

Perencanaan Sistem PLTS *Off-Grid* Untuk Kebutuhan Energi Listrik Pada Perkebunan Kelapa Sawit

Peprizal^{1*}, Ade Putra Maulana¹, Sirlus Andreanto Jasman Duli¹, Evvin Faristasari¹, Enggar Hero Istoto¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : Peprizal@polman-babel.ac.id

Received:11 Februari 2025; Received in revised form:23 Februari 2025; Accepted:10 Juli 2025

Abstract

Palm oil plantations are one of the important sectors in the growth of the economy in Indonesia. One of the palm oil plantation areas in the Pasaman Barat Regency is being developed with an estimated land area of 100 hectares. However, due to the location of the land being far from settlements, there is currently no electricity supply that can be used for the operational needs of the land. This research provides a solution for the planning of an Off-Grid solar power plant (PLTS). The method used is a descriptive method with a quantitative research type. Based on the calculations, the number of PV panels obtained was 14 units and produces a total power of 2.397,89 W, SCC capacity calculation obtained 35 A, Battery capacity 12V/100Ah 2 units, and inverter 3 kW to produce AC voltage. The calculation of the Bill of Quantities (BoQ) for material needs amounts to Rp. 21.986.000. This result indicates that the planning of the solar power system is feasible for the long-term operational needs of the plantation, which only requires initial construction capital.

Keywords: PLTS Off-Grid; Palm Oil Plantations; Solar-Energy; Proteus.

Abstrak

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor penting dalam pertumbuhan perekonomian di Indonesia, Salah satu lahan perkebunan kelapa sawit di daerah Kabupaten Pasaman Barat dikembangkan dengan perkiraan luas lahan mencapai 100 hektar. Namun dikarenakan lokasi lahan yang jauh dari pemukiman menyebabkan belum adanya aliran listrik yang bisa digunakan untuk kebutuhan operasional lahan. Penelitian ini memberikan solusi tentang perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sistem *Off-Grid*. Metode yang digunakan yaitu metode deskriptif dengan jenis penelitian kuantitatif. Berdasarkan perhitungan diperoleh jumlah panel PV sebanyak 14 unit dan menghasilkan total daya 2.397,89 W, perhitungan kapasitas SCC diperoleh 35 A, kapasitas baterai 12V/100Ah 2 unit, dan inverter 3 kW untuk menghasilkan tegangan AC. Perhitungan RAB untuk kebutuhan material yaitu sebesar Rp. 21.986.000. Hasil ini mengindikasikan perencanaan sistem PLTS layak direalisasikan untuk kebutuhan operasional perkebunan jangka panjang yang hanya memerlukan modal awal pembangunan.

Kata kunci: PLTS Off-Grid; Pekebunan Kelapa Sawit; Energi Surya; Proteus.

1. PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor penting dalam pertumbuhan perekonomian di Indonesia, namun pengelolaannya seringkali menghadapi tantangan besar dalam hal penyediaan energi listrik. Salah satu permasalahan utama adalah letak geografis perkebunan kelapa sawit yang umumnya berada di daerah terpencil dan jauh

dari permukiman penduduk. Kondisi ini membuat pasokan listrik dari jaringan PLN menjadi tidak tersedia atau tidak ekonomis untuk dibangun pada area tersebut [1].

Salah satu lahan perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Pasaman Barat dikembangkan dengan perkiraan luas lahan mencapai 100 hektar dalam satu hamparan. Untuk operasional lahan seperti penerangan,

pendistribusian air untuk air bersih dan penyiraman bibit, pemasak nasi dan alat elektronik lainnya membutuhkan supply energi listrik yang memadai dalam mendukung aktivitas perkebunan. Listrik pada sektor perkebunan sangatlah dibutuhkan guna memperlancar aktivitas lahan perkebunan [2].

Lokasi lahan tersebut di atas memiliki jarak tempuh 2 jam perjalanan, dengan kondisi jalan yang berlumpur dan lunak mengharuskan perjalanan menggunakan kendaraan khusus. Oleh karena itu sumber listrik belum pernah tersedia sampai kepada lahan tersebut. Hal ini tentunya berdampak terhadap sulitnya operasional lahan. Tanpa akses listrik yang andal, berbagai aktivitas penting di perkebunan seperti pemompaan air, pengolahan hasil panen, penerangan, serta operasional mesin dan peralatan mengalami keterbatasan [3].

