

Penerapan *Smart Aquarium* Berbasis *Internet of Things* Media Pemberdayaan Siswa Dalam Pengenalan Sistem Kontrol Dan Teknologi Berkelanjutan Untuk Mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs) Di SMA Muhammadiyah 3 Tangerang

M. Imron*¹, Lenni¹, Imam Syaifullah¹

¹Universitas Muhammadiyah Tangerang

e-mail: *imron@umt.ac.id, lenni@umt.ac.id, mohimams@umt.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang pemanfaatan teknologi digital sebagai media pengenalan sistem kontrol dan otomasi kepada peserta didik pada jenjang sekolah menengah atas. Namun, pemahaman siswa terhadap penerapan IoT dalam karya rekayasa teknik elektro memerlukan media yang konkret dan mudah diamati. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan memperkenalkan konsep *Internet of Things*, sistem kontrol, sensor, aktuator, dan otomasi kepada siswa SMA Muhammadiyah 3 Tangerang melalui demonstrasi *Smart Aquarium* berbasis mikrokontroler ESP32. *Smart Aquarium* dikembangkan oleh tim dosen sebagai karya rekayasa teknik elektro dan selanjutnya digunakan sebagai media sosialisasi serta transfer pengetahuan kepada siswa. Sistem mengintegrasikan *turbidity sensor* untuk mendeteksi kondisi kekeruhan air dan pengendalian pembuangan air otomatis, sensor ultrasonik untuk pengendalian pengisian air otomatis, RTC DS3231 untuk pengendalian berbasis waktu, relay sebagai pengendali aktuator, pompa pembuangan dan pengisian air, aerator, motor servo sebagai mekanisme pemberian pakan, serta lampu UV. Kegiatan dilaksanakan melalui tahapan identifikasi kebutuhan, perancangan dan pembuatan perangkat oleh tim dosen, pengujian internal, sosialisasi, demonstrasi sistem, penjelasan prinsip kerja, dan diskusi interaktif. Peserta kegiatan berjumlah 30 siswa. Demonstrasi menunjukkan penerapan dua mekanisme kendali, yaitu kendali berbasis kondisi dan kendali berbasis waktu. Pemberian pakan dijadwalkan pada pukul 06.00 dan 18.00, sedangkan lampu UV dikendalikan dari pukul 18.00 hingga 05.30. Kegiatan ini menempatkan *Smart Aquarium* sebagai media transfer pengetahuan karya teknik elektro sekaligus sarana pengenalan teknologi berkelanjutan. Program terutama mendukung SDG 4 melalui penguatan literasi dan kompetensi teknologi, SDG 9 melalui pengenalan inovasi dan teknologi IoT, serta SDG 12 melalui pengenalan pemanfaatan teknologi secara terencana dan bertanggung jawab.

Kata kunci: *Internet of Things*; *Smart Aquarium*; sistem kontrol; pemberdayaan siswa; SDGs

ABSTRACT

The rapid development of the *Internet of Things* (IoT) has created new opportunities for integrating digital technologies into educational contexts, particularly as a means of introducing control and automation systems to senior high school students. However, understanding the practical application of IoT in electrical engineering projects requires learning media that are tangible, demonstrable, and easily observable. This community engagement program aimed to introduce the fundamental concepts of the *Internet of Things*, control systems, sensors, actuators, and automation to students at SMA Muhammadiyah 3 Tangerang through a demonstration of an ESP32-based *Smart Aquarium*. The *Smart Aquarium* was developed by a team of university lecturers as an electrical engineering project and subsequently utilized as an educational medium for knowledge dissemination and technology transfer. The system incorporates a

turbidity sensor for detecting water quality conditions and automatically controlling water drainage, an ultrasonic sensor for automatic water-level monitoring and filling, an RTC DS3231 for time-based control, relays for actuator switching, water drainage and filling pumps, an aerator, a servo motor for automated fish feeding, and a UV lamp. The program was implemented through a series of stages, including needs assessment, system design and development, internal testing, knowledge dissemination, system demonstration, explanation of operating principles, and interactive discussion. A total of 30 students participated in the program. The demonstration illustrated two fundamental control mechanisms: condition-based control and time-based control. Fish feeding was scheduled at 06:00 and 18:00, while the UV lamp was programmed to operate from 18:00 to 05:30. The activity demonstrated that the Smart Aquarium can serve not only as a practical medium for introducing electrical engineering concepts but also as an engaging platform for fostering students' understanding of IoT-based technology and automation. Furthermore, the program contributes to the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 4 through the enhancement of technological literacy and competencies, SDG 9 through the introduction of IoT-based innovation and technology, and SDG 12 through the promotion of planned and responsible technology utilization.

