

Sistem Kontrol Pergantian Air Pada Kolam Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet Of Things

¹ Reza Abdillah Siregar, ² Ferdy Riza
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia
rezasiregar98@gmail.com

Submit : 02 Des 25 | **Diterima** : 25 Des 2025 | **Terbit** : 02 Jan 2026

ABSTRAK

Skripsi ini berjudul “Sistem Kontrol Pergantian Air pada Kolam Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet of Things (IoT)”. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya menjaga kualitas air pada kolam budidaya ikan lele, mengingat faktor seperti pH, suhu, dan tingkat kekeruhan air sangat memengaruhi pertumbuhan serta kesehatan ikan. Sistem ini dirancang untuk mengotomatisasi proses pergantian air dengan memanfaatkan sensor pH, sensor suhu, sensor ultrasonik, dan sensor kekeruhan yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Data yang diperoleh dari sensor kemudian dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui koneksi internet sehingga dapat dipantau secara real-time. Apabila kondisi air tidak sesuai dengan parameter yang ditentukan, sistem secara otomatis mengaktifkan relay untuk mengendalikan solenoid valve, sehingga proses pembuangan dan pengisian air dapat berjalan tanpa intervensi manual. Penelitian ini tidak hanya fokus pada implementasi perangkat keras, tetapi juga pada integrasi perangkat lunak yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol sistem melalui aplikasi berbasis IoT. Implementasi IoT pada sistem ini memberikan manfaat berupa kemudahan monitoring, peningkatan efisiensi kerja, serta kontribusi terhadap keberlangsungan budidaya ikan lele yang lebih sehat dan produktif.

Kata Kunci: internet of things; esp32; sensor ph; sensor suhu; solenoid valve

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi besar dalam sektor perikanan budidaya, khususnya ikan lele yang menempati posisi kedua setelah ikan nila dalam produksi nasional. Data Kementerian Kelautan dan Perikanan menunjukkan produksi ikan lele pada tahun 2021 mencapai 1,04 juta ton, meningkat 4,5% dibandingkan tahun sebelumnya. Namun, keberhasilan budidaya ikan lele sangat bergantung pada manajemen kualitas air yang optimal.

Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan stres, gangguan pertumbuhan, bahkan kematian massal pada ikan lele. Parameter penting seperti pH, suhu, kekeruhan, dan kadar oksigen terlarut harus dipantau secara konsisten. Metode pemantauan manual yang masih banyak digunakan petani memerlukan waktu dan tenaga yang besar, serta kurang efisien dalam mendeteksi perubahan kondisi air secara cepat.

Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan ini. Dengan memanfaatkan sensor terintegrasi dan platform cloud seperti Blynk, pembudidaya dapat memantau kondisi air secara real-time dan mengotomatisasi proses pergantian air ketika parameter berada di luar batas optimal.

TINJAUAN PUSTAKA

Kualitas Air dalam Budidaya Ikan Lele

Kualitas air merupakan faktor krusial dalam keberhasilan budidaya ikan lele yang perlu dipantau secara berkala. Parameter pH air merupakan salah satu indikator kualitas air yang paling krusial dalam menentukan keberhasilan budidaya ikan lele, karena berpengaruh langsung terhadap kesehatan dan produktivitas ikan. Standar Nasional Indonesia (SNI 01-6484.5-2002) secara tegas menetapkan bahwa rentang pH optimal untuk budidaya ikan lele berada pada kisaran 6,5 hingga 8, yang menunjukkan kondisi air yang cenderung netral hingga sedikit basa. Pada rentang pH ini, seluruh proses fisiologis ikan lele seperti respirasi, pencernaan, ekskresi, dan penyerapan nutrisi dapat berlangsung dengan efisien dan optimal.

Pemeliharaan pH dalam kisaran yang tepat ini sangat penting karena ikan lele, meskipun dikenal sebagai ikan yang relatif tahan terhadap kondisi lingkungan yang kurang ideal, tetap memiliki batas toleransi yang tidak boleh dilampaui. Ketika pH air turun hingga di bawah 5, kondisi asam yang tinggi ini akan memicu respons stres pada ikan yang ditandai dengan produksi lendir berlebihan pada insang sebagai mekanisme pertahanan tubuh. Lendir yang diproduksi secara berlebihan ini kemudian mengalami penggumpalan dan menyumbat celah-celah insang, sehingga menghambat proses pertukaran gas dan menyebabkan ikan mengalami kesulitan bernapas yang dapat berujung pada kematian jika tidak segera ditangani.

