



Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Artikel 8
Assignment title: Moh. Abduh 1
Submission title: Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga...
File name: Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga...
File size: 638.06K
Page count: 12
Word count: 4,188
Character count: 23,010
Submission date: 27-Nov-2025 02:36PM (UTC+0700)
Submission ID: 2828828795

Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah Malang

Machmud Effendy¹, M. Nasar², Moh. Abduh³, Suwignyo⁴, Azhar Ad⁵, Lintang Sm⁶, Fariz R.A.⁷

¹Program Studi Teknik Elektro,
Universitas Muhammadiyah Malang
machmud@umm.ac.id, nasar@umm.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil,
Universitas Muhammadiyah Malang
abdulh@umm.ac.id, suwignyo@umm.ac.id, suharadid@stunmm.ac.id,
³intangamahubella@umm.ac.id, farisz@umm.ac.id

Ringkasan

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan salah satu pembangkit energi listrik terbahkan yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan PLTS sebagai sumber energi listrik dan sekaligus mendapatkan analisis kelayakan teknis dan ekonomi PLTS atap on grid di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah Malang (UMM). Analisa kelayakan PLTS ini memanfaatkan luas atap sebesar 2672 m². Kapasitas instalasi maksimal yang direkomendasikan sebesar 374 kWp. Energi yang dihasilkan sistem PLTS pada kelistrikan Hotel Rayz-UMM dalam setahun sebesar 95,341 kWh. Nilai kelayakan teknis ditinjau dari efektivitas pembangkit (ACEGE) memperoleh sebesar 10,8%, sedangkan nilai performance ratio (PR) dihasilkan sebesar 60,1%. Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa nilai net present value (NPV) negative sebesar -Rp. 149.199.260,7, nilai benefit cost ratio (BCR) sebesar 1,8 dan nilai payback period (PP) sebesar 13,65. Dari hasil analisa teknik dan ekonomi tersebut, PLTS atap di Hotel Rayz-UMM belum layak dibangun.

Kata kunci: Studi kelayakan PLTS, rooftop

Abstract

Solar plants are one of the renewable electrical energy generators that are environmentally friendly. This research aims to utilize solar as a source of electrical energy and to obtain an analysis of the technical and economic feasibility of on-grid rooftop solar at the Rayz Hotel-UMM. Feasibility analysis of the solar utilizing a roof area of 2672 m². The recommended maximum installation capacity is 374 kWp. The energy produced by the solar system in a year is 95,341 kWh. The technical feasibility value in terms of generator effectiveness (ACEGE) was 10,8%, while the performance ratio (PR) value was 60,1%. The results of the economic analysis show that the NPV is negative at -IDR 149,199,260,7, the BCR value is 1,8 and the PP value is 13,65. From the results of the technical and economic analysis, the rooftop solar at the Rayz-UMM Hotel can be declared not feasible to build.

Keywords: feasible study solar plants, rooftop


Received: 8 Februari 2024 Revised: 23 Februari 2024 Accepted: 23 Februari 2024

Artikel 8

Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah...

 Moh. Abduh 1

 Publication Articles Nov - Des 2025 Dosen UMM - P4

 University of Muhammadiyah Malang

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3426011356

Submission Date

Nov 27, 2025, 2:36 PM GMT+7

Download Date

Nov 28, 2025, 2:04 PM GMT+7

File Name

Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Rayz Uni....pdf

File Size

638.1 KB

12 Pages

4,188 Words

23,010 Characters

9% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.




Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Exclusions

- ▶ 9 Excluded Sources

Top Sources

- 7%  Internet sources
- 5%  Publications
- 1%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 7% Internet sources
- 5% Publications
- 1% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	repository.petra.ac.id	1%
2	Internet	jurnal.ilmubersama.com	1%
3	Publication	Putri, Naftalia Paramita. "Analisis Kelayakan Investasi pada Perumahan Dadapan..."	<1%
4	Internet	www.researchgate.net	<1%
5	Publication	Putty Yunesti, Wulan Kusuma Wardani. "ANALISIS KELAYAKAN TEKNO-EKONOMI ..."	<1%
6	Publication	Rizqullah Yoga Prasetya, Sulthon Alfa Adilla, Muhammad Farid Khol'ilmy Farid, Er...	<1%
7	Internet	ebin.pub	<1%
8	Internet	jarwinn.com	<1%
9	Internet	jurnalmahasiswa.unesa.ac.id	<1%
10	Internet	text-id.123dok.com	<1%
11	Internet	digilib.uinkhas.ac.id	<1%

12	Publication	Susilo, Adhi. "Studi Kelayakan Pltm Cianten I Kabupaten Bogor Dari Segi Hidrolog...	<1%
13	Internet	ariyomurti.blogspot.com	<1%
14	Internet	vdokumen.com	<1%
15	Publication	Ageng Nur Agustins Zahra, Susiana Susiana, Dedy Kurniawan. "Potensi lestari da...	<1%
16	Publication	Nadia Fadilah Frinstin Lintang, Yuliyanti Kadir, Moh. Yusuf Tuloli. "ANALISIS PENE...	<1%
17	Internet	ejournal.uniska-kediri.ac.id	<1%
18	Internet	fr.scribd.com	<1%
19	Internet	o-scartra.blogspot.com	<1%
20	Internet	repository.poliupg.ac.id	<1%
21	Internet	storage.googleapis.com	<1%
22	Publication	Herri Gusmedi, Rizki Pratama Putra, Ahmad Saudi Samosir. "DESAIN PEMBANGKI...	<1%
23	Internet	manajemenelektrounsrat.wordpress.com	<1%

