

Analisis Performansi dan Ekonomi PLTS Atap 10 kWp pada Bangunan Rumah Tangga di Desa Batuan Gianyar

I.P.G.Riawan¹, I.N.S. Kumara², W.G. Ariastina³
[Submission: 18-01-2022, Accepted: 14-01-2022]

Abstract— The Efforts to accelerate the development of renewable energy power plants continue to be driven by the central government as stipulated in the National Energy General Plan. One of the plants developed is the Solar Power Plant. Currently about Solar Power Plant in Indonesia is built to reach 152.44 MW from the target set at 6.5 GW. The central government through the Minister of Energy of Resources and Minerals issued policy No. 49 of 2018 on the use of rooftop power plants. Gianyar is one of the areas that have good solar irradiation with an average of 4.99 kWh/m²/day, where it is very potential to build a rooftop PV. This research aims to find out the study of electrical energy and economic generated from Solar Power Plant 10 kWp in Batuan village. Furthermore, a survey was carried out in the field to collect data in order to simulate the performance, comparison, and investment feasibility of the construction of the Solar Power Plant. Data collection of real production and real consumption is carried out for 12 months. Simulations use PVsyst programs and investment feasibility using several methods, such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Benefit Cost Ratio (BCR), Profitability Index (PI), and Payback Period (PP). The total potential Solar Power Plant in of Batuan Village household is 9.3 kWp from the entire roof of the installation of 78.11 m². The construction of Solar Power Plant in households in Batuan Village with a capacity of 10 kWp has a potential of 6336.3 kWh in a year with a performance of 30.9%, while in real production this Solar Power Plant is able to produce a total of 8,502 kWh in a year. In economic analysis, the feasibility level of plts development investment was declared unfit, with an NPV value of Rp. - 321,004,050 at a discount rate of 10%, the value of IRR - 90.4%, BCR worth 0.78, PI at 0.32, and PP which reached 78 years.

Intisari— Upaya percepatan pengembangan pembangkit listrik energi terbarukan terus dipacu pemerintah pusat yang ditetapkan dalam Rencana Umum Energi Nasional. Salah satu pembangkit yang dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Saat ini PLTS di Indonesia terbangun mencapai 152,44 MW dari target yang ditetapkan sebesar 6,5 GW. Pemerintah pusat melalui Menteri Energi Sumber Daya dan Mineral mengeluarkan kebijakan No. 49 Tahun 2018 tentang penggunaan PLTS Atap. Gianyar merupakan salah satu daerah yang memiliki iradiasi matahari yang baik dengan rata-rata 4,99 kWh/m²/hari, dimana sangat berpotensi dibangun PLTS atap. Penelitian ini

bertujuan untuk mengetahui kajian energi listrik dan ekonomi yang dihasilkan dari PLTS 10 kWp di Desa Batuan. Selanjutnya dilakukan survei ke lapangan untuk mengumpulkan data-data guna melakukan simulasi unjuk kerja, perbandingan, dan kelayakan investasi dari pembangunan PLTS tersebut. Pengumpulan data produksi riil dan konsumsi riil dilakukan selama 12 bulan. Simulasi menggunakan program PVsyst dan kelayakan investasi menggunakan beberapa metode, seperti *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Benefit Cost Ratio (BCR)*, *Profitability Index (PI)*, dan *Payback Period (PP)*. Total potensi PLTS rumah tangga Desa Batuan sebesar 9,3 kWp dari luas seluruh atap pemasangan sebesar 78,11 m². Pembangunan PLTS pada rumah tangga di Desa Batuan berkapasitas 10 kWp memiliki potensi 6336,3 kWh dalam setahun dengan unjuk kerja 30,9%, sedangkan pada produksi riil PLTS ini mampu menghasilkan total 8.502 kWh dalam setahun. Pada analisis ekonomi, tingkat kelayakan investasi pembangunan PLTS ini dinyatakan tidak layak, dengan nilai NPV Rp. - 321.004.050 pada tingkat diskonto 10%, nilai IRR - 90,4%, BCR bernilai 0,78, PI di angka 0,32, dan PP yang mencapai 78 tahun.

Kata Kunci— Energi Terbarukan, PLTS Atap, Unjuk Kerja, Investasi Energi

I. PENDAHULUAN

Rencana Umum Energi Nasional yang disingkat RUEN merupakan kebijakan Pemerintah Pusat mengenai rencana pengembangan energi tingkat nasional yang menjadi penjabaran dan rencana pelaksanaan Kebijakan Energi Nasional yang bersifat lintas sektor untuk mencapai sasaran Kebijakan Energi Nasional. Pembangkitan energi listrik yang telah dilakukan saat ini masih mengandalkan energi fosil yang kontribusi sebesar 95%. Pemanfaatan EBT baru mencapai 2% dari total potensi EBT yang ada [1]. Namun demikian, dalam RUEN yang telah ditetapkan pemerintah akan terus meningkatkan pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan (EBT). Provinsi Bali ditargetkan untuk membangun PLTS dengan kapasitas terpasang sebesar 108 MW pada tahun 2025 [2].

