



# Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Tambak Bandeng Desa Banjarasri, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

Florianus Yendra<sup>1</sup>, Sagita Rochman<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Elektro, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Indonesia

E-mail: [florianusyendra6@gmail.com](mailto:florianusyendra6@gmail.com)

## Article Info

### Article history:

Received August 14, 2025

Revised August 17, 2025

Accepted August 25, 2025

### Keywords:

Solar Power Plants, Milkfish Ponds, Renewable Energy, PWM, Remote Villages

## ABSTRACT

Night lighting is a necessity in supporting milkfish pond operational activities, especially in remote areas that have not been reached by PLN's electricity network. This research aims to design a night lighting system based on a Solar Power Plant (PLTS) with a capacity of 20 Wp to meet energy needs in milkfish ponds in Banjarasri Village, Tanggulangin District, Sidoarjo Regency. The solar PV system used includes solar panels, batteries, and energy-efficient LED lights, with charging control using the Pulse Width Modulation (PWM) method. Testing by monitoring voltage and current parameters at three main points: solar panels, batteries, and loads, day to evening. The results showed that the solar power system was able to produce a panel voltage between 13.33 V to 14.21 V and a charging current between 0.39 A to 0.58 A. The battery voltage and current showed an efficient and controlled charging pattern, reflecting the optimal and safe control function for the battery. The voltage and load current show relative stability, although there is a voltage decrease at the end of the observation. The solar PV system designed has proven to be feasible and efficient as a source of nighttime lighting in remote ponds, as well as supporting sustainability.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



## Article Info

### Article history:

Received August 14, 2025

Revised August 17, 2025

Accepted August 25, 2025

### Keywords:

PLTS, Tambak Bandeng, Energi Terbarukan, PWM, Desa Terpencil

## ABSTRAK

Penerangan malam hari sebagai kebutuhan dalam menunjang aktivitas operasional tambak bandeng, terlebih di wilayah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik PLN. Penelitian ini bertujuan merancang sistem penerangan malam hari berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 20 Wp untuk memenuhi kebutuhan energi di tambak bandeng Desa Banjarasri, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo. Sistem PLTS yang digunakan mencakup panel surya, baterai, dan lampu LED hemat energi, dengan kontrol pengisian menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM). Pengujian dengan memantau parameter tegangan dan arus pada tiga titik utama: panel surya, baterai, dan beban, siang hingga sore hari. Hasil menunjukkan sistem PLTS mampu menghasilkan tegangan panel antara 13,33 V hingga 14,21 V dan arus pengisian antara 0,39 A hingga 0,58 A. Tegangan dan arus baterai menunjukkan pola pengisian yang efisien dan terkendali, mencerminkan fungsi kontrol yang optimal dan aman bagi baterai. Tegangan dan arus beban menunjukkan kestabilan relatif, meskipun terdapat penurunan tegangan di akhir pengamatan. Sistem PLTS yang dirancang terbukti layak dan efisien sebagai sumber penerangan malam hari di tambak terpencil, serta mendukung keberlanjutan.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



---

**Corresponding Author:**

Florianus Yendra

Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

E-mail: [florianusyendra6@gmail.com](mailto:florianusyendra6@gmail.com)

---

**PENDAHULUAN**

Penerangan malam hari sebagai kebutuhan operasional tambak bandeng, terutama menjaga keamanan, memantau aktivitas kolam, dan mendukung keberlanjutan kerja petambak saat malam tiba. Kurangnya pencahayaan menyebabkan peningkatan risiko pencurian hasil panen, kesulitan dalam pengawasan, dan berkurangnya efisiensi kerja malam (Muflihani dkk., 2024). Di wilayah pesisir dan tambak terpencil, kebutuhan ini biasanya belum terpenuhi akibat keterbatasan akses terhadap jaringan listrik konvensional, salah satunya tambak bandeng di Desa Banjarasri, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, sebagai contoh lokasi yang menghadapi tantangan tersebut. Terletak cukup jauh dari permukiman dan infrastruktur listrik PLN, area tambak seluas ±2 hektar ini belum memiliki sistem penerangan malam hari yang andal. Biaya penyambungan listrik dari jaringan utama dinilai terlalu tinggi dan tidak ekonomis untuk skala usaha kecil hingga menengah (Musyafiq dkk., 2023).

