

Rancang bangun PLTS *on-grid* sebagai support daya listrik skala rumah tangga

Ilman Kamil¹, Aripriharta^{2*}

Universtas Negeri Malang, Jl. Cakrawala No.5, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia

* Corresponding Author. Email: Ilman.kamil.1905315@students.um.ac.id, * aripriharta.ft@um.ac.id

Received: 9 December 2022; Revised: 5 May 2023; Accepted: 03 June 2023

Abstrak: Saat ini pemasangan PLTS pada rumah tangga menjadi salah satu program pemerintah seperti yang tertera pada peraturan Menteri ESDM No.49 tahun 2018 yang berisi izin pemasangan PLTS, produksi listrik mandiri dan ekspor listrik ke PLN. Metode yang digunakan pada perancangan PLTS On-Grid ini menggunakan desain dan eksperimen. Desain pada perancangan menggunakan software online yaitu onshape, sedangkan eksperimen dilakukan 7 hari dimana pengambilan data selama 6 jam setiap harinya pada cuaca panas, mendung dan gerimis, data yang diambil disesuaikan dengan beberapa parameter seperti irradiasi matahari, intensitas cahaya, suhu, tegangan, arus dan daya. Hasil pengukuran didapatkan bahwa besar tegangan dan arus yang dihasilkan sistem PLTS menurun seiring menurunnya intensitas cahaya. Daya maksimal yang mampu dihasilkan PLTS pada cuaca panas adalah sebesar 156W, ketika cuaca mendung daya maksimal sebesar 73.728W, sedangkan daya maksimal yang dihasilkan PLTS pada cuaca gerimis sebesar 24.706W. Dari hasil pengujian juga didapatkan efisiensi PLTS On-Grid sebesar 16,5% dimana sistem ini dapat membantu memenuhi daya beban rumah tangga yang digunakan selama kurang lebih 6 jam pada siang hari. Selain itu, nilai Root Mean Square Error pengukuran dc output sebesar 13.13 dan ac output sebesar 14.4. Sedangkan nilai BEP (Break Even Point) atau titik impas pembangunan sistem PLTS On Grid dengan performa rasio sebesar 93% akan didapatkan selama kurang lebih 9.1 tahun.

Kata kunci:Energi Surya; PLTS; *On-Grid*; Panel surya; Inverter Grid tie

Design of on-grid PLTS to support household-scale electrical power

Abstract: At present the installation of PLTS in households is one of the government programs as stated in the Minister of Energy and Mineral Resources regulation No.49 of 2018 which contains permits for PLTS installation, independent electricity production and electricity export to PLN. The method used in the design of this On-Grid PLTS uses design and experimentation. The design used online software, namely onshape, while the experiment was carried out for 7 days where data was collected for 6 hours every day in hot, cloudy and drizzly weather, the data taken was adjusted to several parameters such as solar irradiation, light intensity, temperature, voltage, current and power. The measurement results show that the amount of voltage and current generated by the PLTS system decreases as the light intensity decreases. The maximum power that can be produced by PLTS in hot weather is 156W, when the weather is cloudy the maximum power is 73,728W, while the maximum power generated by PLTS in drizzly weather is 24,706W. From the test results, it was also found that the efficiency of the On-Grid PLTS was 16.5% where this system can help meet household load power that is used for approximately 6 hours during the day. In addition, the Root Mean Square Error value for measuring the dc output is 13.13 and the ac output is 14.4. Meanwhile, the BEP (Break Even Point) value or breakeven point for the construction of the On Grid PLTS system with a performance ratio of 93% will be obtained for approximately 9.1.

Keywords: Solar Energy; PLTS; On-Grid; solar panels; Grid tie inverters



How to Cite: Ilman Kamil, Aripriharta (2023). Rancang bangun PLTS on-grid sebagai support daya listrik skala rumah tangga. *Jurnal Taman Vokasi*, 11(1), 93-109. doi:<http://dx.doi.org/10.30738/jtv.v11i1.13641>

PENDAHULUAN

Energi matahari adalah energi yang dapat dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik. Ketersediaan yang melimpah, ramah lingkungan serta tidak memiliki emisi CO₂ menjadikan energi ini sebagai pembangkit listrik andalan yang biasa disebut dengan PLTS atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Hidayat et al., 2021) (Sudarmono, 2020) (Green et al., 2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan sistem pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari dan kemudian diubah menjadi energi listrik melalui fotovoltaik yang termasuk dalam green energy sehingga menjadikan pembangkit yang terbarukan. Pembangkit dengan tenaga surya ini lebih efisien, efektif, handal, dan dapat mensuplai permintaan daya. Secara letak geografis dengan iklim Indonesia yang tropis, maka penerapan PLTS dapat menjadi sumber tenaga baru jika dikembangkan dengan sungguh-sungguh (Roza & Mujirudin, 2019) (Setiawan, 2021) (Bassam, 2021).

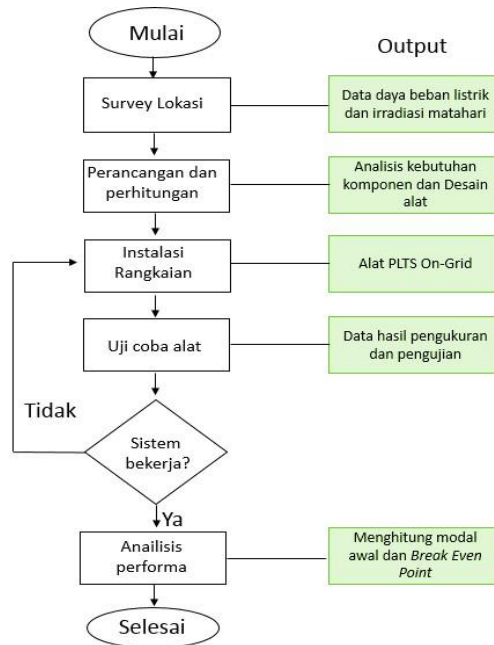
Besarnya biaya tagihan listrik yang dibayarkan oleh pengguna jaringan listrik PLN menjadi salah satu alasan mengapa PLTS harus diterapkan pada perumahan. Selain itu, banyak kebijakan pemerintah yang saat ini mendukung jalannya penerapan energi terbarukan pada perumahan, karena Sejak 1 Januari 2019 pemasangan panel surya atap, produksi listrik mandiri, dan mengekspor listrik ke PLN diperbolehkan seperti yang telah tertera pada peraturan Menteri ESDM No.49 tahun 2018 (Gifson et al., 2020) (Muhammad & Mukhlisin, 2020). Oleh karena itu, pemilihan Microgrid Fotovoltaik yang terhubung pada listrik PLN dianggap sesuai untuk penggunaan di daerah yang telah tersedia sumber daya listrik dari PLN (On Grid). Pembangkit Listrik Tenaga Surya dikoneksikan dengan sumber listrik merupakan salah satu bentuk energi ramah lingkungan bagi penduduk kota maupun desa.

