

Implementasi PLTS pada Sistem Pakan Ikan Otomatis untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Peternakan Ikan: Studi Kasus Skala Uji Coba

Implementation of Solar Power in Automatic Fish Feed System to Improve the Efficiency of Fish Farm Management: A Trial Scale Case Study

Yopan Rahmad Aldhori^{1*}, Jufrizal¹, Darianto¹, Indra Hermawan¹, Supriatno¹, Felix Darwin¹

¹ Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

*Corresponding author: yopanrahmadaldori@staff.uma.ac.id

Diterima: 31-10-2024

Disetujui: 11-12-2024

Dipublikasikan: 31-12-2024

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



Abstrak

Pengabdian kepada Masyarakat ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan alat pemberian pakan ikan otomatis berbasis tenaga surya, guna meningkatkan efisiensi operasional dalam budidaya ikan. Penggunaan panel surya 10 WP diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada energi listrik konvensional yang mahal dan tidak stabil, terutama di daerah yang memiliki akses energi terbatas. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah uji coba langsung di Balai Benih dan Budidaya Ikan Kota Medan, dengan mengukur beberapa parameter penting seperti sudut kemiringan, sudut azimuth, sudut zenith, dan sudut jam waktu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu beroperasi secara efektif dengan memanfaatkan energi matahari secara optimal, terutama saat posisi matahari berada pada sudut yang tepat. Efisiensi panel surya mencapai tingkat yang cukup tinggi, memungkinkan pengisian baterai dalam waktu yang relatif singkat. Kesimpulan dari kegiatan ini menunjukkan bahwa penerapan alat ini dapat membantu peternak ikan dalam mengotomatisasi pemberian pakan secara berkelanjutan dan ramah lingkungan, sekaligus menurunkan biaya operasional. Teknologi ini sangat berpotensi untuk diterapkan lebih luas, memberikan dampak positif dalam peningkatan produktivitas dan penghematan biaya dalam usaha budidaya ikan.

Kata Kunci: Pakan ikan otomatis, Energi surya, Efisiensi operasional, Budidaya ikan.

Abstract

This Community Service aims to develop and implement solar-powered automatic fish-feeding tools to improve operational efficiency in fish farming. Using 10 WP solar panels is expected to reduce dependence on expensive and unstable conventional electrical energy, especially in areas with limited energy access. The method used in this activity was a direct trial at the Medan City Fish Seed and Cultivation Center, where several vital parameters were measured, such as tilt angle, azimuth angle, zenith angle, and time clock angle. The test results show that this device can operate effectively by utilizing solar energy optimally, especially when the sun's position is at the right angle. The efficiency of solar panels reaches a high level, allowing the battery to be charged in a relatively short time. The conclusion of this activity shows that this tool can help fish farmers automate feeding in a sustainable and environmentally friendly manner while reducing operational costs. This technology has the potential to be applied more widely, providing a positive impact in increasing productivity and saving costs in fish farming businesses.

Keywords: Automatic fish feed, Solar energy, Operational efficiency, Fish farming.

1. Pendahuluan

Budidaya ikan merupakan salah satu sektor pertanian yang memerlukan berbagai pekerjaan rutin, termasuk pemberian pakan ikan secara manual (Gunawan and Ahmadi 2024). Kegiatan pemberian pakan ini biasanya dilakukan secara rutin setiap hari pada waktu yang telah ditentukan, yang mana pekerjaan ini memerlukan ketekunan dari peternak ikan (Ibnu Mas'ud and Idris Affandi Rangga 2024; Pratiwy and Haetami 2023). Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, berbagai pekerjaan manual kini dapat diotomatisasi, termasuk dalam proses budidaya ikan (M. Alammam and Al-Ataby 2018).

Teknologi konvensional dalam pemberian pakan ikan telah mengalami perkembangan menuju sistem yang lebih terotomatisasi (Donggil Lee, Jaehyun Bae, and Kyoungsoon Lee 2023), memungkinkan peternak untuk mengurangi keterlibatan manual dalam kegiatan sehari-hari, khususnya dalam pemberian pakan (Gade 2023). Salah satu teknologi yang mulai diterapkan adalah sistem pemberian pakan otomatis yang menggunakan tenaga surya (Brandt et al. 2024; Hemal et al. 2024), sehingga mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional dan energi berbasis bahan bakar fosil yang semakin langka dan mahal (Candra et al. 2024).

