

Bulan	kWh Tanpa PLTS	Pembayaran tanpa PLTS	kWh dengan PLTS	Pembayaran dengan PLTS	Selisih kWh	Penghematan
Maret	501	759.985	199	301.870	302	458.115
April	806	1.222.649	428	649.249	378	573.402
Mei	862	1.307.598	453	687.171	409	620.426
Juni	654	992.076	306	464.182	348	527.894
Juli	332	503.622	176	266.980	156	236.642
Agustus	257	389.852	176	266.980	81	122.872
Total	3.412	5.175.782	1.738	2.638.432	1.674	2.539.350

Berdasarkan tabel 6 maka data dalam 1 tahun pembayaran dengan PLTS Rp 5.272.864 dan penghematan sebesar Rp 5.078.700 dari Rp 10.351.564 atau 49%, hal ini terjadi ketika terjadinya losses akibat bayangan awan, temperatur tinggi dan hujan.

4.6 Discount Factor (DF)

Nilai besaran DF dipengaruhi oleh tingkat diskonto (i) yang digunakan pada penelitian ini untuk menghitung nilai sekarang adalah sebesar 3,5%. Indikator tingkat diskonto ini berdasarkan data suku bunga kredit bank Indonesia tahun 2021 yaitu sebesar 3,5%. Maka DF dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2:

$$DF = \frac{1}{(1 + 3,5\%)^1} = 0,97$$

$$DF = \frac{1}{(1 + 3,5\%)^{25}} = 0,42$$

Dengan faktor diskonto tahun pertama 0,97 dan tahun ke 25 0,42, maka PVNCF kumulatif yang dihasilkan seperti tabel 7.

Tabel 7. Alur Kas PLTS Rooftop dengan Harga Jual Energi Rp 1.444,70/kWh

Tahun	Biaya Invest Awal	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	DF	PVNCF	Kumulatif PVNCF (Rp)
1					0.97	6.509.444	5.236.503
2					0.93	6.241.013	11.477.516
3					0.89	6.038.699	17.517.207
4					0.87	5.838.367	23.355.574
5					0.84	5.637.044	28.992.618
6					0.81	5.435.721	34.428.339
7					0.79	5.201.506	39.729.845
8					0.76	5.100.183	44.830.028
9					0.73	4.898.669	49.728.369
10					0.71	4.704.645	54.493.533
11					0.68	4.583.322	59.096.854
12					0.66	4.478.108	63.485.969
13	61.274.248	7.121.594	410.737	6.710.767	0.64	4.294.891	67.780.861
14					0.62	4.169.676	71.941.527
15					0.60	4.026.460	75.967.067
16					0.58	3.892.245	79.889.232
17					0.56	3.758.030	83.618.261
18					0.54	3.623.814	87.242.076
19					0.52	3.498.599	90.731.674
20					0.50	3.355.384	94.087.058
21					0.49	3.209.278	97.375.334
22					0.47	3.154.060	100.529.394
23					0.46	3.019.845	103.549.239
24					0.44	2.952.737	106.501.977
25					0.42	2.838.641	109.341.618

Dapat dilihat pada tabel 7, pendapatan yang dihasilkan selama 25 tahun dengan harga jual energi Rp 1.444,70/kWh sebesar Rp 109.341.618. Pendapatan yang didapatkan mampu menutupi biaya investasi awal sebesar Rp 61.274.248, sehingga memiliki keuntungan lebih sebesar Rp 48.067.370.

4.7 Net Present Value (NPV)

NPV ditentukan berdasarkan data alur kas PLTS pada tabel 7 sebesar Rp 109.341.618 dan biaya investasi Rp 61.274.248, sehingga dapat dihitung nilai NPV dengan persamaan 3:

$$NPV = Rp\ 109.341.618 - Rp\ 61.274.248 = Rp\ 48.067.370$$

Hasil perhitungan NPV sebesar Rp 48.067.370 (NPV > 0), mengindikasikan bahwa investasi PLTS yang berlokasi di Jl. Udayana Utara IV No.31 layak untuk diinvestasikan.

4.8 Benefit Cost Ratio (BCR)

Benefit cost rasio merupakan teknik utama dalam membandingkan antara pendanaan terhadap keuntungan. Menghitung nilai BCR dengan menggunakan persamaan 4:

$$\frac{B}{C} = \frac{109.341.618}{61.274.248} = 2$$

Dari hasil yang didapatkan, nilai BCR sebesar 2 (BCR > 1), ini menunjukkan bahwa investasi PLTS rooftop di Jl. Udayana Utara IV No.31 layak secara investasi dan memberikan keuntungan selama periode investasi berlangsung.

