

# PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ATAP DI HOTEL NOVOTEL UBUD RESORT & SUITE BALI

I Wayan Arta Saputra<sup>1</sup>, I Nyoman Setiawan<sup>2</sup>, Wayan Gede Ariastina<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus UNUD, Kampus Bukit Jimbaran, Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali

[artawayan019@gmail.com](mailto:artawayan019@gmail.com)<sup>1</sup>, [setiawan@unud.ac.id](mailto:setiawan@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [w.ariastina@unud.ac.id](mailto:w.ariastina@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Kualitas pelayanan suatu hotel ditunjang oleh pasokan energi listrik yang berkelanjutan. Energi listrik pada hotel Novotel Ubud Resort & Suite Bali disuplai dari PT. PLN. Sumber Pembangkit tenaga listrik PT. PLN dominan memanfaatkan bahan bakar fosil yang kurang ramah lingkungan. Solusi permasalahan ini adalah menggunakan bahan bakar yang bersifat terbarukan untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan sebagai salah satu sumber energi listrik pada hotel Novotel Ubud Resort & Suite Bali. Penelitian ini bertujuan untuk perancangan PLTS atap di Hotel Novotel Ubud Resort & Suite Bali. Hasil simulasi produksi energi listrik PLTS menggunakan aplikasi HOMER. Kelayakan PLTS atap menggunakan metode NPV, PI dan DPP. Berdasarkan data yang didapat, bangunan Hotel Novotel Ubud Resort & Suite Bali terdiri dari lima bangunan beratap limas dan datar dengan total luas atap sebesar 2723 m<sup>2</sup>. Penelitian ini menggunakan 576 modul surya dengan total *output* daya sebesar 236,16 kWp dan menggunakan 3 inverter berkapasitas 80 kW. Hasil simulasi HOMER didapatkan produksi energi listrik tahunan dari PLTS sebesar 377.083 kWh. Dari kelayakan PLTS memiliki nilai NPV sebesar Rp. 633.125.923, nilai PI sebesar 1,25 dan nilai DPP selama 13,8 tahun. Hasil perancangan ini dapat dikatakan layak diterapkan karena nilai NPV-nya positif dan mampu mengembalikan biaya awal PLTS selama 13,8 tahun dari asumsi selama 25 tahun.

**Kata Kunci:** PLTS atap, Energi Terbarukan, Hotel, HOMER, Kelayakan PLTS.

## ABSTRACT

*The service quality of a hotel is supported by a sustainable supply of electrical energy. Electrical energy at the Novotel Ubud Resort & Suite Bali hotel is supplied from PT. PLN. Source Power plant PT. PLN predominantly uses fossil fuels that are less environmentally friendly. The solution to this problem is to use renewable fuels to reduce environmental pollution and as a source of electrical energy at the Novotel Ubud Resort & Suite Bali hotel. This study aims to design a rooftop solar power plant at the Novotel Hotel Ubud Resort & Suite Bali. The results of the simulation of PLTS electrical energy production using the HOMER application. The feasibility of rooftop solar power plants using the NPV, PI and DPP methods. Based on the data obtained, the Novotel Ubud Resort & Suite Bali Hotel consists of five flat and pyramid-roofed buildings with a total roof area of 2723 m<sup>2</sup>. This study uses 576 solar modules with a total power output of 236.16 kWp and uses 3 inverters with a capacity of 80 kW. The results of the HOMER simulation show that the annual electrical energy production from PLTS is 377,083 kWh. From the feasibility of PLTS has an NPV value of Rp. 633,125,923, the PI value is 1.25 and the DPP value is 13.8 years. The results of this design can be said to be feasible because the NPV value is positive and is able to reverse the initial cost of PLTS for 13.8 years from the assumption for 25 years.*

**Keywords:** PLTS Rooftop, Renewable Energy, Hotel, HOMER, Feasibility of PLTS.

## 1. PENDAHULUAN

Bali merupakan salah satu provinsi di Indonesia. Bali dikenal wisatawan asing karena keragaman seni dan budayanya. Hal ini terlihat dari kehidupan masyarakat Bali yang setiap tahun mengadakan festival

budaya dan pameran seni. Sehingga industri perhotelan di Bali mengalami kenaikan yang berdampak pada kebutuhan listrik meningkat.

Kualitas pelayanan suatu hotel ditunjang oleh pasokan energi listrik yang

berkelanjutan. Energi listrik pada hotel Novotel Ubud Resort & Suite Bali disuplai dari PT. PLN. Sumber Pembangkit energi listrik PT. PLN dominan menggunakan bahan bakar fosil yang kurang ramah lingkungan. Solusi permasalahan ini adalah menggunakan bahan bakar yang bersifat terbarukan untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan sebagai salah satu sumber energi listrik pada hotel Novotel Ubud Resort & Suite Bali [1].

Potensi energi surya di Indonesia mencapai 207,9 GW, namun penggunaannya baru mencapai 0,04%. Salah satu penerapan energi matahari adalah sistem PLTS atap. Sistem PLTS ini diaplikasikan pada atap bangunan dengan memanfaatkan ruang kosong [2]. Sistem PLTS atap dapat digunakan untuk berinvestasi di bidang panel surya dan mengurangi tagihan listrik bulanan [3].

