

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ATAP DI HOTEL MEGA DANA

Christ Ave Duga Purba¹, Ongky Wahyu Wicaksono², I Wayan Arta Wijaya³,
I Nyoman Budiastira⁴

^{1,2}Mahasiswa Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{3,4}Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jln. Raya Kampus UNUD, Kampus Bukit Jimbaran, Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali
christaveduga@gmail.com¹, ongkywahyu997@gmail.com², artawijawa.ee@unud.ac.id³,
budiastira@unud.ac.id⁴

ABSTRAK

Pemanfaatan energi terbarukan merupakan salah satu solusi mengatasi kebutuhan listrik yang semakin hari semakin meningkat, solusinya diantaranya adalah dengan pemasangan PLTS pada atap perkantoran, industri atau rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan listrik dengan pemanfaatan energi solar dengan cara memanfaatkan atap Hotel Mega Dana sebagai tempat panel surya yang nantinya dapat menghasilkan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada bar hotel. Hasil simulasi produksi energi listrik PLTS atap Hotel Mega Dana menggunakan aplikasi helioscope. Penelitian ini menganalisis ekonomi dari perancangan PLTS atap Hotel Mega Dana. Kelayakan investasi penelitian ini dinilai dari nilai NPV, PI dan DPP. Berdasarkan data yang diperoleh di Hotel Mega Dana memiliki luas atap 655,92 m². Pada atap tersebut penelitian menggunakan 39 modul panel surya, 1 buah inverter sebesar 20kW, dan 5 buah baterai TLO 48V 100 Ah, dapat membangkitkan daya sebesar 17,6 kWp, dengan total produksi energi tahunan sebesar 21,83 MWh untuk memenuhi kebutuhan beban pada bar Hotel Mega Dana. Penelitian ini direncanakan dengan modal awal Rp.254.578.500, nilai PI sebesar 1,09, dan nilai DPP selama 21,9 tahun. Hasil analisis penelitian ini dapat dikatakan layak diterapkan, karena perancangan memiliki nilai NPV positif dan mampu mengembalikan modal pada 21,9 tahun dari 25 tahun umur proyek.

Kata kunci : Energi, PLTS Atap, Helioscope, Kelayakan Ekonomi

ABSTRACT

The utilization of renewable energy is one of the solutions to overcome the increasing electricity demand. One of these solutions is to install Solar Power systems on the roofs of offices, industries, or households. This study targets to meet electricity demand by utilizing the roof of the Mega Dana Hotel as a place for the installation of solar panels, the solar panel will later produce electrical energy to meet the electricity needs of the hotel bars. The simulation results of the production of electric energy at Hotel Mega Dana's solar panel system using an application called Helioscope. This study analyzes the economics of designing a rooftop solar power system at Hotel Mega Dana. The feasibility of this research investment is assessed from the value of NPV, PI, and DPP. According to the data obtained, the Hotel Mega Dana building has a roof area of 655.92 m². The study used 39 solar panel modules, 1 20kW inverter, and 5 48V 100 Ah TLO batteries, the system can produce 17,6 kWp of power, with a total annual energy production of 21.83 MWh to supply electricity for the bar at Hotel Mega Dana. This research was planned with an initial capital of IDR 254,578,500, a PI value of 1.09, and a DPP value of 21.9 years. The results of this research analysis can be considered feasible because the design has a positive NPV value and is expected to return investment at 21.9 years out of 25-years project life.

Key Words : Energy, Solar Power Plant, Economic Feasibility.

1. PENDAHULUAN

Pada perkembangan zaman yang semakin maju, energi listrik telah menjadi

kebutuhan primer manusia. Semua sektor kehidupan manusia bergantung pada energi listrik. Namun pada kenyataannya, belum seluruh daerah di Indonesia telah dialiri listrik. Rasio elektrifikasi Indonesia pada tahun 2018 mencapai 98,05% [1]

Total potensi energi surya di Provinsi Bali dapat jauh melebihi jumlah kebutuhan energi penduduknya dalam 10 tahun mendatang. Dalam Rencana Umum Energi Nasional disebutkan bahwa Indonesia menargetkan kapasitas PLTS nasional sebesar 6,5 GW pada tahun 2025 dan meningkat 45 GW pada tahun 2050. Pencapaian target tersebut memerlukan sinergi pemangku kepentingan dan masyarakat [2].

Untuk daerah-daerah yang telah dialiri listrik pun masih sering mengalami pemadaman listrik secara bergilir. Hal ini menunjukkan kualitas daya listrik yang masih rendah. Padahal, energi listrik sangat diperlukan untuk setiap aktivitas, terutama demi memajukan perekonomian dan potensi pengembangan suatu wilayah.

Bali adalah salah satu provinsi di Indonesia. Bali terutama terkenal diantara para wisatawan mancanegara karena memiliki keragaman seni dan budaya. Kehidupan masyarakat Bali tidak bisa lepas dari kesenian. Di Bali terdapat galeri-galeri seni, serta festival budaya dan pertunjukan seni yang diadakan di seluruh Bali setiap tahunnya. Industri perhotelan di daerah Bali mengalami perkembangan, sehingga pasokan energi listrik yang dibutuhkan menjadi lebih banyak.