Di sisi lain, kondisi pH yang terlalu tinggi, yakni di atas 8, menciptakan lingkungan basa yang juga merugikan bagi ikan lele. Pada kondisi basa ini, nafsu makan ikan akan menurun secara signifikan karena perubahan pH mempengaruhi fungsi enzim pencernaan dan kemampuan ikan untuk mencium aroma pakan. Penurunan nafsu makan ini secara langsung berdampak pada pertumbuhan ikan yang menjadi lambat, konversi pakan yang tidak efisien, dan pada akhirnya menurunkan produktivitas serta keuntungan ekonomis dari kegiatan budidaya. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian pH air secara rutin menjadi kewajiban yang tidak dapat diabaikan oleh setiap pembudidaya ikan lele yang menginginkan hasil panen yang optimal. Suhu air merupakan faktor lingkungan yang sangat vital dalam budidaya ikan lele karena berperan sebagai pengatur utama seluruh aktivitas metabolisme dan proses fisiologis dalam tubuh ikan. Sebagai hewan poikiloterm atau berdarah dingin, ikan lele tidak mampu mengatur suhu tubuhnya secara internal sehingga suhu tubuhnya akan selalu menyesuaikan dengan suhu lingkungan perairan tempat hidupnya. Rentang suhu optimal untuk mendukung pertumbuhan ikan lele yang maksimal adalah antara 24 hingga 30°C, di mana pada kisaran suhu ini seluruh fungsi biologis ikan seperti pencernaan, penyerapan nutrisi, respirasi, dan pertumbuhan jaringan berlangsung dengan efisiensi tertinggi.

Pada suhu optimal ini, enzim-enzim pencernaan bekerja dengan aktivitas maksimal sehingga pakan yang dikonsumsi dapat dicerna dan diserap dengan baik, menghasilkan energi yang cukup untuk pertumbuhan dan pemeliharaan fungsi tubuh. Nafsu makan ikan lele juga mencapai puncaknya pada rentang suhu ini, yang ditandai dengan respon cepat terhadap pemberian pakan dan konsumsi pakan yang tinggi. Namun demikian, yang perlu menjadi perhatian serius bagi pembudidaya bukan hanya mempertahankan suhu dalam rentang optimal, tetapi juga menghindari perubahan suhu yang terjadi secara drastis atau mendadak dalam waktu singkat.

Fluktuasi suhu yang tiba-tiba, misalnya penurunan atau kenaikan suhu lebih dari 5°C dalam beberapa jam, dapat memicu respon stres akut pada ikan lele yang bermanifestasi dalam bentuk penurunan sistem kekebalan tubuh, gangguan keseimbangan osmotik, dan ketidakseimbangan hormon. Ikan yang mengalami stres akibat perubahan suhu drastis akan menunjukkan gejala seperti berenang tidak beraturan, berkumpul di permukaan atau dasar kolam, kehilangan nafsu makan, dan menjadi rentan terhadap serangan penyakit. Dalam kondisi yang lebih parah, stres berkepanjangan akibat fluktuasi suhu dapat menyebabkan kegagalan organ vital dan berujung pada kematian massal yang tentu saja menimbulkan kerugian ekonomi yang sangat besar bagi pembudidaya.

Oleh karena itu, pengelolaan suhu air yang stabil melalui pemilihan lokasi kolam yang tepat, pengaturan kedalaman air yang memadai, penggunaan sistem aerasi yang baik, dan penanaman vegetasi di sekitar kolam untuk memberikan naungan menjadi strategi penting yang harus diterapkan dalam praktik budidaya ikan lele yang berkelanjutan dan menguntungkan.

Kekeruhan air merupakan parameter kualitas air yang mengukur tingkat kejernihan atau transparansi perairan, yang dipengaruhi oleh keberadaan partikel-partikel tersuspensi seperti lumpur, plankton, bahan organik, dan material lainnya yang melayang dalam air. Dalam budidaya ikan lele, tingkat kekeruhan yang ideal berkisar antara 0 hingga 50 NTU (Nephelometric Turbidity Unit), yang menunjukkan kondisi air yang relatif jernih hingga sedikit keruh namun masih dalam batas aman untuk kehidupan ikan.

Kekeruhan yang terjaga dalam rentang ini memungkinkan penetrasi cahaya matahari yang cukup ke dalam kolam, yang sangat penting untuk mendukung proses fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan air yang berfungsi sebagai produsen oksigen alami dalam ekosistem kolam. Namun demikian, ketika tingkat kekeruhan melampaui batas optimal dan menjadi terlalu tinggi, berbagai dampak negatif akan muncul yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem kolam budidaya. Kekeruhan tinggi akan menghalangi penetrasi cahaya matahari ke lapisan air yang lebih dalam, sehingga menghambat proses fotosintesis dan menurunkan produksi oksigen terlarut yang sangat dibutuhkan oleh ikan untuk respirasi.

Selain itu, partikel-partikel tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan cenderung menyerap dan menahan panas dari sinar matahari di permukaan air, yang mengakibatkan peningkatan suhu permukaan air secara berlebihan. Kondisi ini menciptakan stratifikasi termal yang tidak menguntungkan, di mana terdapat perbedaan suhu yang signifikan antara lapisan permukaan dan lapisan bawah air, sehingga mengganggu kenyamanan ikan dan dapat memicu stres. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian tingkat kekeruhan melalui praktik-praktik seperti penggunaan filter, pembersihan kolam secara berkala, pengaturan kepadatan ikan yang tepat, dan pengelolaan pemberian pakan yang efisien menjadi sangat penting untuk menjaga kualitas air dan mendukung produktivitas budidaya ikan lele yang optimal.

