



Pemberdayaan Masyarakat Tambak melalui Inovasi Aerator Cerdas Berbasis IoT dan Energi Surya di Daerah Pesisir

Harmoko^{1*}, Yusril Ihza Tachriri¹, M. Al'amin¹, Hafizh Harinugroho¹, Zaenul Ma'arif¹

¹Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan, Jalan Karangdowo No. 9, Pekalongan, Indonesia, 51173

*Email koresponden: harmokoteknikmesin@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history

Received: 09 Agu 2025

Accepted: 28 Sep 2025

Published: 30 Nov 2025

Kata kunci:

Aerator Cerdas,
Budidaya Udang Vaname,
Digitalisasi Manajemen,
Internet of Things (IoT),
Kualitas Air Tambak.

Keywords:

Digital Management,
Internet of Things (IoT),
Pond Water Quality,
Smart Aerator,
Vannamei Shrimp Farming.

ABSTRAK

Pendahuluan: Wilayah pesisir utara Pekalongan memiliki potensi besar dalam budidaya udang vaname, namun produktivitas masih rendah akibat ketidakstabilan kualitas air, tingginya biaya operasional karena ketergantungan pada listrik PLN, serta manajemen usaha yang masih bersifat konvensional. Program ini bertujuan meningkatkan efisiensi dan hasil produksi tambak melalui penerapan Aerator Cerdas berbasis Internet of Things (IoT) tenaga surya, sistem monitoring kualitas air otomatis, serta digitalisasi manajemen budidaya. **Metode:** Tahapan kegiatan meliputi observasi kondisi tambak, sosialisasi, pelatihan teknis dan non-teknis, implementasi perangkat, pendampingan operasional, dan evaluasi kinerja menggunakan indikator biaya, kualitas air, dan produktivitas. **Hasil:** Program menunjukkan penurunan biaya listrik sebesar 20–30%, peningkatan kualitas air dengan oksigen terlarut stabil ≥ 4 mg/L, serta peningkatan produktivitas minimal 20%. Selain itu, 30% anggota kelompok telah menggunakan aplikasi manajemen tambak untuk pencatatan pakan dan siklus panen. **Kesimpulan:** Penerapan teknologi aerator cerdas berbasis IoT tenaga surya efektif meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kemandirian energi petambak, serta memberi dampak sosial ekonomi positif dan berpotensi direplikasi di wilayah pesisir lainnya.

ABSTRACT

Background: The northern coastal region of Pekalongan possesses strong potential for vannamei shrimp aquaculture; however, productivity remains low due to unstable water quality, high operational costs caused by dependence on the national electricity grid (PLN), and traditional management practices. This program aims to improve farm efficiency and production outcomes through the implementation of a Solar-Powered Smart Aerator based on the Internet of Things (IoT), an automatic water quality monitoring system, and the digitalization of aquaculture management. **Method:** The activities included field observation of pond conditions, community outreach, technical and non-technical training, technology implementation, operational assistance, and performance evaluation using indicators related to cost efficiency, water quality, and production yield. **Result:** The program resulted in a 20–30% reduction in electricity costs, improved water quality with dissolved oxygen maintained at ≥ 4 mg/L, and a minimum 20% increase in shrimp productivity. Additionally, 30% of group members have adopted a digital management application for feed recording and harvest cycle tracking. **Conclusion:** The solar-powered IoT aerator proved effective in enhancing efficiency, productivity, and energy independence, while also delivering positive socio-economic impacts and demonstrating potential for replication in other coastal regions.



© 2025 by authors. Lisensi Jurnal Solma, UHAMKA, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

