

Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis IoT

Zanu Saputra¹, Parulian Silalahi¹, Steven Verentinus¹, Wulan Safitri^{1*}

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : wulansausaed@gmail.com

Received: 8 Januari 2025; Received in revised form: 9 Januari 2025; Accepted: 13 Januari 2025

Abstract

The application of Internet of Things (IoT) technology in catfish pond water quality monitoring systems is very important to support the success of cultivation. This research aims to design an IoT-based system capable of monitoring temperature, pH, and ammonia parameters in real-time to ensure optimal water conditions. The methods used include the design and integration of hardware such as temperature, and pH with ESP32 module, as well as software development using MIT App Inventor and Arduino IDE for data monitoring through applications and web platforms. The test results show that the system has a high level of accuracy, with an average accuracy of 99.78% on the pH sensor and 99.89% on the temperature sensor. The data collected in real-time is displayed on the LCD screen and can be accessed through the mobile application, making it easier to manage the pool. The system activate automatic equipment such as aerators and pumps to efficiently address unsuitable conditions. The application of IoT to catfish pond water quality monitoring has successfully improved operational efficiency and enabled management that is more responsive to environmental changes.

Keywords: Catfish Ponds; Real-Time Data; Water Quality Monitoring.

Abstrak

Penerapan Teknologi *Internet of Things (IoT)* pada sistem pemantauan kualitas air kolam ikan lele sangat penting untuk mendukung keberhasilan budidaya. Penelitian ini bertujuan merancang sistem berbasis *IoT* yang mampu memantau parameter suhu, pH, dan kadar amonia secara real-time untuk memastikan kondisi air tetap optimal. Metode yang digunakan meliputi perancangan dan integrasi perangkat keras seperti sensor suhu, dan pH, dengan modul ESP32, serta pengembangan perangkat lunak menggunakan MIT App Inventor dan Arduino IDE untuk pemantauan data melalui aplikasi dan platform web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi tinggi, dengan rata-rata akurasi 99,78% pada sensor pH dan 99,89% pada sensor suhu. Data yang dikumpulkan secara *real-time* ditampilkan pada layar LCD dan dapat diakses melalui aplikasi mobile, memudahkan pengelolaan kolam. Sistem dapat mengaktifkan peralatan otomatis seperti aerator dan pompa untuk mengatasi kondisi yang tidak sesuai secara efisien. Kesimpulannya, penerapan *IoT* pada pemantauan kualitas air kolam ikan lele berhasil meningkatkan efisiensi operasional dan memungkinkan pengelolaan yang lebih responsif terhadap perubahan lingkungan. Teknologi ini berpotensi untuk diadopsi secara luas dalam budidaya perikanan modern untuk mendukung keberlanjutan lingkungan dan peningkatan produktivitas.

Kata kunci: Kolam Ikan Lele; Pemantauan Kualitas Air; Real-Time Data.

1. PENDAHULUAN

Kualitas air merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan budidaya ikan lele [1]. Parameter seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan kadar amonia memiliki pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan dan kesehatan ikan. Ketidakmampuan untuk menjaga parameter ini dalam rentang optimal dapat menyebabkan perlambatan pertumbuhan

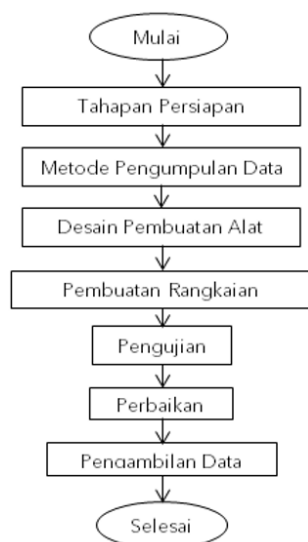
hingga kematian ikan, terutama pada tahap pendederan [2]. Sebagai contoh, sisa pakan yang menumpuk di kolam bisa meningkatkan kadar amonia, yang membuat kualitas air menurun. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan yang baik dan akurat. Kemajuan teknologi, khususnya dalam *Internet of Things (IoT)*, teknologi ini memungkinkan kita memantau kualitas air secara langsung dan cepat [3]. Penggunaan *IoT* memungkinkan integrasi berbagai

sensor, seperti sensor pH dan suhu, dengan modul komunikasi data yang memungkinkan akses jarak jauh melalui aplikasi seluler atau *platform web*. Pendekatan ini membuat pengelolaan kolam ikan menjadi lebih sederhana, hemat waktu, dan cepat menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan sistem berbasis *IoT* untuk memantau kualitas air kolam ikan lele. Sistem yang dirancang mampu memantau parameter suhu, dan pH dengan akurasi tinggi, serta memberikan data *real-time* yang dapat diakses melalui perangkat digital. Dengan demikian,

