



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 5 Tahun 2024 Page 9524-9544

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap On-Grid Skala Rumah Tinggal Daya 1300 VA Menggunakan Software Homer

Hendro Wibowo^{1✉}, Sepannur Bandri², Anggun Anugrah³

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang

Email: 2023310062.hwibowo@itp.ac.id^{1✉}

Abstrak

Indonesia, dengan populasi sekitar 275 juta orang, menghadapi peningkatan konsumsi listrik yang diproyeksikan mencapai 433 TWh pada tahun 2032, dengan 66% pembangkit listriknya masih bergantung pada batu bara yang berkontribusi signifikan terhadap emisi karbon. Penelitian ini bertujuan menentukan konfigurasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap yang optimal secara teknis dan ekonomi untuk rumah dengan daya 1300 VA di Indonesia, khususnya Sumatera Barat, dengan memanfaatkan potensi energi surya yang besar. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Konfigurasi PLTS Atap dengan modul fotovoltaik merk *TopHiku* pada sudut 2° dan *smart inverter* merk *deye* 1300 Watt adalah yang paling optimal, menghasilkan 1.809,58 kWh per tahun dengan kontribusi energi terbarukan sebesar 37,77%, serta performa ekonomi terbaik dengan NPC Rp 89.277.250 dan COE Rp 1.125,32/kWh, menjadikannya pilihan investasi cepat balik modal dengan periode pengembalian hanya 13,83 tahun.

Kata Kunci: *PLTS Atap, On-Grid, NPC, COE, Konsumsi Energi, Biaya Listrik.*

Abstract

Indonesia, with a population of approximately 275 million people, is facing an increase in electricity consumption projected to reach 433 TWh by 2032, with 66% of its power plants still relying on coal, which significantly contributes to carbon emissions. This study aims to determine the optimal technical and economic configuration of a Rooftop Solar Power Plant (PLTS Atap) for a 1300 VA household in Indonesia, particularly in West Sumatra, by utilizing the significant solar energy potential. The simulation results show that System Configuration, with TopHiku brand photovoltaic modules at a 2° angle and a Deye brand 1300 Watt smart inverter, is the most optimal, generating 1,809.58 kWh per year with a renewable energy contribution of 37.77%, and achieving the best economic performance with an NPC of Rp 89,277,250 and a COE of Rp 1,125.32/kWh, making it a quick-return investment with a payback period of only 13.83 years.

Keywords: Rooftop Solar Power Plant (PLTS Atap), On-Grid, NPC (Net Present Cost), COE (Cost of Energy), Energy Consumption, Electricity Cost.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia, dengan populasi saat ini diperkirakan mencapai 275 juta orang [1] Konsumsi listrik Indonesia dilaporkan mencapai 1.172 GWh pada tahun 2022 dan jumlah ini akan terus bertumbuh pada masa yang datang [2]. Perkiraan kebutuhan listrik pada tahun 2032 sebesar 433 TWh [3]. Pembangkit listrik tenaga batu bara masih menyumbang 66% pembangkit listrik di Indonesia [3], [4], dan penggunaan batu bara sebagai bahan bakar diketahui berkontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca. Berdasarkan data dari *Ember Climate Indonesia* pada tahun 2021 sektor ketenagalistrikan menyumbang 193 juta ton karbon dioksida ke atmosfer [5]. Salah satu upaya dalam pengurangan karbon atau dikarbonisasi adalah dengan pemanfaatan PLTS Atap [6][7] Pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk meningkatkan porsi energi baru terbarukan (EBT) dalam bauran energi primer negara ini menjadi 23% pada tahun 2025 [8].

Salah satu sumber energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik adalah energi surya. Berdasarkan data, potensi energi surya Indonesia sangat besar yaitu 208 GWh, dan 32% dari potensi tersebut berada di pulau Sumatera. Untuk provinsi Sumatera Barat khususnya memiliki potensi listrik tenaga surya sebesar 5.9 GWh [8]. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu sistem yang menghasilkan tenaga listrik melalui konversi radiasi matahari menggunakan sel fotovoltaik, dimana sistem fotovoltaik akan mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik [9]. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan bagian penting dalam mencapai target bauran energi terbarukan [8], [10], [11]. Salah satu bentuk pemanfaatan energi surya sebagai

pembangkit listrik adalah melalui penggunaan atap atau *rooftop* di kawasan perkotaan, seperti gedung pemerintahan, perkantoran swasta, dan kawasan pemukiman [10]. Meskipun memiliki kapasitas yang lebih kecil dibandingkan dengan pembangkit listrik lainnya, PLTS Atap dapat membantu menghasilkan energi listrik secara mandiri dan lebih bersih [12].

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah menerbitkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021 tentang PLTS Atap untuk mendorong peningkatan penggunaan PLTS Atap di masyarakat agar target PLTS Atap terpasang sebesar 3,6 GWh pada tahun 2025 dapat tercapai [13]. Data pemanfaatan PLTS Atap pelanggan PLN secara nasional per Mei 2023 berasal dari 7.075 pelanggan, sesuai data Kementerian ESDM. Jumlah pelanggan terbesar berasal dari sektor rumah tangga sebesar 72%, dengan kapasitas terbesar dari sektor industri mencapai 47% dan dari sektor bisnis/komersial sebesar 16% dari total kapasitas PLTS Atap nasional [14]. Perkembangan teknologi dalam beberapa tahun terakhir, telah menghasilkan penurunan yang signifikan dalam biaya investasi dan pemeliharaan sistem PLTS [15] [16]. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh *Institute for Essential Services Reform* (IESR) untuk pemanfaatan PLTS Atap, potensi energi surya di provinsi Sumatera Barat sendiri cukup besar yakni 3.1 GWp per tahunnya [17], namun pemanfaatan energi matahari masih sangat rendah.

Perencanaan sistem PLTS Atap untuk menemukan perhitungan yang akurat dan menentukan konfigurasi panel surya yang ideal merupakan hal yang cukup kompleks. Hal ini disebabkan oleh sifat tidak stabil dari sumber daya insolasi matahari, konfigurasi serta ketidaktahuannya. Oleh karena itu, diperlukan bantuan dari aplikasi yang mampu menyediakan banyak model untuk melakukan perbandingan antara berbagai desain. Perbandingan ini dilakukan berdasarkan variasi variabel, manfaat teknis, dan aspek ekonomi.

Berdasarkan uraian-uraian di atas, penelitian yang ingin diangkat adalah perencanaan awal berbasis simulasi PLTS Atap terhubung jaringan (*On-Grid*) untuk kebutuhan rumah tinggal daya 1300VA dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) HOMER (*Hybrid Optimization Model for Electric Renewable*). Penerapan PLTS Atap dianggap perlu pada rumah tinggal daya 1300 VA. Hal ini untuk memanfaatkan potensi energi surya sebagai upaya dikarbonisasi dalam skala rumahan. Perencanaan PLTS Atap tidak dapat dilakukan secara universal karena kondisi radiasi matahari, suhu, kecepatan angin, dan luas atap bervariasi di setiap lokasi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, dilakukan perencanaan PLTS Atap yang terhubung dengan jaringan (*On-Grid*) untuk memenuhi kebutuhan daya rumah tangga sebesar 1300 VA di kota Padang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan simulasi yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan aspek teknis dan ekonomi antara penggunaan listrik PLN 1300 VA dan penggunaan PLTS Atap berkapasitas 2x610 WP. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan mana yang lebih optimal, ekonomis dan efisien. Simulasi dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak HOMER, yang digunakan untuk melakukan perbandingan nilai ekonomis antara penggunaan listrik PLN 1300 VA dan PLTS Atap berkapasitas 2x610 WP.