2

Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah Malang

Machmud Effendy¹, M. Nasar², Moh. Abduh³, Suwignyo⁴, Azhar Ad.⁵, Lintang Sm.⁶, Fariz R.A.⁷

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro,
Universitas Muhammadiyah Malang
¹machmud@umm.ac.id, ²nasar@umm.ac.id

^{3,4,5,6,7}Program Studi Teknik Sipil,
Universitas Muhammadiyah Malang
³abduh@umm.ac.id, ⁴suwignyo@umm.ac.id, ⁵azharadidfts@umm.ac.id,
⁶lintangmahabella@umm.ac.id, ⁷farisrzl@umm.ac.id

Ringkasan

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan salah satu pembangkit energi listrik terbarukan yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan PLTS sebagai sumber energi listrik dan sekaligus mendapatkan analisis kelayakan teknis dan ekonomi PLTS atap on grid di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah Malang (UMM). Analisa kelayakan PLTS ini memanfaatkan atas atap seluas 267,2 m². Kapasitas instalasi maksimal yang direkomendasikan sebesar 37,4 kWp. Energi yang dihasilkan sistem PLTS pada kelistrikan Hotel Rayz-UMM dalam setahun sebesar 55.341 kWh. Nilai kelayakan teknis ditinjau dari efektifitas pembangkit (ACEGE) memperoleh sebesar 10,8%, sedangkan nilai performance ratio (PR) dihasilkan sebesar 60,1%. Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa nilai net present value (NPV) negative sebesar -Rp. 149.199.260,7, nilai benefit cost ratio (BCR) sebesar 1,8 dan nilai payback period (PP) sebesar 13,65. Dari hasil analisa teknik dan ekonomi tersebut, PLTS atap di Hotel Rayz-UMM belum layak dibangun.

Kata kunci: Studi kelayakan PLTS, rooftop

Abstract

Solar plants are one of the renewable electrical energy generators that are environmentally friendly. This research aims to utilize solar as a source of electrical energy and to obtain an analysis of the technical and economic feasibility of on-grid rooftop solar at the Rayz Hotel-UMM. Feasibility analysis of the solar utilizing a roof area of 267.2 m². The recommended maximum installation capacity is 37.4 kWp. The energy produced by the solar system in a year is 55,341 kWh. The technical feasibility value in terms of generator effectiveness (ACEGE) was 10.8%, while the performance ratio (PR) value was 60.1%. The results of the economic analysis show that the NPV is negative at -IDR .149.199.260,7, the BCR value is 1.8 and the PP value is 13.65. From the results of the technical and economic analysis, the rooftop solar at the Rayz-UMM Hotel can be declared not feasible to build.

Keywords: feasible study solar plants, rooftop

1. Pendahuluan

Bahan bakar fosil telah banyak digunakan sebagai sumber energi untuk produksi energi Listrik. Meski demikian, hal ini berdampak pada peningkatan pemanasan global. Energi surya merupakan salah satu solusi untuk mendapatkan energi listrik yang tidak menimbulkan polusi, dan ketersediaannya sangat melimpah [1]. Saat ini, pemerintah Indonesia terus berupaya meningkatkan dan memanfaatkan segala potensi energi terbarukan yang dimiliki untuk mengurangi dampak buruk penggunaan energi fosil [2]. Potensi sumber energi terbarukan yang dimiliki Indonesia sangatlah melimpah, karena Indonesia adalah negara yang terletak di garis khatulistiwa [3]. Oleh karena itu Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional telah menargetkan penggunaan Energi Baru Terbarukan mencapai 23% pada tahun 2025 dan dapat ditingkatkan menjadi 31% pada tahun 2050 [4].

Energi matahari merupakan energi alternatif terbaik diantara berbagai sumber energi terbarukan yang ada. Hal ini disebabkan karena proses pengubahan dari energi matahari menjadi energi listrik lebih sederhana, karena tidak ada proses mekanis [5]. Modul photovoltaic (PV) digunakan sebagai material untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Modul PV dapat menjadi sistem pembangkit listrik tenaga surya yang lebih besar saat terhubung antara satu dengan lainnya, baik dalam hubungan serial tau paralel [6]. Sistem PLTS sudah banyak diimplementasikan secara mandiri, secara komunal atau terhubung ke sistem jaringan Listrik PLN (on grid) [7]. Selain memiliki potensi energi surya yang melimpah, PLTS di Indonesia merupakan sistem pembangkit listrik yang relatif mudah dalam tahap pembangunannya. Selain itu, Pemerintah Indonesia terus berupaya untuk mendorong pengembangan PLTS yaitu dengan menerbitkan Peraturan Menteri No. 49 tahun 2018 tentang penggunaan PLTS atap yang dapat tersambung dengan jaringan On-Grid [8] [9].

