

Perancangan PLTS Pada Atap Gedung Mall *Living World* Sistem on Grid

Harri Putra Hasnul¹, Usaha Situmeang², Monice³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.

Jl. Yos Sudarso Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email : harriputrahasnul@gmail.com, usaha@unilak.ac.id, monice@unilak.ac.id

Submitted : 13 Mei 2023

Accepted: 16 Juni 2024

DOI: [10.31849/sainetin.v8i2.10893](https://doi.org/10.31849/sainetin.v8i2.10893)

ABSTRAK

Indonesia, sebagai daerah tropis dengan sinar matahari yang melimpah, memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan dengan radiasi harian rata-rata mencapai 4,5 – 4,8 kWh/m². Sinar matahari, sebagai energi terbarukan, tidak hanya bersifat non-polusi tetapi juga tak akan habis. Oleh karena itu, sinar matahari dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penelitian ini membahas perancangan sistem PLTS On Grid pada Gedung Living World, dengan menggunakan inverter SOLIS-255K-EHV-5G-PLUS (daya DC maksimal 255 kW) dan modul PV SUNPOWER SPR-P5-525-U (kapasitas 525 Wp, efisiensi 7,6%). Hasil perancangan ini menghasilkan daya sebesar 485,1 Wp, dengan jumlah modul PV yang dapat dihubungkan sebanyak 525.664 modul. PLTS ini dirancang untuk mengurangi konsumsi listrik dari PLN di Gedung Living World Pekanbaru, yang memiliki potensi radiasi matahari yang baik dan luas lahan yang tersedia. Dengan produksi energi listrik sebesar 254.001,329 kWh, Gedung Living World dapat menghemat penggunaan listrik dari PLN sejumlah Rp 3.336.151.915/tahun atau Rp 278.012.659/bulan. Hasil perancangan diharapkan menjadi acuan bagi pihak Living World dalam mencapai kesesuaian antara kebutuhan energi, harga, dan kualitas yang optimal

Kata Kunci : Sumber Energi Listrik, On-Grid Sistem, PLTS

ABSTRACT

Indonesia, as a tropical region with abundant sunlight, has great potential as a source of renewable energy with average daily radiation reaching 4.5 – 4.8 kWh/m². Sunlight, as renewable energy, is not only non-polluting but also inexhaustible. Therefore, sunlight can be used to generate electricity through a Solar Power Plant (PLTS) system. This research discusses the design of an On Grid PLTS system in the Living World Building, using a SOLIS-255K-EHV-5G-PLUS inverter (maximum DC power 255 kW) and a SUNPOWER SPR-P5-525-U PV module (capacity 525 Wp, efficiency 7.6%). The results of this design produce a power of 485.1 Wp, with a total of 525,664 PV modules that can be connected. This PLTS is designed to reduce electricity consumption from PLN in the Living World Pekanbaru Building, which has good solar radiation potential and large available land. With electrical energy production of 254,001,329 kWh, the Living World Building can save electricity usage from PLN amounting to IDR 3,336,151,915/year or IDR 278,012,659/month. It is hoped that the design results will become a reference for Living World in achieving optimal compatibility between energy needs, price and quality

Keywords : Electrical Energy Source, On-Grid System, PLTS

1. PENDAHULUAN

Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan oleh alam dan tidak akan pernah habis karena terbentuk dari proses yang berkelanjutan. Salah satu energi terbarukan yang harus banyak digunakan untuk mengurangi penggunaan listrik yang sangat besar adalah energi surya yang dihasilkan langsung oleh cahaya matahari (efek *photovoltaic*). Cahaya yang dihasilkan dari matahari

dapat dikonversi menjadi energi listrik atau disimpan ke dalam baterai jika energi yang dihasilkan sangat besar dan tidak digunakan. Tujuan penelitian ini, analisa pembangkit listrik tenaga surya yang akan dilakukan pada gedung perbelanjaan. Gedung perbelanjaan adalah sekelompok bangunan komersial yang dibangun dan didirikan pada lokasi yang ditetapkan, dikembangkan, dan diatur menjadi sebuah kesatuan

operasi. gedung ini juga menempatkan parkir yang dibuat berhubungan dengan ukuran dan tipe dari total toko-toko.

