



Jurnal Artikel

## Pemetaan Energi Surya Berbasis *Rooftop* Rumah Pribadi Di Kota Probolinggo Sebagai Sumber Energi Terbarukan

Setiawan Darma Wangsa<sup>1</sup>, Nasrul Ilminnafik\*<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Universitas Jember  
<sup>1</sup>231910101005@mail.unej.ac.id, \*<sup>2</sup> nasrul.teknik@unej.ac.id  
\*Corresponding author – Email : [nasrul.teknik@unej.ac.id](mailto:nasrul.teknik@unej.ac.id)

### Abstrak

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi energi terbarukan yang besar berkisar antara 4,5 – 5,5 kWh/m<sup>2</sup> per hari. Oleh karena Indonesia berada pada garis khatulistiwa. Pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengidentifikasi dan memetakan potensi energi surya yang dapat dihasilkan dari atap rumah pribadi di Kota Probolinggo, serta menyusun rekomendasi pemanfaatannya sebagai sumber energi terbarukan. Rencana pemecahan masalah dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data radiasi matahari, analisis struktur rooftop, perhitungan estimasi daya yang dapat dihasilkan, serta pembuatan peta potensi energi surya di wilayah kota. Pada penelitian ini dilakukan pemetaan terhadap potensi PLTS pada bangunan rumah di Jl. Damai Kota. Probolinggo, Penelitian ini menghasilkan Data Global Solar Atlas menunjukkan potensi tinggi dengan Specific PV Output 1684.8 kWh/kWp, GHI 2089.0 kWh/m<sup>2</sup>, GTI optimal 2132.7 kWh/m<sup>2</sup>, dan kemiringan panel 13°, serta produksi stabil sepanjang tahun (110-160 kWh/kWp/bulan) dengan puncak Juli-September.

**Kata kunci:** energi terbarukan, pembangkit listrik tenaga surya.

### Abstract

Indonesia is a country that has a large renewable energy potential ranging from 4.5 – 5.5 kWh/m<sup>2</sup> per day. Because Indonesia is on the equator. Solar power plants are one of the power generation systems that utilize sunlight as an energy source. The purpose of this study is to identify and map the potential of solar energy that can be generated from the roofs of private homes in Probolinggo City, as well as to compile recommendations for its use as a renewable energy source. The problem-solving plan in this study includes collecting solar radiation data, analyzing rooftop structures, calculating the estimated power that can be generated, and creating a map of solar energy potential in the city area. In this study, a mapping of the potential of PLTS was carried out on residential buildings on Jl. Damai Kota. Probolinggo. This research produces Global Solar Atlas Data showing high potential with Specific PV Output of 1684.8 kWh/kWp, GHI of 2089.0 kWh/m<sup>2</sup>, optimal GTI of 2132.7 kWh/m<sup>2</sup>, and panel tilt of 13°, as well as stable production throughout the year (110-160 kWh/kWp/month) with a peak in July-September.

**Keywords:** renewable energy, solar power plant.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya sumber daya alam. Kekayaan alam Indonesia salah satunya adalah potensi di bidang energi surya, dimana dari energi surya ini bisa di konversi menjadi energi listrik yang kemudian dikenal sebagai

and W., 2023; Pijoh, Brahmana Duta P. K and Purba Parulian Lasman, 2024; Sugiyanti, Kurniawan and Pravitasari, 2024).

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan semakin menjadi perhatian utama di berbagai daerah, termasuk di Kota Probolinggo, Jawa Timur. Dengan potensi radiasi matahari yang

melimpah sepanjang tahun, penggunaan *rooftop* rumah pribadi sebagai media pemasangan panel surya menjadi alternatif strategis dalam mendukung ketahanan energi lokal dan keberlanjutan lingkungan. Pemetaan energi surya berbasis *rooftop* tidak hanya memberikan gambaran potensi teknis yang tersedia, tetapi juga membantu dalam perencanaan optimalisasi pemanfaatan energi surya untuk kebutuhan rumah tangga.