Sebagai bagian dari kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat, alat ini diuji coba di Balai Benih dan Budidaya Ikan, Dinas Pertanian dan Perikanan Kota Medan, yang berlokasi di Kecamatan Medan Tuntungan. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja alat dalam kondisi lapangan nyata serta untuk mendapatkan umpan balik langsung dari para peternak ikan yang menggunakan fasilitas tersebut.

Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi surya, di sektor budidaya ikan, menawarkan solusi yang efisien dan hemat biaya (Nisrina, Mudzakir, and Rahmat 2024). Dalam konteks ini, penggunaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk mengotomatisasi pemberian pakan ikan menjadi alternatif yang potensial (SHINDE 2024). Potensi besar energi surya di Indonesia memungkinkan panel surya 10 WP menjadi solusi yang efektif dalam mengurangi biaya operasional dan meningkatkan efisiensi usaha budidaya ikan (Gede, 2012). Oleh karena itu, tujuan dari kegiatan ini adalah menguji coba fungsi alat dan mengimplementasikan sistem pemberian pakan otomatis berbasis tenaga surya, serta menganalisis kinerja sistem tersebut dalam mengoptimalkan durasi pengisian baterai dengan panel surya 10 WP.

2. Metode

Pengabdian kepada masyarakat pada penerapan teknologi PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dilakukan melalui penerapan teknologi PLTS untuk mengotomatisasi sistem pemberian pakan ikan. Alat yang digunakan adalah panel surya dengan kapasitas 10 WP yang diuji coba di Balai Benih dan Budidaya Ikan, Dinas Pertanian dan Perikanan Kota Medan pada tanggal 27 September 2024. Gambar 1 menunjukkan lokasi uji coba, yang merupakan fasilitas kolam budidaya ikan yang dikelola oleh Dinas Pertanian dan Perikanan. Lokasi ini dipilih karena memiliki paparan sinar matahari yang cukup sepanjang hari, yang ideal untuk memaksimalkan kinerja panel surya.

Pengujian dilakukan dengan metode eksplanatif dan eksperimental, di mana setiap 10 menit dicatat arus dan tegangan keluaran panel surya serta arus dan tegangan masuk ke baterai. Metode ini juga mencakup analisis sudut kemiringan optimal panel surya, perhitungan jumlah cahaya matahari yang jatuh pada permukaan sel surya, serta pengukuran durasi pengisian baterai oleh panel surya 10 WP.

Selama kasus pengujian, arus yang tiba ke baterai mencapai 6,3 ampere dikalikan 12 volt menghasilkan daya sebesar 75 watt. Data yang diperoleh dari pengukuran ini kemudian dianalisis untuk menentukan seberapa optimal kinerja alat dalam kondisi nyata di lapangan. Gambar 2 memperlihatkan komponen alat pemberi pakan otomatis, yang terdiri dari panel surya, regulator, dinamo penggerak screw pengumpan, dan wadah pakan ikan berbentuk pelet. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam mengevaluasi efektivitas penerapan teknologi ini sebagai rencana pengabdian kepada masyarakat.

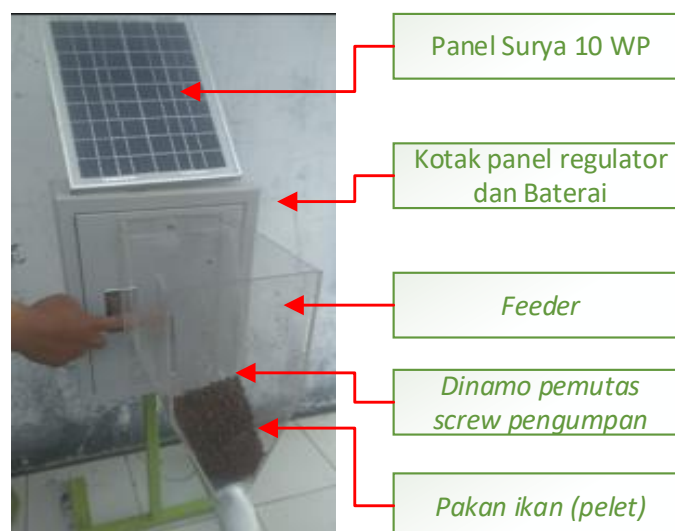


Gambar 1. Lokasi uji coba alat dalam kegiatan PkM

Parameter dasar yang diukur dalam uji coba mencakup:

1. Sudut Kemiringan Panel Surya
2. Sudut Azimut
3. Sudut Zenit

Seluruh parameter ini dianalisis untuk mendapatkan efisiensi optimal dari alat yang dioperasikan di lokasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, yang menunjukkan kolam budidaya di Balai Benih dan Budidaya Ikan.