Penerapan PLTS On-Grid pada perumahan membutuhkan dua komponen penting, yaitu modul Panel Surya dan Inverter grid-tie. Panel surya berfungsi sebagai komponen penyerap panas matahari yang menghasilkan tegangan dan arus DC. Kemudian, tegangan dan arus DC dari panel surya dihubungkan dengan inverter grid-tie yang langsung terhubung ke listrik rumah tangga, menghasilkan tegangan dan arus AC. Sistem ini akan berbagi daya dalam memenuhi kebutuhan beban yang digunakan pada rumah tangga. Berdasarkan Uraian Di Atas, Tugas Akhir Dengan Judul "Rancang Bangun Plts On-Grid Sebagai Support Daya Listrik Skala Rumah Tangga" Bertujuan Untuk Merencanakan Dan Merancang Plts 200wp Dengan Model On-Grid Untuk Memasok Daya Listrik Pada Rumah Tangga Dengan Daya 900 Va.

METODE

Alur Perancangan

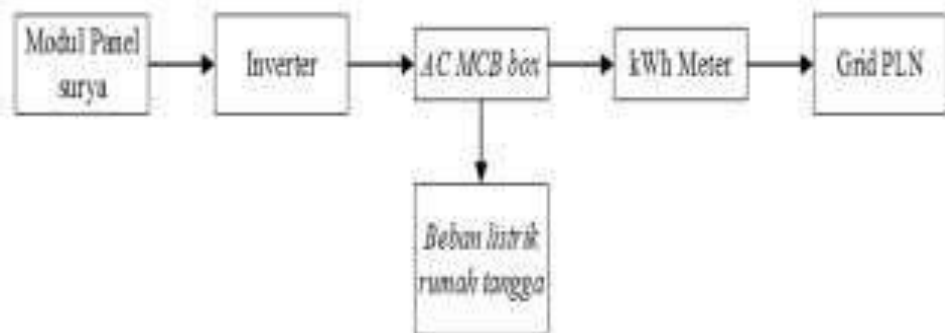
Alur perancangan adalah suatu tahap yang dikerjakan saat melakukan penelitian. Alur ini dibuat menggunakan flowchart dengan simbol-simbol grafis yang mewakili alur kerja, algoritma, yang berbentuk kotak dan dihubungkan dengan tanda panah. Flowchart ini bermaksud untuk memberikan poin singkat tentang gambaran alur perancangan sistem.



Gambar 1. Diagram Alur Perancangan

Blok Diagram Sistem Kerja

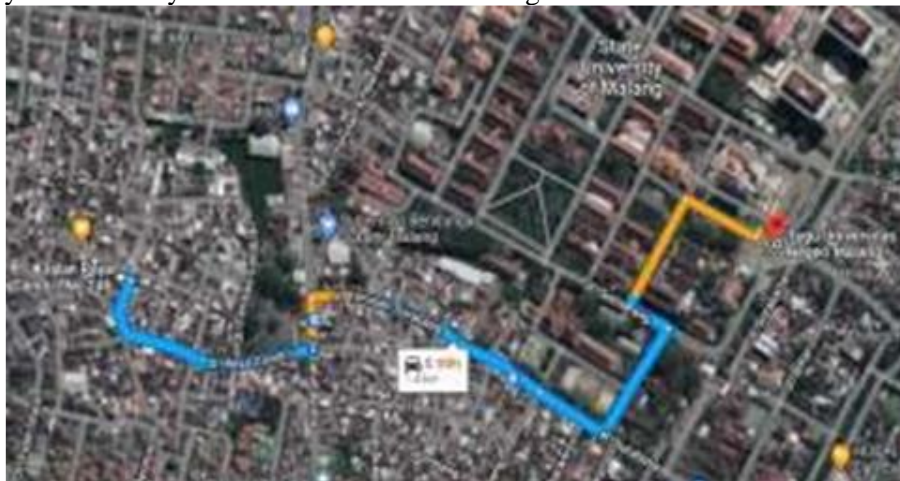
Perancangan sistem memerlukan diagram blok, dimana setiap blok memiliki cara kerjanya masing-masing dalam pengoperasiannya. Perancangan sistem PLTS On-Grid tersusun pada diagram blok pada Gambar 2:



Gambar 2. Diagram Blok Perancangan Alat

Waktu dan Tempat

Proses perancangan sistem PLTS On-Grid sebagai support Daya Skala Rumah Tangga dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan bulan Mei 2022. Tempat pelaksanaan adalah di domisili penulis yaitu di Jl. Raya Candi 2 No 246 Kel. Karang Besuki Kec. Sukun Kota Malang.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

Analisa Kebutuhan

Sebelum sistem dibuat maka harus dilakukan analisa kebutuhan komponen yang digunakan. Tiga hal yang harus diperhitungkan dalam membuat PLTS On-Grid skala rumah tangga, yaitu menghitung total beban harian, kebutuhan panel surya dan inverter.

Menghitung Total Beban Harian

Tabel 1. Kebutuhan Daya

No	Jenis Beban	Daya Listrik (Watt)	Jumlah	Lama Pemakaian (h)	Total Pemakaian Beban per Hari (Wh)
1	Lampu LED	10	5	6	300
2	Kipas Angin	60	2	5	600
Total			170W		900Wh

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui total kebutuhan daya yang harus dipenuhi adalah sebesar 900 wh. Energi listrik dari PLTS On-Grid dapat membantu suplai daya dari jaringan PLN untuk memenuhi kebutuhan energi yang digunakan. Karena sistem ini tidak menggunakan baterai, maka semua beban yang digunakan diasumsikan dipakai selama 5 hingga 6 jam.