Studi oleh *Institute for Essential Services Reform* (IESR) menunjukkan bahwa potensi teknis panel surya *rooftop* di Indonesia sangat besar, dengan kapasitas terpasang yang dapat mencapai ratusan gigawatt, yang jika dioptimalkan dapat mempercepat transisi energi bersih di tingkat rumah tangga dan memperkuat kontribusi energi terbarukan pada bauran energi nasional. Metode pemetaan ini memanfaatkan data luas atap rumah, intensitas radiasi matahari lokal, dan kondisi iklim setempat untuk memberikan estimasi potensi energi yang dapat dihasilkan secara akurat dan aplikatif. Pemanfaatan energi terbarukan menjadi kebutuhan mendesak di tengah meningkatnya konsumsi energi nasional dan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Kondisi ini diperparah oleh fluktuasi harga energi global serta isu perubahan iklim yang semakin nyata. Pemerintah Indonesia juga telah menargetkan peningkatan bauran energi terbarukan untuk mencapai ketahanan energi yang lebih berkelanjutan. Namun, pertumbuhan energi terbarukan di tingkat daerah masih belum merata, sehingga perlu adanya kajian yang lebih spesifik dan berbasis potensi lokal.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengidentifikasi dan memetakan potensi energi surya yang dapat dihasilkan dari atap rumah pribadi di Kota Probolinggo, serta menyusun rekomendasi pemanfaatannya sebagai sumber energi terbarukan. Rencana pemecahan masalah dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data radiasi matahari, analisis struktur *rooftop*, perhitungan estimasi daya yang dapat dihasilkan, serta pembuatan peta potensi energi surya di

wilayah kota. Dengan pendekatan ini, diharapkan artikel ini mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai potensi aktual energi surya di tingkat rumah tangga dan mendorong percepatan transisi energi berkelanjutan di Kota Probolinggo.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Kota Probolinggo merupakan salah satu wilayah di Jawa Timur dengan potensi radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun, sehingga sangat ideal untuk pengembangan energi surya. Meskipun potensinya besar, pemanfaatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), khususnya yang berbasis atap rumah pribadi (*rooftop solar*), masih tergolong rendah. Minimnya data pemetaan potensi energi surya di tingkat rumah tangga menjadi salah satu hambatan bagi percepatan implementasi teknologi ini. Selain itu, masyarakat umumnya belum memiliki gambaran yang jelas mengenai kapasitas energi surya yang dapat dihasilkan oleh atap rumah mereka, sehingga adopsi PLTS *rooftop* belum optimal.

Berdasarkan kondisi ini, pemetaan energi surya berbasis *rooftop* rumah pribadi menjadi sangat penting untuk dilakukan. Pemetaan ini tidak hanya memberikan informasi teknis mengenai potensi energi yang dapat dihasilkan, tetapi juga dapat menjadi dasar pengambilan keputusan bagi pemerintah daerah, investor, maupun masyarakat dalam merencanakan penggunaan energi terbarukan. Dengan adanya data pemetaan yang akurat, proses perencanaan dan implementasi PLTS *rooftop* dapat dilakukan secara lebih efektif dan terarah.

Energi matahari merupakan salah satu alternatif paling menjanjikan untuk menggantikan bahan bakar fosil. Energi ini dapat dimanfaatkan menggunakan sel surya atau sistem fotovoltaik (PV), yang bekerja dengan mengubah radiasi matahari menjadi listrik melalui efek fotovoltaik pada material semikonduktor. Kinerja sel surya sangat bergantung pada efisiensinya, yang

dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, radiasi matahari, dan keberadaan debu (Chikate et al., 2015; Sampaio & González, 2017). Radiasi matahari yang tinggi lebih diinginkan karena jumlah foton yang mencapai sel surya lebih banyak, sehingga meningkatkan efisiensi konversi energi. Namun, suhu yang terlalu tinggi justru dapat mengurangi efisiensi sel surya. Dalam kondisi seperti ini, energi matahari masih dapat dimanfaatkan untuk aplikasi lain, seperti pemanasan air. Teknologi pemanasan ini bisa digunakan untuk proses desalinasi, seperti pada metode *Solar Still Distillation*, *Solar Chimney*, dan *Humidification Dehumidification* untuk mengubah air laut menjadi air tawar (Curto et al., 2021).