Lokasi penelitian yang digunakan dalam *software* HOMER adalah di rumah tinggal peneliti, yang terletak di Komplek Trisandi Indah 4 C/4 RT01/RW04, Kota Padang, Sumatera Barat. Lokasi ini menjadi dasar untuk pengumpulan data iradiasi matahari, suhu, dan beban listrik.

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini memiliki peran yang sangat signifikan, karena data tersebut menjadi dasar referensi bagi penulis dalam menjalankan penelitian. Berbagai metode pengumpulan data yang dapat digunakan melibatkan data primer yaitu metode observasi dilibatkan dalam melakukan pengamatan dan pengumpulan data melalui studi literatur serta referensi pustaka yang relevan dan metode survei mencakup pemantauan langsung terhadap perangkat, terutama pada kondisi yang mendukung informasi yang diperlukan dalam penyusunan penelitian ini. Adapun data sekunder berupa buku referensi pengumpulan data melalui buku referensi memberikan kontribusi dalam mendukung landasan penelitian, jurnal ilmiah data sekunder juga dapat diperoleh melalui jurnal ilmiah, yang memberikan wawasan tambahan dan dukungan informasi untuk penelitian ini dan sumber-sumber lain dari internet. Terakhir studi bimbingan dari dosen pembimbing yang memberikan arahan, petunjuk, serta masukan dan saran. Penulis juga berterima kasih kepada semua pihak yang berkontribusi dalam proses penulisan tugas akhir ini.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Laptop sebagai perangkat keras yang digunakan untuk menyusun laporan, mengolah data, dan menjalankan berbagai perangkat lunak, dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a. Processor : Intel® Core™ i7-1365U CPU @1.80 GHz
 - b. RAM : 32 GB
 - c. Tipe sistem : 64-bit operating system, x64-based processor
 - d. Memori : 476 GB
2. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengolah data dan menulis laporan adalah sebagai berikut:

a. *Microsoft Word 365*

Microsoft Word 365 digunakan untuk menyusun laporan penelitian.

b. *Microsoft Excel 365*

Microsoft Excel 365 digunakan untuk mencatat dan mengolah data peralatan listrik rumah tangga, memantau penggunaan listrik dari kWh meter, menghitung ukuran komponen, serta merekap hasil simulasi dari HOMER

c. *Google Maps*

Google Maps digunakan untuk melacak titik koordinat lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian.

d. *Global Solar Atlas*

Global Solar Atlas digunakan untuk melihat potensi pembangkitan listrik menggunakan energi matahari dan memberikan nilai kemiringan panel surya yang optimal berdasarkan titik koordinat 0.906868° LS & 100.378131° BT

e. *HOMER Pro Microgrid Analysis Tools*

HOMER Pro *Microgrid Analysis Tools* digunakan untuk mensimulasikan perancangan PLTS Atap dengan memasukkan komponen-komponen serta mengatur parameter teknis dan ekonomi guna menghasilkan desain yang optimal.

Data Penelitian

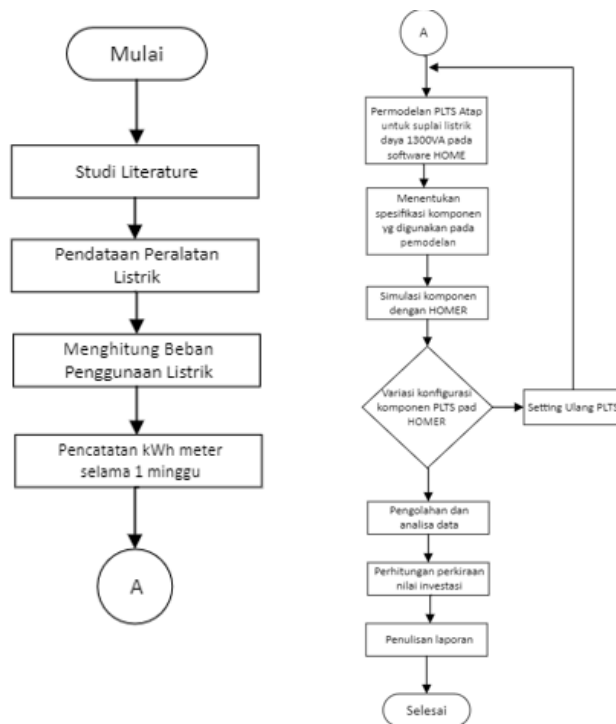
Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder yang dirinci sebagai berikut:

1. Data tentang penggunaan peralatan listrik rumah tangga setiap jam di lokasi penelitian pada rumah dengan daya 1300 VA.
2. Data mengenai beban listrik yang diukur berdasarkan catatan meter kWh 1300 VA di lokasi penelitian setiap jam selama 24 jam dari tanggal 22 Juli 2024 hingga 28 Juli 2024.
3. Data meteorologi yang meliputi *global horizontal irradiance* (GHI), indeks kejernihan langit, dan suhu lingkungan di lokasi penelitian, yang terletak pada koordinat 0.906868° LS & 100.378131° BT menggunakan data yang dipublikasikan oleh NASA *Prediction of Worldwide Energy Resource* (POWER). Data disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Meteorologi

Bulan	Indeks kecerahan <i>Clearness Index</i>	Suhu <i>Ambient</i> (°C)	Iradiasi Horizontal Global <i>Global horizontal irradiance</i> (kWh/m ² /hari)
Januari	0.478	25.11	4.85
Februari	0.501	25.28	5.23
Maret	0.49	25.40	5.15
April	0.506	25.57	5.13
Mei	0.526	25.79	5.03
Juni	0.54	25.50	4.97
Juli	0.521	25.13	4.87
Agustus	0.491	25.12	4.85
September	0.471	25.07	4.87
Oktober	0.469	24.93	4.88
November	0.445	24.85	4.53
Desember	0.457	24.85	4.58

4. Data mengenai potensi pembangkitan tenaga surya dan kemiringan optimal panel di lokasi penelitian, yang berada di koordinat 0,906868° LS dan 100,378131° BT, diperoleh menggunakan data dari perangkat lunak *Global Solar Atlas* yang dipublikasikan oleh *The World Bank Group*.
5. Data spesifikasi dan harga setiap komponen yang digunakan sebagai *input* dalam simulasi pada *software* HOMER. Spesifikasi komponen diperoleh dari lembar data produk yang disediakan oleh produsen, sementara harga komponen diambil dari berbagai situs penjualan *online* atau *marketplace*.



Gambar 1. Flowchart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Analisa Simulasi

Hasil Simulasi Aspek Kinerja Teknis

Variasi konfigurasi desain PLTS Atap disimulasikan menggunakan *software* HOMER untuk memperoleh data kinerja teknis dari setiap konfigurasi, seperti produksi energi, ekspor energi ke jaringan, dan ekspor energi, dan persentase *renewable fraction*. Konfigurasi yang disimulasikan terdiri dari modul fotovoltaik *TopHiku* 610Wp & LR-7 masing-masing sebanyak 2 buah yang disusun secara seri dan dipasang dengan sudut kemiringan bervariasi antara 0° sampai 25° , *grid tie inverter* 1300 W.