Keywords: *Internet of Things; Smart Aquarium; control systems; automation; student empowerment; Sustainable Development Goals.*

PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi digital telah merambah berbagai sektor kehidupan, termasuk bidang pendidikan dan pemberdayaan masyarakat, demi menghadapi tantangan di era revolusi industri 4.0. Integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan potensi besar dalam menciptakan solusi inovatif, terutama untuk mengatasi keterbatasan sumber daya atau meningkatkan efisiensi proses pembelajaran (Koprawi et al., 2025). Konsep IoT memungkinkan berbagai perangkat terhubung dan saling berkomunikasi, sehingga memberikan kontrol serta monitoring jarak jauh yang sangat bermanfaat (Hidayat & Wahyudi, 2023). Aplikasi teknologi ini menjadi relevan dalam mendukung pembelajaran praktis yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja masa kini, sekaligus menumbuhkan kesadaran akan teknologi berkelanjutan. Edukasi teknologi yang interaktif dan praktis menjadi krusial untuk meningkatkan literasi teknologi bagi siswa dan guru di sekolah menengah (Perdana et al., 2025).

Pemberdayaan masyarakat melalui teknologi, termasuk dalam konteks pendidikan, terbukti mampu meningkatkan ilmu pengetahuan dan teknologi peserta secara signifikan. Kegiatan ini juga menumbuhkan kesadaran akan potensi penerapan IoT dalam proses belajar mengajar serta manajemen sekolah. Siswa dapat diperkenalkan pada teknologi terkini yang relevan dengan kebutuhan industri. Tantangan yang sering dihadapi adalah kurangnya fasilitas laboratorium memadai di beberapa sekolah. Virtual lab yang dipadukan dengan perangkat fisik dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan ini (Koprawi et al., 2025).

Peningkatan kemampuan peserta, baik guru maupun siswa, terlihat setelah mengikuti program pelatihan berbasis IoT. Literasi teknologi masyarakat meningkat melalui pengenalan IoT sebagai solusi pemantauan kualitas air kolam ikan (Hermawan et al., 2025). Kegiatan ini menunjukkan bahwa pendekatan edukatif berbasis praktik mampu meningkatkan kapasitas teknologi masyarakat pedesaan. Konsep Smart Edufarm menunjukkan bahwa program pemberdayaan masyarakat yang berfokus pada pertanian berkelanjutan dapat meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap berbagai teknologi, termasuk IoT (Lestari et al., 2023). Hal ini memperkuat bahwa implementasi IoT memiliki dampak positif dalam peningkatan kualitas hidup dan pengetahuan di tingkat komunitas.

Smart aquarium berbasis IoT merupakan salah satu bentuk aplikasi teknologi yang dapat dijadikan media pembelajaran interaktif. Sistem kontrol berbasis IoT memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time* dan pengelolaan perangkat dari jarak jauh

(Hidayat & Wahyudi, 2023). Contohnya pada penetas telur, sistem ini mengintegrasikan sensor suhu, kelembaban, dan putaran telur untuk memantau kondisi lingkungan secara optimal (Hidayat & Wahyudi, 2023). Pengembangan media pembelajaran serupa, seperti prototype traffic light menggunakan sistem kontrol jarak jauh berbasis IoT, telah terbukti sangat efektif untuk mahasiswa dalam praktik pembelajaran (Kona et al., 2024). Pemanfaatan teknologi seperti ini juga telah diterapkan dalam konteks akuakultur, dikenal sebagai Internet of Aquaculture (IoA), untuk deteksi kualitas lingkungan secara cepat dalam upaya pemberdayaan kelompok pembudidaya ikan (Kilawati et al., 2020).