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi revolusioner yang memungkinkan berbagai perangkat cerdas saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis. Dalam budidaya ikan lele, penerapan teknologi IoT membawa transformasi signifikan dengan memungkinkan pembudidaya untuk memantau dan mengontrol kualitas air kolam secara real-time tanpa harus berada di lokasi secara fisik.

Sistem IoT dalam akuakultur umumnya terdiri dari berbagai sensor yang ditempatkan di dalam kolam untuk mengukur parameter-parameter penting seperti pH, suhu, kekeruhan, oksigen terlarut, dan kadar amonia. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini kemudian dikirimkan secara kontinu ke platform digital yang dapat diakses melalui smartphone atau komputer, sehingga pembudidaya dapat memperoleh informasi kondisi kolam kapan saja dan di mana saja. Keunggulan utama dari sistem IoT adalah kemampuannya untuk memberikan peringatan dini ketika terdapat parameter air yang berada di luar batas optimal, bahkan sistem dapat dikonfigurasi untuk melakukan tindakan korektif secara otomatis seperti mengaktifkan aerator ketika kadar oksigen menurun atau menyesuaikan pH air dengan menambahkan larutan buffer.

Dengan pemantauan yang presisi dan responsif ini, stabilitas parameter kualitas air dapat terjaga dengan lebih baik, mengurangi risiko fluktuasi mendadak yang dapat memicu stres dan penyakit pada ikan. Pada akhirnya, implementasi IoT dalam budidaya ikan lele tidak hanya meningkatkan efisiensi pengelolaan tetapi juga berpotensi meningkatkan produktivitas dan tingkat kelangsungan hidup ikan, sehingga memberikan keuntungan ekonomi yang lebih optimal bagi pembudidaya. Penerapan IoT dalam akuakultur memberikan sejumlah keunggulan signifikan dibandingkan metode konvensional.

Pertama, sistem monitoring real-time memungkinkan pembudidaya untuk memantau kondisi kolam dari jarak jauh melalui smartphone atau komputer, sehingga mengurangi kebutuhan pengawasan manual yang memakan waktu dan tenaga.

Kedua, sistem dapat memberikan notifikasi atau alarm otomatis ketika parameter air berada di luar rentang optimal, memungkinkan respons cepat untuk mencegah kerugian. Ketiga, data yang terkumpul secara historis dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola dan tren, membantu pengambilan keputusan yang lebih baik dalam manajemen budidaya. Keempat, IoT memungkinkan otomatisasi sistem kontrol seperti aerator, feeder otomatis, dan sistem pergantian air yang dapat diaktifkan secara otomatis berdasarkan kondisi real-time.

Arsitektur IoT dalam budidaya ikan umumnya terdiri dari tiga lapisan utama: lapisan persepsi (perception layer) yang mencakup sensor dan aktuator di lapangan, lapisan jaringan (network layer) yang menangani transmisi data melalui protokol komunikasi seperti Wi-Fi, LoRa, atau GSM, dan lapisan aplikasi (application layer) yang menyediakan antarmuka pengguna dan sistem analitik data. Beberapa platform IoT populer yang sering digunakan dalam aplikasi pertanian dan perikanan antara lain Blynk, ThingSpeak, Cayenne, dan Google Cloud IoT. Platform-platform ini menyediakan infrastruktur untuk visualisasi data, penyimpanan cloud, dan kemampuan analitik yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik budidaya. Dengan implementasi IoT yang tepat, produktivitas budidaya ikan dapat meningkat signifikan melalui optimalisasi kondisi lingkungan, pengurangan mortalitas ikan, efisiensi penggunaan pakan, dan minimalisasi biaya operasional tenaga kerja.

METODE PENELITIAN

Desain Sistem

Sistem monitoring dan kontrol kualitas air dalam budidaya ikan lele dirancang dengan mengintegrasikan dua komponen utama yang saling bekerja sama, yaitu perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software), untuk menciptakan solusi otomasi yang efektif dan efisien.

Perangkat Keras

Pada sisi perangkat keras, sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemrosesan utama yang berfungsi sebagai otak dari seluruh sistem. ESP32 dipilih karena memiliki keunggulan berupa kemampuan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, performa pemrosesan yang tinggi dengan dual-core processor, konsumsi daya yang rendah, serta harga yang terjangkau, sehingga sangat cocok untuk aplikasi IoT dalam budidaya perikanan.

