Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN) e-ISSN : 27454053
Vol. 7 No. 2, Edisi Mei - Agustus 2026 |pp 4220-4231 |DOI: http://doi.org/10.55338/jpkmn.v7i2.9303

Implementasi Monitoring pH Berbasis IoT-PLTS pada Pembenihan Ikan

[1)]Yogi Priyo Istiyono*, [2)]Ojak Abdul Rozak, [3)]Bintang Pamungkas, [4)]Risna Dianiti Arifin, [5)]Muhammad Rizqi, [6)]Puad Bagas Sanjaya

[1)]Teknik Elektro, Universitas Bina Bangsa, Serang , Indonesia
[2,3,4,5,6)]Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan , Indonesia
Email Corresponding: yogimasterplan2018@gmail.com *

INFORMASI ARTIKEL

Kata Kunci:
Kualitas Air
pH Air
Internet of Things
Energi Surya
Pembenihan Ikan

ABSTRAK

Pemantauan pH di UPTD Budidaya Benih Ikan Bojongsari masih dilakukan secara manual dan berkala. Hasil observasi awal menunjukkan belum tersedia sensor permanen, dashboard jarak jauh, pencatatan otomatis, maupun sumber energi PLTS. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan sistem monitoring pH berbasis Internet of Things (IoT) yang didukung Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Metode kegiatan meliputi survei kebutuhan, perancangan, perakitan, pemrograman ESP32, instalasi, pengujian fungsional, pelatihan, dan evaluasi mitra. Sistem mengintegrasikan sensor pH, suhu, dan TDS dengan LCD dan dashboard web. Hasil uji menunjukkan seluruh fungsi utama yang diuji dapat bekerja; tegangan panel surya terukur 17,32 V, tegangan baterai 12,01 V, dan keluaran sistem 12,14 V. Dashboard menampilkan suhu 24,3 °C, pH 9,3, dan TDS 65 ppm; nilai pH tersebut kemudian diklasifikasikan sebagai kondisi basa/tidak normal. Evaluasi delapan butir oleh satu perwakilan mitra menghasilkan skor rata-rata 4,25 dari skala 5, dengan 75% butir berkategori puas dan 25% sangat puas. Karena kegiatan belum menggunakan pre-test-post-test, kalibrasi pembanding jangka panjang, dan evaluasi biologis, hasil ini ditafsirkan sebagai keberhasilan implementasi fungsional dan penerimaan awal mitra, bukan bukti peningkatan kompetensi atau kelangsungan hidup benih ikan.

Keywords:
Water Quality
Water pH
Internet of Things
Solar Energy
Fish Hatchery

ABSTRACT

Water pH at the Bojongsari Fish Seed Cultivation Technical Implementation Unit was monitored manually and periodically. The baseline assessment showed that no permanent sensors, remote dashboard, automatic data logging, or solar power supply were available. This community service program aimed to implement an Internet of Things (IoT)-based pH monitoring system supported by a solar photovoltaic system. The activities included needs assessment, design, assembly, ESP32 programming, installation, functional testing, operator training, and partner evaluation. The system integrated pH, temperature, and TDS sensors with a local LCD and a web dashboard. Functional tests confirmed that the main tested functions operated properly; the measured solar-panel voltage was 17.32 V, the battery voltage was 12.01 V, and the system output was 12.14 V. The dashboard displayed 24.3 °C, pH 9.3, and 65 ppm TDS; the pH value was subsequently classified as alkaline and outside the normal range. An eight-item evaluation completed by one partner representative produced an average score of 4.25 out of 5, with 75% of the items rated satisfied and 25% very satisfied. Because the program did not include pre-test-post-test assessment, long-term comparative calibration, or biological evaluation, the findings indicate functional implementation and initial partner acceptance rather than evidence of improved competence or fish-seed survival.

This is an open access article under the CC–BY-SA license.

I. PENDAHULUAN

Budidaya ikan air tawar memiliki peran penting dalam penyediaan pangan dan pemenuhan kebutuhan benih bagi pelaku usaha perikanan. Keberhasilan pembenihan tidak hanya ditentukan oleh kualitas induk, pakan, dan kepadatan tebar, tetapi juga oleh kestabilan lingkungan perairan. Air menjadi media hidup ikan

sekaligus tempat berlangsungnya respirasi, metabolisme, penguraian bahan organik, dan interaksi mikroorganisme. Perubahan kualitas air yang tidak terdeteksi dapat menyebabkan stres, menurunkan nafsu makan, menghambat pertumbuhan, meningkatkan kerentanan terhadap penyakit, dan memicu kematian benih. Oleh karena itu, kualitas air perlu dipantau secara teratur, akurat, dan berkelanjutan agar tindakan korektif dapat dilakukan sebelum kondisi kolam memburuk.

Salah satu parameter penting dalam pengelolaan kolam adalah *potential of hydrogen* atau pH, yaitu ukuran tingkat keasaman dan kebasaan air. Nilai pH berkaitan dengan keseimbangan kimia perairan, aktivitas biologis, proses nitrifikasi, serta tingkat toksisitas senyawa seperti amonia. Fluktuasi pH dapat dipengaruhi oleh curah hujan, suhu, fotosintesis, respirasi organisme, sisa pakan, kotoran ikan, dan penguraian bahan organik. Pengukuran yang hanya dilakukan pada waktu tertentu berpotensi melewatkan perubahan kondisi air di antara jadwal pemeriksaan. Hal ini menjadi lebih penting pada tahap pembenihan karena benih ikan umumnya lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan. Pemantauan pH juga perlu dilengkapi dengan suhu dan *total dissolved solids* sebagai parameter pendukung.

Pemantauan kualitas air secara konvensional biasanya dilakukan dengan mengambil sampel dan membaca alat ukur langsung di lokasi kolam. Metode tersebut relatif mudah diterapkan, tetapi memiliki keterbatasan dalam kontinuitas pemantauan, kecepatan penyampaian informasi, pencatatan data historis, dan ketergantungan pada ketersediaan petugas. Ketika jumlah kolam bertambah, pemeriksaan manual membutuhkan lebih banyak waktu dan tenaga. Hasil pengukuran juga hanya menggambarkan kondisi pada saat sampel diambil sehingga perubahan mendadak belum tentu teridentifikasi. Kondisi tersebut mendorong penerapan sistem otomatis yang mampu membaca sensor secara berkala, mengolah data, menyimpan hasil, dan menyajikannya melalui perangkat digital.