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait dengan studi penerapan PLTS atap. Penelitian yang dilakukan Aprilia dan Rigoursyah melakukan investigasi terhadap kelayakan sistem PLTS skala atap rumah di wilayah Bandung. Perangkat lunak HOMER dan Helioscope digunakan dalam penelitian ini, dimana energi PLTS mampu mencukupi kebutuhan rumah dengan kapasitas listrik 450 VA [10]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa system PLTS skala atap rumah dapat diimplementasikan untuk membantu mencukupi kebutuhan listrik yang digunakan sehari-hari. PLTS mampu memenuhi kebutuhan beban listrik rumah mencapai 42% dari total kebutuhan listrik sehari-hari. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Mubarok dan Yoga tentang studi kelayakan penggunaan diesel, turbin angin, inverter, dan baterai untuk pembangkit listrik cadangan pada perhotelan [11]. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak HOMER untuk memperoleh desain yang optimal dan ekonomis sehingga bisa untuk direalisasikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan mesin diesel dan pembangkit listrik turbin angin lebih hemat jika dibandingkan hanya menggunakan mesin diesel sebagai pembangkit listrik cadangan untuk mengantisipasi ketika Listrik PLN mengalami pemadaman.

Penelitian lainnya juga telah mampu memanfaatkan PLTS atap untuk kebutuhan listrik pada gedung-gedung akademik seperti di dalam lingkungan kampus [12][13][14]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi memanfaatkan PLTS atap dapat mengurangi biaya pembelian energi listrik dari PLN. Selain itu, menjadi langkah untuk

Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah Malang

Machmud Effendy, M. Nasar, Moh. Abduh, Suwignyo, Azhar Ad, Lintang Sm, Fariz R.A.

mengurangi emisi karbon sehingga dapat mewujudkan kampus yang lebih bersih dan sehat.

Pada penelitian ini, studi tentang kelayakan teknis dan ekonomi pembangunan PLTS *on grid* di Hotel Rayz UMM dilakukan. Penelitian dilaksanakan menggunakan bantuan aplikasi peta berbasis online Global Solar Atlas (GSA) untuk mengetahui sumber data matahari pada lokasi tertentu. Kapasitas PLTS yang dirancang merujuk pada rekomendasi hasil simulasi dengan mempertimbangkan luas ketersediaan area atap gedung dan potensi iradiasi matahari yang dapat dimanfaatkan dengan sistem PLTS. Beberapa parameter yang akan dicari meliputi besar energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS atap untuk mencukupi kebutuhan beban kelistrikan gedung, kelayakan teknis, dan analisis ekonomi ditinjau dari net present value (NPV), benefit cost ratio (BCR), dan Payback Period (PP).

2. Profil Hotel Rayz UMM

2.1. Data Beban Listrik

Hotel Rayz UMM memiliki dua jenis beban listrik, antara lain:

- Beban equipment terdiri dari chiller, steamer, exhaust fan, Grinder, motor pompa, water heater. Total daya listrik beban equipment sebesar 165,8kW, sedangkan energi listrik yang dibutuhkan sebesar 1.049kWh/hari atau 31.465kWh/bulan
- Beban Lampu terdiri dari lampu sorot, lampu floodlight, lampu sporting, lampu parkir, lampu T8. Total daya listrik beban lampu sebesar 28,8kW, sedangkan energi listrik yang dibutuhkan sebesar 132kWh/hari atau 3.974kWh/bulan.

Sehingga total daya beban listrik hotel Rayz sebesar = 194,6 kW, dan total energi listrik per hari sebesar = 1182kWh atau 35.439kWh per bulan.

2.2. Irradiasi Matahari

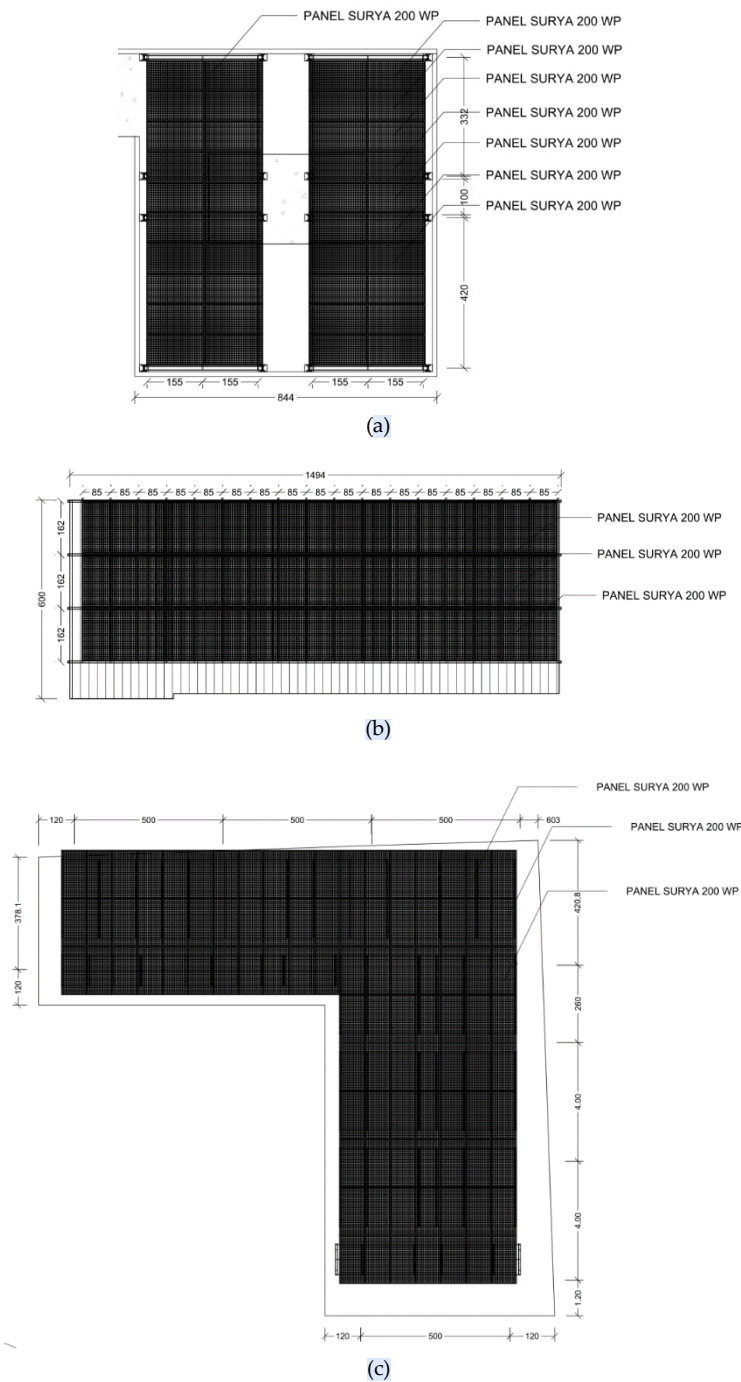
Hotel Rayz UMM terletak di Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, Jawa Timur dengan koordinat lokasi $-7^{\circ} 0' 92.069''$ S $112^{\circ} 0' 59.375''$ E. Merujuk pada koordinat tersebut, data pendukung seperti global iradiasi matahari dapat diperoleh melalui Global Solar Atlas, yang merupakan database pada simulasi yang digunakan. Hasil pelacakan menunjukkan bahwa nilai tertinggi Global Horizontal Irradiation sebesar $5,170\text{kWh/m}^2$ pada bulan Oktober dan iradiasi terendah terjadi pada bulan Februari sebesar $4,960\text{kWh/m}^2$.