Pembangunan jaringan listrik baru PLTS sebagai salah satu solusi yang relevan dan berkelanjutan. PLTS menawarkan pendekatan yang mandiri, ramah lingkungan, dan hemat biaya, terutama menyediakan energi untuk beban ringan seperti lampu LED (Irsan dkk., 2025; Rochman & Sembodo, 2014). Sistem ini memungkinkan petambak memperoleh penerangan malam hari tanpa harus bergantung jaringan PLN. Sistem PLTS dengan kapasitas 20 Wp dirancang khusus untuk mendukung satu titik penerangan hemat energi yang mampu menyala selama malam hari. Meskipun kapasitasnya relatif kecil, peran sistem ini memberikan rasa aman dan kenyamanan bagi petambak (Nugraha & Desnanjaya, 2024). Dengan pencahayaan yang memadai, aktivitas pengawasan tambak menjadi lebih optimal dan risiko kehilangan hasil panen akibat gangguan eksternal ditekan. Karena kebutuhan hasil juga menjadi bagian dari roda perekonomian bagi masyarakat sekitar, terlebih masyarakat pesisir (Ningrum, 2018).

Penerangan yang stabil di malam hari ini juga membantu dalam mengontrol aktivitas pergerakan ikan serta memudahkan penjadwalan pemeliharaan rutin seperti pemberian pakan atau pengecekan kualitas air, yang dalam beberapa kasus dilakukan pada waktu malam. Hal ini secara langsung berpengaruh terhadap produktivitas dan keberlanjutan usaha tambak. Dengan implementasi yang tepat, PLTS sebagai jaringan listrik baru untuk penerangan malam hari di tambak bandeng menjadi solusi yang layak, efisien, dan dapat direplikasi di berbagai wilayah pesisir lainnya (Indrawan dkk., 2021). Selain mendukung kegiatan operasional malam hari, sistem ini juga mendorong pemanfaatan energi terbarukan dalam skala mikro sebagai upaya elektrifikasi mandiri dan pembangunan berkelanjutan di sektor usaha masyarakat (Nurchahyanie dkk., 2024). Berdasarkan hal ini, peneliti melakukan penelitian bertujuan merancang dan mengimplementasikan sumber energi listrik tenaga surya, serta menganalisis kinerja sistem panel surya, termasuk efisiensi menghasilkan dan menyimpan energi listrik guna operasional tambak bandeng yang lebih optimal dan hasil panen yang lebih berkualitas.

## METODE PENELITIAN

Untuk memudahkan proses perancangan dan pemasangan alat dalam penelitian ini, maka perlu perencanaan yang baik dan sistematis. Perancangan PLTS dilakukan melalui beberapa tahapan dimulai dari survei lokasi, desain alat, uji coba alat dan juga hasil penelitian, seperti ditunjukkan Gambar 1.



**Gambar 1.** Proses Rancang Produk

Pemasangan sistem PLTS dimulai dengan tahap studi literatur, bertujuan memperoleh pemahaman mengenai prinsip kerja sistem PLTS, standar teknis instalasi, efisiensi berbagai jenis panel surya, dan tren teknologi terkini. Kajian pustaka mencakup referensi perhitungan kebutuhan energi, pemilihan komponen, serta studi kasus serupa yang menjadi acuan implementasi. Setelah memahami dasar teknis dan referensi praktik terbaik melalui studi literatur, dilanjutkan survei lokasi. Tahap ini untuk menentukan posisi optimal pemasangan panel surya, baik di atap bangunan, tanah lapang, maupun struktur khusus. Analisis terhadap arah datangnya matahari, sudut kemiringan permukaan, serta potensi bayangan dari objek sekitar perlu dilakukan guna memaksimalkan efisiensi penyerapan energi surya. Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem, di mana dilakukan perhitungan kebutuhan daya listrik harian pengguna (dalam satuan kWh). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka akan ditentukan pula kapasitas total panel surya, jenis dan kapasitas *inverter*, serta apakah diperlukan sistem penyimpanan energi seperti baterai (khususnya untuk sistem *off-grid* atau *hybrid*). Pada tahap ini pula disusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) serta spesifikasi teknis.