Gedung *Living world* Pekanbaru dipilih karena atap pada gedung tersebut memiliki luas atap yang sangat memungkinkan dapat diletakkan panel surya, tidak adanya bayangan yang menghalangi sinar matahari langsung, meningkatkan penggunaan pembangkit listrik tenaga surya dan menekan pembiayaan (menghemat) yang memiliki tagihan listrik yang sangat besar.

Dengan ketersediaan energi terbarukan di Indonesia yang cukup melimpah memanfaatkan sumber energi listrik tenaga surya memiliki potensi yang besar. Apabila banyak yang ingin menggabungkan energi listrik konvensional seperti PLN dengan energi alternatif tenaga surya. Pembangkit listrik tenaga surya ini banyak diminati oleh skala industri atau pabrik ataupun perumahan. menggunakan energi alternatif untuk gedung komersial, seperti gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, hotel, rumah sakit, dan lainnya dapat menghemat tagihan, lebih efektif dan efisien.

Eteruddin dkk (2019) merencanakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada 5 rumah dengan atap kemiringan atap yang beragam di kelurahan lembah damai. Penelitian ini juga mengetahui potensi radiasi yang terdapat pada kelurahan lembah damai, tercatat radiasi yang pada kelurahan lembah damai mempunyai tingkat yang cukup tinggi dengan 1588 kW/m²/yr pada tahun 2017 [1]. Sementara pada penelitian lainnya Eteruddin dkk (2022) meneliti kapasitas dan biaya PLTS yang dibutuhkan untuk dapat melayani energi listrik pada Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning [2]. PLTS adalah suatu pembangkit listrik dengan memanfaatkan radiasi matahari kemudian diubah menjadi energi listrik menggunakan teknologi bernama *photovoltaic*. Sistem dari PLTS mempunyai perangkat atau alat pendukung yang memiliki berbagai fungsi. Perangkat tersebut terdiri dari modul *Photovoltaic*, *solar charge controller* (SCC) inverter, baterai dan perangkat pendukung lainnya [3], [4].

Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya diantaranya adalah Modul *Photovoltaic* (PV). Modul ini merupakan alat yang digunakan untuk

mengubah radiasi matahari menjadi listrik yang dinamakan dengan efek *photovoltaic* [5], [6]. *Solar*

Charge Controler (SCC), dikenal sebagai *Battery Charge Controler Regulator* (BCR) merupakan perangkat elektronik untuk mengatur pengisian daya pada baterai agar lebih optimal [7]. Inverter,

merupakan perangkat elektronk yang mengkonversi tegangan DC dari modul *photovoltaic* menjadi tegangan AC [7]. Baterai, adalah suatu media yang digunakan untuk penyimpanan energy listrik yang dihasilkan oleh modul *Photovoltaic* dan digunakan pada perangkat elektronik apabila tegangan listrik berkurang [7], [8].

Pengaruh posisi matahari terhadap produksi energi salah satunya ditentukan oleh Sudut *Azimuth* (γ). Dimana ini merupakan sudut pada permukaan horizontal, yaitu garis ke selatan dan proyeksi radiasi pada permukaan horizontal [9]–[11].

$$\gamma\gamma = Or - 180^{\circ} \quad (1)$$

Sudut Deklinasi (δ), adalah sudut antara garis yang menghubungkan pusat-pusat matahari dan bumi dan proyeksinya pada bidang ekuator [10]–[12].

$$\delta = 23.45^{\circ} \sin \frac{360}{365} (284 + n) \quad (2)$$

Sudut Jam Matarahari (ω), adalah sudut yang harus dilalui bumi untuk berotasi langsung di bawah matahari [10]–[12].

$$\omega = (Lt - 12) \times 15^{\circ} \quad (3)$$

Sudut Latitude (ϕ), merupakan permukaan horizontal yang visioner ditunjukkan arah timur ke arah barat pada peta yang terbentang baik dari utara maupun selatan khatulistiwa [12]. Sudut *Longitude* (L), merupakan garis yang terbentang dari kutub utara menuju kutub selatan [12].