Teknologi *Internet of Things* memberikan peluang untuk membangun sistem pemantauan yang terhubung. Teknologi ini mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, jaringan komunikasi, penyimpanan data, dan antarmuka pengguna sehingga informasi dapat dikirimkan secara otomatis. Dalam akuakultur, parameter kualitas air dapat ditampilkan melalui layar lokal dan dashboard daring. Chen et al. (2022) mengembangkan sistem IoT untuk memantau suhu, pH, oksigen terlarut, dan ketinggian air pada kolam ikan. Lin et al. (2021) juga mengintegrasikan sensor suhu, pH, oksigen terlarut, dan konduktivitas dengan ESP32. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan multisensor dan komunikasi nirkabel dapat meningkatkan ketersediaan data serta mengurangi ketergantungan pada pengamatan manual.

Flores-Iwasaki et al. (2025) menjelaskan bahwa pH, suhu, oksigen terlarut, konduktivitas, kekeruhan, dan padatan terlarut merupakan parameter yang banyak dipantau pada sistem akuakultur berbasis IoT. Teknologi tersebut dapat mendukung pengumpulan data, visualisasi jarak jauh, pemberian alarm, dan pengendalian otomatis. Namun, keberhasilan penerapannya dipengaruhi oleh ketepatan sensor, kestabilan jaringan, perlindungan perangkat dari lingkungan lembap, serta kemampuan pengguna dalam melakukan pemeliharaan. Oleh karena itu, implementasi sistem tidak cukup hanya menghasilkan prototipe, tetapi juga harus mempertimbangkan kesesuaian dengan kebutuhan mitra dan keberlanjutan pengoperasian.

Sensor berbiaya rendah menjadi alternatif yang relevan bagi unit budidaya dengan keterbatasan anggaran. Meskipun demikian, sensor pH membutuhkan kalibrasi berkala karena respons elektroda dapat berubah akibat usia penggunaan, pengotoran probe, suhu, dan kondisi larutan. Akhter et al. (2021) menekankan pentingnya pemilihan dan pemeliharaan sensor pada smart fisheries. Irwansyah et al. (2024) menerapkan pemantauan pH dan kekeruhan berbasis IoT, sedangkan Hemal et al. (2024) dan Mohd Jais et al. (2024) menunjukkan bahwa integrasi multisensor berbiaya rendah dapat digunakan pada budidaya ikan apabila disertai kalibrasi, pemeriksaan pembanding, dan perawatan terjadwal.

Kontinuitas sumber energi juga menjadi faktor penting dalam sistem monitoring. Sensor, mikrokontroler, layar, dan perangkat komunikasi membutuhkan pasokan listrik selama pemantauan berlangsung. Ketergantungan pada listrik konvensional dapat menyebabkan sistem berhenti ketika terjadi gangguan pasokan atau ketika titik pemasangan berada jauh dari sumber listrik. Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya dapat menjadi sumber energi alternatif untuk perangkat berdaya rendah. Khaoula et al. (2021) mengintegrasikan energi surya pada sistem akuaponik berbasis IoT, sedangkan Jamroen et al. (2023) mengembangkan sistem pemantauan kualitas air akuakultur yang ditenagai fotovoltaik dan baterai. Kedua studi tersebut mendukung penggunaan panel surya, solar charge controller, dan baterai untuk meningkatkan kontinuitas operasional sistem monitoring.

Penerapan IoT pada akuakultur tetap menghadapi tantangan teknis dan nonteknis. Rastegari et al. (2023) mengidentifikasi reliabilitas sensor, konektivitas, biaya, konsumsi energi, keamanan data, pemeliharaan, dan kesiapan pengguna sebagai kendala utama. Lingkungan kolam yang lembap dan korosif dapat mempercepat kerusakan komponen, sedangkan gangguan Wi-Fi dapat menghentikan pengiriman data. Sistem yang terlalu kompleks juga sulit digunakan apabila petugas tidak memperoleh pelatihan yang memadai. Oleh sebab itu, teknologi tepat guna perlu dirancang sederhana, aman, mudah diperiksa, dan mudah dirawat.

UPTD Budidaya Benih Ikan Bojongsari masih melakukan pemantauan kualitas air secara manual dan belum memiliki sistem pencatatan yang dapat diakses dari jarak jauh. Baseline hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh pemeriksaan pH masih dilakukan secara manual dan berkala; sebelum kegiatan terdapat 0 unit sensor permanen, 0 unit dashboard jarak jauh, 0 unit pencatatan otomatis, dan 0 unit PLTS khusus untuk perangkat monitoring. Kondisi tersebut menyebabkan informasi perubahan pH hanya tersedia pada saat petugas melakukan pemeriksaan langsung dan dapat memperlambat respons terhadap perubahan kualitas air. Mitra karena itu membutuhkan sistem yang mampu membaca parameter secara berkala, menampilkan hasil secara lokal, mengirimkan data melalui internet, dan menggunakan sumber energi alternatif.

Kebaruan praktis kegiatan ini terletak pada integrasi monitoring pH berbasis IoT dengan PLTS sebagai teknologi tepat guna yang dipasang langsung pada instalasi sirkulasi air mitra. Sistem menggunakan ESP32, sensor pH sebagai parameter utama, sensor suhu dan TDS sebagai parameter pendukung, layar lokal, dashboard web, panel surya, *solar charge controller*, baterai, dan panel kontrol. Penerapan sistem juga disertai pelatihan pengoperasian, pembacaan data, pembersihan sensor, pemeriksaan daya, dan penanganan gangguan sederhana.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini bertujuan menerapkan sistem monitoring pH air berbasis *Internet of Things* yang didukung Pembangkit Listrik Tenaga Surya di UPTD Budidaya Benih Ikan Bojongsari. Kegiatan diarahkan untuk menyediakan informasi kualitas air melalui tampilan lokal dan web, meningkatkan kontinuitas operasional dengan energi surya, meningkatkan kemampuan petugas dalam mengoperasikan dan memelihara perangkat, serta membangun dasar pengembangan sistem notifikasi dan pengendalian kualitas air pada tahap berikutnya.

