



Desain Stasiun Pengisian Baterai Tenaga Surya untuk Efisiensi Operasional Penangkapan Benih Lobster

Ali Munazid ^{1)*}, Sutiyo ¹⁾, Bagiyo Suwasono ²⁾, Rodlitul Awwalin ³⁾

¹Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Hang Tuah. Surabaya, Indonesia.

²Program Studi Teknik Kelautan, Universitas Hang Tuah. Surabaya, Indonesia.

³ Program Studi Teknologi Rekayasa Permesian Kapal, Universitas Hang Tuah. Surabaya, Indonesia

Abstrak

Penangkapan benih lobster di Teluk Brumbun, Jawa Timur, selama ini bergantung pada generator berbahan bakar bensin untuk menyalakan lampu pada bagan apung. Penggunaan generator tidak hanya meningkatkan biaya operasional nelayan, tetapi juga menimbulkan dampak lingkungan berupa emisi gas buang, kebisingan, dan risiko pencemaran bahan bakar. Kegiatan ini merancang dan mengimplementasikan stasiun pengisian baterai berbasis sel surya berkapasitas 1 kW sebagai solusi penyedia energi bersih bagi nelayan yang bertujuan untuk mengefisiensi penggunaan energi pada operasional penangkapan benih lobster. Dengan tujuan tersebut metode yang dilakukan dalam beberapa tahap: survei kondisi dan kebutuhan, merancang teknologi, pembuatan dan implementasi serta evaluasi dan analisis dampak stasiun pengisian baterai bagi masyarakat. Hasil perancangan menunjukkan kapasitas produksi energi harian sebesar 2,86 kWh, cukup untuk menyuplai lima unit bagan apung setiap malam. Secara ekonomi, sistem ini mampu menghemat biaya operasional sebesar Rp 36–45 juta per tahun untuk lima Bagan, dibandingkan penggunaan bensin 4–5 liter per malam. Secara lingkungan, sistem ini mengurangi emisi sebesar 8–10,5 ton CO₂ per tahun serta menghilangkan potensi pencemaran perairan. Inovasi ini terbukti meningkatkan efisiensi, menurunkan biaya operasional, dan mendukung praktik perikanan tangkap yang lebih berkelanjutan dan rendah karbon. Implementasi sistem ini memiliki potensi replikasi yang tinggi di wilayah pesisir lain dengan karakteristik radiasi surya dan pola operasi penangkapan malam hari yang serupa.

Kata kunci: benih lobster; energi terbarukan; jaring pocong; kemandirian energi; sel surya.

Design of Solar-Powered Battery Charging Station for Operational Efficiency in Lobster Seed Catching

Abstract

Lobster seed catching in Brumbun Bay, East Java traditionally relies on gasoline-powered generators to operate lighting systems on floating cages, resulting in high operational costs and environmental impacts such as emissions, noise, and fuel-spill risks. This project designed and implemented a 1 kW solar-powered battery charging station as a clean energy alternative to support sustainable catching activities, aims to improve energy efficiency in lobster seed catching operations. To achieve this goal, the method used consists of several stages: surveying conditions and needs, designing technology, manufacturing and implementing it, and evaluating and analyzing the impact of battery charging stations on the community. The system produces 2.86 kWh of energy per day, sufficient to supply five floating cages units each night. Economically, the solar charging station reduces fuel consumption equivalent to 4–5 liters of gasoline per unit per night, providing annual savings of IDR 36–45 million for five cages. Environmentally, the system lowers carbon emissions by 8–10.5 tons of CO₂ per year and eliminates pollution risks associated with fuel handling. The integration of solar energy technology has proven to improve energy efficiency, decrease operational costs, and minimize ecological impacts. Overall, this innovation supports the transition toward low-carbon, environmentally friendly, and sustainable capture fisheries in coastal communities. The implementation of this system has high replication potential in other coastal areas with similar solar radiation characteristics and night operation patterns.

Keywords: lobster seeds; renewable energy; pocong fishing gear; energy independence; solar cells.

* Korespondensi Penulis. E-mail: ali.munazid@hangtuah.ac.id

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam budidaya Lobster Pesisir (*Panulirus Homarus*) dan Lobster Mutiara (*Panulirus Ornatus*), khususnya di kawasan pesisir Selatan Jawa, Bali, Lombok, Sumbawa dan Banyuwangi sampai Cilacap. Wilayah-wilayah tersebut memiliki kondisi oseanografis seperti kualitas perairan, ketersediaan pakan alami, serta karakteristik habitat yang sesuai dan mendukung untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup lobster (Priyambodo et al., 2020; Rohmanurcaesari et al., 2024; Irianto et al., 2024), sebagai kawasan yang ditetapkan sebagai zona-zona budidaya dan pemanfaatan benih bening lobster di Indonesia (KKP, 2024) dengan potensi besar untuk pengembangan budidaya lobster dan ketersediaan benih yang melimpah sehingga berpeluang dan berpotensi menjadi penghasil lobster sebagai komoditas budidaya laut yang bernilai ekonomi tinggi (Priyambodo et al., 2020) regional dan internasional (Pongbatto et al., 2024). Tingginya permintaan pasar terhadap lobster untuk konsumsi, serta upaya peningkatan pendapatan nelayan dan penguatan ketahanan pangan, serta turut mendorong percepatan pengembangan budidaya lobster melalui sistem keramba jaring apung (Zulbainarni et al., 2024).

Selama ini, pemenuhan kebutuhan benih lobster untuk kegiatan budidaya masih sepenuhnya bergantung pada ketersediaan dan hasil tangkapan dari alam. Ketergantungan tersebut terjadi karena teknologi produksi benih lobster secara menyeluruh, mulai dari pemijahan, penetasan, hingga pembesaran stadia larva hingga benih, belum sepenuhnya dikuasai dan dikembangkan secara komersial (FAO, 2021; Nankervis & Jones, 2022; Sarkar et al., 2026; Jones et al., 2026), meskipun teknologi penetasan mengalami kemajuan, industri tersebut masih tergantung pada benih hasil tangkapan liar (Nankervis & Jones, 2022). Kondisi ini mendorong penangkapan benih lobster di alam terus berlangsung secara intensif tanpa memperhatikan dan mempertimbangkan aspek keberlanjutan sumber daya dan kelestarian lingkungan (Biol et al., 2014; Witomo & Nurlaili, 2015; WWF-Indonesia, 2024), yang berpotensi menurunkan stok alami dan mengganggu keseimbangan ekosistem pesisir (FAO, 2021; KKP, 2024). Untuk menjamin kelestarian dan ketersediaan sumber daya lobster di perairan Indonesia, pemerintah telah menerbitkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 17 Tahun 2021 dalam (KKP, 2021) tentang Pengelolaan Lobster, Kepiting, dan Rajungan. Regulasi ini untuk memastikan bahwa pemanfaatan sumber daya lobster, termasuk benihnya, dilakukan berkelanjutan, adil, dan bertanggung jawab melalui pengaturan penangkapan, pengelolaan budidaya, serta tata niaga yang berbasis pada prinsip keberlanjutan. Keberlanjutan tergantung pada transisi dari penangkapan yang sepenuhnya bersifat ekstraktif ke budidaya yang dikelola, yang menawarkan manfaat lingkungan dan sosial-ekonomi (Jones et al., 2019).

