

Disain dan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off Grid* untuk Suplai Energi Listrik untuk CCTV dan Peralatan Listrik di Pos Satpam

Dyah Lestari¹, Sujito², Anik Nur Handayani³, Panji Ageng Timor Pamungkas⁴

1. Universitas Negeri Malang, Indonesia | dyah.lestari.ft@um.ac.id
2. Universitas Negeri Malang, Indonesia | sujito.ft@um.ac.id
3. Universitas Negeri Malang, Indonesia | aniknur.ft@um.ac.id
4. Universitas Negeri Malang, Indonesia | panjiagengtp.1805346@students.um.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off grid untuk mendukung operasional perangkat keamanan seperti CCTV, lampu, dan peralatan listrik lain di pos satpam. Saat ini, peralatan tersebut masih bergantung pada listrik dari rumah warga, yang menimbulkan kendala dalam pembagian biaya dan risiko gangguan pasokan dari PLN. Metode penelitian mencakup analisis kebutuhan energi, disain sistem, perakitan komponen, dan pengujian langsung di lokasi. Total kebutuhan energi harian adalah 4.384 Wh. Dari hasil perancangan diperoleh komponen yang dibutuhkan untuk sistem PLTS meliputi meliputi 3 panel surya 300 Wp, 3 baterai VRLA 12V 100Ah, 1 Solar Charge Controller 100A, dan 1 inverter 5.000 W. Panel surya dipasang di atas tiang setinggi 3 meter untuk efisiensi penyerapan cahaya. Dari pengujian sistem PLTS yang dilakukan pada pukul 07.00 hingga 17.00 WIB diperoleh total daya yang masuk ke baterai sejumlah 859,48 Watt serta rata-rata daya per jam adalah 71,62 Watt. Tegangan luaran baterai juga berada di sekitar 11 V-13 V. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menyediakan daya listrik mandiri, mengurangi ketergantungan pada PLN, mendukung keamanan lingkungan, dan dapat direplikasi di lokasi lain dengan kondisi serupa.

Kata Kunci

Pembangkit Listrik Tenaga Surya, off grid, energi listrik, CCTV, peralatan listrik

1. Pendahuluan

Keamanan lingkungan kerja dan tempat tinggal menjadi prioritas penting dalam menjaga kenyamanan dan ketertiban. Salah satu upaya menjaga keamanan tersebut adalah dengan menempatkan pos satpam yang dilengkapi dengan perangkat pengawas seperti *Closed Circuit Television* (CCTV), lampu penerangan, serta perangkat listrik lainnya. Perangkat-perangkat ini memerlukan suplai listrik yang stabil dan kontinyu agar dapat beroperasi optimal selama 24 jam penuh.

Seperti di beberapa lokasi perumahan lainnya, warga Jalan Selat Sunda memutuskan untuk memasang kamera CCTV di berbagai lokasi karena situasi ini memungkinkan mereka untuk terus memantau kondisi lingkungan Jalan Selat Sunda. Di sepanjang Jalan Selat Sunda VI, ada delapan kamera CCTV, dua di ujung utara jalan, empat di tengah jalan, dan dua di ujung selatan jalan. Kamera ini aktif setiap hari untuk memantau aktivitas kriminal di lingkungan sekitar.

Pengoperasian CCTV dan beberapa peralatan listrik lainnya di pos satpam tentu membutuhkan daya listrik yang cukup. Warga masih menggunakan listrik dari rumah mereka yang berlangganan dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) untuk memastikan CCTV dan peralatan listrik di pos satpam dapat tetap beroperasi dan berfungsi dengan baik. Beberapa rumah yang berada di dekat pos satpam dan CCTV memberikan sebagian daya listriknya untuk keperluan ini. Hal ini membuat sulit bagi pemilik rumah untuk menghitung jumlah energi yang digunakan untuk CCTV dan peralatan elektronik yang ada di pos satpam. Beberapa rumah yang mendapatkan titipan perangkat tersebut harus membayar biaya listrik tambahan yang harus mereka tanggung sendiri selama ini. Oleh karena itu, akan lebih efisien untuk menggunakan sumber daya dari PLTS sehingga kebutuhan energi dapat dihitung secara mandiri.

