

Analisa Teknis Pemilihan Spesifikasi Photovoltaik Berdasarkan Kebutuhan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Rini Astuti^{1*}, Edwar Muallim¹, Anto Cadmanto¹, Nur Abdi Insani¹

¹Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

Email: ^{1*}dosen02582@unpam.ac.id, ²dosen00575@unpam.ac.id, ³dosen01312@unpam.ac.id, ⁴dosen01316@unpam.ac.id

(* : coressponding author)

Abstrak—Peran pembangkit listrik tenaga surya dapat menjadi energi alternatif sebagai pengganti listrik dari PLN. Di samping itu, PLTS juga menjadi pembangkit listrik yang ramah lingkungan karena energi yang didapatkan dari matahari. Tujuan penelitian ini adalah Analisa kebutuhan beban PLTS dengan jumlah kantin yang terpasang, menganalisis kapasitas luas area untuk mengetahui potensi kapasitas VP terpasang, dan menganalisis kapasitas dan jenis efisiensi daya dan luas area yang terpasang. Pada penelitian ini, PV yang diuji adalah monocrystalline dengan kapasitas 485 Wp dengan jumlah PV 108 unit. Pada pengujian ini, luas area yang akan digunakan dalam pembangunan PLTS Atap Unpam Viktor memiliki lebar ± 9 meter dan panjang ± 70 meter atau luas area ± 630 m². Luas area array ini adalah rooftop yang luas yang dapat dijadikan tempat peletakan PLTS, yaitu memiliki lebar ± 9 meter dan panjang ± 70 meter atau luas area ± 630 m², dengan dimensi PV array yaitu 2252 x 1048 x 35 mm (88.7 x 41.3 x 1.38 in). Total keseluruhan 108 PV menghasilkan daya sebesar 52,5 kWp. Total kebutuhan listrik kantin per hari adalah 81.900 kWh.

Kata Kunci: PLTS, Mono-Crystalline, Photovoltaik, Array

Abstract – The role of solar power plants can be an alternative energy as a substitute for electricity from PLN. In addition, solar power plants are also environmentally friendly power plants because of the energy obtained from the sun. The purpose of this study is to analyze the load needs of solar power plants with the number of installed canteens, analyze the capacity of the area to determine the potential capacity of the installed VP, and analyze the capacity and type of power efficiency in the installed area. In this study, the PV tested was monocrystalline with a capacity of 485 Wp, with a total PV of 108 units. In this test, the area that will be used in the construction of the Unpam Viktor Rooftop Solar Power Plant has a width of ± 9 meters and a length of ± 70 meters, or an area of ± 630 m². The area of this array is a large rooftop that can be used as a place-to-place solar PV, which has a width of ± 9 meters and a length of ± 70 meters or an area of ± 630 m², with dimensions of the PV array which are 2252 x 1048 x 35 mm (88.7 x 41.3 x 1.38 in). The total of 108 PVs produced a power of 52.5 kWp. The total electricity demand of the canteen per day is 81,900 kWh.

Keywords: PLTS, Mono-Crystalline, Photovoltaik, Array

1. PENDAHULUAN

Indonesia masih menghadapi persoalan dalam mencapai target pembangunan di bidang energi terbarukan. Ketergantungan terhadap energi fosil, terutama minyak bumi, dalam pemenuhan konsumsi di dalam negeri mendorong pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara terus-menerus sebagai bagian dari menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Sesuai PP No.79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Indonesia mempunyai potensi energi baru dan terbarukan yang cukup besar untuk mencapai target bauran energi primer tersebut. Khusus untuk energi surya saja, potensinya mencapai 207,8 GWp.

Aturan ini dimaksudkan untuk membuka peluang bagi seluruh pelanggan PT. PLN (Persero) baik dari sektor rumah tangga, bisnis, pemerintah, sosial maupun industri untuk berperan serta dalam pemanfaatan dan pengelolaan energi terbarukan untuk mencapai ketahanan dan kemandirian energi, khususnya energi surya (EBTKE, 2018). Untuk mendorong pelaksanaannya secara masif di Indonesia, pemerintah telah mengeluarkan Surat Edaran Menteri ESDM No. 363/22/MEM.L/2019 kepada Menteri Kabinet Kerja, Jaksa Agung, Panglima TNI, Kepala Kepolisian Negara RI, Pimpinan Lembaga Pemerintah Non-Kementerian, Para Gubernur, dan Para Bupati/Wali Kota di Indonesia. Surat edaran tersebut berisi imbauan untuk memasang instalasi PLTS atap pada

gedung/bangunan yang meliputi perkantoran, rumah dinas, gudang, tempat parkir dan fasilitas umum lainnya (Chandra, R., et. al, 2020).