Nelayan penangkap benih lobster di perairan Teluk Brumbun, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur, tergabung dan secara kelembagaan diwadahi oleh Koperasi Pemasaran Sahabat Lautan Sejahtera yang merupakan bagian dari komunitas nelayan di wilayah pesisir Selatan Jawa. Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2022 dalam (KKP, 2022) dan (Triyono et al., 2019), wilayah perairan tersebut termasuk dalam Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPP-NRI) 573, yang memiliki potensi sumber daya lobster sebesar 1.563 ton per tahun. Kegiatan penangkapan benih lobster di WPP 573 dilakukan dengan menggunakan alat tangkap tradisional berupa jaring pocong, yaitu media tempat menempelnya benih lobster, yang dipasang pada struktur bagan apung (Huda et al., 2021; Nurdin et al., 2023). Dalam operasionalnya, setiap bagan dilengkapi 6–8 unit jaring pocong (Susanto et al., 2021). Selain itu, digunakan sistem

penerangan berupa satu lampu LED (Sofijanto et al., 2015) yang ditempatkan di atas bagan sebagai sumber cahaya utama serta dua lampu LED yang dibenamkan ke dalam air untuk menarik benih lobster agar menempel pada jaring pocong (Jones et al., 2019).

Kegiatan penangkapan benih lobster di Teluk Brumbun dilakukan pada malam hari sehingga memerlukan sistem penerangan yang memadai untuk membantu operasional sekaligus menarik benih lobster mendekat ke alat tangkap (Phillips & Kittaka, 2000). Oleh karena itu, diperlukan pasokan daya listrik yang stabil untuk menyalakan lampu selama proses penangkapan berlangsung. Saat ini, nelayan benih lobster di Teluk Brumbun menggunakan dua sumber energi listrik utama, yaitu: (1) Generator berbahan bakar fosil, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1(a). Penggunaan genset memiliki beberapa kelemahan, antara lain menghasilkan emisi gas buang yang mencemari lingkungan, menimbulkan kebisingan, memerlukan biaya bahan bakar yang terus meningkat (Nurhidayanti, 2026), serta menimbulkan ketergantungan pada energi fosil yang rentan terhadap fluktuasi harga dan ketersediaan, (2) Baterai (aki) yang diisi ulang menggunakan listrik rumah tangga, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1(b). Penggunaan baterai relatif lebih murah dibandingkan genset, namun tetap menimbulkan beban biaya listrik rumah tangga yang harus dibayarkan setiap bulan, terutama ketika intensitas operasi penangkapan meningkat (Agency, 2022).



Gambar 1. (a) Generator Berbahan bakar Fosil, (b) Baterai yang diisi ulang.

Perairan Teluk Brumbun merupakan salah satu wilayah pesisir Indonesia yang memiliki potensi energi surya yang cukup signifikan, dengan intensitas radiasi matahari berkisar antara 4 hingga 5,1 kWh/m²/hari. Sebagai kawasan pesisir yang terbuka, wilayah ini menerima paparan radiasi surya secara luas dan intens sepanjang tahun. Kondisi tersebut memberikan peluang besar untuk memanfaatkan energi surya sebagai solusi atas permasalahan penyediaan listrik bagi nelayan benih lobster. Selama ini, nelayan masih bergantung pada generator berbahan bakar fosil dan pasokan listrik rumah tangga untuk pengisian baterai, yang tidak hanya menimbulkan biaya operasional tinggi, tetapi juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan melalui emisi gas buang.

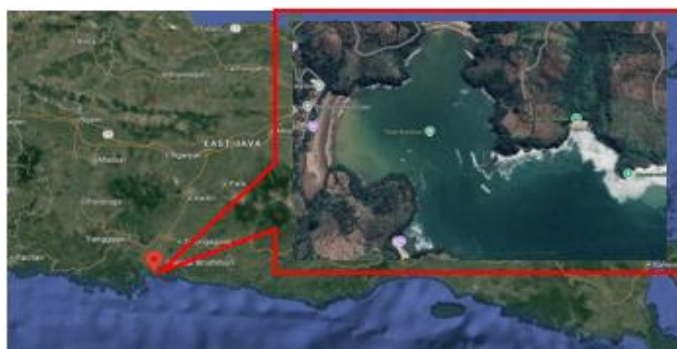
Melihat berbagai kendala yang timbul dari penggunaan genset dan baterai konvensional, diperlukan alternatif sumber energi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan ekonomis untuk mendukung kegiatan penangkapan benih lobster. Salah satu solusi yang berpotensi diterapkan adalah pemanfaatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Teknologi sel surya yang digunakan sebagai stasiun pengisian baterai menawarkan pasokan energi yang stabil dan bersih, sehingga dapat mengurangi ketergantungan nelayan terhadap bahan bakar fosil sekaligus menekan biaya operasional. Selain itu, penggunaan energi surya berkontribusi pada keberlanjutan kegiatan penangkapan benih lobster dan meningkatkan kemandirian energi bagi komunitas nelayan setempat.

Kegiatan ini menawarkan kebaruan melalui pengembangan desain Stasiun Pengisian Terpusat (*Centralized Charging Station*), yang secara fundamental berbeda dari implementasi sistem PLTS mandiri pada tiap perahu nelayan yang umumnya dijumpai dalam pengabdian-pengabdian sebelumnya. Inovasi ini secara teknis dirancang untuk mereduksi risiko kegagalan komponen elektronik akibat paparan korosi salinitas tinggi dan guncangan mekanis ekstrem yang sering terjadi jika perangkat diletakkan secara permanen di atas perahu. Selain mengusung konsep *shared economy* untuk menekan biaya investasi awal bagi nelayan skala kecil, sistem ini menerapkan mekanisme *battery swapping* (tukar baterai) yang mengoptimalkan pengisian daya pada siang hari untuk penggunaan penuh di malam hari. Pendekatan tersebut menjamin keberlanjutan operasional nelayan benih lobster tanpa terkendala fluktuasi cuaca saat aktivitas penangkapan berlangsung, sehingga menciptakan ekosistem energi yang lebih resilien, efisien secara kolektif, dan adaptif terhadap karakteristik wilayah pesisir dibandingkan sistem fotovoltaik konvensional

Kegiatan ini adalah untuk merancang dan menerapkan sistem pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber energi alternatif bagi nelayan penangkap benih lobster di Teluk Brumbun untuk mengefisienkan penggunaan energi dalam operasional penangkapan benih lobster. Melalui penerapan PLTS sebagai stasiun pengisian baterai, program ini diharapkan dapat menyediakan pasokan energi yang lebih stabil, efisien, dan berkelanjutan untuk menunjang operasional penangkapan benih lobster pada bagan apung. Selain itu, program ini bertujuan untuk mengurangi beban biaya operasional nelayan, meminimalkan dampak lingkungan dari penggunaan bahan bakar fosil, serta meningkatkan kemandirian energi dan kapasitas teknologi masyarakat nelayan setempat.

METODE

Dalam pelaksanaan program ini, Tim pengabdian terlibat secara langsung dalam seluruh tahapan kegiatan, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga monitoring dan evaluasi. Peran utama tim meliputi: (1) survei dan identifikasi permasalahan yang dihadapi masyarakat (nelayan), (2) merancang solusi berupa teknologi PLTS sebagai stasiun pengisian baterai, (3) melakukan pembangunan, perakitan dan uji coba sistem PLTS, serta (4) melaksanakan analisis dan evaluasi dari aspek ekonomi dan lingkungan. Selain itu, Tim pengabdian juga berperan aktif sebagai fasilitator dalam memperkuat koordinasi antara nelayan, koperasi, sehingga setiap tahapan kegiatan dapat berjalan secara terarah dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat penerima manfaat dalam hal ini nelayan yang tergabung dalam KUB Nelayan Teluk Brumbun.



Gambar 2. Teluk Brumbun dalam Peta.

Kegiatan ini melibatkan $\pm$ 10–15 orang nelayan yang tergabung dalam Kelompok Usaha Bersama (KUB) Nelayan Teluk Brumbun. Kelompok ini merupakan komunitas nelayan

penangkap benih lobster yang beroperasi di perairan Teluk Brumbun, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Secara kelembagaan, KUB Nelayan Teluk Brumbun berafiliasi dan berada di bawah naungan Koperasi Pemasaran Sahabat Lautan Sejahtera yang berlokasi di Prigi, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Koperasi tersebut berperan sebagai wadah bagi nelayan dalam memasarkan hasil tangkapan, sekaligus memberikan penguatan kelembagaan, pendampingan usaha, serta dukungan yang diperlukan untuk meningkatkan keberlanjutan kegiatan penangkapan benih lobster. Keterlibatan masyarakat bersifat partisipatif, di mana nelayan turut aktif dalam diskusi kebutuhan, uji coba teknologi, serta penyusunan strategi keberlanjutan program.