Menghitung Kebutuhan Panel Surya

Data irradiansi matahari di lokasi penelitian adalah sebesar 5.43 kWh/m²/day, maka dapat dihitung kebutuhan panel surya yang akan digunakan dengan persamaan 6:

$$kW_{\text{peak}} = \frac{E_{\text{total}}}{H_{\text{matahari}}}$$

$$kW_{\text{peak}} = \frac{900Wh}{5.43kWh/m^2}$$

$$kW_{\text{peak}} = 0.165kWp \text{ atau } 165Wp$$

Nilai yang didapat ini perlu ditambahkan 15% s/d 25% sebagai rugi-rugi sistem. Nilai penambahan rugi-rugi sistem adalah sebesar 190 Wp s/d 206 Wp. Dari perhitungan didapat bahwa kebutuhan panel adalah sebesar 190 Wp. Jika penggunaan panel dengan spesifikasi 100 wp, maka berdasarkan persamaan 7 jumlah panel yang dibutuhkan adalah:

$$\Sigma_{pv} = \frac{190Wp}{100Wp}$$

$$\Sigma_{pv} = 1,9 \text{ pcs} \approx 2 \text{ pcs}$$

Artinya kebutuhan panel surya yang digunakan adalah sebanyak 2 pcs dengan spesifikasi panel surya 100 Wp.

Menentukan Inverter

Jika diasumsikan semua beban menyala dalam waktu bersamaan maka daya keseluruhan sebesar 170W, maka pemilihan inverter dengan spesifikasi lebih besar dari daya yang digunakan. Berdasarkan persamaan 8 maka inverter yang dapat digunakan adalah dengan perhitungan sebagai berikut:

$$P_{\text{inv}} = 170 + (25\% \times 170)$$

$$P_{\text{inv}} = 212.5W$$

Dari nilai ini maka penggunaan inverter yang dibutuhkan adalah sebesar lebih dari 212.5W.

Perancangan Perangkat Keras

Sebelum memulai perancangan hardware maka harus mengetahui spesifikasi komponen dan pembuatan rangkaian skematik agar komponen saling terhubung. Berikut adalah spesifikasi serta gambar rangkaian skematik sistem plts on grid:

Spesifikasi Komponen

Dalam perancangan sistem ini komponen yang digunakan adalah modul panel surya dengan daya 100 Wp dan inverter grid tie 600W. Adapun spesifikasi dari komponen tersebut adalah sebagai berikut:

Merk: SUNASIA
 Type: Monocrystalline

Tabel 2. Kebutuhan Daya

<i>NO</i>	<i>SPESIFIKASI</i>	
1	<i>Model</i>	<i>SP100-18P</i>
2	<i>Peak power (Pmax)</i>	<i>100</i>
3	<i>Cell efficiency</i>	<i>16.93%</i>
4	<i>Max. Power volt (Vmp)</i>	<i>17.8V</i>
5	<i>Max. Power current (Imp)</i>	<i>5.62A</i>
6	<i>Open circuit volt (Voc)</i>	<i>21.8V</i>
7	<i>Open Circuit current (Isc)</i>	<i>6.05A</i>
8	<i>Power Tolerance</i>	<i>±3%</i>
9	<i>Max system voltage</i>	<i>1000V</i>
10	<i>Series Fuse Rating</i>	<i>12A</i>
11	<i>Operating</i>	<i>-4°C – 8.5 °C</i>
12	<i>Irradiance</i>	<i>1000W/m²</i>
13	<i>Module Temperature</i>	<i>25 °C</i>

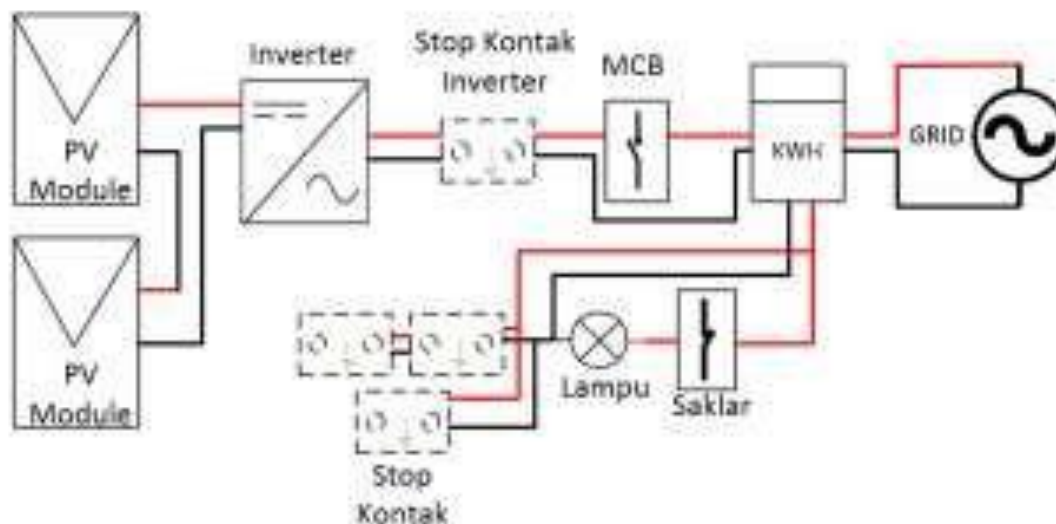
Sedangkan spesifikasi untuk inverter adalah sebagai berikut:

Merk: -
 Type: Smart Grid Tie Inverter

Tabel 3. Spesifikasi Inverter

<i>No</i>	<i>SPESIFIKASI</i>	
1	<i>Rated Power</i>	<i>600 W</i>
2	<i>Solar Panel</i>	<i>≥600 Wp (Max 120% of the rated inverter power)</i>
3	<i>DC Input Range</i>	<i>22-60 VDC</i>
4	<i>MPPT Voltage</i>	<i>22-48 VDC</i>
5	<i>DC Max Current</i>	<i>50 A</i>
6	<i>AC Output</i>	<i>220 VAC (190-260 VAC)</i>
7	<i>Frequency</i>	<i>50 Hz/60 Hz</i>
8	<i>Power Factor</i>	<i>≥ 97%</i>
9	<i>Peak Efficiency</i>	<i>85%</i>
10	<i>Stable Efficiency</i>	<i>84%</i>
11	<i>Temperature</i>	<i>-20 °C -65 °C</i>
12	<i>Stand-by Power</i>	<i><2 W</i>

Rangkaian Skematik



Gambar 1. Skematik Rangkaian

Gambar diatas adalah hasil rangkaian skematik sistem PLTS On-Grid yang digunakan pada rumah tangga. Pada skematik tersebut terdapat 2 modul panel surya yang dihubung seri dan dihubung dengan inverter untuk mengkonversi arus DC (searah) yang masuk dan diubah menjadi arus AC (bolak balik). Arus yang dikeluarkan oleh inverter langsung dihubung pada listrik rumah yang bersumber dari jaringan PLN. Beban yang masuk diantara dua sistem tersebut akan otomatis di support oleh panel surya terlebih dahulu dan jaringan PLN akan menyuplai daya ketika terjadi kekurangan daya pada sistem PLTS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Survei Lokasi

Survei lokasi dilakukan untuk mengumpulkan beberapa parameter yang diperlukan sebelum melakukan pemasangan PLTS. Parameter-parameter tersebut meliputi intensitas cahaya, suhu, dan irradiasi matahari. Data diambil dengan menggunakan website simulasi online pvwatts, dan juga dilakukan pengukuran langsung di lokasi yang bersangkutan.