Provinsi Bali saat ini sudah memiliki beberapa PLTS berskala besar diantaranya adalah PLTS Karangasem [3] dan PLTS Bangli [4] yang masing-masingnya berkapasitas 1 MW *On-Grid*. Berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT.PLN (Persero) Tahun 2017 sampai dengan 2026, bauran energi dari energi baru dan terbarukan (EBT) hanya sebesar 12,9 %. Jika dirinci, bauran energi EBT yang terbesar datang dari air sebesar 7,8%, panas bumi 4,3% dan EBT lain sebesar 0,8% [5]. Sedangkan untuk kondisi di Bali, energi listrik yang berasal dari energi baru dan terbarukan hanya sekitar 1% dari total pembangkit listrik di Bali [6]. Pemerintah perlu mengembangkan EBT lebih lanjut

¹Mahasiswa, Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Jl PB. Sudirman Denpasar, 80234: 0361-223797; e-mail: govinda.riawan@student.unud.ac.id

^{2,3}Dosen, Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Jl PB. Sudirman Denpasar, 80234 INDONESIA: 0361-223797; e-mail: satya.kumara@unud.ac.id, w.ariastina@unud.ac.id



dikarenakan pengembangan EBT di wilayah Provinsi Bali masih sangat kurang.

Indonesia yang terletak di wilayah khatulistiwa memiliki potensi rata-rata energi surya sebesar 4,8 kWh/m²/hari [7]. Dari potensi tersebut, jumlah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terpasang hingga bulan November tahun 2016 hanya sekitar 11 MW saja. Dalam RUPTL, pemerintah telah mencanangkan pengembangan potensi PLTS sebesar 5000 MW pada tahun 2025.

Kabupaten Gianyar merupakan salah satu dari delapan kabupaten dan satu kota di Provinsi Bali. Kabupaten Gianyar memiliki wilayah seluas 368 km², atau mencakup 6,53% dari wilayah daratan Pulau Bali. Secara geografis, Kabupaten Gianyar terletak antara 08°18'48" - 08°38'58" Lintang Selatan 115°13'29" - 115°22'23" Bujur Timur [8]. Berdasarkan data meteorologi dari NASA, Kabupaten Gianyar (Bali) memiliki rata-rata iradiasi matahari sebesar 5,33 kWh/m²/hari. Jumlah ini lebih besar dibandingkan rata-rata iradiasi matahari Indonesia sebesar 4,8 kWh/m²/hari, sehingga Kabupaten Gianyar memiliki potensi untuk pengembangan PLTS.

Regulasi yang mengatur konsumen tenaga listrik juga sebagai produsen tenaga listrik dengan pembangkit tenaga surya *rooftop* (panel surya di atap rumah), saat ini sudah dikeluarkan Peraturan oleh Kementerian ESDM dengan No.49 tanggal 18 Nopember 2018. Dengan keluarnya Permen ini, dalam waktu dekat ini diperkirakan pemakaian pembangkit listrik tenaga surya dapat berkembang untuk menunjang pertumbuhan pemakaian energi terbarukan [9].

Faktor yang dapat mempengaruhi besarnya efisiensi daya yang mempengaruhi besarnya keluaran sel surya antara lain radiasi matahari, suhu pada sel surya, orientasi dari panel surya (*array*), sudut kemiringan dari panel surya (*array*), dan besarnya bayangan. Besarnya daya yang dihasilkan oleh sel surya tergantung besarnya radiasi matahari yang mengenai modul, demikian juga dengan temperatur yang terdapat pada sel surya. Untuk menaikkan daya output yang dihasilkan, diusahakan sel surya selalu memperoleh radiasi matahari yang maksimal juga diperlukan temperatur yang rendah supaya daya output meningkat [10].

Pembangunan PLTS memerlukan biaya pemasangan yang masih mahal untuk saat ini. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan ekonomi yang meliputi besarnya investasi awal yang harus disediakan. Selain itu diperlukan kajian ekonomi dan studi kelayakan proyek untuk menghitung berapa lama pengembalian investasi awal dan layak atau tidak pembangunan pembangkit listrik tenaga surya tersebut [11].

PLTS Atap pertama yang dibangun di daerah Gianyar berada di Desa Batuan Kecamatan Sukawati sebesar 1 kW yang digunakan sebagai energi alternatif. Dengan dibangunnya PLTS Atap di daerah ini agar nantinya akan menjadi tempat percontohan dalam pemasangan PLTS di desa lainnya. PLTS ini dibangun swadaya oleh pemilik rumah dengan beranggapan bahwa pemilik rumah memiliki motivasi untuk mengembangkan energi terbarukan untuk masa depan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil simulasi produksi PLTS Atap 1 kW di Desa Batuan, Kecamatan Sukawati, Kabupaten Gianyar dengan menggunakan software PVSyst. Melalui simulasi juga dapat diketahui energi listrik yang dihasilkan PLTS kemudian akan dibandingkan dengan

produksi riil dari PLTS tersebut, serta melakukan analisis kajian ekonomi dari pembangunan PLTS mengenai pemasangan pembangkit listrik tenaga surya layak diterapkan dari segi ekonomi. Mulai dari biaya investasi (modal) awal pembelian komponen, biaya instalasi, pengoperasian dan pemeliharaan komponen-komponen hingga biaya investasi (modal) awal kembali dengan total energi yang dihasilkan dari pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya [12].