Selain masalah pembayaran energi listrik yang tidak jelas, di waktu tertentu kadang-kadang terjadi gangguan atau pemadaman listrik dari jaringan utama (PLN). Hal ini dapat menyebabkan terganggunya operasional sistem keamanan, seperti matinya CCTV atau tidak berfungsinya peralatan listrik yang ada di pos satpam. Untuk itu, diperlukan sumber energi alternatif yang dapat diandalkan secara mandiri dan berkelanjutan.

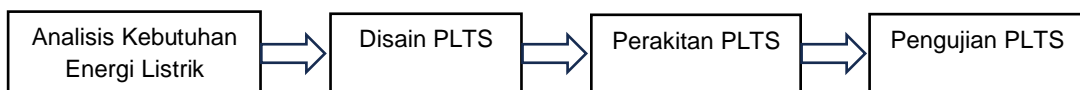
Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Teknologi PLTS saat ini telah berkembang pesat, baik dari sisi efisiensi panel surya maupun kehandalan sistem penyimpan energinya. Penerapan PLTS dalam skala kecil seperti di pos satpam menjadi solusi ideal karena dapat dirancang sesuai kebutuhan beban dan lokasi pemasangan.

Penerapan PLTS untuk sumber daya bagi perangkat CCTV dan peralatan elektronik lainnya akan dirancang sesuai dengan kebutuhan daya listrik perangkat yang ada. Penulis sudah pernah melakukan penelitian bersama dengan mahasiswa tentang pemanfaatan PLTS untuk PJU (Bishriy, 2021), akuarium (Bahreisy, 2021), dan pompa air (Zuhriansyah, 2020). Perancangan PLTS juga mengacu pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dimana PLTS diterapkan untuk PJU (Fadli and Sulistiyowati, 2021; Sumadi et al., 2019), CCTV (Jaya et al., 2021), dan lampu (Gumilar et al., 2022).

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang sistem PLTS yang efisien dan sesuai dengan kebutuhan listrik CCTV dan perangkat listrik lainnya di pos satpam serta mengimplementasikan sistem tersebut, dan mengevaluasi kinerjanya dalam operasional sehari-hari. Kontribusi dari kegiatan penelitian ini yaitu: (1) Dapat tersedianya sumber daya listrik yang mandiri dan berkelanjutan untuk mendukung keamanan lingkungan; (2) Mengurangi ketergantungan pada pasokan listrik dari PLN; (3) Memberikan kontribusi terhadap pengurangan emisi karbon dan penggunaan energi ramah lingkungan; dan (4) Dapat dijadikan sebagai model replikasi bagi sistem keamanan di tempat lain dengan kondisi serupa.

2. Metode

Metode pelaksanaan penelitian ini meliputi analisis kebutuhan energi listrik, disain komponen PLTS, perakitan komponen PLTS, serta pengujian PLTS. Alur diagram pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

1) Analisis Kebutuhan Energi Listrik

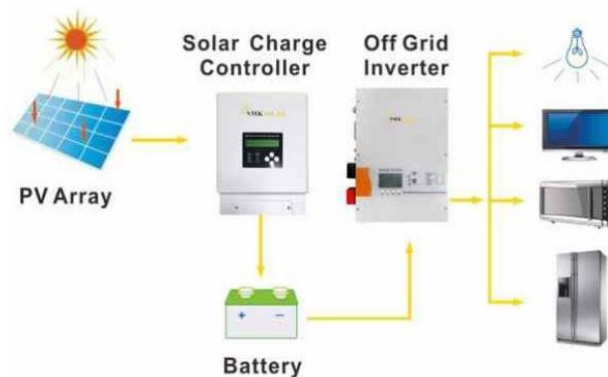
Untuk memperhitungkan kebutuhan energi listrik, perlu dianalisis semua peralatan listrik yang tersambung pada listrik di pos satpam. Tabel 1 memperlihatkan beban semua peralatan listrik dan durasi pemakaiannya selama satu hari. Total energi listrik yang dibutuhkan dalam sehari adalah 4.384 Wh.

