

SISTEM AKUAKULTUR DAN HIDROPONIK (AKUAPONIK) UNTUK PERTUMBUHAN IKAN KONSUMSI AIR TAWAR BERBASIS IOT

Junianto Chandra Kusuma, Dwi Iskandar, Frestiany Regina Putri*

Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak Politeknik Indonusa Surakarta

Jl. KH. Samanhudi No 31, Bumi, Laweyan, Surakarta

frestiany.putri@poltekindonusa.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sistem akuaponik berbasis Internet of Things (IoT) untuk budidaya ikan lele pada lahan terbatas di wilayah perkotaan. Sistem memanfaatkan mikrokontroler dan sensor digital (pH, TDS, dan suhu) yang terintegrasi dengan platform web untuk pemantauan real-time dan pengendalian otomatis. Pengujian selama tujuh hari menunjukkan kemampuan sistem dalam menjaga parameter lingkungan pada kisaran optimal, termasuk aktivasi otomatis pemanas saat suhu turun di bawah 28°C. Hasil monitoring pH berkisar 7,1–8,2, TDS 300–420 ppm, dan suhu 25–30°C, dengan intervensi otomatis yang mengembalikan kondisi ke rentang ideal. Sistem ini terbukti efektif dalam mendukung pertumbuhan ikan lele dan tanaman secara terpadu, sekaligus ramah lingkungan. Pengembangan ke depan diarahkan pada penambahan sensor oksigen terlarut dan amonia, perluasan skala pengujian, integrasi notifikasi otomatis, serta penerapan machine learning untuk prediksi perubahan kondisi lingkungan.

Kata kunci: akuaponik, IoT, ikan lele, pH, TDS, suhu

1. PENDAHULUAN

Peningkatan produksi pertanian dan ketahanan pangan telah menjadi fokus utama dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan prediksi bahwa populasi dunia akan bertambah sekitar 30% dalam 40 tahun ke depan [1].

Modernisasi sistem produksi pangan pertanian membawa dampak signifikan berupa peningkatan penggunaan pupuk nitrogen, yang sering kali menyebabkan pencemaran air karena tidak seluruhnya terserap oleh tanaman. Tantangan ini mendorong perlunya inovasi pertanian yang ramah lingkungan.

Akuaponik muncul sebagai salah satu solusi yakni sistem terintegrasi yang menggabungkan budidaya ikan dalam sistem resirkulasi tertutup dengan produksi tanaman [2].

Ikan lele (*Clarias gariepinus*) merupakan salah satu varietas ikan konsumsi air tawar yang banyak dikembangkan oleh masyarakat karena keberlanjutan proses pemeliharaan dan potensi nilai jual yang tinggi [3].

Limbah ikan memiliki peran krusial dalam menyediakan nutrisi bagi tanaman hidroponik, contohnya yaitu tanaman lidah mertua. Limbah organik yang dihasilkan ikan menjadi sumber nutrisi bagi tanaman lidah mertua, sementara tanaman berfungsi menyaring air dan menyediakan oksigen bagi ikan. Dalam sistem akuaponik ini, limbah yang dihasilkan oleh ikan, termasuk sisa metabolisme dan pakan yang tidak terpakai, dimanfaatkan sebagai pupuk bagi tanaman lidah mertua dalam integrasi akuakultur dan hidroponik [4].

Teknologi *Internet of Things* (IoT) yang terus berkembang memberikan alternatif solusi inovatif untuk memantau dan mengelola kondisi lingkungan dalam sistem akuaponik dengan cara yang lebih efisien. Data yang dikumpulkan secara berkelanjutan

kemudian dikirim ke *platform* pemantauan berbasis internet, memungkinkan pengelola sistem untuk mengakses informasi terbaru dan segera melakukan tindakan perbaikan jika diperlukan [5].