Permasalahan utama yang dihadapi nelayan di Teluk Brumbun berfokus pada kebutuhan sumber energi yang lebih efisien dan berkelanjutan untuk mendukung operasional penangkapan benih lobster menggunakan alat tangkap pocong. Upaya pemanfaatan energi surya sebagai energi terbarukan menjadi solusi strategis untuk mewujudkan kemandirian energi sekaligus mendorong praktik perikanan hijau di wilayah tersebut. Berdasarkan permasalahan tersebut, dirancang sebuah stasiun pengisian baterai bertenaga sel surya yang mampu menyediakan pasokan energi untuk kebutuhan operasional nelayan, menggantikan penggunaan sumber energi berbasis bahan bakar konvensional maupun listrik jaringan, serta bersifat ramah lingkungan dan berkelanjutan. Kehadiran stasiun pengisian baterai ini diharapkan dapat menurunkan biaya operasional nelayan melalui eliminasi penggunaan bahan bakar dan listrik, serta mengurangi pencemaran lingkungan, khususnya emisi gas buang yang selama ini dihasilkan dari pengoperasian genset.

Proses rancang bangun PLTS sebagai stasiun pengisian baterai terdiri dari beberapa tahapan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3, yaitu:



Gambar 3. Tahapan Rancang Bangun PLTS sebagai Stasiun Pengisian Baterai.

Kegiatan dimulai dengan melakukan survei lapangan dan identifikasi kebutuhan energi untuk operasional nelayan di Teluk Brumbun. Melalui observasi langsung dan wawancara mendalam dengan anggota KUB Nelayan Teluk Brumbun, Tim mengumpulkan data komprehensif mengenai pola penggunaan alat tangkap serta estimasi kapasitas daya yang dibutuhkan untuk operasional penangkapan benih lobster. Data krusial ini kemudian menjadi fondasi bagi tahap perancangan sistem. Dalam tahap ini, stasiun pengisian baterai dirancang dengan mengintegrasikan komponen utama seperti panel surya, *charge control*, dan inverter, dengan fokus utama pada keandalan sistem kemudahan pemeliharaan, serta ketahanan material terhadap paparan angin laut dan korosi ekstrem di wilayah pesisir.

Proyek berlanjut ke tahap manufaktur, perakitan, dan uji coba sistem secara intensif. Seluruh komponen yang telah dirancang dirakit menjadi satu kesatuan stasiun pengisian daya di dalam *workshop*, di mana orientasi panel surya diatur secara presisi untuk menangkap intensitas cahaya matahari secara maksimal. Setelah instalasi selesai, serangkaian uji fungsi dilakukan untuk mengukur parameter teknis seperti tegangan, arus, serta durasi pengisian baterai hingga kapasitas penuh. Proses evaluasi performa ini memastikan bahwa stasiun pengisian tidak hanya mampu menghasilkan daya sesuai desain, tetapi juga menjamin keamanan operasional bagi nelayan sebelum diimplementasikan secara penuh di lapangan.

Pada tahap akhir dilakukan analisis mendalam mengenai dampak ekonomi dan lingkungan setelah sistem dimanfaatkan oleh nelayan. Dari sisi ekonomi, analisis difokuskan pada penghematan biaya operasional melalui pengurangan ketergantungan pada listrik rumah tangga dan bahan bakar generator fosil yang selama ini membebani pendapatan nelayan. Secara paralel, analisis lingkungan mengukur potensi pengurangan emisi gas buang sebagai kontribusi nyata terhadap pelestarian ekosistem pesisir. Hasil akhir dari seluruh rangkaian kegiatan ini memberikan gambaran konkret mengenai efisiensi energi dan bagaimana penerapan prinsip energi bersih dapat meningkatkan kesejahteraan ekonomi sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan di Teluk Brumbun.

Keberhasilan operasional dari implementasi stasiun pengisian daya bertenaga surya ini diukur melalui tiga indikator utama yang mencakup aspek teknis, ekonomis, dan fungsional. Pertama, dari aspek teknis, parameter keberhasilan ditentukan oleh stabilitas keluaran daya dan efisiensi waktu pengisian baterai yang harus mampu memenuhi kebutuhan siklus harian nelayan tanpa mengalami kendala *down-time* yang berarti. Keandalan sistem dalam menghadapi paparan salinitas tinggi dan kondisi cuaca ekstrem di Teluk Brumbun menjadi standar keberhasilan rancang bangun stasiun pengisian baterai guna menjamin durabilitas komponen elektronika jangka panjang. Kedua, indikator keberhasilan ditentukan melalui aspek efisiensi biaya operasional yang diukur dari tingkat substansi penggunaan energi fosil dan listrik domestik. Program ini dinyatakan berhasil apabila terdapat penurunan biaya pengeluaran rutin nelayan untuk energi yang berkorelasi langsung dengan peningkatan margin pendapatan bersih dari hasil tangkapan benih lobster. Secara ekonomi, stasiun ini diharapkan mampu memberikan akses energi yang lebih terjangkau dan stabil dibandingkan dengan ketergantungan pada fluktuasi harga bahan bakar generator konvensional.

Terakhir, aspek fungsional dan tingkat adopsi teknologi oleh kelompok nelayan menjadi parameter krusial dalam keberlanjutan program. Keberhasilan diukur dari kemudahan operasional sistem (*user-friendliness*) yang memungkinkan nelayan melakukan pengisian dan pertukaran baterai secara mandiri tanpa memerlukan pendampingan teknis yang kompleks. Selain itu, transisi pola perilaku nelayan dari penggunaan energi konvensional menuju pemanfaatan energi bersih yang ramah lingkungan menjadi indikator kualitatif bahwa program ini telah berhasil memberikan dampak transformatif terhadap praktik perikanan berkelanjutan di wilayah pesisir tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Survei dan identifikasi dilakukan untuk mendapatkan gambaran kondisi nelayan di Teluk Brumbun, Kabupaten Tulungagung melalui kegiatan survei lapangan dan diskusi dengan nelayan. Dari hasil survei dan identifikasi tersebut, diperoleh informasi sebagai berikut: Teluk Brumbun secara administratif berada di wilayah Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur. Teluk ini terbentuk sebagai hasil proses abrasi yang terjadi di pesisir selatan Pulau Jawa, sehingga membentuk morfologi teluk yang relatif sempit dan memanjang ke arah daratan. Bentuk geografis tersebut menyebabkan perairan Teluk Brumbun lebih terlindungi dari gelombang besar yang berasal dari Samudra Hindia, sehingga kondisi laut cenderung lebih tenang dan mendukung kegiatan penangkapan skala kecil.

Wilayah perairan Teluk Brumbun memiliki potensi perikanan yang cukup beragam, meliputi keberadaan benih lobster, ikan karang, serta berbagai biota ekonomis lainnya. Meskipun demikian, aktivitas utama nelayan setempat berfokus pada penangkapan benih lobster, yang masih dilakukan secara konvensional menggunakan alat tangkap pocong. Teknik penangkapan ini telah lama diterapkan oleh masyarakat pesisir setempat dan menjadi

sumber mata pencaharian utama bagi Kelompok Usaha Bersama (KUB) Nelayan Teluk Brumbun.

Kegiatan nelayan menangkap benih lobster di Teluk Brumbun dilakukan pada malam hari menggunakan bagan apung berukuran 4×4 meter, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Pemilihan waktu operasi pada malam hari didasarkan pada sifat benih lobster yang *nokturnal* serta hidup berkelompok, sehingga aktivitas penangkapan pada malam hari menjadi lebih efektif. Dalam praktiknya, alat tangkap jaring pocong dioperasikan dengan bantuan cahaya lampu berdaya kurang dari 100 W.

