



STUDI PERANCANGAN SOLAR ENERGY UNTUK SISTEM EMERGENCY LAMPU DI LABORATORIUM TEKNIK AKADEMI ANGKATAN LAUT (AAL)

Design Study of Solar Energy for Emergency Lighting Systems in the Engineering Laboratory of the Naval Academy (AAL)

Raihan Nafil Dhiaulhaq^{1*}, Wujud Wiyono¹

¹ Akademi Angkatan Laut

*Penulis korespondensi, Surel: wewekambani971@gmail.com

Abstract

Reliable and sustainable lighting is crucial for supporting practical activities in a military educational environment, particularly in the Engineering Laboratory Workshop (Labtek) of the Naval Academy. The main problem faced is complete dependence on electricity supply from PLN, which is prone to disruptions and outages, thus impacting the safety and effectiveness of technical activities. Therefore, this research aims to design a solar-powered emergency lighting system as an environmentally friendly and efficient alternative lighting solution. This research uses the Research and Development (R&D) method with a case study approach at the Naval Technology Laboratory (Labtek) of the Naval Academy (AAL). The stages include power requirement analysis, direct observation of building and lighting conditions, selection of solar energy system components, and calculation of solar panel and battery capacity. Based on the analysis results, the total emergency power requirement of 1.96 kW can be met using 100 Wp monocrystalline solar panels and 12V 100Ah batteries for energy storage. The system design consists of solar panels, a solar charge controller, batteries, and LED lights that automatically turn on when the power goes out. Simulation results show that the system is capable of providing emergency lighting for 6–10 hours, depending on sunlight intensity and battery capacity. The implementation of this system not only improves the reliability of Labtek facilities but also supports national clean energy policies and long-term operational cost efficiency.

Keywords: Solar energy, Emergency lights, Renewable energy, Solar panels, Naval Academy

Abstrak

Penerangan yang andal dan berkelanjutan sangat penting dalam menunjang aktivitas praktikum di lingkungan pendidikan militer, khususnya di Bengkel Laboratorium Teknik (Labtek) Akademi Angkatan Laut. Permasalahan utama yang dihadapi adalah ketergantungan penuh pada pasokan listrik dari PLN, yang rawan terhadap gangguan dan pemadaman, sehingga berdampak pada keselamatan dan efektivitas kegiatan teknis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem lampu darurat (emergency lighting) berbasis energi surya sebagai solusi penerangan alternatif yang ramah lingkungan dan efisien. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan studi kasus di Labtek AAL. Tahapan meliputi analisis kebutuhan daya, observasi langsung kondisi bangunan dan pencahayaan, pemilihan komponen sistem energi surya, serta perhitungan kapasitas panel surya dan baterai. Berdasarkan hasil analisis, total kebutuhan daya darurat sebesar 1,96 kW dapat dipenuhi dengan menggunakan panel surya tipe monokristalin berkapasitas 100 Wp dan baterai 12V 100Ah sebagai penyimpan energi. Rancangan sistem terdiri dari panel surya, solar charge controller, baterai, dan lampu LED yang menyala otomatis saat listrik padam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu menyuplai penerangan darurat selama 6–10 jam, tergantung pada intensitas sinar matahari dan kapasitas baterai. Penerapan sistem ini tidak hanya meningkatkan keandalan fasilitas Labtek, tetapi juga mendukung kebijakan energi bersih nasional serta efisiensi biaya operasional dalam jangka panjang.

Kata kunci: Solar energy, Lampu emergency, Energi terbarukan, Panel surya, Akademi Angkatan Laut

1. Pendahuluan

Akademi angkatan laut (AAL) adalah lembaga pendidikan tinggi yang bertujuan untuk mempersiapkan calon perwira Angkatan Laut Republik Indonesia. AAL mencetak pemimpin yang profesional, berintegritas, dan memiliki komitmen tinggi terhadap negara. Lembaga ini memiliki peran yang signifikan dalam membentuk kader militer yang tidak hanya terampil secara teknis, tetapi juga mampu berpikir kritis dan strategis di lapangan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah melalui keberadaan bengkel Departemen Teknik di Akademi Angkatan Laut. Namun, bengkel tersebut menghadapi kendala berupa pencahayaan yang kurang memadai, baik pada siang maupun malam hari akibat lokasi yang relatif tertutup. Hal ini mengakibatkan berkurangnya fokus para taruna saat melakukan latihan teknis pada siang hari, serta bengkel yang tampak kurang terang pada malam hari.

