

IMPLEMENTASI SOLAR HOME SYSTEM 550 WP UNTUK PENYEDIAAN ENERGI POMPA AIR DAN PENERANGAN KELOMPOK PEMBUDIDAYA IKAN LELE SUMBER JAYA DI KECAMATAN PANONGAN KABUPATEN TANGERANG

Ariyawan Sunardi¹, Seflahir Dinata², Aidil Amin Effendy³, Ika Meiliana Ningrum⁴, Faiz Abdul Aziz⁵, Cindy Putri Maulidya⁶, Iftitah Fausta Manurung⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Universitas Pamulang

Email: ariyawansunardi1082@gmail.com¹, dosen01138@unpam.ac.id², aidil00967@unpam.ac.id³, ikameiliananingrum18@gmail.com⁴, sifaizajah123@gmail.com⁵, maulidyaputricindy@gmail.com⁶, iftitahfausta@gmail.com⁷

Abstrak: Budidaya ikan lele merupakan salah satu kegiatan perikanan rakyat yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan dan ekonomi masyarakat. Namun, tingginya biaya listrik menjadi kendala utama bagi petani, khususnya untuk mengoperasikan pompa air dan menyediakan penerangan kolam. Pompa air 1 fasa berdaya 350 W yang digunakan oleh Kelompok Pembudidaya Ikan Lele Sumber Jaya di Kecamatan Panongan, Kabupaten Tangerang, rata-rata beroperasi 6–8 jam per hari sehingga membutuhkan energi sebesar 2,1–2,8 kWh per hari. Ketergantungan pada listrik PLN tidak hanya meningkatkan biaya operasional, tetapi juga rentan terhadap gangguan pasokan dan kenaikan tarif. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan mengimplementasikan Solar Home System (SHS) berkapasitas 550 Wp sebagai sumber energi alternatif berbasis energi terbarukan. Sistem SHS yang dikembangkan terdiri dari satu buah panel surya 550 WP, baterai VRLA 24 V/200 Ah, serta inverter hybrid pure sine wave 1000 W. Hasil pengujian menunjukkan SHS mampu menghasilkan energi harian sekitar 1,8–2,0 kWh dengan efisiensi sistem rata-rata 75%. Energi tersebut cukup untuk mengoperasikan pompa air 350 W selama 4–5 jam per hari serta mendukung penerangan LED sekitar 40 W selama 3–4 jam tanpa dukungan listrik PLN. Implementasi sistem ini mampu menurunkan biaya listrik hingga 30–40% serta meningkatkan keberlanjutan usaha budidaya ikan lele. Dengan demikian, penerapan SHS 550 Wp terbukti efektif, ekonomis, dan dapat direplikasi pada kelompok budidaya perikanan lain yang menghadapi tantangan serupa.

Kata Kunci: Solar Home System, Pompa Air, Penerangan, Budidaya Ikan Lele, Sumber Jaya, Panongan.

Abstract: Catfish farming is a small-scale aquaculture activity that plays an important role in supporting food security and the local economy. However, the high cost of electricity is a major challenge for farmers, especially for operating water pumps and providing pond lighting. The single-phase 350 W water pump used by the Sumber Jaya Catfish Farmers Group in Panongan District, Tangerang Regency, typically operates 6–8 hours per day, requiring 2.1–2.8 kWh of energy daily. Dependence on PLN (the national grid) not only increases operational costs but also exposes farmers to supply interruptions and tariff increases. To address these issues, this study designed and implemented a 550 Wp Solar Home System (SHS) as an alternative renewable energy

source. The SHS system consists of one 550 WP solar panels, a 24 V/200 Ah VRLA battery, and a 1000 W pure sine wave hybrid inverter. Test results show that the SHS is capable of producing approximately 1.8–2.0 kWh of daily energy with an average system efficiency of 75%. This amount of energy is sufficient to operate a 350 W water pump for 4–5 hours per day and to power around 40 W of LED lighting for 3–4 hours without PLN support. The implementation of this system reduced electricity costs by 30–40% and improved the sustainability of catfish farming activities. Thus, the adoption of a 550 Wp SHS has proven to be effective, economical, and replicable for other aquaculture groups facing similar challenges.

Keywords: Solar Home System, Water Pump, Lighting, Catfish Farming, Sumber Jaya, Panongan.