PENDAHULUAN

Kualitas air tambak menjadi menurun akibat penumpukan kotoran udang, aktivitas bakteri, ganggang, dan lain-lain, sementara penggantian air baru juga memiliki risiko yang tinggi dengan tingginya kemungkinan masuknya virus berbahaya ke dalam tambak (Amirillah et al., 2023). Sektor perikanan merupakan salah satu sektor yang memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia, khususnya udang (Ansarullah et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan kualitas air berbasis teknologi digital seperti *narrow band internet of things* (NB-IoT) yang mampu mendeteksi perubahan parameter air secara akurat dan *real-time* untuk mendukung keberlanjutan budidaya (Anwar et al., 2021). Pengembangan infrastruktur *Digital Twin* yang mendukung sistem *Artificial Intelligence Internet of Things* (AIoT) berbasis agile untuk mewujudkan konsep *intelligent fish farming* dalam akuakultur (Armada et al., 2017). Penggunaan aerator akan meningkatkan kandungan oksigen pada tambak sehingga produktifitas dapat ditingkatkan (Chatterjee et al., 2020). Untuk memenuhi syarat optimum kebutuhan oksigen dalam budidaya tambak udang salah satunya menggunakan aerator yang dapat mentransfer oksigen ke dalam air. Aerator adalah salah satu alat bantu yang berfungsi untuk memproduksi oksigen terlarut dalam air melalui proses difusi (Harmoko et al., 2023).

Udang, sebagaimana organisme hidup lainnya, memiliki rentang toleransi tertentu terhadap berbagai parameter lingkungan (Hastariana et al., 2019). Budi daya perairan merupakan komoditas yang cukup penting pada pemenuhan kebutuhan pasar Indonesia di samping perikanan tangkap (Hasyim et al., 2021). Pemantauan kualitas air dalam pemeliharaan ikan gurami merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan untuk mempertahankan ekosistem yang ada didalamnya (Hendarawan et al., 2019). Pemanfaatan energi terbarukan menjadi suatu keharusan pada saat ini. Salah satu potensi energi terbarukan yang terdapat di Indonesia adalah energi matahari (energi surya) (Huan et al., 2020). Pembangkit tenaga hybrid (surya-angin) sebagai sumber energi listrik yang dimanfaatkan untuk penggerak kincir air di tambak udang (Kusuma et al., 2021).

Sistem monitoring ini dibangun dengan menggunakan Sensor Turbidity, Sensor TDS, Sensor pH, dan NodeMCU sebagai mikrokontroler, sehingga sistem ini dapat mengirimkan data hasil monitoring melalui website (Lestari & Zafia, 2022). Pengembangan teknologi E-Ox Level, yaitu sistem pemantauan kualitas air dan pengendali aerator berbasis energi surya yang mampu menjaga standar kualitas air secara optimum, menekan biaya operasional, serta meningkatkan hasil produksi tambak (Mahadi et al., 2013). Prototipe aerator berbasis IoT menggunakan sensor DS18B20, LCD, relay juga digunakan untuk kinerja *smartphone* (Mahadi et al., 2023). Implementasi pompa aerator berbasis panel surya untuk budidaya lele. Sistem menggunakan metode algoritma *Incremental Conductance* sebagai Maximum Power Point Tracking (MPPT) guna memaksimalkan daya panel surya dan meningkatkan efisiensi energi. Pengujian dilakukan selama 7 hari dengan perbandingan penggunaan MPPT dan tanpa MPPT (Margana et al., 2023). Sistem tenaga surya ini dirancang untuk menggerakkan motor 24VDC yang memutar baling-baling guna menghasilkan oksigen pada tambak udang (Phu & Nguyen, 2022).

Penggunaan pembangkit listrik tenaga surya saat ini terus berkembang, misalnya pada penggerak aerator berbasis *Internet of Things* (IoT) (Prasetya et al., 2022). *Sandblasting* merupakan salah satu metode untuk membersihkan permukaan pada logam seperti karat, oli, debu dan kotoran lainnya serta untuk mendapatkan kekasaran permukaan dengan cara menyemprotkan material

abrasive menggunakan kompresor (Harmoko & Ngizudin, 2023). Plastik merupakan salah satu penyumbang sampah terbesar saat ini, kesulitan dalam pengolahan limbah plastik ini adalah sulitnya plastik untuk diurai (Hastarina et al., 2019). Metode yang digunakan untuk pengambilan keputusan dalam penelitian ini menggunakan AHP (*Analitycal Hierarchy Process*) dengan software *Expert Choice* (Wijayanti et al., 2023).