Universitas Pamulang (UNPAM) dalam hal ini sebagai salah satu pelanggan PT. PLN (Persero) berusaha ikut berpartisipasi langsung dalam usaha pemerintah tersebut dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 50 kWp.

Dalam mengembangkan energi baru dan terbarukan, khususnya di bidang PLTS, kampus Universitas Pamulang Viktor membangun PLTS dengan sistem kerja On-Grid dengan kapasitas sebesar 50 kWp, di mana sistem kerja ini terkoneksi langsung dengan jaringan PLN.

Pentingnya penentuan jenis dan kapasitas photovoltaik untuk memenuhi kebutuhan yang diinginkan sehingga mendapatkan hasil yang memuaskan. Masalah yang dihadapi jika salah dalam menentukan jenis dan kapasitas photovoltaik ialah usia komponen yang tidak lama, luas area tidak sesuai sehingga pengerjaan teknis di lapangan menghabiskan waktu yang lama, dan secara teknis tidak layak untuk digunakan.

Oleh karena itu, pentingnya analisis teknis dalam pemilihan spesifikasi photovoltaik berdasarkan kebutuhan pembangkit listrik tenaga surya untuk mengetahui kebutuhan daya. Kebutuhan PV berdasarkan luas area. Modul PV yang digunakan dan banyaknya PV yang dipakai sehingga mendapatkan 50 kWp sesuai yang direncanakan dan kapasitas PV berdasarkan kebutuhan. Hasil review literatur penelitian sejenis yang membedakan penelitian kita dengan penelitian terdahulu sebagai nilai kontribusi penelitian yang mempunyai perbandingan sehingga memaksimalkan hasil penelitian.

Tujuan dan metode yang dilakukan dalam penelitian ini untuk melakukan observasi tersebut, penulis akan melakukan beberapa konsep dengan pengambilan data PLTS yang ada di Universitas Pamulang, dan juga penulis akan mengambil data yang mengacu pada pembahasan melalui review jurnal tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan yang berlokasi di Kampus Universitas Pamulang Viktor, Jl. Surya Kencana No.1 Pamulang Barat, Tangerang Selatan, Banten. Secara geografis, memiliki titik koordinat berikut: 06.346097°, 106.691576°.



Gambar 1. Lokasi Universitas Pamulang

2.2 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan keterangan dari setiap blok: (1) Blok Mulai, Tahapan memulai analisa penelitian. (2) Blok Studi Literatur, agar dapat membantu dalam pemahaman dan perancangan PLTS, maka dari itu dibutuhkan studi literatur melalui jurnal atau penelitian terkait. (3) Blok Observasi mengumpulkan data yang dibutuhkan selama penelitian. (4) Blok pengolahan data PLTS mengolah data-data yang sudah didapat/dikumpulkan untuk mempermudah pada saat melakukan penelitian. (5) Blok Hasil dan Evaluasi Data, Hasil yang didapat dari penelitian di lapangan setelah plts terpasang, agar dapat melakukan kesimpulan dan saran pada penelitian ini. (6) Selesai.

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Sebagai objek pengukuran dan pengujian dari analisis, diperlukan bahan/komponen dan spesifikasi dari PLTS. Berikut daftar bahan/komponen dan spesifikasi dari PLTS:

Tabel 1. Bahan Penelitian

No.	Nama Bahan	Spesifikasi	Jumlah	Fungsi
1	AC/DC Clamp Meter	Hioki CM4371	1	Untuk melakukan pengukuran pada arus listrik, tegangan listrik, dan tanaman atau resistansi.
2	Digital Multimeter	Hioki DT4254	1	Untuk mengukur arus listrik. Alat ukur ini memiliki dua jenis ampere, yakni arus DC (<i>Direct Current</i>) dan arus AC (<i>Alternating Current</i>).
3	Complete PV Tester	Seaward PV200	1	Untuk menunjukkan hasil yang paling relevan untuk Anda, kami mengabaikan beberapa entri yang sangat serupa.