Teknologi ini juga digunakan untuk pengelolaan kualitas air kolam ikan lele melalui penerapan teknologi *microbubble* terkontrol IoT (Suryanto et al., 2022). Penerapan teknologi berkelanjutan melalui mini-hidroponik berbasis energi terbarukan dan IoT juga telah dimanfaatkan untuk menunjang operasional sekolah (Tanoto et al., 2023). Ini menunjukkan bahwa aplikasi IoT memiliki potensi besar dalam mendukung praktik berkelanjutan dan pemberdayaan siswa di lingkungan pendidikan. Meskipun potensi *Smart Aquarium* berbasis IoT sebagai media pembelajaran dan pemberdayaan siswa sudah terlihat, literatur yang secara spesifik membahas implementasinya di jenjang SMA untuk mengenalkan sistem kontrol dan teknologi berkelanjutan dalam mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs) masih terbatas. Sebagian besar penelitian fokus pada konteks industri perikanan atau pengenalan IoT secara umum, belum secara eksplisit mengintegrasikan aspek sistem kontrol, keberlanjutan, dan SDGs dalam satu kerangka pembelajaran holistik di tingkat sekolah menengah.

Tujuan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah meningkatkan pengetahuan siswa SMA Muhammadiyah 3 Tangerang mengenai penerapan teknologi IoT dan sistem kontrol melalui demonstrasi *Smart Aquarium* berbasis ESP32. Secara khusus, kegiatan bertujuan: (1) memperkenalkan konsep IoT; (2) memperkenalkan fungsi ESP32, sensor, RTC, relay, dan aktuator; (3) menjelaskan prinsip kerja sistem kontrol berbasis kondisi dan waktu; (4) memperlihatkan penerapan karya teknik elektro pada permasalahan nyata; dan (5) memperkenalkan keterkaitan teknologi otomasi dengan teknologi berkelanjutan dan SDGs.

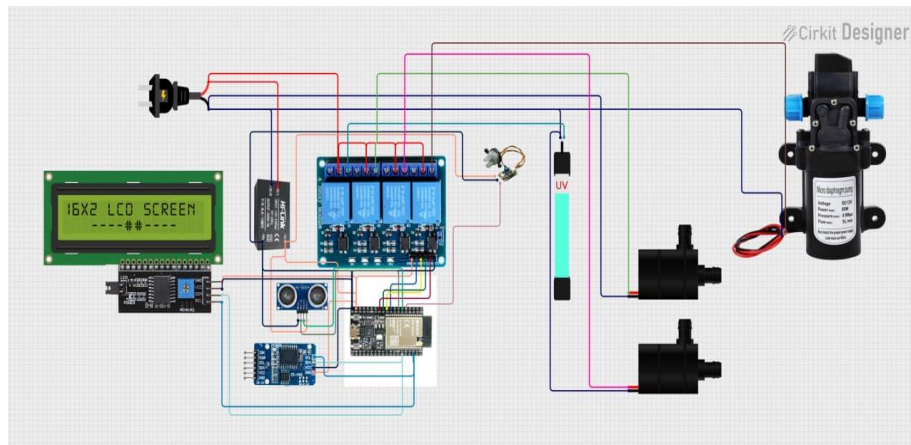
METODE PELAKSANAAN

Metode kegiatan terdiri atas enam tahap: identifikasi kebutuhan mitra; perancangan dan pembuatan *Smart Aquarium* oleh dosen; pengujian internal perangkat; sosialisasi dan demonstrasi; diskusi dan transfer pengetahuan.

Smart Aquarium dikembangkan sebagai karya rekayasa teknik elektro. ESP32 digunakan sebagai pusat kendali yang mengintegrasikan sensor input, pemrosesan data, dan aktuator.

Tabel 1. Komponen Smart Aquarium

No.	Komponen	Fungsi
1	ESP32	Proses pemrosesan dan pengendalian
2	Turbidity sensor	Membaca kondisi kekeruhan air
3	Sensor ultrasonik	Membuang air
4	RTC DS3231	Menyediakan referensi waktu
5	Relay	Mengendalikan aktuator
6	Pompa pembuangan	Membuang air
7	Pompa pengisian	Mengisi air
8	Aerator	Membantu aerasi
9	Motor servo	Menggerakkan mekanisme pemberian pakan
10	Lampu UV	Aktuator pencahayaan

