

## **Inovasi Pemberi Pakan Ikan Otomatis Bertenaga Surya: Solusi Efisiensi Energi untuk Mendukung Budidaya Ikan di Kota Medan**

### ***Innovation of Solar-Powered Automatic Fish Feeder: Energy Efficiency Solutions to Support Fish Farming in Medan City***

Muhammad Idris<sup>1\*</sup>, Iswandi<sup>1</sup>, Tino Hermanto<sup>1</sup>, Felix Darwin<sup>1</sup>, Haniza<sup>2</sup>, dan Uun Novalia Harahap<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Jl. Kolam No 1 Medan Estate, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Industri, Universitas Medan Area, Jl. Kolam No 1 Medan Estate, Indonesia

<sup>3</sup>Teknik Industri, Universitas Harapan Medan, Jl. H.M. Joni No. 70 C Medan, Indonesia

\*Corresponding author: muhammad\_idris@staff.uma.ac.id

**Diterima: 29-10-2024**

**Disetujui: 25-11-2024**

**Dipublikasikan: 21-12-2024**

IRAJPKM is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



#### **Abstrak**

Penggunaan teknologi energi terbarukan, seperti panel surya, dalam mendukung otomatisasi pemberian pakan ikan merupakan solusi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi budidaya perikanan. Kegiatan merupakan kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang bertujuan untuk menguji kinerja alat pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya yang diimplementasikan di Balai Benih dan Budidaya Ikan Kota Medan. Pengujian dilakukan untuk memantau arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya, serta mengevaluasi efektivitas alat dalam kondisi lapangan. Hasil uji coba menunjukkan bahwa alat bekerja optimal pada siang hari, dengan arus maksimum 0,3 A dan daya maksimum 100 W pada intensitas sinar matahari tertinggi. Meskipun terdapat penurunan performa pada sore hari, alat ini terbukti mampu mendukung otomatisasi pemberian pakan ikan secara efisien. Teknologi ini memberikan manfaat signifikan bagi petani ikan, termasuk penghematan energi dan biaya operasional. Kegiatan PkM ini juga memberikan informasi penting tentang potensi penerapan energi terbarukan dalam sektor perikanan secara lebih luas.

**Kata Kunci:** Alat pemberi pakan otomatis, Budidaya ikan, Efisiensi, Energi terbarukan, Panel surya.

#### **Abstract**

Using renewable energy technology, such as solar panels, to support the automation of fish feeding is an innovative solution that can improve aquaculture efficiency. This study aims to test the performance of solar-powered automatic fish-feeding equipment implemented at the Medan City Fish Seed and Cultivation Center. Tests are carried out to monitor the current and power generated by solar panels and evaluate the device's effectiveness under field conditions. The test results showed that the device works optimally during the day, with a maximum current of 0.3 A and a maximum power of 100 W at the highest intensity of sunlight. Despite the decreased performance in the afternoon, this tool has proven to support the efficient automation of fish feeding. This technology significantly benefits fish farmers, including energy savings and operational costs. This research also provides essential information about the potential application of renewable energy in the fisheries sector more broadly.

**Keywords:** Automatic feeding devices, Efficiency, Fish farming, Renewable energy, Solar panels.

### **1. Pendahuluan**

Pemanfaatan teknologi energi terbarukan telah menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan krisis energi dan upaya pengurangan emisi karbon di berbagai sektor

(Kabeyi and Olanrewaju 2022; Idris et al. 2024), termasuk di sektor pertanian dan perikanan (Majeed et al. 2023). Panel surya sebagai sumber energi bersih memainkan peran penting dalam mendukung otomatisasi di bidang tersebut (Martinho 2020; Khanna 2022; Favour Oluwadamilare Usman et al. 2024; Usman et al. 2024). Penggunaan panel surya pada alat pemberi pakan ikan otomatis merupakan inovasi yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi operasional dalam budidaya ikan, terutama di daerah-daerah yang memiliki intensitas sinar matahari tinggi sepanjang tahun (Candra et al. 2024; Sigalingging et al. 2024).