Berdasarkan peraturan Gubernur Bali No 45 Tahun 2019 tentang Bali energi bersih pasal 22 ayat 3 huruf b tentang bangunan komersial, industri, sosial, dan pemasangan sistem PLTS atap untuk rumah tangga dengan luas lebih dari 500 m<sup>2</sup> atau menggunakan teknologi surya lain untuk menyumbang setidaknya 20% dari kapasitas listrik terpasang atau luas atap [4].

Hotel Novotel Ubud Resort & Suite Bali terletak di Banjar Semaon, Desa Puhu, Kecamatan Payangan Gianyar. Hotel Novotel Ubud Resort & Suite terdiri dari bangunan hotel yang memiliki 4 lantai dan atap dengan ketinggian 19 meter dan bangunan suite yang memiliki 4 *lower ground*, 4 lantai dan atap dengan ketinggian 32 meter. Luas bangunan keseluruhan adalah 17.688 m<sup>2</sup>. Hotel Novotel Ubud Resort & Suite memiliki atap yang cukup luas untuk digunakan memasang panel surya. Panel surya ini diharapkan bisa menjadi teknologi hijau atau *green technology* di hotel.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar luas PLTS yang dapat dibangun, total daya yang dihasilkan dan kelayakan ekonomi PLTS di Hotel Novotel Ubud Resort & Suite Bali.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber tenaga dari sinar matahari [5].

Pembangkit listrik PLTS menghasilkan arus searah (DC) dari energi sinar matahari yang kemudian dihubungkan ke inverter untuk mengubahnya menjadi arus bolak-balik (AC) [6]. PLTS memiliki kelebihan diantaranya ramah lingkungan, tidak menimbulkan kebisingan dan sumber energi dari cahaya matahari yang tidak akan habis [7].

### 2.2 PLTS Atap

Salah satu teknologi tenaga surya fotovoltaik yang saat ini tengah dikembangkan yaitu PLTS atap. Sistem PLTS atap merupakan sistem fotovoltaik yang ukurannya lebih kecil daripada sistem PV yang dipasang di atas tanah. Sistem PLTS atap dapat dipasang pada atap rumah tinggal, gedung komersial atau kawasan industri [8].



Gambar 1. Pemasangan PLTS Atap [8]

### 2.3 Konfigurasi Sistem PLTS

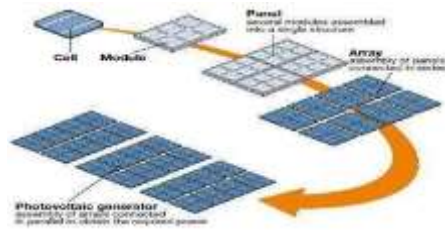
Konfigurasi sistem PLTS terdiri dari beberapa sistem, diantaranya sistem *on-grid*, *off-grid* dan *hybrid* [9]. *On-grid* merupakan sistem yang terkoneksi dengan jaringan PLN. Sistem yang berdiri sendiri ataupun tidak terkoneksi dengan jaringan PLN disebut *off-grid* [9]. Sistem *hybrid* dapat menggabungkan 2 atau lebih sistem pembangkit dengan sumber energi yang berbeda [10].

### 2.4 Komponen Sistem PLTS

Komponen sistem PLTS terdiri dari beberapa komponen utama dan komponen pembantu lainnya. Komponen utama PLTS adalah modul surya, inverter dan baterai [11].

#### 2.4.1 Modul Surya

Modul surya adalah komponen PLTS yang terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri atau paralel untuk menghasilkan energi listrik yang dibutuhkan [5].

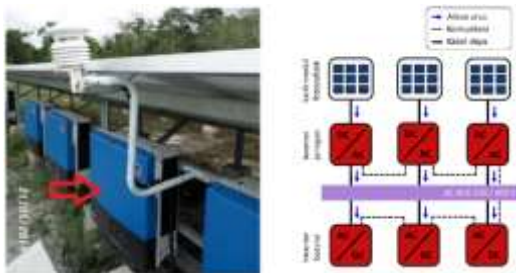


Gambar 2. Hubungan Antara Sel Surya, Modul, Panel dan Array [5]

Berdasarkan gambar 2, terdapat panel surya yang terdiri beberapa modul surya. Kemudian beberapa panel surya yang disusun disebut array.

**2.4.2 Inverter Jaringan**

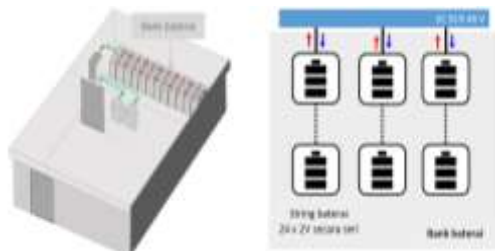
Inverter jaringan ialah komponen elektronika daya yang dapat mengubah tegangan DC dari rangkaian modul fotovoltaik menjadi tegangan AC, yang dapat digunakan secara langsung atau disimpan dalam baterai [10].