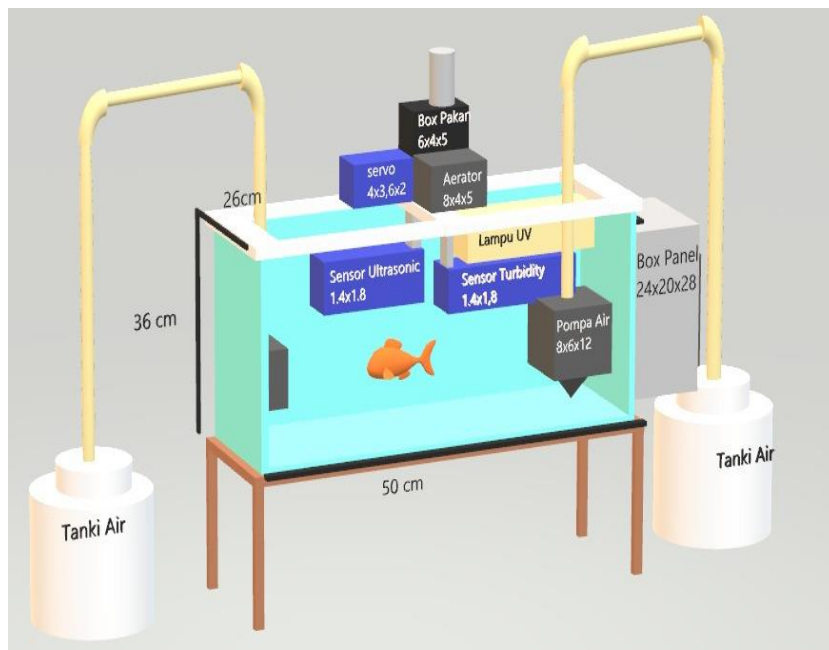


Gambar 1. Desain listrik

Turbidity sensor membaca kondisi air. Apabila nilai pembacaan melewati batas yang telah ditentukan dalam program, ESP32 memberikan perintah kepada relay untuk mengaktifkan pompa pembuangan. Setelah tahap pembuangan, pompa pengisian digunakan untuk memasukkan air baru. Sensor ultrasonik membaca level permukaan air. Jarak referensi **5 cm** digunakan dalam algoritma pengendalian level sesuai rancangan system Aerator dikendalikan melalui relay dan dirancang bekerja selama 24 jam. RTC DS3231 digunakan sebagai acuan waktu. Motor servo digunakan untuk pemberian pakan pada pukul **06.00 dan 18.00**. Lampu UV dikendalikan untuk menyala pada pukul **18.00** dan mati pada pukul **05.30**.

Sosialisasi dilakukan dengan metode: penyampaian materi; demonstrasi perangkat; penjelasan komponen; demonstrasi respons sensor; demonstrasi aktuator; diskusi; tanya jawab.

Materi mencakup: pengertian IoT; ESP32; sensor; aktuator; relay; RTC; sistem kontrol; otomasi; *Smart Aquarium*; teknologi berkelanjutan; SDGs.



Gambar 2. Desain mekanik

HASIL KEGIATAN

Hasil kegiatan berupa *Smart Aquarium* berbasis Esp32 yang dikembangkan oleh tim dosen



Gambar 3. *Smart Aquarium* berbasis Esp32

Pengembangan perangkat sebagai karya dosen memberikan kesempatan kepada siswa untuk melihat bentuk nyata penerapan ilmu teknik elektro. Pendekatan ini berbeda dari pembelajaran yang hanya menggunakan gambar atau simulasi karena siswa dapat mengamati hubungan antarperangkat secara langsung.



Gambar 4. Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat

Pada sesi demonstrasi, dosen menjelaskan bahwa *turbidity sensor* memberikan informasi mengenai kondisi kekeruhan air dan pengendalian pembuangan air. Ketika kondisi pembacaan memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam program, ESP32 dapat memberikan perintah untuk mengaktifkan relay. Sensor ultrasonik digunakan untuk menjelaskan pengendalian pengisian air

sebagai representasi level air. Nilai referensi 5 cm diperlihatkan kepada siswa sebagai parameter dalam logika pengendalian. Demonstrasi tersebut membantu siswa memahami bahwa sistem kontrol tidak selalu membutuhkan operator untuk memberikan perintah secara langsung. Sistem dapat mengambil keputusan berdasarkan informasi yang diterima dari sensor.