Permasalahan utama yang dihadapi dalam pengelolaan sistem produksi pangan saat ini adalah tingginya penggunaan pupuk kimia yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran air. Selain itu, limbah organik dari budidaya ikan sering belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber nutrisi tanaman, sehingga berpotensi terbuang percuma. Di sisi lain, sistem pemantauan kondisi lingkungan pada sebagian besar akuaponik masih dilakukan secara manual, yang mengakibatkan keterlambatan dalam penanganan masalah dan menurunkan efisiensi produksi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem akuaponik ramah lingkungan yang mengintegrasikan budidaya ikan lele dengan penanaman lidah mertua melalui pemanfaatan limbah organik ikan sebagai nutrisi tanaman. Selain itu, penerapan teknologi IoT diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan akuaponik melalui pemantauan kondisi lingkungan secara real time, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan dengan cepat. Dengan merancang dan membangun sistem akuaponik terintegrasi yang memanfaatkan limbah organik ikan lele sebagai sumber nutrisi alami bagi tanaman lidah mertua. Sistem ini akan dilengkapi dengan sensor IoT, seperti sensor suhu, pH, dan TDS, untuk memantau kondisi air dan lingkungan secara berkelanjutan. Data yang dikumpulkan akan dikirim ke platform berbasis web untuk dianalisis, sehingga pengelola dapat segera melakukan tindakan perbaikan jika terdeteksi adanya perubahan kondisi yang berpotensi mengganggu pertumbuhan ikan maupun tanaman. Pendekatan ini diharapkan mampu

meningkatkan produktivitas, mengurangi pencemaran lingkungan, dan mendorong penerapan teknologi ramah lingkungan dalam pertanian modern.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Menurut penelitian yang dilakukan oleh [6] yang berjudul Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Dan Pemberi Pakan Otomatis Pada Kolam Budidaya Ikan Lele Berbasis *Internet Of Things* di Mbs (Muhammadiyah Boarding School) Yogyakarta. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk mengembangkan sistem monitoring budidaya ikan lele yang lebih komprehensif dengan teknologi IoT. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian R&D (*Research and Development*), dengan menggunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari tahapan Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Penelitian ini memfokuskan pada tahap Pengembangan. Hasil dari penelitian ini adalah pengembangan sebuah produk berupa Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam dan Pemberi Pakan Otomatis dalam kerangka penelitian Research and Development (RnD).

Pada penelitian yang dilakukan oleh [7] yang berjudul Teknologi Iot Pada Monitoring Dan Otomasi Kolam Pembesaran Ikan Lele Berbasis Mikrokontroler menjelaskan bahwa pesatnya perkembangan konsumsi ikan lele menyebabkan peningkatan permintaan pasar, sehingga para peternak menggunakan berbagai metode pembibitan ikan lele. Namun, peternak sering menghadapi kendala dalam hal penjadwalan pakan dan menjaga kualitas air kolam. Tujuan dari penelitian ini adalah terciptanya prototype sistem monitoring untuk kolam pembesaran ikan lele berteknologi IOT yang dapat diakses secara mobile dan mampu mengoptimalkan hasil panen pada kolam pembesaran ikan lele dalam hal pemberian pakan tepat waktu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode eksperimen dengan melakukan perancangan sistem, persiapan alat dan bahan, serta pemrograman software. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa prototype alat yang dibuat hanya dapat digunakan untuk satu kolam saja dan diperlukan adanya penambahan alat bantu untuk memastikan pemantauan pemberian pakan berhasil dilakukan secara otomatis sesuai dengan waktu yang telah diprogram pada arduino [8].

Solusi dari permasalahan tersebut yaitu menciptakan sebuah teknologi sistem IoT yang dapat memudahkan dalam memonitoring kondisi kolam ikan lele kapanpun dan dimanapun serta alat yang dapat mengukur nilai suhu, pH, tegangan, dan arus secara realtime melalui internet dan dapat diakses melalui android.

Penelitian yang dilakukan oleh [9] yang berjudul Implementasi Sistem IoT pada Akuakultur dan Hidroponik (Akuaponik) Modern untuk Pertumbuhan Ikan Nila menjelaskan tentang penerapan teknologi

Internet of Things (IoT) dalam sistem akuaponik modern untuk meningkatkan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Limbah dari ikan digunakan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman, sementara tanaman membantu menyaring dan menjaga kualitas air bagi ikan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengimplementasikan sistem Internet of Things (IoT) dalam akuaponik modern guna meningkatkan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Sistem ini menggunakan sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), dan sensor suhu untuk memantau kualitas air secara real-time. Metode yang digunakan yaitu eksperimen dengan merancang dan menguji sistem IoT yang terdiri dari berbagai komponen utama.

Mikrokontroler yang digunakan dalam sistem ini adalah ESP32 dan Arduino UNO, yang berfungsi sebagai pengendali utama dalam mengelola data dari sensor. Beberapa sensor yang diterapkan meliputi sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman air, sensor TDS untuk mendeteksi kadar zat terlarut, serta sensor suhu DS18B20 yang memastikan suhu air tetap dalam kondisi optimal. Pengujian dilakukan selama lima hari dengan tujuan untuk mengukur parameter pH, TDS, dan suhu air.