Hasil Pengukuran Pada Software

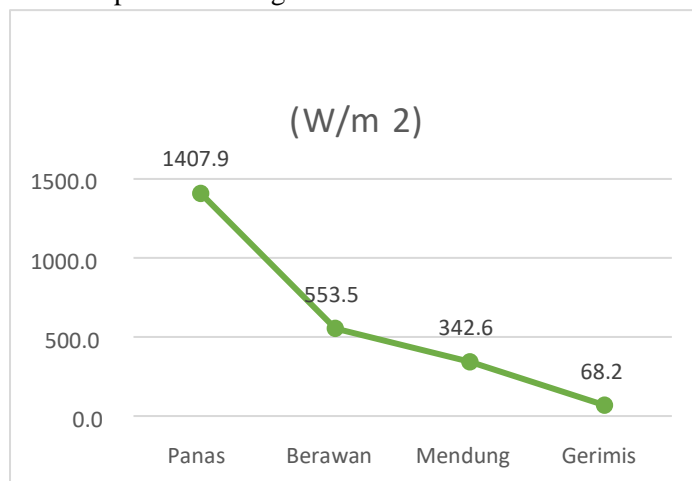
Pada website simulasi ini, data dapat diambil berdasarkan bulan, hari, dan jam yang diinginkan. Sesuai dengan perencanaan penelitian, lokasi pengujian berada di Jl. Raya Candi 2 No. 246, Karang Besuki, Kecamatan Sukun, Kota Malang. Lokasi tersebut diinputkan ke dalam software, sehingga secara otomatis parameter yang dibutuhkan akan ditampilkan. Data pada Tabel 4 berikut adalah nilai pancaran sinar matahari dan suhu yang diambil dari website simulasi pada awal minggu bulan Mei.

Tabel 4. Data Pancaran Sinar dan Suhu Bulan Mei

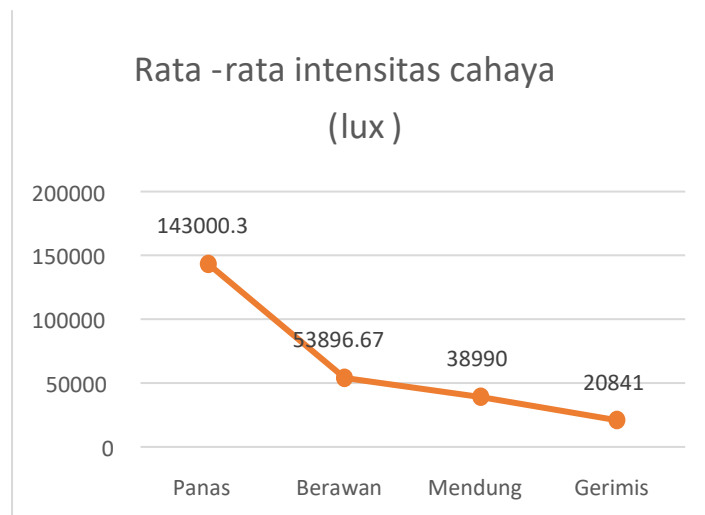
BULAN	HARI	JAM	PARAMETER	NILAI RATA-RATA
MEI	1	08.00 s/d 14.00	Pancaran sinar (W/m ²)	247,14
			Suhu (°C)	28
			DC Output (W)	82
			AC Output (W)	78,76
	2	08.00 s/d 14.00	Pancaran sinar (W/m ²)	405,14
			Suhu (°C)	28
			DC Output (W)	99
			AC Output (W)	95
	3	08.00 s/d 14.00	Pancaran sinar (W/m ²)	621
			Suhu (°C)	28,4
			DC Output (W)	117,7
			AC Output (W)	113,3
	4	08.00 s/d 14.00	Pancaran sinar (W/m ²)	812,3
			Suhu (°C)	28,4
			DC Output (W)	133,8
			AC Output (W)	128,7
	5	08.00 s/d 14.00	Pancaran sinar (W/m ²)	603,9
			Suhu (°C)	28,7
			DC Output (W)	116,5
			AC Output (W)	112
	6	08.00 s/d 14.00	Pancaran sinar (W/m ²)	456,3
			Suhu (°C)	28,6
			DC Output (W)	103
			AC Output (W)	99
	7	08.00 s/d 14.00	Pancaran sinar (W/m ²)	460,4
			Suhu (°C)	28,5
			DC Output (W)	107,3
			AC Output (W)	103,15

Hasil Pengukuran Langsung di Lokasi

Pengukuran langsung ini meliputi pengukuran intensitas cahaya, temperatur, dan pancaran sinar. Dari pengukuran tersebut didapat hasil sebagai berikut:



Gambar 2. Rata-rata Irradiasi Matahari Sesuai Cuaca



Gambar 3. Rata-rata Intensitas Cahaya Sesuai Cuaca

Berdasarkan gambar 5 dan 6 mengenai nilai rata-rata irradiansi matahari dan intensitas cahaya, dapat diketahui bahwa grafik yang dihasilkan serupa. Pada saat cuaca panas nilai yang dihasilkan tinggi, nilai ini akan turun sesuai dengan kondisi cuaca yang terjadi. Irradiansi dan intensitas cahaya terendah didapatkan pada kondisi gerimis ataupun hujan, hal ini disebabkan karena matahari yang sudah tertutup oleh awan dan hujan.