Tipe modul surya yang digunakan pada gedung Universitas Pamulang. Modul surya tipe ini bisa menyimpan daya maximum sebesar 485 Wp, tegangan yang di hasilkan bisa mencapai 44.4 V, arus maximum yang di hasilkan sebesar 10.94 A, jika arus sirkuit terbuka (*opened circuit*) maka volt yang diterbuang mencapai 53.1 V, jika terjadi arus Sirkuit pendek (*short circuit*) akan menghasilkan daya sebesar 11.62 A, tegangan sistem maksimum mencapai 1000V, sel arus dengan nilai maksimum mencapai 20A, ada pun toleransi daya mencapai 3% ke atas, dan suhu sel operasi nominal $42\pm 3^{\circ}\text{C}$.

Tabel 2. Spesifikasi Modul Surya.

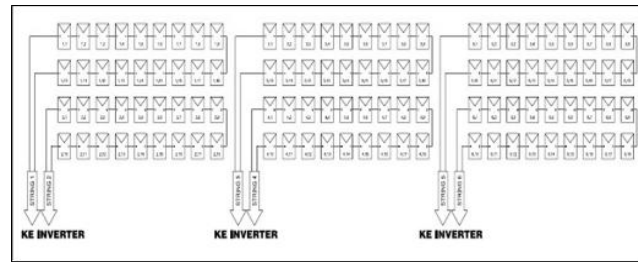
No.	Modul Type	CS3Y-485W
1	<i>Maximum Power (Pmax)</i>	485 Wp
2	<i>Optimum Operating Voltage (Vmp)</i>	44.4 V
3	<i>Maximum Power Current (Imp)</i>	10.94 A
4	<i>Open-circuit Voltage (Voc)</i>	53.1 V
5	<i>Short-circuit Current (Isc)</i>	11.62 A
6	<i>Maximum System Voltage</i>	1000 V
7	<i>Maximum Rated Current Series</i>	20 A
8	<i>Power Tolerance</i>	+ 3%
9	<i>Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)</i>	$42\pm 3^{\circ}\text{C}$
10	Dimensi 2252 x 1048 x 35 mm (88.7 x 41.3 x 1.38 in)	-

2.4 Luas Area Atap Potensial

Luasan atap yang ada dapat digunakan untuk instalasi PLTS atap. Tetapi tidak semua luasan atap dapat digunakan secara efektif. Luasan atap yang digunakan sudah memenuhi luasan area yang dibutuhkan untuk menempatkan panel surya dengan kapasitas total 50 kWp. Adapun luas area yang akan digunakan dalam pembangunan PLTS Atap Unpam Viktor memiliki lebar ± 9 meter dan panjang ± 70 meter atau luas area $\pm 630 \text{ m}^2$.

2.5 Rangkaian Seri Modul Surya

Modul surya dirangkai secara seri karena komponennya dipasang secara sejajar melalui satu jalur aliran listrik. Arus yang mengalir pada modul surya yang disusun secara seri sama besar pada masing-masing modul surya, sedangkan tegangannya bertambah sesuai dengan jumlah tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing modul surya. Satu modul surya memiliki daya maksimum 485 Wp. Terdapat 108 PV yang tersedia di kampus Universitas Pamulang. Maka, daya maksimum yang dihasilkan modul surya adalah sebesar 52.380 kWp.



Gambar 2. Rangkaian Seri Modul Surya

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Potensi Energi Matahari

Potensi energi matahari sebagai sumber energi dinyatakan dalam data indeks kecerahan (Clearnex Index) dan radiasi sinar matahari (Solar Radiation), yaitu rata-rata global radiasi matahari pada permukaan horizontal, dinyatakan dalam (kWh/m^2) untuk setiap hari dalam satu tahun. Berikut ini adalah grafik potensi energi matahari di Kampus Viktor Universitas Pamulang.



