

Implementasi Rancang Bangun dan Instalasi Sistem PLTS untuk Penerangan pada Balai Pengajian Darul Hidayah Desa Deunong Aceh Besar

Tarmizi Tarmizi*, Fathurrahman Fathurrahman, dan Yunida Yunida
Departemen Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Syech Abd Rauf no 7, Darussalam, Kota Banda Aceh, 23111
*e-mail: mizi@usk.ac.id

Abstrak— Desa Deunong yang terletak di Kecamatan Darul Imarah, Kabupaten Aceh Besar, merupakan salah satu desa binaan Universitas Syiah Kuala (USK) yang menghadapi tantangan signifikan dalam infrastruktur penerangan. Balai Pengajian Darul Hidayah, yang menjadi tempat utama kegiatan pengajian Al-Qur'an pada malam hari, tidak dapat difungsikan karena ketiadaan sistem penerangan. Untuk mengatasi permasalahan ini, dirancang dan dipasang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai bagian dari program Pengabdian Kepada Masyarakat berbasis produk. Sistem ini dirancang di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik USK dengan konfigurasi off-grid, terdiri dari 4 modul surya (100 Wp), 2 baterai seri dengan total kapasitas 200 Ah, dan inverter 3000 W, yang mampu memenuhi kebutuhan energi harian sebesar 1890 Wh. Proyek ini juga melibatkan pelatihan kepada mitra komunitas tentang instalasi dan pemeliharaan sistem untuk memastikan keberlanjutan. Sistem PLTS ini berhasil menyediakan penerangan bagi balai pengajian dan jalan akses menuju balai, sehingga kegiatan pengajian dapat kembali dilaksanakan dengan lancar. Inisiatif ini menunjukkan potensi solusi energi terbarukan dalam meningkatkan infrastruktur pedesaan dan mendukung pengembangan masyarakat.

Kata kunci: Desa Deunong, Balai Pengajian Darul Hidayah, PLTS, energi terbarukan, pengembangan masyarakat

Abstract— Deunong Village, located in Darul Imarah District, Aceh Besar Regency, is one of the guided villages of Universitas Syiah Kuala (USK) facing significant challenges in lighting infrastructure. The Darul Hidayah Study Hall, a critical venue for Quran recitation activities held nightly, has remained non-operational due to the absence of proper lighting systems. To address this issue, a Solar Power Plant (PLTS) system was designed and implemented as part of a product-based Community Service Program. The system, designed at the Electrical Power Systems Laboratory of USK, features an off-grid configuration consisting of 4 solar modules (100 Wp each), 2 series-connected batteries with a total capacity of 200 Ah, and a 3000 W inverter. This setup effectively supplies a daily energy requirement of 1890 Wh. The project included training for community partners on installation and maintenance to ensure long-term functionality. The PLTS system now provides reliable lighting for the study hall and its access roads, allowing nighttime Quran recitation activities to resume without disruption. This initiative highlights the potential of renewable energy solutions in improving rural infrastructure and fostering community development.

Keywords: Deunong Village, Darul Hidayah Study Hall, solar power system, renewable energy, community development

I. PENDAHULUAN

Desa Deunong adalah sebuah desa di Kecamatan Darul Imarah, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh, dengan luas wilayah 2.969,00 km² dan jumlah penduduk sekitar 384.661 jiwa. Wilayah ini terbagi menjadi 4 dusun, yaitu Simpang, Kubeh, Jempa, dan Meura. Desa ini juga berbatasan langsung dengan Kota Banda Aceh di sebelah utara, Peukan Bada dan Lhoknga di sebelah barat, Lhoknga dan Darul Kamal di sebelah selatan, serta Ingin Jaya di sebelah timur. Desa ini memiliki kondisi alam berupa persawahan dan perkebunan dengan tanah yang subur, sehingga mayoritas penduduknya berprofesi sebagai petani dan peternak [1].