PENDAHULUAN

Budidaya ikan lele merupakan salah satu subsektor perikanan air tawar yang sangat populer di Indonesia. Komoditas ini digemari karena memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan ikan air tawar lain, di antaranya siklus produksi yang relatif singkat, toleransi tinggi terhadap kualitas air, serta permintaan pasar yang stabil sepanjang tahun. Faktor-faktor tersebut menjadikan lele sebagai pilihan utama bagi banyak kelompok tani, usaha kecil menengah (UKM), hingga rumah tangga yang mengandalkan kegiatan perikanan sebagai sumber mata pencaharian.

Meskipun lele memiliki daya adaptasi yang baik, keberhasilan budidaya tetap sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama kualitas air dan ketersediaan oksigen terlarut (DO). Kualitas air yang buruk akan memicu peningkatan konsentrasi amonia, penurunan pH, serta akumulasi bahan organik yang pada akhirnya menekan pertumbuhan ikan. Sementara itu, oksigen terlarut yang rendah dapat menyebabkan stres fisiologis, penurunan nafsu makan, hingga mortalitas massal. Oleh karena itu, sistem budidaya lele membutuhkan dukungan teknologi berupa pompa air untuk menjaga sirkulasi, serta penerangan kolam guna mendukung aktivitas pemeliharaan terutama pada malam hari.

Di Kabupaten Tangerang, khususnya di Kecamatan Panongan, salah satu kelompok yang aktif dalam budidaya lele adalah Kelompok Pembudidaya Ikan Lele Sumber Jaya. Kelompok ini mengandalkan pompa air listrik tipe 1 fasa dengan daya 350 W, tegangan 220 V, dan arus 1,6 A. Pompa tersebut beroperasi rata-rata 6–8 jam per hari untuk memastikan air kolam tetap bersirkulasi dan kadar oksigen terlarut stabil. Dengan spesifikasi tersebut, konsumsi energi harian pompa mencapai 2,1–2,8 kWh. Selain itu, kelompok juga membutuhkan penerangan dengan beban sekitar 40 W untuk mendukung kegiatan malam hari.

Apabila dihitung secara kumulatif, konsumsi energi ini menghasilkan beban biaya listrik bulanan sekitar Rp 400.000–500.000. Angka ini cukup besar untuk kelompok pembudidaya lele skala kecil yang umumnya memiliki modal terbatas dan margin keuntungan tipis. Beban biaya listrik menjadi salah satu faktor pembatas dalam pengembangan usaha, karena semakin banyak kolam yang dikelola, semakin besar pula kebutuhan energi dan biaya operasional.

Lebih jauh lagi, ketergantungan penuh pada pasokan listrik PLN juga menimbulkan risiko serius. Pemadaman listrik yang sering terjadi, baik karena gangguan teknis maupun faktor eksternal, dapat menghentikan operasional pompa air dan memutus penerangan. Dalam kondisi seperti ini, kadar oksigen di dalam kolam dapat turun drastis hanya dalam waktu 2–3 jam, terutama pada siang hari dengan suhu tinggi. Akibatnya, mortalitas ikan meningkat tajam dan dapat menyebabkan kerugian ekonomi signifikan.

Untuk mengatasi permasalahan energi pada sektor perikanan, salah satu solusi potensial adalah pemanfaatan energi terbarukan, khususnya tenaga surya. Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa memiliki potensi energi surya yang melimpah. Rata-rata intensitas penyinaran matahari di sebagian besar wilayah Indonesia berkisar antara 4 hingga 5,5 kWh/m² per hari. Kondisi ini sangat mendukung implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) baik dalam skala besar (*grid-connected*) maupun kecil (*off-grid* atau *Solar Home System*).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa penerapan PLTS pada sektor perikanan maupun pertanian mampu menurunkan biaya operasional energi secara signifikan. Syahrul dkk. (2021) mengembangkan sistem PLTS off-grid di daerah terpencil untuk kolam ikan dengan kapasitas 1000 Wp. Hasil penelitian tersebut menunjukkan penurunan biaya energi hingga 60% dibandingkan dengan penggunaan listrik PLN. Zainuri dkk. (2022) juga melaporkan bahwa efisiensi sistem PLTS off-grid pada aplikasi pertanian hortikultura mencapai 70–75%, dengan produksi energi harian cukup stabil meski kondisi cuaca berubah. Selain itu, Yusuf dan Rahayu (2020) meneliti penerapan PLTS 800 Wp pada tambak udang dengan beban utama berupa aerator. Hasilnya, sistem mampu beroperasi 24 jam penuh dengan dukungan baterai yang memadai, sehingga meningkatkan kualitas air dan produktivitas tambak.

