

Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Suplai Daya pada Ruang Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda

Andi Mulkan^{1*}, Misswar Abd², Kamarullah³

^{1,2,3,4} Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda

Jl. Kampus Unida No. 15 Surien – Banda Aceh 23234

Email: ^{1*} andeend40@gmail.com; ² misswar@unida-aceh.ac.id; ³ kamarullah@unida-aceh.ac.id

ABSTRAK

Krisis energi global dan meningkatnya kesadaran terhadap dampak perubahan iklim mendorong percepatan transisi menuju penggunaan energi bersih, di mana tenaga surya menjadi salah satu solusi strategis yang paling potensial. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid sebagai sumber listrik alternatif untuk ruang Jurusan Teknik Universitas Iskandarmuda, yang selama ini masih bergantung penuh pada pasokan listrik PT PLN tanpa sistem cadangan. Metodologi penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data kebutuhan beban listrik, serta analisis teknis perancangan sistem. Studi literatur digunakan untuk memahami karakteristik komponen PLTS dan potensi radiasi surya nasional. Pengumpulan data beban dilakukan dengan mengidentifikasi seluruh perangkat listrik, daya terpasang, lama operasi harian, dan profil penggunaan ruang. Analisis teknis meliputi perhitungan kebutuhan energi harian, kapasitas panel, baterai, Solar Charge Controller, dan inverter berdasarkan standar desain sistem off-grid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ruang Jurusan Teknik memiliki kebutuhan energi harian sebesar 14.552 Wh dengan beban puncak 1819 W. Data radiasi surya rata-rata tahunan sebesar 4,5 kWh/m²/hari digunakan sebagai dasar estimasi produksi energi. Sistem PLTS dirancang menggunakan 21 panel surya 200 Wp (total 4200 Wp) untuk memenuhi kebutuhan energi dengan efisiensi 80%, baterai 48 V 468 Ah (22.457 Wh) untuk otonomi satu hari dengan DoD 80%, SCC minimal 110 A, serta inverter 2500 W. Desain ini diharapkan menjadi rujukan penerapan energi terbarukan di lingkungan kampus dan mendukung kemandirian energi serta pengembangan teknologi PLTS di sektor pendidikan tinggi.

Kata kunci: PLTS; Energi Terbarukan; Efisiensi Energi; Daya Output

ABSTRACT

The global energy crisis and increasing awareness of climate change impacts have accelerated the transition toward clean energy, with solar power emerging as one of the most strategic solutions. This study aims to analyze and design an off-grid Solar Power Plant (PLTS) system as an alternative electricity source for the Engineering Department Room at Universitas Iskandarmuda, which currently relies entirely on the national utility company (PLN) without any backup system. The research methodology includes literature review, data collection on electrical load requirements, and technical analysis of system design. The literature review was conducted to understand the characteristics of PLTS components and national solar radiation potential. Load data collection involved identifying all electrical devices, installed power, daily operating hours, and room usage profiles. The technical analysis included calculating daily energy demand, panel capacity, battery specifications, Solar Charge Controller, and inverter requirements based on standard off-grid system design principles. The results show that the Engineering Department Room requires a daily energy consumption of 14,552 Wh with a peak load of 1,819 W. The average annual solar radiation of 4.5 kWh/m²/day was used as the basis for estimating energy production. The proposed system consists of 21 solar panels of 200 Wp each (totaling 4200 Wp) to meet energy needs at 80% system efficiency, a 48 V 468 Ah battery bank (22,457 Wh) for one-day autonomy with 80% DoD, a minimum 110 A Solar Charge Controller, and a 2500 W inverter. This design is expected to serve as a reference for renewable energy implementation within the campus environment and support energy independence and the development of solar power technology in higher education institutions.

Keywords: PLTS; Renewable Energy; Energy Efficiency; Output Power

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim global semakin mengkhawatirkan seiring meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, yang memicu pemanasan global, hujan asam, penipisan lapisan ozon, serta kerusakan ekosistem di berbagai belahan dunia. Dampak tersebut semakin jelas terlihat pada dekade terakhir melalui peningkatan suhu rata-rata global, cuaca ekstrem, penurunan kualitas udara, serta risiko krisis pangan dan air. Kondisi ini diperburuk oleh tingginya ketergantungan manusia pada bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batu bara yang menjadi penyumbang utama polusi dan emisi karbon. Di sisi lain, kebutuhan energi dunia terus meningkat akibat perkembangan teknologi, industrialisasi, dan pertumbuhan populasi, sementara cadangan energi fosil semakin menipis. Oleh karena itu, transisi menuju energi bersih menjadi prioritas global. Indonesia sendiri telah menetapkan target Net Zero Emission 2060, mempercepat adopsi energi terbarukan melalui kebijakan pengurangan emisi dan percepatan pembangunan pembangkit listrik berbasis energi hijau [1][2].