Tahap kreatif menggunakan metode screening dan scoring untuk menemukan beberapa alternatif dan memilih alternatif yang layak untuk dilanjutkan sesuai dengan penilaian empat orang ahli (Hendrawan & Hartono, 2019). Rekayasa nilai (*value engineering*) maka diperoleh item berbiaya tinggi diantaranya pelindung dan bagian atas pada produk Foodcart (Nugroho et al., 2018). Metode *value engineering* adalah salah satu metode yang terkenal dan memiliki suatu potensi keberhasilan yang cukup besar dalam mengendalikan biaya (Turmudhi & Putra, 2024). Rekayasa nilai adalah teknik yang digunakan untuk mengurangi biaya produksi dengan meningkatkan nilai, kinerja, dan biaya sapu serat kelapa sawit, yang dinilai berdasarkan daya tahan, kekuatan, estetika, biaya, dan kenyamanan (Armeyanda & Pasaribu, 2017).

MASALAH

Pekalongan bagian utara merupakan pesisir pantai dengan potensi perikanan dan budidaya tambak yang tinggi. Luas tambak kabupaten dan kota pekalongan sebesar 1170,35 Ha. Namun wilayah ini mempunyai masalah besar yaitu pasang surut air laut atau rob. Fluktuasi air laut ini mempengaruhi kualitas air tambak sehingga menyebabkan pertumbuhan ikan atau udang tidak maksimal dan menurunkan produktivitas tambak.

METODE PELAKSANAAN

Pada bagian metode diuraikan cara yang digunakan untuk menyelesaikan masalah, tantangan, atau persoalan mitra. Adapun beberapa contoh metode dapat dilihat sebagai berikut:

Tahap Sebelum Pelaksanaan

Pada tahap ini tim melakukan observasi pada mitra untuk menggali informasi seputar permasalahan produksi dan manajemen. Setelah itu tim merancang aerator tenaga surya berbasis IoT. Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan aerator adalah sebagai berikut: Alat seperti mesin las, mesin potong, solder sedangkan bahan yang digunakan seperti besi hollow, kincir air, motor DC, Aki, sensor pH, sensor DO, suhu, panel surya. Pembuatan alat aerator ini dikerjakan di laboratorium manufaktur ITSNU Pekalongan. Proses ini dimulai dengan desain aerator, proses manufaktur, uji coba alat, dan implemntasi di lapangan.

Sosialisasi

Tujuan kegiatan ini adalah untuk mengenalkan inovasi aerator cerdas berbasis IoT dengan tenaga surya dalam meningkatkan kualitas air tambak serta meningkatkan kesadaran penggunaan teknologi. Kegiatan sosialisasi ini dimulai diskusi dengan kelompok petambak untuk memahami kendala dan kebutuhan di lokasi, kedua melalui pemaparan tentang aerasi air tambak, prinsip kerja, keunggulan dan manfaat aerator IoT. Ketiga melakukan demo alat aerator beserta operasionalnya. Diharapkan dari kegiatan ini mitra meningkat pemahaman pentingnya aerasi bagi pertumbuhan udang/ikan.

Pelatihan

Tujuan kegiatan ini untuk melatih mitra dalam operasional dan pemeliharaan alat. Kegiatan pelatihan terbagi menjadi 2 yaitu pelatihan teknis seperti instalasi aerator, penggunaan IoT untuk pantauan kualitas air (suhu, pH dan DO) secara real-time; pelatihan non teknis seperti manajemen usaha berbasis data dan perawatan panel surya. Diharapkan mitra mampu mengoperasikan dan merawat secara mandiri.

Penerapan Teknologi

Tujuan ini untuk menerapkan aerator pada tambak mitra. Kegiatan ini antara lain memilih titik lokasi tambak untuk penempatan alat aerator cerdas, memasang perangkat bersama-sama, uji coba sistem untuk memastikan alat berfungsi dan dapat digunakan secara real-time. Diharapkan alat ini bisa terintegrasi dengan IoT dan aktif.