Benih lobster memiliki perilaku fototaksis positif, yaitu cenderung bergerak menuju sumber cahaya. Selain itu, organisme ini mendeteksi makanan melalui penglihatan dan akan mendekati objek berwarna gelap yang menyerupai tempat berlindung alami, seperti karang (Carpenter & Niem, 1998; Zulkarnain et al., 2011; Purnama et al., 2022). Berdasarkan perilaku tersebut, lampu LED digunakan sebagai alat bantu penerangan di bagan apung sekaligus berfungsi sebagai umpan visual untuk menarik benih lobster agar menempel pada jaring pocong. Lampu LED tersebut diletakkan dalam kondisi terendam air untuk meningkatkan efektivitas penangkapan.



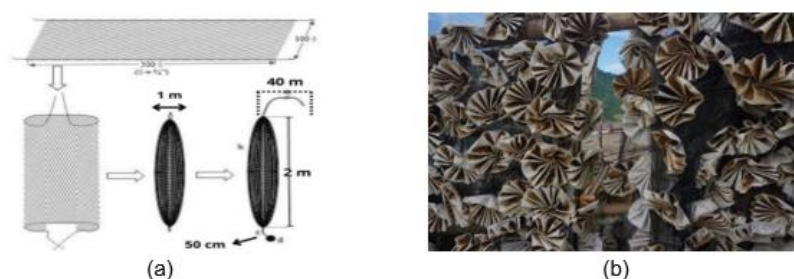
Gambar 4. Bagan Apung (a) di laut, (b) di darat

Kebutuhan daya listrik pada operasi bagan apung untuk menangkap benih lobster terutama digunakan untuk penerangan dan penarik/pemikat benih lobster (*puerulus*). Sistem pencahayaan terdiri atas: (1) Lampu penerangan di atas bagan apung dengan daya 12 W sebanyak 1 buah lampu, (2) Lampu pemikat benih lobster yang ditenggelamkan di air dengan daya 12 W sebanyak 2 buah lampu. Durasi operasi penangkapan benih lobster di Teluk Brumbun berlangsung relatif panjang, yaitu ± 11 jam. Proses dimulai pada pukul 18.00 saat alat tangkap pocong diturunkan, dan diakhiri pada pukul 05.00 keesokan harinya saat alat diangkat. Sepanjang durasi tersebut, seluruh lampu beroperasi secara kontinu sebagai bagian dari metode *light fishing* untuk menarik benih lobster yang bersifat fototaksis positif.

Dalam operasi penangkapan benih lobster, Nelayan Teluk Brumbun berangkat sore hari menuju bagan apung menggunakan perahu. Setiba di lokasi sekitar pukul 18.00, mereka menurunkan jaring pocong, memasang baterai atau menyalakan generator, serta menyalakan lampu untuk menarik benih lobster. Setelah semua peralatan bekerja, nelayan kembali ke daratan untuk beristirahat. Pukul 05.00 pagi, nelayan kembali ke bagan apung untuk mengambil hasil tangkapan, mematikan lampu, serta membawa baterai ke darat untuk diisi ulang. Hasil tangkapan kemudian disortir dan disiapkan untuk dijual kepada pengepul. Kegiatan ini dilakukan setiap hari, menyesuaikan kondisi cuaca dan musim, dengan durasi operasi rata-rata 11 jam.

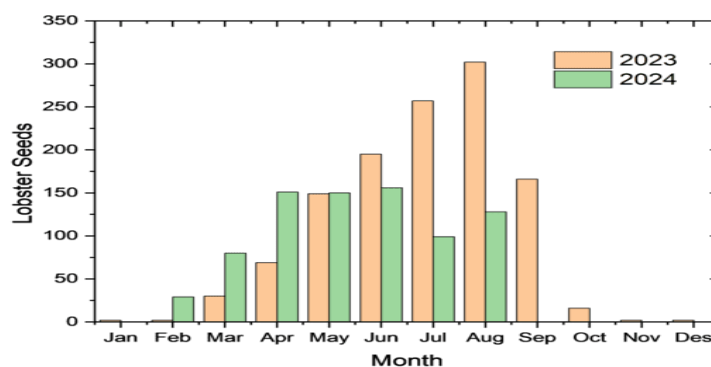
Konstruksi jaring pocong pada Gambar 5 terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu tali utama, tali pemberat, pemberat, dan unit jaring pocong itu sendiri: (1) *Tali utama* berfungsi sebagai struktur penopang seluruh rangkaian alat tangkap. Komponen ini menggunakan bahan *polietilena* (PE) berdiameter 3 mm dengan panjang sekitar 40 meter. Tali utama

diikatkan pada kerangka bagan dan menjadi jalur penggantung pocong; (2) *Tali pemberat* berfungsi menjaga agar jaring pocong tetap berada dalam posisi vertikal dan stabil saat terendam air. Tali ini menggunakan *polietilena* (PE) berdiameter 4 mm dengan panjang sekitar 50 cm pada setiap unit; (3) *Pemberat* dibuat dari semen dengan berat 6–7 kg. Pemberat ini diikat pada ujung tali pemberat sehingga jaring tetap tegang dan tidak terpengaruh secara signifikan oleh arus permukaan; (4) *Jaring Pocong* terbuat dari *monofilamen poliamida* (PA) dengan ukuran mata jaring kecil ($\frac{3}{4}$ inci). Karakteristik monofilamen PA yang lentur, ringan, dan tahan air laut menjadikannya sesuai untuk menangkap benih lobster (*puerulus*) yang berukuran sangat kecil; (5) *Pocongan (Agregator Lobster)*, Setiap jaring dilengkapi dengan unit pocongan, yaitu bahan agregasi yang terbuat dari karung semen bekas atau sabut kelapa. pocongan berfungsi sebagai wadah perlindungan yang menyerupai habitat alami, memberikan tempat bersembunyi bagi benih lobster dari predator dan gangguan lingkungan. Struktur ini bekerja berdasarkan perilaku fototaksis dan thigmotaksis positif lobster, sehingga benih cenderung menempel atau berdiam di dalamnya selama proses penangkapan.



Gambar 5. (a) Konstruksi jaring Pocong, (b) Pocongan (*aggregator lobster*)

Penangkapan benih lobster di Teluk Brumbun sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan musim. Musim yang paling ideal adalah musim kemarau (April–Oktober), ketika laut relatif tenang, angin tidak terlalu kencang, dan tinggi gelombang lebih rendah. Pada periode ini, aktivitas di atas bagan apung dapat dilakukan dengan lebih aman, dan efektivitas cahaya lampu untuk menarik benih lobster juga lebih tinggi. Sebaliknya, pada musim hujan atau saat angin barat (November–Maret), kondisi laut menjadi lebih buruk akibat peningkatan curah hujan, angin kencang, dan gelombang tinggi. Situasi ini meningkatkan risiko keselamatan dan menurunkan hasil tangkapan. Karena itu, nelayan biasanya mengurangi intensitas operasi atau menghentikan penangkapan sementara hingga kondisi kembali stabil.



Gambar 6. Rerata tangkapan benih lobster tiap Bagan Apung di Selatan Jawa tahun 2023-2024 (Wijanarko et al., 2025)

Temuan dan hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Wijanarko et al., 2025), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Pada penelitian tersebut menjelaskan

bahwa periode kemunculan benih lobster di perairan selatan Pulau Jawa terutama di Jawa Timur mencapai puncaknya pada pertengahan tahun. Data pada Gambar 6 menunjukkan bahwa rerata hasil tangkapan benih lobster per bagan apung setiap bulan meningkat signifikan pada periode Maret s/d September. Dengan demikian, musim penangkapan benih lobster di Teluk Brumbun dapat dikategorikan berlangsung selama enam bulan, yaitu bulan Maret hingga September.