penelitian ini dapat membantu meningkatkan hasil budidaya ikan lele sekaligus menjaga kelestarian lingkungan di sektor akuakultur.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian akan berfokus pada bagaimana merencanakan, merancang dan membuat alat agar sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Dalam pelaksanaan penelitian ini, dibuat tahapan tahapan penelitian yang bertujuan untuk memudahkan penulis dalam proses pembuatan alat. Tahapan tahapan tersebut disajikan dalam *flowchart* pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

Flowchart Gambar 1 merupakan alur dari metode yang kami gunakan pada penelitian ini yang kami jelaskan secara rinci seperti di bawah ini.

2.1. Tahap Persiapan/Perencanaan

2.2. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini berfungsi untuk mengetahui kebutuhan teknologi tentang suatu jenis alat atau mencari kemungkinan kemungkinan untuk melakukan perubahan terhadap alat yang telah ada [4]. Data yang telah terkumpul nantinya akan dimasukkan dalam penulisan makalah sebagai landasan dalam pembuatan alat tersebut. Dalam hal ini dilakukan studi literatur terlebih dahulu.

Studi Literatur yaitu mengkaji teori teori yang berkaitan dengan tema penelitian. Kualitas air kolam ikan lele kualitas air yang baik sangat penting untuk mendukung

pertumbuhan ikan secara optimal, sehingga dapat meningkatkan produktivitas kolam. Jika proses pembenihan ikan lele dilakukan dalam kondisi air yang tidak memenuhi standar, pertumbuhannya bisa terganggu bahkan berujung pada kematian. Salah satu penyebab utama kematian pada tahap pendederan adalah penurunan kualitas air akibat sisa pakan buatan yang terakumulasi di kolam, yang kemudian meningkatkan kadar ammonia. Parameter kualitas air yang perlu diperhatikan meliputi pH, suhu, oksigen terlarut, dan lainnya, karena buruknya kualitas air dapat berdampak negatif pada proses pertumbuhan ikan lele. [5]pH air yang ideal untuk mendukung kehidupan organisme perairan berkisar antara 7-8,5, dan pengukuran ini dilakukan menggunakan pH meter [6]. sedangkan untuk suhu, suhu optimal untuk pembenihan ikan lele berada pada rentang 25-30°C, yang

dapat diukur menggunakan thermometer [7]. Selanjutnya Kadar oksigen terlarut (DO) yang ideal untuk pembenihan ikan lele harus berada di atas 3 mg/L, dengan pengukuran menggunakan DO meter. [8] dan kecerahan yang optimal untuk pembenihan ikan lele berkisar antara 25-30 cm, yang diukur

menggunakan Secchi disk. [9]. Selain beberapa sumber penelitian di atas, Standar Baku Mutu SNI juga menetapkan bahwa kualitas air yang baik bagi ikan lele harus memenuhi beberapa kriteria parameter air dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar baku mutu SNI

No	Parameter	Baku Mutu
1	Suhu	25-30°C
2	Ph	6,5-8,5
3	Oksigen terlarut(DO)	>3 mg/L
4	Amonia(NH ₃)	<0,02 mg/L
5	Kecerahan Air	25-30 cm

Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh [10] yang melakukan pengkajian tentang suhu dan pH air ikan lele

selama 15 hari dengan data hasil pengkajian kami sajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian suhu air dan pH air kolam lele selama 15 hari

Hari	Suhu Air	pH Air
1	33,69	6,52
2	35,05	6,55
3	35,31	7,03
4	30,00	7,35
5	26,02	8,00
6	29,31	7,35
7	27,34	6,50
8	25,02	8,00
9	26,63	7,00
10	28,00	7,35
11	29,37	6,52
12	29,94	6,53
13	29,03	6,50
14	28,75	6,50
15	29,75	6,50
Rata rata	29,55	6,95

Suhu dan pH adalah dua parameter penting yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan kesehatan ikan lele. Kondisi suhu dan pH yang tidak sesuai dapat memberikan dampak negatif pada kehidupan ikan. Berdasarkan Tabel 2, hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu air memiliki rata-rata sebesar 29,55 °C, sedangkan pH air memiliki rata-rata sebesar 6,95. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan dalam penelitian ini masih memenuhi Standar Baku Mutu (SNI) untuk kualitas parameter air yang ideal bagi

perkembangbiakan ikan lele. Dengan hasil demikian menjadi alasan bagi kami untuk menjadikan pembanding bagi alat yang kami buat nanti.

