



Konsep Model Revitalisasi Sawah Non-Produktif melalui Sistem Akuakultur Bertenaga Surya

Stieven N. Rumokoy¹, Adriyan Warokka², I Gede Para Atmaja³,
Stephy B. Walukow⁴, Christopel H. Simanjuntak

^{1,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

e-mail: ¹rumokoy@polimdo.ac.id, ²adryan.w@gmail.com, ³gedeparaatmaja@polimdo.ac.id,

⁴stephie.walukow@polimdo.ac.id, ⁵christopel.simanjuntak@polimdo.ac.id

Abstrak

Sawah non-produktif merupakan lahan pertanian yang belum dimanfaatkan secara optimal sehingga berpotensi menurunkan produktivitas dan nilai ekonomi kawasan pedesaan. Pemanfaatan kembali lahan tersebut melalui sistem akuakultur berbasis energi terbarukan menjadi salah satu alternatif solusi yang dapat mendukung ketahanan pangan dan pengembangan kawasan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang konsep revitalisasi sawah non-produktif melalui sistem akuakultur yang terintegrasi dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif dengan metode studi literatur dan wawancara ahli. Studi literatur dilakukan melalui pengumpulan referensi terkait revitalisasi lahan, akuakultur, dan pemanfaatan energi surya, sedangkan wawancara dilakukan kepada ahli dan praktisi bidang pertanian, akuakultur, energi surya, dan sistem kelistrikan untuk memperoleh masukan mengenai kebutuhan dan pengembangan sistem. Hasil penelitian menghasilkan rancangan sistem akuakultur terintegrasi PLTS pada lahan sawah seluas 200 m² yang terdiri dari area kolam budidaya ikan, instalasi PLTS, jalur inspeksi, dan area pendukung lainnya. Kolam budidaya dengan volume efektif 140 m³ dirancang untuk budidaya ikan nila. Berdasarkan hasil perhitungan, sistem mampu menghasilkan ikan sekitar 2,86 ton per siklus panen atau 5,72 ton per tahun. Kebutuhan energi sebesar 15,4 kWh per hari dipenuhi menggunakan PLTS berkapasitas 4000 Wp untuk mendukung operasional aerator, pompa air, pencahayaan, dan sistem monitoring. Konsep ini menunjukkan bahwa integrasi akuakultur dan PLTS berpotensi menjadi solusi revitalisasi sawah non-produktif yang produktif, mandiri energi, dan ramah lingkungan.

Kata kunci – Budidaya Ikan, Energi Surya, PLTS

Abstract

Non-productive rice fields are agricultural lands that have not been optimally utilized, potentially reducing productivity and the economic value of rural areas. The reutilization of these lands through a renewable energy-based aquaculture system is considered an alternative solution to support food security and sustainable regional development. This study aims to design a concept for revitalizing non-productive rice fields through an aquaculture system integrated with a Solar Power Plant (PLTS). The research employed a descriptive approach using literature study and expert interview methods. The literature study was conducted by collecting references related to land revitalization, aquaculture, and solar energy utilization, while interviews were carried out with experts and practitioners in agriculture, aquaculture, solar energy, and electrical systems to obtain input regarding system requirements and development. The results of the study produced a conceptual design of a PLTS-integrated aquaculture system on a 200 m² rice field area consisting of fish cultivation ponds, PLTS installation areas, inspection pathways, and supporting facilities. The cultivation pond with an effective volume of 140 m³ was designed for tilapia farming. Based on the calculation results, the system is capable of producing approximately 2.86 tons of fish per harvest cycle or 5.72 tons per year. The energy demand of 15.4 kWh per day is supplied by a 4000 Wp PLTS system to support the operation of aerators, water pumps, lighting, and monitoring systems. This concept demonstrates that the integration of aquaculture and PLTS has the potential to



become a productive, energy-independent, and environmentally friendly solution for revitalizing non-productive rice fields.