Berdasarkan latar belakang di atas maka dalam paper ini akan dilakukan studi untuk mengetahui produksi energi PLTS dengan cara simulasi, analisa antara simulasi dan produksi riil, kajian ekonomi, dari pembangunan PLTS atap.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) termasuk dalam salah satu sumber energi baru dan terbarukan. PLTS memanfaatkan sumber energi matahari dalam bentuk cahaya matahari untuk diubah langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya matahari membawa energi yang dibagi menjadi dua bentuk, yaitu energi panas dan cahaya. Dari dua bentuk energi tersebut dibagi menjadi dua sistem tenaga surya, yaitu sistem tenaga panas matahari (*solar thermal*) dan sistem tenaga surya (PLTS) [13].

PLTS berdasarkan teknologi yang digunakan dibagi menjadi dua sistem, yaitu :

1. PLTS *Grid-connected*

Pada sistem PLTS *Grid-connected*, bangunan akan memiliki 2 sumber daya. Yang pertama adalah dari sumber tegangan jala-jala PLN, dan kedua dari sistem PLTS yang dibangun. Kedua sumber daya ini akan diatur oleh suatu komponen yang biasa disebut *AC Distributed Board* (ACDB). Besarnya daya yang dipenuhi oleh kedua sumber daya ini bergantung dari besarnya modul PV yang terpasang dan faktor lain seperti iradiasi, suhu lingkungan, dan efek bayangan [14].

2. PLTS *Off-grid*

Sistem PLTS *Off-grid* banyak ditemui pada daerah yang terisolasi atau jauh dari jangkauan jala-jala PLN. Daerah ini biasanya terdapat pada daerah pedalaman atau pulau-pulau terluar yang tidak mendapat distribusi listrik secara penuh. Tantangan utama pada sistem PLTS *Off-grid* adalah kebutuhan terhadap baterai yang memiliki *deep cycle* baik seperti jenis baterai *lead-acid*, Ni-Cd, atau baterai *Lithium* untuk menyimpan listrik ketika terjadi kondisi modul PV tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup untuk menghasilkan listrik [15].

B. Komponen PLTS

Berdasarkan komponen yang digunakan, Pembangkit Listrik Tenaga Surya terdiri dari beberapa macam, antara lain :

1. Modul Surya.

Modul surya memiliki fungsi utama mengubah sinar matahari menjadi energi listrik pada sistem PLTS.

2. Inverter

Inverter merupakan komponen yang berfungsi mengubah listrik DC menjadi AC pada energi yang dihasilkan dari modul surya dan baterai [16].

C. Aspek Ekonomi dan Analisis Ekonomis

Dalam melakukan analisis ekonomi terhadap sistem PLTS terdapat beberapa indikator yang sering digunakan, yaitu *Payback Period* (PP), *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Benefit Cost Ratio* (BCR) [17].

1. *Payback period* (PP)

Payback period adalah waktu yang dibutuhkan agar investasi yang telah dikeluarkan kembali kepada investor. Perhitungan *payback period* dilakukan untuk mengetahui risiko keuangan terhadap proyek yang akan dilakukan. Nilai *payback period* yang semakin kecil akan semakin baik, dengan faktor risiko terhadap pengembalian modal akan semakin cepat dalam waktu yang cepat. [18]

2. *Net Present Value* (NPV)

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. Nilai NPV bernilai nol berarti tidak ada perbedaan apabila proyek tetap dilaksanakan atau ditolak. [19]

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

3. *Profitability Indeks* (PI)

Profitability Indeks menunjukkan keuntungan yang didapat dari sebuah proyek dalam kurung waktu umur proyek, investasi dapat dikatakan layak jika PI harus lebih besar dari 1 (>), karena 1 merupakan titik impas antara nilai investasi dengan keuntungan [20]. Nilai *Profitability Indeks* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

4. *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Benefit Cost Ratio (BCR) adalah nilai persen uang dari sistem pembangkit yang dibandingkan dengan biaya awal investasi dan biaya *operational* dan *maintenance*, dengan referensi nilai *payback period* yang diinginkan [21].

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t (1+i)^t}{s} \quad (3)$$

5. *Internal Rate of Return* (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) adalah metode perhitungan investasi dengan menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang dari penerimaan yang

diterima dengan nilai sekarang dari pengeluaran untuk investasi [22].

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (4)$$

D. Pvsyst

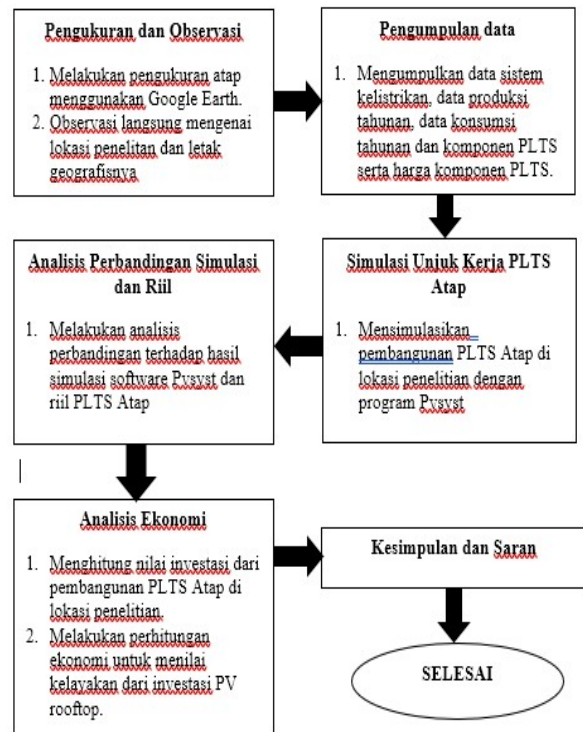
Pvsyst merupakan *software* atau perangkat lunak yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran, dan analisa data dari sistem PLTS secara lengkap. PVSyst dikembangkan oleh Universitas Geneva, yang terbagi ke dalam sistem terinterkoneksi jaringan (*grid-connected*), sistem berdiri sendiri (*standalone*), sistem pompa (*pumping*), dan jaringan arus searah untuk transportasi publik (*DC-grid*) [23].

