



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 2 (2025) pp: 5247-5256

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

## Analisis Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Penyedia Energi Untuk Lampu Penerangan Jalan di Desa Parsibarungan

Dedi Harianto Gultom, Ahmad Dani, Beni Satria

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Panca Budi

<sup>1</sup>[dedigultom25@gmail.com](mailto:dedigultom25@gmail.com), <sup>2</sup>[ahmad.kartasasmita@gmail.com](mailto:ahmad.kartasasmita@gmail.com), <sup>3</sup>[benisatria@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:benisatria@dosen.pancabudi.ac.id)

### Abstrak

*Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan solusi energi terbarukan yang efektif untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis sistem PLTS sebagai sumber energi bagi penerangan jalan di Desa Parsibarungan, Kecamatan Pangaribuan. Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis kebutuhan daya, perhitungan kapasitas panel surya, perancangan sistem penyimpanan energi dengan baterai, serta evaluasi efisiensi dan keberlanjutan sistem. Data diperoleh melalui survei lapangan, pengukuran radiasi matahari, dan analisis kebutuhan energi lampu penerangan jalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS yang dirancang mampu memenuhi kebutuhan energi untuk 20 unit lampu penerangan jalan (LPJU) dengan total daya 1600 watt selama 12 jam per-hari. Sistem ini menggunakan 4 panel surya berkapasitas 500 Wp, 4 baterai lithium berkapasitas 200 Ah, serta inverter 3000 watt dan Solar Charge Controller (SCC) 85 A. Analisis kinerja sistem menunjukkan bahwa PLTS dapat beroperasi dengan efisien dan berkelanjutan, dengan mempertimbangkan faktor radiasi matahari, efisiensi panel surya, dan kapasitas penyimpanan energi. Implementasi sistem PLTS di Desa Parsibarungan diharapkan dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan masyarakat pada malam hari, serta mendukung transisi menuju penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa PLTS merupakan solusi yang efektif dan ekonomis untuk penerangan jalan di daerah pedesaan, dengan potensi pengurangan emisi karbon dan biaya operasional yang signifikan.*

**Kata kunci:** Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Penerangan Jalan, Energi Terbarukan, Desa Parsibarungan, Efisiensi Energi

### 1. Latar Belakang

Meningkatnya aktivitas masyarakat di malam hari membuat kebutuhan sumber penerangan ikut meningkat terutama ditempat-tempat umum. Salah satu bagian yang memerlukan penerangan adalah jalan desa Parsibarungan. Jalan merupakan prasarana utama yang harus diperhatikan kondisi dan penggunaannya, apabila kondisi jalan itu baik untuk dilewati pastinya akan mengurangi tingkat kecelakaan dan kejahatan, maka jalan desa pun butuh sebuah penerangan [1]. Penerangan jalan umum merupakan fasilitas yang bersifat publik untuk kepentingan bersama. Sesuai dengan namanya, penerangan jalan umum (PJU) biasanya dipasang diruas jalan, beberapa juga ada yang dipasang ditempat umum seperti taman serta tempat umum lainnya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah menjadi solusi yang semakin populer dalam menyediakan energi terbarukan untuk berbagai aplikasi termasuk penerangan jalan umum[2]. Di Indonesia, dengan intensitas sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun, pemanfaatan PLTS menawarkan alternatif yang efisien dan ramah lingkungan dibandingkan dengan sumber energi konvensional. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) tidak hanya mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik PLN, tetapi juga mengurangi biaya operasional dan emisi karbon[1]

Desa Parsibarungan, yang terletak di Kecamatan Pangaribuan, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara, merupakan salah satu desa yang dapat memanfaatkan teknologi ini untuk meningkatkan infrastruktur penerangan jalan. Wilayah ini memiliki potensi energi surya yang tinggi, namun masih banyak area yang belum terjangkau oleh jaringan listrik konvensional. Implementasi PJUTS di desa ini diharapkan dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan masyarakat pada malam hari, serta mendukung upaya pemerintah dalam meningkatkan rasio elektrifikasi nasional [3], [4]

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penerapan PLTS untuk penerangan jalan umum di Indonesia memberikan hasil yang positif. Misalnya, studi oleh Jeckson et al., 2023 membahas perancangan PLTS untuk lampu penerangan jalan, menyoroti efisiensi dan biaya pemasangan yang terjangkau. Selain itu, kajian oleh Yasa

& Sarief, 2021 menunjukkan bahwa penggunaan PLTS dapat menjadi alternatif yang efisien dan ekonomis untuk penerangan jalan umum, terutama di daerah pedesaan yang belum terjangkau oleh jaringan listrik konvensional.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perancangan PLTS sebagai sumber energi untuk penerangan jalan di Desa Parsibarungan. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan daya untuk penerangan jalan di Desa Parsibarungan. Merancang sistem PLTS yang terdiri dari panel surya, baterai, inverter, dan Solar Charge Controller (SCC) yang sesuai dengan kebutuhan energi. Mengevaluasi efisiensi dan keberlanjutan sistem PLTS yang dirancang. Memberikan rekomendasi teknis untuk implementasi sistem PLTS di daerah pedesaan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan infrastruktur energi terbarukan di daerah pedesaan Indonesia, khususnya dalam meningkatkan akses listrik dan kualitas hidup masyarakat.