Keywords – *Fish Farming, Solar Energy, Solar Power Plant*

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan pertanian secara berkelanjutan menjadi salah satu tantangan utama dalam mendukung ketahanan pangan dan pembangunan pedesaan. Banyak lahan sawah di Indonesia mengalami penurunan produktivitas akibat keterbatasan irigasi, degradasi lingkungan, perubahan iklim, serta alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan non-pertanian[1], [2], [3]. Kondisi tersebut menyebabkan sebagian sawah menjadi non-produktif dan tidak dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan inovasi revitalisasi lahan yang mampu meningkatkan nilai guna lahan melalui pendekatan terintegrasi antara sektor pertanian, perikanan, dan energi terbarukan. Konsep integrasi energi surya dengan sistem produksi pangan menjadi salah satu pendekatan yang berkembang dalam mendukung pembangunan berkelanjutan[4], [5], [6].

Akuakultur merupakan sektor yang terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan pangan dunia, khususnya protein hewani berbasis perikanan. Namun, sistem akuakultur modern memiliki kebutuhan energi yang cukup tinggi, terutama untuk operasional pompa air, aerator, sistem sirkulasi, dan pencahayaan. Penggunaan energi konvensional berbasis bahan bakar fosil menyebabkan tingginya biaya operasional serta meningkatkan emisi karbon[7], [8], [9]. Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi alternatif pada sistem akuakultur dinilai mampu menurunkan biaya operasional sekaligus mendukung sistem budidaya yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan[10], [11], [12].

Perkembangan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) membuka peluang penerapan sistem pertanian terpadu berbasis energi terbarukan. Integrasi antara akuakultur dan PLTS tidak hanya berfungsi sebagai penyedia energi listrik, tetapi juga mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan dan sumber daya air[13], [14], [15]. Konsep fishery-photovoltaic integration atau aquavoltaics menunjukkan adanya sinergi antara produksi energi dan produksi pangan melalui pemanfaatan area perairan atau lahan budidaya secara bersamaan. Sistem ini dinilai memiliki potensi besar dalam mendukung ketahanan energi, ketahanan pangan, serta pengurangan emisi karbon pada sektor pertanian dan perikanan[14], [16], [17]. Selain itu, penerapan sistem berbasis energi surya pada sektor pertanian dan akuakultur telah menunjukkan berbagai manfaat, seperti efisiensi energi, pengurangan biaya produksi, peningkatan keberlanjutan lingkungan, dan peluang pengembangan ekonomi masyarakat pedesaan. Teknologi energi surya dapat diaplikasikan pada berbagai perangkat pendukung akuakultur, termasuk pompa air, sistem aerasi, pengolahan pakan, hingga sistem monitoring berbasis otomatisasi. Pengembangan teknologi ini sangat relevan diterapkan pada lahan sawah non-produktif yang masih memiliki potensi sumber daya air dan paparan radiasi matahari yang tinggi, khususnya di wilayah tropis seperti Indonesia.

Konsep revitalisasi sawah non-produktif melalui sistem akuakultur bertenaga surya merupakan pendekatan inovatif yang mengintegrasikan aspek pangan, energi, dan lingkungan dalam satu sistem terpadu[12], [18]. Model ini diharapkan mampu mengubah lahan yang sebelumnya tidak produktif menjadi kawasan produktif berbasis budidaya perikanan yang mandiri energi. Selain meningkatkan produktivitas lahan, konsep tersebut juga berpotensi mendukung pemberdayaan masyarakat, meningkatkan pendapatan ekonomi lokal, serta menjadi solusi adaptif terhadap tantangan perubahan iklim dan keterbatasan energi di wilayah pedesaan. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang konsep model revitalisasi sawah non-produktif melalui sistem akuakultur bertenaga surya sebagai solusi pengembangan lahan berkelanjutan. Penelitian difokuskan pada perancangan konseptual integrasi sistem akuakultur dengan PLTS yang mampu mendukung operasional budidaya secara mandiri energi dan ramah lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan metode studi literatur dan wawancara ahli untuk merumuskan konsep model revitalisasi sawah non-produktif melalui sistem akuakultur bertenaga surya. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi, potensi, serta keterkaitan antara