Kebutuhan daya listrik dalam perancangan stasiun pengisian baterai, kebutuhan daya listrik untuk penangkapan benih lobster di Teluk Brumbun adalah untuk menyalakan tiga lampu LED 12 W: satu untuk penerangan dan dua untuk menarik benih lobster. Dengan demikian, total kebutuhan daya lampu adalah 36 W (3×12 W). Durasi operasi lampu mengikuti waktu penangkapan, yaitu 11 jam mulai pukul 18.00 hingga 05.00. Dengan demikian, total energi listrik yang dibutuhkan untuk satu siklus operasi penangkapan benih lobster adalah.

$$\begin{aligned}\text{Total daya (tanpa losses)} &= 36 \text{ W} \times 11 \text{ Jam} \\ &= 396,0 \text{ Wh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total daya (losses 10\%)} &= 396,0 \times 1,1 \\ &= 435,6 \text{ Wh}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan listrik untuk peralatan yang digunakan selama operasi penangkapan benih lobster di Teluk Brumbun, total energi yang diperlukan adalah 435,6 Wh untuk satu malam operasi. Nilai tersebut mencakup seluruh konsumsi energi dari lampu penerangan dan lampu pemancing benih lobster yang beroperasi selama durasi penangkapan.

Kebutuhan baterai, dengan daya listrik setiap bagan terapung sebesar 435,6 Wh dalam satu malam, maka kebutuhan baterai nominal minimum dengan *Depth of Discharge* (DoD) LifePO₄ sebesar 80% (0,8) adalah.

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Baterai} &= 435,6 \div 0,8 \\ &= 544,5 \text{ Wh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konversi ke Ah (12 V)} &= 544,5 \text{ Wh} \div 12 \text{ V} \\ &= 45,375 \text{ Ah} = 50 \text{ Ah}\end{aligned}$$

Berdasarkan kebutuhan daya sebesar 435,6 Wh per malam dan mempertimbangkan DoD baterai LiFePO₄ sebesar 80%, maka kapasitas baterai minimal yang diperlukan adalah sekitar 45,375 Ah pada sistem 12 V. Dengan demikian, penggunaan satu unit baterai berkapasitas 50 Ah sudah lebih dari cukup untuk memenuhi kebutuhan daya selama satu malam operasi penangkapan benih lobster.

Menurut (Munazid et al., 2007), *Peak Sun Hours* (PSH) untuk daerah pesisir dan kapal ikan adalah 4,5 Jam/Hari. Dengan PSH tersebut, untuk menentukan besarnya kebutuhan *peak power* panel surya (PV dalam Wp) minimal tiap malam adalah.

$$\begin{aligned}\text{PV (Tanpa Margin)} &= E_{\text{harian}} \div \text{PSH} \\ &= 544,5 \text{ Wh} \div 4,5 \text{ h} \\ &= 1.210,0 \text{ Wp} = 1,21 \text{ kWp}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{PV (dengan margin 30\%)} &= 1.210,0 \text{ Wp} \times 1,3 \\ &= 1.573,0 \text{ Wp} = 1.575 \text{ WP} = 1,575 \text{ kWp}\end{aligned}$$

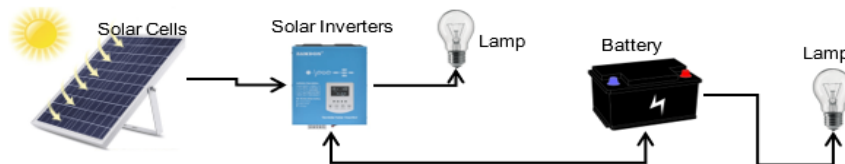
Berdasarkan hasil perancangan pembangkit listrik tenaga sel surya sebagai stasiun pengisian daya baterai, pemilihan komponen utama dilakukan dalam manufaktur, *assembly* dan uji coba sesuai hasil perhitungan desain serta mempertimbangkan ketersediaan komponen di pasaran. Komponen utama meliputi panel surya, pengontrol pengisian (*charge controller*), inverter, serta sistem distribusi dan proteksi daya, dengan spesifikasi yang tercantum dalam Tabel 1. Setelah seluruh komponen diperoleh, sistem dirakit di bengkel

sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Pada tahap ini, seluruh komponen dirakit menjadi satu kesatuan sistem yang terdiri dari rangkaian panel surya, hybrid inverter (*chage control*, inverter, sistem distribusi dan proteksi daya), dan baterai.

Tabel 1. Spesifikasi teknis komponen utama stasiun pengisian baterai.

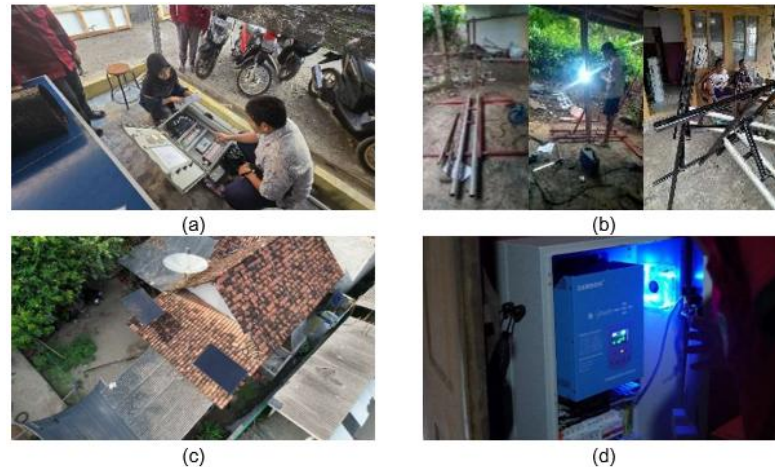
<i>Solar Cell</i>		<i>Batteries</i>		<i>Inverters</i>	
<i>Type</i>	<i>Monocrystalline</i>	<i>Model</i>	<i>Luminous</i>	<i>Model</i>	ZD-T10240M
<i>Power</i>	435 Wp	<i>Type</i>	VRLA	<i>Input DC</i>	12 V
<i>Voc/Vmpp</i>	39.63 V / 33.36 V	<i>V</i>	12 V	<i>Output AC</i>	220V, 55Hz, 1 Fase
<i>Isc/ Impp</i>	14.08 A/13.05 A	<i>Ah</i>	100 Ah	<i>Max. Power</i>	1000 W
<i>Weight</i>	20.8 Kg	<i>Weight</i>	25.9 Kg	<i>Peak Power</i>	3000 W

Pada Gambar 7 menjelaskan integrasi komponen pada sistem stasiun pengisian daya baterai bertenaga sel surya. Sistem ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu panel sel surya, hybrid inverter, dan baterai. Panel sel surya menangkap energi matahari dan mengubahnya menjadi arus searah (DC) melalui proses fotovoltaiik. Energi listrik DC tersebut kemudian disalurkan ke sistem pengatur daya dan inverter. Inverter berfungsi mengubah arus DC menjadi arus bolak-balik (AC) untuk mengoperasikan peralatan berbasis AC yang diperlukan selama proses pengisian. Selanjutnya, energi listrik digunakan untuk mengisi ulang baterai yang menjadi sumber daya utama bagi bagan terapung. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang akan digunakan untuk menyalakan lampu penerangan dan lampu pemancing benih lobster selama aktivitas penangkapan pada malam hari. Dengan alur kerja ini, seluruh komponen dalam sistem PLTS bekerja secara terintegrasi untuk menyediakan sumber energi yang andal bagi operasional bagan apung.