Energi listrik telah menjadi kebutuhan vital dalam mendukung aktivitas sehari-hari, termasuk di lingkungan pendidikan dan pelatihan militer. Bengkel Lapangan Teknik (Laptek) Akademi Angkatan Laut sebagai fasilitas praktikum memerlukan ketersediaan penerangan yang kontinu untuk menjamin keselamatan dan efektivitas kegiatan (Purwanto et al., 2019). Ketergantungan pada sumber listrik konvensional dari PLN seringkali menimbulkan kendala saat terjadi pemadaman, yang dapat mengganggu proses pembelajaran dan berpotensi membahayakan keselamatan kerja.

Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar dengan rata-rata radiasi harian sebesar 4-5 kWh/m²/hari (Kumara, 2020). Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi alternatif sejalan dengan Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional yang menargetkan 23% penggunaan energi terbarukan pada tahun 2025 (ESDM, 2017). Solar energy system menawarkan solusi berkelanjutan dengan efisiensi konversi mencapai 15-20% pada panel surya generasi terkini (Zhang et al., 2021).

Implementasi sistem lampu emergensi berbasis solar energy telah terbukti efektif di berbagai institusi. Penelitian Wijaya et al. (2022) menunjukkan bahwa sistem ini dapat menghemat biaya operasional hingga 40% dalam jangka panjang. Penggunaan solar energy untuk lampu emergensi memberikan beberapa keunggulan signifikan. Selain ramah lingkungan karena menggunakan energi bersih (Patel, 2022), sistem ini juga menawarkan kemandirian energi yang tidak bergantung pada jaringan listrik PLN (Rahman, 2021). Studi oleh Gunawan et al. (2023) mengungkapkan bahwa investasi awal sistem solar energy dapat kembali dalam waktu 3-4 tahun melalui penghematan biaya listrik.

Berdasarkan urgensi tersebut, perlu dilakukan studi perancangan sistem lampu emergensi berbasis solar energy yang sesuai dengan kebutuhan bengkel Laptek AAL. Studi ini akan mencakup analisis kebutuhan penerangan, perhitungan kapasitas panel surya dan baterai, serta aspek teknis lainnya untuk menghasilkan sistem yang optimal dan handal.

2. Metode

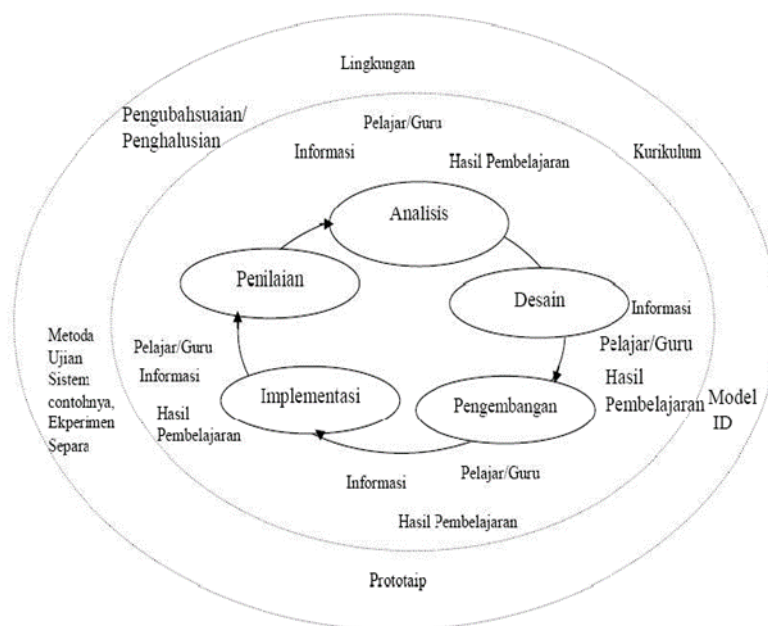
2.1 Rancangan Konsep Pengembangan

Penelitian ini menggunakan metode "Penelitian Pengembangan" atau Research and Development (R&D). Berdasarkan Borg dan Gall (1979: 624), R&D adalah proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan. Selain bertujuan untuk mengembangkan dan memvalidasi hasil pendidikan, metode ini juga berfungsi untuk menemukan pengetahuan baru melalui penelitian dasar "basic research" atau menjawab pertanyaan praktis melalui penelitian terapan "applied research", yang bertujuan untuk meningkatkan praktik pendidikan.