Kenaikan pembangunan ekonomi sangat terkait dengan penggunaan energi, terutama energi listrik. Kenaikan 1.05% konsumsi energi akan meningkatkan 1% dari pendapatan per kapita suatu Negara (Tarmizi, 2024).

Indonesia termasuk kategori negara tropis dengan intensitas sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun di beberapa daerah, menjadikan negara ini memiliki peluang signifikan untuk optimalisasi PLTS. Berdasarkan pemutakhiran data tenaga surya pada tahun 2021, besarnya potensi energi surya mencapai 3.294,4 GW seperti ditunjukkan pada Gambar II.1. Pemutakhiran ini mempunyai fokus terhadap cara perhitungan potensi surya berdasarkan kategori intensitas radiasi matahari dari 3,75 kWh/m<sup>2</sup>/hari dan dikombinasikan dengan peta tutupan lahan (residensial, tanah terbuka, dan padang rumput) tidak termasuk kawasan dilindungi. Selain itu diperhitungkan juga potensi PLTS Terapung. Berdasarkan data per provinsi, potensi surya terbesar berada pada Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), Riau dan Sumatera Selatan (8. Fasilitasi Kebijakan Energi dan Persidangan, 2023).

## 2.1 Lokasi Pemetaan Rumah Pribadi

Titik koordinat pengukuran menggunakan

*Geolocation of the photovoltaic system.* Gambaran posisi pengukuran latitude - 7.753, longitude 113.174, terlihat pada gambar 2.1.

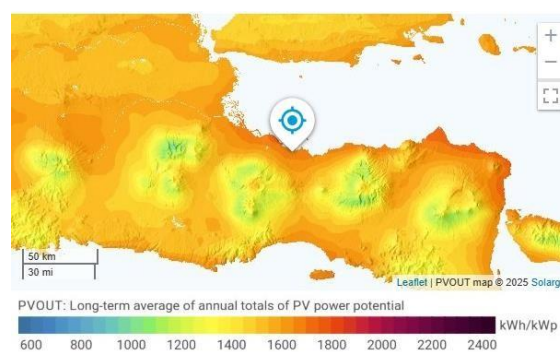


Gambar 2.1 Titik koordinat pengukuran (Global Solar Atlas)

## 2.2 Pemetaan Potensi Energi Surya

Global solar atlas memfasilitasi *query online* dan menyediakan kumpulan data yang dapat diunduh secara gratis berdasarkan data masukan dan metodologi pemodelan terbaru. Pengguna juga dapat mengunduh peta potensi sumber daya surya resolusi tinggi untuk digunakan dalam GIS, baik di tingkat global, negara, provinsi, dan lain-lain. Informasi tentang dataset dan metodologi yang digunakan untuk membuat Global Solar Atlas dapat ditemukan di bagian Metodologi dan Kumpulan Data. Global solar atlas adalah aplikasi gratis berbasis web yang dikembangkan untuk membantu pembuat kebijakan, perencana, dan investor mengidentifikasi daerah-daerah intensitas radiasi surya untuk pembangkit listrik tenaga surya secara virtual di manapun di dunia, dan kemudian melakukan penghitungan awal.

[Global Solar Atlas](#)



Gambar 2.2 Tampilan beranda (Global Solar Atlas)

### 2.3 Ruang Lingkup dan Objek

- Rumah-rumah pribadi yang berada di Jl. Damai, Kota Probolinggo.
- Kondisi atap rumah (luas, orientasi, kemiringan).
- Intensitas radiasi matahari bulanan.
- Estimasi energi listrik *rooftop* yang dapat dihasilkan.