Pendampingan dan Evaluasi

Tujuan kegiatan ini untuk memastikan program berhasil diterapkan dan mengevaluasi beberapa kendala yang mungkin terjadi. Kegiatan ini dilakukan dalam beberapa tahap antara lain melakukan monitoring ke lapangan setiap 3 minggu selama 2 bulan, evaluasi data kualitas air sebelum dan sesudah penggunaan alat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pekalongan bagian utara merupakan pesisir pantai dengan potensi perikanan dan budidaya tambak yang tinggi. Luas tambak kabupaten dan kota pekalongan sebesar 1170,35 Ha. Namun wilayah ini mempunyai masalah besar yaitu pasang surut air laut atau rob. Fluktuasi air laut ini mempengaruhi kualitas air tambak sehingga menyebabkan pertumbuhan ikan atau udang tidak maksimal dan menurunkan produktivitas tambak. Salah satu kelompok yang membudidayakan potensi pesisir ini adalah kelompok budidoyo langgeng tandur. Kelompok “budidaya langgeng tandur” ini berada di desa api-api kecamatan wonokerto kabupaten pekalongan. Kelompok ini berjumlah 31 orang yang membudidayakan udang vaname. Luas lahan yang dibudidayakan sebesar 154.000 m² pada Gambar 1.



Gambar 1. Tambak Mitra

Kondisi mitra sasaran dalam program pengabdian ini adalah kelompok petambak tradisional bernama kelompok budidoyo Langgeng Tandur. Berdasarkan observasi awal, terdapat 30 tambak yang dikelola kelompok. Sebanyak 15 tambak dibudidayakan dan 15 tambak lainnya tidak terurus. Dari 15 tambak yang dibudidayakan tidak semua menggunakan sistem aerasi. Pada program pengabdian kepada masyarakat pada kelompok budidaya langgeng luhur berhasil menciptakan alat Aerator berbasis IoT dan Tenaga Surya. Alat ini terdiri dari kincir air, pelampung, rangka, motor listrik dan gearbox, panel surya, sensor-sensor, control dan aplikasi android. Alat ini dibuat untuk menangani kendala seperti tingginya biaya operasi listrik PLN, penurunan kualitas air tambak serta efisiensi manajemen tambak pada [Gambar 2](#).



Gambar 2. Alat Aerator

Tahap sosialisasi dilakukan pada tanggal 20 September 2025 di salah satu rumah mitra. Sosialisasi ini bertujuan memberikan pemahaman kepada mitra terkait bagian, fungsi dan manfaat alat aerator cerdas pada [Gambar 3](#).



Gambar 1. Kegiatan Sosialisasi

Setelah sosialisasi, dilakukan kegiatan pelatihan sebagai bekal pengetahuan dan keterampilan. Kegiatan ini seperti cara kerja alat dari sensor, panel surya dan control pada [Gambar 4](#).



Gambar 2. Pelatihan Alat Aerator

Saat ini mitra sudah menggunakan teknologi aerator dengan tenaga listrik PLN dan pemantauan kualitas air dengan cara manual. Sedangkan alat aerator cerdas ini menggunakan IoT dan panel surya. Sehingga dapat memantau kondisi air secara real time dan konsumsi listrik dapat ditekan pada [Gambar 5](#).



Gambar 3. Teknologi Aerator Berbasis Iot dan Panel Surya

KESIMPULAN

Alat aerator berbasis *Internet of Things* (IoT) memiliki potensi besar dalam mendukung keberlanjutan budidaya perikanan modern. Sistem ini mampu memantau kualitas air secara *real-time* sehingga petani dapat memperoleh data akurat terkait kondisi perairan setiap saat. Selain itu, penggunaan aerator berbasis IoT dapat mengurangi ketergantungan terhadap pasokan listrik dari PLN melalui integrasi dengan sumber energi alternatif, sehingga lebih efisien dan ramah lingkungan. Lebih lanjut, teknologi ini memungkinkan pengendalian kualitas air secara otomatis, sehingga dapat menjaga kestabilan lingkungan perairan dan mendukung pertumbuhan organisme akuatik secara optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi melalui Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, khususnya Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, yang telah memberikan dukungan dalam skema pemberdayaan berbasis masyarakat melalui ruang lingkup pemberdayaan kemitraan masyarakat. Dukungan tersebut tidak hanya berupa pendanaan, tetapi juga arahan, pendampingan, serta fasilitas yang memungkinkan kegiatan ini terlaksana dengan baik sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh mitra masyarakat yang berpartisipasi aktif dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi, sehingga tercipta kolaborasi yang produktif antara perguruan tinggi dan masyarakat. Peran serta semua pihak ini telah memberikan kontribusi penting dalam keberhasilan program, serta memperkuat sinergi antara dunia akademik dengan kebutuhan nyata di lapangan demi terwujudnya pengabdian yang berkelanjutan dan bermanfaat luas.