Struktur sel surya atau solar cell umumnya tersusun oleh beberapa lapisan yang bekerja secara sinergis untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Lapisan terluar biasanya berupa penutup transparan, seperti kaca atau bahan plastik, yang berfungsi melindungi sel surya dari paparan lingkungan seperti debu, kelembapan, dan benturan fisik, sekaligus memungkinkan cahaya matahari masuk dengan optimal [7]. Di atas permukaan ini sering dilapisi lapisan anti-reflektif yang bertujuan untuk mengurangi pemantulan cahaya sehingga intensitas cahaya yang diserap lebih besar; bahan yang umum digunakan untuk lapisan ini adalah silikon nitrida atau titanium dioksida. Di bawahnya terdapat lapisan semikonduktor yang terbagi menjadi dua jenis, yaitu lapisan tipe-N dan lapisan tipe-P. Lapisan semikonduktor tipe-N dibuat dari bahan seperti silikon yang telah didoping dengan fosfor untuk menciptakan kelebihan elektron sebagai pembawa muatan negatif, sedangkan lapisan tipe-P didoping dengan boron untuk menghasilkan pembawa muatan positif atau *hole*. [8]

Pertemuan antara kedua lapisan ini membentuk sambungan P-N yang merupakan bagian krusial dalam proses konversi energi, karena di daerah inilah medan listrik internal terbentuk dan memisahkan pasangan elektron-*hole* yang dihasilkan ketika foton mengenai material semikonduktor. Kontak listrik pada sel surya terdiri dari lapisan kontak depan dan belakang; kontak depan biasanya berbentuk grid logam tipis yang terbuat dari perak atau aluminium yang dirancang agar tidak menghalangi masuknya cahaya namun tetap efektif mengumpulkan elektron, sedangkan kontak belakang berupa lapisan logam menyeluruh yang berfungsi menangkap *hole* dan menjadi jalur keluar arus listrik. Sebagai penopang struktur secara keseluruhan, sel surya juga dilengkapi dengan substrat yang dapat terbuat dari kaca, plastik, atau logam, tergantung pada aplikasi dan desain sel surya yang digunakan. [9]

Prinsip Kerja sel surya ketika cahaya matahari (*foton*) menembus lapisan penutup dan lapisan anti-reflektif, foton tersebut diserap oleh bahan semikonduktor (biasanya silikon). Energi dari foton menyebabkan elektron terlepas dari atomnya, menciptakan pasangan elektron-hole. Medan listrik di sambungan P-N memisahkan elektron dan hole, mengarahkan elektron ke lapisan tipe-N dan hole ke lapisan tipe-P. Elektron mengalir melalui lapisan kontak depan dan hole melalui lapisan kontak belakang, menciptakan arus listrik yang dapat digunakan untuk menggerakkan perangkat listrik. [10]

Struktur ini dapat bervariasi tergantung pada jenis sel surya, seperti sel surya silikon kristal, sel surya *thin-film*, atau sel surya organik, namun prinsip dasar dan komponen utamanya tetap serupa. Sel surya (*solar cell*) bekerja berdasarkan prinsip efek fotovoltaiik, di mana energi cahaya (*foton*) diubah menjadi energi listrik. Persamaan dan konsep fisika yang mendasari operasi sel surya melibatkan beberapa prinsip dasar, seperti efek fotovoltaiik, sambungan P-N, dan aliran arus listrik. Berikut adalah penjelasan tentang persamaan dan konsep yang mendasari sel surya. [11]

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah menjadi solusi yang semakin diminati dalam penyediaan energi terbarukan, khususnya untuk penerangan jalan umum di daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik konvensional. Indonesia, sebagai negara tropis dengan intensitas sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun, memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi surya. Teknologi fotovoltaiik (PV) telah digunakan untuk berbagai aplikasi seperti pemompaan air, penerangan jalan, dan PLTS atap guna mengurangi biaya energi. [12]

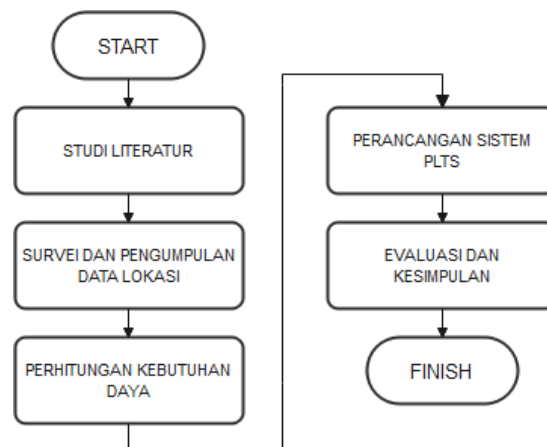
Penelitian sebelumnya membahas perancangan PLTS untuk lampu penerangan jalan, menyoroti efisiensi dan biaya pemasangan yang terjangkau [5]. [13] Implementasi teknologi PLTS di wilayah pedesaan Indonesia, dengan fokus pada efektivitas, tantangan, dan manfaat dalam meningkatkan akses listrik bagi masyarakat pedesaan. Perencanaan dan analisis ekonomi penerapan PJUTS berbasis LED di Kabupaten Pangkep, yang menunjukkan bahwa penggunaan PLTS dapat menjadi alternatif yang efisien dan ekonomis untuk penerangan jalan umum. [14]