Untuk melakukan pengukuran parameter kualitas air secara real-time, sistem dilengkapi dengan berbagai jenis sensor yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Sensor pH tipe PH-4502C digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air, yang merupakan parameter kritis dalam menjaga kesehatan ikan lele sesuai standar SNI. Sensor ini bekerja dengan prinsip elektrokimia menggunakan elektroda kaca yang sensitif terhadap ion hidrogen dalam air, menghasilkan output berupa tegangan analog yang kemudian dikonversi menjadi nilai pH oleh mikrokontroler. Sementara itu, sensor suhu DS18B20 dipilih untuk memantau suhu air karena memiliki akurasi tinggi, tahan air (waterproof), dan menggunakan protokol komunikasi digital one-wire yang memudahkan integrasi dengan mikrokontroler. Sensor ini mampu mengukur suhu dalam rentang -55°C hingga 125°C dengan resolusi hingga 0,0625°C, sehingga sangat memadai untuk monitoring suhu optimal budidaya ikan lele yang berkisar 24-30°C.

Parameter kekeruhan air diukur menggunakan sensor turbidity SEN0189 yang bekerja berdasarkan prinsip optik dengan memancarkan cahaya inframerah ke dalam air dan mendeteksi intensitas cahaya yang tersebar akibat partikel tersuspensi. Semakin tinggi kekeruhan air, semakin banyak cahaya yang tersebar, dan sensor akan menghasilkan output tegangan yang sebanding dengan tingkat kekeruhan tersebut. Selain sensor-sensor kualitas air, sistem juga dilengkapi dengan sensor ultrasonik JSN-SR04T yang berfungsi mengukur ketinggian atau level air dalam kolam budidaya. Sensor ultrasonik ini bekerja dengan memancarkan gelombang suara ultrasonik dan menghitung waktu pantulan untuk menentukan jarak, sehingga dapat memantau apakah volume air dalam kolam masih berada pada level yang ideal atau perlu dilakukan penambahan atau pengurangan air.

Sebagai komponen aktuator, sistem menggunakan relay 2 channel yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan perangkat listrik bertegangan tinggi secara aman dari sinyal kontrol mikrokontroler yang bertegangan rendah. Relay ini terhubung dengan solenoid valve yang bertugas mengatur aliran air masuk dan keluar dari kolam budidaya secara otomatis. Ketika parameter kualitas air berada di luar rentang optimal, misalnya pH terlalu rendah atau suhu terlalu tinggi, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke relay untuk mengaktifkan solenoid valve sehingga air baru dapat masuk untuk melakukan pengenceran atau penurunan suhu, atau sebaliknya menghentikan aliran air ketika parameter sudah kembali normal. Integrasi seluruh komponen

perangkat keras ini membentuk sistem monitoring dan kontrol otomatis yang dapat merespons perubahan kondisi air secara cepat, mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual, dan pada akhirnya meningkatkan efisiensi serta produktivitas budidaya ikan lele.

Tabel 1 Spesifikasi Komponen Perangkat Keras

Komponen	Tipe/Model	Fungsi	Spesifikasi Teknis
Mikrokontroler	ESP32	Unit pemrosesan utama dan gateway IoT	Dual-core 240MHz, Wi-Fi/Bluetooth, 34 GPIO pins, Input 3.3V
Sensor pH	PH-4502C	Mengukur tingkat keasaman air	Rentang: 0-14 pH, Akurasi: ± 0.1 pH, Tegangan: 5V DC
Sensor Suhu	DS18B20	Mengukur suhu air	Rentang: -55°C hingga +125°C, Akurasi: $\pm 0.5^\circ\text{C}$, Interface: 1-Wire
Sensor Kekeruhan	SEN0189	Mengukur turbiditas air	Rentang: 0-3000 NTU, Output: Analog 0-4.5V, Tegangan: 5V DC
Sensor Ultrasonik	JSN-SR04T	Mengukur ketinggian air	Rentang: 25-450 cm, Akurasi: $\pm 2\%$, Waterproof, Tegangan: 5V DC
Relay Module	2 Channel Relay	Mengendalikan solenoid valve	Load: 250VAC/10A atau 30VDC/10A, Trigger: 3.3V-5V
Solenoid Valve	Electric Valve (2 unit)	Mengatur aliran air masuk dan keluar	Ukuran: 1/2 inch, Tegangan: 12V DC, Tekanan: 0.02-0.8 MPa
Catu Daya	Power Supply	Menyediakan daya listrik	Output: 12V/2A dan 5V/2A (step-down converter)

Perangkat Lunak

Pada sisi perangkat lunak, sistem monitoring dan kontrol kualitas air ini dibangun menggunakan tiga komponen utama yang saling terintegrasi untuk memungkinkan pemrograman, komunikasi data, dan antarmuka pengguna yang efektif. Arduino IDE (Integrated Development Environment) digunakan sebagai platform pemrograman utama untuk mikrokontroler ESP32, menyediakan lingkungan pengembangan yang user-friendly dengan berbagai library dan contoh kode yang memudahkan proses pembuatan firmware. Melalui Arduino IDE, programmer dapat menulis kode dalam bahasa C/C++ untuk mengatur bagaimana ESP32 membaca data dari sensor-sensor, memproses informasi tersebut, mengambil keputusan berdasarkan logika yang telah ditentukan, dan mengirimkan perintah ke aktuator seperti relay dan solenoid valve. Arduino IDE juga mendukung instalasi library tambahan yang diperlukan untuk ESP32, seperti library untuk komunikasi Wi-Fi, protokol one-wire untuk sensor DS18B20, dan library khusus untuk integrasi dengan platform IoT.