Salah satu parameter untuk menganalisis unjuk kerja suatu PLTS sesuai dengan standar IEC 61724 adalah *Performance Ratio* (PR). Untuk dapat memprediksi dan menganalisa potensi produksi energi dan unjuk kerja PLTS Atap di Batuan Gianyar, digunakan fitur simulasi pada PVSyst. Langkah dalam membuat simulasi adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan proyek
2. Menetapkan perbedaan sistem (*system variant*)
3. Menjalankan simulasi untuk mendapatkan hasil simulasi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada atap rumah tangga di desa Batuan Gianyar. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian



IV. PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum PLTS 10 kWp Desa Batuan

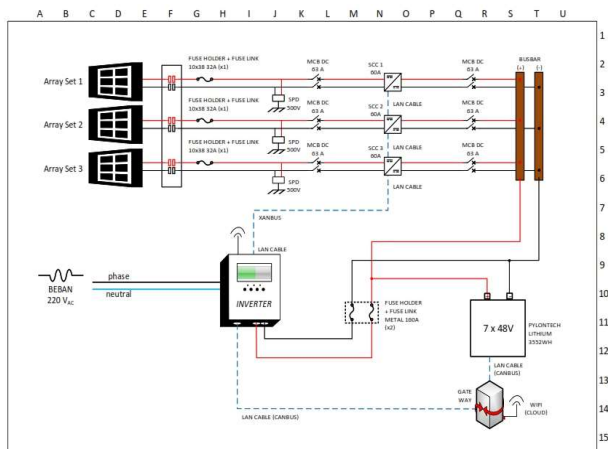
PLTS 10 kWp Desa Batuan merupakan satu-satunya PLTS *off grip* skala rumah tangga di Desa Batuan. Desa Batuan merupakan salah satu desa di Kecamatan Sukawati Kabupaten Gianyar. Letak geografis dari PLTS ini berada pada -8,5823° Lintang Selatan dan 115,2724° Bujur Timur dengan ketinggian 131 meter di atas permukaan laut.



Gambar 2. Tampak atas PLTS

B. Sistem kelistrikan PLTS 10 kWp Desa Batuan

Pada sistem PLTS menggunakan 3 buah *Array Set* panel surya, yang dimana setiap *Array Set* panel surya terhubung dengan sebuah *Solar Charger Controller* (SCC). Pada modul *Solar Charger Controller* (SCC) terhubung ke modul Inverter dengan menggunakan kabel LAN sebagai media komunikasinya. Pada Modul Inverter terhubung ke Internet dengan menggunakan perangkat WIFI sehingga sistem PLTS ini dapat di *monitoring* dari jarak jauh. Sistem PLTS ini juga menggunakan 7 buah Baterai 48 Volt sebagai penyimpan energi yang dihasilkan oleh PLTS. Baterai PLTS juga terhubung dengan sistem *Cloud* sehingga dapat di *monitoring* juga dari jarak jauh. Sistem PLTS 10 kWp Desa Batuan dapat dilihat dari gambar di bawah ini :



Gambar 3. Single Line Diagram PLTS

Gambar 3 menjelaskan bahwa sistem PLTS ini menggunakan kabel NYA berukuran 25 mm² sebagai konduktor dari Panel Surya menuju *Solar Charger Controller Panel* serta *Bus Bar Panel*, yang terletak di teras Dapur,

sedangkan untuk pentanahan (*grounding*) menggunakan kabel tambahan yaitu kabel BC berukuran 50 mm². Pendistribusian dari *Solar Charger Controller Panel* ke masing-masing Inverter menggunakan kabel NYA berukuran 25 mm².

C. Komponen PLTS di Desa Batuan Gianyar

Pada pembangunan PLTS rumah tangga 10 kWp di Desa Batuan Gianyar menggunakan komponen utama yang disajikan dalam tabel di bawah ini :

TABEL 1
Komponen Utama PLTS

Nama Komponen	Jumlah
ICA Solar PV Polycrystalline 220Wp	45
Connext XW hybrid Inverter 8548E	1
Connect MPPT 60A 150	3
Solar Baterai US3000 3.5KW	7

D. Biaya Pembangunan PLTS 10 kWp Desa Batuan

Dalam membangun suatu proyek diperlukan anggaran biaya guna mengetahui tingkat kelayakan proyek tersebut. Estimasi anggaran biaya pembangunan PLTS 10 kWp Desa Batuan dibuat berdasarkan harga yang ada di pasar saat ini. Dalam menentukan pembiayaan pada proyek ini menggunakan jenis estimasi anggaran *Appraisal Estimate* atau dikenal juga dengan *Feasibility Estimate*.