Dari permasalahan yang ada, maka penelitian ini akan memberikan solusi yaitu perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang nantinya dapat mensupply energi listrik untuk keperluan operasional lahan perkebunan. PLTS merupakan pemanen energi listrik dengan cara mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik yang menggunakan prinsip efek photovoltaic dari cahaya matahari menjadi listrik [4]. Pembangkit ini termasuk kategori energi baru terbarukan karena tidak memiliki limbah dan bahan bakar fosil dalam prosesnya. Sistem ini cocok digunakan pada lahan perkebunan yang termasuk daerah terpencil dengan memanfaatkan sinar matahari yang melimpah dan tidak membutuhkan bahan bakar [5].

Untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, pemerintah Indonesia mendorong pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT), termasuk energi surya yang memiliki potensi besar, yaitu sebesar 207,8 GWp dari total 442 GW potensi EBT nasional [6].

Pada sistem pembangkit ini, peneliti akan mengkaji terkait perencanaan PLTS dengan sistem Off-Grid. Pemilihan model Off-

Grid merujuk pada kondisi lahan yang tidak memiliki pembangkit listrik sama sekali, sehingga perencanaan pembangkitan akan disupply oleh pemanfaatan radiasi matahari secara mandiri. PLTS Off-Grid (terpusat) merupakan sistem pembangkitan yang hanya mengandalkan tenaga matahari menjadi energi listrik [7].

2. METODE PENELITIAN

Adapun jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, dimana penelitian akan menggunakan data-data yang dikumpulkan berupa angka. Pendekatan penelitian kuantitatif merupakan proses pengumpulan data-data yang akhirnya bersifat objektif serta data tersebut memperoleh nilai yang dapat diukur [8]. Jenis penelitian ini relevan dengan rancangan hasil dari penelitian tentang perencanaan PLTS Off-Grid yang memungkinkan menggunakan perhitungan dalam setiap prosesnya untuk memperoleh data yang efisien. Metode yang digunakan yaitu metode deskriptif. Teknik ini digunakan karena peneliti akan memberikan gambaran tentang pembangkit listrik tenaga surya yang bisa digunakan untuk supply energi sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik pada lahan pertanian kelapa sawit di Kabupaten Pasaman Barat.

Penelitian ini berfokus pada perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga surya sistem Off-Grid di lahan perkebunan kelapa sawit daerah Kabupaten Pasaman Barat. Kajian ini akan menganalisis daya listrik berdasarkan data iradiasi, suhu rata-rata dan mengevaluasi kelayakan ekonomis dari sistem yang dirancang. Untuk melihat hasil konfigurasi sistem PLTS digunakan simulasi software proteus.

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian untuk implementasi sistem PLTS Off-Grid terletak di area lahan perkebunan kelapa sawit daerah Kabupaten Pasaman Barat. Berikut bentuk lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Area Lahan Perkebunan Kelapa Sawit

2.2. Data Radiasi Matahari

Berdasarkan hasil pengukuran radiasi matahari menggunakan aplikasi Global Solar Atlas, maka diperoleh data radiasi di lahan perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Pasaman Barat dengan kategori radiasi matahari yang cukup baik, besar nilai radiasi yaitu 1740,1 kW/m² per hari. Radiasi matahari yang mencapai atmosfer bumi bervariasi sesuai dengan jarak antara matahari dan bumi, berkisar antara 1,47x10⁸ km hingga 1,52x10⁸ km sepanjang tahun, radiasi matahari bervariasi antara 1325 w/m² dan 1412 w/m². Intensitas radiasi matahari rata-rata ditetapkan sebesar 1367 w/m² [9].

2.3. Data Rata-rata Suhu

Data suhu didapatkan menggunakan aplikasi AccuWeather, sehingga diperoleh rata-rata suhu minimum sebesar 27,33 °C dan rata-rata suhu maksimum adalah 37,00 °C. Dari data tersebut diperoleh selisih kenaikan suhu sebesar 9,67 °C.