a. Sudut *Zenith* (θ_z)

Sudut zenith (θ_z) dibuktikan antara sudut dari sinar matahari memiliki garis tegak lurus terhadap permukaan horizontal [13].

$$\theta_z = \cos^{-1}(\cos\phi \times \cos\delta \times \cos\omega \sin\phi \times \sin\delta) \quad (4)$$

b. Sudut *Altitude* (h)

Adalah sudut antara garis horisontal bidang normal terhadap garis datang sinar matahari [13].

$$\sin h = \sin \delta \times \sin \phi + \cos \delta \times \cos \phi \times \cos \omega \quad (5)$$

$$h = 90 - \theta \quad (6)$$

c. Sudut *Azimuth* Matahari (α)

Adalah sudut penyimpangan dari selatan dengan proyeksi radiasi langsung pada bidang horizontal [13].

$$\sin \alpha = \frac{\cos \theta \times \sin \omega}{\cosh} \quad (7)$$

d. Kemiringan (β)

Kemiringan (β) adalah sudut antara permukaan miring yang ditinjau dari bidang horizontal [12].

e. Sudut Incident Matahari (θ)

Adalah sudut antara sinar cahaya datang dari matahari terhadap sumbu vertikal bidang permukaan [9].

$$\cos \theta = \cos \beta \cos \theta_z + \sin \beta \sin \theta_z \sin(\alpha - \gamma) \quad (8)$$

2. METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data kemiringan dan orientasi atap telah dilakukan secara langsung dengan pengukuran pada Gedung Living World. Didapat berupa nilai *slope* atau kemiringan atap (β) dan nilai orientasi pada bangunan (Or), sebagaimana terlihat pada tabel 1

Tabel 1 Kemiringan dan Orientasi Atap

Nama	Gedung Living World	
Sisi Atap	A	B
Orientasi	91°	271°
Slope	15°	15°

a. Data Pantulan Iradiasi

Data pantulan iridasi matahari berisi rasio nilai *Reflectance* (ρ) berdasarkan jenis permukaan yang berada di sekitar modul *solar cell*, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2 [13].

Tabel 2 Nilai Reflektansi

Jenis Permukaan	Reflektansi
Fresh Snow	0,87
Dry Sand	0,18
Wet Sand	0,09
Coniferous Forest	0,05
New Concrete	0,33
Old Concrete	0,23

b. Data Iradiasi Matahari dan Temperature

Pengukuran Iradiasi matahari dan tempratur terdiri dari pengamatan lama penyinaran matahari dan pengamatan intensitas radiasi matahari. Data dari hasil Analisa dapat memberikan informasi yang perlukan untuk perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Hal ini sebagaimana terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Iradiasi Matahari dalam Jam

Tanggal	Local Time	Iradiasi matahari	Temperature
9-Jan	10	0,121 Wh/m ²	24,2°C
12-Feb	8	0,185 Wh/m ²	23,2°C
16-Mar	16	0,148 Wh/m ²	28,9°C
14-Apr	18	0,138 Wh/m ²	29,9°C
5-May	17	0,134 Wh/m ²	31,6°C
26-Jun	18	0,140 Wh/m ²	27,1°C
7-Jul	8	0,151 Wh/m ²	25,7°C
8-Aug	18	0,137 Wh/m ²	29,5°C
30-Sept	17	0,151 Wh/m ²	29,1°C
13-Okt	8	0,163 Wh/m ²	25,6°C
19-Nov	9	0,133 Wh/m ²	26,4°C
28-Des	18	0,128 Wh/m ²	28,2°C

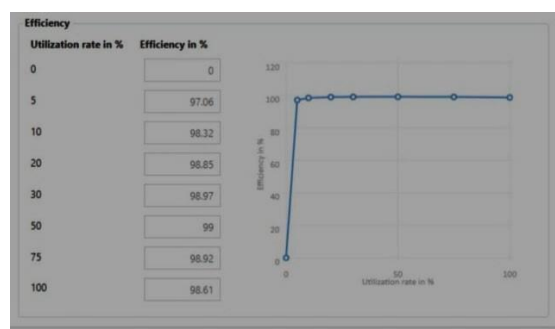
c. Data Temperature Offset (DT)