4.9 Discounted Payback Period (DPP)

Perhitungan DPP diperoleh dengan menghitung jangka waktu nilai arus kas bersih sekarang akan sama atau lebih dari nilai anggaran investasi awal melalui persamaan 12:

$$DPP = \text{Investasi awal} - PVNCF \quad (12)$$

Tabel 8. Hasil Perhitungan DPP Rp 1.444,70/kWh

Tahun	PVNCF (Rp)
1	54.764.804
2	48.523.791
3	42.484.100
4	36.645.733
5	31.008.689
6	25.572.968
7	20.271.462
8	15.171.279
9	10.272.419
10	5.507.774
11	944.453
12	-3.484.654

4.10 Sensitivitas Harga Jual Energi

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui sensitivitas pengaruh harga jual energi terhadap arus kas dengan menentukan harga jual energi listrik. Dengan menggunakan analisis sensitivitas harga jual energi, maka perhitungan ditentukan oleh Life Cycle Cost (LCC), Capital Recovery Factor (CRF) dan produksi energi tahunan PLTS.

4.10.1 Life Cycle Cost (LCC)

Biaya siklus hidup untuk PLTS rooftop di Jl. Udayana Utara IV No.31 ditentukan oleh anggaran awal dan biaya jangka panjang pemeliharaan dan operasional, sehingga siklus hidup pada penelitian ini dapat dihitung menggunakan persamaan 5 yaitu:

$$LCC = Rp\ 61.274.248 + Rp\ 6.760.739 = Rp\ 68.034.987$$

Dari persamaan 5, perhitungan biaya pemeliharaan selama umur proyek

PLTS dengan faktor diskonto 3,5% didapatkan hasil PO_{PW} sebesar Rp 6.760.739, maka pada biaya siklus hidup selama umur proyek pada penelitian ini didapatkan hasil Rp 68.034.987

4.10.2 Capital Recovery Factor (CRF)

Faktor pengembalian investasi merupakan indikator yang diterapkan guna mengkonversikan total arus kas pendanaan masa umur teknis sebagai kumpulan pengeluaran per tahun melalui jumlah yang setara. Perhitungan CRF menggunakan persamaan 7:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{0,0826}{1,36} = 0,06$$

4.10.3 Cost of Energy (COE)

Harga energi berperan penting dalam pertimbangan kelayakan suatu proyek PLTS. Harga jual energi PLTS ditentukan oleh beberapa indikator, yaitu LCC, CRF dan produksi energi tahunan PLTS. Untuk produksi tahunan PLTS adalah sebesar 1.414 kWh/tahun. Maka *Cost of Energy* (COE) melalui rumus 6 dapat dihitung:

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{kWh} = \frac{Rp\ 68.034.987 \times 0,06}{1.414\ kWh/y} = Rp\ 2.888/kWh$$

Maka didapatkan alur kas kumulatif PVNCF selama 25 tahun sebesar Rp 219.711.515. Pendapatan yang didapatkan mampu menutupi biaya investasi awal sebesar Rp 61.274.248, sehingga memiliki keuntungan lebih sebesar Rp 158.437.267. Berikut adalah masa pengembalian modal dari sensitivitas harga jual energi pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan DPP Rp 2.888/kWh

Investasi Awal	61.274.248
Tahun	PVNCF (Rp)
1	47.863.636
2	35.006.043
3	22.563.269
4	10.535.136
5	-1.078.175

Menurut rekapitulasi tabel 9 melalui rumus 12 pengembalian dana menjadi singkat daripada nilai jual energi Rp 1.444,70/kWh, akibat pengaruh

kerentananharga jual energi yang didukung oleh faktor diskonto suku bunga kredit bank Indonesia dan faktor yang sangat mempengaruhi harga jual energi adalah peningkatan terhadap tingkat inflasi di Indonesia. Dari harga jual energi Rp 2.888/kWh dapat pengembalian investasi pada tahun ke 5 dengan *benefit* Rp 1.078.175.

4.11 Analisis Ekonomi Kelayakan Investasi

Kelayakan investasi dilihat dari beberapa hasil perhitungan, yaitu NPV, BCR dan DPP yang telah disimpulkan pada tabel 10.

Tabel 10. Analisis Ekonomi Kelayakan Investasi

No	Analisis Kelayakan	Kriteria Kelayakan	Hasil Analisis Investasi (Rp 1.444,70/kWh)	Hasil Analisis Investasi (Rp 2.888/kWh)	Kesimpulan
1	NPV (Net Present Value)	a. Layak Apabila (NPV = nilai positif) b. Tidak layak Apabila (NPV = nilai negatif)	Rp 48.967.370	Rp 158.437.267	Investasi dianggap layak diinvestasikan, karena nilai NPV bernilai positif atau lebih dari 0
2	BCR (Benefit Cost Ratio)	a. Jika BCR > 1 layak b. Jika BCR < 1 tidak layak	2	4	Investasi dianggap layak diinvestasikan karena BCR bernilai lebih dari 1
3	DPP (Discounted Payback Period)	a. Jika DPP lebih pendek dari umur proyek, maka layak b. Jika DPP lebih panjang dari umur proyek, maka tidak layak	12 Tahun	5 Tahun	Investasi dikatakan menguntungkan, karena 25 tahun proyek dapat mencapai status benefit pada tahun ke-12 untuk harga jual energi sebesar Rp 1.444,70/kWh dan 5 tahun untuk harga jual sebesar Rp 2.888/kWh.