Hotel merupakan akomodasi dengan karakteristik operasional selama 24 jam. Dengan memberikan layanan yang berkualitas, hotel membutuhkan pasokan listrik yang cukup, berkelanjutan dan dapat diandalkan. Pasokan energi listrik yang disediakan PLN masih disuplai oleh pembangkit berbahan bakar fosil yang kurang ramah lingkungan, maka perlu alternatif pemanfaatan energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi pada hotel [3].

Indonesia memiliki peluang besar untuk memanfaatkan sumber energi alternatif terbarukan untuk dikonversi menjadi energi listrik. Potensi energi terbarukan dapat diaplikasikan pada daerah lokal antara lain energi angin, laut, dan surya. Sebagai

negara tropis, Indonesia memiliki potensi energi surya yang cukup besar. Mengacu pada data penyinaran matahari dimana dikumpulkan dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia bisa dikategorikan secara berturutan, yakni 20 untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) pada kisaran 4,5 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan yang berkisar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) pada kisaran 5,1 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan yang berkisar 9%. Dengan begitu, didapatkan juga potensi energi matahari rata-rata Indonesia pada kisaran 4,8 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan yang berkisar di 9% [4].

Potensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, mengingat kondisi topografi Indonesia di sekitar khatulistiwa yang secara konsisten mendapat keterbukaan pancaran matahari paling banyak. Hotel Mega Dana mempunyai luas atap bangunan sekitar 655,92 m². Penerapan PLTS di Hotel Mega Dana merupakan peluang yang paling optimal dalam menangkap radiasi matahari, serta memiliki rugi akibat efek bayangan dari bangunan lain sangat kecil.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam usulan penelitian ini akan dilakukan studi potensi PLTS atap di Hotel Mega Dana. Juga akan dilakukan desain sistem PLTS atap di Hotel Mega Dana untuk memenuhi daya pada mini bar hotel. Perancangan PLTS atap di Hotel Mega Dana ini menggunakan sistem Off-Grid, dimana yang menjadi perbedaan dengan penelitian terdahulu adalah objek penelitiannya serta metode penelitiannya, karena penelitian ini mengkaji kelayakan pembangunan PLTS, mengacu pada analisis dari aspek wilayah geografis dan demografis berpotensi untuk dibangun PLTS.

Alasan peneliti untuk memilih menggunakan Sistem PLTS off grid karena Sistem off grid dapat dikatakan sebagai sistem jaringan listrik yang berdiri sendiri sesuai dengan yang direncanakan pada perencanaan ini. Sistem off grid juga mempunyai keunggulan salah satunya PLTS ini mampu mensuplai energi listrik apabila pemadaman listrik dari PLN. PLTS off grid juga membutuhkan peralatan yang lebih kompleks. Sistem PLTS off grid yang memungkinkan untuk menyimpan listrik dari PLTS dalam baterai untuk digunakan ketika

listrik PLN mati atau jika kediaman kita berada pada daerah tanpa akses listrik PLN. Dalam hal ini menjadikan sistem PLTS off-grid tidak dapat melakukan proses ekspor-impor listrik ke PLN. Pada penelitian ini sistem PLTS di Hotel Mega Dana masih untuk keperluan pemakaian sendiri saja. Karena penulis menghitung produksi energi hanya untuk keperluan mensuplai kebutuhan daya untuk mini bar saja. Oleh karena itu penulis tertarik melakukan sebuah penelitian yang berjudul "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Hotel Mega Dana".

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber tenaga dari sinar matahari [6]. Pembangkit listrik PLTS menghasilkan arus searah (DC) dari energi sinar matahari yang kemudian dihubungkan ke inverter untuk mengubahnya menjadi arus bolak-balik (AC) [7]. PLTS memiliki kelebihan diantaranya ramah lingkungan, tidak menimbulkan kebisingan dan sumber energi dari cahaya matahari yang tidak akan habis [8].

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].

2.3 Konfigurasi Sistem PLTS

Konfigurasi sistem PLTS dapat digolongkan menjadi beberapa sistem, diantaranya sistem on-grid, off-grid dan hybrid [10]. On-grid merupakan sistem yang terkoneksi dengan jaringan PLN. Sistem yang berdiri sendiri ataupun tidak terkoneksi dengan jaringan PLN disebut off-grid [10]. 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. Komponen utama PLTS adalah modul surya, inverter dan baterai.

2.4.1 Modul Surya

Modul surya ialah komponen PLTS yang terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri atau paralel untuk menghasilkan energi listrik yang dibutuhkan. Susunan panel surya disebut *array* [6].

2.4.2 Inverter

Inverter merupakan komponen elektronika daya yang dapat mengubah tegangan searah (DC) dari rangkaian modul fotovoltaik menjadi tegangan bolak balik AC, yang dapat digunakan secara langsung atau disimpan dalam baterai [11].