DAFTAR PUSTAKA

Amirillah, Risky, Riny Sulistyowati, Hari Agus Sujono, and Wildan Agung Pambudi. 2023. *Rancang Bangun Sistem Pompa Aerator Tenaga Surya Untuk Suplai Oksigen Kolam Lele Metode Algoritma Incremental Conductance*.

Ansarullah, Dwiki, and Heru Nurwarsito. 2022. "Monitoring Kualitas Air Pada Tambak Udang Berbasis

Internet of Things Dengan Protokol Komunikasi ZigBee." *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer* 6(2):615–24. <http://j-ptiik.ub.ac.id>.

Anwar Subiantoro, Raedy, Birham Hermansyah, Politeknik Kelautan dan Perikanan Pariaman, Kabupaten Pariaman, and Provinsi Sumatera Barat. 2021. "Penerapan Kincir Air Tenaga Surya untuk Tambak Udang Vanname Application of Paddle Wheel Solar Powered Aerator for Vanname Shrimp Pond." *AURELIA JOURNAL* 3(1):01–09.

Armayanda, M. Rizky, and M. Fazzri Pasaribu. 2017. "Penerapan Value Engineering Untuk Menghemat Biaya Produksi Sapu Ijuk Pada UD. Maju Jaya Informasi Artikel." *JURNAL ILMIAH JURUTERA* 04(02):007–011. <https://ejournalunsam.id/index.php/jurutera>.

Chatterjee, Reeturaj, Mr Arvind, and Kumar Pandey. 2020. "IOT Based Smart Water Monitoring System for Fish Farming Ponds." *International Journal of Scientific & Engineering Research* 11. <http://www.ijser.org>.

Djoyowasito, Gunomo, Ari Ahmad, Asmaul Khasanah, Jurusan Keteknikan, Pertanian-Fakultas Teknologi, Pertanian-Universitas Brawijaya, Jl Veteran, and Penulis Korespondensi. 2019. *Rancang Bangun Sistem Aerator Tambak Udang Bertenaga Bayu*. Vol. 7.

Harmoko, Harmoko, and Risal Ngizudin. 2023. "Investigasi Kecepatan Dan Jarak Nozel Proses Sandblasting Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Baja Karbon Rendah." *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi* 23(2):1210. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v23i2.3207>

Hastarina, Merisha, A. Ansyori Masruri, and Surya Adi Saputra. 2019. *Perancangan Mesin Peleleh Biji Plastik Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Plastik Dengan Penerapan Metode Value Engineering Design of Plastic Injection Molding as an Alternative to Plastic Waste Treatment by Using Value Engineering Method*. Vol. 2.

Hasyim Rosma, Iswadi, Azriyenni Azhari Zakri, Abdul Gafar Arsaf, Feblil Huda, and Agus Ika Putra. 2021. "Implementation of Turbine Type Aerator for Sustainable Supply of Dissolved Oxygen for Shrimp." *Jurnal Sinergitas PKM & CSR* 5(1):392. <https://doi.org/10.19166/jspc.v5i1.1759>

Hendrawan, Aji Kusumastuti, and Hartono. 2019. "Penerapan Value Engineering Pada Pengembangan Produk Sepatu Running Artikel Alfieri untuk Efisiensi Biaya Material di PT.Mustika Dharmajaya Sidoarjo Jawa Timur." in *Seminar Nasional Edusainstek FMIPA UNIMUS 2019*. Semarang: FMIPA UNIMUS.

Huan, Juan, Hui Li, Fan Wu, and Weijian Cao. 2020. "Design of Water Quality Monitoring System for Aquaculture Ponds Based on NB-IoT." *Aquacultural Engineering* 90. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102088>

Kusumah, Billi Rifa, Asep Kosta Jaya, Dein Iftitah, Ridwan Siskandar, Hana Lestari, Khaerul Umam, and Dedi Supriadi. 2021. "Penerapan Teknologi Tepat Guna (E-Ox Level) Kepada Kelompok Pembudidaya Ikan Lele Di Desa Kepongpongan Kabupaten Cirebon." *Unri Conference Series: Community Engagement* 3:40–46. <https://doi.org/10.31258/unricsce.3.40-46>

Lestari, Anindhita, and Anggi Zafia. 2022. "Penerapan Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet of Things." *Journal Informatic and Information Technology* 1(1).