Menurut sumber lain, metode penelitian pengembangan adalah pendekatan penelitian yang bertujuan menghasilkan produk tertentu dan menguji efektivitas produk tersebut (Sugiyono, 2009: 297).

Dalam hal prosedur, Borg & Gall (1979: 626) menjelaskan bahwa siklus R&D terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: (1) penelitian dan pengumpulan informasi "research and information collecting", (2) perencanaan "planning", (3) pengembangan bentuk awal produk "develop preliminary form of product", (4) uji coba awal "preliminary field testing", (5) revisi produk utama "main product revision", (6) uji coba utama "main field testing", (7) revisi produk operasional "operational product revision", (8) uji coba operasional "operational field testing", (9) revisi produk akhir "final product revision", serta (10) diseminasi dan distribusi "dissemination and distribution".

Sementara itu, Munir (2008: 240) mengusulkan lima tahap dalam pengembangan multimedia, yaitu: (1) analisis, (2) desain, (3) pengembangan, (4) implementasi, dan (5) evaluasi, yang melibatkan aspek pengguna dan lingkungan pembelajaran. Model pengembangan multimedia yang diungkapkan Munir tersebut, digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Model Pengembangan Multimedia Munir (2008: 241)

Baik model pengembangan Borg & Gall maupun Munir memiliki tujuan utama untuk menghasilkan produk (Borg & Gall, 1979: 626; Munir, 2008: 240), yang dalam konteks ini berupa perangkat lunak pendidikan berbasis multimedia, yakni ebook pembelajaran multimedia. Oleh karena itu, model pengembangan tersebut dimodifikasi, disesuaikan, dan

diadaptasi dalam penelitian ini agar sesuai dengan kebutuhan, namun tetap merujuk pada prinsip-prinsip dasar model pengembangan tersebut.

2.2 Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen Pengumpulan data dan observasi langsung yang terjadi di lapangan yaitu berfungsi untuk peneliti mengumpulkan data penelitian untuk bisa menggunakan Solar Energy di Labtek Akademi Angkatan Laut

a. Observasi Langsung

1. Keadaan Gedung

- a) Bentuk dan luas atap yang di miliki, keadaan atap gedung atau kondisi (bersih, rusak, dll).
- b) Posisi atau tempat gedung dan ketahanan gedung (posisi gedung dengan tumbuhan dan pohon yang menutupi pada saat menerima cahaya matahari, mampu menahan alat solar energy)

2. Daya Total di Labtek

- a) Mendata alat alat, elektronika, lampu dan mesin yang ada di dalam Labtek
- b) Menjumlah daya keseluruhan daya wat yang ada di alat elektronika dan lampu di Labtek
- c) Membuat data perkiraan untuk solar energy yang telah menerima cahaya matahari untuk di sambungkan ke lampu

3. Daya Lampu di Labtek

- a) Menjumlah keseluruhann lampu di Labtek
- b) Menjumlah keseluruhan daya watt lampu di Labtek

b. Data Energi Surya Wilayah Surabaya

Tabel 3.1 Estimasi Potensi Energi Surya di Surabaya

Faktor	Estimasi	Satuan
Radiasi matahari rata-rata harian	4-5 kWh/m ² /hari	kWh/m ² /hari
Durasi penyinaran efektif	8-10 jam/hari	8-10 jam/hari
Potensi produksi energi per m ² panel surya	3-4 kWh/m ² /hari	kWh/m ² /hari

Catatan: Data di atas merupakan estimasi dan dapat bervariasi tergantung pada lokasi spesifik dan kondisi cuaca. (Sears, F. W., Zemansky, M. W., & Young, H. D. 1982)