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu menjaga kondisi air dalam kisaran optimal, yang sangat penting bagi pertumbuhan ikan nila dalam sistem akuaponik modern. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa implementasi IoT memungkinkan pemantauan kualitas air secara *real-time*, memudahkan peternak dalam mengontrol lingkungan budidaya ikan. Sensor yang digunakan mengonfirmasi bahwa kisaran pH optimal untuk ikan nila adalah 7,2–7,7, kadar partikel terlarut dalam air sekitar 300 ppm, dan suhu terbaik berada pada rentang 28–30°C, dengan pemanas otomatis yang aktif saat suhu turun di bawah 28°C. **Solusi** dari permasalahan tersebut yaitu menciptakan sebuah teknologi sistem IoT yang dapat memudahkan dalam memonitoring kondisi air kolam ikan nila kapanpun dan di mana pun. Sistem ini dilengkapi dengan alat yang mampu mengukur nilai suhu, pH, serta kadar partikel terlarut dalam air secara *real-time* melalui internet dan dapat diakses melalui perangkat berbasis web maupun aplikasi *mobile*.

Tiga penelitian terdahulu sama-sama memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk efisiensi budidaya ikan, namun berbeda dari sisi objek, metode, dan integrasi sistem. Penelitian [6] mengembangkan sistem monitoring kualitas air dan pemberi pakan otomatis ikan lele berbasis R&D dengan model ADDIE, tanpa integrasi tanaman. Penelitian [7] membuat prototipe monitoring dan otomasi pakan lele berbasis mikrokontroler dengan metode eksperimen, namun hanya dapat digunakan pada satu kolam. Penelitian [9] menerapkan IoT pada akuaponik ikan nila dengan sensor pH, TDS, dan suhu untuk menjaga kualitas air, namun fokus pada nila dan tanaman non-hias.

Penelitian ini berbeda karena menggabungkan budidaya ikan lele dengan penanaman lidah mertua dalam sistem akuaponik berbasis IoT. Limbah ikan dimanfaatkan sebagai nutrisi tanaman, mengurangi pupuk kimia dan pencemaran, sementara sensor suhu, pH, dan TDS memantau kualitas air secara real-time. Data dikirim ke platform web untuk memudahkan pengelolaan, sehingga menghasilkan sistem berkelanjutan yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomi ganda.

2.2. Sistem Akuaponik

Akuaponik merupakan sistem budidaya terpadu yang menggabungkan akuakultur (budidaya ikan) dan hidroponik (budidaya tanaman tanpa tanah) dalam satu kesatuan ekosistem. Limbah dari budidaya ikan yang mengandung amonia akan diubah oleh bakteri nitrifikasi menjadi nitrat yang dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi tanaman. Sebaliknya, tanaman membantu menyaring air sebelum dialirkan kembali ke kolam ikan, menciptakan siklus yang efisien dan ramah lingkungan [10].

Akuaponik dinilai lebih hemat air dibandingkan sistem pertanian konvensional dan dapat diaplikasikan di lahan sempit, sehingga cocok untuk urban farming maupun daerah dengan keterbatasan lahan [11].

Selain efisiensi penggunaan lahan dan air, sistem akuaponik juga memiliki keunggulan dari sisi keberlanjutan lingkungan. Sistem ini tidak memerlukan penggunaan pupuk kimia maupun pestisida sintesis, sehingga lebih aman bagi lingkungan dan hasil panennya cenderung lebih sehat. Interaksi simbiotik antara ikan, tanaman, dan mikroorganisme dalam sistem ini menciptakan keseimbangan ekologi yang stabil, di mana limbah tidak menjadi polutan, melainkan sumber nutrisi. Dengan demikian, akuaponik berpotensi mendukung praktik pertanian berkelanjutan dan dapat menjadi solusi alternatif dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan degradasi lingkungan akibat praktik pertanian konvensional [10].

2.3. Akuakultur Ikan Konsumsi Air Tawar

Akuaponik merupakan sistem budidaya terpadu yang menggabungkan akuakultur (budidaya ikan) dan hidroponik (budidaya tanaman tanpa tanah) dalam satu kesatuan ekosistem. Limbah dari budidaya ikan yang mengandung amonia akan diubah oleh bakteri nitrifikasi menjadi nitrat yang dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi tanaman. Sebaliknya, tanaman membantu menyaring air sebelum dialirkan kembali ke kolam ikan, menciptakan siklus yang efisien dan ramah lingkungan [3].