Namun, sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak fokus pada tambak udang atau irigasi pertanian, sementara penerapan PLTS pada budidaya ikan lele skala rakyat masih sangat terbatas. Padahal, ikan lele merupakan komoditas air tawar dengan produksi terbesar di Indonesia,

dan konsumsi masyarakat terhadap lele terus meningkat setiap tahun. Oleh karena itu, penelitian ini menitikberatkan pada implementasi SHS berkapasitas 550 WP yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan energi pompa air dan penerangan pada budidaya ikan lele skala kelompok tani.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi SHS 550 Wp dengan pompa air 1 fasa berdaya 350 W serta penerangan LED yang digunakan secara khusus untuk budidaya lele. Penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada rumah tangga, pertanian tanaman, atau tambak udang, sedangkan aplikasi pada budidaya lele rakyat masih jarang. Selain itu, desain sistem ini disesuaikan dengan keterbatasan modal dan kebutuhan spesifik kelompok tani, sehingga lebih relevan untuk diadopsi dalam konteks usaha kecil menengah.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan solusi teknis atas permasalahan energi dalam budidaya ikan lele, tetapi juga berkontribusi pada pencapaian target bauran energi terbarukan nasional sebesar 23% pada tahun 2025 sebagaimana tercantum dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN).

TINJAUAN PUSTAKA

Lele merupakan salah satu komoditas unggulan perikanan air tawar di Indonesia. Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), produksi nasional ikan lele pada tahun 2022 mencapai lebih dari 1,3 juta ton, menjadikannya salah satu jenis ikan konsumsi dengan volume produksi tertinggi setelah nila dan patin. Popularitas ikan lele didorong oleh beberapa faktor utama, di antaranya siklus produksi yang relatif singkat (2–3 bulan per siklus), kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kualitas air beragam, serta tingginya permintaan pasar yang stabil sepanjang tahun.

Selain aspek teknis, ikan lele juga memiliki nilai ekonomi strategis karena menjadi sumber protein hewani terjangkau bagi masyarakat Indonesia. Lele banyak dikonsumsi dalam bentuk segar, goreng, maupun olahan kuliner seperti pecel lele, sehingga keberadaan pasokan ikan lele sangat erat kaitannya dengan ketahanan pangan lokal. Bagi petani dan kelompok pembudidaya ikan, lele juga merupakan komoditas yang mudah dipasarkan dengan kebutuhan modal relatif rendah dibandingkan komoditas perikanan lain.

Pada praktik budidaya, pompa air berdaya kecil hingga menengah (250–500 W) banyak digunakan untuk menjaga sirkulasi air dan kadar oksigen terlarut. Dalam penelitian ini, pompa air

yang digunakan memiliki daya 350 W, tegangan 220 V, dan arus 1,6 A. Dengan waktu operasi 6–8 jam per hari, energi yang dibutuhkan mencapai 2,1–2,8 kWh per hari. Jika dikalkulasi secara bulanan, konsumsi energi sekitar 72–84 kWh. Dengan asumsi tarif listrik Rp 1.500/kWh, biaya operasional hanya untuk pompa air berkisar Rp 108.000–126.000 per bulan. Dalam praktiknya, banyak kelompok budidaya lele mengoperasikan lebih dari satu pompa, sehingga biaya dapat meningkat hingga Rp 400.000–500.000 per bulan. Nilai ini cukup signifikan mengingat margin keuntungan budidaya lele relatif tipis dan keterbatasan modal yang dimiliki kelompok tani.

Selain beban biaya, ketergantungan pada listrik PLN juga membawa risiko terhadap keberlanjutan usaha. Pemadaman listrik selama 2–3 jam dapat menurunkan kadar DO hingga di bawah ambang batas aman, yang pada akhirnya memicu kematian ikan secara massal dan kerugian ekonomi yang besar.

Untuk mengatasi persoalan energi, salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan *Solar Home System* (SHS). SHS merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya skala kecil yang terdiri dari empat komponen utama:

1. Panel Surya (*Photovoltaic Module*): mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik arus searah (DC).
2. Charge Controller: mengatur arus dan tegangan dari panel surya ke baterai, mencegah *overcharge* maupun *over-discharge*.
3. Baterai: menyimpan energi listrik agar dapat digunakan saat malam hari atau cuaca mendung.
4. Inverter: mengubah arus DC dari baterai menjadi arus bolak-balik (AC) untuk beban listrik konvensional seperti pompa air dan lampu penerangan.