2.3 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yaitu suatu proses untuk mengolah data dan informasi ke dalam proses penelitian, nantinya data tersebut akan dijadikan sebagai hasil penelitian atau informasi baru. Proses analisis data perlu dilakukan agar tahu kevalidan data yang didapat sehingga nantinya akan memudahkan dalam proses-proses selanjutnya. setelah mendapatkan data dan analisis dari penelitian tersebut, dalam penelitian tersebut penulis akan melaksanakan percobaan dengan memasang panel surya di tempat Lokasi yang strategis dan melihat seberapa banyak energi dan intensitas cahaya yang masuk ke dalam panel surya yang nantinya akan di gunakan penerangan lampu dan sumber Listrik untuk bengkel Labtek Akademi

Angkatan Laut tersebut. penulis menggunakan analisis kuantitatif dengann menghitung potensi produksi energi matahari luas atap Gedung labtek, Menganalisis data intensitas cahaya matahari harian selama satu tahun untuk menentukan pola musiman dan cuaca di kota Surabaya, serta menggunakan menjadikan pandangan atau konsep panel surya di lingkungan Akademi TNI Angkatan Laut.

2.4 Rencana Tahap Uji Coba Konsep Pengembangan

Tahap uji coba konsep pengembangan ini yaitu bertujuan untuk mengukur kelayakan sistem solar energy yang sudah di buat dan mengevaluasi lokasi yang baik di labtek setelah itu akan di letakkan solar energy untuk menerima cahaya matahari dengan baik dengan mempertimbangkan akseblitias, bentuk bangunan dan faktor lingkungan. Setelah itu mengukurr efisiensi konversi energi Matahari menjadi listrik yang akan di gunakan di gedung Labtek dengan menggunakan alat sebagai berikut: panel surya, batrai, inverter, sholar charger kontrol dan komponen pendukung lainnya. Selama periode pemakaian, akan dilakukan analisis kinerja dalam kondisi cuaca yang berbeda dan seberapa banyak lampu yang masih kurang untuk menerima daya energi listrik dari solar energy. data data dari hasil uji coba tersebut akan menjadi dasar evaluasi konsep perancangan secara ksluruhan. Jika hasil uji coba perancangan solar energy layak dan bermanfaat untuk labtek Akademi Angkatan Laut maka akan di lanjutkan ke tahap implementasi secara berkala.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Daya listrik pada keseluruhan lampu dilaptek

Tahapan development diawali dengan menentukan jumlah kebutuhan listrik dilaboraturium teknik Deptek AAL sebagai berikut.

Tabel 3.1 Data peralatan listrik di Labtek Akademi Angkatan Laut

Nama Ruang	Peralatan Listrik	Jumlah	Daya per satuan	Jumlah Daya (Watt)	Jumlah Daya
R.Generator	Lampu	2 buah	40 X 2	80 Watt	0,08 kW
R.Kelas	Lampu	6 buah	40 X 6	240 Watt	0,24 kW
2 Ruang Kama	1. TV	1 buah	50	50 Watt	0,05 kW
	2. Lampu	2 buah	18 x 2	36 Watt	0,036 kW
	3. AC	1 buah	1500	150 Watt	0,15 kW
	4. Komputer	1 buah	200	200 Watt	0,20 kw
Musholla	Lampu	1 buah	18	18 Watt	0,018 kW
3 Kamar mandi	Lampu	3 buah	18 X 3	90 Watt	0,09 kW
Ruangang anggota	1. AC	1 buah	1500	250 Watt	0,25 kW
	2. Lampu	2 buah	18 X 2	36 Watt	0,036 kW
	3. Televisi	1 buah	50	50 Watt	0,05 kw
Gudang	Lampu	2 buah	40 X 2	80 Watt	0,08 kW

Garasi bengkel	Lampu	4 buah	40 X 4	160 Watt	0,16 kW
Ruangan mesin lattek	Lampu	13 buah	40 X 13	520 Watt	0,52 kW
TOTAL					1,96 kW

Tabel 3.2 Jumlah keseluruhan lampu

Jumlah keseluruhan lampu di Gedung Labtek Akademi Angkatan Laut	1. Lampu neon	13 buah	40 x 13	520 Watt	0,52 kW
	2. Lampu bohlam	18 buah	18 x 18	324 Watt	0,324 kW
Total					0,844 kW

Sumber : Diolah oleh penulis (2025)

Bahwa total daya listrik sejumlah 1,96 kW tetapi dalam penelitian ini di ambil daya lampu di labtek sebesar 0,844 kW

3.1.2 Intensitas sinar matahari

Setelah menentukan jumlah kebutuhan listrik di Gedung Labtek Akademi Angkatan Laut dan jumlah keseluruhan lampu, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan intensitas dan durasi sinar matahari di surabaya sepanjang tahun berjalan 2025.