II. ANALISIS SITUASI DAN PERMASALAHAN MITRA

UPTD Budidaya Benih Ikan Bojongsari merupakan unit pelaksana teknis yang berperan dalam kegiatan pembenihan dan penyediaan benih ikan air tawar bagi masyarakat. Keberhasilan kegiatan pembenihan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan kolam, terutama kualitas air sebagai media hidup benih ikan. Berdasarkan hasil observasi awal, pengelolaan kualitas air pada lokasi mitra masih menghadapi kendala dalam menjaga kestabilan derajat keasaman atau pH. Perubahan nilai pH yang terlalu rendah dapat mengganggu proses fisiologis dan meningkatkan risiko kematian ikan, sedangkan kondisi air yang terlalu basa dapat meningkatkan toksisitas amonia. Kondisi tersebut menyebabkan pemantauan pH menjadi salah satu kebutuhan utama dalam pengelolaan kolam pembenihan.

Gambar 1 memperlihatkan kondisi lokasi kegiatan yang terdiri atas sejumlah kolam pembenihan ikan air tawar. Luas dan penyebaran area kolam menyebabkan pemeriksaan kualitas air secara manual memerlukan waktu dan keterlibatan petugas secara langsung pada setiap titik pengukuran.

Permasalahan pertama adalah proses pemantauan kualitas air masih dilakukan secara manual dan hanya pada waktu-waktu tertentu. Petugas harus mendatangi kolam, mengambil sampel, dan melakukan pembacaan menggunakan alat ukur secara langsung. Metode tersebut memerlukan waktu dan tenaga serta hanya menggambarkan kondisi air pada saat pengukuran dilakukan. Perubahan pH yang terjadi di antara jadwal pemeriksaan berpotensi tidak terdeteksi. Perubahan tersebut dapat dipengaruhi oleh curah hujan, perubahan suhu lingkungan, aktivitas biologis ikan, sisa pakan, kotoran ikan, dan penguraian bahan organik di dalam kolam.



Gambar 1. Kondisi lokasi budidaya benih ikan di UPTD Budidaya Benih Ikan Bojongsari

Pemantauan yang tidak dilakukan secara berkelanjutan dapat memperlambat tindakan korektif ketika kualitas air berada di luar batas yang dianjurkan. Dalam laporan kegiatan, nilai pH air dikelompokkan menjadi kondisi asam pada nilai di bawah 6,5, normal pada rentang 6,5–8,5, dan basa pada nilai di atas 8,5. Apabila perubahan tersebut tidak segera diketahui, benih ikan dapat mengalami stres, penurunan nafsu makan, gangguan pada insang, peningkatan kerentanan terhadap penyakit, dan penurunan tingkat keberhasilan hidup. Oleh karena itu, metode pengukuran manual belum sepenuhnya mampu memenuhi kebutuhan pemantauan yang cepat dan berkelanjutan.

Permasalahan kedua adalah belum tersedianya sistem monitoring otomatis yang mampu membaca dan mengirimkan data kualitas air melalui jaringan internet. Sebelum kegiatan pengabdian dilaksanakan, petugas belum memiliki fasilitas untuk melihat nilai pH melalui komputer atau telepon pintar. Data hasil pengukuran juga belum tercatat secara otomatis dan berkelanjutan sehingga pengelola tidak memiliki data historis yang memadai untuk mengevaluasi perubahan kondisi air. Ketiadaan data tersebut dapat menyulitkan petugas dalam mengenali pola perubahan pH dan menentukan tindakan pengelolaan pada setiap siklus pembenihan.

Kondisi awal pada Gambar 2 menunjukkan bahwa area pemantauan belum dilengkapi sensor permanen, panel kontrol, maupun perangkat komunikasi data. Pengukuran masih mengandalkan pemeriksaan langsung sehingga perubahan kualitas air belum dapat dipantau secara kontinu.

Permasalahan ketiga berkaitan dengan kontinuitas sumber energi. Perangkat monitoring yang digunakan di lokasi mitra masih bergantung pada pasokan listrik konvensional. Ketika terjadi gangguan listrik, perangkat pengukuran dan sistem komunikasi berpotensi berhenti beroperasi. Selain itu, lokasi kolam yang tersebar menyebabkan pemasangan jaringan listrik menuju setiap titik monitoring menjadi kurang praktis. Kondisi ini menunjukkan perlunya sumber daya alternatif yang dapat mendukung operasional perangkat secara mandiri, efisien, dan berkelanjutan. Laporan akhir mengidentifikasi kebutuhan sistem otomatis, akses pemantauan jarak jauh, dan pemanfaatan PLTS agar perangkat dapat mendukung pemantauan secara terus-menerus.



Gambar 2. Kondisi awal titik pemantauan kualitas air sebelum pemasangan sistem IoT dan PLTS

Permasalahan berikutnya adalah keterbatasan pengetahuan teknis petugas mengenai pengoperasian dan pemeliharaan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* serta perangkat PLTS. Penerapan teknologi tidak

hanya membutuhkan perangkat yang dapat berfungsi, tetapi juga kesiapan pengguna dalam membaca data, memeriksa kondisi sensor, membersihkan probe, memantau panel daya, dan melakukan penanganan awal apabila terjadi gangguan. Tanpa transfer pengetahuan dan pendampingan, perangkat yang telah dipasang berisiko tidak digunakan secara optimal atau mengalami penurunan kinerja akibat pemeliharaan yang kurang tepat.

Berdasarkan kondisi tersebut, permasalahan mitra dapat dirumuskan sebagai keterbatasan metode monitoring manual, belum tersedianya pemantauan pH secara mendekati waktu nyata, belum adanya penyimpanan dan akses data jarak jauh, ketergantungan pada pasokan listrik konvensional, serta keterbatasan kemampuan petugas dalam mengoperasikan dan merawat perangkat. Permasalahan tersebut menjadi dasar penerapan sistem monitoring pH air berbasis IoT yang didukung PLTS sebagai teknologi tepat guna di UPTD Budidaya Benih Ikan Bojongsari.