2.4. Menghitung Area Panel PV

Untuk menghitung PV Area diperlukan nilai daya saat temperatur naik. Secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan (1) [10].

$$P_{>^{\circ}C} = 0,5\% \times P_{MPP} \times > \text{temp} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan $P_{>^{\circ}C}$ adalah daya saat temperatur naik, P_{MPP} adalah daya maksimum panel PV, $> \text{temp}$ adalah data kenaikan suhu. Selanjutnya menghitung daya keluaran maksimum panel PV pada saat temperatur naik menjadi 37,00°C dengan menggunakan persamaan (2).

$$P_{MPP >^{\circ}C} = P_{MPP} - P_{^{\circ}C} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan $P_{MPP >^{\circ}C}$ adalah daya panel PV saat temperatur naik, P_{MPP} adalah kapasitas panel PV, $P_{^{\circ}C}$ adalah daya saat temperatur naik. Selanjutnya menentukan nilai

Temperature Correction Factor (TCF) dengan menggunakan persamaan (3).

$$TCF = \frac{P_{MPP >^{\circ}C}}{P_{MPP}} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan TFC adalah Temperature Correction Factor.

Dari beberapa formula sebelumnya maka dapat dihitung berapa area panel PV dengan menggunakan persamaan (4).

$$PV_{Area} = \frac{E_L}{G_{HI} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{ef}} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan PV_{Area} adalah area panel PV, E_L adalah kebutuhan energi listrik, G_{HI} adalah intensitas irradiasi, η_{PV} adalah efisiensi panel PV (0,16), η_{ef} adalah efisiensi keluaran (0,95).

2.5. Perhitungan Daya PV

Untuk mengetahui tingkat daya yang bisa dihasilkan satu panel PV dapat menggunakan persamaan (5).

$$P_{WP} = P_{Area} \times PSI \times \eta_{PV} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan P_{WP} adalah daya bangkitan panel PV, PSI adalah Peak solar insolation (1.000 W/m²).

2.6. Perhitungan Jumlah Panel PV

Mengacu pada kebutuhan energi dan kapasitas pembangkitan dari panel PV, maka perlu dilakukan penggabungan beberapa panel PV untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam pembangkitan. Banyaknya jumlah panel dengan spesifikasi panel PV yang akan digunakan adalah 100 Wp/panel dapat ditentukan menggunakan persamaan (6).

$$P_{TOT} = \frac{P_{WP}}{P_{MPP}} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan P_{TOT} adalah jumlah panel PV, P_{MPP} adalah kapasitas daya panel PV/unit.

2.7. Perhitungan Kapasitas Solar Charge Control

Kapasitas SCC dapat ditentukan menggunakan persamaan (7).

$$C_{SCC} = \frac{D_W \times sf}{V_{MPP}} \dots \dots \dots (7)$$

Dengan C_{SCC} adalah kapasitas SCC, D_W adalah daya yang dibangkitkan panel PV, sf adalah Safty Factor yang ditentukan sebesar 1,25.

2.8. Perhitungan Kapasitas Baterai

Sistem PLTS pada penelitian ini menggunakan kapasitas dan jenis baterai yang memiliki tegangan kerja sebesar 12 V/100 Ah, dengan pengosongan baterai maksimal sebesar 80% (DOD), dan nilai efisiensi baterai 95%. Untuk menghitung kapasitas baterai dapat menggunakan persamaan (8).

$$C_B = \frac{D_N \times D_W}{V_S \times DOD \times \eta_{ef}} \dots \dots \dots (8)$$

Dengan D_N adalah jumlah hari otonomi [hari] yang di tentukan dengan 1 Hari, V_S adalah tegangan sumber, DOD adalah maksimum pengosongan baterai.

2.9. Perhitungan Kapasitas Inverter

Setelah mendapatkan total hasil perhitungan daya yang dibangkitkan panel

PV, maka dapat ditentukan berapa kapasitas inverter yang bisa digunakan, adapun perhitungannya dapat menggunakan persamaan (9).

$$C_{INV} = D_W \times sf \dots \dots \dots (9)$$

Dengan C_{INV} adalah kapasitas inverter.