RTC DS3231 digunakan untuk memperlihatkan contoh pengendalian berdasarkan waktu. Sensor berperan sebagai input, ESP32 sebagai pengolah data dan pengambil keputusan, sedangkan pompa, aerator, servo dan lampu UV merupakan perangkat output/actuator.

Tabel 2. Jadwal Kendali Aktuator

Waktu	Aktuator	Fungsi
06.00	Servo	Pemberian pakan
18.00	Servo	Pemberian pakan
18.00	UV	Lampu UV ON
05.30	UV	Lampu UV OFF
24 jam	Aerator	Aerasi

Penjelasan ini memberikan contoh sederhana mengenai penerapan *time-based control*. Siswa dapat melihat bahwa RTC menyediakan informasi waktu yang kemudian digunakan ESP32 untuk menentukan tindakan aktuator.

Salah satu hasil utama kegiatan adalah tersampainya konsep sistem kontrol melalui objek nyata. Siswa diperkenalkan dengan tahapan:

Sensor → Data → ESP32 → Logika Keputusan → Relay/Aktuator → Respons Sistem.

Konsep tersebut menjadi dasar untuk menjelaskan berbagai aplikasi teknik elektro lainnya seperti *smart home*, otomasi pertanian, sistem monitoring lingkungan, robotika, dan sistem kendali industri.

Pemberdayaan dalam kegiatan ini tidak didefinisikan sebagai kemampuan siswa untuk membuat perangkat, tetapi sebagai kemampuan memperoleh, memahami, dan mendiskusikan pengetahuan teknologi Siswa diperkenalkan kepada: teknologi mikrokontroler; sensor; aktuator; sistem kontrol; otomasi; IoT; karya rekayasa teknik elektro. Dengan demikian, kegiatan menjadi sarana memperkenalkan bidang teknik elektro melalui produk teknologi yang dapat diamati secara langsung.

Tabel 3. Kontribusi Program terhadap SDGs

SDG	Target Kegiatan	Implementasi
SDG 4 – Quality Education	Penguatan pengetahuan dan literasi teknologi	Sosialisasi IoT dan sistem kontrol
SDG 9 – Industry, Innovation and Infrastructure	Pengenalan inovasi teknologi	Demonstrasi <i>Smart Aquarium</i> berbasis ESP32
SDG 12 – Responsible Consumption and Production	Literasi teknologi berkelanjutan	Pengenalan otomasi dan pengelolaan aktivitas secara terencana

SDG 4 merupakan keterkaitan utama karena kegiatan berorientasi langsung pada pendidikan dan peningkatan pemahaman siswa. Target SDG 4.4 secara khusus berkaitan dengan peningkatan keterampilan teknis dan vokasional yang relevan. SDG 4.7 juga menekankan pendidikan yang mendukung pembangunan berkelanjutan.

SDG 9 dikaitkan dengan pengenalan inovasi berbasis IoT melalui karya rekayasa dosen. SDG 12 digunakan untuk memperkenalkan konsep pemanfaatan teknologi secara lebih terencana dan bertanggung jawab. Ketiga keterkaitan tersebut berada pada level edukasi dan literasi sehingga tidak digunakan untuk membuat klaim dampak lingkungan yang belum diukur.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan *Smart Aquarium* berbasis *Internet of Things* dapat digunakan sebagai media pemberdayaan siswa dalam mengenal sistem kontrol, otomasi, sensor, aktuator, mikrokontroler ESP32, dan teknologi berkelanjutan. *Smart Aquarium* dikembangkan oleh tim dosen sebagai karya rekayasa teknik elektro dan selanjutnya digunakan sebagai media sosialisasi serta demonstrasi teknologi kepada 30 siswa SMA Muhammadiyah 3 Tangerang.

Demonstrasi memperlihatkan integrasi turbidity sensor, sensor ultrasonik, ESP32, RTC DS3231, relay, pompa, aerator, motor servo, dan lampu UV dalam satu sistem. Siswa memperoleh pemahaman mengenai alur **sensor–processing–actuator**, kendali berbasis kondisi, serta kendali berbasis waktu melalui demonstrasi langsung dan diskusi.

Kegiatan memberikan kontribusi terutama terhadap SDG 4 melalui penguatan literasi teknologi, SDG 9 melalui pengenalan inovasi IoT, dan SDG 12 melalui pengenalan teknologi yang mendukung praktik terencana dan berkelanjutan.