Energi terbarukan termasuk angin, air, panas bumi, dan terutama energi surya menawarkan solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Energi surya memiliki keunggulan berupa ketersediaannya yang melimpah, biaya operasional yang rendah, umur sistem yang panjang, serta potensi integrasi ke berbagai jenis bangunan termasuk fasilitas pendidikan. Selain itu, perkembangan teknologi modul surya dan baterai dalam beberapa tahun terakhir semakin meningkatkan efisiensi dan menurunkan biaya investasi. Namun, energi surya juga memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada kondisi cuaca, variasi intensitas radiasi harian, serta kebutuhan sistem penyimpanan energi untuk suplai saat malam hari atau cuaca mendung [2][3][4]–[8].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan merencanakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi alternatif untuk ruang Fakultas Teknik Universitas Iskandarmuda, yang hingga kini bergantung sepenuhnya pada suplai dari PT PLN (Persero) Banda Aceh tanpa sistem cadangan daya. Studi ini mencakup perhitungan kebutuhan energi harian, estimasi kapasitas dan jumlah modul surya, perancangan kapasitas baterai, serta analisis kemampuan sistem dalam menyediakan energi secara berkelanjutan, termasuk pada kondisi minim sinar matahari.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Ruang Jurusan Fakultas Teknik, Universitas Iskandarmuda, Banda Aceh. Lokasi tersebut dipilih karena penelitian berfokus pada perencanaan kapasitas panel surya, baterai, solar charge controller (SCC), dan inverter untuk memenuhi kebutuhan energi listrik ruang-ruang di jurusan tersebut. Seluruh data beban listrik dan kondisi fisik gedung diperoleh melalui survei langsung di lokasi.

2.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu:

- I. Langkah Persiapan
 - a. Melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi gedung dan perangkat listrik.
 - b. Mengumpulkan data awal terkait kebutuhan energi dan kondisi sistem kelistrikan yang ada.
 - c. Mempelajari karakteristik komponen PLTS yang relevan untuk penelitian.
 - d. Melakukan studi literatur dari buku, jurnal ilmiah, dan standar teknis terkait energi surya.
 - e. Mengkaji penelitian terdahulu mengenai perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di institusi lain sebagai pembandingan.
- II. Langkah Pengumpulan Data
 - a. Menentukan lokasi dan posisi ideal sistem PLTS.
 - b. Melakukan konsultasi dan diskusi dengan dosen pembimbing, teknisi kampus, serta pihak terkait.
 - c. Mengumpulkan data penyinaran matahari dari BMKG Blang Bintang Banda Aceh.
- III. Langkah Pengolahan Data
 - a. Menghitung beban harian total gedung Fakultas Teknik.
 - b. Menentukan kapasitas dan jumlah panel surya yang diperlukan.

- c. Menghitung kapasitas baterai untuk suplai cadangan.
- d. Menentukan kapasitas SCC dan inverter yang sesuai.
- e. Menganalisis potensi penghematan energi serta kontribusi PLTS terhadap pengurangan ketergantungan pada PLN.

2.2 Data Beban Ruangan Fakultas Teknik

Beban listrik di gedung Fakultas Teknik terdiri dari lampu, komputer, dan air conditioner (AC). Data kebutuhan daya disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perincian Daya Beban Ruangan Fakultas Teknik

No	Peralatan	Daya (W)	Jumlah (unit)	Total Daya (W)	Lama Operasi (jam/hari)	Energi (Wh/hari)
1	Lampu	30	10	300	8	2400
2	Komputer	200	2	400	8	3200
3	AC	1119	1	1119	8	8952
Total				1819		14.552

Selain itu, data penyinaran matahari tahun 2024 diperoleh dari BMKG Stasiun Meteorologi Blang Bintang Aceh Besar.