2.10. Perhitungan Losis Daya PV

Losis daya yang hilang selama proses konversi energi matahari dari panel PV mencapai 40% [11]. Untuk perhitungan total kebutuhan energi setelah mengurangi daya yang terbuang dari panel PV dapat menggunakan persamaan (10).

$$E_{load} = \frac{E_r}{60\%} \dots \dots \dots (10)$$

Dengan E_{load} adalah total kebutuhan energi listrik, E_r adalah perhitungan beban listrik pada lahan perkebunan, 60% adalah sisa daya yang dibangkitkan dari losis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban listrik yang akan digunakan pada lahan perkebunan kelapa sawit menjadi dasar perhitungan dalam perencanaan sistem PLTS ini. Adapun total estimasi kebutuhan enegi sebesar 1.398 Wh yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Total Kebutuhan Beban

Beban	(W)	(Jam)	(Unit)	Jumlah Energi (Wh)
Lampu	10	12	4	480
Rice coocker	120	3	1	360
Pompa air	120	3	1	360
Charging Hp	18	2	3	108
Total beban				1308

Hasil estimasi di atas adalah data aktual yang akan digunakan, sementara daya yang dihasilkan PLTS mempunyai losis. Dengan demikian estimasi tersebut dilakukan perhitungan losis dengan menggunakan persamaan (10).

$$E_{load} = \frac{1.308}{60\%} \approx 2.180 \text{ Wh}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh energi beban per hari sebesar 2.180 Wh. Dengan demikian beban aktual diestimasi menjadi lebih besar dari sebelumnya, hal ini bertujuan untuk memaksimalkan perencanaan sistem PLTS.

3.1. Perhitungan PV Area

Untuk mengetahui nilai PV area digunakan persamaan (1), (2), (3), (4).

$$P_{>^{\circ}C} = 0,5\% \times 100 \times 9,67 \approx 4,84 \text{ W}$$

$$P_{MPP >^{\circ}C} = 100 - 4,84 \approx 95,17 \text{ W}$$

$$TCF = \frac{95,17}{100} \approx 0,95$$

$$PV_{Area} = \frac{2.180}{1,7401 \times 0,95 \times 0,16 \times 0,95} \approx 8,50 \text{ m}^2$$

3.2. Daya PV

Hasil perhitungan PV Area yaitu sebesar 8,50 m², selanjutnya menentukan besar daya yang dibangkitkan PLTS

(WattPeak) dengan menggunakan persamaan (5).

$$P_{WP} = 8,50 \times 1000 \times 0,16 \approx 1.359,52 \text{ Wp}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh hasil energi dari panel PV sebesar 1.359,52 Wp.

3.3. Perhitungan Jumlah Panel PV

Untuk menghitung jumlah panel surya digunakan persamaan (6).

$$P_{TOT} = \frac{1.359,52}{100} \approx 13,6 \text{ Unit}$$

Hasil perhitungan jumlah panel surya yaitu 13,6 unit, Banyak unit tersebut dijadikan 14 unit karena ketersediaan unit di pasaran terhitung jumlah utuh per unit. Panel PV yang digunakan yaitu jenis monocrystalline dengan spesifikasi VMP = 18,1 V, IMP = 5,52 A, dan PMP = 100 Wp.

Konfigurasi panel PV juga berfungsi untuk menentukan hasil pembangkitan energi listrik, panel PV yang dirangkai seri menghasilkan output tegangan yang semakin bertambah, sementara arus nya sama. Sedangkan rangkaian parallel diperoleh output tegangan yang sama, arus semakin bertambah. Berdasarkan simulasi proteus, panel PV dirangkai secara seri 11 unit dan parallel 3 unit, sehingga didapatkan tegangan total (Vtot) sebesar 217,20 VDC, sedangkan arus total (Itot) sebesar 11,04 A dan Daya (Ptot) adalah hasil perkalian Vtot dan Itot sebesar 2.397,89 Watt.

3.4. Perhitungan Kapasitas Solar Charge Control

Untuk menghitung kapasitas SCC digunakan persamaan (7).

$$C_{SCC} = \frac{2397,89 \times 1,25}{217,20} \approx 13,80 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai SCC sebesar 13,80 A. Karena ketersediaan unit dipasaran maka nilai SCC dibulatkan menjadi 35 A.