Hasil Desain

Rancang bangun sebuah sistem PLTS On-Grid memerlukan suatu wadah atau tempat untuk menampung keseluruhan sistem yang dirancang. Berdasarkan rancangan yang telah dibuat, dan setelah mengetahui kebutuhan komponen yang digunakan maka dibuat suatu desain frame yang fungsinya untuk meletakkan semua komponen tersebut. Gambar 7 dibawah ini adalah desain frame yang digunakan:



Gambar 4. Desain Frame

Desain ini dibuat dengan mempertimbangkan keperluan maka harus dibuat dengan sederhana dan dapat dipindah penggunaannya (mobile). Frame diatas dibuat dengan dua tiang yang tingginya 80 cm, dua kaki penyangga yang panjangnya 50 cm, tiga besi penyangga tengah yang panjangnya masing-masing 100 cm. Kemudian terdapat papan instalasi yang berjarak 20 cm dari lantai. Besi penyangga yang paling atas berfungsi sebagai gantungan panel surya. Panel surya yang digantungkan pada frame dapat dibuka ketika digunakan dan dapat dilipat ketika tidak digunakan. Dibawah ini merupakan Gambar implementasi desain frame dan instalasi PLTS On Grid:



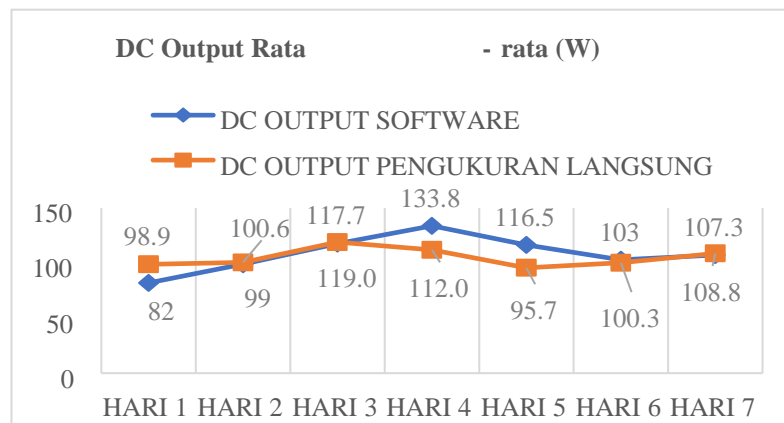
Gambar 5. Frame dan Instalasi Kelistrikan

Analisis

Pengujian dan pengukuran dilakukan 7 hari dan pengambilan data selama 6 jam mulai dari pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 14.00 WIB. Pengujian menggunakan 2 buah panel surya dengan spesifikasi 100 Wp yang dihubungkan seri. Pengujian dilakukan dengan tujuan mendapatkan hasil pengujian DC Output dan AC Output.

Hasil Pengukuran DC Output

Setelah melakukan pengukuran langsung pada panel surya yang dipasangkan di lokasi, data pada tabel 4 dapat dibandingkan dengan data yang diukur langsung pada lokasi seperti Gambar 9 dibawah ini:



Gambar 6. Grafik DC Output

Hasil pada Gambar 9 didapatkan daya tertinggi pada pengukuran software simulasi adalah sebesar 133.8W sedangkan pada pengukuran langsung nilai terbesar adalah 117.7W. Daya terendah yang didapatkan pada software adalah sebesar 82W, sedangkan pada pengukuran langsung adalah sebesar 98.9W.

Hasil Pengukuran AC Output

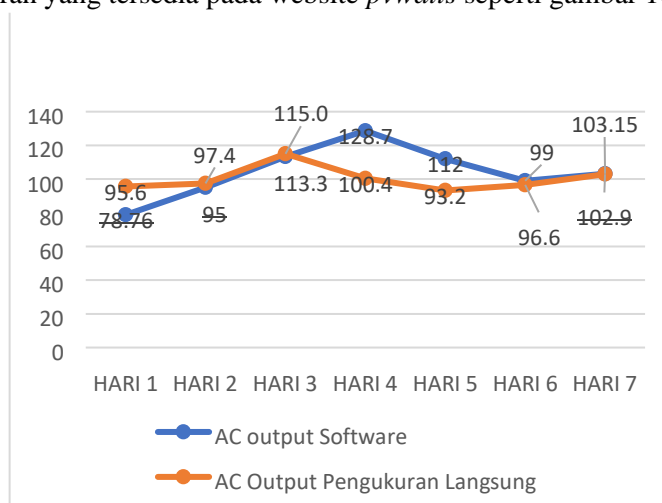
Pengukuran langsung pada lokasi juga mendapatkan hasil daya yang diserap oleh inverter, tegangan, arus serta power factor. Tabel dibawah ini adalah hasil pengukuran pada keluaran inverter:

Tabel 5. Hasil Pengukuran AC Output

HARI	JAM	PARAMETER	NILAI RATA-RATA	ENERGI PER HARI (kWh)
1	08.00 s/d 14.00	Daya yang diserap (Watt)	95.6	592
		Arus (A)	0.46	
		Tegangan (V)	228	
		Power Factor	0.9	

2	08.00 s/d 14.00	Daya yang diserap (Watt)	97.4	687
		Arus (A)	0.47	
		Tegangan (V)	226	
		Power Factor	0.9	
3	08.00 s/d 14.00	Daya yang diserap (Watt)	115	433
		Arus (A)	0.56	
		Tegangan (V)	225.6	
		Power Factor	0.9	
4	08.00 s/d 14.00	Daya yang diserap (Watt)	100.4	694
		Arus (A)	0.49	
		Tegangan (V)	227.6	
		Power Factor	0.9	
5	08.00 s/d 14.00	Daya yang diserap (Watt)	93.2	401
		Arus (A)	0.45	
		Tegangan (V)	227.6	
		Power Factor	0.9	
6	08.00 s/d 14.00	Daya yang diserap (Watt)	96.6	548
		Arus (A)	0.65	
		Tegangan (V)	225	
		Power Factor	0.9	
7	08.00 s/d 14.00	Daya yang diserap (Watt)	102.9	732
		Arus (A)	0.51	
		Tegangan (V)	227	
		Power Factor	0.9	
ENERGI RATA-RATA				584

Dari hasil pengukuran pada tabel 5, maka dapat dilihat perbandingan nilai pengukuran langsung dengan hasil pengukuran yang tersedia pada website *pvwatts* seperti gambar 10 dibawah ini:



Gambar 7. Grafik AC Output

Kondisi cerah, mendung, gerimis maupun hujan sangat mempengaruhi parameter yang diuji. Hal ini menyebabkan tegangan dan arus pada panel surya menurun kemudian menyebabkan daya

input inverter maupun output inverter menjadi sangat kecil. Hasil pengujian di beberapa cuaca adalah sebagai berikut:

Tabel 6. AC Output Sesuai Cuaca

<i>Cuaca</i>	<i>Tegangan PV (V)</i>	<i>Arus PV (A)</i>	<i>Tegangan (V)</i>	<i>Arus (A)</i>	<i>AC Output (Watt)</i>
<i>Panas</i>	38	4.1	230	0.67	156
<i>Mendung</i>	36	2.08	230.4	0.32	73.728
<i>Gerimis</i>	35	0.71	224.6	0.11	24.706