Teknologi pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya menawarkan berbagai keuntungan bagi para petani ikan (Handoko Putra et al. 2023; Saipul et al. 2023). Dengan memanfaatkan panel surya, alat ini tidak hanya mampu mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik konvensional, tetapi juga memungkinkan penghematan biaya operasional jangka panjang (T. Prasad et al. 2024; Yee et al. 2024; Breyer 2021). Sebagai salah satu bentuk implementasi teknologi ramah lingkungan, pemberian pakan secara otomatis ini mampu menjaga efisiensi pemberian pakan, mengurangi tenaga kerja, serta meningkatkan akurasi dan konsistensi dalam distribusi pakan (Pratiwy and Haetami 2023; A. Prasad et al. 2023). Kegiatan PkM terdahulu menunjukkan bahwa teknologi otomatisasi dalam sektor perikanan dapat meningkatkan produktivitas hingga 20%.

Panel surya bekerja berdasarkan prinsip konversi energi cahaya menjadi energi listrik melalui sel fotovoltaik (Agarwal et al. 2023; "Solar Cells" 2022). Dalam konteks alat pemberi pakan otomatis, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya digunakan untuk menggerakkan dinamo yang terhubung dengan sistem pengumpanan pakan (Susilawati et al. 2023; Shawky El-Sayed, Ali Ibrahim Al-Rajhi, and Farag Sharobeem 2024). Besarnya arus (I) yang dihasilkan oleh panel surya dapat dihitung dengan menggunakan rumus dasar arus listrik, yaitu:

$$I = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Dimana, I adalah arus dalam ampere (A), P adalah daya dalam watt (W), V adalah tegangan dalam volt (V). Melalui persamaan ini, hubungan antara tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat dimonitor secara berkala untuk menentukan efisiensi kinerja sistem.

Dalam kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini, uji coba alat pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya dilakukan di Dinas Pertanian dan Perikanan Kota Medan, di Balai Benih dan Budidaya Ikan. Alat ini dioperasikan untuk mendistribusikan pakan ikan secara otomatis sesuai jadwal yang telah ditentukan. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk menguji kinerja alat dalam kondisi nyata di lapangan, sekaligus mengevaluasi potensi teknologi ini dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan usaha budidaya ikan. Kegiatan ini juga bertujuan untuk memberikan informasi yang lebih luas kepada masyarakat, khususnya para petani ikan, bahwa teknologi ini memiliki manfaat signifikan dalam meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi biaya operasional jangka panjang.

Pemanfaatan teknologi panel surya dalam sistem pemberi pakan ikan otomatis menawarkan beberapa keuntungan yang relevan dengan kebutuhan masa kini, yaitu efisiensi energi, pengurangan biaya operasional, dan peningkatan produktivitas (Jomsri and Prangchumpol 2024). Di tengah kebutuhan global untuk mengadopsi solusi energi terbarukan, teknologi ini mampu memberikan dampak positif yang luas (Uwaga Monica Adanma and Emmanuel Olurotimi Ogunbiyi 2024; Salma, Tarik, and Roa 2024; Hassan et al. 2024). Kegiatan PkM ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam pengembangan lebih lanjut untuk mendukung keberlanjutan sektor perikanan di masa mendatang.

Sebagai kesimpulan, kegiatan ini dirancang untuk menguji efektivitas alat pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya yang diimplementasikan dalam skala riil. Melalui pengujian ini, diharapkan dapat diperoleh data yang akurat mengenai kinerja alat, khususnya dalam menghasilkan daya dan arus yang diperlukan untuk mendukung operasional otomatisasi pemberian pakan ikan secara efisien. Hasil dari uji coba ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi para petani ikan dalam mengadopsi teknologi ini guna meningkatkan hasil budidaya secara lebih efisien dan berkelanjutan.