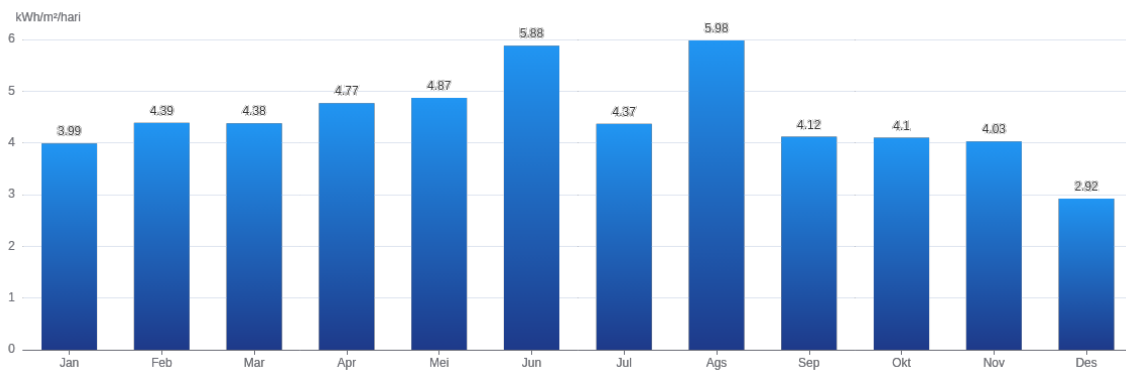
Tabel 2.2 Data Penyinaran Banda Aceh Tahun 2024

Bulan	kWh/m ² /hari
Jan	3,99
Feb	4,39
Mar	4,38
Apr	4,77
Mei	4,87
Jun	5,88
Jul	4,37
Ags	5,98
Sep	4,12
Okt	4,10
Nov	4,03
Des	2,92

Sumber: BMKG Blang Bintang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data radiasi surya (dinyatakan dalam kWh/m²/hari) sangat krusial untuk menentukan berapa banyak energi yang dapat dihasilkan oleh panel surya setiap harinya. Radiasi ini bervariasi sepanjang tahun. Grafik di bawah ini menunjukkan tren radiasi surya bulanan di lokasi Anda. Terlihat bahwa potensi energi tertinggi terjadi pada bulan Agustus (5.98 kWh/m²/hari) dan terendah pada bulan Desember (2.92 kWh/m²/hari). Untuk perhitungan desain sistem, digunakan nilai rata-rata tahunan sebesar 4.5 kWh/m²/hari untuk memastikan keandalan sistem sepanjang tahun.



Gambar 3.1 Data penyinaran per bulan Tahun 2024

Berdasarkan analisis kebutuhan energi dan potensi surya, perhitungan rinci untuk setiap komponen utama sistem PLTS dapat dilihat pada sub berikutnya [4][7][5].

1. Perhitungan kebutuhan panel surya

Energi yang dibutuhkan per hari (14.552 Wh) dibagi dengan energi yang dihasilkan per panel per hari. Produksi per panel = $200 \text{ Wp} \times 4.5 \text{ jam (rata-rata PSH)} \times 0.8 \text{ (efisiensi)} = 720 \text{ Wh/hari}$. Jadi, jumlah panel = $14.552 \text{ Wh} / 720 \text{ Wh} \approx 21 \text{ panel}$.

2. Kapasitas baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi agar dapat digunakan pada malam hari atau saat cuaca mendung. Perhitungan ini didasarkan pada sistem tegangan 48V, dengan cadangan energi untuk 1 hari dan batas pemakaian baterai 80% DoD. Total kapasitas (Wh) yang dibutuhkan adalah $(14.552 \text{ Wh} \times 1 \text{ hari}) / 0.80 \text{ DoD} = 18.190 \text{ Wh}$. Dengan memperhitungkan efisiensi baterai, kapasitas yang direkomendasikan adalah sekitar 22.457 Wh. Dalam Ampere-hour (Ah) pada sistem 48V, kapasitasnya adalah $22.457 \text{ Wh} / 48\text{V} \approx 468 \text{ Ah}$

3. Kapasitas Solar Charge Controller (SCC)

SCC bertugas melindungi baterai dari pengisian berlebih oleh panel surya. Ukurannya harus mampu menangani arus maksimum dari seluruh susunan panel surya. Arus dari susunan panel adalah $\text{Total Daya Panel} / \text{Tegangan Baterai} = (21 \text{ panel} \times 200 \text{ Wp}) / 48\text{V} = 87.5 \text{ A}$. Dengan menambahkan faktor keamanan 25%, arus minimum yang dibutuhkan adalah $87.5 \text{ A} \times 1.25 = 109.375 \text{ A}$. Maka, direkomendasikan menggunakan SCC dengan rating 110 A atau lebih besar.