2.3. Desain Pembuatan Alat

Desain pembuatan alat ini merupakan inti dari kegiatan riset yang akan dilakukan. Perancangan ini mencakup konsep rangkaian inti dan pendukung serta bentuk dari produk yang akan kami buat.

2.4. Pembuatan Rangkaian Hardware

Rangkaian *hardware* dirancang setelah keputusan diambil mengenai pemilihan komponen dan konfigurasi rangkaian yang paling sesuai untuk digunakan pada alat ini. Agar alat mencapai kapasitas yang diinginkan, pengujian dan percobaan terintegrasi dilakukan dengan memanfaatkan instrumentasi listrik berakurasi tinggi.

2.5. Pengujian

Setelah *hardware* dirancang dan dibuat maka kami melakukan pengujian terhadap hardware tersebut apakah bekerja sesuai dengan tujuan yang ingin di capai atau tidak.

2.6. Perbaikan

Setelah dilakukan pengujian tahap berikutnya adalah perbaikan, perbaikan disini dilakukan apa bila terjadi kesalahan fungsi pada alat atau alat yang dibuat tidak bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Jika

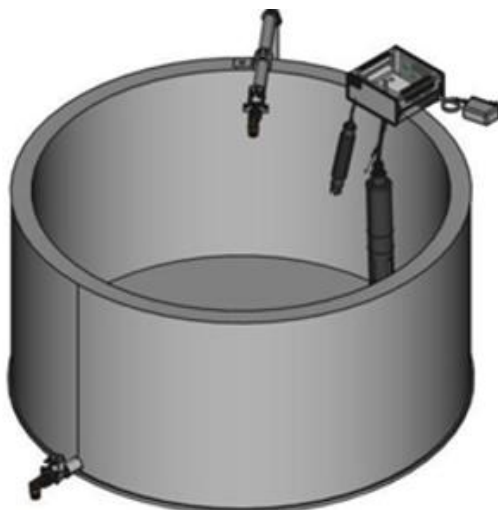
alat sudah sesuai dan berfungsi dengan baik maka tahap selanjutnya pengambilan data dan pembuatan laporan, untuk data yang sudah diambil kami sajikan dalam Hasil dan Pembahasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil menghasilkan alat Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele berbasis IoT yang menunjukkan tingkat keberhasilan dan fungsi yang optimal serta menawarkan kemudahan dalam penggunaannya.

3.1. Hasil Perancangan Dimensi Alat

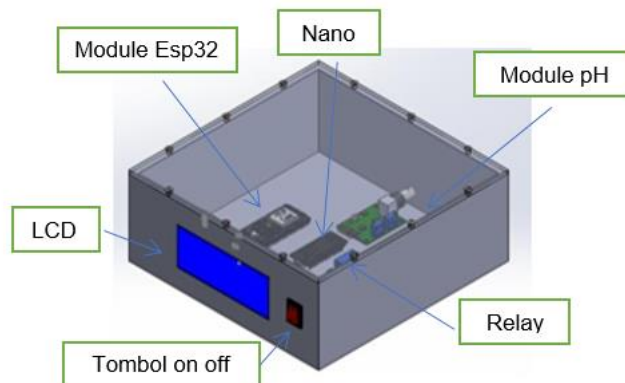
Pada sub bab ini diberikan penjelasan rancangan dimensi alat dan penjelasan mengenai hasil dari pengujian alat. Hasil pengolahan data penelitian dapat disajikan dalam tabel dan/atau grafik untuk mempermudah pembaca memahami hasil penelitian. Skematik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematik Rangkaian Keseluruhan

Gambar 2 menunjukkan skema alat yang kami buat, terdiri dari kolam silinder (diameter atas 50 cm, bawah 40 cm, tinggi 57 cm) untuk menampung air. Sistem ini dilengkapi sensor pH dan suhu untuk memantau kualitas air, modul ESP32 dan Arduino Nano sebagai pengolah data, relay untuk pengendalian daya, LCD untuk informasi, dan adaptor sebagai sumber