Akuaponik dinilai lebih hemat air dibandingkan sistem pertanian konvensional dan dapat diaplikasikan di lahan sempit, sehingga cocok untuk *urban farming* maupun daerah dengan keterbatasan lahan [10].

2.4. Teknologi Internet of Things

Internet of Things (IoT) merujuk pada jaringan perangkat yang saling terhubung dan mampu mengirim serta menerima data secara otomatis melalui internet. Dalam konteks pertanian dan akuakultur, IoT digunakan untuk mengotomatisasi pemantauan parameter lingkungan seperti suhu air, pH, kadar TDS (Total Dissolved Solids), dan kadar oksigen terlarut. Dengan memanfaatkan sensor dan mikrokontroler, sistem dapat memberikan notifikasi secara real-time kepada pengguna melalui aplikasi berbasis cloud [12].

Implementasi IoT dalam akuaponik memungkinkan manajemen sistem yang lebih efisien, responsif, dan berbasis data, sehingga meningkatkan produktivitas dan menurunkan risiko kegagalan panen [5].

2.5. Sistem Monitoring Otomatis berbasis IoT

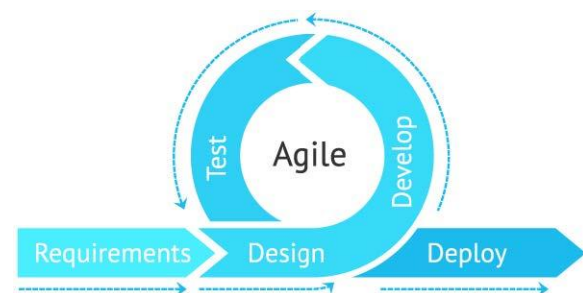
Sistem monitoring otomatis berbasis IoT pada akuaponik bertujuan untuk memastikan kondisi lingkungan tetap optimal bagi pertumbuhan ikan dan tanaman [13].

Sistem ini biasanya terdiri dari sensor, mikrokontroler (seperti Arduino atau ESP32), koneksi internet, dan platform pemantauan (dashboard). Sensor akan mendeteksi data seperti suhu air, pH, dan kadar TDS, lalu mengirimkan data tersebut secara berkala ke server atau aplikasi pemantauan. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melakukan intervensi cepat jika terjadi perubahan drastis pada lingkungan [14].

Dengan sistem ini, keberlanjutan dan efisiensi budidaya dapat lebih terjamin.

3. METODE PENELITIAN

Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1, penelitian ini dilakukan melalui lima tahapan utama yaitu *Requirements*, *Design*, *Deploy*, *Develop*, dan *Test*.



Gambar 1. Metode Agile

3.1. Requirements (Analisis Kebutuhan)

Tahap awal dalam penelitian ini adalah perencanaan dan perancangan perangkat keras yang dimulai dengan pembuatan modul sistem NFT (*Nutrient Film Technique*). Modul ini dirancang sebagai sistem irigasi hidroponik yang mengalirkan lapisan tipis larutan nutrisi (sekitar 1-3mm) secara terus-menerus melalui akar tanaman [15].

Dalam proses ini, larutan nutrisi dipompa dengan laju aliran stabil sekitar 1-2 liter per menit untuk

memastikan kebutuhan nutrisi tanaman terpenuhi secara optimal. Metode ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah kemudahan dalam mengontrol kondisi di sekitar akar tanaman, mampu untuk memastikan distribusi air yang optimal, serta fleksibilitas dalam menyesuaikan tingkat keseragaman dan konsentrasi nutrisi berdasarkan usia dan jenis tanaman.

3.2. Design (Perancangan Sistem)

Peneliti merancang sistem akuakultur dengan menerapkan metode *sump filter* sebagai solusi penyaringan air. Komponen ini berfungsi menggantikan penggunaan *chamber* konvensional, dengan cara mengalirkan air ke dalam wadah ember untuk dilakukan proses filtrasi. Setelah melalui tahap penyaringan, air bersih kemudian dipompa kembali dan dialirkan menuju pipa-pipa dalam sistem akuaponik. Desain ini dirancang untuk menjaga efisiensi sirkulasi air serta mempertahankan kualitas air yang optimal di seluruh sistem, yang sangat penting untuk mendukung pertumbuhan ikan dan tanaman secara berkelanjutan.