pemanfaatan lahan sawah non-produktif, teknologi akuakultur, dan sistem energi surya dalam suatu model terintegrasi. Penelitian difokuskan pada pengembangan konsep dan rancangan sistem sebagai solusi alternatif pemanfaatan lahan yang berkelanjutan. Tahap awal penelitian dilakukan melalui studi literatur dengan mengumpulkan berbagai referensi ilmiah berupa jurnal, prosiding, buku, standar teknis, dan laporan penelitian yang berkaitan dengan revitalisasi lahan pertanian, sistem akuakultur, pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), serta integrasi energi terbarukan pada sektor pertanian dan perikanan. Studi literatur bertujuan untuk memperoleh dasar teoritis, perkembangan teknologi, serta identifikasi parameter penting yang dapat digunakan dalam pengembangan konsep model sistem. Selain itu, studi ini juga digunakan untuk menganalisis berbagai model penerapan akuakultur berbasis energi surya yang telah dikembangkan sebelumnya sebagai bahan evaluasi dan perbandingan.

Penelitian dilanjutkan dengan metode wawancara kepada beberapa ahli dan praktisi pada bidang pertanian, akuakultur, energi surya, dan sistem kelistrikan. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur untuk memperoleh masukan terkait kebutuhan sistem, potensi implementasi, tantangan teknis, serta peluang pengembangan model revitalisasi sawah non-produktif berbasis akuakultur bertenaga surya. Informasi yang diperoleh dari wawancara digunakan sebagai dasar dalam menyusun konsep integrasi sistem yang sesuai dengan kondisi lapangan dan kebutuhan operasional. Data dan informasi yang diperoleh dari studi literatur dan wawancara kemudian dianalisis secara deskriptif untuk menghasilkan konsep rancangan model sistem. Tahap perancangan dilakukan dengan menyusun integrasi komponen utama sistem yang meliputi sumber energi PLTS, sistem penyimpanan energi, sistem distribusi listrik, pompa air, aerator, kolam akuakultur, serta sistem pendukung lainnya. Hasil akhir penelitian berupa rancangan konseptual model revitalisasi sawah non-produktif melalui sistem akuakultur bertenaga surya yang disajikan dalam bentuk diagram dan uraian sistem sebagai dasar pengembangan penelitian lanjutan dan implementasi di lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi sawah non produksi

Sawah non-produktif merupakan lahan pertanian yang mengalami penurunan atau bahkan kehilangan fungsi produksinya akibat berbagai faktor teknis, lingkungan, ekonomi, maupun sosial. Kondisi ini umumnya ditandai dengan rendahnya intensitas pengolahan lahan, menurunnya hasil panen, hingga terjadinya alih fungsi lahan secara tidak terencana. Pada beberapa wilayah pedesaan, sawah non-produktif muncul akibat keterbatasan sistem irigasi, perubahan pola iklim, tingginya biaya produksi pertanian, serta berkurangnya minat masyarakat untuk bekerja di sektor pertanian. Dampak dari kondisi tersebut tidak hanya menyebabkan penurunan produktivitas pangan, tetapi juga menimbulkan degradasi lingkungan dan penurunan nilai ekonomi kawasan. Berdasarkan hasil observasi dan kajian literatur, sawah non-produktif umumnya memiliki karakteristik berupa genangan air yang tidak dimanfaatkan secara optimal, lahan yang mulai ditumbuhi gulma liar, serta minimnya aktivitas budidaya pertanian secara intensif. Pada beberapa lokasi, kondisi lahan yang tetap memiliki sumber air potensial sebenarnya masih memungkinkan untuk dimanfaatkan melalui pendekatan alternatif selain budidaya padi konvensional. Oleh karena itu, pemanfaatan kembali lahan sawah non-produktif memerlukan konsep revitalisasi yang mampu menyesuaikan kondisi eksisting lahan dengan kebutuhan ekonomi masyarakat dan potensi lingkungan setempat.

Dari sisi sosial ekonomi, penurunan produktivitas sawah turut mempengaruhi pendapatan masyarakat pedesaan. Ketergantungan terhadap satu jenis komoditas pertanian menjadikan petani rentan terhadap fluktuasi harga dan perubahan musim. Selain itu, keterbatasan inovasi pengelolaan lahan menyebabkan sebagian area pertanian ditinggalkan karena dianggap tidak lagi memberikan keuntungan ekonomi yang memadai. Kondisi ini membuka peluang untuk menghadirkan sistem pengelolaan baru yang lebih adaptif, salah satunya melalui integrasi sistem akuakultur dengan konsep pariwisata berbasis lingkungan. Secara lingkungan, sawah non-produktif yang tidak dikelola dapat menyebabkan penurunan kualitas ekosistem lahan. Genangan air yang tidak dimanfaatkan berpotensi menjadi sumber pencemaran, tempat berkembangnya hama, maupun menurunkan estetika kawasan. Namun demikian, keberadaan unsur air pada lahan sawah juga menjadi potensi penting dalam pengembangan sistem akuakultur. Dengan pengelolaan yang tepat, lahan tersebut dapat dikembangkan menjadi area budidaya ikan air tawar, kolam