Berdasarkan table 6, dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan ketika cuaca panas lebih tinggi yaitu sebesar 156 watt, ketika cuaca mendung maksimal daya yang dapat dihasilkan adalah sebesar 73.728watt, sedangkan pada kondisi gerimis daya maksimal yang dapat dihasilkan hanya sebesar 24.706watt. Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.4, intensitas cahaya paling tinggi didapatkan pada hari ke-7 yang bernilai 163700 lux hingga 182100 lux. Ac output rata-rata yang didapatkan pada hari ke-7 bernilai 102.9W, sedangkan data dari software bernilai 103.15W. Kondisi mendung didapatkan pada hari ke-5 pengukuran, intensitas cahaya sangat rendah yaitu 20780 lux. Hal ini juga mempengaruhi ac output rata-rata pada pengukuran di lokasi yaitu sebesar 96.6W dan nilai ini hampir serupa dengan ramalan simulasi yang bernilai 99W. Ac output terendah didapatkan pada hari ke-2 pengukuran di lokasi yaitu sebesar 95W, nilai ini juga hampir menyerupai ramalan simulasi yang bernilai 97.4W.

Setelah mendapatkan data hasil pengukuran mengenai daya output dc dan ac, pengujian selanjutnya adalah mengukur daya keluaran ketika dipasangkan beban.

Jenis beban pada pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Jenis Beban yang Digunakan

<i>Jenis beban</i>	<i>Alat</i>	<i>Daya beban (watt)</i>
<i>Beban resistif</i>	<i>Lampu LED</i>	4.5
	<i>Rice cooker</i>	375.9
<i>Beban induktif</i>	<i>Kipas angin</i>	32.7
	<i>Bor listrik</i>	175.7
<i>Total daya</i>		588.8

Tabel 7 menunjukkan bahwa daya pada setiap beban yang digunakan berbeda-beda. Hal ini dilakukan untuk menguji apakah sistem PLTS yang dibuat dapat menahan beban sebesar 588.8W. Jika diasumsikan beban ini menyala selama 6 jam dengan waktu yang bersamaan dengan penggunaan PLTS maka berdasarkan persamaan 9 dapat diketahui efisiensi PLTS adalah sebesar:

$$E_t = 588W \times 6h$$

$$E_t = 3.528Wh$$

Sehingga:

$$\eta = \frac{584Wh}{3.528Wh} \times 100\%$$

$$\eta = 16,5\%$$

Berdasarkan Gambar 7 dan 8, diketahui daya yang diserap panel surya akan berkurang ketika dialirkan ke inverter dan beban. Error Perbandingan nilai pengukuran software dan pengukuran langsung ini dapat dihitung menggunakan persamaan RMSE (Root Mean Square Error). Error dc output pengukuran langsung dan software dapat diketahui menggunakan persamaan 10:

$$\begin{aligned}
 RMSE &= \sqrt{\frac{(98.9 - 82)^2 + (100.6 - 99)^2 + \dots + (108.8 - 107.3)^2}{7}} \\
 RMSE &= 1207.457 \\
 RMSE &= \sqrt{\frac{1207.45}{7}} \\
 RMSE &= \sqrt{172.49} \\
 RMSE &= 13.13
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai error yang terjadi antara nilai peramalan dengan nilai aktual adalah sebesar 13.134. Menggunakan persamaan yang sama, besar error ac output yang dihasilkan dari data yang diambil pada Gambar 4.4 adalah:

$$\begin{aligned}
 RMSE &= \sqrt{\frac{(95.6 - 78.76)^2 + (97.4 - 95)^2 + \dots + (102.9 - 103.15)^2}{7}} \\
 RMSE &= \sqrt{\frac{1452.63}{7}} \\
 RMSE &= \sqrt{207.518} \\
 RMSE &= 14.4
 \end{aligned}$$

Hasil error yang didapatkan pada perbandingan ac output software dan ac output dan pengukuran langsung yaitu 14.4. Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai yang diukur menggunakan software hampir sama dengan nilai yang diukur pada lokasi penelitian langsung. Semakin besar error yang didapatkan maka nilai pada simulasi tidak dapat dijadikan acuan untuk merancang suatu sistem. Sebaliknya jika nilai error kecil maka software simulasi dapat digunakan sebagai acuan untuk merancang suatu sistem.

Cost Performance

Cost Performance merupakan suatu metode untuk menghitung efisiensi biaya yang dikeluarkan dalam pembuatan produk terhadap performa yang diberikan oleh produk tersebut. *Cost performance* dapat diketahui menggunakan dua aspek yaitu modal awal dan menghitung BEP (*Break Even Point*).

Modal Awal

Perancangan Pembuatan suatu produk perlu adanya data biaya yang yang dikeluarkan untuk melengkapi alat dan bahan. Hal ini dilakukan agar biaya keseluruhan pembuatan alat sebanding dengan fungsi alat. Oleh karena itu semua biaya yang dikeluarkan pada penelitian ini telah tersusun pada rancangan anggaran biaya pembuatan sistem PLTS On-Grid dibawah ini:

Tabel 8. Biaya Material

BIAYA MATERIAL
 ITEM: PLTS ON GRID
 JUMLAH: 1

No	KOMPONEN	JUMLAH	HARGA
1	Panel surya solar cell sunasia 100 wp Mono	2	Rp 1.370.000
2	Inverter grid tie 600 W GTI solar panel surya PLTS PV Input 22-60V	1	Rp 1.245.000
3	Stop Kontak pengukuran listrik KWH digital	1	Rp 104.800
4	Skun Y	1 pack	Rp 30.000
5	Terminal Blok 1512	1	Rp 12.000
6	Steker tempel tembok	1	Rp 13.500
7	Fitting bulat hitam	1	Rp 6.000
8	Stop kontak 3P	1	Rp 19.000
9	Kabel ties	1 bks	Rp 16.000
10	MCB 4A SHUKAKU	1	Rp 25.000
11	Kabel NYM 1.5mm	4 m	Rp 24.000
12	Stop kontak 1P	1	Rp 13.500
13	Papan Melamin 60x30cm	2	Rp 70.000
14	Kotak mcb	1	Rp 5.000
15	Sekrup	15	Rp 5.000
16	Baut 2cm	10	Rp 10.000
17	Ring baut	10	Rp 10.000
18	Mur baut	10	Rp 10.000
Total biaya komponen			Rp 2.983.800
BIAYA JASA PEMBUATAN		Biaya jas pengelasan: Rp 300.000	
Pekerjaan dilaksanakan 1 hari Dikerjakan oleh 1 orang		Biaya bahan: Rp 300.000	
		Biaya penambahan bahan Total jasa + bahan frame: Rp650.000	
Total Biaya Keseluruhan			Rp 3.633.800