3.3. Develop (Pengembangan Sistem)

Sistem mulai diimplementasikan dengan melakukan perakitan komponen utama baik pada modul NFT maupun sistem akuakultur. Perangkat keras seperti pompa air, sensor, mikrokontroler, serta sambungan pipa dan filter mulai dirakit dan dipasang sesuai skema rancangan. Sistem kendali berbasis mikrokontroler seperti ESP32 dan Arduino juga mulai diprogram untuk mengatur aliran nutrisi, pemantauan kualitas air, dan pengoperasian pompa secara otomatis. Tahap ini menekankan pada integrasi perangkat keras dan perangkat lunak agar sistem dapat berjalan sesuai tujuan awal.

3.4. Test (Pengujian Sistem)

Setelah implementasi, dilakukan serangkaian uji coba untuk memastikan seluruh komponen sistem bekerja dengan baik. Pengujian meliputi pengecekan aliran larutan nutrisi dalam NFT, kestabilan sirkulasi air dalam sistem akuakultur, serta validasi data yang dihasilkan dari sensor suhu, TDS, dan pH. Data yang dikumpulkan diuji untuk konsistensi dan akurasi, serta dibandingkan dengan standar yang ditetapkan. Jika ditemukan ketidaksesuaian, dilakukan perbaikan cepat sesuai prinsip iteratif Agile [16].

Tahap pengujian ini memastikan bahwa sistem berfungsi stabil sebelum digunakan dalam jangka panjang.

3.5. Deploy (Penerapan Sistem)

Selama setiap tahapan proses pengembangan, dilakukan pencatatan secara sistematis terhadap seluruh aktivitas, konfigurasi perangkat keras, dan

pemrograman sistem. Dokumentasi ini mencakup diagram rangkaian, kode program, konfigurasi sensor, serta hasil pengujian sistem. Tujuannya adalah untuk memastikan keterlacakan setiap perubahan dan memudahkan proses replikasi atau perbaikan di masa mendatang. Selain itu, dokumentasi juga mencakup panduan penggunaan sistem secara teknis agar dapat dipahami oleh pengguna lain atau tim pengembang lanjutan.

Setelah sistem dinyatakan stabil dari hasil pengujian, sistem kemudian dipasang di lingkungan operasional yang sesungguhnya, baik dalam skala laboratorium maupun lapangan. Proses deployment ini mencakup instalasi modul NFT dan sistem akuakultur secara fisik, penyambungan sensor dan aktuator, serta aktivasi mikrokontroler dan koneksi internet untuk pemantauan jarak jauh [17].

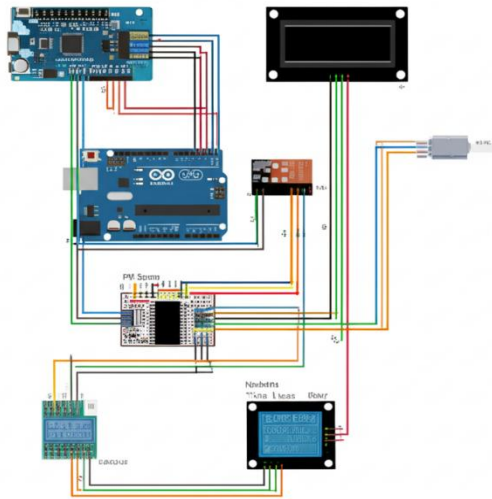
Sistem mulai dijalankan dalam kondisi nyata untuk mengamati performa serta respons terhadap variabel lingkungan. Setelah sistem diterapkan, dilakukan pemantauan berkala untuk menjaga performa sistem tetap optimal. Aktivitas pemeliharaan meliputi kalibrasi sensor, pembersihan filter dan pipa, pengecekan aliran air dan larutan nutrisi, serta pembaruan perangkat lunak bila diperlukan [12].

Pemeliharaan yang rutin memastikan bahwa sistem tetap efisien, responsif terhadap gangguan, dan berumur panjang. Jika ditemukan masalah, pendekatan iteratif Agile memungkinkan dilakukan perbaikan cepat tanpa mengganggu keseluruhan sistem.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil pengujian terhadap alat yang telah dirancang dan diimplementasikan, disertai dengan analisis untuk menilai sejauh mana desain dan penerapannya efektif dalam sistem akuaponik modern yang difokuskan pada penggunaan lahan terbatas di lingkungan masyarakat. Tujuan utama dari penerapan alat ini adalah untuk menjawab tantangan keterbatasan ruang di wilayah perkotaan, yang sering menjadi hambatan dalam budidaya ikan dan tanaman secara terpadu.