### 2.4 Data Map parameter

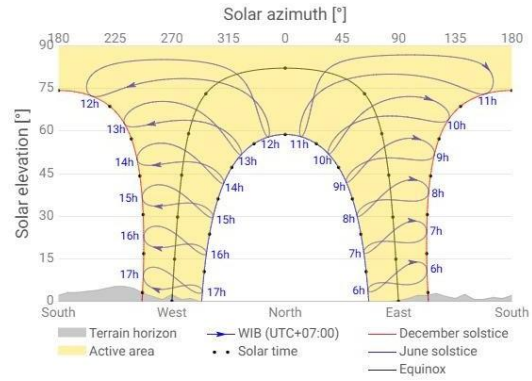
Tabel berikut menyajikan rangkuman parameter utama potensi energi surya pada lokasi rumah di Kota Probolinggo, mencakup data radiasi matahari, performa spesifik panel surya, sudut kemiringan optimal, serta kondisi lingkungan yang berpengaruh terhadap kinerja sistem fotovoltaik.

Tabel 2.1 Map Data

Data	Singkatan	Nilai
Specific photovoltaic power output	PVOUT Specific	1684.8 kWh/kWp
Direct normal irradiation	DNI	1745.9 kWh/m <sup>2</sup>
Global horizontal irradiation	GHI	2089.0 kWh/m <sup>2</sup>
Diffuse horizontal irradiation	DIF	814.3 kWh/m <sup>2</sup>
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	2132.7 kWh/m
Optimum tilt of PV modules	OPTA	13 / 0 °
Air Temperature	TEMP	26.6 °C
Terrain elevation	ELE	11 m

### 2.5 Horizon dan Sunpath

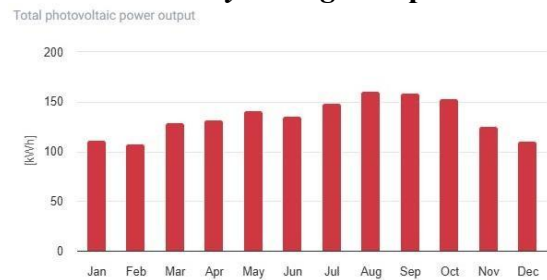
Gambar sunpath menunjukkan bahwa lokasi rumah di Probolinggo menerima penyinaran matahari sangat kuat sepanjang tahun dengan elevasi puncak sekitar 75–80°, di mana matahari bergerak dari timur-tenggara saat Desember dan timur-timur laut saat Juni, lalu tenggelam ke arah barat-barat laut, sehingga sisi timur dan barat rumah menerima panas paling intens pada pagi dan sore hari.



Gambar 2.3 Horizon dan Sunpath (Global Solar Atlas)

Berdasarkan pola tersebut, dinding barat perlu perlindungan termal seperti kanopi, kisi vertikal, atau vegetasi peneduh, sementara sisi utara paling ideal untuk bukaan besar karena radiasi siang datang dari sudut tinggi. Kondisi ini juga sangat menguntungkan untuk pemasangan panel surya, dengan orientasi terbaik menghadap utara dan kemiringan sekitar 7–10°, memaksimalkan produksi energi pada jam 09.00–15.00 ketika radiasi paling kuat. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa titik rumah memiliki potensi energi surya yang sangat baik serta memerlukan pengendalian panas terutama pada fasad barat dan timur untuk meningkatkan kenyamanan termal dalam rumah.

### 2.6 Data Monthly averages tiap bulan

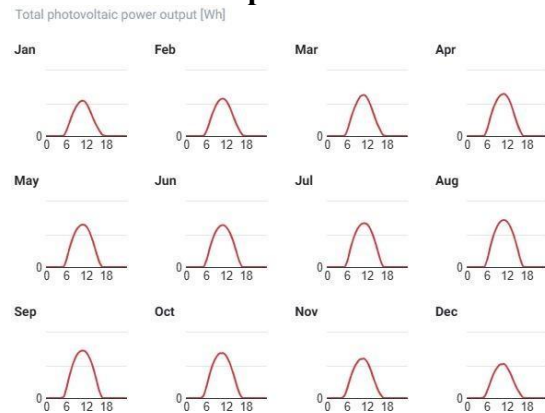


Gambar 2.4 Monthly averages (Global Solar Atlas)

Grafik tersebut menunjukkan bahwa potensi energi surya di rumah pribadi di Kota Probolinggo tergolong sangat baik, dengan produksi panel surya stabil sepanjang tahun pada kisaran 110–160 kWh per kWp per bulan. Output tertinggi terjadi pada bulan Juli–September saat

cuaca cerah dan radiasi matahari maksimal, sementara bulan hujan seperti Januari–Maret dan November–Desember sedikit menurunkan produksi. Secara keseluruhan, pola ini menunjukkan bahwa lokasi tersebut sangat ideal untuk pemasangan panel surya karena memberikan energi yang konsisten dan efisien sepanjang tahun.