Data temperatur *offset* didapat dari *softfile manual* dari *program* simulasi PV*SOL. Data ini menampilkan nilai DT berdasarkan jenis pemasangan modul *solar cell*. Hal ini terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai DT Berdasarkan Janis Pemasangan

DT	Installation Type
29	Roof Parallel
32	Roof Integrated - Rear Ventiation
43	Roof Integrated – No Rear Ventilation
28	Mounted – Roof
22	Mounted - Open Space

Perubahan dari efisiensi mengikuti pada nilai daya *input* yang berimbang dengan daya *nominal inverter*. Hal ini dapat di lihat pada Gambar 1



Gambar 1 Kurva personaitas Inverter

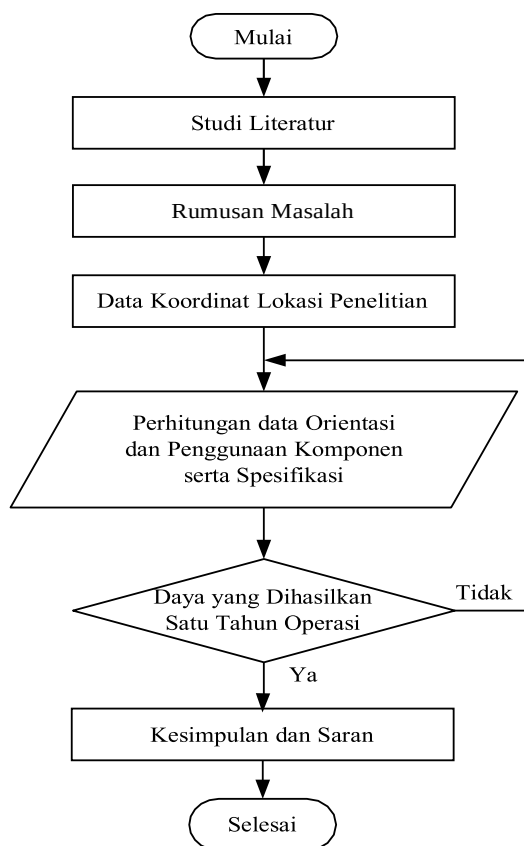
Ada beberapa parameter yang mempengaruhi hasil produksi energi listrik contohnya yaitu *Standart Test Conditioning* (STC) yang bekerja menelusuri karakteristik perangkat PV dari berbagai parameter seperti, Arus hubung singkat (ISC), Tegangan Sirkuit Terbuka (VoC) dan Output Daya Maksimum (Pmax) dan parameter lainnya, sebagaimana terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Parameter yang Mempengaruhi Turunnya Produksi Energi Listrik

Keterangan	%
STC Conversion Rated Efficiency of Module	79,61%
Low Light Performance	3,41%
Deviatoin from the Nominal Modul Temprature	7,68%
MPP Matching	0,06%
Input Voltage Deviates from Rated Voltage	0,16%
DC/AC Conversion	1,41%
Standby Consumption Inverter	0,0038%

d. Tahap dan metode yang dibahas

Beberapa tahap yang akan dilakukan ketika melaksanakan analisa penelitian ini agar memiliki hasil yang dapat memberikan pengetahuan dan tidak destruktif dari tujuan yang telah direncanakan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum menghitung kapasitas Panel surya yang dibutuhkan maka, kita harus mengetahui beberapa hal seperti dibawah ini:

a. Radiasi matahari pada bidang miring

Radiasi matahari merupakan sumber energi pada pembangkit listrik tenaga surya. Nilai radiasi yang dapat diserap oleh modul *solar cell* dapat diketahui berdasarkan kemiringan pada panel surya.

Hourly Global Horizontal Irradiance (I)

Untuk mengukur besaran radiasi matahari pada Gedung living world, potensi energi surya pada penelitian ini menggunakan data mengenai iradiasi global horizontal perjam.