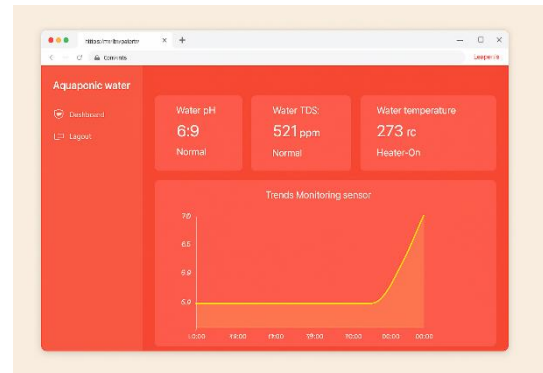
Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan alat dalam memantau dan mengatur parameter-parameter krusial dalam sistem akuaponik, seperti pH, Total Dissolved Solids (TDS), dan suhu air. Data yang dikumpulkan melalui sensor-sensor berbasis IoT, yang dapat diakses secara real-time, akan dianalisis guna menentukan apakah sistem mampu menjaga kondisi ideal untuk mendukung pertumbuhan ikan lele dan tanaman. Hasil analisis ini akan digunakan untuk mengevaluasi efektivitas alat dalam menjaga kualitas lingkungan akuaponik serta mengidentifikasi aspek-aspek yang masih perlu ditingkatkan guna mengoptimalkan kinerja dan keberlanjutan sistem, khususnya dalam konteks pertanian dan perikanan di area dengan keterbatasan lahan.



Sumber: Google
Gambar 2. Rangkaian Alat

Dalam sistem akuaponik budidaya ikan lele, sensor pH berfungsi sebagai komponen kunci untuk memastikan parameter keasaman air tetap dalam rentang optimal, biasanya antara pH 6,5–7,5. Rentang ini penting untuk menjaga keseimbangan biologis antara mikroorganisme, ikan, dan tanaman. Pemantauan pH secara terus-menerus melalui sensor yang terintegrasi dengan sistem IoT memungkinkan deteksi dini terhadap fluktuasi yang dapat

mengganggu efisiensi nutrisi dan metabolisme organisme dalam sistem, sehingga menjaga stabilitas ekosistem akuaponik secara keseluruhan.



Sumber: Penulis
Gambar 3. Tampilan Data Sensor pada Web

Pengujian sensor pH dilakukan selama tujuh hari berturut-turut, dengan pengambilan data satu kali setiap hari, untuk mengevaluasi konsistensi dan stabilitas nilai pH dalam lingkungan sistem. Hasil pengujian yang disajikan secara rinci pada Tabel 1 memberikan gambaran mengenai efektivitas pemantauan serta potensi perlunya penyesuaian pH guna mendukung pertumbuhan yang optimal dalam sistem akuaponik.

Tabel 1. Hasil Uji Coba Sensor pH

Judul	Judul Kolom Tabel			
	Waktu Pengukuran	Nilai pH	Kondisi Ikan	Catatan
Materi	Hari-1	7.1	sehat	pH dalam rentang ideal
Materi	Hari-2	7.3	sehat	pH sedikit meningkat namun masih dalam batas optimal
Materi	Hari-3	7.6	sehat	pH cenderung naik, perlu dipantau untuk mencegah lonjakan lebih lanjut
Materi	Hari-4	7.9	Waspada	pH mendekati ambang batas, disarankan ada tindakan pencegahan
Materi	Hari-5	8.2	Stres	pH terlalu tinggi, perlu tindakan segera untuk penurunan
Materi	Hari-6	7.5	Mulai pulih	pH berhasil diturunkan mendekati rentang optimal
Materi	Hari-7	7.2	sehat	pH kembali stabil di rentang ideal

Sensor TDS berfungsi untuk mengukur konsentrasi zat padat terlarut dalam air yang digunakan dalam budidaya ikan lele, dan menjadi indikator utama dalam menentukan kualitas air pada sistem akuaponik. Pemantauan terhadap parameter ini sangat krusial, karena kualitas air yang optimal akan langsung memengaruhi kesehatan dan pertumbuhan

ikan lele. Pengujian sensor TDS dilakukan selama tujuh hari berturut-turut dengan pengambilan data satu kali setiap hari [6].

Hasil pengujian yang tersaji dalam Tabel 2 memberikan gambaran mengenai kestabilan lingkungan air serta efektivitas sistem pemantauan yang diterapkan.