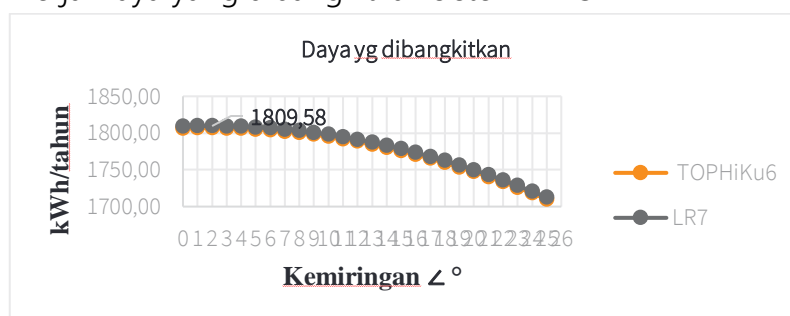
Tabel 2 Rekapitulasi Hasil Simulasi Aspek Kinerja Teknis

Kemiringan (\hat{A}°)	Daya dibangkitkan PLTS (kWh/yr)		Energy Sold (kWh)		Ren Frac (%)	
	TOPHiKu6	LR7	TOPHiKu6	LR7	TOPHiKu6	LR7
0	1806.49	1809.29	526.13	528.46	37.76	37.80
1	1806.75	1809.55	526.25	528.59	37.77	37.81
2	1806.78	1809.58	526.10	528.44	37.77	37.81
3	1806.54	1809.34	525.68	528.02	37.77	37.81
4	1805.97	1808.77	524.98	527.32	37.76	37.80
5	1805.09	1807.89	524.02	526.35	37.75	37.79

6	1803.84	1806.63	522.79	525.12	37.74	37.78
7	1802.22	1805.01	521.32	523.64	37.71	37.75
8	1800.24	1803.01	519.62	521.93	37.69	37.73
9	1797.88	1800.65	517.67	519.97	37.65	37.69
10	1795.16	1797.92	515.45	517.75	37.61	37.65
11	1792.05	1794.80	512.99	515.27	37.57	37.61
12	1788.54	1791.28	510.29	512.56	37.52	37.56
13	1784.66	1787.38	507.36	509.61	37.46	37.50
14	1780.39	1783.10	504.20	506.44	37.40	37.43
15	1775.76	1778.46	500.81	503.04	37.33	37.36
16	1770.77	1773.45	497.18	499.39	37.25	37.29
17	1765.41	1768.07	493.32	495.51	37.17	37.21
18	1759.69	1762.33	489.22	491.39	37.08	37.12
19	1753.62	1756.24	484.91	487.05	36.99	37.03
20	1747.20	1749.80	480.38	482.51	36.89	36.93
21	1740.44	1743.02	475.63	477.74	36.78	36.82
22	1733.33	1735.89	470.68	472.77	36.67	36.71
23	1725.88	1728.42	465.54	467.59	36.56	36.59
24	1718.11	1720.62	460.19	462.23	36.44	36.47
25	1710.03	1712.52	454.66	456.66	36.31	36.34

Analisa Aspek Kinerja Teknis

Analisa Aspek Kinerja Daya yang dibangkitkan sistem PLTS

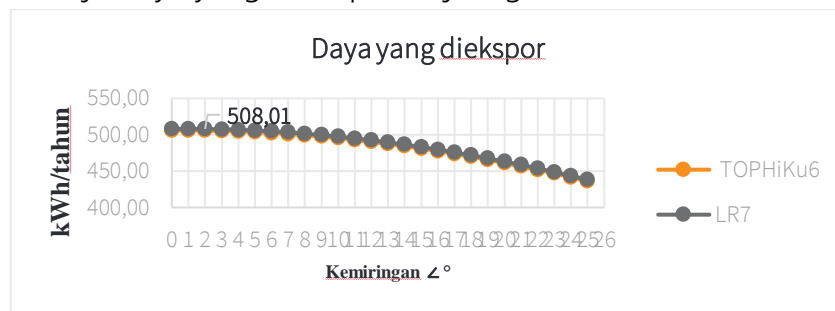


Gambar 2 Grafik Daya yang dibangkitkan oleh sistem PLTS

Konfigurasi menggunakan modul fotovoltaik merek *TopHiku* dan LR-7 dengan sudut kemiringan yang berbeda menghasilkan variasi energi listrik yang signifikan. Konfigurasi dengan modul fotovoltaik LR-7 pada sudut 2° menghasilkan energi listrik yang lebih besar dibandingkan semua variasi konfigurasi lainnya. Hal serupa juga terjadi pada konfigurasi dengan modul *TopHiku* pada sudut kemiringan 2°, yang menghasilkan lebih banyak energi

dibandingkan konfigurasi *TopHiku* dengan sudut kemiringan 0-25°. Sudut kemiringan 2° dianggap optimal untuk lokasi penelitian karena memungkinkan modul menerima lebih banyak iradiasi matahari, sehingga menghasilkan energi listrik yang lebih tinggi dibandingkan sudut yang lebih besar atau lebih kecil dari itu. Meskipun konfigurasi LR-7 dan *TopHiku* sama-sama dipasang pada sudut kemiringan 2°, modul LR-7 menghasilkan energi sekitar 2,8 kWh lebih banyak. Walaupun kedua modul memiliki efisiensi panel yang sama, yaitu 22,6%, perbedaan ini dipengaruhi oleh koefisien temperatur terhadap daya. Modul *TopHiku* memiliki koefisien temperatur -0,29%/°C, sedangkan modul LR-7 sebesar -0,28%/°C. Koefisien yang lebih rendah pada modul LR-7 membuat pengurangan daya akibat kenaikan suhu lebih kecil, sehingga modul LR-7 unggul dalam hal produksi energi. Ini menunjukkan bahwa selain efisiensi panel, faktor koefisien temperatur terhadap daya juga berperan penting dalam menentukan total energi yang dihasilkan.