edukasi, maupun kawasan wisata berbasis agro-ekologi yang memberikan nilai tambah ekonomi dan lingkungan.

Dalam konteks pengembangan wilayah, revitalisasi sawah non-produktif tidak hanya berorientasi pada peningkatan produktivitas lahan, tetapi juga diarahkan untuk menciptakan diversifikasi fungsi kawasan. Integrasi antara akuakultur dan pariwisata dapat menghasilkan konsep kawasan yang bersifat produktif, edukatif, dan rekreatif secara bersamaan. Pendekatan ini dinilai mampu meningkatkan daya tarik kawasan pedesaan sekaligus membuka peluang usaha baru bagi masyarakat lokal melalui sektor perikanan, kuliner, wisata edukasi, dan ekonomi kreatif berbasis lingkungan.

3.2. Konsep Umum Sistem PLTS Water Mounted

Akuakultur merupakan kegiatan budidaya organisme perairan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai alternatif pemanfaatan lahan sawah non-produktif. Sistem ini memungkinkan pemanfaatan area yang memiliki ketersediaan air secara berkelanjutan untuk kegiatan budidaya ikan, tanaman air, maupun organisme perairan lainnya. Dalam konteks revitalisasi sawah non-produktif, akuakultur menjadi solusi adaptif karena mampu mengoptimalkan fungsi lahan yang sebelumnya tidak memberikan nilai ekonomi secara maksimal. Berdasarkan kondisi eksisting sawah non-produktif, keberadaan genangan air maupun sistem irigasi yang masih tersedia menjadi faktor pendukung utama dalam penerapan sistem akuakultur. Lahan sawah pada dasarnya memiliki karakteristik topografi datar dan kemampuan menahan air yang baik, sehingga relatif mudah dikembangkan menjadi kolam budidaya maupun sistem akuakultur terpadu. Kondisi tersebut memberikan peluang untuk mengembangkan berbagai jenis budidaya ikan air tawar seperti nila, lele, mujair, dan ikan mas yang memiliki nilai ekonomi dan permintaan pasar yang cukup tinggi.

Selain menghasilkan produk perikanan, sistem akuakultur juga berpotensi mendukung diversifikasi usaha masyarakat pedesaan. Pengembangan budidaya berbasis akuakultur dapat dikombinasikan dengan kegiatan edukasi, wisata kuliner, hingga wisata pemancingan. Integrasi tersebut mampu menciptakan sumber pendapatan baru yang tidak hanya bergantung pada hasil panen pertanian konvensional. Dengan demikian, penerapan akuakultur pada sawah non-produktif dapat menjadi strategi penguatan ekonomi lokal yang lebih berkelanjutan. Dari aspek teknis, sistem akuakultur memiliki fleksibilitas dalam penerapan teknologi budidaya. Pengembangan dapat dilakukan dalam bentuk kolam sederhana yang mengintegrasikan budidaya ikan dan tanaman. Pemilihan sistem dapat disesuaikan dengan kondisi lahan, kapasitas masyarakat, dan tujuan pengembangan kawasan. Dalam pengembangan berbasis pariwisata, sistem akuakultur yang dirancang secara estetis dan edukatif juga dapat meningkatkan daya tarik kawasan sebagai destinasi wisata berbasis lingkungan.