### 2.6 Grafik disetiap bulan



Gambar 2.5 grafik average disetiap bulan (Global Solar Atlas)

Grafik menunjukkan bahwa produksi harian panel surya di Probolinggo sangat stabil sepanjang tahun, dengan energi mulai meningkat sekitar pukul 07.00, mencapai puncak pada 11.00–13.00, lalu menurun setelah 16.00. Pola ini lebih tinggi pada bulan kemarau dan sedikit lebih rendah saat musim hujan, namun tetap konsisten sehingga lokasi rumah memiliki potensi energi surya yang sangat baik dan ideal untuk instalasi panel surya.

### 2.6 Data Monthly averages tiap bulan

Tabel menunjukkan bahwa panel surya di Probolinggo menghasilkan energi tertinggi pada pukul 10.00–14.00 dengan puncak produksi terjadi pada bulan kemarau, sementara pagi dan sore tetap memberi output stabil meski lebih rendah. Total produksi bulanan juga konsisten di kisaran 3.600–5.000 Wh, menandakan bahwa lokasi rumah memiliki kualitas penyinaran matahari yang sangat baik dan sangat mendukung penggunaan sistem panel surya sepanjang tahun.

Total photovoltaic power output [Wh]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0-1												
1-2												
2-3												
3-4												
4-5												
5-6	5	3	3	5	5	2		3	11	29	29	15
6-7	89	80	93	117	125	110	98	124	164	184	160	116
7-8	227	227	261	297	311	292	296	328	367	375	323	254
8-9	363	371	414	453	463	450	463	505	535	530	458	382
9-10	458	483	526	558	570	559	578	624	648	629	548	468
10-11	523	553	608	622	630	623	648	697	712	683	596	515
11-12	539	570	626	644	649	639	670	719	726	686	602	521
12-13	492	532	579	603	617	608	651	691	693	639	548	465
13-14	392	439	469	503	527	528	573	610	604	536	434	373
14-15	272	311	325	348	383	401	443	479	463	385	286	254
15-16	160	185	188	194	216	239	277	304	276	215	154	139
16-17	74	85	83	70	64	74	103	115	94	67	55	59
17-18	11	13	6	2			2	4	2		1	4
18-19												
19-20												
20-21												
21-22												
22-23												
23-24												
Sum	3,604	3,853	4,181	4,417	4,560	4,528	4,801	5,202	5,296	4,960	4,195	3,565

Gambar 2.6 Data total photovoltaic power output (Global Solar Atlas)

Dari hasil penelitian pada studi perancangan PLTS atap on-grid di Kantor Bappeda Litbang Kota Probolinggo menghasilkan estimasi produksi energi signifikan untuk mengurangi tagihan PLN, dengan ekspor energi ke grid mencapai 65% sesuai PERMEN ESDM 49/2018, meski detail numerik spesifik luas atap tidak disebutkan secara eksplisit (Allan, et al, 2021).

### 3. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan peta potensi energi surya *rooftop* rumah pribadi di Jl. Damai, Kota Probolinggo, hingga tingkat desa, yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan PLTS secara optimal. Data Global Solar Atlas menunjukkan potensi tinggi dengan *Specific PV Output* 1684.8 kWh/kWp, GHI 2089.0 kWh/m<sup>2</sup>, GTI optimal 2132.7 kWh/m<sup>2</sup>, dan kemiringan panel 13°, serta produksi stabil sepanjang tahun (110-160 kWh/kWp/bulan) dengan puncak Juli-September. Pemanfaatan *rooftop* rumah pribadi di Probolinggo mendukung transisi energi terbarukan nasional, mengingat radiasi surya 4.5-5.5 kWh/m<sup>2</sup>/hari dan kontribusi potensial terhadap bauran energi bersih. Implementasi PLTS *rooftop* layak secara teknis dan ekonomis, seperti pada studi serupa di Probolinggo yang menunjukkan penghematan signifikan dan NPV positif.