## 2. Metode

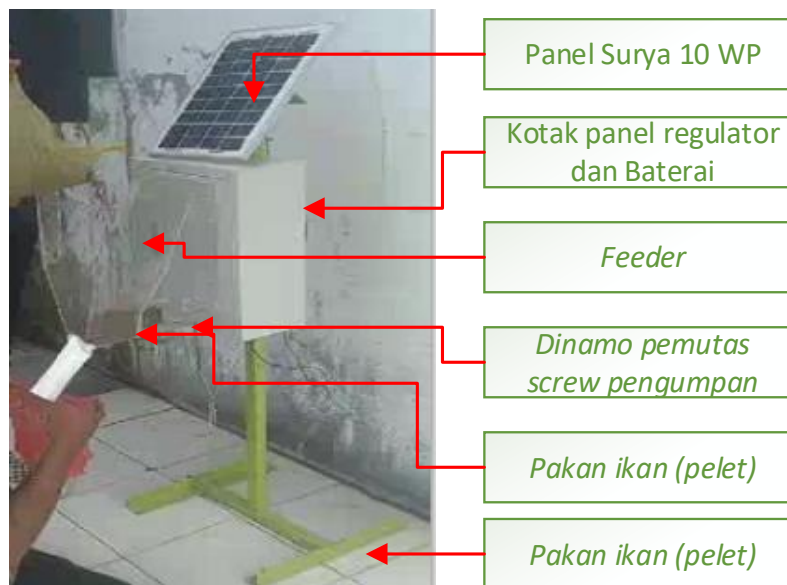
Kegiatan uji coba alat pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya dilaksanakan pada tanggal 27 September 2024 di Dinas Pertanian dan Perikanan Kota Medan, tepatnya di Balai Benih dan Budidaya Ikan Kota Medan. Lokasi ini dipilih karena merupakan pusat budidaya ikan dengan fasilitas yang memadai untuk pengujian teknologi terapan. Kondisi lingkungan di sekitar balai, seperti terlihat pada Gambar 1, menawarkan area kolam terbuka yang luas, sehingga sangat ideal untuk memaksimalkan paparan sinar matahari bagi panel surya yang digunakan dalam pengoperasian alat pemberi pakan otomatis.



**Gambar 1.** Lokasi uji coba alat pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya

Alat pemberi pakan ikan otomatis ini, seperti ditunjukkan pada Gambar 2, terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu panel surya 10 WP, kotak regulator dan baterai, feeder (pengumpan), dinamo pemutar screw pengumpan, serta wadah penyimpanan pakan ikan berbentuk pelet. Panel surya berfungsi untuk menangkap energi matahari yang kemudian disimpan dalam baterai dan digunakan untuk menggerakkan dinamo pemutar screw pengumpan. Sistem ini dirancang agar pakan ikan otomatis disalurkan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, tanpa perlu intervensi manual, sehingga sangat efisien dalam hal tenaga kerja dan waktu.

Uji coba dilakukan dengan memasang alat di tepi salah satu kolam di Balai Benih dan Budidaya Ikan, yang mendapatkan paparan sinar matahari langsung. Pengukuran dilakukan setiap jam mulai pukul 08:38 hingga 14:38 untuk memantau arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Multimeter digital digunakan untuk mencatat arus (A), sementara daya (W) dihitung menggunakan rumus  $P = V \times I$  berdasarkan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel. Data ini kemudian dianalisis untuk mengevaluasi performa panel surya dalam mendukung operasional otomatisasi pemberian pakan.



**Gambar 2.** Alat pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya

Selama pengujian, alat dioperasikan sesuai dengan pengaturan waktu yang telah ditetapkan, dengan pakan ikan otomatis disalurkan pada waktu tertentu. Gambar 2 menunjukkan struktur alat, di mana panel surya terletak di bagian atas untuk menangkap sinar matahari secara optimal, sedangkan komponen pengumpan dan dinamo berada di bagian bawah yang terhubung langsung dengan wadah penyimpanan pelet. Sistem ini dirancang agar efisien dalam mendistribusikan pakan ikan tanpa membutuhkan energi eksternal selain dari panel surya.