Tabel 3.3 Data intensitas sinar matahari

Bulan	Rata- rata Durasi Siang (jam/hari)	Estimasi Radiasi Matahari (kWh/m ² / hari)
Januari	12,4	4,5 – 5,0
Februari	12,3	4,5 – 5,0
Maret	12,1	4,7 – 5,2
April	12,0	4,8 – 5,3
Mei	11,8	5,0 – 5,5
Juni	11,7	5,2 – 5,7
Juli	11,8	5,2 – 5,7
Agustus	12,0	5,1 – 5,6
September	12,1	5,0 – 5,5
Oktober	12,2	4,8 – 5,3
November	12,3	4,7 – 5,2
Desember	12,4	4,5 – 5,0
Rata – rata Harian 1 tahun Total radiasi 1 tahun		5,00 5,00 X 365 = 1.825

Rata - rata per jam	$= \frac{5,00 \times 1.000}{24}$ $= 208,33 \frac{W}{m^2}$
---------------------	---

Sumber : Iklim, Cuaca Menurut Bulan, Suhu Rata-Rata Surabaya (Indonesia) - Weather Spark

Estimasi radiasi matahari yaitu jumlah energi matahari yang akan diterima permeter persegi dan perhari dalam satuan kWh/m²/hari.

Setelah menentukan jumlah kebutuhan listrik dan intensitas cahaya matahari, tahapan selanjutnya dalam penelitian ini yaitu melakukan perhitungan daya panel surya untuk menentukan luas panel surya yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$P = A \times \eta \times G$$

Dimana :

A : Luas panel surya (m²)

η : Efisiensi panel (%), Efisiensi menggunakan pertimbangan tengah tengah dari hasil efisiensi dari jenis panel surya monokristalin supaya

G : Intensitas radiasi matahari (W/m²)

Berdasarkan perhitungan luas panel surya yang dibutuhkan adalah sekitar 107,12 m² untuk memenuhi kebutuhan daya 4.686 Watt dengan efisiensi 21% dan radiasi 208,33 W/m² per jam.

Jumlah Panel Monokristalin PERC 100W yang dapat digunakan:

Diketahui :

- Daya total listrik (P) = 0,844 KW = 844 watt
- Daya maksimum = 100 watt
- Efisiensi (η) = 19,30% = 0,193
- Dimensi perpanel = 0,5168 m²
- Intensitas radiasi matahari (g) = 208,33 (W/m²)

Perhitungan luas panel surya

$$P = A \times \eta \times g$$

$$A = \frac{p}{\eta \times g}$$

$$A = \frac{844}{0,193 \times 208,33}$$

$$A = \frac{844}{40,21}$$

$$A = 2,099 \text{ m}^2$$

Berdasarkan perhitungan luas panel surya yang dibutuhkan adalah sekitar 0,05077m² untuk memenuhi kebutuhan daya 844 Watt dengan efisiensi 19,30 % dan radiasi 208,33 W/m² per jam.

Perhitungan jumlah kebutuhan panel :

Diketahui :

- Total luas panel = 2,099 m²
- Luas perpanel = 0,5168 m²

Rumus :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel} &= \frac{\text{total luas}}{\text{luas perpanel}} \\ &= \frac{2,099 \text{ m}^2}{0,5168 \text{ m}^2} \\ &= \mathbf{4,061} \approx 5 \text{ unit panel} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh hasil jika penulis menggunakan Panel Monokristalin PERC 100W memerlukan 5 unit panel dengan total luas sekitar $2,099 \text{ m}^2$ untuk mencapai daya total sebesar 844 watt. Tapi disini kami akan menggunakan 5 panel mengantisipasi terjadinya kerusakan atau tidak berfungsinya panel dengan maksimal.