Analisa Aspek Kinerja Daya yang di ekspor ke jaringan

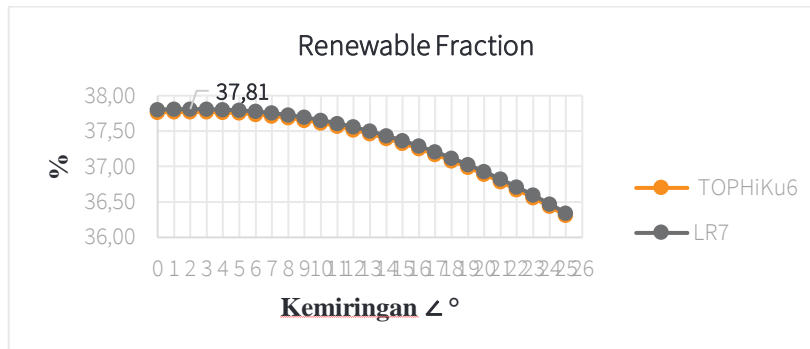


Gambar 3. Grafik Daya yang di ekspor ke jaringan

Konfigurasi yang menggunakan modul fotovoltaik merek *TopHiku* dan LR-7 dengan variasi sudut kemiringan menghasilkan perbedaan signifikan dalam produksi energi listrik. Konfigurasi modul fotovoltaik LR-7 pada sudut kemiringan 1° menghasilkan energi listrik yang dapat diekspor ke jaringan dalam jumlah lebih besar dibandingkan semua konfigurasi lainnya. Hal serupa terjadi pada modul *TopHiku* pada sudut kemiringan 2°, di mana energi yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan konfigurasi *TopHiku* dengan sudut kemiringan antara 0° hingga 25°. Sudut kemiringan 1° dianggap optimal untuk lokasi penelitian karena memungkinkan modul menerima iradiasi matahari yang lebih banyak, sehingga menghasilkan energi listrik yang lebih tinggi dibandingkan sudut yang lebih besar maupun lebih kecil. Meskipun modul LR-7 dan *TopHiku* sama-sama dipasang pada sudut kemiringan 1°, modul LR-7 menghasilkan sekitar 2,3 kWh lebih banyak per tahun. Walaupun kedua modul memiliki efisiensi panel yang sama, yaitu 22,6%, perbedaan produksi energi ini disebabkan oleh perbedaan koefisien suhu terhadap daya. Modul

TopHiku memiliki koefisien suhu sebesar $-0,29\%/^{\circ}\text{C}$, sedangkan modul LR-7 memiliki koefisien sebesar $-0,28\%/^{\circ}\text{C}$. Koefisien suhu yang lebih rendah pada modul LR-7 menyebabkan penurunan daya akibat kenaikan suhu lebih kecil, sehingga modul LR-7 lebih unggul dalam hal produksi energi. Temuan ini menunjukkan bahwa selain efisiensi panel, koefisien suhu terhadap daya juga merupakan faktor penting dalam menentukan total energi yang dihasilkan.

Analisa Aspek Kinerja *Renewable Fraction*



Gambar 4. Grafik *Renewable Fraction*

Renewable fraction mengindikasikan proporsi energi yang digunakan untuk beban yang berasal dari sumber energi terbarukan. Konfigurasi modul fotovoltaik merek *TopHiku* dan LR-7 dengan kemiringan 2° memiliki nilai *renewable fraction* masing-masing sebesar 37,77% dan 37,81%, yang lebih tinggi dibandingkan variasi konfigurasi lainnya. Perbedaan antara kedua merek modul ini tidak terlalu signifikan, dengan LR-7 unggul tipis sebesar 0,04% dibandingkan *TopHiku*. Dengan demikian, konfigurasi LR-7 dengan kemiringan 2° memiliki nilai *renewable fraction* tertinggi di antara semua konfigurasi yang dianalisis. Jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya secara langsung memengaruhi nilai *renewable fraction*—semakin banyak energi terbarukan yang dihasilkan dan digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi, semakin tinggi pula nilai *renewable fraction* yang dicapai.

Hasil Simulasi Aspek Kinerja Ekonomi

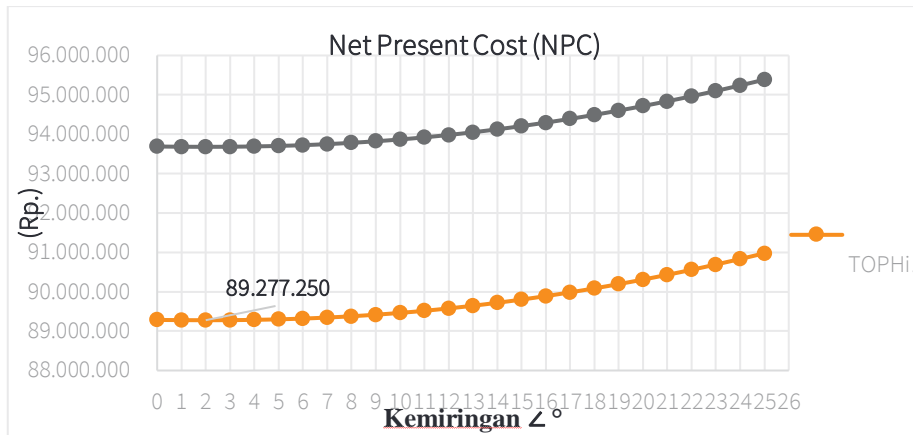
Variasi konfigurasi desain PLTS Atap disimulasikan menggunakan *software* HOMER untuk memperoleh data kinerja teknis dari setiap konfigurasi, seperti *Net Present Cost* (NPC), *Cost of Energy* (COE), *Operating cost*, *Discounted Payback Period* (DPPB), dan *Return of Investment* (ROI). Hasil simulasi direkapitulasi pada Tabel berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Simulasi Aspek Kinerja Ekonomi

Kemiringan (Â°)	NPC (Rp)		COE (Rp)		Operating cost (Rp/yr)		DPPB (Yr)		ROI (%)	
	TOPHi Ku6	LR7	TOPHiKu6	LR7	TOPHi Ku6	LR7	TO PHi Ku6	LR7	TOPHiKu6	LR7
0	89,28 4,460	93,687, 830.00	1,12 5.41	1,180 .32	3,899,0 55	3,934,30 8	13.8 3	17. 28	5.00	3.60
1	89,27 9,260	93,682, 620.00	1,12 5.32	1,180 .23	3,898,7 51	3,934,00 3	13.8 3	17. 27	5.00	3.60
2	89,27 7,250	93,680, 640.00	1,12 5.33	1,180 .24	3,898,6 34	3,933,88 8	13.8 3	17. 27	5.00	3.60
3	89,27 9,340	93,682, 750.00	1,12 5.46	1,180 .37	3,898,7 56	3,934,01 1	13.8 3	17. 27	5.00	3.60
4	89,28 6,850	93,690, 330.00	1,12 5.72	1,180 .65	3,899,1 95	3,934,45 4	13.8 3	17. 28	5.00	3.60
5	89,29 9,690	93,703, 210.00	1,12 6.12	1,181. 06	3,899,9 45	3,935,20 6	13.8 4	17. 29	5.00	3.60
6	89,318 ,930	93,722, 550.00	1,12 6.66	1,181. 61	3,901,0 69	3,936,33 6	13.8 5	17. 30	5.00	3.60
7	89,34 5,010	93,748, 730.00	1,12 7.35	1,182 .32	3,902,5 93	3,937,86 6	13.8 6	17. 32	5.00	3.60
8	89,37 7,880	93,781, 740.00	1,12 8.18	1,183 .17	3,904,5 13	3,939,79 5	13.8 8	17. 34	5.00	3.60
9	89,417 ,350	93,821, 330.00	1,12 9.15	1,184 .17	3,906,8 19	3,942,10 8	13.9 0	17. 37	5.00	3.60
10	89,46 3,350	93,867, 500.00	1,13 0.27	1,185 .32	3,909,5 07	3,944,80 5	13.9 2	17. 40	5.00	3.60
11	89,516 ,520	93,920, 820.00	1,131 .55	1,186 .63	3,912,6 13	3,947,92 0	13.9 5	17. 43	5.00	3.50
12	89,57 7,320	93,981, 800.00	1,13 2.98	1,188 .10	3,916,1 66	3,951,48 3	13.9 8	17. 48	5.00	3.50
13	89,64 5,040	94,049 ,690.00	1,13 4.55	1,189 .72	3,920,1 23	3,955,45 0	14.0 1	17. 52	4.90	3.50