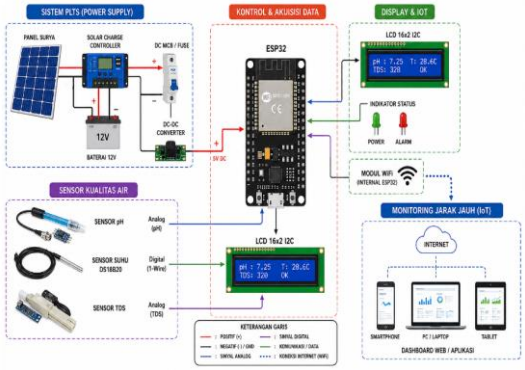
III. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan dilaksanakan di UPTD Budidaya Benih Ikan Bojongsari, Kampung Parung Poncol RT 03/RW 02, Kelurahan Duren Mekar, Kecamatan Bojongsari, Kota Depok, Jawa Barat, pada Kamis, 22 Januari 2026 mulai pukul 09.00 WIB. Tim pelaksana berasal dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang. Sasaran pelatihan adalah **10** orang petugas dan pengelola UPTD yang terlibat langsung dalam operasional kolam, pemeriksaan kualitas air, dan pemeliharaan sarana. Karakteristik tersebut dipilih agar peserta yang menerima pelatihan merupakan pengguna utama sistem. Evaluasi penerimaan kegiatan dilakukan setelah instalasi, pengujian, demonstrasi, dan praktik pengoperasian selesai.

Perangkat utama yang digunakan meliputi satu unit panel surya berkapasitas 50 Wp, satu unit mikrokontroler ESP32 DevKit V1, satu unit sensor pH sebagai parameter utama, satu unit sensor TDS, satu unit sensor suhu DS18B20, satu unit layar LCD atau OLED, satu unit *solar charge controller*, satu unit baterai 12 V, satu unit catu daya 12 V 5 A, serta komponen pengaman dan instalasi. Komponen pendukung terdiri atas MCB AC dan DC, kabel PLTS, kabel NYM, kabel NYAF, terminal, lampu indikator, sakelar selektor, panel kontrol, dan dudukan panel surya. Peralatan pengujian yang digunakan meliputi multimeter digital, tang ampere AC dan DC, *lux meter*, *thermogun*, serta termometer lingkungan. Daftar peralatan tersebut disusun berdasarkan kebutuhan perakitan, instalasi, dan pengujian sistem yang tercantum dalam laporan akhir kegiatan.

Pelaksanaan kegiatan dibagi menjadi enam tahapan. Tahap pertama adalah survei dan analisis kebutuhan. Tim melakukan observasi terhadap kondisi kolam, metode pemantauan kualitas air yang digunakan oleh petugas, lokasi instalasi sirkulasi air, ketersediaan jaringan internet, serta kondisi sumber daya listrik. Survei juga dilakukan untuk menentukan titik penempatan sensor, panel kontrol, dan panel surya. Hasil survei digunakan sebagai dasar untuk menentukan jenis sensor, kapasitas sumber daya, bentuk panel kontrol, dan metode pengiriman data.

Tahap kedua adalah perancangan sistem elektronik dan mekanik. Perancangan elektronik meliputi hubungan antara sensor pH, sensor suhu, sensor TDS, ESP32, layar lokal, modul komunikasi, dan sistem catu daya. ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama yang menerima sinyal sensor, mengolah data, menampilkan hasil pengukuran, dan mengirimkan data melalui jaringan internet. Perancangan sistem energi meliputi panel surya, *solar charge controller*, baterai, perangkat proteksi, dan catu daya perangkat. Perancangan mekanik dilakukan untuk menentukan konstruksi dudukan panel surya, penempatan panel kontrol, dan posisi sensor agar aman serta mudah diperiksa oleh petugas.



Gambar 3. Diagram arsitektur sistem monitoring kualitas air berbasis IoT dan PLTS

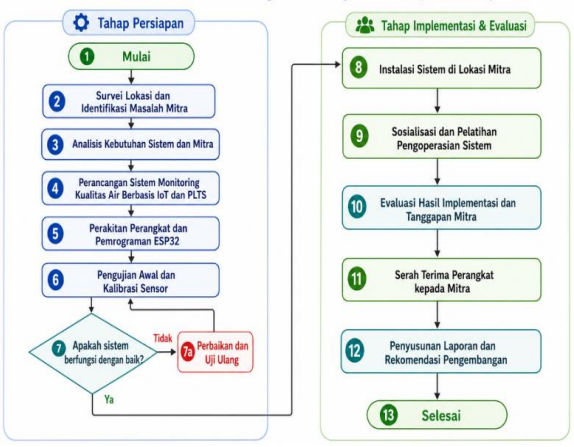
Tahap ketiga adalah perakitan dan pemrograman perangkat. Sensor dihubungkan dengan pin masukan ESP32, sedangkan layar LCD atau OLED digunakan untuk menampilkan data secara lokal. Program ESP32 dikembangkan menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Program mencakup proses inisialisasi perangkat, pembacaan sensor, pengolahan nilai pH, suhu, dan TDS, penampilan data pada layar, koneksi jaringan, serta pengiriman data menuju dashboard web. Sebelum dibawa ke lokasi mitra, setiap komponen diperiksa untuk memastikan tidak terdapat kesalahan hubungan kabel, gangguan komunikasi, atau ketidakstabilan pembacaan.

Tahap keempat adalah instalasi sistem di lokasi mitra. Panel kontrol dipasang pada area yang terlindung dari air dan mudah diakses untuk pemeriksaan. Panel surya dipasang pada dudukan yang memperoleh paparan cahaya matahari dan tidak terhalang bangunan atau vegetasi. Sensor ditempatkan pada titik air yang dianggap mewakili kondisi kolam atau saluran sirkulasi. Setelah pemasangan, dilakukan pemeriksaan polaritas, kontinuitas kabel, tegangan panel surya, tegangan baterai, keluaran catu daya, dan fungsi perangkat pengaman.

Tahap kelima adalah pengujian fungsi sistem. Pengujian sensor dilakukan dengan mengamati kemampuan perangkat membaca perubahan kondisi air dan menampilkan hasilnya pada layar lokal. Pengujian komunikasi dilakukan dengan memastikan data dapat dikirim dan ditampilkan melalui dashboard web. Sistem PLTS diuji melalui pengukuran tegangan panel surya, tegangan baterai, arus pengisian, dan tegangan keluaran menuju beban. Pengujian juga mencakup kestabilan ESP32, konektivitas jaringan, dan kesesuaian data pada layar dengan data yang ditampilkan pada halaman web. Pengujian ini bersifat fungsional, yaitu memastikan seluruh bagian sistem bekerja sesuai dengan rancangan.