Tabel 6 Hourly Global Horizontal Irradiance

Tanggal	n	Hourly Global Horizontal Irradiance (I)
9-Jan	9	121 Wh/m ²
12-Feb	43	185 Wh/m ²
16-Mar	75	148 Wh/m ²
14-Apr	104	138 Wh/m ²
5-May	125	134 Wh/m ²
26-Jun	177	140 Wh/m ²
7-Jul	188	151 Wh/m ²
8-Aug	220	137 Wh/m ²
30-Sep	273	151 Wh/m ²
13-Oct	286	163 Wh/m ²
19-Nov	323	133 Wh/m ²
28-Dec	362	128 Wh/m ²

Hourly Extraterrestrial Irradiance (I_e)

Untuk mengukur besaran iradiasi ekstraterrestrial perjam, peneliti harus mengetahui nilai iradiasi ekstraterrestrial global. Hal ini dapat terlihat pada Tabel 7

Tabel 7 Global Extraterrestrial Irradiance

Tanggal	Global Extraterrestrial irradiance (G _e)
9-Jan	1785,374 Wh/m ²
12-Feb	1771,127 Wh/m ²
16-Mar	1744,753 Wh/m ²
14-Apr	1716,577 Wh/m ²
5-May	1697,685 Wh/m ²
26-Jun	1672,199 Wh/m ²
7-Jul	1672,199 Wh/m ²
8-Aug	1683,424 Wh/m ²
30-Sep	1728,263 Wh/m ²
13-Oct	1740,943 Wh/m ²
19-Nov	1771,783 Wh/m ²
28-Dec	1785,981 Wh/m ²

Setelah didapatnya nilai iradiasi ekstraterrestrial global, maka selanjutnya dilakukan perhitungan nilai iradiasi ekstraterrestrial perjam. Hasilnya adalah seperti Tabel 8.

Tabel 8 Hourly Extraterrestrial Irradiance

Tanggal	Zenith (θ_z)	Hourly Extra-terrestrial (Wh/m ²) Irradiance (I_e)
9-Jan	47,414°	1208,149 Wh/m ²
12-Feb	75,166°	453,441 Wh/m ²
16-Mar	46,579°	1199,252 Wh/m ²
14-Apr	42,379°	1268,036 Wh/m ²
5-May	65,560°	702,395 Wh/m ²
26-Jun	79,070°	317,055 Wh/m ²
7-Jul	73,361°	478,823 Wh/m ²
8-Aug	77,897°	352,956 Wh/m ²
30-Sep	66,543°	687,963 Wh/m ²
13-Oct	67,423°	668,382 Wh/m ²
19-Nov	55,325°	1007,992 Wh/m ²
28-Dec	79,739°	318,133 Wh/m ²

Fungsi *Clearness Index* (K) adalah digunakan untuk menentukan nilai rasio dari iradiasi difusi (I_d/I), yang terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Clearness Index

Hourly Global (Wh/m ²) Irradiance (I)	Hourly Extraterrestrial (Wh/m ²) Irradiance (I_e)	Clearness Index (K)
121 Wh/m ²	1208,149 Wh/m ²	0,100
185 Wh/m ²	453,441 Wh/m ²	0,408
148 Wh/m ²	1199,252 Wh/m ²	0,123
138 Wh/m ²	1268,036 Wh/m ²	0,109
134 Wh/m ²	702,395 Wh/m ²	0,191
140 Wh/m ²	317,055 Wh/m ²	0,442
151 Wh/m ²	478,823 Wh/m ²	0,315
137 Wh/m ²	352,956 Wh/m ²	0,388
151 Wh/m ²	687,963 Wh/m ²	0,219
163 Wh/m ²	668,382 Wh/m ²	0,244
133 Wh/m ²	1007,992 Wh/m ²	0,132
128 Wh/m ²	318,133 Wh/m ²	0,402

Nilai rasio iradiasi difusi (I_d/I) memiliki batas minimal adalah 0 dan maksimal adalah 1. Nilai *Clearness index* (K) dengan nilai minus (-). Akan disesuaikan dengan nilai tersebut akan diubah menjadi syarat nilai terendah yaitu 0. Hal ini terlihat pada Tabel 10