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 [11]. Untuk menentukan kapasitas baterai dapat menggunakan rumus perhitungan berikut.

$$C = \frac{N \times E_d}{V_s \times D_{od} \times \eta_{inverter}} \quad (1)$$

Keterangan:

C = Kapasitas Baterai (Ah)

N= Hari-hari otonomi (hari)

Ed = Konsumsi energi harian (kWh)

Vs = Tegangan baterai (volt)

Dod = Maksimum *discharge* baterai

η = Efisiensi inverter

2.5 Biaya Siklus Hidup

Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem selama kehidupannya. Pada sistem PLTS biaya siklus hidup (LCC) diperoleh oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal, biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional serta biaya penggantian komponen.

$$LCC = C + M_{pw} + R_{pw} \quad (2)$$

Keterangan:

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

C = Biaya investasi awal

MPW = Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun atau selama umur proyek.

RPW = Biaya nilai sekarang untuk biaya penggantian yang harus dikeluarkan selama umur proyek.

2.6 Faktor Pemulihan Modal

Faktor pemulihan modal adalah faktor yang digunakan untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian pembayaran atau biaya tahunan dengan jumlah yang sama. Faktor pemulihan modal diperoleh dengan persamaan sebagai berikut [12]

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (3)$$

Keterangan :

CRF = Faktor pemulihan modal.

i = tingkat diskonto

n = periode dalam tahun (umur investasi)

2.7 Biaya Energi

Biaya energi merupakan perbandingan antara biaya total per tahun dari sistem dengan energi yang dihasilkan selama periode yang sama. Dilihat dari sisi ekonomi, biaya energi PLTS berbeda dari biaya energi untuk pembangkit konvensional [12]

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{kWh} \quad (4)$$

Keterangan :

COE = *Cost of Energy* (Rp/kWh).

LCC = *Life Cycle Cost*

CRF = Faktor pemulihan modal berdasarkan pada discount rate (i).

kWh = Energi yang dibangkitkan tahunan (kWh/tahun)

2.7 Faktor Diskonto

Faktor diskonto adalah bilangan yang lebih kecil dari 1 yang dipakai untuk mengalikan suatu jumlah nilai di masa yang akan datang (*future value*) supaya menjadi nilai sekarang (*present value*), maka didapat nilai sewa properti.

$$DF = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (7)$$

Keterangan:

DF = *Discount Factor*

i = Tingkat diskonto

n = periode dalam tahun (umur investasi)

2.9 Kelayakan Ekonomi PLTS

Kelayakan Investasi Ekonomi dianalisis dengan metode NPV, PI dan DPP

2.9.1 Metode NPV

NPV (*Net Present Value*) merupakan metode yang menghitung nilai arus kas (K-PVNCF_n) dengan mempertimbangkan faktor diskonto. NPV adalah selisih antara nilai bersih sekarang dari semua kas dan investasi awal. Untuk menghitung NPV digunakan rumus berikut [12].

$$NPV = K - PVNCF_n - IA \quad (6)$$

Keterangan :

NPV = *net present value* (Rp)

K-PVNCF_n = seluruh kas bersih nilai sekarang

IA = total investasi awal (Rp)

2.9.2 Metode IP

Profitability Index (IP) merupakan metode yang menghitung nilai bersih sekarang dari semua kas (K-PVNCF_n) dan investasi awal. Untuk menghitung IP dapat menggunakan rumus berikut [12].

$$IP = \frac{K - KPVNCF_n}{IA} \quad (7)$$

Keterangan :

IP = *Profitability Index* (Rp)

K-PVNCF_n = seluruh kas bersih nilai sekarang

2.9.3 Metode DPP

Discounted Payback Period (DPP) adalah periode waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh kembali nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek, dengan mempertimbangkan faktor diskonto. Untuk memperoleh nilai DPP berikut cara perhitungannya [12].

$$DPP = ybr + \frac{IA}{(K - PVNCF_n)} \quad (8)$$

Keterangan :

ybr = *Year before recovery*

IA = Biaya investasi awal.

K-PVNCF_n = Jumlah arus kas bersih nilai sekarang.

2.10 Software Helioscope

HelioScope adalah sebuah program yang dikembangkan oleh Folsom Labs. Program ini memungkinkan para peneliti untuk melakukan simulasi perancangan *solar system* dengan tampilan 3D, sehingga pengguna dapat mengevaluasi potensi

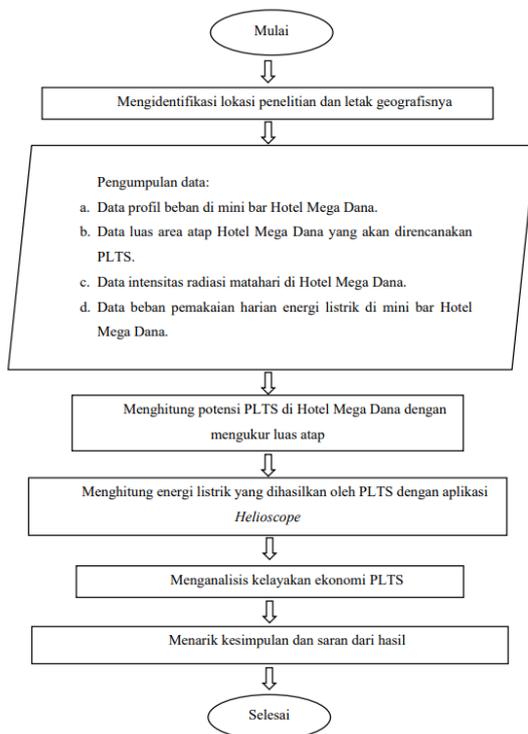
shading dan performa dari panel surya yang akan ditempatkan dalam berbagai posisi dan bidang. Fitur HelioScope meliputi desain dalam ruang 3D, simulasi elektrikal yang dapat menampilkan single line diagram, pembuatan proposal berkualitas dalam waktu singkat, serta penentuan tata letak modul surya secara cepat berdasarkan faktor seperti kondisi lahan, atap, dan penghalang di sekitarnya.