Gambar 3. Inverter Jaringan Pada Sistem PLTS [10]

**2.4.3 Baterai**

Baterai digunakan dalam sistem PLTS berperan sebagai penyimpanan tenaga listrik sementara (penyangga) yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik saat siang hari. Komponen baterai merupakan komponen penting dalam sistem PLTS off-grid [10].



Gambar 4. Instalasi Bank Baterai [10]

Berdasarkan gambar 4, instalasi bank baterai yang tersusun beberapa sel baterai dengan konfigurasi seri atau paralel untuk memperoleh tegangan serta kapasitas sistem yang diinginkan [7].

**2.5 Kelayakan Ekonomi PLTS**

Kelayakan ekonomi PLTS menggunakan metode NPV, PI dan DPP.

**2.5.1 Metode NPV**

NPV atau *Net Present Value* adalah semua arus kas nilai bersih sekarang berdasarkan faktor diskonto. Metode NPV ini adalah selisih antara nilai bersih sekarang dari semua kas ( $K-PVNCF_{25}$ ) dan investasi awal. Nilai NPV dapat dihitung menggunakan rumus berikut [12].

$$NPV = K-PVNCF_{25} - IA \quad (1)$$

NPV = *net present value* (Rp)

$K-PVNCF_{25}$  = seluruh kas bersih nilai sekarang

IA = total investasi awal (Rp)

**2.5.2 Metode PI**

PI atau *Profitability Index* merupakan perbandingan antara nilai bersih sekarang dari semua kas ( $K-PVNCF_{25}$ ) dan investasi awal. Nilai PI dapat dihitung menggunakan rumus berikut [12].

$$PI = \frac{K-PVNCF_{25}}{IA} \quad (2)$$

PI = *profitability index*

$K-PVNCF_{25}$  = seluruh kas bersih nilai sekarang

IA = total investasi awal (Rp)

**2.5.3 Metode DPP**

DPP atau *Discounted Payback Period* dapat diketahui dengan menghitung nilai  $K-PVNCF$  sama dengan total biaya investasi awal. *Year before recovery* adalah tahun yang mendekati biaya investasi awal. Nilai DPP dapat dihitung dengan rumus berikut [12].

$$DPP = ybr + \frac{IA}{(K-PVNCF_{25})} \quad (3)$$

DPP = *discounted payback period*

*Ybr* = *year before recovery*

$K-PVNCF_{25}$  = seluruh kas bersih nilai sekarang

IA = total investasi awal (Rp)

**3. Metode Penelitian**

Tahap awal dari penelitian ini adalah melakukan observasi ke Proyek Hotel Novotel Ubud Resort & Suite untuk mengetahui letak geografisnya. Kemudian mengumpulkan data pendukung penelitian, seperti data beban, data area luas atap hotel dan data intensitas radiasi matahari. Selanjutnya menghitung potensi PLTS atap hotel melalui perhitungan manual dan melakukan simulasi HOMER untuk

mendapatkan produksi energi PLTS. Setelah itu dilakukan analisis kelayakan PLTS. Setelah dilakukan analisis kelayakan PLTS, diperoleh kesimpulan tentang kelayakan PLTS di Hotel Novotel Ubud Resort & Suite.

**4. Hasil dan Pembahasan**

**4.1 Hotel Novotel Ubud Resort & Suite**

Proyek Hotel Novotel Ubud Resort & Suite merupakan proyek hotel yang dikerjakan oleh PT. Adhi Persada Gedung. Proyek ini berlokasi di Banjar Semaon, Desa Puhu, Kecamatan Payangan Gianyar. Secara geografis memiliki titik koordinat (8°24'20.4"S 115°15'05.3"E).



Gambar 5. Proyek Hotel Novotel Ubud Resort & Suite

Berdasarkan gambar 5, proyek hotel yang terdiri dari bangunan hotel dan bangunan suite. Bangunan hotel terdiri dari gedung utama, timur, barat, utara masing-masing memiliki 4 lantai dengan ketinggian 19 meter, sedangkan bangunan suite memiliki 4 *lower ground* dan 4 lantai dengan ketinggian 32 meter. Luas bangunan secara keseluruhan yaitu 17.688 m<sup>2</sup>.

**4.2 Konsumsi Energi Listrik**

Data konsumsi energi listrik bulanan diperoleh dari PT. PLN Area Bali Selatan [13]. Data konsumsi energi listrik menggunakan data konsumsi dari hotel lain dikarenakan hotel Novotel Ubud Resort & Suite masih belum beroperasi dan dalam tahap pembangunan, maka digunakan hotel Movenpick Resort & Spa Jimbaran Bali sebagai pembanding berdasarkan fasilitas, jumlah kamar dan daya keseluruhan hotel. Hotel Novotel Ubud Resort & Suite dan Movenpick Resort & Spa Jimbaran Bali memiliki total daya masing-masing sebesar 2018 kVA dan 2180 kVA.