Tabel 10 Irradiation Difuse Ratio

Tanggal	Clearness index (K)	Irradiation Difuse Ratio (I_d/I)
9-Jan	0,100	0,991
12-Feb	0,408	0,828
16-Mar	0,123	0,989
14-Apr	0,109	0,990
5-May	0,191	0,983
26-Jun	0,442	0,772
7-Jul	0,315	0,937
8-Aug	0,388	0,857
30-Sep	0,219	0,980
13-Oct	0,244	0,975
19-Nov	0,132	0,988
28-Dec	0,402	0,836

a. Mengukur sinar Yang Diserap Modul PV Sinar radiasi dari matahari yang dapat di serap modul PV dapat di ketahui. Untuk mendapatkan seberapa besar nilai radiasi yang dapat diserap oleh modul *solar cell* ada beberapa parameter yang harus terpenuhi yaitu. Losses Akibat Spektrum Defiasi dan Refleksi Permukaan Modul. Spektrum Defiasi mempunyai standar losses adalah 1% dari nilai simulasi iradiasi dari hasil simulasi bernilai 3-5% dari nilai iradiasi dan *losses* akibat pantulan pada permukaan modul yang diketahui, sebagaimana pada Tabel 11.

Tabel 11 Module Surface Reflection

Standard Spectrum & Orientation (Wh/m ²) Sisi A	Ground Reflection (Wh/m ²) Sisi A	Standard Spectrum & Orientation (Wh/m ²) Sisi B	Ground Reflection (Wh/m ²) Sisi B
1,195	3,047	1,192	3,039
1,893	4,828	1,742	4,442
1,460	3,723	1,459	3,721
1,362	3,472	1,360	3,469
1,325	3,380	1,317	3,359
1,554	3,963	1,197	3,052
1,519	3,874	1,456	3,714
1,418	3,616	1,278	3,258
1,491	3,801	1,487	3,793
1,611	4,108	1,603	4,088
1,314	3,351	1,309	3,338
1,384	3,530	1,134	2,891

Sesudah didapatkan nilai losses dari Standar Defiasi Spektrum dan refleksi permukaan modul. Maka diperoleh besaran nilai radiasi pada modul PV pada Sisi A dan B seperti Tabel 12.

Tabel 12 Radiasi Pada Modul PV (Wh/m²)

Sisi A	Sisi B
115,246	114,946
182,595	168,023
140,811	140,736
131,328	131,201
127,840	127,047
149,890	115,442
146,527	140,470
136,783	123,244
143,762	143,449
155,387	154,622
126,746	491,249
133,504	109,354

Selajutnya radiasi yang diserap modul solar cell didapat untuk mengetahui berapa besaran nilai radiasi yang mampu diserap oleh modul *solar cell*. dengan mengukur luas permukaan modul serta

mengetahui ukuran Panjang dan lebar dari modul seperti Tabel 13.

Tabel 13 Paparan Radiasi Pada Modul PV	
Sisi A (Wh/m ²)	Sisi B (Wh/m ²)
468.174,706	466.957,614
741.775,785	682.578,651
572.029,895	571.726,956
533.507,644	532.992,515
519.338,458	516.116,711
608.914,377	468.970,410
595.251,329	570.645,748
555.667,628	500.667,414
584.019,657	582.747,131
631.245,377	628.136,310
514.895,405	512.926,503
542.348,707	444.242,111

Rated PV Energi

Peringkat energi PV mempertimbangkan beberapa karakteristik modul PV yang

mempengaruhi jumlah energi yang dihasilkan. Karakteristik ini juga merupakan fungsi dari iklim

dan kondisi lokasi, bervariasi dari waktu ke waktu sebagaimana Tabel 14.