Tabel 1. Beban Peralatan Elektronik AC yang dihubungkan ke PLTS

No	Beban AC	Jumlah (buah)	Daya (Watt)	Lama menyala (jam)	Energi (Wh)
1	CCTV	8	12	24	2 304
2	Lampu Teras	4	15	13	780
3	Termos Listrik	1	400	1	400
4	Panci Listrik	1	400	1	400
5	Stop Kontak	4	25	5	500
Total					4 384

2) Disain PLTS

Dalam langkah disain PLTS mencakup disain komponen elektronika yang menjadi bagian dari PLTS serta disain penempatan PLTS. Komponen elektronika yang menjadi bagian sistem PLTS akan dipilih sesuai perhitungan (Suryanto and Anshar, 2024). Komponen elektronika yang dibutuhkan untuk sistem PLTS mencakup panel surya, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, dan inverter seperti yang dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Skema Proses Pemanfaatan Energi Surya (Samsurizal et al., 2021)

a. Perhitungan Kebutuhan Modul Panel Surya

Setelah mendapatkan total energi listrik yang dibutuhkan sebesar 4.384 Wh seperti yang ditampilkan dalam Tabel 1, maka dihitung kapasitas modul panel surya yang dibutuhkan dengan Pers. (1) dengan waktu penyinaran panel surya maksimal 5 jam dalam sehari.

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Modul Panel Surya} &= \frac{\text{Total Energi}}{\text{Waktu Pengisian Maksimal}} && \text{Pers. (1)} \\
 \text{Kapasitas Modul Panel Surya} &= \frac{4384 \text{ Wh}}{5 \text{ jam}} \\
 \text{Kapasitas Modul Panel Surya} &= 876,8 \text{ Watt} - \text{peak}
 \end{aligned}$$

Karena modul panel surya yang dipilih berkapasitas 300 Wp, maka dibutuhkan 3 buah modul panel surya 300 Wp jenis *monocrystalline* yang dirangkai secara seri.

b. Perhitungan Kebutuhan Baterai

Setelah didapatkan kapasitas modul panel surya yang digunakan, selanjutnya dihitung kapasitas arus kerja peralatan listrik yang digunakan dengan menggunakan Pers. (2).

$$\begin{aligned}
 \text{Arus Kerja Peralatan Listrik} &= \frac{\text{Daya Peralatan Listrik}}{\text{Tegangan Kerja Peralatan Listrik}} && \text{Pers. (2)} \\
 \text{Arus Kerja CCTV} &= \frac{\text{Daya CCTV}}{\text{Tegangan Kerja CCTV}} = \frac{8 \times 12 \text{ Watt}}{220 \text{ Volt}} = 0,44 \text{ A} \\
 \text{Arus Kerja Lampu Teras} &= \frac{\text{Daya Lampu Teras}}{\text{Tegangan Kerja Lampu Teras}} = \frac{4 \times 15 \text{ Watt}}{220 \text{ Volt}} = 0,27 \text{ A} \\
 \text{Arus Kerja Termos Listrik} &= \frac{\text{Daya Termos}}{\text{Tegangan Kerja Termos Listrik}} = \frac{400 \text{ Watt}}{220 \text{ Volt}} = 1,82 \text{ A} \\
 \text{Arus Kerja Panci Listrik} &= \frac{\text{Daya Panci}}{\text{Tegangan Kerja Panci Listrik}} = \frac{400 \text{ Watt}}{220 \text{ Volt}} = 1,82 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\text{Arus Kerja Stop Kontak} = \frac{\text{Daya Stop Kont}}{\text{Tegangan Kerja Stop Kontak}} = \frac{4 \times 25 \text{ Watt}}{220 \text{ Volt}} = 0,46 \text{ A}$$

Selanjutnya dihitung kapasitas arus peralatan listrik dengan Pers. (3).