Implementasi PLTS untuk penerangan jalan umum tidak hanya meningkatkan akses listrik dan keamanan, tetapi juga mendukung penggunaan energi terbarukan yang berkelanjutan. Penggunaan energi alternatif bertenaga surya sangat cocok diterapkan sebagai sumber energi untuk penerangan jalan, terutama di daerah dengan potensi energi surya yang tinggi. Rancangan lampu jalan PJU berbasis tenaga surya dan LED bersifat mandiri tanpa jaringan tenaga listrik, dengan spesifikasi penerangan yang sesuai untuk kebutuhan penerangan jalan. [5]

## 2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian ini mencakup pengumpulan data, perhitungan kebutuhan daya, desain sistem PLTS, analisis kinerja, dan evaluasi efisiensi sistem yang diusulkan.

1. Jenis Penelitian: Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan deskriptif dengan pendekatan studi teknis dan analisis sistem tenaga surya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi dan evaluasi kinerja sistem PLTS untuk penerangan jalan.
2. Tahapan Penelitian: Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama sebagai berikut:
  1. Studi Literatur: Mengkaji teori dan penelitian terdahulu mengenai PLTS dan penerangan jalan tenaga surya. Mengumpulkan referensi tentang teknologi solar sel, sistem penyimpanan energi, dan aspek teknis penerangan jalan.
  2. Survei dan Pengumpulan Data: Mengumpulkan data lokasi, termasuk tingkat radiasi matahari, kondisi lingkungan, dan kebutuhan penerangan jalan. Mengukur kebutuhan daya penerangan jalan berdasarkan jumlah dan spesifikasi lampu yang digunakan. Melakukan survei kondisi infrastruktur eksisting di lokasi penelitian.
  3. Perancangan Sistem PLTS: Menentukan spesifikasi panel surya, kapasitas baterai, regulator, dan inverter yang sesuai. Melakukan perhitungan daya listrik yang dibutuhkan dan merancang konfigurasi sistem PLTS. Simulasi dan desain sistem menggunakan perangkat lunak pendukung (misalnya PVsyst atau MATLAB).
  4. Analisis Kinerja dan Efisiensi: Melakukan simulasi untuk mengetahui efisiensi sistem PLTS yang dirancang. Menganalisis faktor yang mempengaruhi kinerja sistem seperti radiasi matahari, efisiensi panel, dan kapasitas baterai. Membandingkan hasil perancangan dengan standar yang berlaku.
  5. Evaluasi dan Kesimpulan: Mengevaluasi keberlanjutan sistem PLTS sebagai solusi penerangan jalan di desa. Memberikan rekomendasi teknis untuk optimalisasi sistem yang dirancang.
3. Flowchart Penelitian: Berikut adalah diagram alir penelitian yang menggambarkan tahapan utama dalam penelitian ini:



Gambar 1. Flow chart penelitian

Flowchart ini menggambarkan alur penelitian dari awal hingga tahap evaluasi akhir. Setiap langkah dalam penelitian ini memiliki peran penting dalam memastikan sistem PLTS yang dirancang dapat berjalan dengan optimal sesuai dengan kebutuhan penerangan jalan di Desa Parsibarungan.

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Desa Parsibarungan yang terletak di Kecamatan Pangaribuan, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara. Desa Parsibarungan termasuk dalam wilayah Kecamatan Pangaribuan yang memiliki luas sekitar 459,25 km<sup>2</sup>, atau sekitar 12,11% dari total luas Kabupaten Tapanuli Utara. Berdasarkan data yang tersedia, panjang total jalan di Kecamatan Pangaribuan adalah sekitar 96,00 km, yang terdiri dari berbagai jenis permukaan jalan seperti aspal, kerikil, tanah, dan hotmix. Ada beberapa wilayah yang belum mempunyai lampu penerangan jalan umum. Sehingga bila malam hari warga yang melintasi jalan tersebut harus hati-hati karena jalanan gelap.



Gambar 2. Lokasi penelitian

Untuk itu direncanakan akan dipasang LPJU pada jalan sepanjang 1 km dengan jarak antar tiang 50 meter. Daya pada masing-masing LPJU adalah sebesar 100 watt. Maka jumlah lampu keseluruhannya adalah sebanyak 20 buah. Jenis lampu yang digunakan seperti pada gambar dibawah ini.

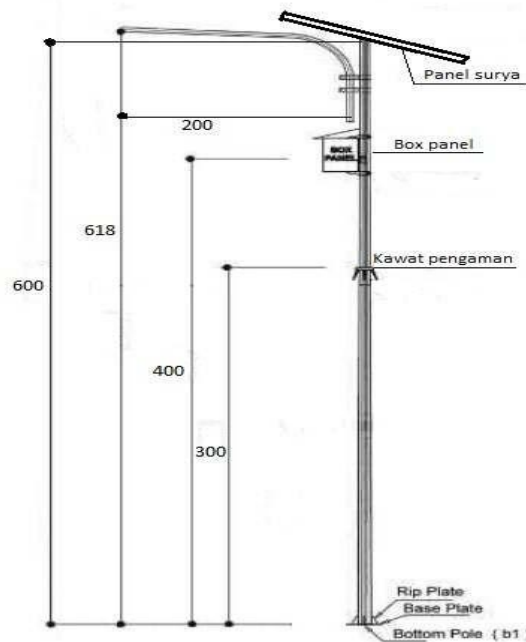


Gambar 3. Jenis LPJU yang digunakan

## 2.2 Perancangan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya

Perancangan penerangan jalan umum tenaga surya terdiri dari penentuan tinggi tiang, penentuan jarak antar tiang, penentuan daya PJU-TS

Gambar perancangan tiang lampu PJUTS



Gambar 4. Perancangan lampu PJUTS

Tiang lampu penerangan jalan dengan tinggi tiang octagonal 6 meter berjenis galvanis, panjang stang ornamen 2 meter dan jarak horizontal lampu tengah jalan yaitu 1,5 meter (jarak tiang lampu ke tepi perkerasan (s1) minimum 0,5 meter).