Tabel 14 Rated PV Energy	
Sisi A (kWh)	Sisi B (kWh)
95460,823	95212,657
151248,083	139177,787
116636,896	116575,126
108782,209	108677,174
105893,112	105236,197
124157,642	95623,067
121371,746	116354,668
113300,629	102086,086
119081,608	118822,140
128710,932	128076,994
104987,173	104585,714
110584,901	90580,966

Dalam menentukan Modul PV pada perancangan pembangkit listrik tenaga surya untuk kebutuhan Gedung Living World harus mengetahui luas modul yang akan dipasang dengan menggunakan rumus berikut.

$$A_{PV} = p \times l = 1,092 \times 2,362 = 2,579 \text{ M}$$

Setelah luas modul diketahui, maka peneliti dapat menghitung jumlah modul yang dapat ditampung oleh atap Gedung Living world.

$$N_{PV} = \frac{A_p}{A_{pp}} = \frac{4.061,925}{2,579} = 1575 \text{ Modul}$$

Hasil analisis untuk memenuhi kebutuhan penggunaan energi listrik jumlah modul PV yang digunakan World sejumlah 1575 Modul pada sebagian sisi. Jika digabungkan seluruh penggunaan modul PV pada Sisi A dan Sisi B maka atap Gedung Living Word dapat menampung total 3150 Modul.

Selanjutnya dalam menentukan Jumlah PV menurut *Power Inverter*, dapat digunakan untuk menentukan jumlah modul PV yang digunakan. *Inverter* yang digunakan adalah SOLIS-255K-EHV-5G-PLUS dengan *DC Power Rating* sebesar 255 kW, dan penggunaan modul PV SUNPOWER SPR-P5-525-U berkapasitas 525 Wp dengan *efficiency* 7,6% maka daya modul PV yang dihasilkan sebesar 485,1 Wp dengan power tolerance +3/0%. Menentukan total maksimum dari modul PV pada inverter.

$$N_{max} = \frac{P_{max \text{ inverter}}}{P_{pp}} = \frac{255.000}{485,1} = 525,664$$

Hasil analisis diketahui total maksimum modul PV yang terhubung dengan *inverter*, menurut *Power Inverter* sebesar 525,664 dibulatkan menjadi 525 modul. Maka dapat disimpulkan pemakaian inverter pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya digedung Living World untuk menampung 3150 modul PV membutuhkan 6 Unit *inverter*. Tiap *inverter* menampung 525 modul PV.

Daya Alternating Current (P_{AC}) yang dihasilkan inverter dapat dilakukan dengan cara rugi-rugi akibat selisih arus *input* dengan arus *rating*. Rugi-rugi daya yang terjadi pada arus rating dapat diselesaikan dengan menggunakan nilai *Rated PV Energy*. Sebagaimana terlihat pada Tabel 15

Tabel 15 Pengurangan efisiensi karena selisih arus *Input* dengan arus *Rating*

Sisi A (kWh ²)	Sisi B (kWh ²)
84.874,218	84
134.474,670	653,574
103.701,864	123742,970
96.718,262	103646,945
94.149,565	96624,875
110.388,559	93565,503
107.911,619	85018,469
100.735,590	103450,935
105.875,458	90764,739
114.436,890	105644,765
93.344,096	113873,255
98.321,036	92987,158
	80535,537

Masalah utama yang ditangani oleh MPPT adalah efisiensi transfer daya dari sel surya tergantung pada jumlah sinar matahari yang tersedia. Karena kondisi yang bervariasi, karakteristik beban yang memberikan transfer daya tertinggi berubah.

MPPT adalah proses penyesuaian karakteristik beban dengan perubahan kondisi. Sirkuit dapat dirancang untuk menyajikan beban optimal ke sel *Photovoltaic* dan kemudian mengubah tegangan, arus, atau frekuensi agar sesuai dengan perangkat atau sistem. Tabel 16 memperlihatkan MPP Matching

Tabel 16 MPP Matching

A (kWh)	B (kWh)
50,925	50,792
80,685	74,246
62,221	62,188
58,031	57,975
56,490	56,139
66,233	51,011
64,747	62,071
60,441	54,459
63,525	63,387
68,662	68,324
56,006	55,792
58,993	48,321