Keunggulan SHS terletak pada sifatnya yang off-grid, sehingga tidak bergantung pada jaringan listrik PLN. Sistem ini relatif mudah dioperasikan, ramah lingkungan, dan dapat diandalkan terutama di daerah pedesaan yang sering mengalami pemadaman listrik. Meski investasi awal cukup tinggi, biaya operasional harian hampir nol karena energi sepenuhnya berasal dari sinar matahari.

Berdasarkan literatur, kerangka pemikiran penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

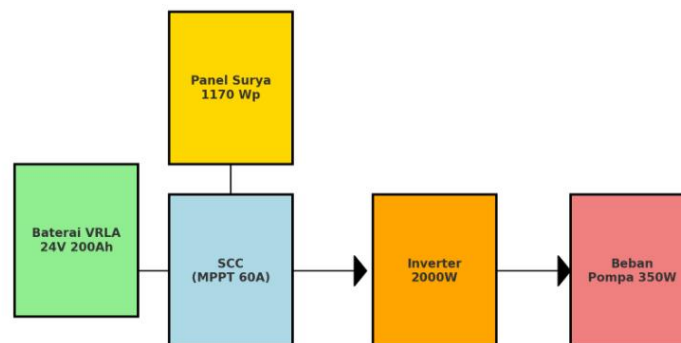
1. Pompa air 350 W yang beroperasi 6–8 jam/hari membutuhkan energi $\pm 2,1$ – $2,8$ kWh/hari.
2. SHS 550 Wp dengan iradiasi rata-rata $4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ mampu menghasilkan energi $\pm 1,8$ – $2,0$ kWh/hari setelah faktor derating.
3. Energi ini cukup untuk mengoperasikan pompa air selama 4–5 jam dan mendukung beban penerangan LED ± 40 W selama 3–4 jam.
4. Implementasi SHS berpotensi menurunkan biaya listrik hingga 30–40% serta meningkatkan keberlanjutan usaha budidaya lele.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kelompok Pembudidaya Ikan Lele Sumber Jaya, Desa Peusar, Kecamatan Panongan, Kabupaten Tangerang. Periode pelaksanaan: Juli–September 2025 mencakup persiapan, instalasi, pengukuran dan evaluasi.

Perangkat dan Spesifikasi Utama

- Panel PV: $2 \times 585 \text{ Wp}$ (total 550 Wp) — terpasang pada struktur Smart Canopy.
- Charge controller: MPPT 60 A, 24 V.
- Baterai: VLRA 12 V / 200 Ah $\times 2$ (konfigurasi 24 V, 200 Ah; energi teoritis $\approx 24 \text{ V} \times 200 \text{ Ah} = 4800 \text{ Wh}$).
- Inverter: Pure sine wave 24 V $\rightarrow$ 220 VAC, 2000 W.
- Beban utama: Pompa 1-fasa 350 W, 220 V, 1,6 A.
- Perangkat tambahan: MCB DC/AC, fuse, kabel PV, mounting, grounding, box proteksi.



Gambar 1. Skema Sistem SHS 550 WP

PV (550 Wp) → MPPT → Baterai (24 V) → Inverter (2000 W) → Beban. Sistem beroperasi off-grid. Posisi panel: orientasi menghadap ekuator (selatan utara tergantung lokasi), kemiringan $\approx$ lintang lokasi $\pm 15^\circ$. Semua sambungan diberi proteksi surja (MCB, dioda bypass, earthing).

Tahapan Pelaksanaan (Detail)