Pengamatan kondisi lingkungan juga dilakukan selama uji coba, termasuk mencatat cuaca dan posisi matahari yang dapat memengaruhi kinerja panel surya. Tim dari Dinas Pertanian dan Perikanan turut terlibat dalam membantu instalasi alat dan pencatatan data di lapangan. Data yang dikumpulkan selama uji coba ini dianalisis untuk menentukan sejauh mana alat ini dapat bekerja dengan efisien dalam kondisi lapangan yang sebenarnya, serta potensi optimasi yang bisa dilakukan, seperti penyesuaian posisi panel surya dan pengaturan waktu pemberian pakan.

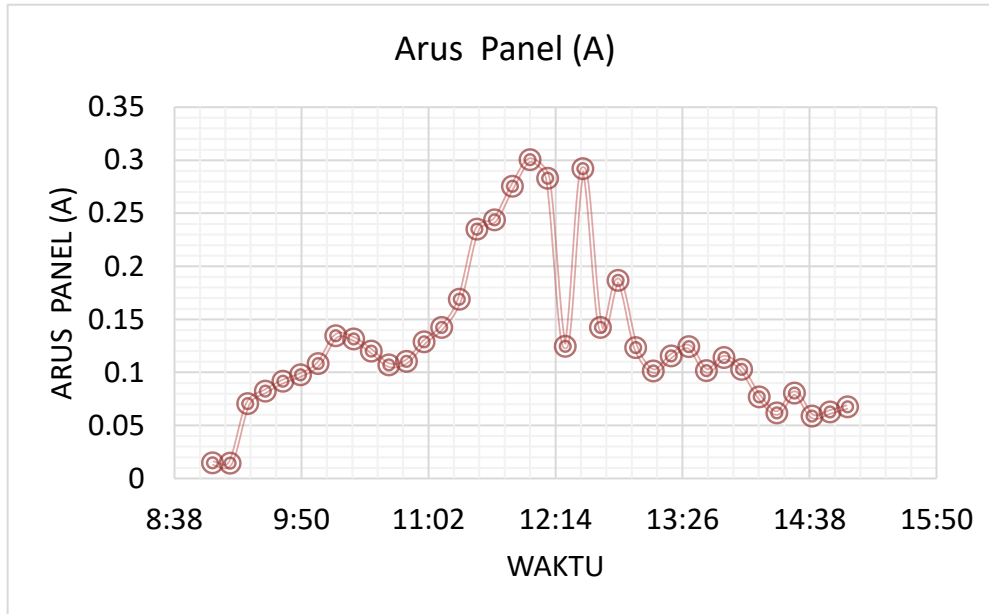
Melalui metode ini, uji coba memberikan gambaran yang jelas tentang efektivitas alat dalam memanfaatkan energi terbarukan untuk kebutuhan operasional budidaya ikan. Data hasil pengujian juga memberikan informasi penting terkait performa panel surya dalam menghasilkan arus dan daya yang cukup untuk mendukung sistem otomatisasi pemberian pakan, khususnya pada waktu-waktu di mana sinar matahari berada dalam kondisi optimal.