Tabel 2. Hasil Uji Coba Sensor TDS

Judul	Judul Kolom Tabel			
	Waktu Pengukuran	Nilai TDS (PPM)	Kondisi Ikan	Catatan
Materi	Hari-1	300	sehat	TDS dalam rentang ideal
Materi	Hari-2	340	sehat	TDS sedikit meningkat namun masih dalam batas optimal
Materi	Hari-3	390	sehat	TDS cenderung naik, perlu dipantau untuk mencegah lonjakan lebih lanjut
Materi	Hari-4	420	Stres	TDS terlalu tinggi, perlu tindakan segera untuk penurunan
Materi	Hari-5	350	Mulai pulih	TDS berhasil diturunkan mendekati rentang optimal
Materi	Hari-6	310	sehat	TDS kembali stabil di rentang ideal
Materi	Hari-7	300	sehat	TDS tetap dalam kondisi ideal untuk pertumbuhan ikan

Sensor suhu DS18B20 memiliki peran penting dalam memantau dan mengatur suhu air pada sistem akuaponik ikan lele [18].

Sensor ini bekerja secara otomatis dengan mengaktifkan pemanas (heater) ketika suhu air turun di bawah ambang batas ideal, yaitu 28°C, guna menjaga kestabilan lingkungan perairan. Pengendalian suhu yang akurat dan konsisten sangat berpengaruh terhadap kualitas lingkungan budidaya, karena suhu yang optimal mendukung proses metabolisme ikan

serta pertumbuhan tanaman secara efektif. Ketidaksesuaian suhu, baik terlalu rendah maupun terlalu tinggi, dapat berdampak negatif terhadap kesehatan ikan dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Untuk mengevaluasi kinerja sensor DS18B20, pengujian dilakukan selama tujuh hari berturut-turut dengan pencatatan data suhu harian. Hasil dari pengujian ini, yang disajikan dalam Tabel 3, memberikan gambaran mengenai efektivitas sensor dalam menjaga suhu air tetap dalam kisaran optimal.

Tabel 3. Hasil Uji Coba Sensor DS18b20

Judul	Judul Kolom Tabel				Catatan
	Waktu Pengukuran	Suhu Air (°C)	Heater	Kondisi Ikan	
Materi	Hari-1	28	Off	sehat	Suhu air berada dalam kisaran optimal tanpa perlu pemanasan tambahan
Materi	Hari-2	25	On	sehat	Suhu air berada di bawah kisaran ideal, sehingga pemanas diaktifkan
Materi	Hari-3	28	Off	sehat	Suhu air telah disesuaikan kembali ke rentang optimal
Materi	Hari-4	30	Off	sehat	Suhu air stabil dalam rentang optimal tanpa perlu pemanasan
Materi	Hari-5	27	On	sehat	Suhu air tidak mencapai tingkat optimal, pemanas diaktifkan untuk stabilisasi
Materi	Hari-6	29	Off	sehat	Suhu air berada di kisaran ideal, pemanas tidak diperlukan
Materi	Hari-7	28	Off	sehat	Suhu tetap stabil dalam rentang yang mendukung pertumbuhan ikan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem akuaponik berbasis IoT yang dikembangkan mampu memantau dan menjaga pH, suhu, dan TDS secara real-time menggunakan mikrokontroler dan sensor digital yang terhubung ke platform web. Selama uji coba tujuh hari, sistem merespons otomatis perubahan lingkungan, seperti menyalakan pemanas saat suhu turun, sehingga mendukung pertumbuhan ikan lele. Antarmuka web memudahkan pemantauan jarak jauh dan pengambilan keputusan cepat, menjadikan sistem ini potensial untuk budidaya terpadu ramah lingkungan di lahan terbatas. Pengembangan selanjutnya disarankan menambah sensor oksigen terlarut dan amonia, melakukan pengujian jangka panjang, memperluas skala uji coba, serta menambahkan notifikasi otomatis dan penerapan machine learning untuk prediksi kondisi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Schoor, A. P. Arenas-salazar, B. Parra-pacheco, J. Fernando, I. Torres-pacheco, and E. Rico-garc, "Horticultural Irrigation Systems and Aquacultural Water Usage : A Perspective for the Use of Aquaponics to Generate a Sustainable Water Footprint," 2024.
- [2] I. Boimau, D. Tasekeb, F. Tanaem, C. Toto, W. Johanes, and A. Moeda, "Budidaya Ikan dan Sayur Menggunakan Sistem Akuaponik," *PROFICIO J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 5, pp. 242–251, 2024.
- [3] Y. B. Bhakti *et al.*, "PENINGKATAN PEMAHAMAN MASYARAKAT DESA PEKAYON TENTANG," pp. 134–144, 2023.
- [4] Naflah Azmi Nur Aisyah, Anjelina Sugianti, Habib Zainal Muhtarom, Daniel Putra Prastyawan, and Muhammad Thoriq Ardiazza, "Implementasi INVOPER (Inovasi Pertanian) dengan Sistem Aquaponik sebagai Teknologi Tepat Guna dalam Budidaya Lele," *Nusant. J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 3, pp. 161–168, 2023, doi: 10.55606/nusantara.v3i3.1471.
- [5] M. S. T. Abdullah and L. Mazalan, "Smart Automation Aquaponics Monitoring System," *Int. J. Informatics Vis.*, vol. 6, no. 1–2, pp. 256–263, 2022, doi: 10.30630/joiv.6.1-2.925.
- [6] O. : Luthfan Ihtisyamuddin and M. Zakaria, "Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Dan Pemberi Pakan Otomatis Pada Kolam Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet of Things Di Mbs (Muhammadiyah Boarding School) Yogyakarta Development of Water Quality Monitoring System and Automatic Feeder in Catfis," *J. Electron. Educ. Pengemb. Sist. Monit. (Luthfan Ihtisyamuddin)*, vol. 1, no. 2, pp. 3026–0973, 2023.
- [7] A. S. Gunarjati, "Teknologi Iot Pada Monitoring Dan Otomasi Kolam Pembesaran Ikan Lele Berbasis Mikrokontroler," *Univ. Islam Indones.*, vol. Vol 3, no. pp. 3–7, 2023.
- [8] F. MARSELA, "Sistem Akuaponik Dengan Limbah Kolam Ikan Lele Untuk Memproduksi Sayuran Organik," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2022.
- [9] B. Setiawan, S. Styawati, and S. Alim, "Implementasi Sistem IoT Pada Akuakultur Dan Hidroponik (Akuaponik) Modern Untuk Pertumbuhan Ikan Nila," *J. Inform. J. Pengemb.*