Tahap keenam adalah sosialisasi, pelatihan, evaluasi, dan serah terima perangkat. Pelatihan diberikan kepada petugas UPTD melalui metode penjelasan, demonstrasi, dan praktik langsung. Materi pelatihan meliputi pengoperasian perangkat, pembacaan data pH, suhu, dan TDS, akses dashboard web, pemeriksaan indikator panel daya, pembersihan sensor, pemeriksaan koneksi, serta penanganan gangguan sederhana. Setelah pelatihan, mitra diminta memberikan penilaian terhadap kesesuaian kegiatan, manfaat sistem, kemudahan penggunaan, keselamatan pelaksanaan, dan keberlanjutan program. Perangkat selanjutnya diserahterimakan kepada pihak UPTD untuk digunakan dalam kegiatan pemantauan kualitas air.

Evaluasi pelaksanaan menggunakan pendekatan deskriptif dengan dua instrumen. Pertama, lembar uji fungsi digunakan untuk memeriksa pembacaan sensor, tampilan LCD, pengiriman data ke dashboard, tegangan panel surya, tegangan baterai, keluaran daya, fungsi solar charge controller, dan fungsi panel kontrol. Kedua, kuesioner kepuasan terdiri atas delapan pernyataan dengan skala 1-5, dari sangat tidak puas sampai sangat puas. Kuesioner tersebut diisi oleh satu perwakilan mitra. Kegiatan awal tidak menggunakan pre-test dan post-test; oleh karena itu, artikel ini tidak menghitung peningkatan pengetahuan secara kuantitatif dan tidak menyatakan pelatihan terbukti meningkatkan kompetensi. Keterbatasan ini menjadi dasar rekomendasi agar kegiatan lanjutan melibatkan seluruh peserta dan menggunakan tes pengetahuan serta lembar observasi keterampilan sebelum dan sesudah pelatihan.



Gambar 4. Flowchart pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Realisasi Sistem Monitoring Kualitas Air

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat menghasilkan satu unit sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things* yang didukung oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Sistem dibangun menggunakan

ESP32 sebagai unit pengendali dan pengolah data, sensor pH sebagai parameter utama, sensor suhu DS18B20 dan sensor TDS sebagai parameter pendukung, serta LCD sebagai media penampil lokal. ESP32 juga memanfaatkan jaringan Wi-Fi untuk mengirimkan hasil pembacaan sensor menuju dashboard web sehingga informasi kondisi air dapat diakses melalui komputer atau perangkat bergerak.

Sistem energi terdiri atas panel surya 50 Wp, *solar charge controller*, baterai 12 V, konverter DC-DC, catu daya, dan perangkat pengaman. Panel surya berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik, sedangkan *solar charge controller* mengatur proses pengisian baterai serta distribusi energi menuju beban. Konverter DC-DC digunakan untuk menyesuaikan tegangan keluaran dengan kebutuhan ESP32 dan perangkat sensor. Susunan tersebut memungkinkan sistem memperoleh sumber energi alternatif dan tidak sepenuhnya bergantung pada pasokan listrik konvensional.

Tahap realisasi diawali dengan perakitan rangkaian kontrol, pemasangan sensor, pemrograman ESP32 menggunakan Arduino IDE, serta pengujian komunikasi antara perangkat dan dashboard. Setelah pengujian awal selesai, komponen ditempatkan di dalam panel kontrol untuk memberikan perlindungan terhadap gangguan mekanis, kelembapan, dan kemungkinan percikan air. Sistem kemudian dibawa ke lokasi mitra untuk dipasang pada area kolam UPTD Budidaya Benih Ikan Bojongsari.

Berdasarkan arsitektur tersebut, aliran sistem dapat dibedakan menjadi aliran energi dan aliran data. Aliran energi dimulai dari panel surya menuju *solar charge controller*, baterai, perangkat pengaman, dan konverter DC-DC sebelum digunakan oleh ESP32 dan sensor. Sementara itu, aliran data dimulai dari pembacaan sensor pH, suhu, dan TDS, kemudian diproses oleh ESP32, ditampilkan pada LCD, dan dikirimkan melalui jaringan internet menuju dashboard. Pembagian ini mempermudah proses pemeriksaan karena gangguan pada sumber daya dapat dibedakan dari gangguan sensor atau komunikasi data.

2. Instalasi Sistem dan Pengujian Kelistrikan

Pemasangan perangkat dilakukan pada dua titik utama. Titik pertama adalah area kolam atau jalur sirkulasi air sebagai lokasi penempatan sensor. Titik kedua adalah lokasi panel kontrol yang berisi ESP32, solar charge controller, baterai, perangkat proteksi, dan komponen pendukung. Panel kontrol ditempatkan pada lokasi yang mudah dijangkau oleh petugas, tetapi tetap terlindung dari air. Panel surya dipasang pada dudukan logam di area terbuka agar memperoleh paparan cahaya matahari yang cukup.

Proses instalasi meliputi pemasangan dudukan panel surya, pengawatan panel kontrol, penyambungan kabel panel dan baterai, pemasangan pengaman AC dan DC, serta penempatan perangkat monitoring di dekat kolam. Setelah seluruh komponen terpasang, dilakukan pemeriksaan kontinuitas, polaritas, kondisi konektor, tegangan masukan, tegangan baterai, dan keluaran daya menuju perangkat kontrol. Dokumentasi laporan menunjukkan bahwa proses instalasi berhasil dilaksanakan dan perangkat dapat diaktifkan di lokasi mitra.

Hasil pengukuran kelistrikan yang terdokumentasi menunjukkan tegangan panel surya sekitar 17,32 V, tegangan baterai sekitar 12,01 V, dan tegangan keluaran sistem PLTS sekitar 12,14 V. Nilai tersebut memperlihatkan bahwa panel surya mampu menghasilkan tegangan yang lebih tinggi daripada tegangan nominal baterai 12 V sehingga dapat mendukung proses pengisian melalui *solar charge controller*. Tegangan keluaran PLTS yang berada pada kisaran 12 V juga sesuai dengan konfigurasi sistem daya yang digunakan.