Kemiringan (Â°)	NPC (Rp)		COE (Rp)		Operating cost (Rp/yr)		DPPB (Yr)		ROI (%)	
	TOPHi Ku6	LR7	TOPHiKu6	LR7	TOPHi Ku6	LR7	TO PHi Ku6	LR7	TOPHiKu6	LR7
14	89,719,850	94,124,720.00	1,136.28	1,191.49	3,924,493	3,959,834	14.05	17.57	4.90	3.50
15	89,801,470	94,206,580.00	1,138.15	1,193.40	3,929,262	3,964,616	14.09	17.63	4.90	3.50
16	89,889,700	94,295,040.00	1,140.16	1,195.47	3,934,417	3,969,785	14.14	17.69	4.90	3.50
17	89,984,780	94,390,380.00	1,142.33	1,197.68	3,939,972	3,975,355	14.19	17.76	4.90	3.40
18	90,086,240	94,492,100.00	1,144.63	1,200.05	3,945,900	3,981,299	14.24	17.83	4.80	3.40
19	90,194,360	94,600,490.00	1,147.08	1,202.56	3,952,217	3,987,631	14.30	17.91	4.80	3.40
20	90,309,070	94,715,500.00	1,149.68	1,205.21	3,958,919	3,994,351	14.36	17.99	4.80	3.40
21	90,430,020	94,836,780.00	1,152.41	1,208.01	3,965,986	4,001,436	14.42	18.08	4.70	3.30
22	90,557,460	94,964,530.00	1,155.28	1,210.95	3,973,432	4,008,901	14.49	18.17	4.70	3.30
23	90,691,460	95,098,860.00	1,158.29	1,214.03	3,981,261	4,016,749	14.57	18.27	4.70	3.30
24	90,831,450	95,239,180.00	1,161.43	1,217.25	3,989,440	4,024,948	14.64	18.38	4.60	3.30
25	90,977,040	95,385,130.00	1,164.71	1,220.60	3,997,947	4,033,475	14.73	18.49	4.60	3.20

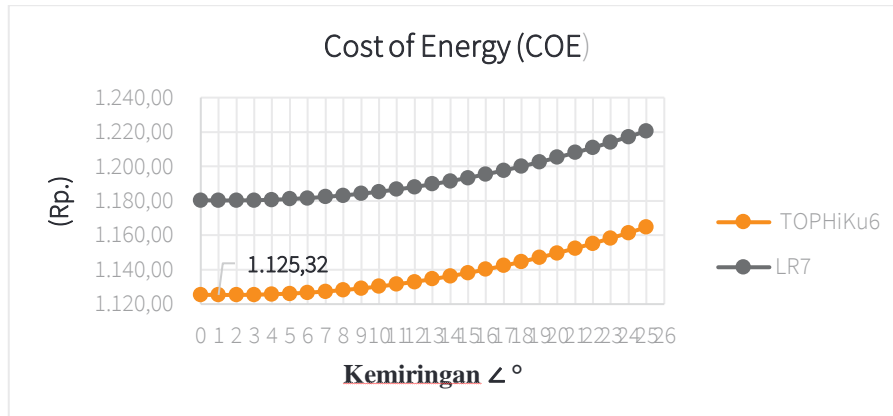
Analisa Aspek Kinerja *Net Present Cost*



Gambar 5 Grafik *Net Present Cost*

Net Present Cost (NPC) merupakan nilai total dari seluruh biaya pemasangan dan pengoperasian komponen sistem selama masa proyek, yang dalam penelitian ini berlangsung selama 25 tahun. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER, modul PV dengan merek *TopHiku* yang dipasang pada sudut kemiringan 2 derajat memiliki nilai NPC terendah, yaitu sebesar 82.277,250. Sebaliknya, NPC tertinggi dihasilkan oleh modul PV dengan merek LR7 yang dipasang pada sudut kemiringan 25 derajat yakni sebesar Rp. 95.385.130,00.

Analisa Aspek Kinerja *Cost of Energy*

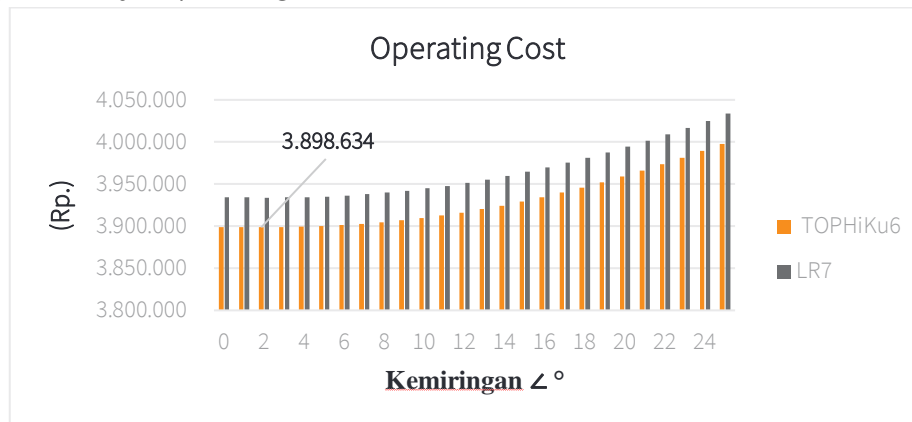


Gambar 6 Grafik *Cost of Energy*

Cost of Energy (COE) adalah biaya yang diperlukan untuk menghasilkan 1 kWh energi listrik, yang mencakup seluruh komponen pengeluaran selama masa operasi sistem. Biaya ini menjadi indikator penting dalam menilai efisiensi ekonomi dari berbagai konfigurasi sistem energi, khususnya dalam konteks pembangkitan energi terbarukan. Pada penelitian ini, perbandingan nilai COE untuk berbagai konfigurasi sistem ditampilkan secara visual pada Gambar 4.9. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konfigurasi yang menggunakan modul fotovoltaik merek *TopHiku* dengan sudut kemiringan 2° memiliki COE terendah, yaitu sebesar Rp 1.125,92/kWh. Nilai ini menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut adalah yang paling ekonomis dibandingkan variasi lainnya. Sebaliknya, konfigurasi yang menggunakan modul fotovoltaik merek LR-7 dengan sudut kemiringan 25° menunjukkan

COE tertinggi, yaitu sebesar Rp 1.220,60/kWh, yang mencerminkan biaya per kWh yang lebih besar, sehingga konfigurasi ini dianggap kurang efisien dari segi biaya produksi energi.