2.3. Ketersediaan Luas Area Atap

PLTS yang akan dibangun di Hotel Rayz memanfaatkan atap gedung bangunan (rooftop), sehingga tidak diperlukan lahan khusus untuk menempatkan solar sel. Terdapat 3 lokasi atap yang digunakan, antara lain:

- Lokasi-1 berada di rooftop rumah lift dengan luas $77,142\text{m}^2$ dapat menampung $40\text{ PV} \times 200\text{ Wp}$
- Lokasi-2 berada di rooftop sky dining dengan luas $89,64\text{m}^2$ dapat menampung $51\text{ PV} \times 200\text{ Wp}$
- Lokasi-3 berada di rooftop rumah genset dengan luas $100,44\text{m}^2$ dapat menampung $96\text{ PV} \times 200\text{ Wp}$

Sedangkan layout PLTS untuk masing-masing lokasi di ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Layout Lokasi PLTS (a) Lokasi-1 (b) Lokasi-2 (c) Lokasi-3

3. Perancangan Sistem PLTS

Penelitian ini melibatkan penyusunan desain teknis dan evaluasi aspek ekonomi dari PLTS atap. Metode yang digunakan mencakup perhitungan manual dan pemanfaatan perangkat lunak berbasis online GlobalSolarAtlas. Perancangan teknis dari sistem PLTS atap dimulai dengan memilih modul PV dan inverter, mengonfigurasi sistem PLTS,

Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah Malang
 Machmud Effendy, M. Nasar, Moh. Abduh, Suwignyo, Azhar Ad, Lintang Sm, Fariz R.A.

menghitung efisiensi pembangkit, payback period (PP), net present value (NPV), performance ratio (PR), dan benefit cost ratio (BCR).

3.1 Pemilihan modul PV dan Inverter

Besarnya daya listrik dalam instalasi PLTS dihitung berdasarkan beban listrik yang ditanggung. Hal ini juga disimulasikan menggunakan tipe modul PV MS200M-60 Monocrystalline. Spesifikasi modul PV ditunjukkan pada Tabel 1. Inverter yang digunakan adalah tipe string 33000TL3-S dengan daya mencapai 40 kilowatt AC. Spesifikasi teknisnya dapat diperlihatkan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Parameter Teknis Panel Surya

Parameter	Nilai
Nominal power (Pmax)	200Wp
Nominal power voltage (Vmp)	18V
Nominal power current (Vmp)	11,12A
Open circuit voltage (Voc)	20,70V
Short circuit voltage (Isc)	11,67A
Efficiency PV	18%
Working Temperature	-40...+85°C
Maximum Voltage	1500V
Rating of maximum series fuse	15A
Tolerance of Power	±5%
Dimension	1482 x 992 x 35 mm

Tabel 2. Parameter Teknis Inverter

Parameter	Nilai
Tegangan DC max	1000V
Tegangan Stage	250
Tegangan MPPT	200V-1000V
Tegangan nominal	580V
Jumlah String	2/4
Arus maksimal per string	12A
Daya AC	40kW
Tegangan nominal AC	230V/400V

3.2 Konfigurasi Sistem PLTS On-Grid

Pemasangan modul PV pada sistem PLTS ditentukan berdasarkan konfigurasi seri-paralel. Konfigurasi seri digunakan untuk menentukan besar tegangan luaran yang dihasilkan susunan modul PV, sedangkan konfigurasi paralel digunakan untuk menentukan besar arus luaran yang dihasilkan susunan modul PV. Keduanya akan menjadi input bagi perangkat inverter yang digunakan. Selanjutnya, untuk estimasi kapasitas daya terpasang suatu sistem berdasarkan luas area atap yang tersedia, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [15]:

$$C_R = \left(\frac{C_M}{1000} \right) \times \left(\frac{RCR \times A_R}{A_M} \right) \quad (1)$$

dimana,

C_R = Daya listrik sistem terpasang (kWp)