Tabel 1. Konsumsi Energi Listrik

No	Bulan	Pemakaian Listrik (kWh)
1	Januari	230.600
2	Februari	157.320
3	Maret	270.960
4	April	321.280
5	Mei	417.812
6	Juni	133.200
7	Juli	143.320
8	Agustus	258.440
9	September	229.600
10	Oktober	258.960
11	November	251.400
12	Desember	434.040
Total		3.106.932

**4.3 Iradiasi Matahari & Temperature di Hotel Novotel Ubud Resort & Suite**

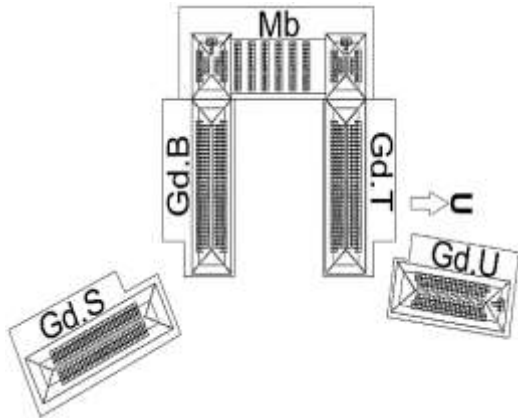
Iradiasi dan *temperature* harian rata-rata di area Hotel Novotel Ubud Resort & Suite yaitu 5,42 kWh/m<sup>2</sup>/hari dan 26,68 °C [14]. Data radiasi matahari dan *Temperature* diambil dari tahun 2010 sampai 2018 dengan titik koordinat (8°24'20.4"S 115°15'05.3"E).

Tabel 2. Iradiasi & Temperature Dari Tahun 2010 Sampai 2018

Bulan	Radiasi Harian (kWh/m <sup>2</sup> /hari)	°C
Januari	4,93	26,69
Februari	5,38	26,71
Maret	5,5	27,10
April	5,36	27,30
Mei	5,05	27
Juni	4,82	26,22
Juli	4,94	25,59
Agustus	5,61	25,46
September	6,27	26,15
Oktober	6,49	27,15
November	5,82	27,64
Desember	4,89	27,15
Rata-rata	5,42	26,68

**4.4 Desain dan Daya Keseluruhan PLTS Atap**

Berikut merupakan desain PLTS atap yang terdiri dari gedung utama, timur, barat, utara dan suite. Modul surya yang digunakan adalah tipe CS3W-410P *polycrystalline* dengan kapasitas 410 Wp produksi Canadian solar.



Gambar 6. Desain PLTS Atap

Mb = Main Building (gedung utama)  
 Gd. T = Gedung Timur  
 Gd. U = Gedung Utara  
 Gd. B = Gedung Barat  
 Gd. S = Gedung Suite

Berdasarkan gambar 6, total modul surya terpasang sebanyak 576 buah dengan daya yang dibangkitkan sebesar 236,16 kWp. Berikut kapasitas daya yang dibangkitkan PLTS dari desain PLTS atap.

Tabel 3. Daya Yang Dibangkitkan PLTS

Gedung	Sisi menghadap	Sudut kemiringan	Luas atap (m <sup>2</sup> )	Jumlah terpasang (buah)	Kapasitas dibangkitkan (kWp)
Atap diwiling kiri	Utara	35°	70,72	12	4,92
	Selatan	35°	70,72	12	4,92
	Barat	35°	37,95	4	1,64
Atap diwiling tengah	Utara	15,05°	435,87	72	29,52
Atap diwiling kanan	Utara	35°	70,72	12	4,92
	Selatan	35°	70,72	12	4,92
	Barat	35°	37,95	4	1,64
Timur	Utara	35°	245,87	62	25,42
	Selatan	35°	245,87	62	25,42
Barat	Utara	35°	245,87	62	25,42
	Selatan	35°	245,87	62	25,42
Utara	Barat	35°	195,57	42	17,22
	Timur	35°	195,57	42	17,22
Suite	Utara	35°	44,88	4	1,64
	Barat	35°	254,76	56	22,96
	Timur	35°	254,76	56	22,96
Total			2723,67	576	236,16

**4.5 Menentukan Kapasitas Inverter**

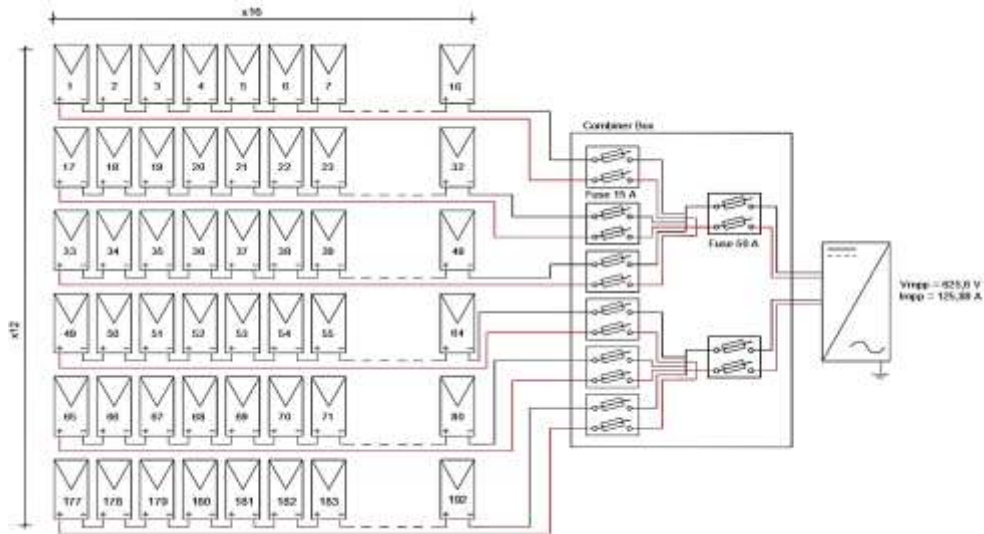
Pemilihan inverter diupayakan memiliki kapasitas yang mendekati kapasitas daya keluaran PLTS sehingga kinerja efisiensi inverter dapat dimaksimalkan [15]. Total daya keluaran PLTS sebesar 236,16 kWp. Inverter yang digunakan adalah inverter Solis-80k-5G dengan kapasitas 80 kW. Jumlah inverter dapat dihitung dengan rumus berikut [12].