#### 4. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen Mata Kuliah Energi Surya atas bimbingan dan ilmu yang diberikan, serta kepada penyedia data Global Solar Atlas yang menjadi sumber utama informasi dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada diri sendiri atas dedikasi dan ketekunan selama proses penelitian sehingga artikel ini dapat terselesaikan dengan baik dan memberikan kontribusi bagi pengembangan energi terbarukan di Kota Probolinggo.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Alim, M.S., Thamrin, S. and W., R.L. (2023) 'Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan', *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*, 4(3), pp. 2427–2435.
- Chikate, B. V., Sadawarte, Y. A., & Sewagram, B. D. C. O. E. (2015). *The Factors Affecting the Performance of Solar Cell. In International Journal of Computer Applications* (pp. 975–988).
- Ardiansyah, A., Setiawan, I. N., & Sukerayasa, I. W. (2022). Perancangan PLTS Atap *On Grid System* pada Kantor Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Penelitian dan Pengembangan Kota Probolinggo. *Jurnal Spektrum Teknik*, 10(1), 200–213.  
<http://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/view/85410>.
- Curto, D., Franzitta, V., & Guercio, A. (2021, January). *A review of the water desalination technologies. In Applied Sciences (Switzerland) (Vol. 11, Issue 2, pp. 1–36)*. MDPI AG.  
<https://doi.org/10.3390/app11020670>
- Fasilitasi Kebijakan Energi dan Persidangan, Biro. (2023). *Outlook Energi Indonesia 2023*. Jakarta: Dewan Energi Nasional.
- Karuniawan Eriko Arvin et al. (2023) 'Analisis Potensi Daya Listrik PLTS Atap di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang Dengan Perangkat Lunak PVSYST', *Journal of Energy and Electrical Engineering (Jeee)*, 4(2), pp. 75–80.
- Paiman, M.R. (2016) 'Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Desa Talawaan', 5(2). Available at: [[https://repository.polimdo.ac.id/id/eprint/550/1/Mikri Paiman.pdf](https://repository.polimdo.ac.id/id/eprint/550/1/Mikri%20Paiman.pdf)]([https://repository.polimdo.ac.id/id/eprint/550/1/Mikri Paiman.pdf](https://repository.polimdo.ac.id/id/eprint/550/1/Mikri%20Paiman.pdf)).
- Pijoh, F., Brahmana Duta P. K and Purba Parulian Lasman (2024) 'Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan', *Industrial & System Engineering Journals*, 2(2), pp. 201–207. Available at: <https://doi.org/10.37477/isejou.v2i2.631>.
- Sampaio, P. G. V., & González, M. O. A. (2017). *Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. In Renewable and Sustainable Energy Reviews (Vol. 74, pp. 590–601)*. Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.081>
- Sugiyanti, D., Kurniawan, A.A. and Pravitasari, D.D. (2024) 'Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Home System dengan Kapasitas 100 WP untuk Pengisian Daya Perangkat Elektronik', *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 7(2622 – 7002), pp. 239–246. Available at: <https://doi.org/10.30596/rele.v7i1.20463>.
- Tarmizi, (2024), Pembuatan dan Pemasangan Sistem Penerangan Panel Surya dalam Upaya Peningkatan Aktivitas Peternak Sapi di Desa Lampreh Kecamatan Angin Jaya Kabupaten Aceh Besar, *PESARE, Jurnal Pengabdian Sains dan Rekayasa*, Vol. 02., No. 01., pp-109-119.

<https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2019/07/IESR-Technical-Note-Residential-Rooftop-Solar-Potential-in-34-Provinces-ID.pdf>