C_M = Daya PV saat kondisi standard test condition (Wp)

A_R = Ketersediaan luas atap (m²)

A_M = Dimensi luas dimensi PV (m²)

RCR = Roof cover *ratio*, sebesar 0,85

3.3 Global Tilt Irradiation

Irradiasi matahari yang mencapai permukaan PV, tergantung pada kemiringan pemasangannya dan disebut sebagai global tilt irradiation (GTI). GTI dapat diestimasi dengan menggunakan formula [15]:

$$GTI = Glob_{inc} \times \sin(\alpha + \beta) \quad (2)$$

dimana $Glob_{inc} = GHI/\sin\alpha$, dan

$$\alpha = 90^\circ - \theta + \delta \quad (3)$$

Sedangkan δ dicari menggunakan persamaan [16]:

$$\delta = 23,45^\circ \times \sin\left(360 \times \frac{284+n}{365}\right) \quad (4)$$

dimana,

GHI = global horizontal irradiation

$Glob_{inc}$ = global incident irradiation

α = sudut elevasi

β = sudut miring PV

δ = sudut penyimpangan

θ = lintang lokasi (*latitude*)

n = Jumlah hari selama satu tahun

3.4 Faktor Penurunan

Faktor penurunan atau derating factors merujuk pada faktor skala yang diterapkan pada hasil keluaran sistem PLTS guna memperhitungkan kerugian dalam sistem. Beberapa rugi-rugi system yang diperhitungkan antara lain: inverter, transformator, pengkabelan tegangan dc, pengkabelan tegangan ac, array shading, dan koneksi diode. Menurut [16], nilai rugi-rugi keseluruhan system PLTS mencapai 0,77.

3.5 Produksi Energi Sistem PLTS

Sistem PLTS menghasilkan energi Listrik dari kapasitas daya terpasang (C_R), faktor penurunan (D) dan *global tilts irradiation* (GTI). Energi yang dihasilkan dapat dikalkulasikan dengan persamaan berikut ini.

$$E_{sistem} = C_R \times D \times GTI \quad (5)$$

3.6 Efektifitas dan Performance Ratio PLTS

Efektifitas sistem PLTS yang menghasilkan listrik arus bolak-balik (ACEGE) mencerminkan sejauh mana sistem PLTS mampu mengonversi radiasi matahari menjadi energi listrik dalam bentuk tegangan AC. Persamaan ACEGE ditunjukkan pada persamaan (6)

$$ACEGE = \frac{E_{sistem}}{\frac{GHI}{tahun} \times A_{array}} \times 100\% \quad (6)$$

dimana

ACEGE = efektifitas pembangkit Listrik AC

A_{array} = luas total PV

Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah Malang

Machmud Effendy, M. Nasar, Moh. Abduh, Suwignyo, Azhar Ad, Lintang Sm, Fariz R.A.

Selanjutnya, untuk memperoleh rasio kinerja (PR) sistem, dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini.

$$PR = \frac{ACEGE}{\eta_{pv}} \quad (7)$$

3.7 Net Present Value (NPV)

NPV merupakan suatu metode perhitungan nilai bersih pada saat ini. Metode ini memanfaatkan teknik aliran kas tak kontinyu untuk mempertimbangkan nilai waktu dari seluruh aliran kas proyek [18]. Penerapan metode NPV dalam mengevaluasi kelayakan investasi menggunakan rumus di bawah ini:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1-i)^t} - V \quad (8)$$

dimana,

NCF_t = Total aliran kas bersih mulai tahun ke-1 sampai dengan tahun ke-n

V = modal awal

i = suku bunga bank

n = jangka waktu proyek

Investasi akan untung dan layak, jika $NPV > 0$. Sebaliknya jika $NPV < 0$, maka investasi tidak dapat dilanjutkan.

3.8 Benefit Cost Ratio (BCR)

Perhitungan BCR menitikberatkan pada perbandingan nilai antara manfaat yang akan dihasilkan (*benefit*) dan biaya serta kerugian yang timbul akibat investasi tersebut (*cost*). Persamaannya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BCR = \frac{\text{Benefit (B)}}{\text{Cost (C)}} \quad (9)$$

Investasi akan untung dan layak, jika $BCR > 1$. Sebaliknya jika $BCR < 1$, maka investasi tidak dapat dilanjutkan.

3.9 Payback Period (PP)

Perhitungan PP bermanfaat untuk menghitung periode investasi dapat dikembalikan. Rumus perhitungan PP ditunjukkan pada persamaan:

$$PP = \frac{V}{NC_t} \quad (10)$$

dimana NC_t = Rata-rata aliran kas bersih selama proyek berlangsung.