Kebutuhan baterai yang digunakan dengan menggunakan baterai Lead acid (DoD 30%) Jenis Timbal-asam basah:

Diketahui:

- Daya total = 844 Watt
- DoD = 30%
- Tegangan = 12V
- Kapasitas = 50 Ah

$$\text{Kapasitas baterai efektif (Wh)} = \frac{\text{Energi harian (Wh)}}{\text{DoD}}$$

$$= \frac{844}{0,3} = 2.813 \text{ Wh}$$

Konversi ke Ampere-Hour tegangan baterai 12V :

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \frac{2.813}{12} = 234,41 \text{ Ah}$$

Jumlah baterai berdasarkan kapasitas per unit (Ah):

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{234,41}{50} = 4,688 \Rightarrow 5 \text{ unit}$$

Jadi jumlah baterai yang dibutuhkan jika menggunakan baterai Lead-Acid (DoD) 30%) sejumlah 5 unit.

Perhitungan jumlah baterai yang dibutuhkan menggunakan rangkaian seri dan paralel :

Diketahui :

- 1) Kapasitas baterai : 2,813 Wh
- 2) Baterai menggunakan sistem : 12V

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \frac{2,813}{12} = 234,41 \text{ Ah}$$

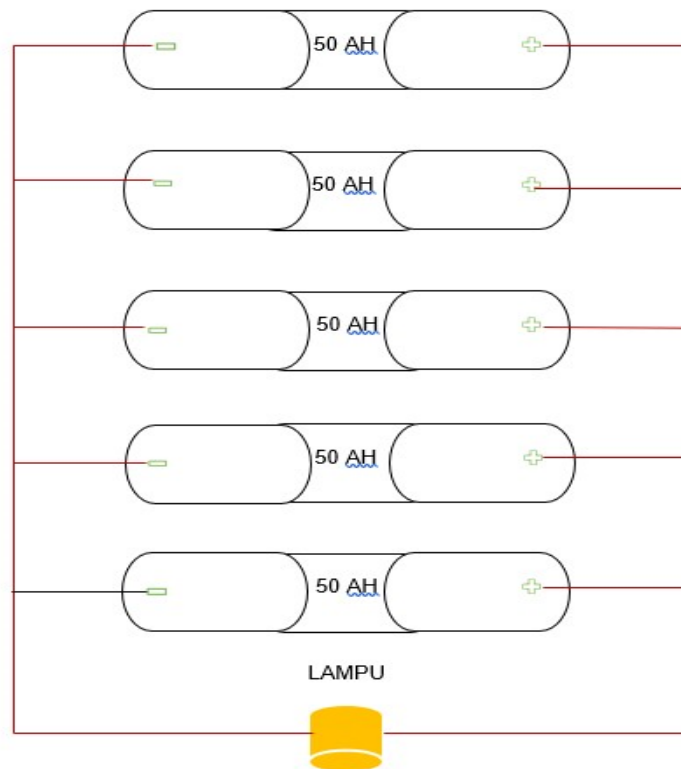
Jika 1 baterai berkapasitas 50 Ah, 12V maka :

$$- \text{Baterai Seri} = \frac{12V}{12V} \text{ 1 baterai string}$$

$$- \text{Baterai Paralel} = \frac{234,41 \text{ Ah}}{50 \text{ Ah}} = 4,688 \rightarrow 5 \text{ baterai string}$$

Total baterai yang digunakan : 1 baterai x 5 baterai =: 5 baterai string

Jadi jumlah baterai yang dibutuhkan jika dipasang rangkaian seri dan paralel menggunakan baterai Jenis Timbal-asam basah (DoD 30%) berjumlah 5 unit.



Gambar 3.1 Rangkaian baterai seri dan paralel

4. Kesimpulan

Total daya lampu yang ada di Laboratorium Teknik Akademi Angkatan Laut diperoleh melalui proses observasi langsung dan pencatatan jumlah serta jenis lampu pada setiap ruangan di Gedung Labtek. Data yang dikumpulkan mencakup titik lampu di ruang kelas, ruang mesin, musholla, kamar mandi, dan beberapa area lain. Setelah dilakukan penghitungan berdasarkan spesifikasi daya masing-masing lampu, total daya lampu yang digunakan untuk kebutuhan penerangan di seluruh Labtek adalah sebesar 844 Watt (0,844 kW). Nilai ini menjadi dasar utama dalam merancang sistem tenaga surya untuk kebutuhan lampu darurat.