Daya *Direct Current* (DC) Yang Dihasilkan Modul PV adalah seperti Tabel 17

Tabel 17 Kalkulasi Energi Listrik Selama Satu Tahun

Tanggal	Generator AC Grid		Total Perbulan (kWh)	Harga/kWh
	Sisi A	Sisi B		
9-Jan	83488,334	83271,303	166.759,647	240.917.661,840
12-Feb	132278,893	121722,426	254.001,319	366.955.705,652
16-Mar	102008,562	101954,540	203.963,102	294.665.493,054
14-Apr	95138,992	95047,130	190.186,112	274.761.891,195
5-May	92612,239	92037,713	184.649,952	266.763.785,963
26-Jun	108586,073	83630,240	192.216,313	277.694.907,153
7-Jul	106149,578	101761,731	207.911,309	300.369.468,537
8-Aug	99090,723	89282,682	188.373,404	272.143.057,115
30-Sep	104146,664	103919,738	208.066,402	300.593.531,491
13-Oct	112568,301	112013,869	224.582,170	324.453.860,728
19-Nov	91819,921	91468,812	183.288,733	264.797.233,057
28-Dec	96715,595	79220,508	175.936,103	254.174.888,421
Total	1.224.603,885	1.155.330,692	2.379.934,567	3.438.291.483,205

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya digedung Living World untuk menampung 3150 modul PV membutuhkan 6 Unit Inverter, tiap Inverter menampung 525 modul. Hasil simulasi untuk sistem pembangkit listrik *On-Grid System* total produksi daya yang di hasilkan satu tahun sebanyak 2.379.934,567 kWh dengan rata-rata 198.327,881 kWh/bulan. Serta berdasarkan hasil produksi energi listrik yang dihasilkan, Gedung living world dapat menghemat tagihan listrik PLN dengan rata-rata Rp 3.336.151.915/tahun atau Rp 278.012.660/bulan.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] H. Eteruddin, D. Setiawan, Atmam, and B. Nasution, "Solar home system with diversified roofing construction,"

Universal Journal of Electrical and Electronic Engineering, vol. 6, no. 5, pp. 351–358, 2019.

[2] H. Eteruddin, J. Sitompul, and M. P. Halilintar, "Analisis Dan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning," *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, vol. 8, no. 1, pp. 32–42, 2022.

[3] A. Jasuan, Z. Nawawi, and H. Samaulah, "Comparative Analysis of Applications Off-Grid PV System and On-Grid PV System for Households in Indonesia," in *Proceedings of International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)*, 2018, pp. 253–258.

[4] Y. Z. Arief, A. L. A. Abut, N. Mubarakah, Y. Siregar, H. Eteruddin, and H. Masdi, "Simulation Investigation of Solar PV Rooftop Design at Faculty of Engineering-Universiti Malaysia Sarawak Building,

- Malaysia,” in *2023 7th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2023, pp. 144–149.
- [5] R. Wills, J. A. Milke, S. Royle, and K. Steranka, *Best Practices for Commercial Roof-Mounted Photovoltaic System Installation*. London: Springer New York, 2015.
- [6] A. Goetzberger and V. U. Hoffmann, *Photovoltaic Solar Energy Generation*, vol. 112, no. 1. New York: Springer, 2005.
- [7] B. Ramadhani, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Jakarta: DJ EBTKE KESDM, 2018.
- [8] A. Ilham Rafi Cahyo, H. Eteruddin, and D. Setiawan, “Analisis Penggunaan Energi Listrik Pada Mobil Listrik Terhadap Intensitas Cahaya,” *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, vol. 8, no. 1, pp. 21–27, 2023.
- [9] J. A. Duffie, W. A. Beckman, and N. Blair, *Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind*. John Wiley & Sons, Inc., 2020.
- [10] J. Yang, X. Yuan, and L. Ji, *Solar Photovoltaic Power Generation*. Berlin: Deutsche Nationalbibliothek, 2022.
- [11] A. Berrada and R. El Mrabet, *Hybrid Energy System Models*. London: Academic Press, 2020.
- [12] B. Agrawal and G. N. Tiwari, “Optimizing the Energy and Exergy of Building Integrated Photovoltaic Thermal (BIPVT) Systems under Cold Climatic Conditions,” *Appl. Energy*, vol. 87, no. 2, pp. 417–426, 2010.
- [13] P. Axaopoulos, “Basic Principles of Solar Geometry,” Athens, 2015, pp. 1–21.