4. Kapasitas Inverter

Inverter mengubah arus DC dari baterai menjadi arus AC untuk digunakan oleh peralatan listrik. Ukuran inverter harus lebih besar dari total daya semua peralatan yang mungkin menyala bersamaan. Total daya beban adalah 1.819 W. Untuk memberikan ruang bagi lonjakan arus awal dan memastikan ketahanan, maka digunakan inverter dengan kapasitas minimal 25% lebih besar, yaitu sekitar $1.819 \text{ W} \times 1.25 = 2.274 \text{ W} \approx 2.500 \text{ W}$

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, analisis kebutuhan energi gedung menunjukkan total konsumsi harian sebesar 14.552 Wh, dengan beban puncak 1.819 W yang didominasi oleh peralatan pendingin udara (AC) dan komputasi. Potensi radiasi surya di lokasi studi, berdasarkan data bulanan, menghasilkan rata-rata tahunan 4,5 kWh/m²/hari, dengan variasi signifikan antara puncak musim kemarau (5,98 kWh/m²/hari pada Agustus) dan musim hujan (2,92 kWh/m²/hari pada Desember). Perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid yang diusulkan memenuhi kebutuhan tersebut melalui 21 unit panel surya 200 Wp (total 4.200 Wp), baterai 48 V dengan kapasitas 468 Ah (22.457 Wh), Solar Charge Controller (SCC) minimal 110 A, dan inverter 2.500 W, dengan efisiensi sistem secara keseluruhan mencapai 80% setelah memperhitungkan kerugian konversi dan transmisi. Pendekatan ini tidak hanya

memastikan autonomy satu hari penuh, tetapi juga mendukung keberlanjutan energi di wilayah tropis di Indonesia, sejalan dengan target pengurangan emisi karbon nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Iskandar Muda, khususnya Program Studi Teknik Mesin, atas dukungan dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian ini. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih dan apresiasi kepada Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Mesin atas bantuan teknis selama pelaksanaan pengujian di lapangan. Dukungan dari semua pihak sangat membantu dalam menyelesaikan penelitian ini secara optimal.

REFERENSI

- [1] A. Mulkan, N. W. M. Zulkifli, H. Husin, Ahmadi, and I. Dahlan, "Performance and emissions assessment under full load operation of an unmodified diesel engine running on biodiesel-based waste cooking oil synthesized using JPW solid catalyst," *Renew. Energy*, vol. 224, no. September 2023, p. 120145, 2024, doi: 10.1016/j.renene.2024.120145.
- [2] A. F. Falah, M. L. Hakim, and I. Qiram, "Literature Study on the Development of Solar Power Plant (PLTS) Technology," *J. Educ. Eng. Environ.*, vol. 4, no. May, pp. 1–6, 2025.
- [3] M. Andri, J. Hidayat, and Syafriwel, "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI CATU DAYA CADANGAN LABORATORIUM UNIVERSITAS TJUT NYAK DHIEN," *J. PERSEGI BULAT*, vol. 3, no. 2, pp. 1–7, 2025.
- [4] N. I. Latupono, J. J. Rikumahu, and L. M. Parera, "PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ON-GRID DI ATAP GEDUNG JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI AMBON," *J. ELKO*, vol. 2, no. 2, pp. 165–174, 2021.
- [5] A. Trivaldo, Fitriah, and R. Gianto, "Planning Study of On-Grid Based Solar Power Plant at Senior High School of Negeri 1 Meliau," *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 279–290, 2024, doi: 10.26418/j3eit.v12i1.75737.
- [6] M. Y. H. Abbas and I. H. A. Wahab, "Planning Study of Solar Power Plant (PLTS) in Lelewi Village , Gane Tengah District , South Halmahera Regency," *Int. J. Electr. Eng. Intell. Comput.*, pp. 22–26, 2024, doi: 10.33387/ijeeic.v1i2.8387.
- [7] M. Reza, Zamzami, and Yassir, "PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE," *J. Tektro*, vol. 8, no. 1, 2024.
- [8] I. Pryahapsara and M. A. Al Pasha, "Kajian potensi pembangkit listrik tenaga surya di Bandara Sultan Iskandar Muda Banda Aceh," *VORTEX*, vol. 4, no. 2, pp. 138–142, 2023.