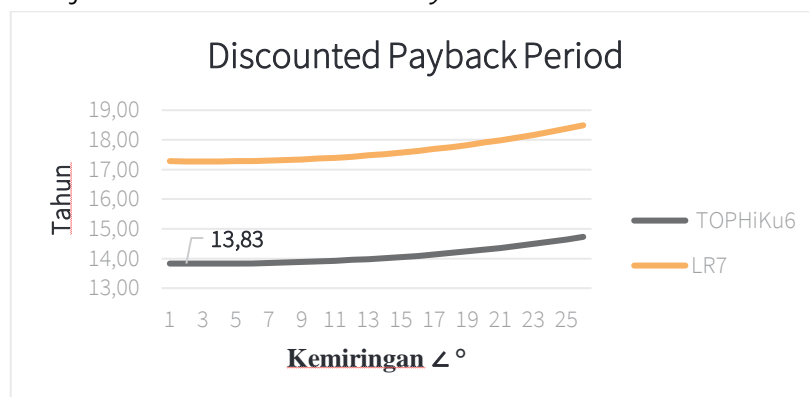
Analisa Aspek Kinerja *Operating Cost*



Gambar 7 Grafik *Operating Cost*

Operating cost atau biaya operasional menggambarkan pengeluaran yang diperlukan untuk menjalankan sistem selama masa operasinya. Konfigurasi dengan modul fotovoltaik merek *TopHiku6* pada sudut kemiringan 2° menunjukkan biaya operasional terendah sebesar Rp 3.898.634. Sebaliknya, biaya tertinggi ditemukan pada modul fotovoltaik merek LR-7 dengan sudut kemiringan 25°, sebesar Rp 4.033.475. Meskipun modul LR-7 lebih efisien, sudut kemiringan yang lebih besar meningkatkan pengeluaran operasional. Perbedaan ini, meskipun kecil, dapat berdampak signifikan pada total biaya sistem selama 25 tahun, di mana sudut kemiringan 2° membantu mengurangi biaya operasional dan meningkatkan efisiensi finansial.

Analisa Aspek Kinerja Ekonomi *Discounted Payback Period*

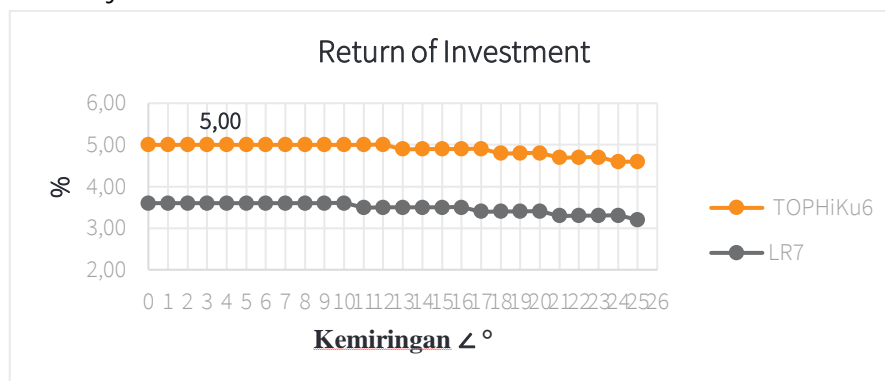


Gambar 8 Grafik *Discounted Payback Period*

Discounted Payback Period (DPPB) adalah periode waktu yang diperlukan untuk mengembalikan investasi awal dengan memperhitungkan nilai waktu dari uang. Konfigurasi dengan modul fotovoltaik merek *TopHiku6* pada sudut kemiringan 0-4° memiliki DPPB terpendek, yaitu 13,83 tahun, menunjukkan pengembalian modal yang

paling cepat. Sebaliknya, modul LR-7 yang dipasang pada sudut kemiringan 25° memiliki DPPB terpanjang, yaitu 18,49 tahun, yang menunjukkan waktu pengembalian modal lebih lama. Modul LR-7 yang dipasang pada sudut 1-3° juga menunjukkan nilai DPPB yang lebih baik dibandingkan jika dipasang dengan sudut lebih dari 3°. Kombinasi modul fotovoltaik dengan sudut kemiringan 0-6° memberikan pengembalian investasi yang lebih cepat, terkait dengan efisiensi energi yang lebih tinggi dan biaya operasional yang lebih rendah, sehingga menghasilkan penghematan dalam jangka waktu proyek 25 tahun.

Analisa Aspek Kinerja Ekonomi *Return of Investment*



Gambar 9. Grafik *Return of Investment*

Return on Investment (ROI) digunakan untuk mengukur tingkat keuntungan yang diperoleh dari sebuah proyek energi dengan membandingkan keuntungan tersebut terhadap total biaya yang dikeluarkan selama masa proyek, yang dalam penelitian ini berlangsung selama 25 tahun. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konfigurasi dengan modul fotovoltaik merek *TopHiku6* pada sudut kemiringan 0-11° derajat menghasilkan ROI sebesar 5.00%. Peningkatan ROI ini menunjukkan bahwa kombinasi sudut kemiringan dan modul yang tepat dapat memberikan efisiensi energi yang lebih tinggi dan menghasilkan pengembalian investasi yang lebih optimal. Sebaliknya, modul LR-7 dengan variasi sudut kemiringan antara 0-25 derajat menunjukkan nilai ROI yang lebih rendah, berkisar antara 3.2 - 3.6

SIMPULAN

Konfigurasi model PLTS Atap *On-Grid* yang optimal untuk beban rumah tangga 1300 VA pada lokasi 0,906868° LS dan 100,378131° BT menggunakan modul fotovoltaik merek *TopHiku* dengan sudut kemiringan 2° dan *smart* inverter merek Deye berkapasitas 1300 Watt. Konfigurasi ini menghasilkan energi sebesar 1.806,77 kWh per tahun, dengan ekspor 526,10 kWh ke jaringan, impor 2.892,31 kWh dari jaringan, dan *renewable fraction* sebesar 37,77%. Hal ini menunjukkan kontribusi signifikan dari energi terbarukan, meskipun sebagian besar kebutuhan energi masih dipenuhi oleh PLN.

Dari segi ekonomi, sistem PLTS ini menunjukkan performa optimal dengan *Net Present Cost* (NPC) sebesar Rp 89.277.250, *Cost of Energy* (COE) sebesar Rp 1.125,32/kWh, biaya operasional Rp 3.898.634 per tahun, modal awal Rp 22.550.000 serta *Return on Investment* (ROI) sebesar 5%. Nilai NPC dan COE yang lebih rendah serta keseimbangan antara investasi awal yang terjangkau dan biaya operasional yang efisien menjadikan konfigurasi ini pilihan optimal. Dengan kontribusi energi terbarukan sebesar 37,77% dan periode pengembalian modal hanya 13,83 tahun, konfigurasi ini merupakan investasi dengan waktu pengembalian modal yang cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- ABB SACE, *Photovoltaic Plants in Technical Application Papers*. 2014.
- A. C. Duman and Ö. Güler, "Economic analysis of *grid*-connected residential rooftop PV systems in Turkey," *Renew Energy*, vol. 148, pp. 697–711, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.10.157.
- A. G. Hutajulu, M. RT Siregar, and M. P. Pambudi, "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ON *GRID* DI ECOPARK ANCOL," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 23, Mar. 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i1.7333.
- 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 2018 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science, ICECOS 2018*, 2019. doi: 10.1109/ICECOS.2018.8605263.
- A. Allouhi, R. Saadani, T. Kousksou, R. Saidur, A. Jamil, and M. Rahmoune, "Grid-connected PV systems installed on institutional buildings: Technology comparison, energy analysis and economic performance," *Energy Build*, vol. 130, pp. 188–201, Oct. 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.08.054.
- A. H. A. Al-Waeli, H. A. Kazem, M. T. Chaichan, and K. Sopian, *Photovoltaic/thermal (PV/T) systems: Principles, design, and applications*. 2019. doi: 10.1007/978-3-030-27824-3.
- A. Smets, K. Jäger, O. Isabella, and R. Van Swaaij, "Solar Energy: The physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems," *Nature*, vol. 1, no. 5459, 2016.
- A. Sow, M. Mehrtash, D. R. Rousse, and D. Hailot, "Economic analysis of residential solar photovoltaic electricity production in Canada," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 33, pp. 83–94, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.seta.2019.03.003.
- A. W. Akbar, N. Hiron, and N. Nadrotan, "PERENCANAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN SUMBER ENERGI TERBARUKAN (HOMER) DI DAERAH PESISIR PANTAI PANGANDARAN," *Journal of Energy and Electrical Engineering*, vol. 1, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.37058/jee.v1i1.1191.