### 3. Hasil dan Pembahasan

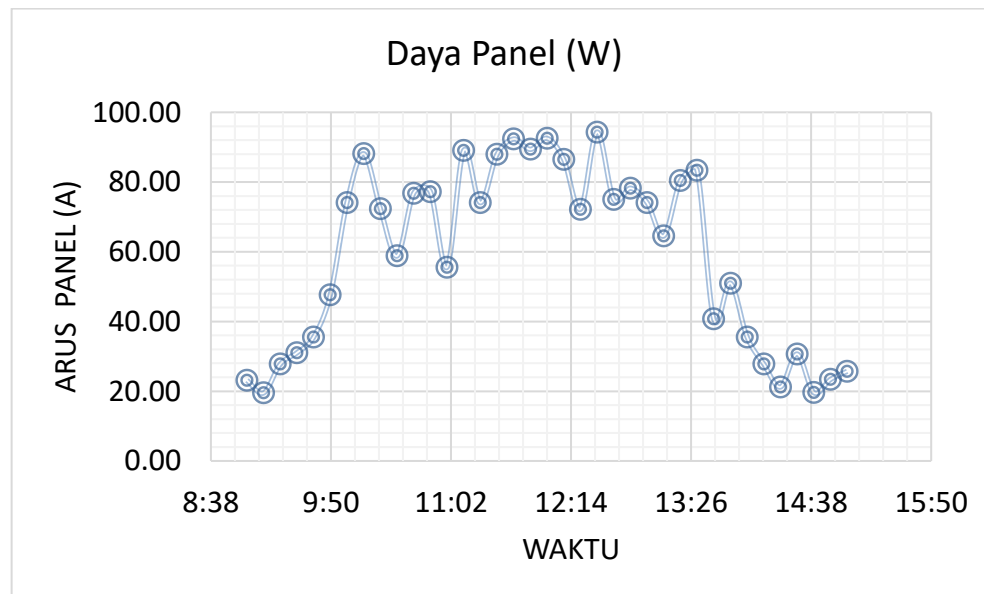
Kegiatan ini dilakukan di Dinas Pertanian dan Perikanan Balai Benih dan Budidaya Ikan, sebagai bagian dari uji coba alat pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya yang dikembangkan melalui kerja sama antara Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dengan Dinas Pertanian dan Perikanan Balai Benih dan Budidaya Ikan Kota Medan. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk menguji kinerja alat tersebut dalam kondisi lapangan nyata guna mendukung operasional budidaya ikan secara otomatis dan berkelanjutan. Uji coba ini merupakan langkah penting dalam memastikan alat dapat berfungsi optimal di berbagai kondisi lingkungan, terutama dalam hal pemanfaatan energi terbarukan dari panel surya.

Berdasarkan hasil pengukuran yang disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4, dapat dilihat bahwa kinerja alat sangat dipengaruhi oleh kondisi cahaya matahari yang diterima oleh panel surya. Pada grafik arus panel (Gambar 3), arus yang dihasilkan oleh panel meningkat secara

bertahap mulai dari pukul 08:38, ketika intensitas sinar matahari masih rendah, hingga mencapai puncaknya pada pukul 12:14 dengan nilai arus maksimum sekitar 0,3 A. Setelah mencapai puncak, arus mulai menurun seiring dengan penurunan intensitas cahaya matahari pada sore hari hingga mencapai nilai terendah pada pukul 14:38. Fluktuasi arus ini menunjukkan bahwa produksi listrik dari panel surya sangat bergantung pada intensitas cahaya yang diterima oleh panel.



**Gambar 3.** Arus pada panel surya



**Gambar 4.** Daya pada panel surya

Pada grafik daya panel (Gambar 4), pola yang serupa dapat dilihat dengan peningkatan daya secara signifikan dari pagi hari hingga mencapai puncaknya pada siang hari. Daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya tercatat sekitar 100 W pada pukul 09:50 hingga 12:14. Namun, setelah waktu tersebut, daya yang dihasilkan mulai berkurang secara bertahap, menunjukkan penurunan efisiensi panel surya seiring dengan menurunnya intensitas sinar matahari pada sore hari. Penurunan ini diantisipasi karena semakin rendahnya sudut sinar matahari yang diterima oleh panel, sehingga energi yang dikonversi menjadi listrik semakin berkurang.