Gambar 2. Alat pengumpan pakan ikan otomatis

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sistem pemberian pakan ikan otomatis berbasis tenaga surya dilakukan untuk mengukur beberapa parameter utama, yakni sudut kemiringan, sudut azimuth, sudut zenith, dan sudut jam waktu (Sujatha et al. 2023; Sigalingging et al. 2024; Silalahi et al. 2023). Pengukuran dilakukan secara kontinu selama beberapa jam dengan menggunakan alat yang telah dirancang. Hasil pengujian ini memberikan gambaran tentang bagaimana perubahan sudut-sudut tersebut mempengaruhi efektivitas penyerapan cahaya matahari oleh panel surya, yang berimplikasi pada kinerja alat dalam pemberian pakan ikan secara otomatis (Belly Yan Dewantara and Daeng Rahmatullah 2021).

3.1. Waktu terhadap sudut kemiringan

Gambar 1 merupakan hubungan antara waktu dan sudut kemiringan, dapat dilihat bahwa sudut kemiringan mengalami penurunan dari pagi hingga siang hari dan kemudian meningkat kembali menjelang sore hari (Herrera-Romero et al. 2024; Rymar and Kuzyk 2021). Pada awal pengukuran, sekitar pukul 8:52, sudut kemiringan berada pada $11,5^{\circ}$. Seiring berjalannya waktu, sudut ini turun mencapai nilai terendahnya sekitar pukul 11:16 dengan sudut $9,5^{\circ}$. Penurunan ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya semakin meningkat saat matahari mencapai posisi tertinggi di langit. Setelah itu, sudut kemiringan kembali meningkat hingga akhir pengujian pada pukul 13:40 dengan nilai sekitar $11,9^{\circ}$. Perubahan ini menunjukkan bahwa pada siang hari, posisi matahari yang hampir tegak lurus terhadap permukaan panel surya memungkinkan penyerapan energi yang optimal, (lihat gambar 1).

3.2. Waktu terhadap sudut Azimuth

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara waktu dan sudut azimuth, yang menggambarkan proyeksi matahari pada bidang horizontal (Sologubov and Kirpichnikova 2019a; Enwu et al. 2020). Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa sudut azimuth meningkat seiring berjalannya waktu, dimulai dari sekitar 9° pada pukul 12:00 hingga mencapai sekitar 80° pada pukul 15:36. Hal ini menunjukkan bahwa posisi matahari bergeser dari timur ke barat secara bertahap, dengan sudut yang semakin besar seiring waktu. Kenaikan sudut azimuth ini berkorelasi dengan pergerakan matahari sepanjang hari, yang mempengaruhi jumlah energi matahari yang dapat diserap oleh panel surya (lihat gambar 2).

3.3. Waktu terhadap sudut Zenith

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara waktu dan sudut zenith, terlihat bahwa sudut zenith mencapai nilai terendahnya pada siang hari. Sudut ini menunjukkan sudut antara garis vertikal dan arah datangnya sinar matahari (Salih 2023; Coston et al. 2021; Herrería-Alonso et al. 2020). Pada awal pengukuran sekitar pukul 8:24, sudut zenith berada di angka 49° . Sudut ini terus menurun hingga mencapai titik terendah sekitar 12° , yang terjadi sekitar pukul 13:12. Setelah itu, sudut zenith kembali meningkat hingga akhir pengujian sekitar pukul 15:36. Penurunan sudut zenith pada siang hari menunjukkan bahwa matahari berada hampir di atas panel surya, yang memungkinkan penyerapan energi yang optimal oleh panel (lihat gambar 3).