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa biaya pembuatan sistem PLTS On-Grid adalah sebesar Rp 3.633.800. Biaya pemeliharaan sistem PLTS biasanya sebesar 1-2% dari modal awal. Berarti total modal awal PLTS serta perawatan adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya Total PLTS} = (1\% \times \text{Rp } 3.633.800) + \text{Rp } 3.633.800$$

$$\text{Biaya Total PLTS} = \text{Rp } 3.670.138$$

Maka dapat disimpulkan bahwa modal awal pembuatan sistem PLTS On Grid serta pemeliharanya adalah sebesar Rp 3.670.138

Menghitung BEP (Break Even Point)

Penggunaan PLTS dengan daya 200Wp dapat beroperasi selama 6 jam dan mampu menghasilkan energi listrik sebesar 1200Wh per hari pada cuaca cerah ataupun panas. Berdasarkan Tabel 4.3 pada kondisi mendung atau gerimis, daya yang dihasilkan sistem turun hingga 63%. Sesuai daya yang dihasilkan sistem, maka dapat dihitung berapa lama modal pembangunan PLTS ini kembali modal dengan persamaan BEP (Break Even Point). Tarif listrik dengan daya 900VA adalah sebesar Rp

1.352 per kWh. Jika diasumsikan setiap tahunnya terjadi dua musim yaitu musim kemarau 6 bulan dan musim hujan 6 bulan, Maka dapat dihitung biaya tagihan yang tersimpan adalah sebesar:

Musim kemarau 6 bulan:

$$\text{Tarif Listrik} = 1.2\text{kWh} \times \text{Rp } 1.352$$

$$\text{Tarif Listrik} = \text{Rp } 1,622,4 \text{ -/hari}$$

$$\text{Tarif Listrik} = \text{Rp } 1,622,4 \times 183 \text{ hari} \quad \text{Tarif Listrik} = \text{Rp } 296.899,2, \text{ -/6 Bulan}$$

Musim hujan 6 bulan:

$$\text{Tarif Listrik} = 0.438\text{kWh} \times \text{Rp } 1.352 \quad \text{Tarif Listrik} = \text{Rp } 592,176 \text{ -/hari}$$

$$\text{Tarif Listrik} = \text{Rp } 592,176 \times 182 \text{ hari}$$

$$\text{Tarif Listrik} = \text{Rp } 107.776, \text{ - /6 bulan}$$

Maka total biaya yang dapat disimpan dalam kurun waktu satu tahun yang disesuaikan dengan cuaca adalah sebesar:

$$\text{Tarif Listrik} = \text{Rp } 296.899,2, + \text{Rp } 107.776, \text{ -/Tahun}$$

$$\text{Tarif Listrik} = \text{Rp } 404.675,2 \text{ -/Tahun}$$

Sesuai tarif listrik diatas, dapat dihitung berapa lama biaya pembangunan PLTS On-Grid ini akan kembali modal dengan persamaan 11:

$$BEP = \frac{\text{Rp } 3.670.138}{\text{Rp } 404.675,2}$$

$$BEP = 9.1 \text{ tahun}$$

Maka dapat diketahui bahwa, biaya pembangunan PLTS akan kembali dalam kurun waktu kurang lebih 9.1 tahun.

Performance Ratio

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data pada *software pvwatts*, didapatkan bahwa:

Tabel 9. Parameter Perhitungan Performance Ratio

<i>Periode</i>	<i>Irradiasi rata-rata (kWh/m²)</i>	<i>Luas Pembangkit (m²)</i>	<i>Efisiensi PV (%)</i>	<i>Energi aktual yang dihasilkan (kWh)</i>
<i>PLTS 1 Tahun</i>	161.4	1.188	16.93	30.4

Berdasarkan Tabel 4.6, dapat dihitung nilai irradiasi yang diekstrapolasi ke pembangkit dengan persamaan 12 berikut:

$$H_{\text{eks}} = 161.4 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 1.188 \text{m}^2$$

$$H_{\text{eks}} = 191.74 \text{kWh}$$

dari nilai diatas didapatkan maka daya yang seharusnya dibangkitkan dapat diketahui dengan persamaan 13:

$$P_{\text{prediksi}} = 191.74 \text{kWh} \times 16.93\%$$

$$P_{\text{prediksi}} = 32.46 \text{kWh}$$

Nilai performa rasio didapatkan dari perbandingan antara energi aktual yang dihasilkan dengan prediksi energi yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi pabrik, maka nilai tersebut dapat dihitung dengan persamaan 14:

$$PR = \frac{30.4 \text{kWh}}{32.4 \text{kWh}}$$

$$PR = 0.93 \approx 93\%$$

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis sistem PLTS On-Grid Sebagai Support Daya Listrik Skala Rumah Tangga dapat disimpulkan bahwa: Hasil perancangan dan pengujian sistem PLTS OnGrid 200Wp pada rumah dengan daya listrik 900VA bekerja dengan baik. Penelitian dan perancangan dibuat berdasarkan Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat.

Pengujian sistem dilakukan selama 6 jam dengan 2 jenis beban yaitu beban resistif dan beban induktif. Beban resistif yang digunakan dalam pengujian adalah lampu dengan daya 4.5W dan rice cooker sebesar 375.9W. Beban induktif yang digunakan adalah kipas angin dengan daya sebesar 32.7W dan bor listrik dengan daya 175.7W. Total daya keseluruhan yang digunakan pada pengujian sebesar 588 watt. Hasil pengujian ini mendapatkan nilai efisiensi PLTS yang digunakan untuk support daya beban pada rumah tangga adalah sebesar 16.5%. Pengujian performa dilakukan dengan menghitung efisiensi PLTS, RMSE (Root Mean Square Error) dan jangka waktu kembali modal menggunakan perhitungan BEP (Break Even Point). Nilai RMSE (Root Mean Square Error) pengukuran daya adalah sebesar 13.34 untuk dc output dan 14.4 untuk ac output. Berdasarkan perhitungan BEP (Break Even Point), dengan biaya penggunaan listrik satu hari sebesar Rp 444.132 dan pengadaan PLTS sebesar Rp 3.670.138, dengan performa ratio sebesar 0.93 maka modal pembuatan PLTS ini akan kembali dalam kurun waktu 9.1 tahun.