Hasil ini memberikan pemahaman bahwa alat pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya bekerja paling optimal pada saat siang hari, ketika intensitas sinar matahari berada pada puncaknya. Pada waktu-waktu ini, sistem mampu menghasilkan arus dan daya yang cukup untuk menjalankan operasional otomatisasi pemberian pakan ikan. Namun, pada sore hari atau ketika cuaca mendung, daya yang dihasilkan mengalami penurunan yang signifikan, sehingga perlu dipertimbangkan pengaturan waktu operasional alat agar tetap efisien.

Selain itu, kegiatan uji coba ini juga memberikan wawasan penting tentang efektivitas pemanfaatan energi terbarukan, dalam hal ini energi surya, untuk kebutuhan sektor perikanan. Dengan menggunakan panel surya sebagai sumber energi, alat ini diharapkan mampu memberikan solusi hemat energi dan ramah lingkungan untuk membantu pengelolaan budidaya ikan, khususnya di daerah-daerah yang memiliki potensi sinar matahari yang cukup tinggi sepanjang tahun. Panel surya yang digunakan terbukti mampu mendukung kebutuhan listrik alat selama periode siang hari, meskipun ada fluktuasi daya yang signifikan pada sore hari.

Kegiatan ini juga menekankan pentingnya kerja sama antara dunia akademik dan instansi pemerintah dalam menciptakan inovasi teknologi yang aplikatif. Melalui kolaborasi antara Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Dinas Pertanian dan Perikanan Balai Benih dan Budidaya Ikan Kota Medan, uji coba ini tidak hanya menjadi ajang untuk menguji alat, tetapi juga membuka peluang bagi pengembangan lebih lanjut dalam meningkatkan teknologi serupa di masa mendatang. Sinergi ini diharapkan dapat terus berkembang sehingga solusi teknologi yang dihasilkan mampu memberikan dampak positif bagi sektor perikanan.

Secara keseluruhan, hasil uji coba ini menunjukkan bahwa alat pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya memiliki potensi yang besar untuk diimplementasikan dalam skala yang lebih luas, terutama di daerah-daerah yang kaya akan energi surya. Namun, perlu dilakukan optimasi lebih lanjut terkait penempatan panel surya dan pemilihan waktu operasional alat yang disesuaikan dengan kondisi cahaya matahari setempat. Peningkatan performa alat ini di masa depan diharapkan mampu mendukung efisiensi dan keberlanjutan usaha budidaya ikan dengan menggunakan teknologi yang ramah lingkungan dan hemat energi.

#### **4. Kesimpulan**

Uji coba yang dilakukan menunjukkan bahwa alat pemberi pakan ikan otomatis bertenaga surya mampu bekerja dengan baik selama intensitas cahaya matahari cukup tinggi, khususnya pada siang hari. Efisiensi alat ini sangat bergantung pada kondisi lingkungan, terutama intensitas sinar matahari yang mempengaruhi daya dan arus yang dihasilkan oleh panel surya. Kerja sama antara Universitas Medan Area dan Dinas Pertanian dan Perikanan Balai Benih dan Budidaya Ikan Kota Medan menjadi langkah penting dalam mengembangkan teknologi terbarukan yang aplikatif dan bermanfaat bagi sektor perikanan.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Yayasan Pendidikan Haji Agus Salim atas dukungan penuh yang diberikan dalam terlaksananya kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dinas Pertanian dan Perikanan, khususnya Balai Benih dan Budidaya Ikan Kota Medan, atas kesempatan yang diberikan untuk mengaplikasikan teknologi ini secara langsung di lapangan. Demikian juga ucapan terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang terlibat, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang telah memberikan kontribusi, baik berupa tenaga, waktu, maupun pemikiran, dalam mensukseskan kegiatan ini. Dukungan dari semua pihak telah memungkinkan

tercapainya tujuan penulis untuk memberikan solusi praktis dan berkelanjutan bagi masyarakat peternak ikan.