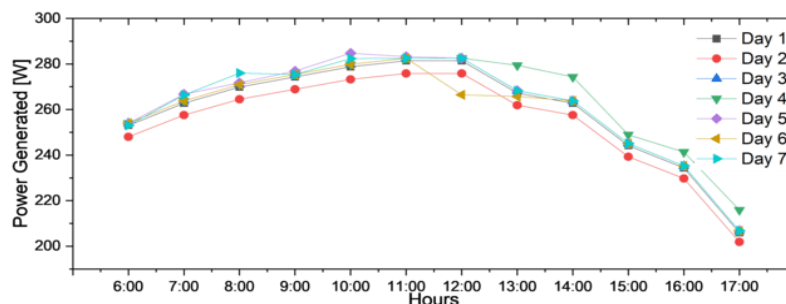
Gambar 7. Sistem Stasiun Pengisian Baterai

Pada tahap manufaktur, komponen utama sistem dirakit terlebih dahulu menjadi satu kesatuan modul sebelum diangkut dan dipasang di lapangan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8(a). Selanjutnya, sistem yang telah dirakit tersebut dipasang di lokasi stasiun pengisian baterai di Teluk Brumbun, seperti terlihat pada Gambar 8(b). Proses instalasi dilakukan dengan memastikan orientasi panel surya menghadap ke utara serta mengatur sudut kemiringan panel sesuai lintang lokasi untuk memaksimalkan penerimaan radiasi matahari. Hasil pemasangan keseluruhan sistem ditunjukkan pada Gambar 8(c). Setelah instalasi selesai, dilakukan uji fungsi untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai rancangan. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran panel, arus pengisian ke baterai, serta kinerja inverter dan beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem beroperasi dengan baik dan memenuhi parameter desain, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 8(d).



Gambar 8. (a) Manufaktur, (b) *Assembly*, (c) Sistem di lapangan, (d) Uji coba

Besarnya daya listrik yang dihasilkan dan jumlah bagan yang dapat disuplai, berdasarkan hasil pengukuran pada PLTS sebagai stasiun pengisian baterai, daya listrik yang dihasilkan panel surya ditunjukkan pada Gambar 8. Grafik tersebut menggambarkan hubungan antara waktu (jam) dan daya keluaran sel surya (dalam kW), yang memperlihatkan pola kinerja panel terhadap intensitas penyinaran matahari sepanjang hari. Secara umum, terdapat tiga pola utama produksi daya listrik: 1) Pagi hari (06.00–08.00), panel surya menghasilkan daya listrik sebesar 258–276 W. Pada periode ini intensitas cahaya matahari masih rendah karena matahari baru terbit, sehingga daya yang dihasilkan relatif kecil; 2) Siang hari (09.00–13.00), daya listrik meningkat dan mencapai nilai tertinggi, yaitu 275–282 W. Kondisi ini menunjukkan intensitas cahaya berada pada tingkat optimal sehingga panel surya bekerja pada performa puncaknya; 3) Menjelang sore (14.00–17.00), daya listrik menurun menjadi 206–274 W akibat berkurangnya intensitas cahaya seiring posisi matahari yang semakin rendah. Penurunan ini merupakan karakteristik normal kinerja sel surya di akhir waktu penyinaran.



Gambar 9. Daya Listrik yang dihasilkan panel surya dalam waktu.

Secara keseluruhan, grafik pada Gambar 9 menunjukkan bahwa daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya berbanding lurus dengan intensitas radiasi matahari sepanjang hari. Daya listrik maksimum tercapai ketika intensitas penyinaran berada pada kondisi puncak, sedangkan pada pagi dan sore hari daya turun seiring menurunnya intensitas cahaya. Pola harian daya keluaran membentuk kurva menyerupai parabola, yang menunjukkan bahwa sistem bekerja secara normal dan responsif terhadap perubahan intensitas radiasi matahari dari waktu ke waktu. Berdasarkan hasil pengukuran pada sistem stasiun pengisian daya berbasis sel surya, panel menghasilkan daya maksimum (P_{max}) sebesar 282 W, dengan daya rata-rata harian (P_{avg}) sekitar 260 W dan waktu penyinaran efektif (t) selama 11 jam. Dengan

mengacu pada spesifikasi komponen utama PLTS sebagai stasiun pengisian baterai pada Tabel 1, total energi listrik harian yang dapat dihasilkan sistem adalah.

$$\begin{aligned}\text{Total Energi Harian } (E_{\text{harian}}) &= P_{\text{avg}} \times t \\ &= 260 \times 11 = 2.860 \text{ Wh} = 2,86 \text{ kWh/hari}\end{aligned}$$

Energi yang dibutuhkan untuk satu unit bagan terapung adalah 0,5445 kWh per malam operasi. Dengan demikian, kapasitas suplai energi dari satu stasiun pengisian baterai dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Bagan Apung } (N) &= 2,86 \text{ kWh} \div 0,5445 \text{ kWh} \\ &= 5,25 = 5 \text{ Unit Bagan Apung}\end{aligned}$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa satu stasiun pengisian baterai sel surya mampu menyuplai energi untuk lima (5) unit bagan terapung, dengan asumsi setiap unit membutuhkan 0,5445 kWh per malam. Dengan kemampuan suplai tersebut, sistem ini dinilai layak untuk mendukung operasi penangkapan benih lobster secara berkelanjutan tanpa ketergantungan pada genset berbahan bakar fosil. Dalam analisis dampak ekonomi dan lingkungan, pembahasan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai stasiun pengisian baterai berkapasitas 1 kW sebagai inovasi teknologi yang mendukung kegiatan nelayan dalam menangkap benih Lobster di Teluk Brumbun dilakukan melalui dua sudut pandang utama, yaitu dampak ekonomi dan dampak lingkungan. Analisis ini memberikan gambaran mengenai teknologi energi terbarukan pada kegiatan perikanan skala kecil.

Dampak ekonomi pada pembahasan ini difokuskan pada analisis biaya terhadap desain stasiun pengisian daya baterai bertenaga surya. Tujuan utamanya adalah untuk mengetahui sejauh mana sistem ini mampu mengurangi biaya operasional (*operational cost efficiency*) yang dikeluarkan oleh nelayan di Teluk Brumbun dalam kegiatan penangkapan benih lobster. Analisis dilakukan dengan membandingkan biaya operasional sebelum dan sesudah penerapan stasiun pengisian baterai sel surya. Perbandingan tersebut meliputi konsumsi bahan bakar untuk genset, biaya pengisian baterai di darat, serta biaya pemeliharaan peralatan konvensional yang sebelumnya digunakan. Melalui perbandingan ini, diperoleh besaran penghematan energi dan penurunan biaya harian yang dapat dicapai oleh nelayan.

Hasil analisis ini digunakan untuk menilai kontribusi sistem terhadap peningkatan efisiensi ekonomi kegiatan penangkapan benih lobster, serta menentukan sejauh mana teknologi energi terbarukan ini memberikan manfaat finansial jangka pendek maupun jangka panjang bagi pengguna. Sebelum diterapkannya inovasi stasiun pengisian baterai bertenaga surya, nelayan di Teluk Brumbun mengandalkan generator bensin sebagai sumber energi untuk lampu pada bagan apung. Operasi penangkapan benih lobster dilakukan pada malam hari, sehingga lampu menjadi komponen utama untuk menarik benih lobster agar mendekat ke jaring. Setiap unit bagan apung rata-rata mengonsumsi 4–5 liter bensin per malam, sehingga dengan harga bensin Rp10.000/liter, biaya operasional mencapai Rp 40.000–Rp 50.000 per malam.

Dengan total hari operasi sekitar 180 hari per tahun (6 bulan × 30 hari), maka biaya bahan bakar tahunan per unit bagan apung mencapai: Rp 7,2 juta–Rp 9,0 juta per tahun per unit bagan. Jika sistem stasiun pengisian daya listrik sel surya mampu menyuplai listrik untuk 5 unit bagan apung, maka potensi penghematan yang diperoleh adalah; Rp 6 juta–Rp 7,5 juta per bulan (30 hari operasi), atau Rp 36 juta–Rp 45 juta per tahun. Nilai tersebut menggambarkan besarnya beban biaya energi yang sebelumnya ditanggung nelayan, sekaligus menunjukkan efisiensi ekonomi yang signifikan melalui pemanfaatan teknologi terbarukan. Efisiensi dan penghematan yang terjadi di Teluk Brumbun selaras dengan beberapa tren penghematan nelayan skala kecil di Indonesia yang beralih dari genset ke PLTS

yang menurunkan penurunan biaya operasional 40%–60% dari total biaya bahan bakar bensin sebagaimana dalam (Fatma et al., 2022), namun sistem *Centralized Charging Station* yang memberikan keunggulan dalam hal biaya kolektif dibandingkan secara mandiri.