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Arus Peralatan Listrik} &= \text{Arus Kerja} \times \text{Lama Menyala} && \text{Pers. (3)} \\ \text{Kapasitas Arus CCTV} &= 0,44 \text{ A} \times 24 \text{ jam} = 10,56 \text{ Ah} \\ \text{Kapasitas Arus Lampu Teras} &= 0,27 \text{ A} \times 13 \text{ jam} = 3,51 \text{ Ah} \\ \text{Kapasitas Arus Thermos Listrik} &= 1,82 \text{ A} \times 1 \text{ jam} = 1,82 \text{ Ah} \\ \text{Kapasitas Arus Panci Listrik} &= 1,82 \text{ A} \times 1 \text{ jam} = 1,82 \text{ Ah} \\ \text{Kapasitas Arus Stop Kontak} &= 0,46 \text{ A} \times 5 \text{ jam} = 2,3 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Sehingga kapasitas arus total baterai adalah $10,56 \text{ Ah} + 3,51 \text{ Ah} + 1,82 \text{ Ah} + 1,82 \text{ Ah} + 2,3 \text{ Ah}$ yaitu $20,01 \text{ Ah}$. Syarat maksimum penggunaan kapasitas baterai sebesar 80% sehingga kapasitas baterai dapat dihitung dengan Pers. (4).

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Baterai} &= \text{Kapasitas Arus Total Baterai} \times 80\% && \text{Pers. (4)} \\ &= 20,01 \text{ Ah} \times 80\% \\ &= 16,01 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan kapasitas baterai, maka selanjutnya dapat ditentukan daya tahan baterai dalam satu jam yang digunakan pada PLTS skala kecil dengan Pers. (5).

$$P = V \times I = 12 \text{ V} \times 16,01 \text{ Ah} = 192,12 \text{ Wh} \quad \text{Pers. (5)}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar $16,01 \text{ Ah}$ dan daya tahan baterai dalam satu jam adalah $192,12 \text{ Wh}$. Dengan pemilihan baterai 100 Ah , maka jumlah baterai yang dibutuhkan dapat dihitung dengan Pers. (6).

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Total Energi}}{\text{Tegangan} \times \text{Kapasitas Baterai}} = \frac{4384 \text{ Wh}}{12 \text{ V} \times 100 \text{ Ah}} = 3,65 \quad \text{Pers. (6)}$$

Baterai yang digunakan hanya 3 buah 12 V , 100 Ah dengan jenis VRLA AGM (*Valve Regulated Lead Acid*) dengan alasan stop kontak tidak akan selalu terpakai.

c. Perhitungan Kebutuhan Solar Charge Controller (SCC)

Setelah mendapatkan kapasitas besar baterai yang digunakan, maka selanjutnya dapat ditentukan besar kapasitas SCC dengan Pers. (7) dengan asumsi $I_{sc} = 8,8 \text{ A}$.

$$I = 125\% \times I_{sc} \times 3 = 125\% \times 8,8 \text{ A} \times 3 = 33 \text{ A} \quad \text{Pers. (7)}$$

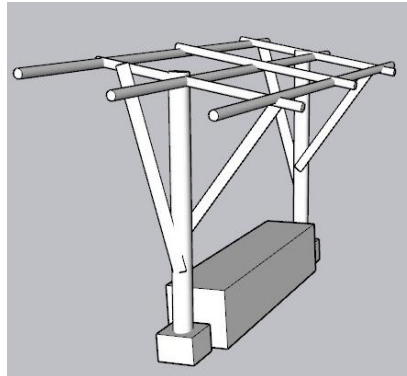
Jika arus yang dibutuhkan pada SCC untuk 1 buah panel 300 Wp adalah 33 A, maka kapasitas SCC yang dibutuhkan adalah $3 \times 33 \text{ A}$ yaitu 99 A, sehingga dipilih SCC dengan kapasitas 100 A.

d. Perhitungan Kebutuhan Inverter

Dalam perencanaan kapasitas inverter, yang dilakukan adalah menentukan total energi yang digunakan dengan mengalikan daya beban terhadap lama pemakaian dari beban AC yang digunakan. Energi total dihitung dalam satuan Wh. Setelah mengetahui total energi yang dibutuhkan pada PLTS, maka daya inverter bisa lebih dan tidak boleh kurang dari total daya beban seperti nampak dalam Pers. (8). Jika $P_{maks \text{ load}} = 4 \text{ 384 Wh}$, maka dipilih inverter 5 000 W.

$$P_{inv} > P_{maks \text{ load}} \quad \text{Pers. (8)}$$

Jumlah panel surya 300 Wp yang dibutuhkan ada 3 buah. Panel surya 300 Wp berukuran 1640 x 992 x 35 mm. Gambar 3 memperlihatkan disain tiang untuk panel surya yang digunakan. Panel surya didisain dipasang di atas tiang setinggi 3 m supaya dapat menangkap cahaya matahari secara optimal.