$$\begin{aligned}
 \text{jumlah inverter} &= \frac{236.160 \text{ W}}{80.000 \text{ W}} \quad (4) \\
 &= 2,9 = 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Jadi jumlah inverter yang akan digunakan sebanyak 3 buah inverter.

**4.6 Konfigurasi Seri Paralel Modul Surya**

Jumlah modul surya yang terpasang sebanyak 576 buah akan dibagi menjadi 3 string atau 3 inverter dengan masing-masing inverter berisi 192 modul surya yang disusun secara seri dan paralel sebanyak 16 dan 12 rangkaian.



Gambar 7. Single Line Diagram Modul Surya Pada Inverter

Berdasarkan spesifikasi modul surya  $V_{mp} = 39,1$  V,  $I_{mp} = 10,49$  A dan  $P_{mp} = 410$  Wp per modul surya, maka dengan spesifikasi tersebut tegangan dan arus dalam 1 inverter dapat dihitung. Tegangan dalam 1 inverter adalah  $39,1 \times 16 = 625,6$  V. Arus dalam 1 inverter adalah  $10,49 \times 12 = 125,88$  A. Daya dalam 1 inverter adalah  $625,6$  V  $\times$   $125,88$  A =  $78.750$  W. Jadi 3 inverter dapat menghasilkan daya  $3 \times 78.750$  W =  $236.251$  W.

#### 4.7 Produksi Energi PLTS

Produksi energi PLTS didapat dari simulasi HOMER, dimana total produksi energi per tahun sebesar  $377.083$  kWh dan *mean output* per hari sebesar  $1.033$  kWh/hari. Berikut parameter keluaran PLTS dapat dilihat pada gambar 8.

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	236	kW
Mean Output	43.0	kW
Mean Output	1,033	kWh/d
Capacity Factor	18.2	%
Total Production	377,083	kWh/yr

Gambar 8. Parameter Keluaran PLTS

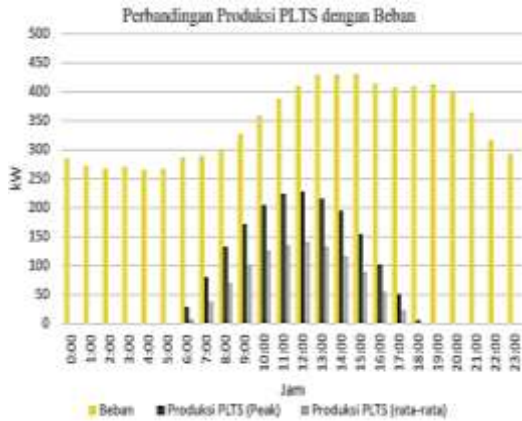
Berikut Produksi energi PLTS didapat dari simulasi HOMER selama 1 tahun.

Tabel 4. Produksi Energi PLTS Selama Setahun

Bulan	kWh
Jan	27.502
Feb	27.683
Mar	32.124
Apr	31.370
Mei	31.632
Jun	29.336
Jul	30.838
Agu	34.389
Sep	36.075
Okt	37.328
Nov	31.558
Des	27.248
Total	377.083

#### 4.8 Perbandingan Produksi PLTS Dengan Beban

Perbandingan produksi PLTS dengan beban hotel menggunakan data dari pukul 00:00 WITA sampai 23:00 WITA. Produksi PLTS yang digunakan dibagi menjadi 2 yaitu produksi PLTS (peak) dan produksi PLTS (rata-rata). Pola beban hotel didapat dari data yang diolah dari konsumsi energi.