### 2.3 Perhitungan Kebutuhan Daya

Untuk mengetahui intensitas matahari rata-rata di daerah tertentu, ada beberapa metode yang dapat digunakan. Berikut adalah langkah-langkah untuk menghitung atau mendapatkan data tentang intensitas matahari di Desa Parsibarungan, Kecamatan Pangaribuan, yang dapat membantu dalam perencanaan sistem PLTS:

#### 1. Menggunakan Data Radiasi Matahari Rata-Rata

Sumber data utama untuk mengetahui intensitas matahari adalah data radiasi matahari rata-rata yang dapat diperoleh dari berbagai lembaga meteorologi atau penelitian. Ada beberapa cara untuk mendapatkan data ini:

- a. Data Radiasi Matahari dari BMKG. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Indonesia menyediakan data terkait radiasi matahari di berbagai wilayah. Biasanya, BMKG menyediakan data harian, bulanan, atau tahunan tentang intensitas radiasi matahari dalam satuan watt per meter persegi ( $W/m^2$ ).
- b. Data dari Penyedia Layanan Energi Terbarukan. Beberapa organisasi atau perusahaan yang bergerak di bidang energi terbarukan sering kali menyediakan data radiasi matahari untuk tujuan perencanaan sistem PLTS. dapat mencari informasinya melalui penyedia layanan energi terbarukan atau portal yang menawarkan data iklim dan energi surya.
- c. Database Internasional. Beberapa database internasional seperti NASA's Surface meteorology and Solar Energy (SSE) atau Global Solar Atlas dari Bank Dunia juga menyediakan data radiasi matahari untuk berbagai lokasi di seluruh dunia, termasuk Indonesia.

#### 2. Menggunakan Alat Pengukur Radiasi Matahari

Apabila data di online tidak tersedia maka dapat melakukan pengukuran langsung yang lebih akurat di lapangan dengan menggunakan alat pengukur radiasi matahari atau pyranometer.

#### 3. Menghitung Berdasarkan Perkiraan

Pengukuran bisa dilakukan dengan memperkiraan berdasarkan wilayah geografis dan pola iklim setempat. Untuk Indonesia, rata-rata intensitas radiasi matahari umumnya berkisar antara 4 hingga 5 kWh/m<sup>2</sup>/h per hari, tergantung pada lokasi dan musim. Wilayah yang lebih dekat dengan khatulistiwa cenderung menerima lebih banyak radiasi matahari. Selanjutnya akan dihitung kebutuhan daya untuk lampu jalan sebanyak 20 unit yang masing-masing berdaya 80 watt. LPJU ini beroperasi selama 12 jam, dimulai dari jam 18.00 wib sampai 06.00 wib. Maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

- a. Perhitungan Total Energi yang Diperlukan untuk Menyalakan Semua LPJU

Total daya yang diperlukan untuk semua LPJU adalah 1600 watt. Durasi operasi: 12 jam. Energi yang diperlukan untuk menyalakan seluruh LPJU selama 12 jam dapat dihitung :

$$\text{Energi yang Dibutuhkan (Wh)} = \text{Total Daya (W)} \times \text{Durasi Operasi (Jam)}$$

$$\text{Energi yang Dibutuhkan} = 1600 \text{ watt} \times 12 \text{ jam} = 19.200 \text{ watt-hour (Wh)}$$

- b. Hitung Kapasitas Baterai dalam Ah

Untuk menghitung kapasitas baterai dalam ampere-hour (Ah), maka perlu mengetahui tegangan baterai yang digunakan, yaitu 24 volt.

$$\text{Kapasitas Baterai (Ah)} = \frac{\text{Energi yang dibutuhkan(Wh)}}{\text{Tegangan Baterai (V)}} = \frac{19.200 \text{ Wh}}{24 \text{ V}} = 800\text{Ah}$$

- c. Tentukan Jumlah Baterai yang Diperlukan

Jika kapasitas setiap baterai lithium yang digunakan adalah 200 Ah, maka jumlah baterai yang diperlukan untuk menyimpan energi tersebut adalah:

$$\text{Jumlah Baterai} = \frac{\text{Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)}}{\text{Kapasitas baterai per unit (Ah)}} = \frac{800 \text{ Ah}}{200 \text{ Ah/Baterai}} = 4 \text{ Baterai}$$

Diperlukan 5 baterai lithium dengan kapasitas 200 Ah per unit untuk menyimpan energi yang cukup untuk menyalakan 20 unit LPJU selama 12 jam (dari jam 18.00 sampai 06.00 WIB). Agar sistem tetap andal, penting untuk memperhitungkan faktor efisiensi pengisian dan pemakaian energi, serta cadangan energi untuk hari-hari dengan cuaca buruk (misalnya awan tebal atau hujan) yang dapat mengurangi daya yang dihasilkan panel surya. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah kapasitas baterai sekitar 20% sebagai cadangan.