Untuk monitoring dan kontrol jarak jauh, sistem mengimplementasikan Blynk App sebagai platform IoT yang menyediakan antarmuka pengguna yang intuitif dan mudah digunakan. Blynk memungkinkan pembudidaya untuk memantau kondisi kualitas air secara real-time melalui smartphone atau tablet dari mana saja selama terhubung dengan internet, menampilkan data seperti nilai pH, suhu, kekeruhan, dan level air dalam bentuk grafik, gauge, atau nilai numerik yang mudah dipahami. Selain fungsi monitoring, Blynk juga menyediakan fitur kontrol jarak jauh yang memungkinkan pengguna untuk mengoperasikan solenoid valve secara manual melalui virtual button atau switch pada aplikasi, memberikan fleksibilitas dalam manajemen kolam budidaya.

Aplikasi ini juga dapat dikonfigurasi untuk mengirimkan notifikasi push ke smartphone ketika parameter air berada di luar batas normal, sehingga pembudidaya dapat segera mengambil tindakan korektif meskipun sedang berada jauh dari lokasi budidaya. Integrasi antara ESP32 dan

Blynk dilakukan melalui library Blynk yang tersedia di Arduino IDE, dengan menggunakan authentication token yang unik untuk setiap proyek guna menjamin keamanan komunikasi data. Konektivitas internet menjadi jembatan komunikasi antara perangkat keras di lapangan dengan platform cloud Blynk, dan untuk itu sistem memanfaatkan teknologi Wi-Fi yang telah terintegrasi dalam mikrokontroler ESP32. ESP32 dikonfigurasi untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi lokal yang tersedia di lokasi budidaya, baik menggunakan router Wi-Fi rumahan maupun hotspot dari smartphone, yang kemudian meneruskan data ke server Blynk melalui internet.

Protokol komunikasi yang digunakan adalah MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) atau HTTP, yang merupakan protokol ringan dan efisien untuk transmisi data dalam aplikasi IoT. Konfigurasi Wi-Fi pada ESP32 meliputi pengaturan SSID dan password jaringan yang akan dimasukkan dalam kode program, serta implementasi mekanisme reconnection otomatis untuk memastikan sistem tetap terhubung meskipun terjadi gangguan koneksi sementara. Dengan kombinasi Arduino IDE untuk pengembangan logika sistem, Blynk App untuk antarmuka pengguna, dan Wi-Fi sebagai media konektivitas, terbentuklah ekosistem perangkat lunak yang komprehensif untuk mendukung operasional sistem monitoring dan kontrol kualitas air secara otomatis dan real-time dalam budidaya ikan lele.

Tabel 2 Perangkat Lunak

Komponen	Fungsi Utama	Keunggulan	Protokol/Teknologi
Arduino IDE	Platform pemrograman dan development untuk ESP32	Open-source, library lengkap, komunitas besar, cross-platform	C/C++, Serial Communication
Blynk App	Aplikasi mobile untuk monitoring dan kontrol jarak jauh	User interface intuitif, widget customizable, notifikasi real-time, cloud storage	HTTPS, WebSocket, REST API
WiFi	Konektivitas internet untuk transmisi data	Wireless, jangkauan luas, kecepatan tinggi, biaya operasional rendah	IEEE 802.11 b/g/n, TCP/IP
Blynk Server	Cloud platform untuk penyimpanan dan sinkronisasi data	Skalabilitas tinggi, uptime reliability, data historis, multi-device support	MQTT, HTTPS
Serial Monitor	Debugging dan monitoring sistem secara lokal	Real-time logging, troubleshooting, validasi data sensor	UART, USB SerialRetry

Alur Kerja Sistem

Sistem monitoring dan kontrol kualitas air berbasis IoT ini bekerja secara otomatis untuk menjaga kondisi air kolam tetap optimal. Pada tahap awal, mikrokontroler ESP32 melakukan inisialisasi terhadap semua sensor dan memeriksa konektivitas internet untuk memastikan komunikasi dengan platform cloud berjalan lancar. Setelah sistem siap, sensor mulai membaca parameter kualitas air meliputi pH, suhu, kekeruhan, dan ketinggian air secara berkala, kemudian mengirimkan data ke aplikasi Blynk setiap 10 detik untuk monitoring real-time.