Mahadi Sihombing, Panangian, Solly Adelisa, Muhammad Amril Siregar, Muhammad Aditia Dwi Putra, Dona Tiara Lubis, and Masdania Zurairah Siregar. 2023. "Prototipe Pengawasan dan Pengontrolan Aerator untuk Budidaya Udang Berbasis Iot." *JURNAL VORTEKS* 04(01):264–72. <https://doi.org/10.54123/vorteks.v4i1.265>

Margana, Wahyono, Baktiyar Mei Hermawan, Wiwik Purwati, Suwarti, Nur Fatowil Aulia, and Akhmad Riazdus Solikhin. 2023. "Study of Solar Power Plants as an Aerator Driver on the Internet of Things (IoT)." *Eksergi* 19(2):7.

Mizar, Muhammad Alfian, Mochamad Sholihul Hadi, and Marji. 2019. "Implementasi Splash Aerator Energi Angin Bagi Tambak Udang di Kecamatan Paciran Lamongan Jawa Timur." 144–54.

Nugroho, Susatyo WP, Darminto Pujotomo, and Andika Gitakusuma. 2018. "Aplikasi Value Engineering untuk Mengatasi Value Problem Pada Produk Foodcart Studi Kasus di Master Gerobak." 7(3).

Phu, Huynh Minh, and Thanh Tung Nguyen. 2022. "Solar Energy Research for the Design and Manufacturing

- of Oxygen Aerator Model for Shrimp Farming." in *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 2199. IOP Publishing Ltd.
- Prasetya, Erlangga, Sentot Achmadi, and Deddy Rudhistiar. 2022. Penerapan Iot (*Internet Of Things*) untuk Sistem Monitoring Air dan Controlling Pada Kolam Ikan Gurami Berbasis Website. Vol. 6.
- Purnama Febri, Suri, Syarizal Fonna, and Syifaul Huzni. 2022. "Aplikasi Turbin Savonius Sebagai Penggerak Aerator: Sebuah Alternatif Penyelesaian Permasalahan Petani Tambak Tradisional Di Rantau Selamat, Aceh Timur." *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 13(1):24–28. <http://journal.upgris.ac.id/index.php/e-dimas>.
- Rozi, Achmad Fahrur, Imam Achmad Agung, Mahendra Widyartono, and Aditya Chandra Hermawan. 2021. "Penerapan Pembangkit Hybrid Sebagai Penggerak Kincir Air Pada Tambak Udang." *Jurnal Teknik Elektro* 10(10):91–98.
- Syahid, Muhammad, Azwar Hayat, Fahrul, Lukman Kasim, and Rudi Amme. 2024. "Implementasi Kincir Aerator Berbasis Tenaga Surya Pada Tambak Udang Di Kabupaten Pangkep." *Bhakti Persada* 10(1):1–6. <https://doi.org/10.31940/bp.v10i1.1-6>
- Turmudhi, Moch Ibad, and Boy Isma Putra. 2024. "Analisa Biaya Pembuatan Alat Pengemasan Tempe Dengan Value Engineering." *Matrik: Jurnal Manajemen & Teknik Industri – Produksi* XXIV(2):143–52. <https://doi.org/10.350587/Matrik>
- Ubina, Naomi A., Hsun Yu Lan, Shyi Chyi Cheng, Chin Chun Chang, Shih Syun Lin, Kai Xiang Zhang, Hoang Yang Lu, Chih Yung Cheng, and Yi Zeng Hsieh. 2023. "Digital Twin-Based Intelligent Fish Farming with Artificial Intelligence Internet of Things (AIoT)." *Smart Agricultural Technology* 5. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100285>
- Wijayanti, Yuni P., Maranatha Wijayaningtyas, and Dan Mohammad Erfan. 2023. Analisis Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) Pada Proyek Jembatan Pelayangan Kecamatan Longkip Kota Subulussalam. Vol. 5.