Masuk ke tahap pengadaan komponen, yang meliputi pembelian panel surya, *inverter*, baterai (jika dibutuhkan), struktur penyangga (*mounting system*), serta kabel dan perangkat proteksi seperti MCB (*Miniature Circuit Breaker*) dan *surge protector* untuk keamanan sistem. Setelah semua komponen tersedia, proses dilanjutkan dengan pemasangan fisik. Proses ini yang mencakup pemasangan panel surya, penarikan kabel DC ke baterai dan beban. Tahap selanjutnya adalah pengujian sistem (*testing & commissioning*), yaitu pengecekan nilai tegangan dan arus *output*, pengujian fungsi panel surya, *charger controller* dan baterai untuk memastikan semua komponen bekerja dengan aman dan efisien. Pada tahap akhir dilakukan dengan pembuatan laporan yang mencakup dokumentasi teknis dari proses instalasi, hasil pengujian, konfigurasi sistem, dan catatan-catatan penting. Setelah laporan yang disusun dan diverifikasi, proyek instalasi panel surya dinyatakan selesai.

Proses kerja dimulai dari panel surya yang menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik arus searah (DC). Energi dialirkan ke *solar charge controller*, yang berperan mengatur arus masuk ke baterai agar tidak terjadi kelebihan muatan (*overcharge*)



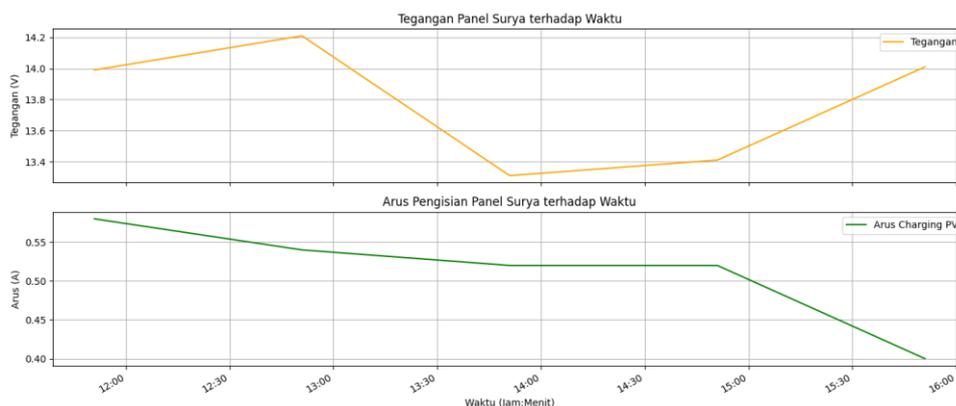
ataupun pengosongan berlebih (*overdischarge*), yang bisa merusak baterai. Selanjutnya, listrik yang sudah dikontrol disimpan dalam baterai untuk digunakan saat matahari tidak bersinar, seperti pada malam hari atau cuaca mendung. Ketika pengguna menyalakan beban seperti lampu, energi baterai dialirkan ke beban tersebut. Jika beban menggunakan arus bolak-balik (AC), sistem biasanya dilengkapi *inverter* untuk mengubah arus dari DC ke AC.

Prosedur pemeriksaan fungsi awal sistem tenaga surya dimulai dengan melakukan pemeriksaan sistem, kemudian menghubungkan baterai sebagai sumber daya awal. Setelah itu, diperiksa apakah LCD menyala, jika tidak menyala maka proses dihentikan karena ada kemungkinan kegagalan daya awal, sedangkan jika menyala dilanjutkan menghubungkan PV (panel surya) ke sistem. Selanjutnya diperiksa apakah tampilan PV muncul di LCD, jika tidak muncul maka proses dihentikan untuk pemeriksaan koneksi atau panel, tetapi jika muncul maka langkah berikutnya menghubungkan beban (perangkat pengguna energi). Setelah PV terbaca dengan baik dan beban tersambung, maka pemeriksaan dinyatakan berhasil dan sistem siap dioperasikan. Saat mematikan sistem berdasarkan diagram yang sama, langkah pertama dimulai proses awal sebagai tanda dimulainya prosedur pembongkaran, kemudian panel surya dilepas terlebih dahulu untuk memastikan tidak ada pasokan energi aktif ke sistem. Setelah panel surya dilepas, baru beban dicabut untuk mencegah arus balik atau kerusakan akibat beban yang masih aktif, lalu diikuti melepas baterai sebagai sumber energi cadangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengujian Panel Surya

Pemantauan kinerja panel surya berkala guna memastikan efisiensi dan keandalan sistem PLTS. Dua parameter utama yang diamati adalah tegangan (*Volt*) dan arus (*Ampere*) yang dihasilkan panel terhadap waktu. Data dikumpulkan dari pukul 11.45 hingga 15.45, dengan menunjukkan tegangan panel berkisar antara 13,33 V hingga 14,21 V, sedangkan arus pengisian berkisar antara 0,39 A hingga 0,58 A. Sistem pengisian menggunakan kontrol pengisian PWM (*Pulse Width Modulation*) berfungsi mengatur aliran daya dari panel ke baterai dengan cara mengatur lebar pulsa secara dinamis sesuai kondisi.