Gambar 3. Data Indeks Kecerahan dan Radiasi Matahari

Data potensi energi matahari untuk lokasi PLTS On-Grid Kampus Viktor Universitas Pamulang diperoleh indeks kecerahan (clearness index) rata-rata sebesar 0,480 dan Daily Radiation rata-rata sebesar $4,76 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$.

3.2 Kondisi Suhu Lingkungan

Berdasarkan data suhu lingkungan yang didapat dari NASA Surface Meteorology and Solar Energy database(Daily Temperature), yaitu rata-rata suhu lingkungan ,dinyatakan dalam $^{\circ}\text{C}$ untuk setiap hari dalam satu tahun.Berikut adalah grafik suhu lingkungan di Kampus Viktor Universitas Pamulang.



Gambar 4. Data Suhu Lingkungan

3.3 Perhitungan Luasa Area PLTS

Perhitungan luas area yang akan digunakan Pada umumnya, luasan atap yang ada dapat digunakan untuk instalasi PLTS atap. Tetapi tidak semua luasan atap dapat digunakan secara efektif. Luasan atap yang digunakan sudah memenuhi luasan area yang dibutuhkan untuk menempatkan panel surya dengan kapasitas total 50 kW. Adapun luas area yang akan digunakan dalam pembangunan PLTS Atap Unpam Viktor memiliki lebar ± 9 meter dan panjang ± 70 meter atau luas area $\pm 630 \text{ m}^2$.

3.4 Analisa Area Array

Setelah mengetahui jumlah modul surya yang akan dipasang, maka perlu dihitung berapa total luas yang akan dipakai untuk pemasangan modul, perhitungan luas area modul yang akan digunakan, dapat dihitung dengan persamaan:

1. Panjang Total Modul

$$= \text{Panjang Modul} \times 4 \text{ Paralel}$$

$$= 2252 \text{ mm} \times 4$$

$$= 23.976 \text{ mm}$$
2. Lebar Total Modul

$$= \text{Lebar Modul} \times 27 \text{ Seri}$$

$$= 1048 \text{ mm} \times 27$$

$$= 28.296 \text{ mm}$$

$$= 15,015 \text{ m}^2 \text{ Total Luas area}$$

Jarak dari dua array ke array berjarak 7 cm ialah untuk mempermudah untuk pemeliharaan PV modul. Jarak antara modul ke modul lainnya ialah 3 cm guna meminimalisir keruntuhan modul akibat angin. Adapun jumlah area yang di gunakan kkeseluruhan adalah:

1. Lebar Total x Jumlah PV Modul

$$= 3 \times 104$$

$$= 312$$

$$= 23.976 + 312$$

$$= 335,976$$
2. Lebar array + Jalur perawatan VP modul

$$= 1048 + 17$$

$$= 1068$$
3. Panjang Total x Lebar Total (11)

$$= 23.976 + 312 \times 28.296$$

$$= 67.797 \text{ m}^2$$

3.5 Analisa Hasil

Penentuan jumlah modul surya berdasarkan kebutuhan kapasitas PLTS yang akan direncanakan tanpa mengabaikan segi ekonomi serta keamanan dan keandalan sistem kelistrikannya. Perencanaan PLTS yang diperuntukkan untuk membackup sistem kelistrikan dari PLN adalah 50 kWh. Pada perhitungan dalam perencanaan akan ditambahkan kemungkinan adanya penambahan beban sebesar 5%. Perhitungan jumlah modul (N_{modul}) yang dibutuhkan berdasarkan kemungkinan adanya pertumbuhan energi, sehingga kebutuhan energi yang dibutuhkan sebesar 105% dari perencanaan PLTS yang akan dibangun, sehingga didapat pendekatan perhitungan jumlah modul sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas}_{\text{PLTS}} &= P_{\text{total}} \times 105\% \\ &= 50000 \text{ Watt} \times 105\% \\ &= 52.500 \text{ Watt} \rightarrow 52,5 \text{ kWp} \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga didapat } N_{\text{modul}} \text{ adalah: } N_{\text{modul}} = \frac{\text{Kapasitas}_{\text{PLTS}}}{P_{\text{modul}}} = \frac{52.500 \text{ watt}}{485 \text{ watt}} = 108,24_{\text{modul}} \rightarrow 108_{\text{modul}}$$