### Daftar Pustaka

- Agarwal, Shivangi, Vinit Sharma, Ajay Kumar Maurya, Pawan Sen, and Akanksha Mishra. 2023. "A Review of Solar Cells and Their Applications." In , 230–40. <https://doi.org/10.21467/proceedings.161.26>.
- Breyer, Christian. 2021. "Low-Cost Solar Power Enables a Sustainable Energy Industry System." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118 (49). <https://doi.org/10.1073/pnas.2116940118>.
- Candra, Wahyu Adhie, Nuryanti, Sarosa Castrena Abadi, and Muhammad Nursyam Rizal. 2024. "Fish Feeding and Solar Panel Technology Implementation for the Jatiluhur Reservoir Community of Floating Net Cages Farmers." *ABDIMAS: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 7 (1): 271–82. <https://doi.org/10.35568/abdimas.v7i1.4169>.
- Favour Oluwadamilare Usman, Emmanuel Chigozie Ani, Wisdom Ebirim, Danny Jose Portillo Montero, Kehinde Andrew Olu-lawal, and Nwakamma Ninduwezuor-Ehiobu. 2024. "Integrating Renewable Energy Solutions In The Manufacturing Industry: Challenges And Opportunities: A Review." *Engineering Science & Technology Journal* 5 (3): 674–703. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i3.865>.
- Handoko Putra, Michael Angello, Hadid Imron, Tommy Adhitya, and Budi Wibowo. 2023. "Automatic Fish Feeders for Fish Farming in Aquariumsbased on the Internet of Things (IOT)." *Jurnal Komputer Dan Elektro Sains* 1 (1): 18–21. <https://doi.org/10.58291/komets.v1i1.98>.
- Hassan, Qusay, Patrik Viktor, Tariq J. Al-Musawi, Bashar Mahmood Ali, Sameer Algburi, Haitham M. Alzoubi, Ali Khudhair Al-Jiboory, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, and Marek Jaszczur. 2024. "The Renewable Energy Role in the Global Energy Transformations." *Renewable Energy Focus* 48 (March):100545. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2024.100545>.
- Idris, Muhammad, Achmad Jusuf Zulfikar, Darianto Darianto, Iswandi Iswandi, Jufrizal Jufrizal, Tino Hermanto, Haniza Haniza, and Uun Novalia Harahap. 2024. "Analisis Potensi Energi Angin Menggunakan Turbin Horizontal Di Kawasan Wisata Mangrove Desa Tanjung Rejo, Kecamatan Percut Sei Tuan." *IRA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (IRAJPKM)* 2 (2): 43–52. <https://doi.org/10.56862/irajpkm.v2i2.125>.
- Jomsri, Pijitra, and Dulyawit Prangchumpol. 2024. "Prototype of a Water Quality Management System for Smart Aquaculture Using Solar System to Support Fish Farmer, Phragndang, Amphawa, Samut Songkhram Province." In 2024 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0 & IoT), 54–58. *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/MetroInd4.0IoT61288.2024.10584166>.
- Kabeyi, Moses Jeremiah Barasa, and Oludolapo Akanni Olanrewaju. 2022. "Sustainable Energy Transition for Renewable and Low Carbon Grid Electricity Generation and Supply." *Frontiers in Energy Research* 9 (March). <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.743114>.
- Khanna, Tarun M. 2022. "Using Agricultural Demand for Reducing Costs of Renewable Energy Integration in India." *Energy* 254 (September): 124385. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124385>.
- Majeed, Yaqoob, Muhammad Usman Khan, Muhammad Waseem, Umair Zahid, Faisal Mahmood, Faizan Majeed, Muhammad Sultan, and Ali Raza. 2023. "Renewable Energy as an Alternative Source for Energy Management in Agriculture." *Energy Reports* 10 (November):344–59. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.06.032>.