Gambar 1. Aplikasi *Helioscope*, Folsom Labs

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Hotel Mega Dana, Denpasar. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Februari sampai Juni 2023. Analisis Data dapat dilihat pada Gambar 2 :



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Berikut penjelasan pada Gambar 2 :

Langkah 1. Pengumpulan Data

Penelitian ini diawali dengan observasi dan pengumpulan data, yaitu data beban bar, luas atap dan sudut kemiringan atap Hotel Mega Dana, intensitas matahari.

Langkah 2. Menghitung potensi PLTS di Hotel

Analisis dilakukan untuk mengetahui potensi PLTS atap di Hotel Mega Dana.

Langkah 3. Simulasi *Helioscope*

Melakukan simulasi pada aplikasi *helioscope* sesuai data yang telah diperoleh, dengan melakukan pemilihan komponen dan kemudian memperoleh hasil simulasi dari aplikasi.

Langkah 4. Analisis Kelayakan ekonomis PLTS

Setelah menemukan hasil simulasi dan pemilihan komponen, maka dilakukan perhitungan ekonomis dan melakukan teknik analisis kelayakan ekonomis.

Langkah 5. Penarikan Kesimpulan dan saran

Berdasarkan langkah keempat maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan dan saran terhadap penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hotel Mega Dana

Hotel Mega Dana dibangun pada tahun 2015 dan didirikan oleh bapak I Ketut Redana. Hotel Mega Dana adalah hotel bintang tiga yang memiliki lokasi di Denpasar, Bali, beralamat di Banjar Tengah No.19 Denpasar, Jl. Pidada, Ubung, Kec. Denpasar Utara, Kota Denpasar dengan demikian Hotel Mega Dana mempunyai lokasi tempat yang strategis. Hotel Mega Dana ini mempunyai 52 ruang kamar. Pada lantai 1 gedung ini terdapat reception room, lobby, tempat makan, area Parkiran dan 7 kamar, Sedangkan untuk lantai 2,3 dan 4 berisi 15 kamar.



Gambar 3. Hotel Mega Dana

Berdasarkan letak geografisnya Hotel Mega Dana terletak pada titik koordinat - 8,502022, 115,017912. Hotel Mega Dana memiliki luas bangunan sebesar 1000 m² dengan memiliki tinggi bangunan 13 m dari permukaan tanah.

4.2 Iradiasi Mathari

Iradiasi matahari dapat diukur menggunakan perangkat *solar power meter* untuk mendapatkan data. Pengukuran dilakukan di area sebelah utara gedung Hotel Mega Dana dengan mengambil sampel pengukuran pada tanggal 5 Juni – 11 Juni 2023 mulai pukul 06:00 – 18:00 WITA dan merekap data yang dilakukan setiap 1 jam. Hasil pengukuran iradiasi matahari dapat diperhatikan pada tabel 1.

Tabel 1. Iradiasi Matahari

Iradiasi Matahari									
No	Jam	05-Juni	06-Juni	07-Juni	08-Juni	09-Juni	10-Juni	11-Juni	
1	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0
2	01:00	0	0	0	0	0	0	0	0
3	02:00	0	0	0	0	0	0	0	0
4	03:00	0	0	0	0	0	0	0	0
5	04:00	0	0	0	0	0	0	0	0
6	05:00	0	0	0	0	0	0	0	0
7	06:00	19,02	13,78	21,23	18,65	20,72	17,66	13,05	
8	07:00	97,63	91,21	76,99	116,8	157,22	55,42	77,4	
9	08:00	206,66	212,72	122,15	239,04	408,88	165,17	180,13	
10	09:00	365,44	302,18	249,81	336,14	375,9	533,63	236,67	
11	10:00	404,84	459,38	354,48	474,26	562,79	574,82	375,2	
12	11:00	377,32	500,07	417,52	467,91	754,66	746,02	391,33	
13	12:00	469,68	472,06	504,53	530,73	769,41	791,43	454,77	
14	13:00	344,73	360,27	510,48	475,46	754,67	776,96	316,47	
15	14:00	288,34	302,6	443,68	428,72	705,48	698,87	375,06	
16	15:00	185,61	215,29	292,92	316,1	473,28	536,79	307,35	
17	16:00	75,77	53,14	167,89	164,26	257,75	322,83	126,54	
18	17:00	34,38	29,62	39,54	39,2	48,47	87,06	21,66	
19	18:00	0	0	6,56	5,95	5,73	7,8	0	
20	19:00	0	0	0	0	0	0	0	
21	20:00	0	0	0	0	0	0	0	
22	21:00	0	0	0	0	0	0	0	
23	22:00	0	0	0	0	0	0	0	
24	23:00	0	0	0	0	0	0	0	