- A. Zaragoza and C. Bartolom, "Albedo Effect and Energy Efficiency of Cities," in *Sustainable Development - Energy, Engineering and Technologies - Manufacturing and Environment*, InTech, 2012. doi: 10.5772/29536.
- A. Z. Gabr, A. A. Helal, and N. H. Abbasy, "Economic evaluation of rooftop *grid* - connected photovoltaic systems for residential building in Egypt," *International Transactions on Electrical Energy Systems*, vol. 30, no. 6, Jun. 2020, doi: 10.1002/2050-7038.12379.
- Badan Pusat Statistik, *STATISTIK INDONESIA 2023. 2023. STATISTIK KETENAGALISTRIKAN 2022 KEMEN ESDM*.
- Badan Pusat Statistik, "BI Rate 2024." Accessed: Aug. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/en/statistics-table/2/Mzc5lzl=/bi-rate.html>
- Badan Pusat Statistik, "Inflasi tahun-ke-tahun (y-on-y) pada bulan Februari 2024 adalah 2,75 persen." Accessed: Aug. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2024/03/01/2301/inflasi-tahun-ke-tahun--y-on-y--pada-bulan-februari-2024-adalah-2-75-persen.html>
- B. Norton *et al.*, "Enhancing the performance of building integrated photovoltaics," *Solar Energy*, vol. 85, no. 8, 2011, doi: 10.1016/j.solener.2009.10.004.
- B. Winardi, A. Nugroho, and E. Dolphina, "Perencanaan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Untuk Desa Mandiri," *Jurnal Tekno*, vol. 16, no. 2, pp. 1–11, Oct. 2019, doi: 10.33557/jtekno.v16i1.603.
- C. Li, D. Zhou, and Y. Zheng, "Techno-economic comparative study of *grid*-connected PV power systems in five climate zones, China," *Energy*, vol. 165, pp. 1352–1369, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.10.062.
- CNBC Indonesia, "Daftar Tarif Listrik per Desember 2023." Accessed: Aug. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20231201103300-4-493691/catat-daftar-tarif-listrik-per-desember-2023>
- D. Aye Thar, D. Zeya, and A. Professor, "Design and Calculation of Stand-alone PV System for Electrification of YTU Hostel," 2019.
- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Rencana Strategis (Renstra) 2020 - 2024*. 2020.
- D. F. Silalahi, A. Blakers, M. Stocks, B. Lu, C. Cheng, and L. Hayes, "Indonesia's vast solar energy potential," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 17, 2021, doi: 10.3390/en14175424.
- D. Mahardhika, J. Windarta, and E. W. Sinuraya, "STUDI PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ROOFTOP ON *GRID* PADA PT. BPR BKK MANDIRAJA CABANG WANAYASA KABUPATEN BANJARNEGARA DITINJAU DARI TEKNIS DAN

EKONOMI TEKNIK DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* PVSYST 7.0 DAN RETSCREEN 6.0.7," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 206–214, Mar. 2021, doi: 10.14710/transient.v10i1.206-214.

Dewan Energi Nasional, *Outlook Energi Indonesia 2023*. 2023.

E. Tridianto, J. Pratilastoarso, A. Nugroho, A. Zulaiha, and K. M. Putri, "Build *Smart* Flying Hot Spot Detection for Large Solar Photovoltaic System using Internet of Things (IoT)," *International Journal of Engineering Inventions*, vol. 10, no. 1, 2021.

F. A. Farret and M. G. Simões, *Integration of Alternative Sources of Energy*. 2006. doi: 10.1002/0471755621.

F. Hidayat, B. Winardi, and A. Nugroho, "ANALISIS EKONOMI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS DIPONEGORO," *TRANSIENT*, vol. 7, no. 4, p. 875, May 2019, doi: 10.14710/transient.7.4.875-882.

G. Kavlak, J. McNerney, and J. E. Trancik, "Evaluating the causes of cost reduction in photovoltaic modules," *Energy Policy*, vol. 123, 2018, doi: 10.1016/j.enpol.2018.08.015.

Google Maps, "Lokasi Penelitian." Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: https://www.google.com/maps/place/Senior+High+School+12+Padang/@-0.9070255,100.3781292,70m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x2fd4b893365d9e09:0x191fcf481c171376!8m2!3d-0.9086232!4d100.3795534!16s%2Fg%2F1yg582gc2?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MDkwMi4xIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

Hasjanah Kurniawati and Wiranegara Raditya, "Pentingnya Pengakhiran Operasional PLTU Batubara untuk Mengejar Target Penurunan Emisi." Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://iesr.or.id/pentingnya-pengakhiran-operasional-pltu-batubara-untuk-mengejar-target-penurunan-emisi>

H. Damayanti, F. Tumiwa, and M. Citraningrum, "Residential Rooftop Solar Technical and Market Potential in 34 Provinces in Indonesia," 2019.

Humas EBTk ESDM, "Geliat Industri Dukung Pemanfaatan Energi Bersih." Accessed: Jan. 04, 2024. [Online]. Available: Geliat Industri Dukung Pemanfaatan Energi Bersih

I. G. Ari Biantara, N. Satya Kumara, and I. A. Dwi Giriantari, "POTENSI BANGUNAN PARKIR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ATAP," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, p. 180, Jan. 2022, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2021.v08.i04.p21.

Indonesia Clean Energy Development (ICED), *Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia*. 2020.

- J. Assadeg, K. Sopian, and A. Fudholi, "Performance of *grid*-connected solar photovoltaic power plants in the Middle East and North Africa," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 9, no. 5, 2019, doi: 10.11591/ijece.v9i5.pp3375-3383.
- J. Langer, J. Quist, and K. Blok, "Review of renewable energy potentials in indonesia and their contribution to a 100% renewable electricity system," 2021. doi: 10.3390/en14217033.
- Jufrizel and M. Irfan, "Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *On-Grid*," *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 9*, 2017.
- K. Bachtiar and Mhd. Syafik, "Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga menggunakan *Software* HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam," *JURNAL SUSTAINABLE*, , vol. 5, no. 2, 2016.
- K. Y. Lau, C. W. Tan, and K. Y. Ching, "The implementation of *grid*-connected, residential rooftop photovoltaic systems under different load scenarios in Malaysia," *J Clean Prod*, vol. 316, p. 128389, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128389.
- K. Vidhia Kumara, I. N. Satya Kumara, and W. G. Ariastina, "TINJAUAN TERHADAP PLTS 24 KW ATAP GEDUNG PT INDONESIA POWER PESANGGARAN BALI," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, p. 26, Dec. 2018, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2018.v05.i02.p04.
- M. Anggiat Situmorang, I. A. Dwi Giriantari, and I. N. Setiawan, "PERANCANGAN PLTS ATAP GEDUNG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS UDAYANA," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 9, no. 2, p. 89, Jun. 2022, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2022.v09.i02.p11.
- M. M. H. Shamim, S. M. Silmee, and M. M. Sikder, "Design and Techno-economic Analysis of a *Grid*-connected Solar Photovoltaic System in Bangladesh," in *2022 2nd International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies, ICAECT 2022*, 2022. doi: 10.1109/ICAECT54875.2022.9808078.
- M. Tauffauzan, C. Junihartomo, S. Thamrin, and M. S. Boedoyo, "Potential Analysis and Regulations of Solar Power Plant Development in Indonesia," *Int J Innov Sci Res Technol*, vol. 7, no. 4, 2022.
- N. A. Pambudi *et al.*, "Renewable Energy in Indonesia: Current Status, Potential, and Future Development," 2023. doi: 10.3390/su15032342.
- N. I. P. S. H. P. J. L. W. F. D. A. A. S. J. T. D. D. B. T. P. N. K. Suharyati, *Outlook Energi Indonesia 2022*. 2022.
- N. I. Purmalino Andres, *NERACA ENERGI INDONESIA*. 2022.