Potensi akuakultur juga didukung oleh tren peningkatan kebutuhan konsumsi ikan dan berkembangnya konsep wisata berbasis alam. Masyarakat modern cenderung tertarik pada kawasan wisata yang menawarkan pengalaman edukatif, interaktif, dan berorientasi pada keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan akuakultur pada sawah non-produktif tidak hanya berfungsi sebagai aktivitas produksi pangan, tetapi juga sebagai media pembelajaran mengenai ketahanan pangan, pengelolaan sumber daya air, dan konservasi lingkungan. Dari sisi lingkungan, penerapan akuakultur yang dikelola dengan baik dapat membantu menjaga keseimbangan ekosistem lahan. Sistem budidaya yang terintegrasi memungkinkan pemanfaatan sumber daya air secara lebih optimal dan dapat mengurangi lahan terbenkakai yang berpotensi menjadi sumber pencemaran. Selain itu, keberadaan area perairan yang tertata dapat meningkatkan kualitas visual kawasan sehingga mendukung pengembangan wisata pedesaan yang lebih menarik dan berkelanjutan.

3.3. Rancangan Komponen Utama

Rancangan sistem akuakultur terintegrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dikembangkan sebagai konsep revitalisasi sawah non-produktif melalui pemanfaatan lahan pertanian menjadi kawasan budidaya perikanan berbasis energi terbarukan. Sistem ini dirancang untuk mendukung ketahanan pangan, efisiensi energi, serta pengembangan kawasan wisata edukatif berbasis lingkungan. Integrasi PLTS pada sistem akuakultur bertujuan untuk menyediakan kebutuhan energi listrik secara mandiri bagi operasional budidaya, seperti aerator, pompa sirkulasi air, sistem pencahayaan, dan monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Pada penelitian ini, rancangan kolam budidaya disesuaikan dengan karakteristik bedengan



sawah agar konsep yang dikembangkan tetap relevan dengan kondisi eksisting lahan pertanian. Bedengan sawah umumnya memiliki bentuk memanjang dengan sistem pematang yang sudah tersedia, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai struktur dasar kolam budidaya. Pendekatan ini memungkinkan revitalisasi lahan dilakukan tanpa perubahan topografi secara signifikan.

Rancangan kolam akuakultur menggunakan satu petak sawah non-produktif dengan ukuran panjang 20 meter dan lebar 10 meter sehingga memiliki luas total 200 m². Kolam dirancang mengikuti bentuk bedengan sawah yang sudah ada agar pemanfaatan lahan dapat dilakukan tanpa banyak mengubah struktur asli sawah. Pendekatan ini juga memudahkan penerapan sistem budidaya pada lahan pertanian yang sebelumnya tidak dimanfaatkan secara optimal.

Tabel 1. Rancangan kolam

Komponen	Luas
Area kolam budidaya	140 m ²
Jalur inspeksi dan wisata	30 m ²
Area instalasi PLTS	20 m ²
Area filtrasi dan utilitas	10 m ²

Tabel 2. Kapasitas produksi

Parameter	Nilai
Jenis ikan	Nilai
Kepadatan tebar	80 ekor/m ³
Survival Rate (SR)	85%
Bobot panen	300 gram/ekor
Lama pemeliharaan	4–6 bulan

a. Perhitungan Jumlah Benih

Jumlah benih dihitung menggunakan persamaan:

$$N = V \times D \quad (1)$$

dengan:

- N = jumlah benih ikan
- V = volume kolam
- D = kepadatan tebar

$$N = 140 \times 80$$

$$N = 11200 \text{ ekor}$$

b. Perhitungan Jumlah Ikan Panen

Dengan asumsi tingkat kelangsungan hidup ikan sebesar 85%, maka jumlah ikan saat panen diperoleh:

$$N_p = N \times S \quad (2)$$

$$N_p = 11200 \times 0.85$$

$$N_p = 9520 \text{ ekor}$$

c. Perhitungan Produksi Biomassa Ikan

Bobot rata-rata ikan saat panen sebesar:

$$300 \text{ gram} = 0.3 \text{ kg}$$

Maka total biomassa ikan yang dihasilkan:

$$M = N_p \times W \quad (3)$$

$$M = 9520 \times 0.3$$

$$M = 2856 \text{ kg}$$



atau sekitar:

$$2.86 \text{ ton/panen}$$

Jika dilakukan dua siklus budidaya dalam satu tahun, maka potensi produksi tahunan menjadi:

$$2.86 \times 2 = 5.72 \text{ ton/tahun}$$

d. Kebutuhan Energi Sistem Akuakultur

Energi listrik digunakan untuk mendukung operasional aerator, pompa air, pencahayaan, dan sistem monitoring IoT.