3.5. Perhitungan Kapasitas Baterai

Pada penelitian ini menggunakan kapasitas dan jenis baterai yang memiliki tegangan kerja sebesar 12 V/100 Ah, maksimum pengosongan baterai yang digunakan sebesar 80%, dan nilai efisiensi baterai 95%. Untuk melakukan perhitungan dalam menentukan kapasitas Baterai dapat menggunakan persamaan (8).

$$C_B = \frac{1 \times 2397,89}{24 \times 0,8 \times 0,95} \approx 75,93 \text{ Ah}$$

Maka jumlah baterai yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan konfigurasi seri yaitu nilai tegangan sumber sistem dibagi tegangan spesifikasi sebesar $24/12 = 2$ unit. Sedangkan untuk konfigurasi parallel yaitu pembagian kapasitas baterai dengan kapasitas arus sebesar $82,80/100 = 0,69$ unit dan dibulatkan menjadi 1 unit. Sehingga jumlah total baterai yang dibutuhkan = jumlah seri dikali jumlah paralel = 2 unit.

3.6. Perhitungan Kapasitas Inverter

Setelah mendapatkan total hasil perhitungan daya yang dibangkitkan panel PV, maka dapat ditentukan berapa kapasitas inverter yang bisa digunakan yaitu dengan menggunakan persamaan (9).

$$C_{INV} = 2397,89 \times 1,25 \approx 2.997,36 \text{ W}$$

Dari hasil perhitungan di atas kapasitas inverter dibulatkan menjadi 3 kW. Setelah melakukan beberapa perhitung komponen PLTS yang meliputi panel surya, SCC, inverter, dan baterai. Maka didapatkan beberapa komponen PLTS dengan spesifikasi seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Kompoen PLTS

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	PV-Module monocrystalline	Pmpp : 100 Wp ; Vmp : 18.1 V Imp : 5.52 A ; Voc : 22.1 V Isc : 5.86 A	14
2	Solar Panel Control MPPT	Voltage : 12V/24 V Current : 35 A	1
3	Battery VRLA	V : 12V C : 100 AH	2
4	Inverter Pure Sine Wave	Vin : 24 VDC ; Vout : 220 VAC Frequency : 50 Hz	1

3.7. Perhitungan Anggaran Biaya

Setelah melakukan perhitungan kebutuhan komponen yang akan digunakan dalam pembangunan PLTS baik komponen utama seperti Panel Surya, Controller, Inverter, Baterai maupun komponen penunjang seperti baut, box panel dan

lainnya, maka selanjutnya yaitu melakukan perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) untuk menunjang dalam proses pembangunan PLTS. Data lengkap dari komponen yang akan digunakan pada pembangunan PLTS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rancangan Anggaran Biaya PLTS

No	Komponen	Jumlah	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
1	PV Module monocrystalline C : 100 Wp	14	773.000	10.822.000
2	Solar Panel Control MPPT, 12 / 24 Volt, 35 A	1	700.000	700.000
3	Junction box dim. 17 x 17 cm	14	25.000	350.000
4	Box Panel dim.30x40x25 cm (Outdoor) + Pilot Lamp, green, red	1	715.000	715.000
5	Kabel NYHY 2x4 mm	14	51.000	714.000
6	Kabel NYHY 2 x 6 mm	14	56.000	784.000
7	Kabel NYHY 2 x 10 mm	6	86.000	516.000
8	RCBO 10 A, 30 mA, 1P+N	1	150.000	150.000
9	MCB DC 2P, 63 A	2	165.000	330.000
10	Inverter 3 kW Pure Sine Wave system 24 VDC	1	3.050.000	3.050.000
11	Battery 12 Volt, 100 Ah, VRLA	2	1.500.000	3000.000
12	Aksesoris Skun, ties, isolasi, mur+baut	1	750.000	750.000
13	Terminal Block 2 Pin, 25 Ampere	3	35.000	105.000
Total Harga				21.986.000

4. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil melakukan perencanaan sistem PLTS Off-Grid untuk kebutuhan energi listrik pada lahan perkebunan kelapa sawit di daerah Kabupaten Pasaman Barat dengan prediksi perhitungan kebutuhan beban sebesar 2.180 Wh. Hasil perhitungan jumlah panel PV diperoleh sebanyak 14 unit dengan kapasitas 100 Wp/Panel dengan perolehan kapasitas pembangkitan sebesar 2.397,89 W, didapatkan kapasitas SCC sebesar 35 A, serta kapasitas baterai 12V/100Ah 2 unit, dan inverter 3 kW. Nilai ekonomis dari segi komponen dengan spesifikasi yang telah ditentukan diperoleh dari data Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp. 21.986.000. Berdasarkan hasil perhitungan komponen dan biaya maka Perencanaan PLTS Off-Grid ini layak direalisasikan untuk kebutuhan operasional perkebunan jangka panjang yang hanya memerlukan modal awal pembangunan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada pihak pengelola lahan perkebunan kelapa sawit yang telah membantu memberikan data-data pendukung

penelitian ini. Serta terimakasih kepada tim peneliti atas kerjasama dalam mensukseskan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

[1] L. M. Kwee, H. Hashim, H. P. Ying, H. W. Shin, N. A. Yunus, and L. J. Shiun, "Biogas generated from palm oil mill effluent for rural electrification and environmental sustainability," *Chemical Engineering Transactions*, vol. 61, pp. 1537–1542, Oct. 2017, doi: 10.3303/cet1761254.

[2] J. O. Ken, I. N. Setiawan, and I. W. Sukerayasa, "Desain Plts Off-Grid Berdasarkan Analisis Otonomi Baterai Lead Acid Opzv di Adidaya Workshop, Jakarta Barat," *Jurnal Spektrum*, vol. 10, no. 3, p. 12, Sep. 2023, doi: 10.24843/spektrum 2023.v10.i03.p2.

[3] A. H. Pandiyaswargo, A. D. Wibowo, and H. Onoda, "Socio-techno-economic assessment to design an appropriate renewable energy system for remote agricultural communities in developing countries," *Sustainable Production and Consumption*, vol. 31, pp. 492–511, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.spc.2022.03.009.

- [4] H. B. Nurjaman and T. Purnama, "Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai solusi energi terbarukan rumah tangga," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 136–142, Nov. 2022, doi: 10.21831/jee.v6i2.51617.
- [5] N. Maulana, Zamzami, Yassir, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid Menggunakan Baterai Lithium-Ion Untuk Perkebunan di Desa Blang Pie," *Jurnal Tektro*, Vol.8, No.2, September 2024.
- [6] H. Gusmedi, R. P. Putra, and A. S. Samosir, "DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ON-GRID 60 KWP," *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5537.
- [7] M. Aksa, Radhiah, N. Safitri, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Lahan Pertanian Sebagai Alternatif Sumber Energi," *Jurnal Tektro*, Vol.8, No.2, September 2024.
- [8] H. Syahrizal and M. S. Jailani, "Jenis-Jenis Penelitian Dalam Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif," *Jurnal QOSIM* *Jurnal Pendidikan Sosial & Humaniora*, vol. 1, no. 1, pp. 13–23, May 2023, doi: 10.61104/jq.v1i1.49.
- [9] R. I. R. Anwar, U. T. Kartini, L. Anifah, T. Wrahatnolo, "Analisis Albedo Terhadap Radiasi Matahari pada Plts Bifacial Menggunakan Decision Making Di PTIndonesia Power UBP GRATI," *Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi*, vol. 3, No. 3: 808-815, Januari 2025.
- [10] A. Manab, I. T. H, A. Rabiula, and H. Matalata, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off-Grid di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Jambi," *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPKA)*, vol. 5, no. 2, p. 61, Dec. 2022, doi: 10.33087/jepca.v5i2.78.
- [11] A. A. Anggorowati, R. Sitepu, and A. Joewono, "Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid-Ongrid di Lahan Tandus Desa Curah Cottok," *Buletin Profesi Insinyur*, vol. 4, no. 1, pp. 13–17, Mar. 2021, doi: 10.20527/bpi.v4i1.93.