Penelitian ini memiliki beberapa implikasi penting. Pertama, rancang bangun PLTS On-Grid dengan kapasitas 200W ini berhasil memenuhi batasan pemasangan PLN, yang memungkinkan rumah tangga untuk menggunakan listrik mandiri dan bahkan dapat menghasilkan listrik ekstra yang bisa diekspor ke PLN. Kedua, dengan efisiensi sebesar 16,5%, sistem ini diharapkan dapat membantu mengurangi tagihan listrik rumah tangga hingga sekitar 20% dari tagihan normal setiap bulannya. Implikasi terakhir adalah tentang pengelolaan daya sesuai kondisi cuaca. Dengan pemahaman tentang produksi daya maksimal pada kondisi cuaca tertentu, pemilik PLTS dapat mengoptimalkan penggunaan daya selama berbagai situasi cuaca

DAFTAR RUJUKAN

- Afandi, A. N., Fadlika, I., Gumilar, L., Andriansyah, M. R., & Mistakim, E. (2021). ISBN : 978-623-5650-02-9 Sumenep , 1-2 Desember 2021 RANCANG BANGUN OFF-GRID SYSTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) SEBAGAI MODUL PEMBELAJARAN BAGI MAHASISWA UNIVERSIDADE ORIENTAL DE TIMOR LOROSA ' E (UNITAL) Prosiding Webinar Nasional Peneliti. 1–2.
- Afrida, Y., Jeckson, & Feriyanto, D. (2022). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya on Grid. *Aisyah Journal Of Informatcs and Electrical Engineering*, 4(1), 74–77. <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- Asrori, A., & Yudiyanto, E. (2019). Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal. *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 68. <https://doi.org/10.36055/fwl.v1i1.7134>
- Bagaskoro, B., Windarta, J., & Denis, D. (2019). Perancangan Dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid Menggunakan Perangkat Lunak Homer Di Kawasan Wisata Pantai Pulau Cemara. *Transient*, 8(2), 2685–0206. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- Bassam, N. El. (2021). Solar energy. In *Distributed Renewable Energies for Off-Grid Communities: Empowering a Sustainable, Competitive, and Secure Twenty-First Century*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821605-7.00015-5>
- Green, M. A., Dunlop, E. D., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., Kopidakis, N., Bothe, K., Hinken, D., Rauer, M., & Hao, X. (2022). Solar cell efficiency tables (Version 60). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*. <https://doi.org/10.1002/pip.3595>
- Emidiana, E., Perawati, P., & Rudin, H. (2022). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Perumahan Karyawan Blok B55 PT. Cipta Lestari Sawit Bumirejo Estate. *Elektrika*, 14(2), 35. <https://doi.org/10.26623/elektrika.v14i2.4733>
- Holmes, D. G., Lipo, T. A., McGrath, B. P., & Kong, W. Y. (2009). Optimized design of stationary frame three phase AC Current regulators. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 24(11), 2417–2426. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2009.2029548>
- Husnayain, F. (2020). Analisis rancang bangun PLTS ON-Grid hibrid baterai dengan PVSYST pada kantin teknik FTUI. *Electrices*, 2(1), 21–29. <https://doi.org/10.32722/ees.v2i1.2846>
- Hutajulu, A. G., RT Siregar, M., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 23. <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i1.7333>
- Irfan, M. (2017). Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On-Grid. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi Dan Industri (SNTIKI) 9 Fakultas Sains Dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru, 18-19 Mei 2017 ISSN, 77(Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industr)*, 18–19.
- Jamil, A. R. (2021). *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya On Grid Berbasis Iot Thingspeak*. <https://repository.pnj.ac.id/970/1/JudulPendahuluandanPenutup.pdf>
- Kariongan, Y., & Joni. (2022). Perencanaan dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop dengan Sistem On Grid sebagai Catu Daya Tambahan pada RSUD Kabupaten Mimika. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6, 3763–3773. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/3453>
- Naim, M., & Wardoyo, S. (2017). Rancangan Sistem Kelistrikan PLTS on Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery di Desa Timampu Kecamatan Towuti. *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(2), 11–17.
- Palembang, U. (2017). Analisa Perkiraan Kemampuan Daya Yang Dibutuhkan Untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts). *Jurnal Ampere*, 44(8), 1689–1699.
- Pembangkit, I., & Tenaga, L. (n.d.). *Dos & Don ' ts*.
- Pramudita, B. A., Aprillia, B. S., & Ramdhani, M. (2021). Analisis Ekonomi on Grid PLTS untuk Rumah 2200 VA. *Jurnal Listrik, Instrumentasi Dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, 1(2), 23–27. <https://doi.org/10.22146/juliet.v1i2.61879>
- Putu Dedi Wiriastika, I., Nyoman Setiawan, I., & Wayan Sukerayasa, I. (2022). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tempat Olah Sampah Setempat Werdi Guna Desa Gunaksa

- Kabupaten Klungkung. *Jurnal SPEKTRUM*, 9(1), 44–53.
- Riafinola, H., Suciningtyas, I. K. L. N., Sholihuddin, I., & Puspita, W. R. (2022). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Penggunaan Listrik Rumah Tangga. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(2), 79–84. <https://doi.org/10.30871/jaee.v6i2.4809>
- Rizali, M. (2015). Pengaruh temperatur permukaan sel surya terhadap daya pada kondisi eksperimental dan nyata. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*, XIV(SNTTM XIV), 7–8. <http://eprints.unlam.ac.id/643/1/KE-67.pdf>
- Muhammad, U., & Mukhlisin. (2020). Rancang Bangun Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Journal Of Electrical Engginering (Joule)*.
- Roza, E., & Mujirudin, M. (2019). Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA. *Ejournal Kajian Teknik Elektro*.
- Sudarmono, S. (2020). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Pembasmi Serangga Pada Tanaman Bawang Merah Di Kabupaten Brebes. *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, 1(1), 36–40. <https://doi.org/10.20885/jattec.vol1.iss1.art6>
- Science, G., & Outlook, E. (2020). 何霄嘉 1 , 郑大玮 2 , 许吟隆 3 (1. 32(2), 58–65.
- Suripto, H. (2021). Rancang Bangun Energi Matahari 300 WP Sebagai Suport Energi Listrik untuk Sistem Energi Hybrid. *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, 02(02), 2722–4279. <https://doi.org/10.35970/accurate.v2i2.1079>
- Widiharsa, F. A. (2006). Karakteristik Panel Surya dengan Variasi Intensitas Radiasi dan Temperatur Permukaan Panel. *Transmisi*, 4, 233–242. <https://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jtmt/article/view/4457>