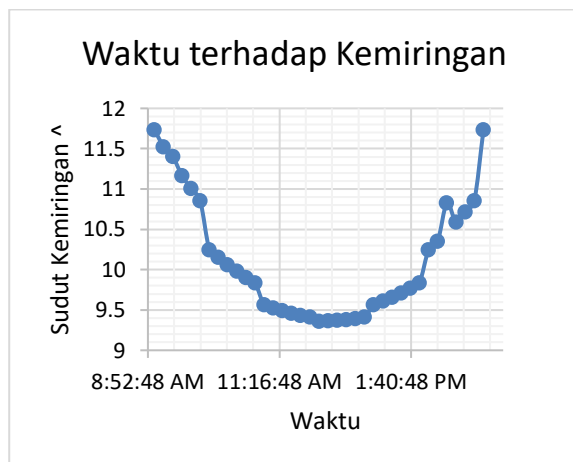
3.4. Waktu terhadap sudut jam waktu

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara waktu dan sudut jam waktu. Sudut ini merupakan penyimpangan posisi matahari terhadap garis bujur lokal akibat rotasi bumi (Farachi et al. 2022; Sologubov and Kirpichnikova 2019b; Headley 2022; Greenwood 2023). Dari hasil pengukuran, terlihat bahwa sudut jam waktu secara konsisten meningkat dari sekitar -50° pada pukul 9:36 hingga mencapai lebih dari 50° pada pukul 16:00. Kenaikan sudut ini mengikuti

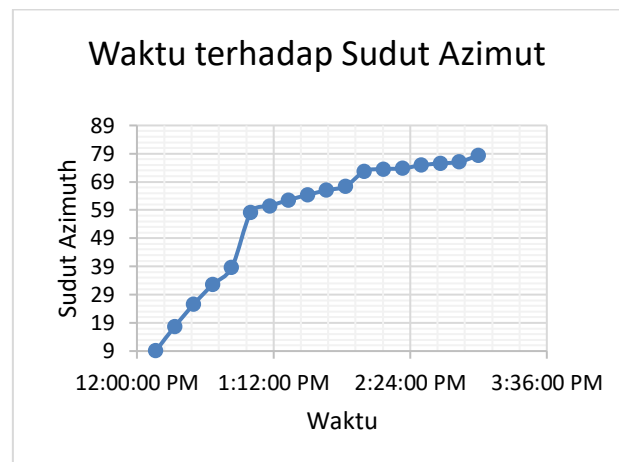
pergerakan harian matahari dari timur ke barat, yang memengaruhi posisi optimal panel surya untuk menyerap cahaya matahari. Semakin besar sudut jam waktu, semakin efisien energi yang bisa diserap oleh panel surya (lihat gambar 4).

3.5. Efisiensi dan kinerja alat

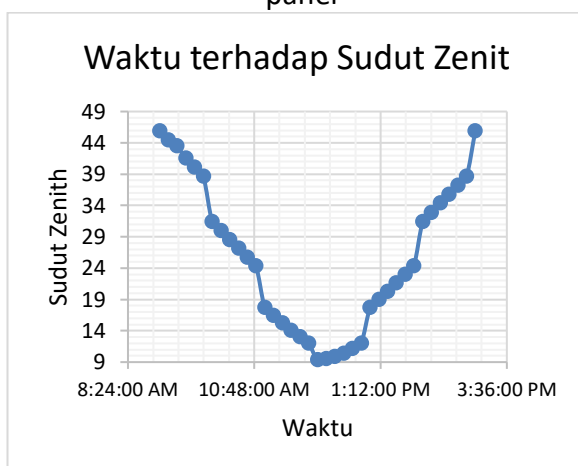
Berdasarkan hasil pengukuran dari berbagai parameter di atas, dapat disimpulkan bahwa alat pemberian pakan ikan otomatis berbasis tenaga surya ini mampu berfungsi dengan baik, terutama saat posisi matahari berada pada sudut-sudut tertentu yang memungkinkan penyerapan energi secara maksimal. Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh sudut kemiringan dan posisi matahari di langit, yang diukur melalui sudut azimuth, sudut zenith, dan sudut jam waktu. Penyesuaian posisi panel terhadap sudut-sudut tersebut sangat penting untuk memaksimalkan penyerapan energi dan memastikan alat dapat beroperasi dengan optimal sepanjang hari.