Pengukuran arus yang ditampilkan dalam laporan berada pada kisaran 0,02 A pada beberapa titik pengujian. Nilai tersebut menunjukkan bahwa beban sistem monitoring relatif rendah. Namun, hasil tersebut masih berupa pengukuran sesaat sehingga belum cukup untuk menentukan konsumsi energi harian, efisiensi pengisian, atau lama operasi baterai. Evaluasi energi yang lebih lengkap perlu menggunakan pencatatan arus dan tegangan dalam interval waktu tertentu.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kelistrikan Sistem

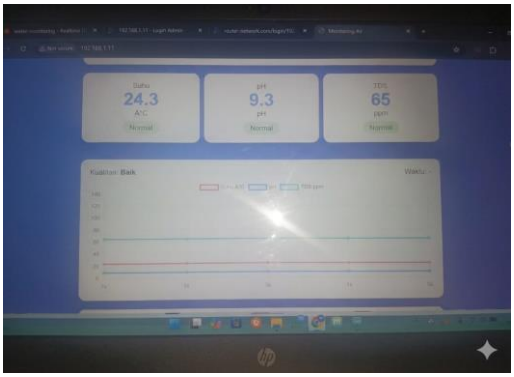
No.	Parameter pengujian	Hasil Dokumentasi	Interpretasi
1	Tegangan panel surya	±17,32 V	Panel menghasilkan tegangan untuk sistem baterai 12 V
2	Tegangan baterai	±12,01 V	Baterai berada pada kelas tegangan nominal 12 V
3	Tegangan keluaran PLTS	±12,14 V	Keluaran dapat menyuplai panel kontrol
4	Arus terukur	±0,02 A	Beban monitoring relatif rendah pada saat pengujian
5	Fungsi *solar charge controller*	Berfungsi	Pengisian dan distribusi daya dapat dilakukan
6	Fungsi panel kontrol	Berfungsi	Perangkat monitoring dapat dioperasikan di lokasi

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan ketercapaian fungsi dasar sistem PLTS sebagai sumber daya perangkat. Walaupun demikian, belum dilakukan pengujian otonomi baterai ketika panel tidak memperoleh cahaya matahari. Oleh karena itu, klaim bahwa sistem mampu beroperasi selama 24 jam secara mandiri belum dapat dipastikan hanya berdasarkan pengukuran sesaat. Pengembangan selanjutnya perlu mencatat tegangan, arus, daya, dan energi selama beberapa hari pada kondisi cuaca yang berbeda.

3. Pengujian Sistem Monitoring dan Dashboard

Setelah sistem dipasang, pengujian dilakukan untuk memastikan sensor dapat dibaca oleh ESP32 dan hasilnya dapat ditampilkan pada LCD serta dashboard web. Dokumentasi menunjukkan bahwa LCD mampu menampilkan parameter suhu, pH, dan TDS. Data yang sama juga berhasil dikirimkan ke halaman web dalam bentuk nilai numerik dan grafik. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa proses akuisisi, pengolahan, komunikasi, dan visualisasi data telah berjalan secara terintegrasi.

Pada salah satu dokumentasi pengujian, dashboard menampilkan suhu air sebesar 24,3 °C, pH sebesar 9,3, dan TDS sebesar 65 ppm. Tampilan web memberikan kemudahan kepada petugas karena kondisi air dapat dilihat tanpa harus selalu melakukan pembacaan langsung pada panel kontrol. Grafik yang tersedia juga berpotensi digunakan untuk mengamati kecenderungan perubahan parameter apabila sistem dilengkapi dengan penyimpanan data historis.



Gambar 5. Tampilan hasil monitoring kualitas air pada dashboard web

Tabel 2. Cuplikan Hasil Pembacaan Dashboard

No.	Parameter	Hasil Pembacaan	Kriteria pada laporan	Interpretasi
1	Suhu air	24,3 °C	Parameter pendukung	Data berhasil dibaca dan dikirim
2	pH air	9,3	Normal 6,5–8,5	Termasuk kondisi basa atau di atas batas normal
3	TDS	65 ppm	Parameter pendukung	Data berhasil ditampilkan
4	Koneksi web	Terhubung	Data dapat diakses melalui web	Fungsi IoT berjalan
5	Tampilan lokal	Aktif	Data ditampilkan pada LCD	Monitoring tetap dapat dilakukan di lokasi

Nilai pH 9,3 pada dokumentasi berada di atas rentang normal 6,5–8,5 yang ditetapkan dalam laporan akhir. Dengan demikian, nilai tersebut seharusnya dikategorikan sebagai kondisi basa atau tidak normal. Namun, pada tangkapan layar dashboard, nilai pH 9,3 masih diberi keterangan "Normal". Hal ini menunjukkan bahwa fungsi komunikasi data telah bekerja, tetapi logika klasifikasi status pada program masih perlu diperbaiki. Status yang direkomendasikan adalah:

a. pH < 6,5: Asam/Tidak Normal;
b. pH 6,5–8,5: Normal;
c. pH > 8,5: Basa/Tidak Normal.

Perbaikan tersebut penting karena informasi status menjadi dasar bagi petugas dalam mengambil tindakan. Apabila status tidak sesuai dengan nilai sensor, pengguna dapat memperoleh interpretasi yang keliru. Sistem juga sebaiknya dilengkapi indikator warna, alarm, atau notifikasi otomatis ketika nilai pH berada di luar rentang normal.

Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menampilkan data, tetapi laporan belum menyertakan tabel kalibrasi yang membandingkan sensor dengan alat ukur standar. Oleh karena itu, hasil ini lebih tepat dinyatakan sebagai keberhasilan pengujian fungsional, bukan pembuktian akurasi sensor.

4. Sosialisasi dan Pelatihan Pengguna

Setelah instalasi dan pengujian selesai, tim memberikan sosialisasi serta pelatihan kepada petugas UPTD. Materi pelatihan meliputi pengenalan fungsi komponen, cara mengaktifkan sistem, membaca nilai pada LCD, mengakses dashboard, memeriksa indikator panel, membersihkan sensor, serta melakukan pemeriksaan awal ketika terjadi gangguan. Pelatihan dilakukan melalui penjelasan, demonstrasi, dan praktik langsung agar petugas dapat menggunakan sistem secara mandiri.