TABEL 2
Anggaran Biaya Pembangunan PLTS

Data Biaya	Harga (Rp)
Modul Surya	63.000.000
Inverter	30.000.000
Penyangga	15.000.000
Instrumentasi	2.000.000
Kabel dan Aksesoris	15.000.000
Baterai	245.000.000
Jasa Pengiriman	5.000.000
Jumlah	375.000.000

Anggaran biaya dari perancangan pembangunan PLTS atap kantor BPKAD Gianyar sesuai dengan perancangan berjumlah Rp. 375.000.000, dengan biaya per satu wattpeak bernilai sebesar Rp. 37.500. Jika dilihat pada diagram diatas biaya investasi tertinggi terdapat pada komponen baterai yang berjumlah Rp. 245.000.000.

E. Simulasi unjuk kerja PLTS

Simulasi ini menggunakan data standar meteorologi yang bersumber dari *Meteonorm 7.2*, tanpa memperhitungkan faktor *shading* yang ada pada lokasi PLTS. Simulasi ini akan

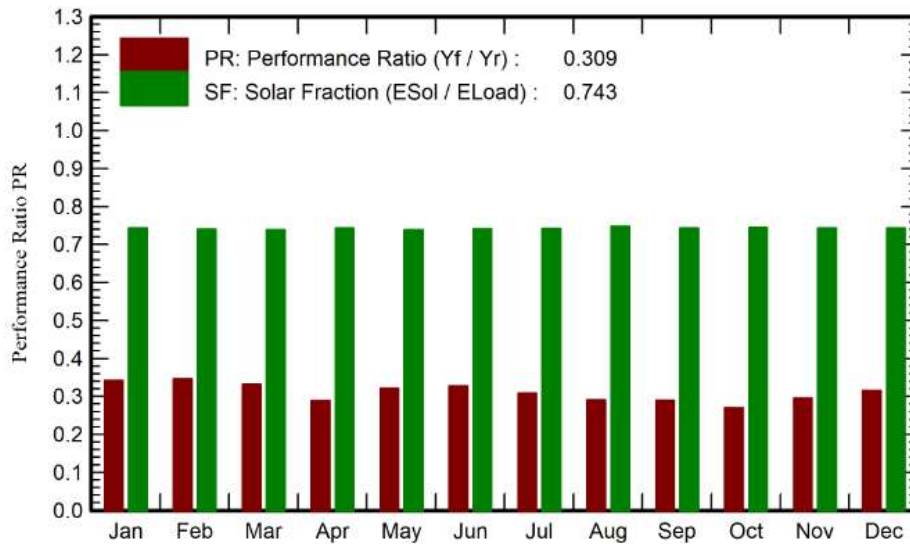
menghasilkan potensi unjuk kerja dan produksi energi listrik optimum dari PLTS dalam kondisi normal sesuai dengan letak geografis PLTS. Berikut hasil dari simulasi PLTS :

TABEL 3
 Hasil Simulasi PLTS

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	173.6	154.5	275.1	273.7	185.6	539.0	724.7	0.744
February	148.3	137.7	221.3	220.2	170.5	484.1	654.5	0.740
March	162.8	159.3	256.0	254.8	189.0	535.7	724.7	0.739
April	171.9	179.1	287.1	286.4	180.2	521.1	701.3	0.743
May	152.6	165.3	265.6	264.5	189.0	535.7	724.7	0.739
June	141.3	157.7	253.0	252.4	181.2	520.1	701.3	0.742
July	155.9	172.9	277.4	276.6	187.0	537.6	724.7	0.742
August	173.3	184.8	295.9	295.8	182.1	542.5	724.7	0.749
September	177.4	178.3	285.7	284.7	180.2	521.1	701.3	0.743
October	209.1	197.9	317.2	314.6	185.1	539.6	724.7	0.745
November	193.6	173.0	277.5	274.7	180.2	521.1	701.3	0.743
December	191.8	167.3	268.9	266.3	186.0	538.6	724.7	0.743
Year	2051.6	2027.8	3280.6	3264.9	2196.0	6336.3	8532.2	0.743

Tabel 3 menjelaskan mengenai potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari PLTS Desa Batuan, yaitu sebesar 6336,3 kWh dalam setahun dengan nilai rata-rata per bulan sebesar 528 kWh. Potensi terbesar dalam sebulan terdapat pada

bulan Oktober dengan potensi 539,6 MWh, sedangkan terendah terdapat di bulan Februari yang memiliki potensi 484,1 kWh. Sedangkan *Performance Ratio* dapat dilihat pada grafik berikut ini:



Gambar 4. Grafik Performance Rasio Simulasi PLTS

Gambar 4 menjelaskan potensi unjuk kerja dari PLTS Atap rumah tangga di Desa Batuan selama setahun dengan rata-rata 30,9 %.