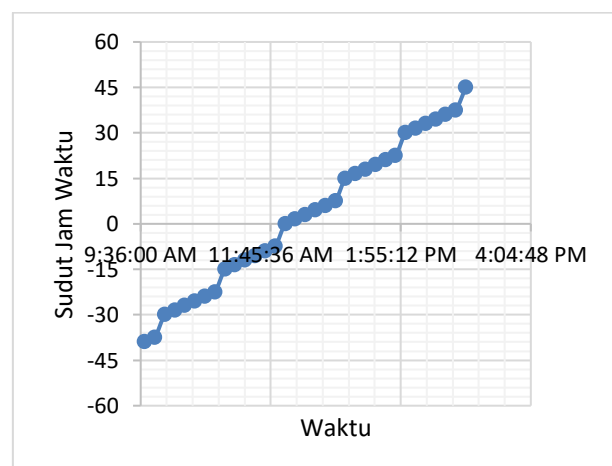
Gambar 3. Waktu terhadap kemiringan panel



Gambar 4. Waktu terhadap sudut azimuth



Gambar 5. Waktu sudut zenit



Gambar 6. Sudut waktu

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji coba alat pakan ikan otomatis bertenaga surya ini, terbukti bahwa sistem ini efektif dalam meningkatkan efisiensi pemberian pakan, mengurangi keterlibatan manual, serta menekan biaya operasional. Panel surya 10 WP yang digunakan mampu menyuplai daya yang cukup untuk mengoperasikan alat secara konsisten sepanjang hari, dengan durasi pengisian baterai yang relatif singkat. Penerapan teknologi ini berpotensi signifikan dalam mendukung produktivitas peternak ikan, terutama di daerah yang kaya akan paparan sinar

matahari. Alat ini memberikan solusi praktis yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, cocok untuk pengembangan usaha budidaya ikan skala kecil hingga menengah.

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

- Belly Yan Dewantara, and Daeng Rahmatullah. 2021. "Rancang Bangun Panel Photovoltaic Dengan Automatic Sun Tracking System (ASTS) Untuk Mengoptimalan Serapan Energi Matahari." *J-Eltrik* 1 (1): 11. <https://doi.org/10.30649/je.v1i1.11>.
- Brandt, Martin Albertsen, Sverre Herland, Martin Gutsch, Halgeir Ludvigsen, and Esten Ingar Grøtli. 2024. "Automated Aquaculture Operations With Vessel-Mounted Robotic Arm: An Experimental Feasibility Study." In *2024 European Control Conference (ECC)*, 1710–16. IEEE. <https://doi.org/10.23919/ECC64448.2024.10590897>.
- 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>.
- Coston, Joseph, Charles Robinson, Bruce King, Jennifer Braid, Dan Riley, and Joshua S. Stein. 2021. "Effects of Solar Angle of Incidence on Intramodular Photovoltaic Irradiance Uniformity." In *2021 IEEE 48th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, 1499–1503. IEEE. <https://doi.org/10.1109/PVSC43889.2021.9518595>.
- Donggil Lee, Jaehyun Bae, and Kyounghoon Lee. 2023. "Development of an Edge-Computing-Based Intelligent Feeding System for Observing Depth-Specific Feeding Behavior in Red Seabream," July.
- Enwu, Du, Liu Jiannan, Zheng Ying, Li Liang, and Luo Nanhong. 2020. "Study on Treatment Method of Solar Azimuth Inflection Point Based on Fitting Equation." In *2020 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, 4468–72. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CCDC49329.2020.9164441>.
- Farachi, Youssef, Khodor Hamzeh, Fadi EL Assal, and Nabil Karami. 2022. "Automatic Angle Calculation for Heliostat Tracking System." In *2022 International Conference on Smart Systems and Power Management (IC2SPM)*, 153–57. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IC2SPM56638.2022.9988950>.
- Gade, Mr. Palash. 2023. "Design of Automated Fish Feeder Using IoT." *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* 11 (11): 715–18. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.56604>.
- Greenwood, Margaret Stautberg. 2023. "Using Rotation Matrices to Calculate the Locations of Sunrise and Sunset, the Hours of Daylight, Observed Path of the Sun, and Its Elevation Angle for Any Latitude." *American Journal of Physics* 91 (7): 519–26.