- N. Aldahmashi, Y. Khan, and A. Alamoud, "Techno-Economic Analysis of *Grid*-connected Rooftop Solar PV Systems in Saudi Arabia," in *Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, 2021. doi: 10.1109/PVSC43889.2021.9518688.
- N. M. Kumar, M. S. P. Subathra, and J. E. Moses, "On-Grid Solar Photovoltaic System: Components, Design Considerations, and Case Study," in *Proceedings of the 4th International Conference on Electrical Energy Systems, ICEES 2018*, 2018. doi: 10.1109/ICEES.2018.8442403.
- N. RESTI, "PERANCANGAN SOLAR HOME SYSTEM (SHS) BERBASIS FOTOVOLTAIK ATAP TIPE *ON-GRID* DENGAN BATERAI UNTUK KEBUTUHAN LISTRIK RUMAH TANGGA 900 VA DI KABUPATEN KULON PROGO," 2022.
- P. Gawhade and A. Ojha, "Recent advances in synchronization techniques for *grid*-tied PV system: A review," 2021. doi: 10.1016/j.egy.2021.09.006.
- P. G. G. Priajana, I. N. S. Kumara, and I. N. Setiawan, "GRID TIE INVERTER UNTUK PLTS ATAP DI INDONESIA: REVIEW STANDAR DAN INVERTER YANG COMPLIANCE DI PASAR DOMESTIK," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 7, no. 2, p. 62, Jun. 2020, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2020.v07.i02.p9.
- Q. Hassan, "Evaluation and optimization of *Off-grid* and *On-Grid* photovoltaic power system for typical household electrification," *Renew Energy*, vol. 164, 2021, doi: 10.1016/j.renene.2020.09.008.
- R. Rawat, S. C. Kaushik, and R. Lamba, "A review on modeling, design methodology and size optimization of photovoltaic based water pumping, standalone and *grid* connected system," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 57, pp. 1506–1519, May 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.12.228.
- R. Rimbawati, Z. Siregar, M. Yusri, and M. Al Qamari, "PENERAPAN PEMBANGKIT TENAGA SURYA PADA OBJEK WISATA KAMPUNG SAWAH GUNA MENGURANGI BIAYA PEMBELIAN ENERGI LISTRIK," *Martabe : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 4, no. 1, p. 145, Mar. 2021, doi: 10.31604/jpm.v4i1.145-151.
- R. Wisner, M. Bolinger, and J. Seel, "Benchmarking Utility-Scale PV Operational Expenses and Project Lifetimes: Results from a Survey of U.S. Solar Industry Professionals," *Electricity Markets & Policy*, vol. 1, no. 34078, 2020.
- S. A. Kalogirou, *Solar Energy Engineering: Processes and Systems: Second Edition*. 2014. doi: 10.1016/C2011-0-07038-2.
- Safri Nahela, Ivan Fauzi Faridyan, Noviadi Arief Rachman, Agus Risdiyanto, and Bambang Susanto, "Analisa Unjuk Kerja *Grid Tied Inverter* Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada PLTS On *Grid*," *Elkha*, vol. 11, no. 2, 2019.

- S. B. Kjaer, J. K. Pedersen, and F. Blaabjerg, "A Review of Single-Phase *Grid*-Connected *Inverters* for Photovoltaic Modules," *IEEE Trans Ind Appl*, vol. 41, no. 5, pp. 1292–1306, Sep. 2005, doi: 10.1109/TIA.2005.853371.
- Sekretariat Perusahaan PT PLN Persero, *Statistik PLN 2022*. 2023.
- S. K. Rajput, "Solar energy - Fundamentals, Economic and Energy Analysis," *Electric Renewable Energy Systems*, 2016.
- S. Mehta and P. Basak, "A case study on PV assisted microgrid using HOMER pro for variation of solar irradiance affecting cost of energy," in *PIICON 2020 - 9th IEEE Power India International Conference*, 2020. doi: 10.1109/PIICON49524.2020.9112894.
- T. Işık, "Solar Cells Review," 2015.
- U. Wibawa and A. Darmawan, "PENERAPAN SISTEM PHOTOVOLTAIK SEBAGAI SUPLAIDAYA LISTRIK BEBAN PERTAMANAN," *EECCIS*, 2008.
- W. D. Pesnell, B. J. Thompson, and P. C. Chamberlin, "The Solar Dynamics Observatory (SDO)," *Sol Phys*, vol. 275, no. 1–2, 2012, doi: 10.1007/s11207-011-9841-3.
- Yayasan Mitra Hijau, *BUKU PANDUAN PERENCANAAN, PEMBANGUNAN, OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN PLTS ATAP*. 2021. "Implementasi Peraturan Menteri ESDM tentang PLTS Atap."
- Y. Ueda, K. Kurokawa, K. Kitamura, M. Yokota, K. Akanuma, and H. Sugihara, "Performance analysis of various system configurations on *grid*-connected residential PV systems," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 93, no. 6–7, pp. 945–949, Jun. 2009, doi: 10.1016/j.solmat.2008.11.021.
- T. Lambert, P. Gilman, and P. Lilienthal, "Micropower System Modeling with Homer," in *Integration of Alternative Sources of Energy*, 2006. doi: 10.1002/0471755621.ch15.
- Tokopedia website, "Solar Panel Canadian Solar Bifacial Topcon 610Wp." Accessed: Aug. 27, 2024. [Online]. Available: https://www.tokopedia.com/radiantenergy/solar-panel-canadian-solar-bifacial-topcon-610wp-depan-belakang?extParam=ivf%3Dfalse%26keyword%3Dcanadian+solar%26search_id%3D2024090215012594021EBE1A314D119SHT%26src%3Dsearch
- Tokopedia Website, "Solar Panel Longi Hi MO 7." Accessed: Aug. 29, 2024. [Online]. Available: https://www.tokopedia.com/radiantenergy/solar-panel-canadian-solar-bifacial-topcon-610wp-depan-belakang?extParam=ivf%3Dfalse%26keyword%3Dcanadian+solar%26search_id%3D2024090215012594021EBE1A314D119SHT%26src%3Dsearch