Sistem dilengkapi dengan algoritma evaluasi yang membandingkan setiap parameter air dengan ambang batas optimal berdasarkan standar budidaya ikan lele. Ketika sistem mendeteksi parameter berada di luar rentang normal, mikrokontroler secara otomatis mengaktifkan relay untuk membuka solenoid valve. Proses pergantian air dilakukan dengan membuang air lama melalui valve pembuangan dan mengalirkan air baru dari tandon melalui valve pemasukan. Setelah parameter air kembali normal, sistem menutup valve dan kembali ke mode monitoring rutin. Sepanjang proses, pengguna menerima notifikasi melalui aplikasi Blynk tentang status sistem, termasuk peringatan parameter abnormal dan konfirmasi saat kondisi air telah optimal kembali.

Parameter Ambang Batas

Sistem monitoring dan kontrol kualitas air ini dirancang dengan parameter ambang batas yang mengacu pada kondisi optimal untuk budidaya ikan lele. Tingkat keasaman air (pH) dijaga dalam rentang 6,5 hingga 8,0 untuk memastikan kesehatan insang dan nafsu makan ikan tetap baik. Suhu air dipertahankan pada kisaran 24 hingga 29°C agar metabolisme dan pertumbuhan ikan berlangsung optimal tanpa menimbulkan stres. Tingkat kekeruhan air harus berada di bawah 50 NTU untuk menjamin penetrasi cahaya yang cukup dan mencegah peningkatan suhu permukaan yang berlebihan. Sementara itu, ketinggian air kolam diatur antara 35 hingga 40 cm untuk mempertahankan volume air yang ideal bagi kepadatan ikan. Sistem akan secara otomatis melakukan tindakan korektif berupa pergantian air apabila salah satu parameter keluar dari rentang yang telah ditetapkan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

Sistem monitoring dan kontrol kualitas air telah berhasil diimplementasikan dengan mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak secara menyeluruh. Rangkaian perangkat keras disusun dengan melakukan koneksi yang tepat antara mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali dengan berbagai sensor pengukur parameter air, modul relay sebagai pengendali, dan solenoid valve sebagai aktuator untuk pergantian air. Pada sisi perangkat lunak, aplikasi Blynk dikonfigurasi dengan 10 widget yang dirancang khusus untuk menampilkan nilai pembacaan sensor secara real-time dan status operasional sistem, memungkinkan pembudidaya memantau kondisi kolam dan mengontrol sistem dari jarak jauh melalui antarmuka yang user-friendly. Implementasi ini menghasilkan sistem yang dapat bekerja secara otomatis dalam menjaga kualitas air kolam budidaya ikan lele sekaligus memberikan kemudahan monitoring dan kontrol bagi pengguna.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sistem

Fitur Yang Diuji	Hasil Pengujian	Status
Koneksi Internet	Terhubung stabil	Berhasil
Pembacaan Sensor	Berfungsi normal dan akurat	Berhasil
Pengiriman Data ke Blynk	Terkirim real-time setiap 10 detik	Berhasil
Kontrol Solenoid Valve	Berfungsi sesuai perintah	Berhasil
Pergantian Air Otomatis	Berfungsi otomatis saat parameter di luar batas	Berhasil

Sistem monitoring dan kontrol kualitas air berbasis IoT yang telah diimplementasikan menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam menjaga stabilitas parameter air kolam budidaya ikan lele. Mikrokontroler ESP32 terbukti mampu membaca data dari seluruh sensor secara simultan dan mengirimkan informasi ke platform Blynk tanpa delay signifikan, sehingga monitoring real-time dapat berjalan lancar. Proses pergantian air otomatis juga berfungsi dengan baik melalui koordinasi terstruktur antara tahapan draining untuk membuang air lama dan filling untuk mengisi air baru. Sistem ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan penelitian sebelumnya.

Pertama, sistem tidak hanya monitoring pasif tetapi dilengkapi kontrol otomatis yang melakukan tindakan korektif langsung ketika parameter keluar dari rentang optimal. Kedua, penggunaan empat parameter penting secara bersamaan—pH, suhu, kekeruhan, dan ketinggian air—memungkinkan evaluasi kualitas air yang lebih komprehensif. Ketiga, fitur notifikasi real-time memberikan informasi langsung tentang kondisi kolam untuk pengambilan keputusan cepat. Keempat, aksesibilitas melalui smartphone memungkinkan pembudidaya memantau kolam dari mana saja tanpa harus berada di lokasi.