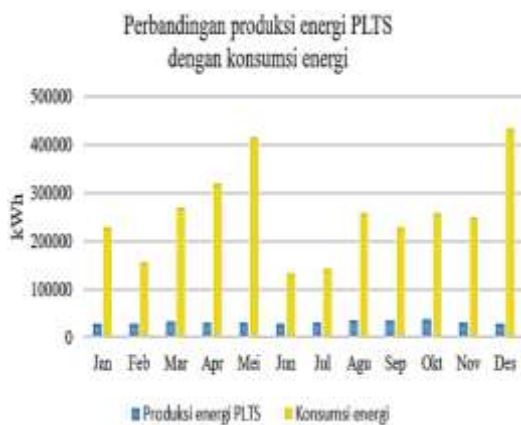


Gambar 9. Perbandingan Produksi PLTS dengan Beban

Berdasarkan gambar 9, produksi PLTS (peak) dan produksi PLTS (rata-rata) tidak dapat memenuhi pemakaian beban. Dapat disimpulkan bahwa produksi PLTS tidak dapat memenuhi pola beban pada hotel.

#### 4.9 Perbandingan Produksi Energi PLTS Dengan Konsumsi Energi

Produksi energi PLTS menggunakan data pada Tabel 4, sedangkan konsumsi energi menggunakan data pada Tabel 1.



Gambar 10. Perbandingan Produksi Energi PLTS dengan Konsumsi Energi

Berdasarkan gambar 10, selisih tertinggi terjadi pada bulan Juni yaitu sebesar -103.864 kWh. Perbandingan selisih terendah terjadi pada bulan Desember sebesar -406.792 kWh. Dapat disimpulkan desain PLTS 236,16 kWp tidak dapat memenuhi kebutuhan energi hotel untuk setiap bulannya.

#### 4.10 Penghematan Energi Listrik

Penghematan energi listrik dapat dihitung dengan cara selisih antara konsumsi energi listrik pada hotel sebelum

dan sesudah pemasangan PLTS. Harga beli energi listrik pada hotel Novotel Ubud Resort & Suite memiliki daya sebesar 2018 kVA dapat dikategorikan golongan B-3/TM di atas 200 kVA dengan biaya WBP dan LWBP sebesar Rp. 1.035,78 [16]. Berikut penghematan energi listrik sebelum dan sesudah pemasangan PLTS selama 1 tahun.

Tabel 5. Penghematan Energi Listrik

Bulan	Konsumsi energi (kWh)	Tagihan listrik sebelum pemasangan PLTS (Rp)	Produksi energi PLTS (kWh)	Selisih (kWh)	Tagihan listrik sesudah pemasangan PLTS (Rp)	Penghematan (Rp)
Jan	290.600	238.898.868	27.502	205.098	210.364.330	28.486.530
Feb	157.520	162.948.910	27.683	129.637	134.275.660	28.673.250
Mar	270.960	280.654.949	32.124	238.836	247.381.812	33.273.137
Apr	321.280	332.775.398	31.370	289.910	300.282.862	32.492.537
Mei	417.812	432.761.313	31.632	386.180	399.997.209	32.764.104
Jun	133.200	137.965.896	29.336	103.864	107.586.687	30.385.209
Jul	143.320	148.447.990	30.838	112.482	116.596.321	31.941.669
Ag	258.440	267.696.983	34.389	224.051	232.067.739	35.619.244
Sep	229.600	237.815.088	36.075	193.525	206.449.309	37.365.779
Okt	258.960	268.225.589	37.328	221.632	229.562.127	38.663.461
Nov	251.400	260.395.092	31.558	219.842	227.707.729	32.687.363
Des	434.040	449.569.951	27.248	406.792	421.347.529	28.222.423
Total	3.106.932	3.218.098.027	377.083	2.729.849	2.827.523.321	390.574.706

Berdasarkan tabel 5, konsumsi energi selama 1 tahun sebesar 3.106.932 kWh dengan tagihan listrik sebesar Rp 3.218.098.027, sedangkan selisih pemakaian sebesar 2.729.849 kWh dengan tagihan listrik sebesar Rp 2.827.523.321. Dapat di ketahui penghematan energi listrik sebesar 377.083 kWh dengan menghemat pembayaran sebesar Rp 390.574.706.

#### 4.11 Biaya Investasi Awal PLTS

Biaya investasi awal PLTS yang dikembangkan di Hotel Novotel Ubud Resort & Suite dibagi menjadi 3 yaitu biaya komponen awal PLTS, biaya pengiriman komponen PLTS, biaya instalasi dan pemasangan [17]. Berikut Biaya investasi awal PLTS yang akan dikembangkan.

Tabel 6. Biaya Investasi Awal PLTS

Nama komponen	Jumlah	Satuan	Harga	Total
Biaya Komponen Awal PLTS				
Modul Surya CS3W-410P	576	Buah	Rp. 2.000.000	Rp. 1.152.000.000
Inverter Solis-R06-5G	3	Buah	Rp. 88.468.212	Rp. 265.404.636
Kerangka Fullbet	576	Buah	Rp. 530.000	Rp. 305.280.000
Biaya Pengiriman Komponen				
Modul Surya CS3W-410P	1	Kali	Rp. 269.973.000	Rp. 269.973.000
Inverter Solis-R06-5G	1	Kali	Rp. 127.199.036	Rp. 127.199.036
Kerangka Fullbet	1	Kali	Rp. 77.760.000	Rp. 77.760.000
Biaya Instalasi dan Pemasangan				
20% x Jumlah biaya komponen investasi awal	1	Kali	Rp. 344.536.927	Rp. 344.536.927
Total				Rp. 2.542.153.600