4.3 Profile Beban Bar Hotel Mega Dana

Perancangan PLTS atap pada Gedung Hotel Mega Dana direncanakan untuk memenuhi kebutuhan daya pada Bar

hotel, dengan data beban dapat diperhatikan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Beban Bar Hotel Mega Dana

Nama	Jumlah Peralatan (unit)	Lama Penggunaan (Jam)	Total Daya (W)	Konsumsi Energi (Wh)
Mesin Kopi 1x1050 watt	1	5	1050	5250
Sound system 1x250 watt	2	5	250	2500
Show case 1x230 watt	1	24	230	5520
Blender 1x230 watt	1	4	230	920
Komputer 1x250 watt	1	6	250	1500
TV 32 inch 1x50 watt	1	6	50	300
Lampu LED strip 1x5 watt	10	6	5	90
Lampu 1x12 watt	6	6	12	864
Down light 1x12 watt	2	6	12	144
Total			2.089 W	17.088 Wh

Pada tabel 2. dapat diperoleh bahwa beban Bar hotel Mega Dana 17.088 Wh per harinya. Dengan kebutuhan beban tersebut maka dirancang PLTS yang dapat memenuhi kebutuhan beban.

4.4 Perancangan PLTS Atap Hotel Mega Dana

4.4.1 Desain PLTS Atap

Data-data yang telah diperoleh lalu disimulasikan pada aplikasi *helioscope*. Peneliti merancang PLTS berdasarkan kebutuhan beban bar sebesar 17.088 Wh. Berikut hasil simulasi pada aplikasi *helioscope*.



Gambar 4. Desain PLTS di Helioscope

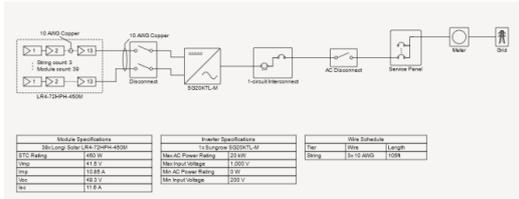
Berdasarkan hasil simulasi pada aplikasi *helioscope* potensi PLTS atap Hotel Mega Dana diketahui bahwa jumlah modul yang dapat dipasang menghadap utara saja pada Hotel Mega Dana sebanyak 39 buah, dan total daya yang dapat dihasilkan sebesar 17.550 Wp.

Komponen utama yang digunakan pada perancangan ini yaitu :

1. Modul surya Longi Solar LR4-72HPH-450, 450WP
2. Inverter Sungrow SG20KTL-M
3. Baterai LTO 48KV 100AH

4.4.2 Konfigurasi Modul Surya

Konfigurasi Modul Surya melalui simulasi *single line diagram* pada gambar



Gambar 4. Konfigurasi Modul Surya PLTS Atap Hotel Mega Dana

4.4.3 Menentukan Kapasitas Baterai

Perencanaan ini akan menggunakan Baterai Lithium titanate oxide (LTO) 48V dengan kapasitas 100 Ah, tegangan nominal baterai 48 V, dan Cycle Use DOD 80%. Pemilihan Baterai ini disesuaikan dengan kebutuhan dan umur proyek, yaitu 25 tahun dan baterai LTO dapat berusia hingga 50 tahun. Untuk menghitung kapasitas baterai dapat menggunakan persamaan (1)

$$C = \frac{1 \text{ hari} \times 17 \text{ kWh/hari}}{4,8 \times 0,8 \times 0,97} = 405,74 \text{ Ah}$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{4,05 \text{ 47 Ah}}{100 \text{ Ah}} = 4,5 \text{ unit}$$

Berdasarkan perhitungan maka total baterai yang dipakai dalam perancangan sebanyak 5 buah baterai.

4.5 Hasil Simulasi Desain PLTS Atap

Hasil *summary* PLTS atap dapat diperhatikan pada gambar 5.

System Metrics	
Design	Design 1
Module DC Nameplate	17.6 kW
Inverter AC Nameplate	20.0 kW Load Ratio: 0.88
Annual Production	21.83 MWh
Performance Ratio	75.8%
kWh/kWp	1,243.6
Weather Dataset	TMY, 10km Grid, meteonorm (meteonorm)
Simulator Version	c42cb15f56-be423a0d8a-e014ad575e-625b82f741
Shade Report	View Shade Report

Gambar 5 Hasil *summary* PLTS Atap Hotel Mega Dana di *Helioscope*

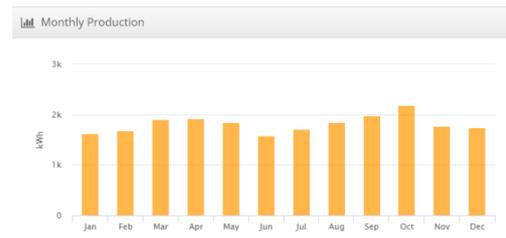
Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa desain PLTS atap Hotel Mega Dana memiliki

potensi menghasilkan daya sebesar 17,6 kWp, produksi total energi tahunan sebesar 21,83 MWh. PLTS ini memiliki persentase rasio kinerja sebesar 75,8% dan total produksi energi tahunan yang dibagi dengan daya nameplate (kWh/kWp) sebesar 1,243 kWh. Informasi mengenai hasil produksi bulanan berdasarkan simulasi dapat ditemukan pada tabel 2.