F. Unjuk Kerja Riil PLTS 10 kWp Desa Batuan

Dalam pembangunan PLTS ini sudah rampung dibangun sehingga data unjuk kerja riil PLTS ini dapat dilakukan penelitian. Maka pada penelitian ini setelah mendapatkan data unjuk kerja secara simulasi, kemudian akan dilakukan penelitian mengenai data unjuk kerja riil dari sistem PLTS Desa Batuan. Data konsumsi dan Produksi Riil PLTS dapat dilihat dari data tabel di bawah ini :

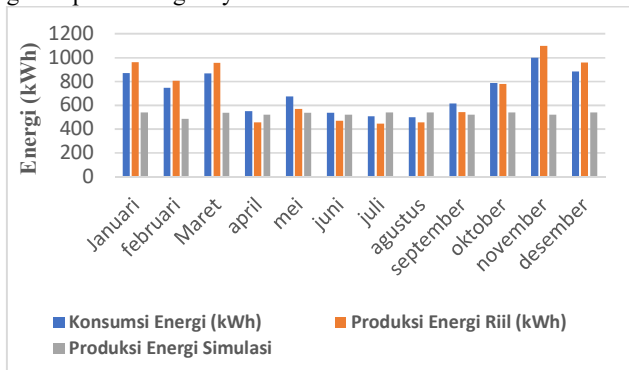
TABEL 4
Data konsumsi dan Produksi Riil PLTS

Bulan	Konsumsi Energi (kWh)	Produksi Energi (kWh)
Januari	870	961
Februari	746	807
Maret	866	957
April	551	456
Mei	676	568
Juni	535	470
Juli	507	445
Agustus	501	458
September	614	543
Oktober	786	778
November	1.000	1.100
Desember	884	959
Jumlah	8.536	8.502

Tabel 4 menjelaskan tentang total produksi riil dari sistem PLTS Desa Batuan sebesar 8.502 kWh per tahun, dengan produksi terbesar didapatkan pada bulan November sebesar 1,1 kWh. Pada Tabel diatas juga dapat dilihat total konsumsi dari pengguna sebesar 8.536 kWh per tahun, dengan produksi terbesar pada bulan November sebesar 1 kWh.

G. Analisis Kelayakan Teknis Pembangunan PLTS 10 kWp Desa Batuan

Kelayakan teknis dianalisis berdasarkan hasil perbandingan dari simulasi PVSyst dan hasil riil unjuk kerja PLTS, berikut grafik perbandingannya:



Gambar 5. Grafik Perbandingan Potensi Energi PLTS Terhadap Konsumsi Energi Riil

Gambar 5 menampilkan bagaimana perbandingan antara potensi energi PLTS dengan konsumsi energi riil menyimpulkan bahwa potensi energi yang dihasilkan PLTS belum mampu menutupi semua konsumsi energi listrik yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh perhitungan konsumsi energi listrik riil yang kurang tepat dikarenakan perhitungan nilai *discharge* baterai yang tidak sesuai setiap bulannya. Berdasarkan grafik perbandingan tersebut, pembangunan PLTS atap di rumah tangga Desa batuan bisa dikatakan layak secara teknis, karena produksi riil jauh lebih besar daripada produksi secara simulasi. Pada pembangunan PLTS mampu menghemat penggunaan energi listrik PLN, penghematan ini juga berdampak pada penghematan ekonomi yaitu pengurangan tagihan biaya listrik setiap bulannya. Namun realisasi dari PLTS ini pastinya membutuhkan modal yang tidak sedikit, maka perhitungan kelayakan secara ekonomi juga perlu dianalisis, guna menilai apakah perancangan ini layak atau tidak untuk dijalankan.

H. Analisis Kelayakan Ekonomi Pembangunan PLTS 10 kWp Desa Batuan

Pada penelitian ini akan dilakukan uji tingkat kelayakan ekonomi dengan menggunakan metode berikut :

1. Metode *Net Present Value* (NPV)

Metode pertama yang akan digunakan adalah NPV, dimana dalam metode ini memerlukan jumlah biaya investasi, arus kas masuk, arus keluar, dan faktor diskon. Berdasarkan sub bab sebelumnya jumlah biaya investasi awal pada pembangunan PLTS sebesar Rp. 375.000.000. Sedangkan arus kas masuk yang digunakan berasal dari perhitungan tarif dasar listrik saat ini (Rp. 1.444,70) dikalikan dengan potensi energi listrik tahunan berdasarkan hasil simulasi PVSyst, yaitu sebesar Rp. 12.331.959 per tahun. Nilai arus kas keluar per tahun menggunakan nilai yang diperlukan dalam mengelola dan memelihara PLTS tersebut setiap tahunnya, kita asumsikan pengeluaran senilai satu persen dari nilai investasi yaitu Rp. 3.750.000 per tahun. Selain biaya operasional dan pemeliharaan biaya pengeluaran lainnya adalah biaya penggantian inverter yang kita asumsikan masa pakainya 10 tahun, maka setiap 10 tahun akan mengeluarkan biaya untuk penggantian inverter senilai Rp. 30.000.000.

Berdasarkan perhitungan NPV dengan data di atas investasi PLTS dinyatakan tidak layak dengan tingkat diskonto 6%, 10%, dan 15%. Karena nilai NPV dari ketiga tingkat diskonto yang digunakan bernilai negatif atau lebih dari nol. Tingkat diskonto 6% bernilai Rp. -304.800.398, tingkat diskonto 10% bernilai Rp. -321.004.050 dan tingkat diskonto 15% bernilai Rp. -333.235.515, maka berdasarkan nilai NPV tersebut investasi menggunakan data PLTS riil dinyatakan tidak layak untuk dijadikan acuan dalam pembangunan PLTS.