Investasi akan untung dan layak, jika $PP < \text{lamanya proyek (n)}$. Sebaliknya jika $PP > \text{lamanya proyek}$, maka investasi tidak dapat dilanjutkan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Desain Teknis PLTS Atap

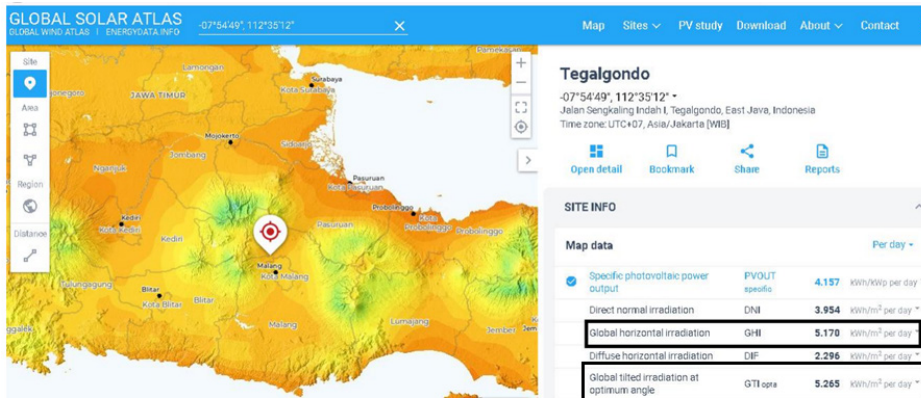
Jumlah keseluruhan PV yang diterapkan dalam penelitian ini mencapai 187 unit, dimana setiap PV memiliki kapasitas 200 watt-peak (Wp), dan satu inverter dengan tiga string. Modul panel surya ini diposisikan menghadap ke arah timur laut, sehingga potensi daya yang dihasilkan dapat mencapai 37.4 kilowatt-peak (kWp). Namun, karena

adanya rugi-rugi system PLTS sebesar 0.77, maka daya sebenarnya yang dihasilkan oleh PLTS sebesar 28.8 kWp.

Berdasarkan nilai *Global Horizontal Irradiation* (GHI) dan *Global Tilt Irradiation* (GTI) dari perhitungan dan GlobalAtlas menunjukkan bahwa lokasi Hotel Rayz UMM memiliki GHI sebesar 5.17 kWh/m²/hari dan GTI sebesar 5,265 kWh/m²/hari, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Sehingga energi Listrik yang dihasilkan oleh PLTS sebesar:

$$E_{\text{system}} = 37.4 \text{ kWp} \times 0,77 \times 5,265$$

$$= 151,62 \text{ kWh/hari} = 55.341,8 \text{ kWh/tahun}$$



Gambar 2. Peta Irradiasi Matahari Hotel Rayz UMM

Selanjutnya berdasarkan Tabel 1, dimensi modul PV sebesar 1,47 m², maka dibutuhkan luas area atap total sebesar 187 PV x 141 m²=274,89m². Nilai GHI per tahun sebesar 1861,2 kWh/m². Sehingga diperoleh efektivitas system PLTS sebesar:

$$ACEGE = \frac{55.341,8 \text{ kWh}}{1861,2 \times 274,89} \times 100\% = 10,8\%$$

Sedangkan *performance ratio* sistem PLTS yang menjadi sebesar

$$PR = \frac{10,8\%}{18\%} = 60,1\%$$

4.2 Analisa Ekonomi

Life cycle cost (LCC) atau biaya siklus hidup merupakan biaya keseluruhan pengeluaran yang terkait dengan pembangunan, operasional, dan pemeliharaan sistem PLTS. LCC dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu investasi awal dan biaya tahunan. Tabel 3 menunjukkan rincian biaya investasi awal.

Tabel 3. Biaya Investasi Awal

No	Parameter	Nilai
1	Solar Panel 187 buah 200W	Rp. 280.500.000
2	Inverter 40kW,3phase	Rp. 115.000.000
3	Peralatan lainnya	Rp. 90.248.000
4	Pemasangan baja	Rp. 115.648.898
5	Jasa instalasi electrical	Rp. 15.000.000
6	Jasa Comissioning	Rp. 3.000.000
7	Jasa Pelatihan	Rp. 4.650.000
Total		Rp. 624.046.898

Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah Malang
Machmud Effendy, M. Nasar, Moh. Abduh, Suwignyo, Azhar Ad, Lintang Sm, Fariz R.A.

Berdasarkan data dari [19], biaya operasional dan pemeliharaan (O&M cost) per tahun per kWp mencapai USD12-USD15. Penelitian ini telah menentukan biaya O&M sebesar 1% dari nilai investasi awal atau sebesar Rp 6.240.469/tahun. Sehingga jumlah keseluruhan biaya O&M selama umur proyek 25 tahun sebesar:

$$O\&M_{cost,total} = Rp.6.240.469 \times 25 = Rp. 156.011.725$$

Selanjutnya perlu diperhitungkan biaya pemulihan (*recovery cost*) untuk penggantian unit inverter dan jasa instalasinya. Satu unit inverter ini diperkirakan sama dengan harga saat pembelian awal sebesar Rp.115.000.000. Sedangkan biaya jasa instalasinya sama dengan biaya awal instalasi, commissioning, dan running test saat awal pembangunan atau sebesar Rp. 18.000.000. Maka, jumlah biaya pemulihan keseluruhan sebesar:

$$Rp. 115.000.000 + Rp. 18.000.000 = Rp.133.000.000 / 25 \text{ tahun atau } Rp. 5.320.000/\text{tahun}$$

Oleh karena itu, sistem PLTS rooftop on-grid 37.4 kWp memiliki biaya pengeluaran tahunan yang didapat dari penjumlahan antara biaya O&M per tahun dan biaya pemulihan per tahun sebanyak:

$$\begin{aligned} \text{Annual cost} &= Rp.6.240.469 + Rp. 5.320.000 \\ &= Rp. 11.560.469 \end{aligned}$$