Gambar 3. Disain tiang panel surya

3) Perakitan PLTS

Sesuai dengan hasil perhitungan dan disain, komponen elektronika PLTS yang telah dipilih kemudian dirakit.

4) Pengujian PLTS

Setelah semua komponen dirakit, selanjutnya dilakukan pengujian sistem PLTS per bagian untuk mengetahui fungsional masing-masing bagian. Selanjutnya dilakukan pemasangan dan pengujian dalam lingkungan yang sebenarnya yaitu di pos satpam

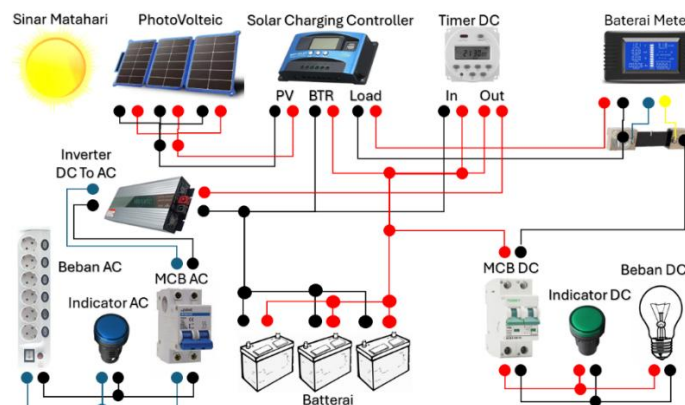
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari tahap perancangan adalah komponen elektronika yang dibutuhkan untuk sistem PLTS. Komponen elektronika yang dibutuhkan dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Komponen Elektronika Panel Surya

No	Peralatan	Spesifikasi	Jumlah
1	Fotovoltaik/Panel Surya	300 Wp	3 buah
2	Solar Charger Control (MPPT)	100 A	1 buah
3	Baterai/ACCU VRLA	12V 100Ah	3 buah
4	Inverter DC to AC (MSW)	4000 Watt	1 buah
5	Box panel	-	1 buah
6	MCB AC	20 A	1 buah
7	Konektor	MC4	1 buah
8	Lampi indikator panel	-	2 buah
9	Kabel Tinned Copper 10 meter	PV1 6mm	10 rol
10	Fitting Lampu	-	4 buah
11	Lampu LED Phillip	10 Watt	4 buah
12	Stop Kontak Broco	5 L	1 buah
13	Tiang panel surya	-	1 buah

Setelah komponen semua terkumpul, dilanjutkan dengan perakitan komponen. Panel surya diletakkan di atas tiang. Komponen SCC dan inverter diletakkan di dalam panel. Baterai diletakkan di luar panel karena ukurannya cukup besar. Komponen PLTS dirakit dengan pengkabelan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Pengkabelan sistem PLTS

Gambar 5 memperlihatkan sistem PLTS lengkap yang sudah dipasang di pos satpam. Sistem PLTS yang dipasang dapat menyuplai daya untuk beban tegangan DC berupa LED strip dan lampu sorot serta dapat menyuplai beban tegangan AC berupa televisi, CCTV, lampu, dan peralatan listrik lain yang biasa digunakan pada malam hari oleh petugas satpam.



Gambar 5. Sistem PLTS yang Sudah Terpasang

Setelah dirakit, PLTS diuji secara kontinyu dalam satu hari untuk melihat kemampuan panel surya dalam menangkap cahaya matahari dalam berbagai kondisi cuaca dan mengonversinya menjadi tegangan dan arus yang masuk ke baterai. Pengujian PLTS tanpa beban dilakukan pada siang hari tanggal 17 September 2023 mulai dari jam 07.00 WIB - 17.00 WIB di lingkungan sekitar pos satpam. Pengujian dilakukan untuk melihat seberapa besar proses pengisian baterai menggunakan sel surya. Kapasitas baterai yang akan diuji adalah 12 V/100 Ah sebanyak 1 buah dan sel surya sebesar 300 WP sebanyak 3 buah. Alat ukur yang digunakan yaitu multimeter digital dan jam. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian sistem PLTS.