**4.12 Biaya Operasional & Pemeliharaan**

Besar biaya operasional dan pemeliharaan PLTS per tahun di Hotel Novotel Ubud Resort & Suite dapat dihitung dengan rumus berikut [12].

$$OP = 1\% \times IA \tag{5}$$

$$= 1\% \times Rp\ 2.542.153.600$$

$$= Rp\ 25.421.536 / \text{tahun}$$

Untuk biaya operasional dan pemeliharaan, umur proyek (n) diasumsikan selama 25 tahun. Suku bunga bank sebesar 9,7%. Besar biaya operasional dan pemeliharaan selama 25 tahun (OP<sub>PW</sub>) dapat dihitung dengan rumus berikut [12].

$$OP_{PW} = OP \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \tag{6}$$

$$= Rp\ 25.421.536 \left[ \frac{(1+0,097)^{25} - 1}{0,04(1+0,097)^{25}} \right]$$

$$= Rp\ 236.179.801$$

**4.13 Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost)**

Biaya siklus hidup mencakup biaya investasi awal, biaya operasional dan pemeliharaan selama umur proyek yang diasumsikan selama 25 tahun serta biaya pergantian komponen [12]. biaya pergantian komponen (Ppw) mengacu pada pergantian komponen inverter setiap 10 tahun. Besar biaya siklus hidup dapat dihitung dengan rumus berikut [12].

$$LCC = IA + OP_{PW} + P_{PW} \tag{7}$$

$$= Rp\ 2.542.153.600 + Rp\ 236.179.801 + Rp\ 785.207.345$$

$$= Rp\ 3.563.540.747$$

**4.14 Biaya Energi PLTS**

Biaya energi digunakan sebagai pertimbangan untuk kelayakan ekonomi proyek PLTS [18]. Adapun faktor pengaruh penentu nilai biaya energi diantaranya biaya siklus hidup, faktor pemulihan modal dan kWh produksi tahunan. Biaya energi dapat dihitung dengan rumus berikut [18].

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{kWh} \tag{8}$$

$$= \frac{Rp\ 3.563.540.747 \times 0,107}{377.083\ kWh/\text{tahun}}$$

$$= Rp. 1.011/kWh$$

**4.15 Kelayakan Ekonomi PLTS**

Arus kas masuk didapat dari total penghematan tagihan listrik per tahunnya sebesar Rp. 390.574.706. Arus kas keluar didapat dari biaya OP sebesar Rp. 25.421.536 per tahun dan pergantian komponen inverter setiap 10 tahun sesuai dengan jaminan kinerja komponen dari pabrikan. Berikut nilai kumulatif arus kas bersih nilai sekarang (K-PVNCf) tahun pertama sampai tahun ke 25.

Tabel 7. Kumulatif Arus Kas Bersih Nilai Sekarang

Tahun	Kas Masuk	Kas Keluar		NCF	DF	PVNCF	K-PVNCf
		O & M	Ppw				
1	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,91	332.865.242	332.865.242
2	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,83	303.432.305	636.297.547
3	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,76	276.601.921	912.899.471
4	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,69	252.143.957	1.165.043.428
5	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,63	229.846.659	1.394.890.088
6	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,57	209.526.340	1.604.416.807
7	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,52	190.997.930	1.795.414.747
8	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,48	174.109.334	1.969.524.083
9	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,43	158.714.999	2.128.238.158
10	390.574.706	25.421.536	392.603.672	365.153.170	0,40	-10.876.371	2.117.361.789
11	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,36	121.887.055	2.239.248.834
12	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,33	120.225.310	2.369.474.044
13	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,30	109.594.530	2.479.068.584
14	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,27	99.903.855	2.578.972.449
15	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,25	91.070.068	2.670.042.517
16	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,23	83.017.882	2.753.059.886
17	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,21	75.676.738	2.828.736.638
18	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,19	68.985.176	2.897.721.814
19	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,17	62.885.302	2.960.807.116
20	390.574.706	25.421.536	392.603.672	365.153.170	0,16	-4.309.409	2.956.497.707
21	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,14	32.255.968	2.988.753.674
22	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,13	47.655.340	3.036.409.014
23	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,12	49.423.282	3.089.832.296
24	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,11	39.582.666	3.139.385.962
25	390.574.706	25.421.536	-	365.153.170	0,10	36.083.561	3.175.379.523

**4.16 Metode NPV**

Besar nilai NPV dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$NPV = K - PVNCF_{25} - IA$$

$$= 3.175.279.523 - 2.542.153.600$$

$$= Rp. 633.125.923$$

Diketahui nilai NPV sebesar Rp. 633.125.923 (>0). Dapat disimpulkan bahwa kelayakan ekonomi PLTS layak untuk dilaksanakan.

**4.17 Metode PI**

Besar nilai PI dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$PI = \frac{K - PVNCF_{25}}{IA}$$

$$= \frac{Rp\ 3.175.279.523}{Rp\ 2.542.153.600}$$

$$= 1,25$$

Diketahui nilai PI adalah 1,25 (>1). Dapat disimpulkan bahwa kelayakan ekonomi PLTS layak untuk dilaksanakan.