Tabel 2. Investasi Awal PLTS Atap

Bulan	GHI (kWh/m ²)	Nameplate (kWh)	Grid (kWh)
Januari	133.8	1,988.30	1,625.30
Februari	135.7	1,993.60	1,686.80
Maret	151.0	2,170.20	1,902.30
April	157.2	2,191.20	1,918.90
Mei	163.2	2,147.90	1,845.30
Juni	147.1	1,842.60	1,584.60
Juli	152.0	1,971.30	1,714.10
Agustus	153.4	2,107.50	1,852.10
September	157.6	2,238.00	1,974.60
Oktober	175.3	2,563.90	2,193.80
November	147.3	2,187.80	1,779.30
Desember	146.0	2,181.80	1,748.70

Produksi PLTS tertinggi terjadi pada bulan Juni yaitu sebesar 2.193,8 kWh sedangkan produksi energi terendah terjadi pada bulan Januari yaitu sebesar 1.584,6 kWh.



Gambar 6 Produksi energi bulanan PLTS Hotel Mega Dana pada *Helioscope*

4.6 Perhitungan Investasi Awal PLTS

Biaya investasi awal PLTS yang direncanakan di Hotel Mega Dana dibagi menjadi 2 biaya yaitu *direct cost* dan *indirect cost*. Biaya *direct cost* seperti biaya modul surya, inverter, baterai dan komponen pelengkap. Biaya *indirect cost* seperti biaya pengiriman dan biaya pemasangan dan instalasi. Berikut Biaya investasi yang dikembangkan

Tabel 2. Investasi Awal PLTS Atap

Komponen	Banyak	Satuan	Harga	Total
Direct Cost				
Modul Surya LONGI 450 Wp *	39	Buah	Rp. 1.850.000	Rp. 72.150.000
Sungrow SG20KTL-M**	1	Buah	Rp. 21.000.000	Rp. 21.000.000
Baterai LTO 48V 100AH Lithium Titanite Baterai *	5	Buah	Rp. 18.000.000	Rp.90.000.000
Komponen pelengkap*			Rp. 21.437.500	Rp.21.437.500
Indirect Cost				
Biaya pemasangan dan instalasi***	1	Kali	Rp. 32.000.000	Rp. 32.000.000
Biaya pengiriman komponen****	1	Kali	Rp. 18.000.000	Rp.18.000.000
Total				Rp. 254.587.500

(*e-commerce,**Solar top store,***The Specialist,****Antara Logistic)

Berdasarkan Tabel 4. total biaya investasi awal keseluruhan adalah Rp.254.578.500.

4.7 Biaya Pemeliharaan dan operasional

Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS, biasanya diperhitungkan sekitar 1-2% dari total investasi awal. Biaya pemeliharaan dan investasi awal ditetapkan sebesar 1% dari total investasi awal, dikarenakan Indonesia hanya memiliki 2 musim sehingga biaya pembersihan dan pemeliharaan panel surya tidak sebesar negara-negara yang memiliki 4 musim

$$M = 1\% \times \text{Rp.}254.587.500 \\ = \text{Rp.}2.545.875$$

4.8 Biaya Siklus Hidup

Biaya pemeliharaan (M) dan operasional (o) yang harus dikeluarkan setiap tahun adalah sebesar Rp.1.905.875, sedangkan nilai saat ini dari biaya pemeliharaan dan operasional jika diasumsikan umur proyek (n) adalah 25 tahun. Penentuan tingkat besar diskonto ini berdasarkan dengan Rapat Dewan Gubernur (RDG) Bank Indonesia pada 21-22 Juni 2023 yaitu 5.75%. Dengan demikian, biaya pemeliharaan dapat diperoleh dengan persamaan (2)

$$Mpw = M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \\ = \text{Rp.} 2.545.875 \left[\frac{(1+0,0575)^{25} - 1}{i(1+0,0575)^{25}} \right] \\ = \text{Rp.} 54.760.530$$

Dengan demikian dapat diperoleh biaya siklus hidup atau *life cycle cost* (LCC) dengan persamaan (2).

$$LCC = C + Mpw \\ = \text{Rp.} 254.587.500 + \text{Rp.} 54.760.530 \\ = \text{Rp.} 309.348.030$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, untuk perancangan PLTS atap Hotel Mega Dana, dilaporkan bahwa memerlukan biaya investasi awal sebesar Rp.254.587.500 dan Life Cycle Cost (LCC) PLTS selama proyek 25 tahun sebesar Rp.309.348.030. Biaya siklus hidup dipengaruhi biaya investasi awal PLTS.