Setelah diterapkannya stasiun pengisian baterai berbasis panel surya berkapasitas 1 kW, nelayan tidak lagi memerlukan bensin untuk menyalakan lampu pada bagan apung. Energi listrik yang dibutuhkan setiap malam sebesar 0,5445 kWh per unit Bagan, dipasok melalui baterai yang diisi pada siang hari menggunakan energi matahari. Dengan demikian, biaya operasional harian yang sebelumnya berasal dari pembelian bensin menjadi nol, karena sumber energi sepenuhnya berasal dari sistem tenaga surya. Dari hasil pengujian, kapasitas produksi energi harian sistem mencapai 2,86 kWh/hari, sehingga mampu menyuplai energi untuk 5 unit bagan apung. Hal ini membuat nelayan tidak perlu lagi mengeluarkan biaya untuk bahan bakar, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pasokan bensin yang sering berfluktuasi harganya. Penghematan ini menunjukkan bahwa stasiun pengisian baterai surya memberikan manfaat ekonomi yang sangat signifikan bagi nelayan skala kecil. Perbandingan ekonomi sebelum dan sesudah teknologi sebagaimana pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi teknis komponen utama stasiun pengisian baterai.

Komponen	Sebelum (Generator Bensin)	Sesudah (PLTS 1 kW)
Konsumsi energi	4-5 liter bensin / malam	0 liter bensin/malam
Biaya per malam	Rp 40.000,00 - Rp 50.000,00	Rp 0,0
Total Biaya Per tahun	Rp 7,2 juta– Rp 9 juta per Bagan	Rp 0,0
Jumlah Bagan disuplai	-	5 Unit
Penghematan Tahunan	-	Rp 36 juta – Rp 45 juta per tahun

Untuk memperjelas manfaat ekonomi jangka panjang, dengan Biaya investasi PLTS Rp 35 juta, dan penghematan energi tiap tahun Rp 36 juta – 45 juta, maka *payback period* adalah.

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 35.000.000,00 \div \text{Rp } 45.000.000,00 = 0,77 \text{ tahun} \\ = 9,3 \text{ bulan}$$

Dengan demikian, investasi stasiun pengisian baterai tenaga sel surya dapat kembali dalam waktu kurang dari 1 tahun (10 bulan), menjadikannya solusi yang sangat layak secara ekonomi. Dampak lingkungan penerapan PLTS sebagai stasiun pengisian daya baterai bagi nelayan di Teluk Brumbun memberikan dampak lingkungan yang positif. Sebelum inovasi ini diterapkan, aktivitas penangkapan benih lobster bergantung pada generator berbahan bakar bensin untuk menyalakan lampu penarik benih lobster. Penggunaan bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas buang seperti CO₂, CO, NO_x, dan partikulat, yang berkontribusi terhadap polusi udara dan perubahan iklim. Selain emisi, kebisingan mesin generator serta risiko tumpahan bensin dan oli di perairan turut menurunkan kualitas lingkungan laut di sekitar lokasi penangkapan. Setelah penerapan teknologi sistem kelistrikan berbasis baterai isi ulang, seluruh proses operasi bagan apung tidak lagi memerlukan pembakaran bahan bakar fosil. Penghentian penggunaan genset berbahan bakar bensin ini memberikan dampak lingkungan yang signifikan, terutama berupa pengurangan emisi gas buang, penurunan tingkat kebisingan, serta eliminasi risiko pencemaran bahan bakar di perairan.

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, satu unit bagan apung yang menggunakan 4–5 liter bensin per malam selama 180 hari operasi per tahun menghasilkan emisi sekitar 1,6–2,1 ton CO₂ per tahun. Dengan kemampuan satu stasiun pengisian baterai tenaga surya

berkapasitas 1 kW untuk memasok energi kepada 5 unit bagan apung, maka total emisi yang berhasil dikurangi mencapai 8–10,5 ton CO₂ per tahun. Jumlah tersebut belum termasuk pengurangan emisi gas beracun lainnya seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan hidrokarbon (HC), yang umumnya dihasilkan dari proses pembakaran bensin pada mesin generator.

Secara keseluruhan, penerapan stasiun pengisian daya baterai tidak hanya meningkatkan efisiensi energi dan menurunkan biaya operasional nelayan, tetapi juga memberikan manfaat nyata bagi keberlanjutan ekosistem laut. Pengurangan penggunaan bahan bakar fosil secara langsung meningkatkan kualitas udara dan menghilangkan risiko pencemaran air akibat tumpahan bensin maupun emisi gas buang dari generator. Dengan demikian, inovasi ini menjadi langkah konkret menuju sistem perikanan tangkap yang lebih berkelanjutan, ramah lingkungan, dan rendah karbon. Implementasi teknologi ini juga sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan dan mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya terkait energi bersih dan terjangkau (SDG 7), pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi (SDG 8), aksi terhadap perubahan iklim (SDG 13), serta ekosistem laut (SDG 14).

KESIMPULAN

Perancangan dan penerapan stasiun pengisian baterai sel surya berkapasitas 1 kW bagi nelayan penangkap benih lobster di Teluk Brumbun terbukti menjadi solusi integratif yang mampu menyediakan energi harian sebesar 2,86 kWh untuk lima unit bagan apung dan sekaligus menghasilkan penghematan biaya operasional hingga Rp 36–45 juta per tahun melalui eliminasi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Secara teknis dan ekonomi, inovasi tersebut tidak hanya menjamin pasokan listrik yang aman dan andal tanpa perlu mengoperasikan generator listrik di laut, tetapi juga secara signifikan meningkatkan pendapatan bersih serta keberlanjutan usaha nelayan skala kecil. Dari aspek lingkungan, transisi menuju energi bersih ini mampu mereduksi emisi gas rumah kaca sebesar 8–10,5 ton CO₂ per tahun serta meminimalisir polusi suara dan risiko tumpahan bahan bakar yang mengancam ekosistem pesisir dan laut. Secara keseluruhan, implementasi teknologi energi terbarukan ini berhasil mensinergikan peningkatan kesejahteraan ekonomi dengan pelestarian lingkungan, menjadikannya model aplikatif yang berdampak nyata dalam memperkuat praktik perikanan tangkap yang berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Ilmu Pengetahuan, dan Teknologi, atas pendanaan yang diberikan untuk pelaksanaan kegiatan ini melalui Kontrak Induk Nomor 124/C3/DT.05.00/PM/2025 tanggal 28 Mei 2025. Kontrak turunan LLDIKTI–Universitas Hang Tuah Nomor 034/LL7/DT.05.00/PM/2025 tanggal 28 Mei 2025, serta kontrak turunan Universitas Hang Tuah Nomor B/28/DT.05.00/PL/UHT.C7/V/2025 tanggal 29 Mei 2025. Ucapan terima kasih juga kepada Lembaga Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Hang Tuah, serta kepada Koperasi Pemasaran Sahabat Lautan Sejahtera yang telah menjadi mitra.

DAFTAR PUSTAKA

Agency, I. E. (2022). *World Energy Outlook*. IEA.

Biol, J. M., December, J., Jones, C. M., & Jones, C. M. (2014). *Tropical rock lobster*

aquaculture development in Vietnam , Indonesia and Tropical spiny lobster aquaculture development in Vietnam , Indonesia and Australia. 52(June), 304–315.