#### 4.18 Metode DPP

Besar nilai DPP dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$\begin{aligned} \text{DPP} &= ybr + \frac{IA}{(K-KPVNCF_{25})} \\ &= 13 + \frac{\text{Rp } 2.542.153.600}{\text{Rp } 3.175.279.523} \\ &= 13,8 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Nilai DPP 13,8 tahun berarti nilai DPP lebih kecil dari umur PLTS (diasumsikan 25 tahun) layak untuk dilaksanakan.

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari Perencanaan PLTS Atap di Hotel Novotel Ubud Resort & Suite Bali, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan.

1. Desain PLTS atap di gedung hotel memiliki total luas atap 2723 m<sup>2</sup> untuk pemasangan PLTS.
2. Modul surya yang terpasang sebanyak 576 buah dengan total daya keluaran yang dihasilkan PLTS sebesar 236,16 kWp.
3. Hasil simulasi produksi energi listrik PLTS menggunakan aplikasi HOMER mendapatkan energi listrik 377.083 kWh/tahun dan *mean output* sebesar 1.033 kWh/hari.
4. Perancangan PLTS atap memiliki kelayakan ekonomi PLTS yaitu NPV, PI dan DPP. NPV bernilai positif sebesar Rp. 633.125.923 (>0) serta PI bernilai 1,25 (>1) yang berarti layak untuk dilaksanakan. Nilai DPP 13,8 tahun berarti nilai DPP lebih kecil dari umur PLTS (diasumsikan 25 tahun) layak untuk dilaksanakan.

#### 6. Daftar Pustaka

- [1] Engelbertus, T. 2016. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Catu Daya Tambahan Pada Hotel Kini Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, Vol.2, No.1
- [2] 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*
- [3] Giriantari, I.A.D., Kumara, I.N.S., Santiari, D.A. 2014. *Economic Cost Study of Photovoltaic Solar System for Hotel in Nusa Lembongan*, *Proceeding ICSGTEIS*
- [4] Gubernur Bali. 2019. Peraturan Gubernur Bali Nomor: 45 tahun 2019 Tentang Bali Energi Bersih. Denpasar
- [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] Priajana, P.G.G., Kumara, I.N.S., Setiawan, I.N. 2020. Grid Tie Inverter Untuk PLTS Atap Di Indonesia: Review Standar Dan Inverter Yang Compliance Di Pasar Domestik. *Jurnal Spektrum Vol. 7, No. 2*
- [7] Wiranata, I.P.A., Kumara, I.N.S., Sukerayasa, I.W. 2019. Simulasi Unjuk Kerja PLTS 1 Mw Kayubihhi Jika Menggunakan Sun Tracking System. *Jurnal Spektrum Vol. 6, No. 4*
- [8] Pelaku Bisnis. 2019. PLTS Rooftop Perlu Kesadaran Semua Pihak. [Online] Available at: <https://pelakubisnis.com/2019/08/plts-rooftop-perlu-kesadaran-semua-pihak/> [Accessed 28 Juli 2020]
- [9] Silaban, I.O., Kumara, I.N.S., Setiawan, I.N. 2021. Perancangan PLTS Atap Pada Gedung Kantor Bupati Tapanuli Utara Dengan Arsitektur Rumah Adat Batak Toba. *Jurnal Spektrum Vol. 8, No. 2*
- [10] Ing. Bagus Ramadhani, M. Sc, 2018. *Buku Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) Jakarta, Indonesia
- [11] Wicaksana, M.R. Kumara, I.N.S., Giriantari, I. A. D. 2019. Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 Kwp Pada Kantor Gubernur Bali. *Jurnal Spektrum Vol. 6, No. 3*
- [12] Sihotang, G.H. 2019. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Kini Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, Vol. 1, No.1
- [13] PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan. 2021. Data Konsumsi Hotel Movenpick Resort & Spa Jimbaran Bali
- [14] POWER DATA ACCESS VIEWER NASA Prediction of worldwide Energy Resources. [Online] Available at: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> [Accessed 20 Juli 2020]
- [15] Anggara, I.W.G.A., Kumara, I.N.S., Giriantari, I.A.D. 2014. Studi Terhadap Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga

- Surya 1,9 Kw Di Universitas Udayana Bukit Jimbaran. *Jurnal Spektrum Vol. 1, No. 1*
- [16] PT. PLN. 2021. Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik. [Online] Available at: [https://web.pln.co.id/statics/uploads/2021/06/tf\\_april\\_juni\\_2021.pdf](https://web.pln.co.id/statics/uploads/2021/06/tf_april_juni_2021.pdf) [Accessed 2 Juni 2021]
- [17] Pangaribuan, B.M., Giriantari, I.A.D., Sukerayasa, I.W. 2020. Desain PLTS Atap Kampus Universitas Udayana: Gedung Rektorat. *Jurnal Spektrum Vol. 7, No. 2*
- [18] Kossi, V.R. 2018. Perencanaan PLTS Terpusat (off-grid) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura Vol. 2, No. 1*