Balai pengajian adalah salah satu lembaga pendidikan non-formal yang berperan dalam meningkatkan sumber daya manusia (SDM) masyarakat khususnya masyarakat muslim. Aktivitas pengajian pada balai pengajian Darul Hidayah Desa Deunong umumnya dilaksanakan di malam hari. Namun tidak adanya penerangan pada balai pengajian mengakibatkan terhambatnya aktivitas untuk dilakukan, pada awalnya pengajian dilaksanakan pada mushola sekitar namun beriringnya waktu, murid yang ingin mendaftar bertambah sehingga tidak memungkinkan lagi dilaksanakan pada mushola tersebut. Oleh sebab itu, pimpinan balai pengajian darul hidayah membangun balai pengajian. Upaya untuk mengatasi masalah ini kami mengusulkan kegiatan

Pengabdian kepada Masyarakat Berbasis Produk (PKMBP) melalui perancangan dan pemasangan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan instalasi listrik di Balai Pengajian Darul Hidayah Desa Deunong dan di jalan menuju balai sebagai solusi yang diusulkan dalam rangka pengabdian kepada masyarakat, meskipun terkendala oleh jarak yang cukup jauh dari Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala yaitu sekitar ± 16 Km.

Pemanfaatan energi surya dalam membangun suatu sistem PLTS telah dilakukan pada banyak penelitian dan program pengabdian kepada masyarakat. Akan tetapi, sistem PLTS belum tersedia secara masif di Provinsi Aceh terutama di Kabupaten Aceh Besar. Menurut Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Aceh [2], potensi energi surya di Aceh saat ini mencapai 7.881 MW yang merupakan potensi energi baru terbarukan (EBT) terbesar setelah potensi hidro dan angin yang masing-masing sebesar 5.147 MW dan 231 MW.

Mitra program PKMBP yang diusulkan menunjukkan potensi yang sangat layak untuk dikembangkan, terutama dalam bidang pendidikan. Mereka yang merupakan ustaz sekaligus petani mengungkapkan bahwa kegiatan mengaji *non-formal* yang dilaksanakan setiap malam hari merupakan upaya penting dalam memberikan pendidikan agama kepada anak-anak. Namun, permasalahan muncul karena kondisi gelap di sekitar balai pengajian dan jalan menuju ke sana, disebabkan oleh kurangnya penerangan dan ketiadaan jaringan listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN) di lokasi tersebut. Oleh karena itu, berdasarkan kesimpulan dari diskusi dengan mitra PKMBP, perbaikan fasilitas pencahayaan dan penyediaan listrik oleh PT. PLN adalah prioritas dalam program pengabdian yang diusulkan.

II. METODE

A. Lokasi Pelaksanaan Kegiatan

Balai pengajian adalah salah satu Lembaga Pendidikan yang berperan dalam meningkatkan sumber daya manusia (SDM) masyarakat khususnya masyarakat muslim. Balai Pengajian Darul Hidayah merupakan salah satu balai pengajian yang terdapat di Desa Deunong yang terletak di Kecamatan Darul Imarah, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Aktivitas pengajian pada balai pengajian Darul Hidayah umumnya dilaksanakan di malam hari. Namun hingga saat ini balai pengajian tersebut belum dapat difungsikan karena tidak ada penerangan listrik. Kondisi balai pengajian Darul Hidayah seperti di tunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Balai pengajian Darul Hidayah desa Deunong.

Pemasangan listrik oleh PT. PLN belum terealisasi dikarenakan tiang distribusi akhir di desa tersebut sangat

jauh dengan balai pengajian Darul Hidayah. Maka dari itu melalui PKMBP pengusul menyimpulkan untuk melakukan pengabdian kepada masyarakat yaitu perancangan dan pemasangan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pemasangan instalasi listrik pada balai serta jalan menuju balai.

B. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Secara umum, tahapan pelaksanaan kegiatan PKMBP ini diilustrasikan pada Gambar 2 yang terdiri dari beberapa tahapan dimulai dari analisis potensi energi surya sebagai sumber pembangkit, pembuatan sistem PLTS yang terdiri dari modul, inverter, rangka dan kotak panel, hingga tiang lampu, pemasangan sistem PLTS dan instalasi listrik, hingga pelatihan mitra di Balai Pengajian Darul Hidayah Desa Deunong.

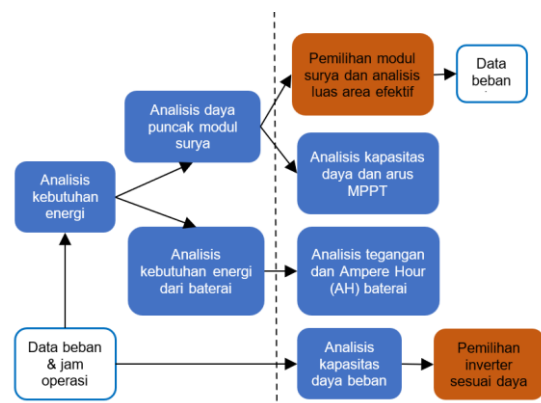


Gambar 2. Tahapan pelaksanaan kegiatan PKMBP di desa Deunong.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Energi Harian dan Kebutuhan Sistem PLTS

Pengumpulan data dan perhitungan energi harian beban dilakukan melalui pengukuran dan survei lapangan selama 30 hari mulai dari tanggal 11 Juni hingga 12 Juli 2023. Data beban dan operasi harian dibutuhkan untuk menganalisis besar energi surya dan kapasitas maksimum yang diperlukan untuk perancangan sistem yang meliputi, pemilihan modul surya dan analisis kapasitas daya serta arus modul *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), analisis tegangan dan *Ampere Hour* (AH) baterai, hingga pemilihan inverter daya yang sesuai seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3. Perancangan sistem memakan waktu selama 3 bulan hingga bulan Oktober dan pemasangan serta pendampingan memakan waktu selama 1 bulan.



Gambar 3. Tahapan analisis kebutuhan energi harian sistem PLTS di desa Deunong.

Tahapan analisis kebutuhan energi harian untuk sistem PLTS di Desa Deunong melibatkan langkah-langkah yang terstruktur. Pertama, dilakukan pengumpulan data beban dan jam operasi perangkat untuk mengetahui kebutuhan energi harian. Data ini digunakan dalam analisis kebutuhan energi,

termasuk analisis daya puncak modul surya dan kebutuhan energi dari baterai. Selanjutnya, modul surya dipilih berdasarkan daya puncak dan luas area efektifnya, sementara kapasitas daya dan arus MPPT juga dianalisis untuk memastikan efisiensi sistem. Selain itu, analisis kebutuhan energi dari baterai melibatkan perhitungan tegangan dan kapasitas AH baterai yang diperlukan. Tahap akhir adalah

analisis kapasitas daya beban yang disesuaikan dengan kebutuhan operasional, diikuti dengan pemilihan inverter yang sesuai dengan daya sistem untuk memastikan kelayakan teknis dan operasional dari keseluruhan sistem PLTS.

Tabel 1. Hasil Perhitungan kebutuhan energi listrik harian di Balai Pengajian Darul Hidayah

No	Jenis Beban	Jumlah	Daya (W)		Operasi per Hari (Jam)		Kebutuhan energi harian per beban (Wh)		Kebutuhan Energi Harian Total (Wh)
			Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam	
1	Lampu LED	3	0	15	0	10	0	450	450
2	Lampu (PJU)	2	0	60	0	12	0	1440	1440
	Total			65		22		1890	1890

1. Kebutuhan Energi Harian

Pada tahapan ini diperoleh juga diperoleh data denah lokasi berupa panjang, lebar, dan tinggi balai, jarak antar bangunan di sekelilingnya dan perkiraan jarak antar tiang lampu, panel surya, dan jarak balai dengan jalan. Hasil survei lapangan kemudian dianalisis untuk mendapatkan data kebutuhan energi listrik untuk perencanaan dan pembangunan sistem PLTS di Balai Pengajian Darul Hidayah yaitu sebesar 1890 Wh atau 1,89 kWh seperti yang disajikan pada Tabel 1.