Gambar 2. Grafik Pengujian Tegangan dan Arus Panel Surya

Berdasarkan Gambar 2. bahwa tegangan panel menunjukkan kenaikan awal dari 13,97 V pada pukul 11.45 hingga mencapai puncaknya sebesar 14,21 V pada pukul 13.00, sebelum mengalami penurunan ke 13,33 V pada pukul 13.45. Setelah itu, tegangan kembali meningkat secara perlahan menjadi 14,01 V pada pukul 15.45. Arus pengisian dari panel menurun secara konsisten dari 0,58 A menjadi 0,39 A selama periode yang sama. Pola ini mencerminkan karakteristik pengontrol PWM, di mana lebar pulsa dikurangi secara bertahap saat baterai mendekati penuh untuk menghindari *overcharge*. Penurunan arus yang lebih tajam dibanding tegangan merupakan indikasi sistem mengatur proses pengisian berdasarkan kebutuhan aktual baterai, bukan hanya berdasarkan intensitas sinar matahari.

## 2. Pengujian Tegangan dan Arus Baterai

Pemantauan sistem pengisian baterai dari panel surya, yang terdiri dari dua parameter utama yaitu tegangan dan arus pengisian. Pengamatan dilakukan dalam rentang waktu dari pukul 12.00 hingga 16.00, menggambarkan karakteristik sistem pada siang hingga sore hari. Informasi ini untuk mengevaluasi performa sistem pengisian dan efisiensi energi dari sumber panel surya ke baterai.



**Gambar 3.** Grafik Pengujian Tegangan dan Arus Baterai

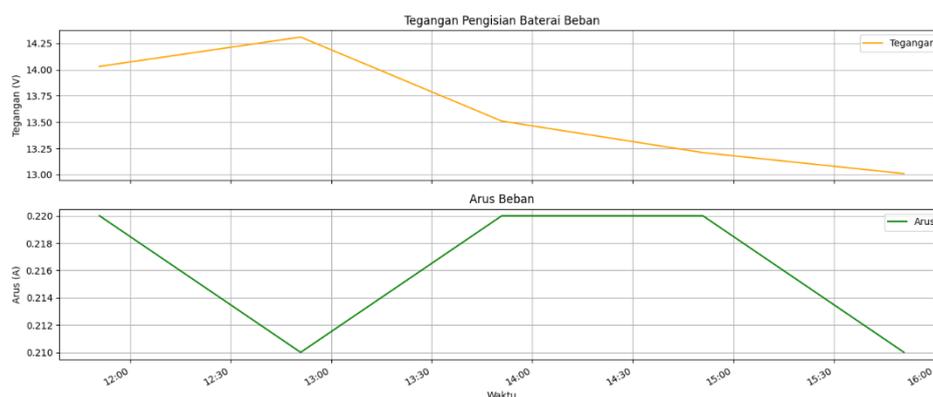
Berdasarkan Gambar 3. bahwa proses pengisian baterai menunjukkan pola yang cukup ideal dan terkontrol. Pada grafik pertama, tegangan pengisian mengalami kenaikan dari sekitar 14,1 volt hingga mencapai puncaknya di angka 14,25 volt pada sekitar pukul 13.00. Hal ini menunjukkan intensitas cahaya matahari cukup optimal sehingga panel surya menghasilkan tegangan maksimum pada rentang waktu tersebut. Fase ini dikenal sebagai fase *bulk charging*, yaitu fase utama pengisian ketika baterai masih dalam kondisi kosong hingga menengah, dan sistem memasukkan tegangan dan arus tinggi mempercepat pengisian. Setelah itu, tegangan mulai menurun bertahap hingga mencapai sekitar 13,1 volt menjelang pukul 16:00. Penurunan ini menunjukkan proses pengisian beralih ke fase absorpsi atau *float*, yaitu saat baterai hampir penuh dan sistem menurunkan tegangan agar tidak merusak sel baterai. Pada grafik arus, terlihat arus pengisian juga mengalami penurunan bertahap dari sekitar 0,58 ampere menjadi sekitar 0,41 ampere. Penurunan arus mencerminkan fungsi kontrol yang baik dari sistem, kemungkinan besar menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*), yang bertahap menurunkan arus mencegah pengisian berlebih. Arus yang semakin kecil seiring waktu juga bisa disebabkan dua faktor utama, yaitu berkurangnya intensitas sinar matahari menjelang sore hari dan kapasitas

baterai yang sudah hampir penuh sehingga hanya membutuhkan arus kecil untuk menjaga kestabilan pengisian.