Gambar 5. Jenis baterai lithium yang digunakan dalam PLTS

d. Hitung Total Kebutuhan Panel Surya

Sebelum menghitung jumlah panel surya yang dibutuhkan, efisiensi panel surya dalam mengubah energi matahari menjadi listrik adalah 100%. Panel surya yang digunakan memiliki kapasitas 500 Wp per panel. Jumlah panel surya yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{\text{Total Daya LPJU}}{\text{Daya Per Panel Surya}} = \frac{2000 \text{ Watt}}{500 \frac{\text{Watt}}{\text{panel}}} = 4 \text{ panel}$$

Jadi, dibutuhkan 4 panel surya dengan kapasitas 500 Wp untuk memenuhi kebutuhan daya LPJU.

e. Hitung Kebutuhan Inverter

Inverter berfungsi untuk mengkonversi listrik DC dari panel surya menjadi AC yang digunakan oleh LPJU. Untuk menentukan kapasitas inverter yang dibutuhkan perlu dilakukan perhitungan total daya yang diperlukan oleh seluruh LPJU yaitu :

$$\text{Kebutuhan daya inverter} = \text{Total daya LPJU} = 2000 \text{ watt}$$

Berdasarkan perhitungan, inverter yang digunakan setidaknya harus memiliki kapasitas minimal 2000 watt atau lebih untuk mendukung seluruh sistem. Untuk lebih aman maka gunakan inverter dengan daya 3000 watt, mengingat efisiensi rata-rata sebuah dari inverter sekitar 85%.

f. Hitung Kebutuhan Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller (SCC) adalah perangkat yang digunakan untuk mengatur pengisian baterai yang terhubung dengan panel surya. SCC berfungsi untuk melindungi baterai dari pengisian berlebihan atau pengosongan yang terlalu dalam (*overcharging* atau *deep discharge*), serta untuk mengoptimalkan kinerja sistem PLTS. Pada sistem PLTS, SCC memastikan baterai terisi dengan benar dan mencegah kerusakan pada baterai atau panel surya.

Langkah-langkah Menghitung Solar Charge Controller (SCC). Untuk menghitung SCC yang sesuai dengan sistem PLTS, maka perlu memperhatikan beberapa faktor, seperti kapasitas sistem panel surya, kapasitas baterai, dan spesifikasi sistem. Berikut adalah langkah-langkah umum untuk menghitung kebutuhan SCC untuk sistem PLTS yang telah dijelaskan sebelumnya:

1. Menghitung Total Arus Maksimum dari Panel Surya

Dalam menghitung kapasitas SCC yang dibutuhkan, Langkah pertama adalah menentukan total arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya. Perhitungan ini dapat dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$I_{\text{panel}} = \frac{P_{\text{panel}}}{V_{\text{panel}}}$$

di mana:

$I_{\text{panel}}$  = arus maksimum yang dihasilkan oleh panel surya (Ampere),

$P_{\text{panel}}$  = daya panel surya (Watt),

$V_{\text{panel}}$  = tegangan sistem panel surya (Volt).

Jika panel surya yang digunakan memiliki kapasitas 500wp, dan sistem beroperasi pada tegangan 24 volt (sesuai tegangan baterai yang digunakan) maka perhitungannya sebagai berikut:

$$I_{\text{panel}} = \frac{500 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 20,83 \text{ A}$$

Jadi, arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh satu panel surya adalah 20.83 Ampere.

## 2. Menghitung Total Arus Maksimum dari Semua Panel Surya

Berdasarkan perhitungan sebelumnya bahwa total panel surya yang dibutuhkan adalah 4 panel surya, maka total arus maksimum yang dihasilkan oleh seluruh sistem panel surya adalah :  $I_{total} = 4 \times 20,83 A = 83,32 A$  Jadi, total arus yang dihasilkan oleh seluruh panel surya adalah 83.32 Ampere.

## 3. Menentukan Rating SCC

Setelah menentukan total arus maksimum, Langkah berikutnya adalah menyesuaikan rating SCC berdasarkan kebutuhan arus untuk pengisian baterai. secara umum, SCC yang digunakan harus memiliki kapasitas yang lebih besar dari arus maksimum yang dihasilkan oleh panel surya. Dengan total arus yang dihasilkan oleh panel surya adalah 83.32 Ampere, maka SCC yang dibutuhkan harus memiliki rating setidaknya 85 Ampere atau lebih besar untuk mencegah overheating dan untuk memberikan ruang aman bagi sistem. Sebagian besar SCC memiliki rating arus tertentu dalam rentang yang lebih besar (misalnya 30A, 40A, 60A, 80A, dll.), oleh karena itu, dalam sistem ini, disarankan untuk menggunakan SCC dengan rating arus minimal 85 Ampere atau lebih besar, tergantung pada ketersediaan model di pasar.