2. Daya Puncak

Tahapan selanjutnya adalah perhitungan daya puncak PLTS dengan mempertimbangkan tingkat radiasi rata-rata matahari di Kota Banda Aceh dan sekitarnya sebesar 4,5 kWh/m² [3] dan data hasil perhitungan kebutuhan energi harian pada Tabel 1. Daya puncak PLTS yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Puncak (kWp)} &= \frac{\text{Energi Harian Total}}{\text{Tingkat radiasi rata-rata}} \quad (1) \\
 &= \frac{1,89 \text{ kWh}}{4,5 \text{ kWh/m}^2} \\
 &= 0,42 \text{ kWp}.
 \end{aligned}$$

Nilai tersebut kemudian ditambah dengan rugi-rugi sistem sebesar 15-25% dari daya puncak. Sehingga nilai daya puncak total yang dibutuhkan setelah penambahan rugi-rugi bernilai antara 0,46-0,50 kWp.

3. Luas Area

Langkah selanjutnya adalah perhitungan luas area efektif yang dibutuhkan untuk pembangunan sistem PLTS dengan efisiensi modul surya sebesar 0,14 kWp/m². Luas area peletakan modul surya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Area (m}^2\text{)} &= \frac{\text{Daya Puncak Maksimum}}{\text{Efisiensi Modul Surya}} \quad (2) \\
 &= \frac{0,50 \text{ kWp}}{0,14 \text{ kWp/m}^2} \\
 &= 3,57 \text{ m}^2.
 \end{aligned}$$

Perlu diperhatikan bahwa area ini merupakan luas area modul surya, tanpa memperhitungkan jarak antar rangkaian modul surya untuk instalasi dan perawatan, jarak antara pagar, dan lain sebagainya. Untuk mengakomodasi semua

komponen tersebut, maka hasil perhitungan di atas perlu dikali dua. Sehingga total luas area yang dibutuhkan adalah 7,14 m² [4].

4. Jumlah Modul Surya

Tahapan selanjutnya untuk mendapatkan kebutuhan energi dan baterai PLTS adalah menghitung jumlah modul surya yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Modul} &= \frac{\text{Total Daya Puncak}}{\text{Daya Puncak per Modul}} \quad (3) \\
 &= \frac{400}{100} = 4 \text{ unit}.
 \end{aligned}$$

5. Kebutuhan Energi Baterai

Selanjutnya perhitungan besar energi baterai yang diperlukan diperoleh berdasarkan data jumlah hari kerja, yang ditentukan berdasarkan kondisi awan di daerah setempat. Jika daerah tersebut sering tertutup awan (seperti daerah pegunungan), maka disarankan untuk menggunakan 3 hari otonomi dalam perhitungan [5]. Jika daerah tersebut relatif cerah sepanjang tahun, maka jumlah hari otonomi cukup 2 hari [6]. Desa Deunong termasuk daerah yang relatif cerah sepanjang tahun, sehingga besar kebutuhan energi dan baterai dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Energi Baterai} &= \text{Kebutuhan Energi Harian Total} \times \text{hari operasi} \quad (4) \\
 &= 1890 \text{ Wh} \times 2 \\
 &= 3780 \text{ Wh}.
 \end{aligned}$$