4.9 Faktor Pemulihan Modal

Faktor pemulihan modal dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \\ = \frac{0,0575(1+0,0575)^{25}}{(1+0,0575)^{25} - 1} \\ = 0,076$$

4.10 Biaya Energi (cost of energy) PLTS

Biaya energi penting sebagai bahan pertimbangan kelayakan suatu proyek PLTS. Biaya energi PLTS ditentukan oleh berbagai faktor diantaranya biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan produksi kWh tahunan. Biaya energi dapat diperoleh dengan persamaan (4).

$$CRF = \frac{LCC \times CRF}{AkWh} \\ = \frac{\text{Rp.} 309.348.030 \times 0,076}{21.830 \text{ kWh/tahun}} \\ = \text{Rp.} 1.076,98/\text{kWh}$$

4.11 Analisis Kelayakan Ekonomi PLTS

Kelayakan investasi PLTS atap ditentukan berdasarkan *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI) dan *Discounted Payback Period* (DPP). Untuk memperoleh nilai tersebut diperlukan factor diskonto (DF), sesuai dengan RDG, maka nilai DF dapat diperoleh dengan persamaan (5).

$$DF = \frac{1}{(1+r)^t} \\ = \frac{1}{(1+0,0575)^1} \\ = 0,991$$

Pendapatan dari arus kas masuk yang dihasilkan dari total penghematan tagihan listrik setiap tahunnya, mencapai Rp. 23.510.450. Di sisi lain, arus kas keluar didapat dari biaya O&M sebesar Rp.

2.545.875 per tahun, serta biaya pergantian komponen inverter setiap 10 tahun sesuai dengan jaminan kinerja komponen dari pabrikan. Berdasarkan data ini, berikut nilai kumulatif arus kas bersih nilai sekarang (K-PVNCF) tahun pertama sampai tahun ke 25.

Tahun	Kas Masuk (Rp)	Kas Keluar (Rp)		Net B - O&M (Net Cash Flow) (Rp)	DF	PVNCF	K-PVNCF
		Inverter	O & M				
0	Rp. 23.510.450				1,00	Rp23.510.450	Rp17.190.663
1	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,95	Rp19.824.657	Rp42.335.107
2	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,89	Rp18.746.721	Rp62.081.828
3	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,85	Rp17.727.396	Rp79.809.224
4	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,80	Rp16.763.495	Rp96.572.718
5	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,76	Rp15.852.004	Rp112.424.722
6	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,72	Rp14.990.075	Rp127.414.797
7	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,68	Rp14.175.012	Rp141.589.809
8	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,64	Rp13.404.267	Rp154.994.076
9	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,60	Rp12.675.429	Rp167.669.505
10	Rp. 23.510.450	Rp. 21.000.000	Rp. 2.545.875	-Rp. 35.425	0,57	-Rp20.254	Rp167.649.251
11	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,54	Rp11.334.488	Rp178.983.740
12	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,51	Rp10.718.192	Rp189.701.932
13	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,48	Rp10.135.407	Rp199.837.339
14	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,46	Rp9.584.309	Rp209.421.648
15	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,43	Rp9.063.176	Rp218.484.824
16	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,41	Rp8.570.379	Rp227.055.203
17	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,39	Rp8.104.378	Rp235.159.581
18	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,37	Rp7.663.714	Rp242.823.295
19	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,35	Rp7.247.011	Rp250.070.306
20	Rp. 23.510.450	Rp. 21.000.000	Rp. 2.545.875	-Rp. 35.425	0,33	-Rp1.580	Rp256.055.726
21	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,31	Rp6.480.346	Rp256.539.072
22	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,29	Rp6.127.986	Rp262.667.058
23	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,28	Rp5.794.786	Rp268.461.844
24	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,26	Rp5.479.703	Rp273.941.547
25	Rp. 23.510.450		Rp. 2.545.875	Rp. 20.964.575	0,26	Rp5.479.703	Rp279.421.251
Total	Rp. 587.761.250	Rp. 42.000.000	Rp. 68.648.875	Rp. 482.117.375		Rp. 279.421.251	

Tabel 3. Kumulatif Arus Kas Bersih Nilai Sekarang

4.12 Metode NPV

Besar nilai NPV dapat diperoleh dengan persamaan (6).

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

$$= Rp. 279.421.251 - Rp. 254.587.500$$

$$= Rp. 24.833.751$$

Ditemukan bahwa nilai NPV sebesar Rp.24.833.751 (>0). Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa PLTS memiliki kelayakan ekonomi yang memungkinkan untuk dilaksanakan.

4.13 Metode PI

Besar nilai PI dapat diperoleh dengan persamaan (7).

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

$$= \frac{Rp. 276.421.521}{Rp. 254.587.500}$$

$$= 1,09$$

Ditemukan bahwa nilai PI sebesar 1,09 (>1). Maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa kelayakan ekonomi PLTS memungkinkan untuk dilaksanakan.