2. Metode *Internal Rate of Return* (IRR)

Dalam menggunakan metode ini, nilai yang diperlukan adalah NPV saat bunga rendah, NPV saat bunga tinggi, suku bunga rendah, dan suku bunga tinggi. penelitian ini nilai *Internal Rate of Return* dari pembangunan PLTS dapat dilihat pada perhitungan berikut:

Perhitungan IRR :

$$IRR = 6\% + \left(\frac{\text{Error! Not a valid link.}}{-304.00.398 - (-333.235.515)} \right) (15\% - 6\%)$$

$$IRR = -90,47\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas perhitungan IRR bernilai -90,47% Nilai tersebut menandakan bahwa pembangunan PLTS Desa Batuan tidak layak. Hal ini dikarenakan nilai IRR dari kedua skenario perancangan ini bernilai negatif atau kurang dari nol.

3. Metode *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Pada pembangunan PLTS pendapatan yang didapat dari perhitungan akumulasi arus kas masuk bernilai Rp. 120.239.793, sedangkan potensi pengeluaran atau *cost* diperoleh dari kolom arus kas keluar yang bernilai Rp. 153.750.000. Maka hasil perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

$$BCR = \frac{120.239.793}{153.750.000} = 0,78$$

Hasil dari perhitungan BCR pada kedua skenario diatas menyimpulkan, bahwa perancangan PLTS rumah tangga di Desa Batuan tidak layak. Hal tersebut disebabkan oleh hasil perhitungan yang diperoleh bernilai kurang dari satu, dimana hal tersebut menandakan bahwa pendapatan yang diperoleh memberikan hasil yang kurang dibandingkan pengeluaran yang dilakukan. Semakin kecil nilai yang diperoleh, maka potensi keuntungan dari investasi tersebut akan semakin kecil.

4. Metode *Profitability Index* (PI)

Pembangunan PLTS ini diproyeksikan untuk 25 tahun, maka potensi arus kas bersih tiap tahunnya akan dijumlahkan selama 25 tahun. Akumulasi tersebut bernilai Rp. 120.239.793 dan nilai dari investasi awal bernilai Rp. 375.000.000. Maka nilai PI dari pembangunan PLTS ini akan dihitung menggunakan persamaan 2.19 dengan perhitungan sebagai berikut:

Perhitungan PI :

$$PI = \frac{273.989.793}{375.000.000} = 0,32$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa pembangunan PLTS atap di Desa Batuan tidak layak untuk dijalankan. Karena nilai dari PI yang diperoleh pada perhitungan di atas kurang dari satu. Jika dilihat dari nilai PI tersebut maka pembangunan PLTS memiliki potensi kerugian yang besar.

5. Metode *Payback Period* (PP)

Pada penelitian ini arus kas masuk bersih yang digunakan yang diakumulasi selama 25 tahun lalu dicari nilai rata-ratanya. Karena arus kas masuk bersih dari perancangan ini tidak sama dari tahun ke tahun. Maka rata-rata nilai arus masuk bersih dari pembangunan PLTS bernilai Rp. 4.809.592 per tahunnya, dengan nilai investasi awal senilai Rp. 375.000.000. Jadi *payback period* atau jangka waktu kembali modal investasi pada pembangunan PLTS selama 78 tahun atau 936 bulan. Jika disimpulkan waktu pengembalian modal awal investasi dari pembangunan PLTS termasuk tidak layak. Karena masa penggunaan dari sistem PLTS yang direncanakan selama 25 tahun, dengan kembalinya modal di 78 tahun, maka keuntungan tidak bisa terus diperoleh di masa pakai PLTS.

V. KESIMPULAN

Artikel ini telah menganalisis performansi dan ekonomi dari PLTS Atap di Desa Batuan tentang layak atau tidak pembangunan PLTS tersebut.

Berdasarkan analisis performansi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap 10 kWp di Desa Batuan Gianyar dengan menggunakan software PVSyst, dapat disimpulkan bahwa nilai potensi unjuk kerja dari pembangunan PLTS 10 kWp Desa Batuan sebesar 30,9 %. Rincian Potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari PLTS Desa Batuan sebesar 6.336,3 kWh dalam setahun dengan nilai rata-rata per bulan sebesar 528 kWh. Potensi terbesar dalam sebulan terdapat pada bulan Oktober dengan potensi 539,6 MWh, sedangkan terendah terdapat di bulan Februari yang memiliki potensi 484,1 kWh. Perbandingan hasil riil dan simulasi produksi PLTS atap di rumah tangga Desa Batuan, maka pembangunan PLTS Atap tersebut bisa dikatakan layak secara teknis, karena produksi riil sebesar (8.502 kWh) lebih besar daripada hasil produksi dengan simulasi sebesar (6.336,3 kWh).