6. Jumlah Baterai

Data yang dibutuhkan dalam menentukan spesifikasi dari baterai adalah tegangan dalam VDC, AH, dan *Depth-of-Discharge* (DoD). Baterai yang digunakan dalam sistem PLTS ini ialah baterai dengan ukuran 100 AH 12 VDC dengan DoD sebesar 80%. Tegangan sistem sebesar 24 VDC dan daya inverter sebesar 3000 Watt [7]. Sehingga jumlah baterai dapat diperoleh dengan menghitung jumlah serial dan paralel baterai, yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Baterai Serial} &= \frac{\text{Tegangan Kerja Sistem (VDC)}}{\text{Tegangan Kerja Unit Baterai (VDC)}} \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$= \frac{24}{12} = 2 \text{ seri.}$$

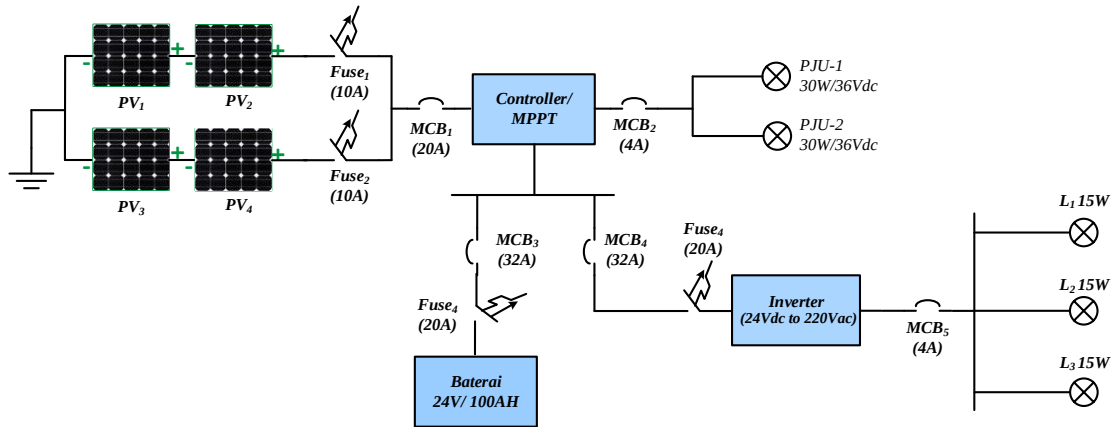
Jumlah Baterai Paralel

(6)

$$= \frac{\text{Kebutuhan Energi Baterai (Wh)}}{\text{Tegangan Kerja Unit Baterai (VDC) \times AH \times DOD}}$$

$$= \frac{3870}{24 \times 3000 \times 0,8} = 0,067 \approx 1 \text{ paralel.}$$

Jadi total baterai yang dibutuhkan untuk sistem PLTS di Desa Deunong adalah 2 seri $\times$ 1 paralel = 2 unit baterai.



Gambar 4. Diagram rangkaian perencanaan PLTS off-grid di Balai Pengajian Darul Hidayah.

7. Jumlah Modul MPPT

Input daya dan arus MPPT ditentukan oleh daya puncak modul surya (W_p), sedangkan *output* daya dan arus *Silicon controlled rectifier* (SCR) ditentukan oleh tegangan kerja sistem baterai (VDC) yaitu dengan perincian sebagai berikut:

- Total daya MPPT > 3000 W
- Total arus MPPT > 125 A
- Tegangan sistem = 24 VDC

Sehingga total jumlah modul MPPT yang dibutuhkan adalah:

Jumlah Modul MPPT

$$= \frac{\text{Total Arus MPPT (A)}}{\text{Kapasitas Arus MPPT (A)}} \quad (7)$$

$$= \frac{125}{100} = 1,25 \approx 1 \text{ unit.}$$

B. Hasil Perancangan Sistem PLTS

Perancangan rangkaian sistem PLTS ini dilakukan dalam tiga tahapan yaitu: (1) Perencanaan dan pemasangan sistem PLTS off-grid, (2) Instalasi penerangan di balai pengajian, dan (3) Pemasangan lampu jalan (PJU). Berdasarkan dari beberapa tahapan yang telah dilakukan, kemudian diperoleh perancangan dan pemasangan PLTS untuk balai pengajian Darul Hidayah pada Desa Deunong, Kecamatan Darul Imarah, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Jenis PLTS yang dirancang yaitu PLTS off-grid yang merupakan sistem PLTS yang output daya listriknya secara mandiri menyuplai listrik ke jaringan distribusi pelanggan atau tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN.