1. Persiapan dan Survei (Minggu 1–2)
 - Survei lokasi: orientasi atap, titik pemasangan panel, rute kabel, lokasi baterai/inverter (ruang terlindung).
 - Wawancara awal dengan anggota kelompok: jadwal operasi pompa aktual, jumlah pompa, pola produksi.
 - Pemeriksaan beban: verifikasi pompa (start-up current, power factor).
2. Analisis Kebutuhan Energi (Minggu 2–3)
 - Hitung kebutuhan energi harian: $E_{\text{pompa}} = P \times t_{\text{pompa}} = P \times t$. (Contoh: $350 \text{ W} \times 6 \text{ h} = 2100 \text{ Wh/hari}$).
 - Tentukan cadangan baterai (autonomy): pilih DoD maksimum (mis. 50% untuk AGM) → kapasitas efektif = $4800 \text{ Wh} \times 0.5 = 2400 \text{ Wh}$. Cocokkan dengan kebutuhan.
 - Penghitungan sizing: $\text{PV energy} = \text{PVp} \times \text{PSH} \times \text{system_efficiency}$.
3. Desain Sistem & Pengadaan (Minggu 3–4)
 - Rancangan single-line diagram, spesifikasi kabel (loss < 2%), pemilihan proteksi.
 - Pengadaan komponen sesuai spesifikasi.
4. Instalasi & Commissioning (Minggu 5–6)
 - Pemasangan panel, wiring DC, instalasi baterai dan inverter.
 - Uji safety: continuity, grounding, insulation test.
 - Commissioning: pengisian awal baterai, set parameter MPPT/inverter.
5. Reliability & Pemeliharaan
 - Jadwal inspeksi mingguan (konektor, debu panel), pengukuran terminal baterai, pembersihan panel.
 - Catatan trouble & perbaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

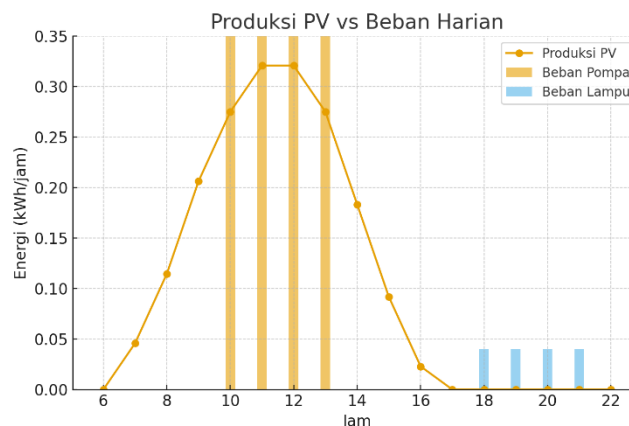
Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Panongan, Kabupaten Tangerang menghasilkan sebuah Solar Home System (SHS) berkapasitas 550 WP yang diaplikasikan untuk mendukung kebutuhan energi pada sektor pertanian, khususnya dalam pengoperasian pompa air listrik berdaya 350 W.



Gambar 2. Alat SHS 550 WP

Pada Gambar 2 ditampilkan hasil instalasi sistem SHS beserta tim pelaksana. Sistem terdiri atas panel surya monocrystalline, solar charge controller (MPPT 60A), baterai VRLA 24V 200Ah, inverter 2000 W, serta box panel kontrol yang terintegrasi pada sebuah kerangka portabel.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kebutuhan energi pompa air untuk Kelompok Pembudidya Ikan Leleberada pada rentang 2,1–2,8 kWh per hari. Sistem SHS yang dirancang menggunakan 2 modul panel surya @585 Wp (total 550 WP) mampu menghasilkan energi sekitar 3,9 kWh per hari dengan mempertimbangkan rata-rata radiasi surya harian di Tangerang sebesar 4,5–5 kWh/m²/hari dan efisiensi sistem sebesar 73,7%.



Gambar 3. Produksi SHS 550 WP

Dengan demikian, ketersediaan energi yang dihasilkan SHS lebih besar daripada kebutuhan pompa, sehingga sistem dapat dioperasikan selama 5–6 jam per hari tanpa dukungan dari jaringan PLN. Hal ini membuktikan bahwa SHS mampu menyuplai kebutuhan energi pompa secara mandiri.

Dengan beroperasinya pompa air menggunakan SHS, terjadi penghematan konsumsi listrik dari PLN sebesar 40%. Jika sebelumnya biaya listrik Kelompok Pembudidya Ikan Lelemencapai sekitar Rp 500.000/bulan, maka penggunaan SHS mampu menurunkannya menjadi sekitar Rp 300.000/bulan. Artinya, terdapat efisiensi biaya sebesar Rp 200.000 per bulan atau Rp 2,4 juta per tahun.

Dari sisi investasi, meskipun biaya awal instalasi SHS relatif besar, keuntungan jangka panjang berupa kemandirian energi dan penghematan biaya operasional menjadikan sistem ini layak diterapkan.