Digunakan 4 unit aerator masing-masing 100 Watt dengan waktu operasi 24 jam/hari.

$$P = 4 \times 100 \\ P = 400 \text{ Watt}$$

Energi harian:

$$E = P \times t \\ E = 400 \times 24 \\ E = 9600 \text{ Wh/hari} \quad (4)$$

Pompa air sebesar 250 Watt beroperasi selama 12 jam/hari.

$$E = 250 \times 12 \\ E = 3000 \text{ Wh/hari}$$

Digunakan 8 lampu LED 20 Watt selama 10 jam/hari.

$$P = 8 \times 20 \\ P = 160 \text{ Watt} \\ E = 160 \times 10 \\ E = 1600 \text{ Wh/hari}$$

Kebutuhan daya sistem monitoring sebesar 50 Watt selama 24 jam.

$$E = 50 \times 24 \\ E = 1200 \text{ Wh/hari}$$

e. Total Kebutuhan Energi Harian

Total energi seluruh sistem diperoleh:

$$E_{total} = 9600 + 3000 + 1600 + 1200 \\ E_{total} = 15400 \text{ Wh/hari}$$

Dengan asumsi Peak Sun Hour (PSH) sebesar 5 jam/hari, maka kapasitas panel surya dihitung menggunakan persamaan:

$$P_{PV} = \frac{E_{total}}{PSH} \\ P_{PV} = \frac{15400}{5} \\ P_{PV} = 3080 \text{ Wp} \quad (5)$$

Dengan memperhitungkan losses sistem sebesar 20%:



$$P_{PV} = 3080 \times 1.2$$
$$P_{PV} = 3696 \text{ Wp}$$

Sehingga digunakan: 8 panel surya @ 500 Wp

Total kapasitas:

$$8 \times 500 = 4000 \text{ Wp}$$

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan konsep revitalisasi sawah non-produktif melalui sistem akuakultur yang terintegrasi dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Rancangan memanfaatkan lahan sawah seluas 200 m² menjadi kawasan budidaya ikan, area instalasi PLTS, jalur inspeksi, dan area pendukung lainnya sehingga lahan yang sebelumnya tidak produktif dapat dimanfaatkan kembali secara optimal. Berdasarkan hasil perhitungan, kolam budidaya dengan volume 140 m³ mampu menghasilkan ikan nila sekitar 2,86 ton per siklus panen atau 5,72 ton per tahun. Kebutuhan energi sistem sebesar 15,4 kWh per hari dapat dipenuhi menggunakan PLTS berkapasitas 4000 Wp untuk mendukung operasional aerator, pompa air, pencahayaan, dan sistem monitoring.

5. SARAN

Penelitian ini dapat dilanjutkan pada tahap implementasi dan pengujian lapangan untuk mengetahui kinerja sistem akuakultur terintegrasi PLTS secara langsung. Pengujian dapat dilakukan terhadap hasil produksi ikan, kebutuhan energi, dan kualitas air selama proses budidaya.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada para ahli dan praktisi di bidang pertanian, akuakultur, energi surya, dan sistem kelistrikan yang telah memberikan masukan dan kontribusi dalam penyusunan rancangan konsep revitalisasi sawah non-produktif melalui sistem akuakultur terintegrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. T. Wulandari and H. Zakaria, "Kebijakan Pembangunan Pertanian dan Pedesaan di Indonesia," *Empiricism Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 1281–1294, Sept. 2025, doi: 10.36312/ej.v6i3.2941.
- [2] C. Wardani, J. Jamhari, S. Hardyastuti, and A. Suryantini, "Kinerja Ketahanan Beras Di Indonesia: Komparasi Jawa Dan Luar Jawa Periode 2005-2017," *Jurnal Ketahanan Nasional*, vol. 25, no. 1, pp. 107–107, Apr. 2019, doi: 10.22146/jkn.41770.
- [3] I. M. Y. Prasada and T. A. Rosa, "Dampak Alih Fungsi Lahan Sawah Terhadap Ketahanan Pangan Di Daerah Istimewa Yogyakarta," *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, vol. 14, no. 3, pp. 210–210, Sept. 2018, doi: 10.20956/jsep.v14i3.4805.
- [4] L. J. Walston et al., "Opportunities for agrivoltaic systems to achieve synergistic food-energy-environmental needs and address sustainability goals," *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 6, Sept. 2022, doi: 10.3389/fsufs.2022.932018.
- [5] H. Dinesh and J. M. Pearce, "The potential of agrivoltaic systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, pp. 299–308, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.10.024.
- [6] A. Preambudi, A. O. Dheany, B. A. Prabawa, and A. A. Masagala, "Perencanaan Masterplan Kawasan Pertanian Terintegrasi Yang Berbasis Teknologi," *Journal of Architecture Cultural and Tourism Studies*, vol. 2, no. 2, pp. 106–117, Oct. 2024, doi: 10.36728/jacts.v2i2.4265.