Perencanaan sistem PLTS off-grid yang rancang diilustrasikan pada Gambar 4 dengan 4 modul surya. Modul surya $PV_1 - PV_4$ memiliki karakteristik seperti pada Tabel

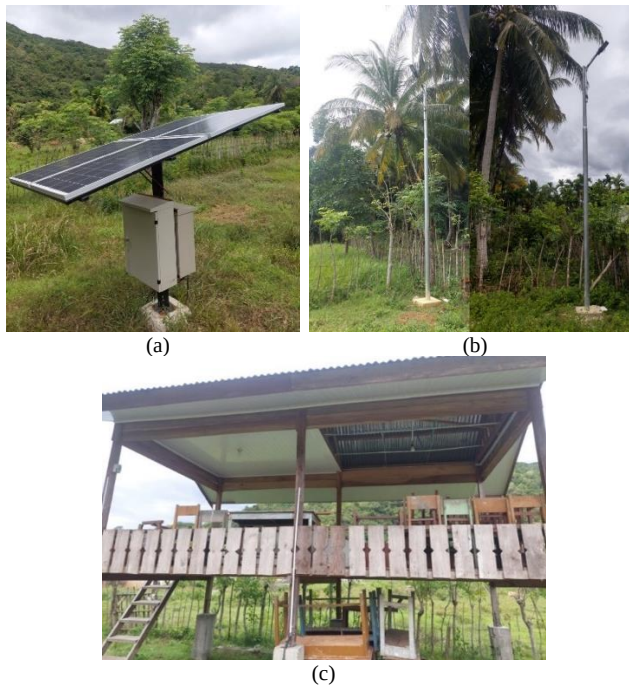
1. Hubungan seri dua modul surya menghasilkan tegangan maksimum 36,4 V dan daya total 400 W. Jenis baterai yang digunakan adalah *Lead Acid* (Kijo JM12-100) dengan tegangan nominal 12 V dan kapasitas nominal 100 Ah. Hasil perhitungan jumlah baterai seri pada Persamaan (5) dibutuhkan 2 buah baterai seri. Jika kedua baterai diseriakan sehingga diperoleh tegangan 24 V dan kapasitas 200 Ah. Jenis modul surya yang digunakan adalah Luminus 100P dengan spesifikasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik modul surya Luminus 100P

Parameter	Nilai
Daya Maksimum	100 W
Tegangan pada daya maksimum	18,2 V
Arus pada daya maksimum	5,49 A
Tegangan rangkaian terbuka	22,1V
Arus rangkaian terbuka	6,0 A
Efisiensi modul	14,96%

Modul surya $PV_1 - PV_4$ dipasang di atas frame, kontroler/MPPT, baterai, inverter, Fuse₁- Fuse₄ dan MCB₁- MCB₄ dipasang dalam kotak panel di bawah frame panel surya seperti pada Gambar 5(a). Sedangkan MCB₅ diletakkan di kotak MCB di dalam balai. Lampu PJU₁ dan PJU₂ dipasang pada tiang besi seperti pada Gambar 5(b), sedangkan lampu $L_1 - L_3$ dipasang di dalam balai seperti pada Gambar 5(c).

Berdasarkan Gambar 5(a), panel yang digunakan sebanyak 4 lembar dengan masing-masing kapasitas daya 100 Wp yang 2 pasang secara seri yang kemudian diparalelkan. Semua kabel instalasi ditanam ditanah dengan kondisi lingkungan yang terbuka dengan tambahan perlindungan seperti setelah pemasangan PLTS selesai maka pada MPPT menampilkan besar tegangan baterai sebesar 23 – 24 V, daya PV sebesar 50 – 200 Wp, tegangan PV sebesar 11-12 V, dan tegangan inverter sebesar 205 – 215 V.