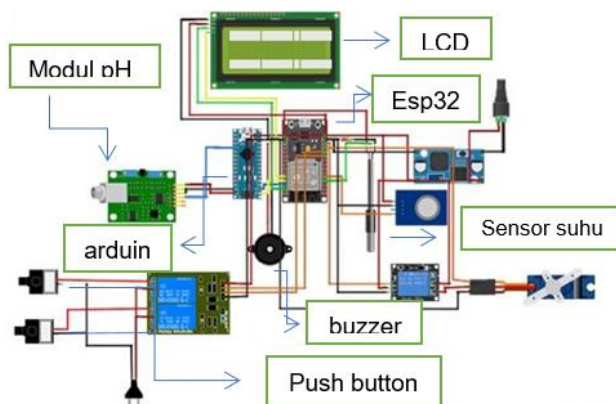
daya. Alat ini juga memiliki keran untuk pengisian air dan motor servo untuk pembuangan. Konfigurasi ini memungkinkan pengelolaan kualitas air secara otomatis dan mudah. Selain Skematik Rangkaian Keseluruhan kami juga menjelaskan mengenai box rangkaian kontrol dari alat yang dibuat ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Box Rangkaian Kontrol

Gambar 3 menunjukkan box rangkaian kontrol sistem kami, yang didalamnya terdiri dari modul ESP32 sebagai pengendali utama, *Arduino Nano* sebagai mikrokontroler tambahan, *relay* untuk mengontrol perangkat eksternal, LCD untuk menampilkan informasi *real-time*, sensor pH

untuk mengukur tingkat pH, sensor suhu untuk mengukur tingkat suhu dan tombol *On/Off* untuk kontrol manual. Komponen-komponen ini bekerja bersama memastikan kinerja alat yang efisien dan mudah digunakan. Skematik dapat dilihat pada Gambar 4.

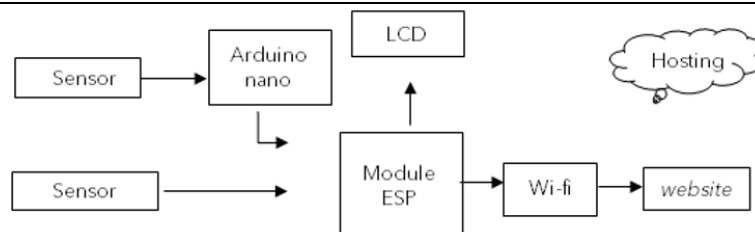


Gambar 4. Skematik Diagram Kontrol

Gambar 4 menunjukkan perancangan hardware terintegrasi yang terdiri dari ESP32, *Arduino Nano*, *relay*, LCD, *sensor pH*, *sensor suhu*, tombol *on/off*, *adaptor*, dan *buzzer*. ESP32 dan *Arduino Nano* mengoordinasikan sistem, *relay* mengontrol aliran listrik, dan LCD menampilkan informasi. Sensor-sensor mengukur parameter lingkungan, tombol *on/off* mengatur daya, *adaptor* menyuplai listrik, dan *buzzer* memberi peringatan. Integrasi ini mendukung sistem beroperasi secara efisien untuk pemantauan dan pengendalian lingkungan.

3.2. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak ini kami sajikan dalam bentuk blok diagram agar mudah dibaca dan dipahami. dihubungkan ke modul ESP32, setelah itu ESP32 sebagai otak dari rangkaian tersebut akan memproses data yang diambil oleh sensor suhu dan pH, hingga akhirnya hasil dari proses tersebut ditampilkan di layar LCD 20x4 seperti ilustrasi pada blok diagram pada Gambar 4. Selain dapat ditampilkan melalui LCD, system yang kami buat juga dapat ditampilkan melalui website yang sudah dihubungkan dengan system yang kami buat. Blok diagram dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Blok Diagram Perancangan Perangkat

Dihubungkan ke modul ESP32, setelah itu ESP32 sebagai otak dari rangkaian tersebut akan memproses data yang diambil oleh sensor suhu dan pH, hingga akhirnya hasil dari proses tersebut ditampilkan di layar LCD 20x4 seperti ilustrasi pada blok diagram pada gambar 4. Selain dapat ditampilkan melalui LCD, sistem yang kami buat juga dapat ditampilkan melalui *website* yang sudah dihubungkan dengan sistem yang dibuat.

3.3. Hasil Pengujian Alat

Pada tahap pengujian alat dilakukan beberapa pengujian terhadap keberfungsian komponen, terutama sensor yang digunakan. Seperti sensor suhu dan sensor pH, pada sensor suhu kami menggunakan 3 sampel air sebagai bahan uji coba dan kalibrasi sensor, begitupun dengan sensor pH kami menggunakan 3

serbuk *buffer* yang digunakan untuk mengkalibrasi sensor pH.