4. IMPLEMENTASI

4.1 Total Produksi Energi

Total produksi energi dari PLN dan PLTS dapat menghasilkan daya sebesar 81.500 kWh/hari.

$$\begin{aligned} \text{Etot.prod} &= E_{\text{photovoltaic}} + E_{\text{grid}} \\ &= 52.500 \text{ kWh} + 29.400 \text{ kWh} = 81.900 \text{ kWh} \end{aligned}$$

4.2 Perhitungan Modul Surya N_{seri} dan N_{string}

Konfigurasi modul surya (N seri dan N string): jumlah string modul surya. Dan modul surya dalam seri per string harus memenuhi beberapa kriteria dari modul surya dan inverter yang digunakan. Pertama, membuat rentang modul surya dalam seri per string yang aman dan direkomendasikan dengan cara membuat batas bawah dan batas atas dari rentang tersebut. Kemudian, buat batas maksimum string per inverter.

1. Menghitung batas bawah modul surya dalam Seri ($\text{Min. } N_{\text{seri}}$)

Batas bawah pertama didapatkan dari pembagian tegangan minimal modul surya yang dibutuhkan untuk menghasilkan MPP ($V_{\text{PV-min}}$) dengan tegangan modul surya saat daya maksimum (V_{mp}). Pembulatan ke bawah tanpa desimal.

$$\text{Min. } N_{\text{seri}} = \frac{V_{\text{PV-min}}}{V_{\text{mp}}} = \frac{585 \text{ V}}{44.4 \text{ V}} = 13.17 \rightarrow 13 \text{ Modul}$$

2. Menghitung batas atas modul surya dalam seri ($\text{Max. } N_{\text{seri}}$)

Batas atas kedua didapatkan dari membagi tegangan maksimum modul surya yang diizinkan oleh inverter ($V_{\text{PV-max}}$) dengan tegangan open-circuit modul PV (V_{oc}). Pembulatan ke atas tanpa desimal.

$$\text{Max. } N_{\text{seri}} = \frac{\text{Max. } V_{\text{PV-max}}}{V_{\text{oc}}} = \frac{1100 \text{ V}}{53.1 \text{ V}} = 20.7 \rightarrow 21 \text{ Modul}$$

3. Mengitung batas atas jumlah string per Inverter ($\text{Max. } N_{\text{string inverter}}$)

Batas atas pertama didapatkan dari pembagian maksimum arus short-circuit dari string PV yang diizinkan oleh inverter ($I_{\text{scPV-max}}$) dengan arus short-circuit modul surya (I_{sc}). Pembulatan ke bawah tanpa desimal.

$$\text{Max. } N_{\text{string inverter}} 1 = \frac{I_{\text{scPV-max}}}{I_{\text{sc}}} = \frac{160 \text{ A}}{11.62 \text{ A}} = 13.77 \rightarrow 13 \frac{\text{String}}{\text{Inverter}}$$

Batas atas kedua didapatkan dari membagi arus maksimum dari string modul surya yang diizinkan oleh inverter ($I_{\text{PV-max}}$) dengan arus saat MPP modul surya (I_{mp}). Pembulatan ke bawah tanpa desimal.

$$\text{Max. } N_{\text{string inverter}} 2 = \frac{I_{\text{PV-max}}}{I_{\text{mp}}} = \frac{104 \text{ A}}{10.94 \text{ A}} = 9.5 \rightarrow 9 \frac{\text{String}}{\text{Inverter}}$$

Berdasarkan perhitungan-perhitungan di atas, didapat rentang modul surya seri dan jumlah maksimum string modul surya per inverter, yakni 13-21 modul/string dan 9-13 string/Inverter. Namun pada nameplate Inverter tidak dapat diberikan inputan string 9-13 string dikarenakan pada nameplate sudah tercantum maximum inputan string independent sebanyak 4 MPPT dan 2 MPPT, sehingga dalam praktiknya dilakukan penyederhanaan perhitungan tanpa mengabaikan keamanan berdasarkan spesifikasi data peralatan yang ada sehingga didapat pendekatan perhitungan sebagai berikut:

$$N_{\text{string inverter}} = \frac{N_{\text{modul}}}{N_{\text{seri}}} = \frac{108}{18} = 6 \frac{\text{String}}{\text{Inverter}}$$