Implementasi sistem ini secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional budidaya ikan lele dengan mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual. Automasi dalam menjaga kualitas air meminimalkan risiko kegagalan panen akibat fluktuasi parameter yang tidak terdeteksi, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan profitabilitas usaha budidaya. Dengan demikian, sistem ini menawarkan solusi praktis untuk modernisasi budidaya ikan lele menuju akuakultur yang lebih cerdas dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem kontrol pergantian air pada kolam budidaya ikan lele berbasis IoT telah berhasil dibangun dengan mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor pH, sensor suhu DS18B20, sensor kekeruhan, sensor ultrasonik, relay, dan solenoid valve yang mampu memantau kondisi air kolam secara real-time melalui aplikasi Blynk dengan data yang stabil dan akurat. Pergantian air otomatis berfungsi dengan baik ketika parameter air berada di luar batas normal tanpa memerlukan intervensi manual, dimana hasil pengujian menunjukkan semua komponen bekerja optimal dengan sensor memberikan data akurat, pengiriman data ke Blynk lancar, dan aktuator merespons sesuai kondisi yang terdeteksi. Implementasi IoT terbukti meningkatkan efisiensi dan efektivitas budidaya ikan lele, mendukung pertumbuhan ikan yang lebih sehat dan mengurangi risiko kerugian akibat kualitas air yang buruk. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan menambahkan sensor oksigen terlarut (DO) dan sensor amonia untuk monitoring yang lebih komprehensif, mengimplementasikan database cloud untuk penyimpanan dan analisis data historis, mengembangkan dashboard analitik yang lebih interaktif dengan visualisasi grafis, serta menambahkan fitur machine learning untuk prediksi kondisi air berdasarkan pola historis guna meningkatkan kemampuan sistem dalam mengantisipasi perubahan kualitas air secara proaktif.

REFERENSI

- Ananda, S. A., & Sa'diyah, K. (2024). ANALISIS EKONOMI PRARANCANGAN PABRIK KIMIA PEMBUATAN PAKAN IKAN LELE DARI MAGGOT DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 10(1), 188–196. <https://doi.org/10.33795/distilat.v10i1.4206>
- Annisa, K., & Affandi, R. (2024). PEMELIHARAAN IKAN LELE DUMBO (CLARIAS GARIEPINUS) PADA KOLAM BETON. 18(3).
- Cakra, Said, M. S., & Henny. (2023). SISTEM KONTROL LAMPU MENGGUNAKAN SENSOR SUARA. *Simtek : jurnal sistem informasi dan teknik komputer*, 8(1), 77–82. <https://doi.org/10.51876/simtek.v8i1.218>
- Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A.K., Apdilah, D., Manurung, A.A., & Basri, M. (2023). Perancangan Sistem Pengaturan Suhu Ruangan Otomatis Berbasis Hardware Mikrokontroler Berbasis AVR. *sudo Jurnal Teknik Informatika* 2 (3), 131-142
- Wardani., S, & Dewantoro., RW. (2024). Internet of Things: Home Security System based on Raspberry Pi and Telegram Messenger. *Indonesian Journal of Applied Technology, Computer and Science* 1 (1), 7-13
- Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A.K., Hariani, P.P., Perdana, A., & Manurung, A.A. (2023). Implementation And Design of Security System On Motorcycle Vehicles Using Raspberry Pi3-Based GPS Tracker And Facedetection. *Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika* 8 (3), 2003-2007
- Candra, A. (2020). Prototype Sistem Kontrol Air Sawah Otomatis Berdasarkan Level Air Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Pada Desa Bontoraja Kabupaten Bulukumba. *JEECOM: Journal of Electrical Engineering and Computer*, 2(1), 22–33. <https://doi.org/10.33650/jeecom.v2i1.1087>
- Delwizar, M. A., Arsenly, A., Irawan, H., Jodiansyah, M., & Utomo, R. M. (2021). Perancangan Prototipe Sistem Monitoring Kejernihan Air Dengan Sensor Turbidity Pada Tandon Berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 106. <https://doi.org/10.22441/jte.2021.v12i3.002>
- Efendi, H. (n.d.). PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT MONITORING KELAYAKAN AIR PADA KOLOM IKAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER.
- Sari, I.P., Basri, M., Ramadhani, F., & Manurung, A.A. (2023). Penerapan Palang Pintu Otomatis Jarak Jauh Berbasis RFID di Perumahan. *Blend Sains Jurnal Teknik* 2 (1), 16-25
- Effendy, E., Siregar, E. A., Fitri, P. C., & Damanik, I. A. S. (n.d.). Mengenal Sistem Informasi Manajemen Dakwah (Pengertian Sistem, Karakteristik Sistem).