Berdasarkan kebutuhan daya sebesar 844 Watt, perancangan sistem solar energy dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi panel surya, intensitas radiasi matahari di wilayah Surabaya, serta kapasitas penyimpanan energi. Sistem dirancang menggunakan 5 unit panel surya Monokristalin PERC 100W, sehingga menghasilkan daya total 500 Wp, disesuaikan dengan waktu penyinaran efektif dan kebutuhan beban darurat. Energi yang dihasilkan disimpan dalam 5 unit baterai timbal-asam basah 12V 50Ah, dirangkai secara seri dan paralel untuk mendukung sistem penerangan selama 6 hingga 10 jam dalam kondisi darurat. Dengan konfigurasi ini, sistem mampu berfungsi sebagai sumber penerangan alternatif yang handal, efisien, dan ramah lingkungan..

Ucapan Terima Kasih (Opsional)

Daftar Rujukan

- Ahmad Reza et al. (2022). Solar Emergency Lighting System with Automated Battery Management
- Abdul Rahman (2022). Maintenance Protocols for Solar Emergency Lighting in Technical Laboratories
- Ali, Muhammad. (2018). Aplikasi Elektronika Daya pada Sistem Tenaga Listrik
- Borg dan Gall (1979). Research and Development (R&D)
- David Wilson (2022). Integration of IoT in Solar Emergency Lighting Systems
- ESDM, (2017). tentang Rencana Umum Energi Nasional
- Hidayanti, Fitri. (2020). Aplikasi Sel Surya
- IRENA, (2021). International Renewable Energy Agency
- Jamaaluddin. (2021). Sartika, S. B., dan Multazam, M. T., ed. Buku Petunjuk Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
- Kementerian ESDM. (2021). Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2021. Jakarta: ESDM
- Kusumawati, D. (2020). Implementasi Green Defense dalam Modernisasi Alutsista TNI. Jurnal Pertahanan & Bela Negara, 10(1), 71-84.
- Kumara, (2020). rata-rata radiasi harian sebesar 4-5 kWh/m²/hari
- Lin Chen et al. (2023). Environmental Impact Assessment of Solar Emergency Systems
- Maria Gonzalez (2023). Reliability Analysis of Solar-Powered Emergency Systems in Critical Facilities
- Mohammed Ali Hassan (2023). Optimization of Solar Panel Placement for Emergency Lighting in Technical Facilities
- Munir (2008: 240). mengusulkan lima tahap dalam pengembangan multimedia
- Markgraf, J. (2003). Solar Electric Power Systems. CRC Press
- Putra, R. N., Wardani, K. L., & Setiawan, A. (2021). Feasibility Analysis of Rooftop Solar Power Plant Implementation in Educational Buildings. International Journal of Renewable Energy Development, 10(2), 321-331.
- Purwanto et al., (2019). Energi listrik telah menjadi kebutuhan vital dalam mendukung aktivitas sehari-hari
- Rajesh Kumar et al. (2022). Smart Solar Emergency Lighting Control Systems
- Rumbayan, M., Abudureyimu, A., & Nagasaka, K. (2012). Mapping of solar energy potential in Indonesia using artificial neural network and geographical information system. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(3), 1437-1449.
- Santhosh Kumar Sahu (2023). Design and Implementation of Solar-Powered Emergency Lighting System for Educational Institutions
- Sarah Johnson (2023). Cost-Benefit Analysis of Solar Emergency Lighting in Technical Institutions
- Safitri, N., dkk. (2019). Putri, Kiki Yolanda, ed. Teknologi Photovoltaic
- Sugiyono, (2009). Pendekatan penelitian yang bertujuan menghasilkan produk tertentu dan menguji efektivitas produk tersebut
- Sears, F. W., Zemansky, M. W., & Young, H. D. (1982). Fisika Universitas. Jakarta: Erlangga.
- Sze, S. M. (1981). Physics of Semiconductor Devices. Wiley.
- Wijaya et al. (2022). Implementasi sistem lampu darurat berbasis solar energy
- Widayana, G. (2019). Analisis Ekonomi Pemanfaatan PLTS Sebagai Sumber Energi Listrik di Gedung Fakultas Teknik Universitas Udayana. Jurnal Logic, 19(3), 166-171.
- Zhang Wei et al. (2022). Hybrid Solar-Grid Emergency Lighting Systems for Laboratory Environments
- Zhang Wei et al. (2021). Solar energy system menawarkan solusi berkelanjutan dengan efisiensi konversi mencapai 15-20% pada panel surya generasi