- Martinho, V.J.P.D. 2020. "Relationships between Agricultural Energy and Farming Indicators." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 132 (October):110096. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110096>.
- Prasad, Avagaddi, Nagadevara V S P Ravi Sumanth, Puppala Sivaprasad, Kanchumarthi Sairam, and Kolapalli Ajaybabu. 2023. "Automatic Feeder System for Aqua Pond." In 2023 Second International Conference on Trends in Electrical, Electronics, and Computer Engineering (TEECCON), 320–25. *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/TEECCON59234.2023.10335839>.
- Prasad, Tashildar, Chougule Nikhil, Chougule Sukrut, Jadhav Suraj, and Mathurkar Piyush. 2024. "Solar-Powered Electric Vehicle Battery Charging: Integrating LT8490 for Sustainable and Efficient Energy Transfer in the Pursuit of a Green Transportation Future." In 2024 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS), 1–6. *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/SCEECS61402.2024.10482005>.
- Pratiwy, Fitri Mellianawaty, and Kiki Haetami. 2023. "Towards Feed Independence: Types of Auto-Feeder Technologies for Efficient Fish Farming." *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 11 (4): 16–18. <https://doi.org/10.22271/fish.2023.v11.i4a.2819>.
- Saipul, M Y Puriza, Asmar, A A Rachmani, H Satria, Y Anzari, and W Yandi. 2023. "Green Energy Powered Autonomous IoT Catfish Feeder Prototype Based on Arduino Mega and ESP-8266." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1267 (1): 012037. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1267/1/012037>.
- Salma, Benchikh, Jarou Tarik, and Lamrani Roa. 2024. "Enhancing Renewable Energy Systems with Advanced Artificial Intelligence Solutions." *SCT Proceedings in Interdisciplinary Insights and Innovations* 2 (May):319. <https://doi.org/10.56294/piii2024319>.
- Shawky El-Sayed, Ahmed, Mohamed Ali Ibrahim Al-Rajhi, and Youssef Farag Sharobeem. 2024. "Development of an Automatic Solar Powered Honey Bee Feeding System in a Movable Multi Shelves Apiary." *Journal of Apicultural Research* 63 (1): 18–31. <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2183550>.
- Sigalingging, Riswanti, Join Wan Chanlyn Sigalingging, Fauzan Alfinsyah Barus, and Sumba Harryananta. 2024. "Photovoltaics Efficiency on Automatic Fish Feeding Distributors Device Using Internet of Things." *E3S Web of Conferences* 519 (May):02009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451902009>.
- "Solar Cells." 2022. In *Thermal Design*, 667–789. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119686040.ch7>.
- Susilawati, Susilawati, Aditya Nugraha, Azhis Sholeh Sholeh Buchori, Slamet Rahayu, Ferdi Fathurohman, and Oyok Yudianto. 2023. "Design and Implementation of Automatic Fish Feeder (AFF) Using Microcontroller Powered by Solar Cell: A Contribution to the Fish Farmers." *Mechanical Engineering for Society and Industry* 3 (1): 47–53. <https://doi.org/10.31603/mesi.8276>.
- Usman, Mukhamad Khumaidi, Faqih Fatkhurozzak, Firman Lukman Sanjaya, Nur Aidi Aryanto, Amin Nur Akhmadi, and Sigit Setijo Budi. 2024. "Pelatihan Perakitan Mobil Listrik Bagi Siswa SMK N 1 Adiwerna." *IRA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (IRAJPKM)* 2 (2): 7–11. <https://doi.org/10.56862/irajpkm.v2i2.116>.
- Uwaga Monica Adanma, and Emmanuel Olurotimi Ogunbiyi. 2024. "Assessing the Economic and Environmental Impacts of Renewable Energy Adoption across Different Global Regions." *Engineering Science & Technology Journal* 5 (5): 1767–93. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i5.1154>.
- Yee, C Z, L H Saw, W H Yeo, K H Chua, W W Loo, H K Lim, and Y P Lim. 2024. "Developing a Solar PV System for Cost-Effective Electricity Reduction in an Aluminium Extrusion Plant." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1372 (1): 012081. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1372/1/012081>.