Kegiatan selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan media pembelajaran IoT berjenjang, sehingga siswa yang telah memperoleh pengenalan dasar dapat mengikuti pelatihan lanjutan mengenai pemrograman ESP32, sensor, komunikasi data, dan pengembangan prototipe sederhana.

DAFTAR PUSTAKA

- Hermawan, Rudi, Maesaroh, Siti Patimah, Adhy, Dewanto Rosian, & Wahyudinnor, Yudin (2025). Evaluasi Dampak Pemberdayaan Masyarakat: Studi Kasus Literasi Teknologi IoT di Desa Sukarapih. *Abdiformatika Jurnal Pengabdian Masyarakat Informatika*, 5(1), 32–39. <https://doi.org/10.59395/abdiformatika.v5i1.259>
- Hidayat, Akmal, & Wahyudi (2023). Desain Alat Penetas Telur Kapasitas 100 Butir dengan Sistem Kontrol Berbasis Internet of Things. *Micronic Journal of Multidisciplinary Electrical and Electronics Engineering*, 10–15. <https://doi.org/10.61220/micronic.v1i2.20237>
- Kilawati, Yuni, Maimunah, Yunita, Muttaqin, Adharul, Kartikasari, Dany Primanita, Bhawiyuga, Adhitya, & mriillah, Attabik A. (2020). Implementasi Internet Of Aquaculture (IoA) untuk Deteksi Kualitas Lingkungan Secara Cepat dalam Upaya Pemberdayaan Kelompok Pembudidaya Ikan Koi Di Blitar. *Journal of Innovation and Applied Technology*, 6(2), 1104–1110. <https://doi.org/10.21776/ub.jiat.2020.006.02.14>
- Kona, Musri, Bunahri, Rifqi Raza, Supardam, Dhian, Prayitno, Hadi, Asning, Andi Muhammad Afrilianto, Sangrapu, Yehezkiel Laodjaya, Kabanga, Niken Stephanie Tarrua, & Lestari, Puput Amarta (2024). Prototype Traffic Light Menggunakan Sistem Kontrol Jarak Jauh Berbasis Internet of Things Sebagai Media Pembelajaran Inovatif. *Buletin Pengembangan Perangkat Pembelajaran*, 5(2). <https://doi.org/10.23917/bppp.v5i2.3317>
- Koprawi, Muhammad, Destya, Senie, & Pramitasari, Rina (2025). Peningkatan Kompetensi Guru dan Siswa melalui Pengembangan Virtual Lab Terintegrasi untuk Pengenalan Internet of Things. *Jurnal Inovasi Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 269–283. <https://doi.org/10.53621/jippmas.v5i2.686>
- Lestari, Annisa Puji, Hana, Risma Zahra, Salam, Muhammad Yusup, Sugiarto, Eka, Husniah, Zahira Aulia, & Saidah, Sofia (2023). Pemberdayaan Masyarakat Desa Bojongsari melalui Smart Edufarm berbasis Internet of Things dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan Bangsa. *Inovasi Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(3), 385–390. <https://doi.org/10.54082/ijpm.275>

- Perdana, Doan, Maghfuri, Syakir, Tsaqib, Aliya, & Vernanda, Nafisa Kayla (2025). Peningkatan Literasi Teknologi Internet of Things (IoT) bagi Guru dan Siswa di Sman 4 Surakarta melalui Edukasi Interaktif dan Praktikal. *Info Abdi Cendekia*, 8(1). <https://doi.org/10.33476/iac.v8i1.174>
- Suryanto, Heru, Aminnudin, & Yanuhar, Uun (2022). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Penerapan Teknologi Microbubble Terkontrol IOT Pada Kolam Ikan Lele Di Pokdakan Roi Lele Kabupaten Malang. *Jurnal Pengabdian Pendidikan dan Teknologi (Jp2T)*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.17977/um080v3i12022p1-7>
- Tanoto, Yusak, Khoswanto, Handry, Anggono, Willyanto, Anggung, Katlyn Maclain, & Setiawan, Vincentia Evangeline (2023). Pemanfaatan teknologi digital marketing untuk menunjang operasional mini-hidroponik berbasis energi terbarukan dan internet of things. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (Jipemas)*, 7(1), 20–31. <https://doi.org/10.33474/jipemas.v7i1.20871>