Petugas juga diberikan penjelasan mengenai pentingnya menjaga kebersihan sensor dan melakukan kalibrasi secara berkala. Sensor yang terendam dalam air dalam waktu lama dapat mengalami pengotoran akibat lumut, sisa pakan, atau endapan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan perubahan respons dan menurunkan kualitas pembacaan. Oleh karena itu, keberlanjutan sistem tidak hanya ditentukan oleh kualitas perangkat, tetapi juga oleh konsistensi pemeliharaan oleh pengguna.



Gambar 6. Sosialisasi dan pelatihan pengoperasian sistem kepada petugas UPTD

Pelatihan dan praktik langsung memberi kesempatan kepada petugas untuk mengenali komponen, membaca data, mengakses dashboard, membersihkan sensor, dan melakukan pemeriksaan awal. Namun, karena tidak tersedia data pre-test dan post-test, hasil kegiatan ini hanya menunjukkan bahwa proses transfer pengetahuan telah dilaksanakan dan diterima secara positif, bukan membuktikan besarnya peningkatan kemampuan peserta. Penafsiran yang hati-hati ini sesuai dengan Rastegari et al. (2023), yang menempatkan kesiapan pengguna dan pemeliharaan sebagai faktor penting keberlanjutan IoT pada akuakultur.

5. Evaluasi Kepuasan Mitra

Evaluasi mitra dilakukan menggunakan kuesioner yang terdiri atas delapan pernyataan. Aspek yang dinilai meliputi kesesuaian perencanaan dengan kebutuhan mitra, penerapan keselamatan kerja, penggunaan metode ilmiah, kesesuaian hasil dengan perencanaan, kesesuaian solusi, pemanfaatan hasil, dan kecukupan pendanaan. Skala jawaban terdiri atas sangat tidak puas, tidak puas, netral, puas, dan sangat puas.

Hasil kuesioner menunjukkan enam pernyataan memperoleh jawaban puas dan dua pernyataan memperoleh jawaban sangat puas. Dengan demikian, sebanyak 75% butir penilaian berada pada kategori puas dan 25% berada pada kategori sangat puas. Tidak terdapat jawaban netral, tidak puas, atau sangat tidak puas.

Tabel 3. Distribusi Hasil Evaluasi Mitra

No.	Kategori	**Jumlah Butir**	Persentase
1	Sangat tidak puas	0	0 %
2	Tidak puas	0	0 %
3	Netral	0	0 %
4	Puas	6	75 %
5	Sangat puas	2	25 %
6	**Total**	**8**	**100 %**

Hasil tersebut menunjukkan penerimaan positif dari satu perwakilan mitra. Aspek keselamatan kerja dan kesesuaian solusi memperoleh kategori sangat puas, sedangkan enam aspek lainnya memperoleh kategori puas. Dengan pemberian skor 4 untuk puas dan 5 untuk sangat puas, skor rata-rata delapan butir adalah 4,25 dari

skala 5. Nilai tersebut merupakan skor terhadap butir penilaian dari satu responden, bukan persentase jumlah peserta, sehingga hasilnya hanya digunakan sebagai indikator penerimaan awal terhadap kegiatan dan luaran.

Keterbatasan utama evaluasi adalah kuesioner hanya diisi oleh satu perwakilan mitra dan tidak disertai pre-test-post-test. Oleh sebab itu, hasil tidak dapat digeneralisasi kepada seluruh petugas dan tidak dapat digunakan untuk menghitung peningkatan pengetahuan. Evaluasi lanjutan perlu melibatkan seluruh peserta, menggunakan soal pengetahuan sebelum dan sesudah pelatihan, serta menilai keterampilan melalui demonstrasi pengoperasian, pembersihan sensor, dan penanganan gangguan sederhana.

Mitra juga memberikan masukan berupa perlunya pendampingan teknis secara berkala, pelatihan bagi petugas baru, dan pengembangan sistem. Masukan tersebut menunjukkan bahwa perangkat dipandang bermanfaat, tetapi keberlanjutan penggunaannya masih membutuhkan dukungan dari tim pelaksana.



Gambar 7. Serah terima perangkat monitoring kepada pihak UPTD

6. Ketercapaian, Keunggulan, dan Keterbatasan Kegiatan

Secara umum, kegiatan mencapai indikator keluaran berupa tersedianya satu unit sistem monitoring berbasis ESP32 dengan tiga parameter pengukuran, berfungsinya dua antarmuka pemantauan berupa LCD dan dashboard web, terpasangnya satu sistem PLTS 50 Wp dengan baterai 12 V, terlaksananya pelatihan, serta diserahterimakannya perangkat kepada mitra. Perbandingan kondisi sebelum dan setelah kegiatan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Kondisi Sebelum dan Setelah Pelaksanaan PkM

No.	Aspek	Sebelum kegiatan	Setelah kegiatan
1	Pemantauan kualitas air	Dilakukan secara manual	1 unit sistem dengan sensor pH, suhu, dan TDS
2	Akses informasi	Hanya dapat diketahui di lokasi	2 antarmuka: LCD dan dashboard web
3	Pencatatan data	Belum dilakukan secara otomatis	Data divisualisasikan otomatis pada dashboard saat uji fungsi
4	Sumber energi	Bergantung pada listrik konvensional	1 panel surya 50 Wp dan 1 baterai 12 V
5	Pengetahuan petugas	Terbatas pada pengukuran manual	Pelatihan IoT-PLTS bagi petugas; tanpa pre-test-post-test
6	Respons terhadap perubahan pH	Bergantung pada jadwal pemeriksaan	Nilai dapat dilihat mendekati waktu nyata saat sistem terhubung
7	Kepemilikan perangkat	Belum tersedia	1 unit sistem diserahterimakan kepada mitra

Keunggulan sistem adalah penggunaan komponen yang relatif mudah diperoleh, tersedianya tampilan lokal dan daring, konsumsi daya yang rendah pada saat pengujian, serta dukungan energi surya. Hasil ini sejalan dengan penerapan sensor berbiaya rendah dan komunikasi IoT oleh Parra et al. (2018), Pasika dan Gandla (2020), Saputra et al. (2025), Shete et al. (2024), serta Singh dan Walingo (2024). Dibandingkan pemantauan manual, kontribusi utama kegiatan ini bukan pembuktian akurasi biologis, melainkan penyediaan

akses data lokal dan jarak jauh serta demonstrasi integrasi IoT-PLTS dalam konteks teknologi tepat guna bagi mitra.