- <https://doi.org/10.1119/5.0095598>.
- Gunawan, Indra, and Hamzan Ahmadi. 2024. "Kajian Dan Rancang Bangun Alat Pakan Ikan Otomatis (Smart Feeder) Pada Kolam Budidaya Ikan Berbasis Internet Of Things." *Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi* 7 (1): 40–51. <https://doi.org/10.29408/jit.v7i1.23523>.
- Headley, Patrick T. 2022. "A Method for Calculating the Equation of Noon (an English Translation of Methodus Computandi Aequationem Meridiei)." *Euleriana* 2 (2): 67–78. <https://doi.org/10.56031/2693-9908.1034>.
- Hemal, Md. Moniruzzaman, Atiqur Rahman, Nurjahan, Farhana Islam, Samsuddin Ahmed, M. Shamim Kaiser, and Muhammad Raisuddin Ahmed. 2024. "An Integrated Smart Pond Water Quality Monitoring and Fish Farming Recommendation Aquabot System." *Sensors* 24 (11): 3682. <https://doi.org/10.3390/s24113682>.
- Herrera-Romero, José Vidal, Beatris Adriana Escobedo-Trujillo, Francisco Alejandro Alaffita-Hernández, and Lizbeth Morales-Salas. 2024. "Prototype of a Structure with Variations in the Angle of Inclination for Photovoltaic Panels." *Revista de Ingenieria Innovativa*, June, 1–6. <https://doi.org/10.35429/JIE.2024.22.8.1.6>.
- Herrería-Alonso, Sergio, Andrés Suárez-González, Miguel Rodríguez-Pérez, Raúl F. Rodríguez-Rubio, and Cándido López-García. 2020. "A Solar Altitude Angle Model for Efficient Solar Energy Predictions." *Sensors* 20 (5): 1391. <https://doi.org/10.3390/s20051391>.
- Ibnu Mas'ud, Nuryadin, and Idris Affandi Rangga. 2024. "Pemeliharaan Ikan Koi (Cyprinus Carpio) Pada Kolam Beton Nuryadin Ibnu Mas'ud 1) , Rangga Idris Affandi 2)." <http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA>.
- Idris, Muhammad, Indra Hermawan, Iswandi Iswandi, dan Felix Darwin Jaya Waruwu. 2023. "Analisis PLTS Sebagai Sumber Daya Sistem Pakan Ikan Otomatis". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1 (3):62-75. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i3.35>.
- M. Alammar, Mohammed, and Ali Al-Ataby. 2018. "An Intelligent Approach Of The Fish Feeding System." In *Computer Science & Information Technology (CS & IT)*, 85–97. AIRCC Publication Corporation. <https://doi.org/10.5121/csit.2018.81506>.
- Nisrina, Safira Fegi, Mohammad Alfian Mudzakir, and Basuki Rahmat. 2024. "Utilization of Solar Panel Technology to Save Electricity Costs in Fish Farm Irrigation." *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing* 6 (3): 913–22. <https://doi.org/10.47709/cnahpc.v6i3.3969>.
- Pratiwy, Fittrie 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>.
- Rymar, Tetiana, and Myron Kuzyk. 2021. "Determination of Optimal Angles of Solar Panels for Satisfied Time Intervals on the Territory of Ukraine." *NTU "KhPI" Bulletin: Power and Heat Engineering Processes and Equipment*, no. 1 (October), 47–52. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.01.08>.
- Salih, Aqeel R. 2023. "Tilt Angle of Solar Panels for Best Winter, Summer and Year-Round Performances for Different Regions of the World." *JOURNAL OF UNIVERSITY OF BABYLON for Pure and Applied Sciences* 31 (2): 296–308. <https://doi.org/10.29196/jubpas.v31i2.4691>.
- Shinde, Aditya. 2024. "Design and Manufacturing of Solar Operated Automatic Fish Feeder System." *Interantional Journal Of Scientific Research In Engineering And Management* 08 (05): 1–5. <https://doi.org/10.55041/IJSREM33180>.
- 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>.

- Silalahi, Alfriska Oktarina, Amsal Sinambela, Hans Mawito Panggabean, and Jekson T. N. Pardosi. 2023. "Smart Automated Fish Feeding Based on IoT System Using LoRa TTGO SX1276 and Cayenne Platform." *EUREKA: Physics and Engineering*, no. 3 (May), 66–79. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002745>.
- Sologubov, A. Yu., and I.M. Kirpichnikova. 2019a. "Calculation of the Parameters of the Daily Movement of the Sun. Contour Maps of Kinematic Parameters." In *2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIEAM.2019.8742935>.
- . 2019b. "Calculation of the Parameters of the Daily Movement of the Sun. Contour Maps of Kinematic Parameters." In *2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIEAM.2019.8742935>.
- Sujatha, K., N.P.G. Bhavani, K. Krishnakumar, U. Jayalatsumi, T. Kavitha, and K. Senthil Kumar. 2023. "Renewable Energy Source Technology with Geo-Spatial-Based Intelligent Vision Sensing and Monitoring System for Solar Aerators in Fish Ponds." In *Enabling Methodologies for Renewable and Sustainable Energy*, 131–50. Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003272717-8>.