4.14 Metode DPP

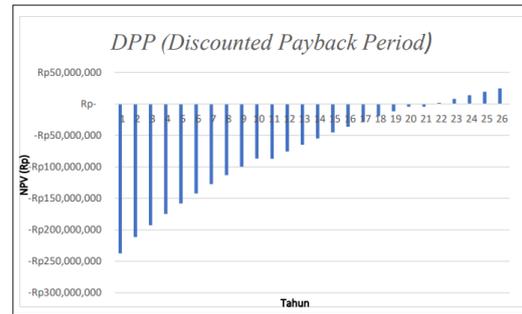
Dalam penelitian ini diketahui bahwa pada tahun ke-21 kumulatif PVNCF yaitu sebesar Rp.256.539.072 mampu melebihi investasi awal yaitu sebesar Rp. 254.578.500, dengan year before recovery adalah pada tahun yang mendekati biaya investasi awal yaitu pada tahun ke-21.

Besar nilai DPP dapat diperoleh dengan persamaan (8).

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

$$= 21 + \frac{Rp. 254.587.500}{Rp. 276.421.521}$$

$$= 21,09 \text{ Tahun}$$



Gambar 7 Diagram DPP

Dari hasil analisis, ditemukan bahwa nilai DPP adalah 21,09 tahun n berarti nilai DPP lebih kecil dari umur PLTS (diasumsikan 25 tahun), berdasarkan hasil ini, PLTS memungkinkan untuk dilaksanakan.

4.15 Hasil Analisis Kelayakan Investasi

Berdasarkan hasil analisis ekonomi kelayakan investasi PLTS atap Gedung Hotel Mega Dana, dapat ditampilkan data hasil analisis kelayakan investasi pada tabel4.

Tabel 4 Hasil Analisis Kelayakan Investasi

No	Analisis Kelayakan	Kriteria Kelayakan	Hasil Analisis Investasi	Kesimpulan
1	Net Present Value (NPV)	Layak (NPV>0), tidak layak (NPV<0)	Rp. 24.833.751	Investasi dianggap layak karena nilai NPV positif atau memiliki untung dari modal investasi
2	Profitability Index (PI)	Layak (PI>1), tidak layak (PI<1)	1,09	Investasi dianggap layak karena nilai PI lebih besar dari 1
3	Discount Payback Period (DPP)	Layak (nilai DPP lebih kecil umur dari PLTS), tidak layak (nilai DPP lebih besar umur PLTS)	21,9	Investasi dianggap layak karena pengembalian modal terjadi selama umur PLTS

Berdasarkan analisis tabel 4.4, investasi pada PLTS Atap Hotel Mega Dana dianggap layak untuk dilaksanakan. Hal ini dikarenakan ketiga metode investasi, yaitu *Net Present Value* (NPV), *Profitability index* (PI) dan *Discount Payback Period* (DPP) dari PLTS atap Gedung Hotel Mega Dana Denpasar memenuhi kriteria kelayakan investasi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan simulasi yang diperoleh dari Perancangan PLTS Atap di Hotel Mega Dana, dapat memperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pemasangan PLTS akan dilakukan pada sis utara dan selatan atap Hotel Mega Dana dengan total modul sebanyak 39 modul menghasilkan daya sebesar 17,6 kWp.
2. Berdasarkan hasil simulasi Helioscope, total produksi energi setiap tahunnya sebesar 21,83 Mwh.
3. Perancangan PLTS atap menunjukkan nilai kelayakan ekonomi PLTS dengan indikator NPV, PI dan DPP. NPV bernilai positif sebesar Rp.24.833.751 (>0) serta nilai PI bernilai 1,09 (>1) menunjukkan bahwa perancangan layak untuk dilaksanakan. Selain itu, nilai DPP senilai 21,9 berarti lebih kecil dari umur PLTS (diasumsikan 25 tahun) juga menunjukkan kelayakan dalam perancangan ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. Laporan Kinerja Tahun 2018. Jakarta.
- [2] Kumara, I.N.S.,dkk 2019. *Roadmap for Rooftop PV: Bali Toward Energy Self-sufficient*
- [3] 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
- [4] Dewan Energi Nasional. 2020. *Dewan Energi Nasional Newsletter*, Vol.1, Januari Maret 2020.
- [5] Gubernur bali. 2019. Peraturan Gubernur Bali Nomor: 35 tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih. Denpasar
- [6] 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
- [7] 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
- [8] Wiranata, I.P.A., Kumara, I.N.S., Sukerayasa, I.W. 2019. Simulasi Unjuk Kerja PLTS 1 Mw Kayubih Jika Menggunakan Sun Tracking System. *Jurnal Spektrum* Vol. 6, No. 4
- [9] 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]
- [10] 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
- [11] Ing. Bagus Ramadhani, M. Sc, 2018. *Buku Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) Jakarta, Indonesia
- [12] Sihotang, G.H. 2019. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Kini Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1)
- [12] 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
- [13] Halim, A. 2009. Analisis Kelayakan Investasi Bisnis. Yogyakarta : Graha Ilmu
- [14] Patricia H.J., 2012. "Analisis Keekonomian Kompleks Perumahan Berbisnis Energi Sel Surya (STUDI KASUS : PERUMAHAN CYBER

ORCHID TOWN HOUSES, DEPOK),”
FT UI

- [15] Lazou, and Papatsoris. 2000. The Economics of Photovoltaic Stand-Alone Residential Household : A Case Study for Various European and Mediterranean Locations. *Solar Energy Material & Solar Cells* 62 : 411- 427