Selanjutnya, *net cash flow* (NCF) dihitung berdasarkan hasil pengurangan aliran kas masuk ($cash_{in}$) dengan aliran kas keluar ($cash_{out}$). Sedangkan nilai $cash_{in}$ dapat dihitung dari perkalian produksi energi sistem dengan tarif luar waktu beban puncak (LWBP), dimana tarif LWBP utk golongan B3 tahun 2023 sebesar Rp.1035. Hasil perhitungannya seperti ditunjukkan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Cash}_{in} &= \text{Energi per tahun} \times \text{tarif LWBP} \\ &= 55.341,8 \text{ kWh} \times Rp.1.035 \\ &= Rp. 57.278.763 / \text{tahun} \end{aligned}$$

dan kas bersih rata-rata diperoleh sebesar:

$$\begin{aligned} \text{NCF} &= Rp. 57.278.763 - Rp.11.560.469 \\ &= Rp. 45.718.294 \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan *Net Present Value* (NPV) menggunakan suku bunga 5%/tahun.

Tabel 4 menjelaskan bahwa total nilai kas sampai tahun ke-25 sebesar Rp.630.850.362,35. Maka dengan investasi awal sebesar Rp. 624.046.898 dan nilai O&M selama 25 tahun sebesar Rp. 156.011.725, maka NPV dalam pembangunan PLTS ini sebesar:

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= Rp. 630.859.362,35 - Rp. 624.046.898 - Rp. 156.011.725 \\ &= -Rp. 149.199.260,7 \end{aligned}$$

Karena hasil NPV negatif, maka dapat dinyatakan bahwa Pembangunan PLTS ini masih belum layak.

Selanjutnya, metode *benefit cost ratio* (BCR) juga dihitung dalam penelitian ini. Nilai BCR ditunjukkan pada persamaan di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{BCR} &= \frac{\text{NCF} \times 25}{\text{Inves awal} + (\text{annual}_{cost} \times 25)} \\ &= \frac{Rp. 45.718.294 \times 25}{Rp. 624.046.898 + (Rp. 11.560.469 \times 25)} = 1,8 \end{aligned}$$

Karena nilai BCR>1, maka dari hasil perhitungan BCR diatas menjelaskan bahwa system PLTS yang direncanakan layak (*feasible*) untuk diwujudkan.

Tabel 4. Biaya Investasi Awal

Tahun	Kas Bersih	DF	Nilai
1	Rp.45.718.294	0,95	Rp.43.541.232,38
2	Rp.45.718.294	0,90	Rp.41.467.840,36
3	Rp.45.718.294	0,86	Rp.39.493.181,30
4	Rp.45.718.294	0,81	Rp.37.612.553,62
5	Rp.45.718.294	0,77	Rp.35.821.479,64
6	Rp.45.718.294	0,74	Rp.34.115.694,89
7	Rp.45.718.294	0,70	Rp.32.491.137,99
8	Rp.45.718.294	0,66	Rp.30.943.940,94
9	Rp.45.718.294	0,63	Rp.29.470.419,95
10	Rp.45.718.294	0,60	Rp.28.067.066,62
11	Rp.45.718.294	0,57	Rp.26.730.539,63
12	Rp.45.718.294	0,54	Rp.25.457.656,79
13	Rp.45.718.294	0,51	Rp.24.245.387,42
14	Rp.45.718.294	0,49	Rp.23.090.845,17
15	Rp.45.718.294	0,46	Rp.21.991.281,11
16	Rp.45.718.294	0,44	Rp.20.944.077,25
17	Rp.45.718.294	0,42	Rp.19.946.077,25
18	Rp.45.718.294	0,40	Rp.18.996.895,46
19	Rp.45.718.294	0,38	Rp.18.092.281,39
20	Rp.45.718.294	0,36	Rp.17.230.744,18
21	Rp.45.718.294	0,34	Rp.16.410.232,56
22	Rp.45.718.294	0,32	Rp.15.628.792,91
23	Rp.45.718.294	0,31	Rp.14.884.564,68
24	Rp.45.718.294	0,29	Rp.14.175.775,88
25	Rp.45.718.294	0,28	Rp.13.500.738,94
Total			Rp.630.850.362,35

Selanjutnya, analisa ekonomi yang terakhir adalah menggunakan perhitungan *payback period* (PP), dimana teknik ini berfungsi untuk memprediksi waktu pengembalian nilai investasi selama 25 tahun, sesuai dengan umur proyek PLTS. Dengan menggunakan persamaan (10), maka nilai PP dapat dihitung sebagai berikut.

$$PP = \frac{Rp. 624.046.898}{Rp. 45.718.294} = 13,65$$

Karena nilai PP < 25 tahun, maka dapat disimpulkan bahwa sistem PLTS yang telah direncanakan layak untuk dibangun.

4.3 Analisa Hasil Reduksi Karbon

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, hasil energi per tahun yang dihasilkan sistem PLTS ini sebesar 55.341,8 kWh. Hasil energi yang dibangkitkan dari sistem PLTS atap on grid tidak sepenuhnya mampu menyuplai kebutuhan beban kelistrikan Hotel Rayz UMM. Hal ini dikarenakan jam operasional PLTS hanya berfungsi pada siang hari menyesuaikan dengan ketersediaan energi matahari. Namun pembangunan sistem PLTS atap on grid pada Hotel Rayz UMM juga memberikan dampak positif berupa pengurangan emisi CO2 secara global. Besar emisi gas rumah kaca di region Jawa, Madura, Bali tahun 2021 sebesar 0,894 kg CO2/kWh jika mengacu pada RUPTL PT PLN tahun 2021-2030. Sedangkan dari pemasangan PLTS 28,8 kWp pada Hotel Rayz UMM mampu menghasilkan energi sebesar 55.341,8 kWh/tahun, sehingga PLTS ini dapat berkontribusi mereduksi karbon sebesar 49,48 ton CO2/tahun.

Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah Malang

Machmud Effendy, M. Nasar, Moh. Abduh, Suwignyo, Azhar Ad, Lintang Sm, Fariz R.A.

5. Kesimpulan

Hasil analisis desain sistem PLTS atap on grid di Hotel Rayz-UMM baik secara teknis maupun ekonomi dapat menunjukkan hasil yang layak. Ketersediaan area atap gedung seluas 274,89m² dan 187 modul PV yang menghadap timur laut dapat menghasilkan kapasitas daya sebesar 37,4 kWp. Energi listrik yang dihasilkan dari total kapasitas modul PV yang terpasang sebesar 55.341,8 kWh/tahun. Studi kelayakan teknis dari parameter ACEGE dan PR masing-masing sebesar 10,8 persen dan 60,1%. Sedangkan studi kelayakan ekonomi dari parameter NPV mendapatkan nilai negatif sebesar -Rp. 149.199.260,7, parameter BCR mendapatkan nilai sebesar 1,8, dan parameter PP mendapatkan nilai sebesar 13,65. Hasil tersebut menunjukkan bahwa investasi untuk pembangunan sistem PLTS atap on grid di Hotel Rayz-UMM belum layak untuk direalisasikan, karena nilai NPV masih negatif.

Daftar Pustaka

- [1] Effendy, M., Ashari, M., & Suryoatmojo, H. (2022). Load Sharing and Voltage Restoration Improvement in DC Microgrids with Adaptive Droop Control Strategy. *International Journal on Engineering Applications (IREA)*, 10(4), 233.
- [2] R.A. Aprilianto and R. M. Ariefianto, "Peluang dan tantangan menuju net zero emission (NZE) menggunakan variable renewable energy (VRE) pada sistem ketenagalistrikan di Indonesia," *J. Paradig.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–13, 2021.
- [3] S.M. Ho, A. Lomi, E. C. Okoroigwe, and L. R. Urrego, "Investigation of solar energy: The case study in Malaysia, Indonesia, Colombia and Nigeria," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 9, no. 1, 2019.
- [4] Republik Indonesia (2014). Peraturan Pemerintah (PP) No. 79/2014 tentang Kebijakan Energi Nasional
- [5] T. Sutikno, H. Satrian Purnama, R. A. Aprilianto, A. Jusoh, N. Satya Widodo, and B. Santosa, "Modernisation of DC-DC converter topologies for solar energy harvesting applications: A review," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 28, no. 3, p. 1845, Dec. 2022, doi: 10.11591/ijeecs.v28.i3.pp1845-1872.
- [6] L. El Iysaouy, M. Lahbabi, and A. Oumnad, "A novel magic square view topology of a PV system under partial shading condition," *Energy Procedia*, vol. 157, pp. 1182–1190, 2019.
- [7] A. Mansur, "Analisa kinerja PLTS on grid 50 kwp akibat efek bayangan menggunakan software pvsyst," *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 23, no. 1, pp. 28–33, 2021
- [8] Republik Indonesia (2018). Peraturan Menteri ESDM No.49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)
- [9] Ilham R. (2023). Analisis Dampak Kebijakan Implementasi PLTS Atap pada Gedung Pemerintah menggunakan Skenario Proyeksi. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(4), 834.
- [10] B.S. Aprillia and M.A. Foury Rigoursyah, "Design On-Grid Solar Power System for 450 VA Conventional Housing using HOMER Software," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 771, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/771/1/012011

- [11]H. Mubarok and T. K. Yoga, "Economic Studies of the Wind TurbinDiesel Hybrid Power Generation System (Case Study at: Queen of the South Beach Resort Hotel, Yogyakarta, Indonesia)," in 2018 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication, 2018, pp. 591–596.
- [12]S.Barua, R. A. Prasath, and D. Boruah, "Rooftop solar photovoltaic system design and assessment for the academic campus using PVsyst software," *Int. J. Electron. Electr. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 76–83, 2017.
- [13]A.S. Baitule and K. Sudhakar, "Solar powered green campus: a simulation study," *Int. J. Low-Carbon Technol.*, vol. 12, no. 4, pp. 400– 410, 2017.
- [14]M.A.Hapsari and S. Subiyanto, "Fuzzy AHP based optimal design building-attached photovoltaic system for academic campus," *Int. J. Photoenergy*, vol. 2020, 2020
- [15]J. Cano, "Photovoltaic Modules: Effect of Tilt Angle on Soiling," Arizona State University, 2011
- [16]Sean White (2019). *Solar photovoltaic basic: a study guide for the NABCEP Associate exam*. Taylor and Franchis group, second edition.
- [17]W.A. Duffie, John A.; Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, 4th ed. Madison, Amerika Serikat: John Wiley & Sons, Inc., 2013.
- [18]T.R. Astutiningsih, "Analisis Kelayakan Bisnis Pada Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Meureubo 48 MW Di Aceh," UNIVERSITAS TERBUKA, 2018.
- [19]Kementerian PUPR RI Dirjen Cipta Karya Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan, *Teknologi Atap Solar PVROOF*. Kabupaten Bandung: Kementerian PUPR RI Dirjen Cipta Karya Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan, 2020.