Gambar 7. Wiring PLTS 3000 watt

## 4. Menentukan SCC Berdasarkan Tegangan Sistem

Selain mempertimbangkan rating arus, pemilihan SCC juga harus disesuaikan dengan tegangan sistem yang digunakan yaitu 24 Volt. Sebagian besar SCC tersedia dengan berbagai opsi tegangan, seperti 12 volt, 24 volt, dan 48 volt. Oleh karena itu pastikan SCC yang dipilih sesuai dengan tegangan sistem yaitu 24 V agar berfungsi dengan optimal.

## 3. Hasil dan Diskusi

Berdasarkan perhitungan, total daya yang dibutuhkan untuk menyalakan 20 unit lampu penerangan jalan umum (LPJU) adalah 1600 watt. Setiap LPJU membutuhkan daya sebesar 80 watt, dan dengan total 20 unit, dengan kebutuhan daya sebesar 1600 watt. Untuk menghasilkan daya tersebut, sistem PLTS menggunakan 4 panel surya dengan kapasitas 500 Wp per panel. Panel ini dirangkai dalam dua grup yang masing-masing berisi dua panel yang diseri untuk menghasilkan tegangan sekitar 48 Volt. Kedua grup ini kemudian dihubungkan secara paralel, yang menghasilkan tegangan sistem sebesar 24 Volt.

Solar Charge Controller (SCC) berfungsi untuk mengatur pengisian baterai agar tidak terjadi overcharging atau overdischarging. Berdasarkan perhitungan sebelumnya, sistem membutuhkan SCC dengan rating 85 Ampere, yang cukup untuk menangani arus maksimum yang dihasilkan oleh panel-panel surya. Dengan arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh seluruh panel surya sebesar 83.32 Ampere, SCC ini memastikan pengisian baterai berjalan dengan aman. SCC yang dipilih memiliki fitur-fitur yang memungkinkan pengisian baterai dengan efisiensi yang optimal. Di samping itu, SCC juga akan melindungi sistem dari kerusakan yang disebabkan oleh tegangan berlebih atau arus berlebih, serta memastikan baterai terisi secara bertahap dan aman.

Untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya, sistem menggunakan 4 unit baterai lithium dengan tegangan 24 Volt dan kapasitas 800 Ah per unit. Baterai lithium dipilih karena memiliki keunggulan dalam hal efisiensi penyimpanan, daya tahan yang lebih lama, serta waktu pengisian yang lebih cepat dibandingkan dengan baterai jenis lain seperti lead-acid. Setiap baterai memiliki kapasitas 200 Ah, dan total kapasitas yang tersedia adalah 1000 Ah, yang cukup untuk menyimpan energi yang dibutuhkan untuk menyalakan seluruh LPJU selama 12 jam (dari jam 18.00 hingga 06.00). Berdasarkan perhitungan, energi yang dibutuhkan untuk menyalakan LPJU selama 12 jam adalah 19.200 Wh, dan dengan kapasitas total baterai 800 Ah, sistem dapat bertahan dengan baik selama malam hari meskipun pada kondisi cuaca yang kurang ideal.

Untuk mengubah energi DC yang dihasilkan oleh panel surya dan disimpan dalam baterai menjadi energi AC yang dapat digunakan oleh lampu penerangan jalan, diperlukan inverter. Dalam perancangan ini, inverter yang digunakan memiliki kapasitas 3000 watt, yang cukup untuk mengonversi daya yang dibutuhkan oleh sistem. Daya inverter yang lebih tinggi dibandingkan dengan kebutuhan total LPJU memberikan cadangan daya yang cukup, memungkinkan sistem beroperasi dengan stabil. Inverter berfungsi untuk memastikan arus AC yang dikirim ke lampu penerangan jalan memiliki kualitas yang baik dan stabil. Pemilihan inverter dengan kapasitas yang lebih besar juga memberikan fleksibilitas jika ada kemungkinan untuk menambah kapasitas atau memperbesar beban sistem di masa depan.

Tabel 1. Spesifikasi dan Parameter Sistem Penerangan

Parameter	Nilai
Daya Lampu (P)	80 W
Jumlah Lampu	10
Total Daya persisi	800 W
Tegangan Suplai (V)	220 V AC
Panjang kabel persisi	500 m
Jenis Kabel	Twisted, 2 x 10 mm <sup>2</sup> (aluminium)
Resistivitas Aluminium ( $\rho$ )	0.028 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
Jarak Antar Lampu	50 m
Total Panjang Kabel	1000 m
Penampang Kabel	10 mm <sup>2</sup>
Panjang Kabel 2 Arah	1000 m
Total Daya untuk 20 Lampu	1600 W

Perhitungan Drop Tegangan diujung saluran. Berikut adalah perhitungan untuk mengetahui tegangan pada lampu terakhir (Lampu 20) pada pemasangan lampu jalan menggunakan kabel twisted 2 x 10mm<sup>2</sup>, dengan panjang saluran kabel 1000 meter.

- a. Menghitung Arus Total (I)

Untuk menghitung arus total, gunakan rumus  $I = \frac{P}{V} = \frac{800}{220} = 3,64 \text{ A}$

- b. Menghitung Resistansi Kabel (R)

Untuk kabel twisted 2 x 10 mm<sup>2</sup>, resistansi kabel dapat dihitung menggunakan rumus  $R = \rho \frac{L}{A}$ .