Gambar 5. Pemasangan sistem PLTS (a) modul surya, (b) PDU, (c) lampu penerangan dalam balai

Sistem PLTS yang telah dipasang berkerja dengan baik dimana pada siang hari yang cerah (intensitas radiasi matahari 1000W/m^2) dapat menghasilkan daya pada beban 350 W, tegangan kerja 220 Volt dan frekuensi 50 Hz. Baterai yang telah diinstalasi pada kotak panel 200 VA telah terisi penuh (SOC 100%) saat matahari cerah dan mampu bekerja untuk menyuplai daya ke beban 65 W selama 3 hari saat cuaca tidak ada sinar matahari (berawan /hujan). Instalasi listrik dan lampu pada balai dan PDU bekerja dengan baik sehingga masyarakat dapat melakukan berbagai kegiatan pengajian di malam hari seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Suasana balai pengajian Darul Hidayah desa Deunong pada malam hari setelah instalasi PLTS dan penerangannya.

IV. KESIMPULAN

Program perancangan dan instalasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Balai Pengajian Darul Hidayah Desa Deunong telah berhasil memenuhi kebutuhan energi listrik sebesar 1890 Wh per hari. Sistem PLTS off-grid yang dirancang menggunakan 4 modul surya berdaya masing-masing 100 Wp, baterai dengan kapasitas total 200 Ah, dan inverter 3000 W. Sistem ini mampu menyediakan penerangan baik di balai pengajian maupun di jalan menuju balai. Pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja optimal bahkan saat kondisi cuaca mendung, dengan daya yang cukup untuk mendukung kegiatan pengajian malam hari. Selain itu, pelatihan yang diberikan kepada mitra membantu memastikan pemeliharaan sistem dapat dilakukan secara mandiri, sehingga keberlanjutan sistem terjamin. Hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energi surya dapat menjadi solusi efektif dan berkelanjutan untuk desa-desa yang belum terjangkau jaringan listrik PLN.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian ini didukung oleh pendanaan Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum (PTNBH) Universitas Syiah Kuala sesuai dengan Kontrak Pengabdian Kepada Masyarakat Berbasis Produk (PKMBP) Tahun Anggaran 2023 Nomor 524/UN11.2.1/PN.01.01/PNBP/2023.

REFERENSI

- [1] SIGAP (Accessed: 2 November 2023), Sistem Informasi Desa Deunong. [Online]. Available: <https://deunong.sigapaceh.id/>.
- [2] ESDM (Accessed: 2 November 2023). Dinas ESDM akan Fasilitas Investor yang Ingin Kembangkan EBT di Aceh. [Online]. Available: <https://esdm.acehprov.go.id/berita/kategori/esdm-aceh/dinas-esdm-akan-fasilitas-investor-yang-ingin-kembangkan-ebt-di-aceh>.
- [3] BPS, (Accessed: 2 November 2023), Rata-rata Penyinaran Matahari (Persen) Tahun 2013-2014. [Online]. Available: <https://aceh.bps.go.id/indicator/151/68/1/rata-rata-penyinaran-matahari.html>.
- [4] L. Halim, dan O. Sudjana, "Perancangan dan Implementasi Awal Solar Inverter untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid," *Jurnal Teknologi*, vol. 12, no.1, pp. 31–38, 2020.
- [5] M. Naim, "Rancangan sistem kelistrikan PLTS Off-Grid 1000 Watt di Desa Mahalona Kecamatan Towuti," *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol.9, no.1, pp. 27–32, 2017.
- [6] A. G. Hutajulu, M. R.T 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, pp. 23-33, 2020.
- [7] S. Prayogo, "Pengembangan Sistem Manajemen Baterai pada PLTS Menggunakan On-Off Grid Tie Inverter," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 9, no. 1, pp. 58–63, 2019.