Dari aspek sosial, penerapan SHS membawa beberapa manfaat:

1. Produktivitas meningkat, karena ketersediaan energi yang stabil memastikan pompa dapat digunakan secara rutin untuk irigasi.
2. Kemandirian energi, Kelompok Pembudidya Ikan Lele tidak lagi sepenuhnya bergantung pada PLN, sehingga aktivitas pertanian lebih berkelanjutan.
3. Keberlanjutan usaha, penghematan biaya listrik dapat dialihkan untuk biaya operasional lain atau pengembangan usaha tani.
4. Peningkatan pengetahuan, mahasiswa dan masyarakat mendapatkan pembelajaran langsung mengenai teknologi energi terbarukan yang aplikatif.

Dengan melihat hasil uji teknis, efisiensi energi, serta dokumentasi komponen yang telah terpasang, dapat disimpulkan bahwa SHS berkapasitas 550 Wp mampu menjadi solusi praktis dan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan energi pompa air Kelompok Pembudidya Ikan Leledi Panongan, Tangerang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan Solar Home System (SHS) 550 WP dengan konfigurasi panel surya, MPPT charge controller, baterai AGM 24 V 200 Ah, dan inverter 3000 W berhasil menghasilkan sistem penyediaan energi listrik yang mandiri dan ramah lingkungan.

Sistem ini mampu mengoperasikan beban pompa listrik berdaya 350 Watt secara berkesinambungan, sesuai dengan kebutuhan irigasi Kelompok Pembudidya Ikan Leledi Desa Panongan.

Hasil implementasi di lapangan menunjukkan bahwa penggunaan SHS dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi, mengurangi ketergantungan pada listrik PLN maupun genset berbahan bakar fosil, serta mendorong kemandirian energi masyarakat.

Kegiatan pengabdian yang melibatkan mahasiswa, dosen, dan masyarakat setempat berhasil menumbuhkan sinergi positif dalam pengembangan teknologi terbarukan berbasis energi surya.

Sistem SHS perlu dilengkapi dengan monitoring berbasis IoT agar pemakaian energi dapat dipantau secara real-time dan lebih efisien.

Kapasitas baterai sebaiknya ditingkatkan atau menggunakan tipe baterai dengan siklus hidup lebih panjang (misalnya LiFePO₄) untuk meningkatkan keandalan penyimpanan energi.

Diperlukan pelatihan berkelanjutan bagi Kelompok Pembudidya Ikan Leleagar mampu melakukan perawatan mandiri terhadap sistem, khususnya kebersihan panel surya, pengecekan kabel, dan pemeliharaan baterai.

Untuk pengembangan berikutnya, sistem SHS dapat diperluas tidak hanya untuk pompa air, tetapi juga untuk kebutuhan penerangan, pendinginan hasil panen, serta keperluan rumah tangga masyarakat sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E., & Liviawaty, E. (2005). *Budidaya Ikan Lele*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2023). *Statistik Perikanan Budidaya 2022*. Jakarta: KKP.
- Boyd, C. E. (1998). *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Auburn: Auburn University Press.
- Wahyudi, A., & Setiawan, R. (2021). Dampak Pemadaman Listrik terhadap Mortalitas Ikan Lele. *Jurnal Perikanan*, 12(1), 33–40.
- Suharjo, B., & Yudianto, E. A. (2019). Analisis Biaya Energi pada Budidaya Ikan Lele. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 18(1), 23–30.
- International Energy Agency (IEA). (2022). *Emission Factors for Electricity Generation*. Paris: IEA.

- Adhiatmoko, S., & Prabowo, A. (2017). Potensi Radiasi Matahari untuk PLTS di Indonesia. *Jurnal Energi Terbarukan*, 6(1), 12–20.
- Syahrul, M., Fadli, R., & Syarifuddin, M. (2021). Sistem Energi Surya Off-Grid untuk Kolam Ikan di Daerah Terpencil. *Jurnal Energi Terbarukan*, 10(3), 210–217.
- Zainuri, M., Arsyad, R., & Indra, R. (2022). Evaluasi Efisiensi Sistem PLTS Off-Grid pada Aplikasi Pertanian. *Jurnal Teknologi Energi*, 15(2), 77–85.
- Yusuf, R., & Rahayu, S. (2020). Penerapan PLTS Off-Grid pada Tambak Udang: Studi Kasus Aerator. *Jurnal Teknologi Perikanan*, 14(2), 55–62.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2017). *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*. Jakarta: ESDM.