- Carpenter, K., & Niem, V. (1998). The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Vol. 2). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/40a8028a-042a-46fc-b573-eb1700b3d85c/content>
- FAO. (2021). *Fishery and Aquaculture Statistics Yearbook 2021*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cc9523en>
- Fatma, U., Kurnia, M., Musbir, M., Sahil, M. S. R. B., Putera, D. P., & Al Haq, S. I. (2022). The effectiveness of underwater LED as a fish aggregating device on a fixed-liftnet in Pangkep waters. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*, 1-13. <https://doi.org/10.35911/torani.v6i1.22386>
- Huda, H. M., Wijaya, R. A., Suryawati, S. H., Wahyudin, R. A., & Koeshendrajana, S. (2021). Pemanfaatan Benih Bening Lobster (BBL) untuk Kegiatan Ekonomi Masyarakat Pesisir Banyuwangi Utilization of Puerulus Seed for Economic Activity of Banyuwangi Coastal Communities. *Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 137–145.
- Irianto, D. C., Riani, E., Widigdo, B., & Yonvitner, Y. (2024). Habitat and Population Structure of Lobster from Southern of West Java. *Tropical Fisheries Management Journal*, 8(1), 44–51. <https://doi.org/10.29244/jpopt.v8i1.54438>
- Jones, C. M., Anh, T. Le, & Priyambodo, B. (2019). Lobster Aquaculture Development in Vietnam and Indonesia. In *Lobsters: Biology, Fisheries and Aquaculture*. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Jones, C. M., Anh, T. Le, & Priyambodo, B. (2026). Sustainability of Puerulus Fisheries Supporting Spiny Lobster Aquaculture in Southeast Asia. *Fishes*, 11(3), 1–21. <https://doi.org/10.3390/fishes11030182>
- KKP. (2021). Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2021 Tentang Pengelolaan Lobster (*Panulirus spp.*), Kepiting (*Scylla spp.*), dan Rajungan (*Portunus spp.*) di Wilayah Negara Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia*, 3, 103–111.
- KKP. (2022). Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No 19 Tahun 2022 Tentang Estimasi Potensi Sumberdaya Ikan, Jumlah Tangkapan Ikan yang Diperbolehkan, dan Tingkat Pemanfaatan Sumberdaya Ikan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia. *Keputusan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 19/KEPMEN-KP/2022*, 3, 1–8.
- KKP. (2024). *Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor: 7 Tahun 2024, tentang Pengelolaan Lobster (Panulirus spp.), KEPITING (Scylla spp.), dan Rajungan (Portunus spp.)*.
- Munazid, A., Winarno, A., & Taufiqurrohman, M. (2007). Perancangan Kapal Ikan Tenaga Sel Surya Fotovoltaic Untuk Wilayah Penangkapan Perairan Brondong Lamongan. *Seminar Nasional: Peluang, Tantangan Dan Prospek Transportasi Laut Di Indonesia*.
- Nankervis, L., & Jones, C. (2022). Recent advances and future directions in practical diet

- formulation and adoption in tropical Palinurid lobster aquaculture. *Reviews in Aquaculture, March*, 1830–1842. <https://doi.org/10.1111/raq.12675>
- Nurdin, H. S., Susanto, A., & Danisworo, E. (2023). Komposisi Dan Produktivitas Hasil Tangkapan Benih Lobster. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 8(2), 77–86.
- Nurhidayanti, M. (2026). Evaluasi Efisiensi Energi dan Emisi Karbon pada Kapal Perikanan Skala Kecil di Perairan Pesisir Jawa. *Jurnal Kelautan, Perikanan Dan Maritim*, 1(1), 1–8.
- Phillips, B. F., & Kittaka, J. (2000). *Spiny Lobsters : Fisheries And Culture* (Second). Black Science.
- Pongbatto, E. T., Burhanuddin, A., & Yusuf, M. M. (2024). Potensi Dan Tantangan Lombok Sebagai Pusat Budidaya Lobster. *Indonesian Journal of Geography*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.26858/ijag>
- Priyambodo, B., Jones, C. M., & Sammut, J. (2020). Assessment of the lobster puerulus (*Panulirus homarus* and *Panulirus ornatus*, Decapoda: Palinuridae) resource of Indonesia and its potential for sustainable harvest for aquaculture. *Aquaculture*, 528(735563). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735563>
- Purnama, M., Salwiyah, S., Subhan, S., Takwir, A., & Nadia, L. O. A. R. (2022). Kelimpahan Relatif Benih Lobster (Puerulus) Pada Bio-Atraktor Di Perairan Ranooaha Raya Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Perikanan Unram*, 12(3), 303–311. <https://doi.org/10.29303/jp.v12i3.313>
- Rohmanurcaesari, A., Anggraini, E., & Buhari, N. (2024). Analisa Budi Daya Lobster Berkelanjutan di Lombok, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Kebijakan Sosial EkonoI Dan Perikanan*, 14(1), 81–91. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15578/jksekp.v14i1.13475>
- Sarkar, A., Chowdhury, S. K., Al Nahid, S. A., Shimul, S. A., Rana, S., & Al Jaber, M. Y. (2026). Toward Spiny Lobster (*Panulirus* spp .) Aquaculture Development in Bangladesh : Lessons and Insights From Global Research. *Aquaculture Research*. <https://doi.org/10.1155/are/7143949>
- Sofijanto, M. A., Rasyidi, I., & Saputra, D. M. (2015). Pengembangan Lampu Led Dengan Teknologi Photovoltaic (Led-Pv) Sebagai Alat Bantu Pengumpul Ikan Pada Perikanan Bagan Led Lamps Improvment Using Photovoltaic Technology for Fish Aggregating Device At Liftnet Fisheries. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 21(1 (Maret)), 55–62.
- Susanto, A., Purbayanto, A., Wisudo, S. H., & Fitri, A. D. P. (2021). Karakteristik Struktur dan Konstruksi Alat Tangkap Benih Bening Lobster (Puerulus) di Perairan Palabuhanratu, Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 12(1), 1–13. <https://doi.org/10.24319/jtpk.12.1-13>
- Triyono, Arifin, T., Dwiyo Nugroho, Novianto, D., Rahmawati, H. I., Amri, S. N., Faizah, R., Prihatiningsih, Nurfiarini, A., Purnomo, A. H., Suryaningrum, T. D., Zulham, A., Wardono, B., Yusuf, R., & Jayawiguna, M. H. (2019). *Potensi Sumberdaya Kelautan dan Perikanan WPPNRI 573* (S. Wibowo, M. H. Jayawiguna, & Triyono (eds.); 1st ed.). AMAFRAD Press- Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan.
- Wijanarko, P. Y., Adriyono, S., Mahasri, G., & Saroso, H. (2025). Hasil Tangkapan Baby

Lobster (*Panulirus Sp .*) Yang Didaratkan Dari Perairan Pantai Pacitan Capture Results Of Baby Lobsters (*Panulirus Sp .*) Landed From. *Journal of Aquatropica Asia*, 10(2024), 49–55. <https://doi.org/https://doi.org/10.33019/joaa.v10i1.6362>

Witomo, C. M., & Nurlaili, N. (2015). Strategi Keberlanjutan Pengelolaan Bibit Lobster Di Perairan Lombok. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 5(1), 11. <https://doi.org/10.15578/jksekp.v5i1.1075>

WWF-Indonesia, T. P. (2024). Seri Panduan Perikanan Skala Kecil Perikanan lobster laut; Panduan Penangkapan dan Penanganan. *WWF-Indonesia*, 1–22.

Zulbainarni, N., Haj, M. H., & Novindra. (2024). Sustainability level of the pearl lobster (*Panulirus ornatus*) aquaculture business using the systems of floating-net cage and fixed-net cage: A case study in South Sulawesi Province, Indonesia. *Aquaculture and Fisheries*, 9(5), 851–859. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2023.08.006>

Zulkarnain, Z., Baskoro, M., Martasuganda, S., & Monintja, D. (2011). Pengembangan Desain Bubu Lobster Yang Efektif. *Buletin PSP*, 19(2), 45–57.