- Hemal, Md. 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>
- Zulherry, A. (2023). Decision making for network security with simple additive weighting method. *Journal of Intelligent Decision Support System (IDSS)*, 6(3), 155-159.
- Zulherry, A., Siregar, F. A., Gultom, Z. A., & Raihan, E. A. (2023). Optimalisasi Website untuk Monitoring Jaringan OPD di Dinas Kominfo Kota Medan dengan Metode Triangulasi. *Bulletin of Computer Biso*,
- A. T., & Zulherry, A. (2025). Analisis Sentimen Game Genshin Impact untuk Mengetahui Reaksi dan Harapan Pemain Menggunakan Metode Naïve Bayes. *sud*o Jurnal Teknik Informatika, 4(2), 183-193. *Science Research*, 3(5), 357-363.
- Ichsan, A., Zulherry, A., Lubis, T. A., & Shahnaz, B. A. Z. (2025). Utilization of Mobile Applications to Speed Up The Search for Android-Based Index Places. *IJATCoS: Indonesian Journal of Applied Technology, Computer and Science*, 2(1).
- Zulherry, A., Gunawan, T. S., & Wanayumini, W. (2021). Analisis Hasil Pendukung Keputusan Mendapatkan Rumah Dinas Perusahaan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 5(2), 695-704.
- Basri, M., & Zulherry, A. (2025). Analysis of the Impact of Gambling and Online Loans in the Perspective of Informatics, Islam, and Kemuhammadiyah. *AR-RASYID: Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 5(1).
- Huda, M. B. R. (2022). ANALISA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN SENSOR DS18B20 BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO. 07.
- Irawan, E. H., Nurchim, & Wijiyanto. (2024). Prototype of Household Water Quality Monitoring System by Utilizing Internet of Things. *Jurnal Inotera*, 9(2), 281–291. <https://doi.org/10.31572/inotera.Vol9.Iss2.2024.ID373>
- Karangan, J., Sugeng, B., & Sulardi, S. (2019). UJI KEASAMAN AIR DENGAN ALAT SENSOR pH DI STT MIGAS BALIKPAPAN. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 2(1), 65. <https://doi.org/10.31602/jk.v2i1.2065>
- Sari, I.P., & Batubara, I.H. (2020). Aplikasi Berbasis Teknologi Raspberry Pi Dalam Manajemen Kehadiran Siswa Berbasis Pengenalan Wajah. *JMP-DMT 1* (4), 6
- Kharisma, R., & Thaha, S. (2020). Rancang Bangun Alat Monitoring Dan Penanganan Kualitas Air Pada Akuarium Ikan Hias Berbasis Internet Of Things (IOT). 7(2).
- Kusuma, A. Y., Pratikno, H., & Puspasari, I. (n.d.). RANCANG BANGUN ALAT PELIPAT BAJU OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO UNO.
- Pakpahan, S., & Halawa, A. F. (2020). Sistem Informasi Pengelolaan Dana Desa Pada Desa Hilizoliga Berbasis Web. 05.
- Pratama, R. A., & Waluyo, A. F. (n.d.). IMPLEMENTASI SISTEM E-COMMERCE BERBASIS MOBILE ANDROID MENGGUNAKAN REST API DAN WEB SERVICE PADA PERUSAHAAN PERCETAKAN. *Journal of Information Technology and Computer Science*.
- Sari, I.P., Batubara, I.H., & Basri, M. (2022). Implementasi Internet of Things Berbasis Website dalam Pemesanan Jasa Rumah Service Teknisi Komputer dan Jaringan Komputer. *Blend Sains Jurnal Teknik 1* (2), 157-163
- Matondang, M.H.A., Asadel, A., Fauzan, D., & Setiawan, A.R. (2024). Smart Helmet for Motorcycle Safety Internet of Things Based. *Tsabit Journal of Computer Science 1* (1), 35-39
- Sari, I.P., Novita, A., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., & Satria, A. (2024). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3. *Blend Sains Jurnal Teknik 2* (4), 337-343

-
- Husaini, A., & Sari, I.P. (2023). Konfigurasi dan Implementasi RB750Gr3 sebagai RT-RW Net pada Dusun V Suka Damai Desa Sei Meran. *sud Journal Teknik Informatika* 2 (4), 151-158
- Purwanto, H., Riyadi, M., & Astuti, D. W. W. (2019). KOMPARASI SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 DAN JSN-SR04T UNTUK APLIKASI SISTEM DETEKSI KETINGGIAN AIR. 10(2).
- Rizdania, P. U. R. (n.d.). PERBANDINGAN ANALISIS DAN IMPLEMENTASI ESP32 DAN ESP8266.
- Tanthio, J. D. (2023). ANALISA KEAMANAN JARINGAN PADA WANNYX RETAIL SYSTEM MENGGUNAKAN ACUNETIX BERBASIS WEB SERVICE. 5(1).
- Wibisono, A. B., & Jayadi, R. (2024). Experimental IoT System to Maintain Water Quality in Catfish Pond. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 15(3). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150340>
- Zalukhu, A., Purba, S., & Darma, D. (2023). PERANGKAT LUNAK APLIKASI PEMBELAJARAN FLOWCHART. 4(1).
- Indah Purnama Sari. *Algoritma dan Pemrograman*. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.
- Andi Zulherry, Muhammad Basri, Muhammad Haris, Ferdy Riza, Zuli Agustina Gultom, Farid Akbar Siregar, Okvi Nugroho, Mahardika Abdi Prawira Tanjung. *Komunikasi Data dan Jaringan Komputer*. Medan: UMSU Press, 2025, pp. 202.