Pada pengujian kalibrasi sensor ini peneliti menggunakan serbuk kalibrasi pH 4.0, pH 6.86, dan pH 9.18 yang dilarutkan pada air *aquadest*. Kemudian peneliti melakukan pengukuran dengan sensor pH dan pH meter untuk membandingkan apakah data dari sensor sudah sesuai dengan serbuk kalibrasinya. Sensor harus memberikan hasil pengukuran yang tepat dan akurat sesuai dengan nilai sebenarnya dari parameter yang diukur. Kalibrasi juga membantu memastikan bahwa sensor memberikan output yang konsisten dari waktu ke waktu. Hal ini penting untuk menjaga keandalan dan prediktabilitas pengukuran sensor. Rumus menghitung nilai akurasi pembacaan sensor dapat dilihat pada persamaan (1) dan (2).

$$Error = \frac{Pembacaan\ Sensor - Pembacaan\ Alat\ Ukur}{Pembacaan\ Sensor} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$Akurasi = 100\% - Error \dots\dots\dots (2)$$

Hasil dari kalibrasi sensor pH yang menggunakan 3 serbuk *buffer* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Sensor pH dan pH Meter

Sample	Sensor pH	pH Meter
Buffer 1	3,60	3,63
Buffer 2	6,67	6,69
Buffer 3	9,05	9,04

Tabel 3 menampilkan perbandingan nilai antara sensor pH dan pH meter dengan beberapa sampel *buffer*. Untuk *buffer* 1, sensor pH menunjukkan nilai 3,62, sedangkan pH meter menunjukkan nilai 3,64. Pada *buffer* 2, sensor pH mencatat nilai 6,69, sementara pH meter menunjukkan nilai 6,70. Sedangkan untuk *buffer* 3, nilai yang terdeteksi oleh sensor pH adalah 9,04, dan pH meter mencatat nilai 9,06. Perbandingan ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensor pH kami sangat mendekati nilai yang

dihasilkan oleh pH meter, menandakan akurasi dan keandalan sensor pH yang digunakan dalam alat.

Kedua, pengujian sensor pH. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan keakuratan pembacaan sensor pH. Data hasil pengujian dikonversi menjadi nilai pH berdasarkan pembacaan pH meter. Perbedaan antara kedua hasil pembacaan tersebut digunakan sebagai nilai *error* untuk mengevaluasi keakuratan sensor pH. Tabel hasil pengujian pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor pH

Larutan	Sensor pH	pH meter	Error(%)	Akurasi (%)
Air cuka	2,86	2,85	0,34	99,66
Air mineral	6,19	6,34	0,24	99,76
Air Soklin	11,15	11,16	0,08	99,92
Rata-rata			99,78	

Hasil pengujian sensor pH menggunakan tiga sampel air, yaitu air cuka, air mineral, dan air Soklin, ditampilkan sebagai berikut. Pada pengujian dengan air cuka, sensor pH mencatat nilai 2,86, sedangkan pH meter menunjukkan 2,85, menghasilkan kesalahan (*error*) sebesar 0,34% dan akurasi 99,66%. Untuk air mineral, sensor pH mencatat nilai 6,19, sementara pH meter menunjukkan 6,34, dengan kesalahan

0,24% dan tingkat akurasi sebesar 99,76%. Pada pengujian air Soklin, sensor pH menunjukkan nilai 11,15, sementara pH meter menunjukkan 11,16, menghasilkan kesalahan sebesar 0,08% dengan akurasi 99,92%. Secara keseluruhan, rata-rata tingkat akurasi sensor pH dari pengujian ini adalah 99,78%. Grafik terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Pengujian Sensor pH

Dari Gambar 6, terlihat bahwa hasil pengukuran pH menggunakan sensor pH hampir sama dengan hasil dari pH meter untuk ketiga larutan (air cuka, air mineral, dan air Soklin). Selisih nilai pH yang kecil menunjukkan bahwa sensor pH bekerja dengan baik dalam mengukur pH. Grafik error dan akurasi menunjukkan bahwa kesalahan pengukuran (*error*) sangat kecil untuk semua larutan, yaitu kurang dari 0.5%. Kesalahan terkecil ditemukan pada larutan

air Soklin (0.08%). Akurasi pengukurannya juga sangat tinggi, dengan rata-rata 99.78%. Akurasi tertinggi ada pada air Soklin (99.92%) dan terendah pada air cuka (99.66%). Secara keseluruhan, sensor pH ini sangat akurat dan andal untuk mengukur pH berbagai larutan, sehingga dapat digunakan untuk banyak keperluan.