4.3 Rangkaian Seri Modul Surya

Modul surya dirangkai secara seri, karena komponennya dipasang secara sejajar melalui satu jalur aliran listrik. Arus yang mengalir pada modul surya yang disusun secara seri sama besar pada masing-masing modul surya, sedangkan tegangannya bertambah sesuai dengan jumlah tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing modul surya. Satu modul surya memiliki daya maksimum 485 Wp. Terdapat 108 PV yang tersedia di kampus Universitas Pamulang. Maka, daya maksimum yang dihasilkan modul surya sebesar 8,74 kWp.

5. KESIMPULAN

Analisis fotovoltaik PLTS di Universitas Pamulang bertujuan untuk mengetahui luas area yang dibutuhkan, yaitu 67.797 m². Rangkaian PV modul yang digunakan seri dengan menggunakan system on-grid. PV modul yang di gunakan dengan jumlah keseluruhan sebanyak 108 PV Modul dengan 485 WP. Energi yang dihasilkan oleh PLTS sebesar Energi yang dihasilkan oleh PLTS sebesar 52.500 kWh.

REFERENCES

- Meilani, H., & Wuryandani, D. (2010). Potensi Panas Bumi Sebagai Energi Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Indonesia. *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 1(1), 47-74.
- Chandra, R., Sukmono, A. H. T., Wahyanto, E. H., & Sebastian, V. (2020). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Persepsi Masyarakat Jabodetabek Terhadap Pembelian Panel Surya Atap. *Jurnal Manajemen*, 17(2), 176-196.
- Salman, R. (2013). Analisis Perencanaan Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Perumahan (Solar Home System). *Majalah Ilmiah Bina Teknik*, 1(1), 46-51.
- Roza, E., & Mujirudin, M. (2019). Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 4(1), 16-30.
- T. Karin dan A. Jain, "Photovoltaic String Sizing Using Site-Specific Modeling," *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 10, no. 3, hal. 888–897, 2020, doi: 10.1109/JPHOTOV.2020.2969788.
- M. A. Omar dan M. M. Mahmoud, "Improvement Approach for Matching PV Array and Inverter of Grid-Connected PV Systems Verified By A Case Study," *International Journal of Renewable Energy Development*, vol. 10, no. 4, hal. 687–697, 2021, doi: 10.14710/ijred.2021.36082.
- D. I. H. Jalu Anindito Singgih, "Analisis Pengaruh Jenis Panel Surya dan Konfigurasi Inverter pada Perancangan PLTS On-Grid Kapasitas 1 MWP Berbasis Software PVsyst," *DEA Universitas Diponegoro*, vol. 1–8, 2021.
- A. N. B. B. Nathawibawa, I. N. S. Kumara, dan W. G. Ariastina, "Analisis Produksi Energi dari Inverter pada Grid-connected PLTS 1 MWp di Desa Kayubihi Kabupaten Bangli," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 1, hal. 131, 2017, doi: 10.24843/mite.1601.18.
- S. Hani, G. Santoso, S. Subandi, dan N. Arifin, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On-Grid Dengan Sistem DC Coupling
- A. G. Hutajulu, M. RT Siregar, dan M. P. Pambudi, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 22, no. 1, hal. 23, 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i1.7333.
- Henri, *Solar Electricity Handbook - A simple, Practical guide to solar energy : how to design and install photovoltaic solar electric systems*. 2021.
- "Taksonomi – dari Sel ke Array – Energy Evolved," Albert NG. <https://netsolar.wordpress.com/2018/02/20/taksonomi-dari-sel-ke-array/> (diakses Feb 13, 2022).
- N. K. Caturwati, R. Wiryadinata, dan F. Andini, "Kapasitas Penyimpan Daya Yang Dibutuhkan Photovoltaic 100 Wp Monocrystalline Yang Dioperasikan Di Daerah Cilegon-Banten," *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, no. January, hal. 24, 2019, doi: 10.36055/fwl.v0i0.5199.