Keterbatasan kegiatan meliputi belum tersedianya tabel kalibrasi terhadap alat ukur standar, belum dilakukan pengujian daya dan otonomi baterai dalam jangka panjang, belum adanya notifikasi otomatis, terbatasnya responden evaluasi, serta belum dilakukan pengukuran dampak terhadap pertumbuhan atau kelangsungan hidup benih ikan. Dengan demikian, klaim yang didukung data adalah keberhasilan uji fungsi, tersedianya informasi digital, dan penerimaan awal mitra. Akurasi sensor, kemandirian energi 24 jam, peningkatan kompetensi petugas, dan peningkatan survival rate belum dapat disimpulkan.

Pengembangan selanjutnya diarahkan pada kalibrasi terjadwal menggunakan alat pembanding, pencatatan tegangan, arus, daya, dan energi selama beberapa hari, penambahan alarm ketika pH melewati ambang batas, penyimpanan data historis, penggunaan GSM atau LoRa sebagai komunikasi cadangan, serta evaluasi biologis. Pengembangan fungsi monitoring menuju pengendalian otomatis dapat mengacu pada pendekatan Suriasni et al. (2024), tetapi penerapannya harus didahului validasi sensor dan pengujian keselamatan agar keputusan kontrol tidak didasarkan pada data yang keliru.

V. KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat di UPTD Budidaya Benih Ikan Bojongsari menghasilkan satu unit sistem monitoring kualitas air berbasis IoT yang didukung PLTS. Sistem mengintegrasikan sensor pH, suhu, dan TDS, ESP32, LCD, dashboard web, panel surya 50 Wp, solar charge controller, dan baterai 12 V. Uji fungsional menunjukkan data dapat ditampilkan secara lokal dan melalui web; tegangan panel surya terukur 17,32 V, tegangan baterai 12,01 V, dan keluaran sistem 12,14 V. Evaluasi delapan butir oleh satu perwakilan mitra menghasilkan skor rata-rata 4,25 dari skala 5, yang menunjukkan penerimaan awal yang positif. Hasil tersebut belum membuktikan akurasi sensor jangka panjang, operasi mandiri selama 24 jam, peningkatan kompetensi petugas, atau peningkatan kelangsungan hidup benih ikan karena belum tersedia kalibrasi pembanding, pengujian energi jangka panjang, pre-test-post-test, dan evaluasi biologis. Dengan demikian, luaran kegiatan diposisikan sebagai teknologi tepat guna tahap awal yang mendukung ketersediaan informasi kualitas air dan masih memerlukan validasi serta pendampingan lanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Pamulang atas dukungan pendanaan, fasilitasi, serta arahan yang diberikan selama pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini. Dukungan tersebut telah memungkinkan seluruh tahapan kegiatan, mulai dari perencanaan, pengadaan perangkat, instalasi sistem, pelatihan, hingga evaluasi, dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang, serta UPTD Budidaya Benih Ikan Bojongsari atas kerja sama dan partisipasinya dalam mendukung keberhasilan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Akhter, F., Siddiquei, H. R., Alahi, M. E. E., & Mukhopadhyay, S. C. (2021). Recent advancement of the sensors for monitoring the water quality parameters in smart fisheries farming. *Computers*, *10*(3), 26. https://doi.org/10.3390/computers10030026

Chen, C.-H., Wu, Y.-C., Zhang, J.-X., & Chen, Y.-H. (2022). IoT-based fish farm water quality monitoring system. *Sensors*, *22*(17), 6700. https://doi.org/10.3390/s22176700

Flores-Iwasaki, M., Guadalupe, G. A., Pachas-Caycho, M., Chapa-Gonza, S., Mori-Zabarburú, R. C., & Guerrero-Abad, J. C. (2025). Internet of Things (IoT) sensors for water quality monitoring in aquaculture systems: A systematic review and bibliometric analysis. *AgriEngineering*, *7*(3), 78. https://doi.org/10.3390/agriengineering7030078

Hemal, M. M., Rahman, A., Nurjahan, Islam, F., Ahmed, S., Kaiser, M. S., & Ahmed, M. R. (2024). An integrated smart pond water quality monitoring and fish farming recommendation AquaBot system. *Sensors*, *24*(11), 3682. https://doi.org/10.3390/s24113682

Irwansyah, M. A., Said, M. S., & H.M, A. M. I. (2024). Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis Internet of Things. *Simtek : Jurnal Sistem Informasi Dan Teknik Komputer*, *9*(2), 346–354. https://doi.org/10.51876/simtek.v9i2.1395

Jamroen, C., Yonsiri, N., Odthon, T., Wisitthiwong, N., & Janreung, S. (2023). A standalone photovoltaic/battery energy-powered water quality monitorssing system based on narrowband Internet of Things for aquaculture: Design and implementation. *Smart Agricultural Technology*, *3*, 100072. https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100072

Khaoula, T., Ait Abdelouahid, R., Ezzahoui, I., & Marzak, A. (2021). Architecture design of monitoring and controlling of IoT-based aquaponics system powered by solar energy. *Procedia Computer Science*, *191*, 493–498. https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.07.063

Lin, J.-Y., Tsai, H.-L., & Lyu, W.-H. (2021). An integrated wireless multi-sensor system for monitoring the water quality of aquaculture. *Sensors*, *21*(24), 8179. https://doi.org/10.3390/s21248179

Mohd Jais, N. A., Abdullah, A. F., Mohd Kassim, M. S., Abd Karim, M. M., Abdulsalam, M., & Muhadi, N. A. (2024). Improved accuracy in IoT-based water quality monitoring for aquaculture tanks using low-cost sensors: Asian seabass fish farming. *Heliyon*, *10*(8), e29022. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29022

Rastegari, H., Nadi, F., Lam, S. S., Ikhwanuddin, M., Kasan, N. A., Rahmat, R. F., & Mahari, W. A. W. (2023). Internet of Things in aquaculture: A review of the challenges and potential solutions based on current and future trends. *Smart Agricultural Technology*, *4*, 100187. https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100187