Hasil pengujian pada sistem PLTS menunjukkan bahwa tegangan luaran dari panel surya dan pada baterai tidak lebih dari 13 V. Arus yang dikeluarkan oleh panel surya dan baterai juga sebanding dengan kondisi cahaya matahari di saat tertentu, dimana ketika mendung dan berawan arus yang keluar dari panel surya kecil sedangkan pada saat cerah, arus yang keluar dari panel surya lebih besar (Haryudo and Ramadhani, 2024; Palevi et al., 2022). Dengan tegangan baterai yang cukup stabil, maka sistem PLTS ini dapat digunakan untuk mensuplai energi listrik untuk peralatan listrik DC maupun AC. Hasil penelitian ini selaras dengan hasil penelitian lain yang menyatakan bahwa PLTS Off grid dapat digunakan untuk mensuplai peralatan listrik rumah tangga (Napitupulu et al., 2023; Rivaldi et al., 2024; Zulfar et al., 2021).

Dengan adanya sistem PLTS ini, CCTV dan peralatan listrik lainnya tidak perlu lagi menggunakan sumber daya listrik dari PLN yang ada di rumah warga sehingga keamanan lingkungan juga tetap terjaga dengan baik. Sistem PLTS dapat membangkitkan energi listrik secara mandiri dengan memanfaatkan energi surya yang ramah lingkungan. Meskipun dalam porsi kecil, penggunaan sistem PLTS dapat memberikan kontribusi terhadap pengurangan emisi karbon. Sistem PLTS sejenis ini dapat dijadikan sebagai model replikasi bagi sistem keamanan di tempat lain dengan kondisi serupa.

Tabel 3. Hasil Pengujian Pengisian Arus dari Panel Surya ke Baterai

Jam (WIB)	Cuaca	V _{oc} (V)	V _{sc1} (V)	I _{sc1} (A)	V _{sc2} (V)	I _{sc2} (A)	Daya (W)
07.00	Mendung	34,2	11,33	2,2	11,23	2,17	24,37
08.00	Cerah	35,4	11,45	4,3	11,34	4,29	48,65
09.00	Cerah	36,2	11,67	7,6	11,56	7,58	87,62
10.00	Cerah	36,7	11,75	9,2	11,68	9,19	107,34
11.00	Cerah	37,1	11,98	9,4	11,88	9,38	111,55
12.00	Cerah	36,9	12,12	10,18	11,97	10,15	121,5
13.00	Cerah	36,8	12,24	11	12,11	10,9	132,97
14.00	Berawan	35,7	12,26	7,86	12,19	7,85	95,57
15.00	Berawan	35,5	12,26	5,5	12,23	5,45	66,65
16.00	Mendung	34,5	12,31	4,9	12,37	3,87	47,48
17.00	Mendung	35,2	12,36	1,3	12,32	1,28	15,77
Total daya yang masuk ke baterai							859,48
Rata-rata daya per baterai per jam							71,62

Keterangan:

V_{oc} : Tegangan open circuit panel surya

V_{sc1} : Tegangan pada panel surya

I_{sc1} : Arus dari panel surya ke SCC

V_{sc2} : Tegangan pada baterai

I_{sc2} : Arus dari SCC ke baterai

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem PLTS yang telah dirancang dan diimplementasikan berfungsi dengan baik dan mampu memenuhi kebutuhan energi listrik di pos satpam. Sistem ini secara konsisten mampu menyuplai daya bagi perangkat-perangkat penting seperti CCTV, lampu penerangan, dan peralatan elektronik lainnya yang mendukung aktivitas pengawasan dan keamanan. Tegangan keluaran dari baterai stabil sehingga sangat cocok digunakan sebagai sumber energi untuk perangkat listrik bertegangan searah (DC). Selain itu, melalui penggunaan inverter, energi dari baterai juga dapat dimanfaatkan untuk mengoperasikan perangkat bertegangan bolak-balik (AC). Kinerja sistem juga menunjukkan ketahanan yang cukup baik terhadap variasi cuaca, di mana sistem masih mampu menyuplai energi meskipun intensitas sinar matahari menurun akibat kondisi mendung. Dengan demikian, sistem PLTS ini terbukti handal sebagai solusi energi mandiri dan ramah lingkungan untuk menunjang operasional pos satpam secara berkelanjutan.