- [7] R. E. Scroggins et al., “Renewable energy in fisheries and aquaculture: Case studies from the United States,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 376, pp. 134153–134153, Sept. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.134153.
- [8] A. Ramadhan and S. H. Suryawati, “Dampak Kenaikan Bahan Bakar Minyak Pada Perikanan Budidaya Tambak Semi Intensif Dan Intensif: Studi Kasus Di Kabupaten Karawang, Jawa Barat,” *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, vol. 6, no. 1, pp. 65–65, Feb. 2017, doi: 10.15578/jksekp.v6i1.2703.
- [9] T. T. E. Vo, H. Ko, J. Huh, and N. Park, “Overview of Solar Energy for Aquaculture: The Potential and Future Trends,” *Energies*, vol. 14, no. 21, pp. 6923–6923, Oct. 2021, doi: 10.3390/en14216923.
- [10] Z. A. Fikriyadi, R. Nafi’ah, and D. M. P. Utami, “Optimisation of Solar-Powered Aerators for Shrimp Aquaculture,” in *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, Apr. 2025, pp. 12131–12131. doi: 10.1088/1755-1315/1488/1/012131.
- [11] E. A. Isaac, “Integrating Renewable Energy Sources in Aquaculture Operations: Opportunities and Challenges,” *Journal of Built Environment and Geological Research*, June 2025, doi: 10.70382/ajbegr.v8i4.022.
- [12] D. H. Perdana, “Potensi Pemanfaatan Energi Matahari dalam Teknologi Akuakultur,” *Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan*, vol. 4, no. 2, pp. 122–130, Oct. 2024, doi: 10.55678/jikan.v4i2.1483.
- [13] D. Matulić et al., “Agrivoltaics and Aquavoltaics: Potential of Solar Energy Use in Agriculture and Freshwater Aquaculture in Croatia,” *Agriculture*, vol. 13, no. 7, pp. 1447–1447, July 2023, doi: 10.3390/agriculture13071447.
- [14] A. Pringle, R. M. Handler, and J. M. Pearce, “Aquavoltaics: Synergies for dual use of water area for solar photovoltaic electricity generation and aquaculture,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 80, pp. 572–584, June 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.191.
- [15] S. Prayogi et al., “Sinergi Energi Terbarukan dan Pertanian Modern: Penerapan PLTS untuk Meningkatkan Kinerja Usaha Hidroponik di Pagifarm Bogor,” *I-Com Indonesian Community Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 994–1005, June 2025, doi: 10.70609/i-com.v5i2.7395.
- [16] P. Du et al., “The global potential of aquavoltaics for power generation and offsetting the carbon footprint of freshwater aquaculture,” Jan. 16, 2026. doi: 10.21203/rs.3.rs-8376654/v1.
- [17] M. Imani et al., “Aquavoltaics Feasibility Assessment: Synergies of Solar PV Power Generation and Aquaculture Production,” *Water*, vol. 15, no. 5, pp. 987–987, Mar. 2023, doi: 10.3390/w15050987.
- [18] M. S. Muntini et al., “Implementasi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Peningkatan Produktivitas Budidaya Ikan dan Pertanian di Kalurahan Summersari,” *Jurnal Pengabdian Sains dan Rekayasa.*, vol. 2, no. 2, pp. 188–199, June 2024, doi: 10.24815/pesare.v2i2.38943.