- IT, vol. 9, no. 1, pp. 47–53, 2024, doi: 10.30591/jpit.v9i1.5896.
- [10] R. I. Setiawan, “Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar pH , Suhu , dan Amonia Akuaponik Berbasis IoT,” 2021.
- [11] E. Effendy, E. A. Siregar, P. C. Fitri, and I. A. S. Damanik, “Mengenal Sistem Informasi Manajemen Dakwah (Pengertian Sistem, Karakteristik Sistem),” *J. Pendidik. dan Konseling*, vol. 5, no. 2, pp. 4343–4349, 2023.
- [12] A. Wijaya and M. Rivai, “Monitoring dan Kontrol Sistem irigasi Berbasis IoT Menggunakan Banana PI,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2022, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.31113.
- [13] C. L. Kok, I. M. B. P. Kusuma, Y. Y. Koh, H. Tang, and A. B. Lim, “Smart Aquaponics: An Automated Water Quality Management System for Sustainable Urban Agriculture,” *Electron.*, vol. 13, no. 5, pp. 1–19, 2024, doi: 10.3390/electronics13050820.
- [14] Y. Sari, E. S. Wijaya, A. R. Baskara, M. S. Al Fath, and M. A. Firdaus, “Internet of Things untuk Sistem Pemantauan Kualitas Air pada Kolam Ikan Lele pada Pembudidayaan TDR Sultan Adam Banjarmasin,” *J. Pengabd. ILUNG (Inovasi Lahan Basah Unggul)*, vol. 3, no. 1, p. 203, 2023, doi: 10.20527/ilung.v3i1.9772.
- [15] S. Jain and M. Kaur, “Design and Implementation of an IoT-based automated EC and pH Control System in an NFT-based Hydroponic Farm,” *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 14, no. 1, pp. 13078–13081, 2024, doi: 10.48084/etasr.6393.
- [16] P. Marnada, T. Raharjo, B. Hardian, and A. Prasetyo, “Agile project management challenge in handling scope and change: A systematic literature review,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 197, no. 2021, pp. 290–300, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.12.143.
- [17] B. Imron, “Rancangan produk charger handphone portable dengan metode quality function deployment,” *J. online Inst. Teknol. Nasional*, pp. 2338–5081, 2022.
- [18] A. A. G. Ekayana, “Implementasi Dan Analisis Data Logger Sensor Temperature Menggunakan Web Server Berbasis Embedded System,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 17, no. 1, p. 64, 2020, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v17i1.22411.