Maka resistansi kabel untuk panjang total 1000 meter adalah  $R = (0.028) \times \frac{1000}{10} = 2,8\Omega$

- c. Menghitung Drop Tegangan Persisi (Vdrop)

Dengan arus  $I = 3,64 \text{ A}$  dan resistansi  $R = 2,8\Omega$ , dapat menghitung drop tegangan menggunakan rumus :

$$V_{\text{drop}} = I \times R$$

$$V_{\text{drop}} = 3.64 \text{ A} \times 2,8\Omega = 10,19\text{V}$$

- d. Menghitung Tegangan pada Lampu Terakhir

Tegangan pada lampu terakhir adalah tegangan suplai dikurangi dengan drop tegangan:

$$V_{\text{lampu}} = V_{\text{suplai}} - V_{\text{drop}}$$

$$V_{\text{lampu}} = 220 \text{ V} - 10,19 \text{ V} = 209,81 \text{ V}$$

Persentase drop tegangan:  $\%V_{\text{Ddrop}} = \frac{10,19}{220} \times 100 = 4,63\%$

Tegangan pada lampu terakhir (Lampu 20) akan sekitar 209,81V setelah mempertimbangkan total drop tegangan sepanjang 1000 meter kabel twisted 2 x 10 mm<sup>2</sup>. Batas penurunan tegangan yang umum adalah sekitar 5% dari tegangan suplai. Jadi, untuk tegangan suplai 220 V, penurunan tegangan yang diizinkan adalah 5% x 220 V = 11 V. Dalam perhitungan sebelumnya, penurunan tegangan yang terjadi adalah 10,19 V. Artinya, penggunaan kabel 2x10 mm<sup>2</sup> dan lampu LED 80W aman dan sesuai aturan karena lebih rendah dari yang diizinkan, yaitu 10,19V.

Ketika drop tegangan melebihi standar yang diizinkan (umumnya 5%–10% dari tegangan suplai, yaitu sekitar 11–22 V untuk 220 V), beberapa efek negatif dapat terjadi. Penurunan kecerahan, Lampu akan menyala lebih redup karena menerima tegangan lebih rendah. Performa peralatan menurun, alat-alat elektronik atau motor yang membutuhkan tegangan stabil bisa bekerja tidak optimal atau bahkan mengalami kerusakan. Pemanasan kabel,

jika arus meningkat untuk mengkompensasi tegangan rendah, hal ini dapat menyebabkan pemanasan berlebih pada kabel.

Untuk mengatasi drop tegangan yang tinggi seperti 38,18 V, beberapa solusi yang dapat dipertimbangkan dengan memperbesar Ukuran Kabel. Menggunakan kabel dengan luas penampang yang lebih besar akan mengurangi resistansi kabel, sehingga mengurangi drop voltage. Misalnya, mengganti kabel 2 x 4 mm<sup>2</sup> dengan 2 x 6 mm<sup>2</sup> atau yang lebih besar. Jika memungkinkan, mengurangi panjang kabel akan mengurangi total resistansi dan drop voltage. Dalam kasus ini, mengurangi jarak antar lampu atau membagi suplai menjadi beberapa titik dapat membantu. Pada instalasi dengan beban besar, sistem 3 fasa dapat membantu mendistribusikan beban secara lebih merata dan mengurangi drop tegangan pada tiap jalur. Alat seperti Automatic Voltage Regulator (AVR) dapat membantu menjaga tegangan tetap stabil di titik beban meskipun terjadi drop pada jalur distribusi.

Sistem PLTS ini dirancang untuk beroperasi dengan efisiensi yang tinggi, terutama karena pemilihan komponen yang berkualitas, seperti panel surya dengan daya 500 Wp, baterai lithium, dan inverter dengan kapasitas yang lebih besar dari kebutuhan minimum. Selain itu, intensitas radiasi matahari di wilayah tersebut yang cukup tinggi memungkinkan panel surya bekerja dengan optimal. Sistem ini juga mempertimbangkan faktor-faktor seperti cuaca buruk atau pengurangan radiasi matahari (seperti hari hujan atau mendung), dengan menyediakan kapasitas baterai yang cukup besar untuk menyimpan energi cadangan yang dapat digunakan pada malam hari.

Perancangan sistem PLTS untuk penerangan jalan umum di Desa Parsibarungan ini telah dilakukan dengan memperhatikan aspek efisiensi dan keberlanjutan. Dengan memilih panel surya 500 Wp, baterai lithium dengan kapasitas 1000 Ah, SCC 85 A, dan inverter 3000 watt, sistem ini dapat menghasilkan energi yang cukup untuk menyalakan 20 unit LPJU selama 12 jam. Selain itu, pemilihan komponen berkualitas dan desain yang efisien akan memastikan sistem ini beroperasi dengan optimal dan memberikan manfaat jangka panjang bagi masyarakat di Desa Parsibarungan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk penerangan jalan di Desa Parsibarungan, dapat disimpulkan bahwa sistem ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan energi secara efisien dan berkelanjutan dengan memperhatikan berbagai aspek teknis dan operasional. Sistem PLTS ini mampu menyuplai energi untuk 20 unit lampu penerangan jalan dengan total daya 1600 watt yang dioperasikan selama 12 jam setiap harinya, yaitu dari pukul 18.00 hingga 06.00 WIB. Panel surya dengan kapasitas 500 Wp per unit dipasang dalam konfigurasi dua grup seri yang kemudian diparalel untuk menghasilkan tegangan 24 volt, sesuai dengan tegangan baterai yang digunakan. Sebagai penyimpan energi, digunakan 4 unit baterai lithium dengan kapasitas masing-masing 200 Ah, sehingga menghasilkan kapasitas total sebesar 1000 Ah. Dengan demikian, energi yang tersimpan mencapai 19.200 Wh yang cukup untuk memenuhi kebutuhan penerangan selama 12 jam, termasuk dengan adanya faktor efisiensi dan cadangan energi saat cuaca tidak mendukung. Proses pengisian baterai dikontrol secara optimal oleh Solar Charge Controller (SCC) dengan arus 85 A, yang berfungsi menjaga kestabilan pengisian, mencegah overcharging maupun deep discharge, serta memperpanjang umur baterai. Selain itu, inverter berkapasitas 3000 watt digunakan untuk mengkonversi daya DC dari panel surya dan baterai menjadi daya AC yang dibutuhkan oleh lampu penerangan jalan. Dengan kapasitas yang lebih besar dari kebutuhan daya aktual, inverter ini memberikan cadangan daya dan menjamin kestabilan serta kelangsungan operasi sistem secara keseluruhan.