Hal ini menunjukkan sistem pengisian bekerja efisien dan adaptif terhadap kondisi eksternal maupun status pengisian internal baterai. Dengan pola tegangan dan arus menurun secara halus tanpa lonjakan atau fluktuasi tajam, bahwa sistem ini memiliki pengaturan kontrol yang baik dan aman terhadap baterai. Hal ini untuk menjaga kesehatan baterai dalam jangka panjang karena pengisian yang terlalu cepat atau tidak terkontrol dapat memperpendek umur baterai (King dkk., 2020). Data ini menunjukkan sistem pengisian panel surya yang digunakan berjalan secara optimal dalam kondisi pencahayaan siang hingga sore hari, sesuai karakteristik pengisian yang direkomendasikan pada sistem energi terbarukan berbasis baterai.

### 3. Pengujian Tegangan dan Arus Beban

Pemantauan terhadap sistem kelistrikan untuk mengevaluasi kinerja sumber daya listrik dalam berbagai kondisi beban. Salah satu indikator yang dipakai adalah pengukuran terhadap tegangan beban dan arus beban secara berkala. Tegangan dan arus beban yang diukur dalam rentang waktu malam hingga pagi hari, menggambarkan karakteristik dinamis sistem kelistrikan. Data pengukuran penting untuk mengevaluasi kestabilan tegangan dan arus pada beban selama waktu pengoperasian. Fluktuasi tegangan mengindikasikan perubahan daya yang dikonsumsi beban atau kondisi sistem penyedia daya. Perubahan arus menunjukkan respons sistem terhadap variasi beban atau efisiensi penggunaan daya. Grafik tegangan menunjukkan perubahan tegangan beban (dalam Volt) terhadap waktu, grafik arus menunjukkan arus beban (dalam Ampere) terhadap waktu yang sama.



**Gambar 4.** Grafik Pengujian Tegangan dan Arus Baterai

Berdasarkan Gambar 4. bahwa pemantauan parameter kelistrikan dari sistem beban selama periode malam hari, mulai 18.00 hingga 04.00 bertujuan mengevaluasi performa sistem saat tidak ada pasokan energi dari panel surya, sehingga seluruh kebutuhan energi bergantung pada baterai. Parameter yang dicatat meliputi tegangan (dalam volt) dan arus (dalam ampere), yang diukur berkala untuk mengetahui pola konsumsi dan ketahanan daya sistem penerangan pada malam hari. Pengujian dilakukan menggunakan sistem PLTS skala kecil yang terdiri dari satu unit baterai 12V 20Ah, dikombinasikan lampu LED DC 12V sebagai beban. Pada awal pengamatan pukul 18.00, tegangan baterai tercatat 12,5 volt dan menurun bertahap hingga 12,4 volt pada pukul 20.00. Penurunan berlanjut menjadi 12,2 volt pada pukul 00.00 dan mencapai titik terendah sebesar 11,9 volt pada pukul 04.00. Arus mengalir ke beban juga menunjukkan



penurunan 0,19 ampere pada pukul 18.00, menjadi 0,18 ampere pada pukul 22.00, menurun tajam menjadi 0,17 ampere pada pukul 01.00, dan akhirnya mencapai 0,16 ampere pukul 04.00. Selama pengujian, beban tetap dijaga konstan menggunakan dua lampu LED 3 watt yang menyala terus-menerus, sehingga perubahan parameter mencerminkan respons sistem terhadap konsumsi daya dalam durasi cukup panjang. Data menunjukkan meskipun terjadi penurunan tegangan dan arus selama periode pemantauan, sistem tetap beroperasi dalam kondisi stabil dan mampu mempertahankan suplai energi secara kontinyu. Tidak terdapat penurunan tegangan signifikan atau lonjakan arus menunjukkan kelebihan beban, mengindikasikan kapasitas baterai dan efisiensi beban cukup sesuai durasi penggunaan sekitar 10 jam. Hasil penelitian menjadi acuan perencanaan sistem PLTS skala kecil untuk penerangan malam hari, terutama pesisir atau pertambakan yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional (Susilawati, 2013).