Untuk menjaga kinerja sistem PLTS tetap optimal, disarankan dilakukan pemeliharaan berkala seperti pembersihan panel surya dari debu dan kotoran, pengecekan sambungan kabel, serta pemeriksaan kondisi baterai. Penerapan sistem monitoring digital (berbasis IoT atau data logger) akan sangat membantu dalam memantau performa harian sistem, mendeteksi gangguan lebih dini, dan menganalisis efisiensi sistem secara real-time. Penggunaan peralatan listrik hemat energi (low power consumption) sangat dianjurkan agar kapasitas PLTS yang tersedia dapat dimanfaatkan secara maksimal dan memperpanjang usia baterai.

Daftar Rujukan

- Bahreisy, M.I., 2021. Penggunaan Solar Cell sebagai Pembangkit Listrik untuk Water Pump Akuarium, Lampu Akuarium, dan Pemberi Pakan Ikan Otomatis.
- Bishriy, A., 2021. Suitcase Battery Soller Cell Portable Sebagai Sumber Listrik Tanggap Daerah Kabupaten Malang.
- Fadli, V.L., Sulistiyowati, R., 2021. Perancangan Prototype dan Simulasi PLTS untuk Penerangan Jalan Umum di Caruban. Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika. <https://doi.org/10.31284/p.snestik.2021.1692>
- Gumilar, L., Hidayat, W.N., Sias, Q.A., Asfani, K., Muadzib, A., Fakhri, A.S., Mistakim, E., Ardiansyah, M.R., 2022. Renewable Energy Sebagai Solusi Penunjang Energi Listrik di Kawasan Kampung Tematik Lingkungan RT 09 RW 06 Kelurahan Penanggung Kecamatan Klojen Kota Malang. Prosiding Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat 2022(SNPPM-2022).
- Haryudo, S.I., Ramadhani, R., 2024. Analisis Pengaruh Perubahan Intensitas Cahaya Terhadap Efektifitas Panel Surya Berbasis IoT Esp32. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan 10, 599–608. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14574077>
- Jaya, R.R.K., Sutedjo, Eviningsih, R.P., 2021. Pemanfaatan Panel Surya Hybrid Untuk Beban CCTV Outdoor Berbasis Kontrol Fuzzy Logic. Jurnal INOVTEK 3.
- Napitupulu, J., Sholeha, D., Sinaga, J., Sitohang, R., Napitupulu, R., 2023. Study Perencanaan PLTS Sistem Off Grid Skala Kecil Rumah Tangga. Jurnal Darma Agung 31. <https://doi.org/10.46930/ojsuda.v31i2.2998>
- Palevi, B.R.P.D., Saleh, C., Megawati, C.D., 2022. Perancangan Sistem Pemantauan Uji Karakteristik Daya Keluaran Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline untuk Kepentingan Riset dan Pendidikan. Prosiding SENIATI 6, 507–512. <https://doi.org/10.36040/seniati.v6i3.5087>
- Rivaldi, M.R., Nandika, R., Gunoto, P., 2024. Perancangan PLTS 200Wp untuk Penerangan Lampu pada Ruang Selasar Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan. SIGMA TEKNIKA 7, 145–157. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v7i1.6357>
- Samsurizal, Mauriraya, K.T., Fikri, M., Pasra, N., Christiono, 2021. Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Institut Teknologi PLN, Cengkareng.
- Sumadi, S., Sulistiyanti, S.R., Setyawan, F.A., 2019. Pemanfaatan Lampu Tenaga Surya Sebagai Lampu Penerangan Jalan di Pekon Kiluan Negeri Kabupaten Tanggamus. JSS 3, 98. <https://doi.org/10.23960/jss.v3i3.160>
- Suryanto, Anshar, M., 2024. Buku Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ujung Pandang.
- Zuhriansyah, N., 2020. Perbedaan Kinerja Pompa DC dan Pompa AC Bertenaga Surya.
- Zulfiar, M.H., Supangkat, G., Iswanto, I., Syahputra, R., Muallidin, I., 2021. Pengenalan Teknologi PLTS sebagai Sumber Energi Terbaharukan untuk Rumah Tangga di Sleman. Prosiding Seminar Nasional Program Pengabdian Masyarakat. <https://doi.org/10.18196/ppm.45.665>