#### Referensi

- [1] A. Dani and D. Erivianto, "Potential of rooftop solar electric energy on campus buildings high school of technology Sinar Husni using helioscope software," *Jurnal Info Sains : Informatika dan Sains*, vol. 14, no. 01, pp. 219–231, Jan. 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.seaninstitute.or.id/index.php/InfoSains/article/view/3839>
- [2] A. Dani and D. Erivianto, "Studi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Skala Rumah Tangga pada Daerah Bagan Deli Menggunakan Pvsyst," *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, vol. 3, no. 09, pp. 961–972, Sep. 2022, doi: 10.59141/JIST.V3I09.496.
- [3] R. E. Rachmanita, "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK PENERANGAN JALAN UMUM (PJU) DI DUSUN KARANG TENGAH DESA JATISARI KABUPATEN LUMAJANG," *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 10, no. 1, pp. 7–15, Apr. 2022, doi: 10.32487/JTT.V10I1.1289.
- [4] H. B. Tuan, A. Dani, and D. Erivianto, "Studi Optimalisasi Sudut Kemiringan dan Azimut Panel Surya Terhadap Output PLTS Menggunakan Perangkat Lunak PVSyst," *Innovative: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, no. 6, pp. 83–95, Nov. 2024, doi: 10.31004/INNOVATIVE.V4I6.16114.

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i2.1407>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

- [5] J. , Jeckson, D. , Dasweptia, and N. Farkhaini, “Perancangan PLTS Untuk Sumber Daya Lampu Penerangan Jalan Desa Iringmulyo Metro,” *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 7–13, Aug. 2023, doi: 10.36269/JTR.V6I1.1917.
- [6] M. T. Yasa and I. Sarief, “PERENCANAAN PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA SURYA (PJUTS) DAN SIMULASI DIALux (STUDI KASUS JALAN KOLONEL MASTURI CIMAHI),” *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 6, no. 1, pp. 7–19, Jun. 2021, doi: 10.32897/INFOTRONIK.2021.6.1.606.
- [7] A. Daffa, B. Satria, and S. Aryza, “A Design Of Cellphone Charging Station System As Public Facility Using Off-Grid Solar Cell,” *Jurnal Scientia*, vol. 13, no. 03, pp. 996–1003, Aug. 2024, doi: 10.58471/scientia.v13i03.
- [8] A. S. Al-Ezzi and M. N. M. Ansari, “Photovoltaic Solar Cells: A Review,” *Applied System Innovation*, vol. 5, no. 4, pp. 1–17, 2022, doi: 10.3390/asi5040067.
- [9] Y. Siregar, Y. Hutahuruk, and Suherman, “Optimization design and simulating solar PV system using PVSyst software,” *2020 4th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering, ELTICOM 2020 - Proceedings*, pp. 219–223, 2020, doi: 10.1109/ELTICOM50775.2020.9230474.
- [10] K. A. Buni, M. J., Al-Walie, A. A., & Al-Asadi, “Effect of Solar Radiation on Photovoltaic Cell,” *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, vol. 3, no. 3, pp. 47–51, 2018, doi: 10.29322/ijsrp.12.05.2022.p12518.
- [11] S. Prayogi and Z. Zainuddin, “Gamma Radiation Effects on the Performance of Mono-Crystalline Solar Cells,” *Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir Tri Dasa Mega*, 2023, doi: 10.55981/tdm.2023.6756.
- [12] N. Manoj Kumar, “Simulation Tools for Technical Sizing and Analysis of Solar PV Systems,” *6 th World Conference on Applied Sciences, Engineering & Technology*, pp. 26–27, 2017.
- [13] M. Firman, F. Herlina, and A. Sidiq, “Analisa Radiasi Panel Surya Terhadap Daya Yang,” *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, vol. 02, no. 02, pp. 98–102, 2017.
- [14] R. Ikhsan *et al.*, “Prototype Sistem Hybrid PLTMH-PLTS-Baterai Pada Beban Penerangan Dan Pengusir Hama Sawah,” *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, vol. 6, no. 1, pp. 63–71, Feb. 2023, doi: 10.32672/JNKTI.V6I1.5561.