Berdasarkan tabel 10 investasi PLTS *rooftop* ini dapat dikatakan layak dan menguntungkan, karena sudah memenuhi 3 kriteria kelayakan investasi dengan harga jual energi Rp 1,444.70/kWh dan Rp 2,888/kWh. Dari kedua harga jual energi tersebut keduanya sudah memenuhi standar kelayakan investasi, dimana $BCR > 0$, $NPV > 0$ dan DPP lebih kecil dari masa umur teknis sistem PLTS.

5. KESIMPULAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian ini, dapat disimpulkan:

1. Pengaruh sensitivitas harga jual energi sangat rentan terhadap peningkatan tingkat inflasi di Indonesia. Dari harga jual energi Rp 2.888/kWh dapat

- mengembalikan modal pada tahun ke 5 dengan keuntungan Rp 1.078.175.
2. Besar kecilnya penghematan PLTS dipengaruhi oleh banyaknya penggunaan beban pada lokasi penelitian, karena jika PLTS mensuplai lebih banyak energi ke PLN maka potongan terhadap 65% yang tercantum dalam Permen ESDM No.49 tahun 2018, dari total daya yang diekspor akan sangat mempengaruhi. Total penghematan selama 1 tahun didapat sebesar Rp 5.078.700 dari Rp 10.351.564 sebesar 49%.
 3. Pemasangan PLTS *rooftop* di Jl. Nuansa Udayana Utara IV No.31 bersifat menguntungkan dilihat dari analisis ekonomi kelayakan investasi dengan nilai NPV bernilai positif Rp 48.067.370, BCR>1 yaitu 2 dan DPP dapat memulihkan modal lebih cepat dari 25 tahun masa umur teknis sistem PLTS yaitu selama 12 tahun.

5.2 Saran

Pengembangan terhadap penelitian ini dapat dilakukan dengan pemasangan baterai sebagai pengganti ekspor ke PLN, sehingga sistem berubah menjadi *off-grid* dan penggunaan PLTS dapat digunakan pada malam hari.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Presiden 2006, *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025*, PERPRES No. 5 Tahun 2006, Jakarta.
- [2] Setiawan, I.A, Kumara, I.N.S, & Sukerayasa, I.W 2014, *Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWP Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih*, Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, vol. 13, no. 1.
- [3] Wicaksana, M.R. Kumara, I.N.S, Giriantari, I.A.D & Irawati, R 2019, *Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 Kwp Pada Kantor Gubernur Bali*, Jurnal SPEKTRUM, vol. 6, no.3.
- [4] Kumara, K.V, Kumara, I.N.S & Ariastina, W.G 2018, *Tinjauan Terhadap Plts 24 Kw Atap Gedung Pt Indonesia Power Pesanggaran Bali*, Jurnal SPEKTRUM, vol. 5, no.2.
- [5] Kristiawan, H, Kumara, I.N.S & Giriantari, I.A.D 2019, *Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar*, Jurnal SPEKTRUM, vol. 6, no.4.
- [6] Gunawan, N.S, Kumara, I.N.S & Irawati, R 2019, *Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) 26,4 kWp Pada Sistem Smart Microgrid Unud*, Jurnal SPEKTRUM, vol. 6, no.3.
- [7] Sanjaya, O.I, Giriantari, I.A.D & Kumara, I.N.S 2019, *Perancangan Sistem Pompa Irigasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Pertanian Subak Semaagung*, Jurnal SPEKTRUM, vol. 6, no.3.
- [8] Saskara, I.P.E, Kumara, I.N.S & Sukerayasa, I.W 2018, *Comparison of PV Rooftop Energy Production at Denpasar City Office Building*, Proceeding ICSGTEIS.
- [9] Kumara, I.N.S, Giriantari, I.A.D, Ariastina, W.G, Sukerayasa, W, Setiawan, N, Partha, C.G.I & Arjana, I.G.D 2019, *Peta Jalan Pengembangan Plts Atap: Menuju Bali Mandiri Energi, Center for Community Based Renewable Energy (CORE) Universitas Udayana*, Greenpeace Indonesia, Bali.
- [10] Permen ESDM 2018, *Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)*, Permen ESDM No. 49 Tahun 2018, Jakarta.
- [11] Florida Solar Energy Center 2011, *Type of Pv System*, dilihat 20 Februari 2021, <<https://energyresearch.ucf.edu>>.
- [12] Adyasolar 2020, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Rooftop*, dilihat 20 Februari 2021, <<https://adyasolar.com>>.
- [13] Permen ESDM 2016, *Tentang Tarif Tenaga Listrik Yang Disediakan Oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)*, Permen ESDM No. 28 Tahun 2016, Jakarta.
- [14] Permen ESDM 2020, *Tentang Perubahan Keempat Atas Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 28 Tahun 2016*

Tentang Tarif Tenaga Listrik Yang Disediakan Oleh Pt Perusahaan Listrik Negara (Persero), Permen ESDM No. 3 Tahun 2020, Jakarta.

- [15] Pawitra, A.A.G.A, Kumara, I.N.S & Ariastina, W.G 2020, *Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025*, Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, vol. 19, no. 2.
- [16] Eugene F, Brigham & Joel F, Houston 2011, *Fundamentals of Financial Management*, 2nd edn, Cengage Learning Asia, Singapore.