Berdasarkan metode ekonomi yang digunakan dalam menganalisis tingkat kelayakan investasi dari



pembangunan PLTS 10 kWp Desa Batuan bahwa pembangunan PLTS ini tidak layak untuk dijalankan, karena hasil dari metode *Net Present Value* (NPV) bernilai negatif pada tingkat diskonto 6%, 10%, dan 15%, hasil dari metode *Internal Rate of Return* (IRR) yang bernilai -90,47%, hasil dari metode *Benefit Cost Ratio* (BCR) yang hasilnya bernilai 0,78 dan hasil dari metode *Profitability Indeks* (PI) hasilnya 0,32 serta hasil dari metode *Payback Period* (PP) yang menyatakan bahwa investasi ini memerlukan jangka waktu 78 tahun untuk mengembalikan modal awal.

REFERENSI

- [1] M.R. Wicaksana, I.N.S. Kumara, I.A.D. Giriantari, R. Irawati, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 KwP Pada Kantor Gubernur Bali," E-Journal SPEKTRUM, Vol. 6, No. 3, 2019.
- [2] "Peta Jalan Pengembangan PLTS Atap Menuju Bali Mandiri Energi". Laporan CORE. 2019 (<https://www.greenpeace.org/indonesia/publikasi/3876/peta-jalan-pengembangan-plts-atap-menuju-bali-mandiri-energi/> diakses 15 Maret 2020)
- [3] I.K.A. Setiawan, I.N.S. Kumara, I.W. Sukerayasa, "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Satu Mwp Terinterkoneksi Jaringan Di Kayubih Bangli", Majalah Ilmiah Teknik Elektro, Vol. 13, No.1, 2014.
- [4] I.N.S. Kumara, W.G. Ariastina, I.W. Sukerayasa, I.A.D. Giriantari. "1 MWp *Grid Connected PV Systems in the Village of Kayubih Bali*", 6th Conferences Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), 2014
- [5] PT. PLN. (Persero), Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik, Jakarta: PT PLN (Persero) 2017-2026, 2017.
- [6] I. D. G. Y. P. Pratama, I. N. S. Kumara dan I. N. Setiawan, "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung Untuk PLTS Rooftop", E-Journal SPEKTRUM, Vol. 5, No. 2, pp. 119-128, 2018.
- [7] I.M.A Nugraha, P.A. Ridhana, K. Listuayu. "Analisis Produksi Dari Inverter Pada *Grid-Connected* PLTS 1 MWp di Desa Kayubih Kabupaten Bangli", Majalah Ilmiah Teknik Elektro, Vol 17 , No. 1 , Januari –April, 2018.
- [8] BPS Kabupaten Gianyar. "Kabupaten Badung Dalam Angka 2019". Gianyar: BPS Kabupaten Gianyar. 2019.
- [9] Permen ESDM RI No.49. Penggunaan sistem pembangkit listrik Tenaga surya atap oleh konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero), Nopember (2018).
- [10] Syahputra, Rhezi. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Stand Alone Kapasitas 900 Watt Peak untuk Rumah Tinggal di Purwokerto". Universitas Jendral Soedirman. Purwokerto, 2013.
- [11] Shahinzadeh, Hossein. "Technical and Economic Study for Use *The Photovoltaic System for Electricity Supply in Isfahan Museum Park*". International Journal of Scientific and Technology Research. Volume 2. ISSUE 1, 2013.
- [12] Jufrizel dan Muhammad Irfan. "Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *On-Grid*". Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 9. Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau, 8-19 Mei 2017.
- [13] Nugraha, I Made Aditya et al. Perancangan Hybrid System PLTS dan Generator Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Tambak Udang Vaname: Studi Kasus Politeknik Keluatan Dan Perikanan Kupang. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 121-125, oct. 2020. ISSN 2503-2372.
- [14] Tan, D., & Seng, A. K. (2014). *Handbook for Solar Photovoltaic Systems. Singapore: Energy Market Authority.*
- [15] K. Yonata. 2017. "Analisis Tekno-Ekonomi Terhadap Desain Sistem PLTS Pada Bangunan Komersial Di Surabaya, Indonesia". Skripsi. Teknik, Teknik Elektro, ITS, Surabaya.
- [16] G. Pradika, I.A.D. Giriantari, I.N. Setiawan. "Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS *Rooftop*". Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 19, No. 2, Juli - Desember 2020
- [17] Ross, S. (2010). "*Fundamental of Corporate Finance*". McGraw Hill.
- [18] Kashmir & Jakfar, "Studi Kelayakan Bisnis" Edisi Revisi, Penerbit PT. Desindo Putra Mandiri, Jakarta. 2017.
- [19] Pangaribuan, B. M., Ayu, I., Giriantari, D., & Sukerayasa, I. W. (2020). Desain PLTS Atap Kampus Universitas Udayana: Gedung Rektorat. Jurnal SPEKTRUM Vol, 7(2).
- [20] Winardi, B., Nugroho, A., & Dolphina, E. (2019). Perencanaan dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat untuk Desa Mandiri. Jurnal Tekno, 16(2), 1-11.
- [21] Hidayat, F., Winardi, B., & Nugroho, A. (2019). Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 7(4), 875-882.
- [22] Suripto, H., & Fathoni, A. (2021). Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya; sebuah review berdasarkan data histori, metode analisis, dan nilai ekonomi. Jurnal Aptek, 13(1), 33-41.
- [23] Ramadhan, M. D. C. (2021). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Kolam Budidaya di Daerah Sentono Menggunakan Software Pvsyst. JUPITER (JURNAL PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO), 6(2), 18-30.