## KESIMPULAN

Sistem penerangan malam hari berbasis PLTS berkapasitas 20 Wp berhasil dirancang dan diimplementasikan efektif untuk memenuhi kebutuhan energi di tambak bandeng terpencil seperti di Desa Banjarasri. Sistem ini dirancang untuk bekerja secara mandiri tanpa bergantung jaringan PLN, menggunakan komponen utama berupa panel surya, baterai, dan lampu LED hemat energi, serta dikendalikan sistem pengisian berbasis PWM adaptif terhadap kondisi baterai dan intensitas cahaya matahari. Performa sistem PLTS kapasitas kecil menunjukkan efisiensi dan keandalan memadai dalam mendukung penerangan malam hari di tambak. Tegangan dan arus dari panel, baterai, serta beban cenderung stabil dan terkendali, tanpa fluktuasi tajam. Sistem ini mampu mempertahankan pengisian aman dan efisien, serta menjaga kestabilan pasokan daya ke beban selama malam hari. Sistem ini berkontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi kerja, keamanan operasional, dan keberlanjutan. Namun, perlu peningkatan kapasitas dan skala untuk menjangkau area tambak yang lebih luas atau menambah titik penerangan, seperti peningkatan kapasitas PLTS modular dengan menambah panel surya dan baterai, agar sistem tetap efisien dan andal dalam skala lebih besar, pengintegrasian sistem monitoring berbasis IoT dan pemberian pelatihan teknis pada petambak membantu pemantauan kinerja sistem secara *real-time* dan memastikan perawatan mandiri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Indrawan, A. W., Bakhtiar, B., Riyadi, K., & Asri, A. (2021). Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Listrik Untuk Penerangan di Lahan Tambak Desa Nisombalia. Dalam *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (Vol. 6, hlm. 552-556).
- Irsan, M., Radhiansyah, R., Yurika, Y., Noor, N. C., Taryana, E., Abidin, A., & Qadri, U. L. (2025). *Sistem Energi: Konsep, Teknologi, dan Implementasi Berkelanjutan*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.
- King, B. F., Panjaitan, S. D., & Hartoyo, A. (2020). Sistem Kontrol Charging dan Discharging Serta Monitoring Kesehatan Baterai. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 8(1).



- Muflihani, A. R., Romdhon, M. M., & Novanda, R. R. (2024). Analisis Indikator dan Strategi Pengembangan Sustainable Development Goals (Sdgs) (Studi Kasus Sentra Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Kabupaten Bengkulu Utara). *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 16(1), 1-25.
- Musyafiq, A. A., Ilahi, N. A., Nugroho, A. A. D., Rahmawati, P., Rizqy, F. M., Shodikin, K. A. H. A. H., & Fitriati, R. (2023). *Teknologi Energi Baru Terbarukan: Sistem PLTS dan Penerapannya untuk Kesejahteraan Masyarakat*. RUBEQ ID.
- Ningrum, D. W. (2018). *Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Alih Fungsi Tambak Ikan Bandeng Menjadi Tambak Udang Vannamei Guna Meningkatkan Kesejahteraan Petani dalam Perspektif Ekonomi Islam (Studi Kasus pada Petani Tambak Desa Muara Gading Mas Kecamatan Labuhan Maringgai Lampung Timur)* [Disertasi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung]. Repositori Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Nugraha, I. M. A., & Desnanjaya, I. G. M. N. (2024). *Peranan Energi Bersih Untuk Kelautan dan Perikanan: Energi Matahari Pada Kapal Nelayan*. Deepublish.
- Nurchahyanie, Y. D., Utomo, Y., & Rohman, S. (2024). Implementasi Energi Listrik Tenaga Surya Pengawetan Makanan Untuk Peningkatan Produktivitas Umkm Amanah Surabaya. *JDISTIRA-Jurnal Pengabdian Inovasi dan Teknologi Kepada Masyarakat*, 4(1), 117-123.
- Rochman, S., & Sembodo, B. P. (2014). Rancang bangun alat kontrol pengisian aki untuk mobil listrik menggunakan energi sel surya dengan metode sequensial. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 12(2), 61-66.
- Susilawati, S. (2013). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Memenuhi Kebutuhan Masyarakat Perdesaan di Kecamatan Balantak Kabupaten Banggai* [Disertasi, Universitas Hassanuddin]. Repositori Universitas Hasanuddin.