Ketiga adalah kalibrasi dan pengujian sensor suhu. Hasil kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kalibrasi Sensor Suhu

No	Sensor Suhu	Thermometer
1	27,5	27,0
2	6,04	6,0
3	43,12	43,0

Tabel 5. menyajikan data kalibrasi sensor suhu berdasarkan hasil pengukuran. Sensor suhu mencatat nilai 27,5°C, 6,04°C,

dan 43,12°C, sedangkan termometer sebagai alat pembanding mencatat nilai 27,0°C, 6,0°C, dan 43,0°C. Selisih antara

kedua hasil tersebut mencerminkan proses kalibrasi sensor suhu terhadap termometer, yang bertujuan untuk memastikan akurasi dan konsistensi pengukuran oleh sensor suhu.

Pengujian sensor suhu bertujuan untuk memastikan keakuratan pembacaan

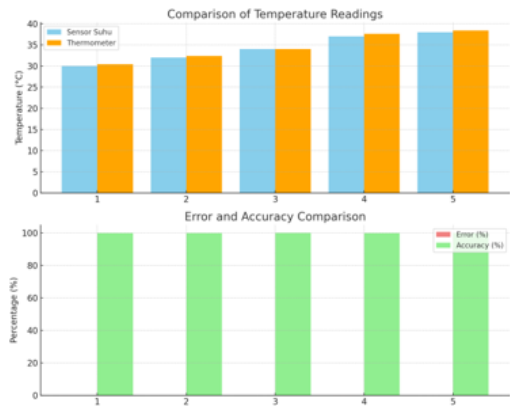
sensor suhu. Data hasil pengujian dikonversi menjadi nilai suhu berdasarkan pembacaan Thermometer. Perbedaan antara kedua hasil pembacaan tersebut digunakan sebagai nilai error untuk mengevaluasi keakuratan sensor suhu. Data pengujian pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Pengujian Sensor Suhu

No	Sensor Suhu	Thermometer	Error(%)	Akurasi(%)
1	30	30,4	0,13	99,87
2	32	32,4	0,13	99,87
3	34	34	0	100
4	37	37,6	0,16	99,84
5	38	38,4	0,1	99,9
Rata-rata				99,89

Tabel 6 menyajikan data hasil pengujian sensor suhu menggunakan lima tingkatan suhu air. Pada sampel pertama, sensor suhu mencatat nilai 30°C, sementara termometer sebagai pembanding menunjukkan 30,4°C. Error yang tercatat sebesar 0,13%, dengan akurasi mencapai 99,87%. Untuk sampel kedua, sensor suhu mencatat 32°C, sedangkan termometer menunjukkan 32,4°C, menghasilkan error 0,13% dan akurasi 99,87%. Pada sampel ketiga, baik sensor suhu maupun termometer menunjukkan hasil yang sama,

yaitu 34°C, sehingga error 0% dan akurasi mencapai 100%. Pada sampel keempat, sensor suhu mencatat 37°C, sementara termometer menunjukkan 37,6°C, menghasilkan error sebesar 0,16% dengan akurasi 99,89%. Pada sampel kelima, sensor suhu mencatat 38°C, sedangkan termometer menunjukkan 38,4°C, dengan error sebesar 0,1% dan akurasi 99,9%. Berdasarkan data tersebut, rata-rata akurasi yang diperoleh adalah 99,89%. Grafik dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Pengujian Sensor Suhu

Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa hasil pengukuran suhu menggunakan sensor suhu hampir sama dengan hasil dari termometer untuk semua pengujian (pengukuran 1 hingga 5). Selisih nilai suhu sangat kecil, menunjukkan bahwa sensor suhu memiliki performa yang baik dalam mengukur suhu. Grafik error dan akurasi menunjukkan bahwa nilai error sangat kecil, yaitu di bawah 0.2% untuk semua pengujian. Error terkecil terjadi pada pengukuran ke-3

(0%), sedangkan error tertinggi adalah pada pengukuran ke-4 (0.16%). Akurasi pengukuran sangat tinggi, dengan rata-rata mencapai 99.89%. Akurasi tertinggi ada pada pengukuran ke-3 (100%), dan akurasi terendah pada pengukuran ke-4 dan ke-1 (99.84% dan 99.87%). Secara keseluruhan, sensor suhu ini memiliki akurasi dan presisi yang sangat baik, sehingga dapat diandalkan untuk pengukuran suhu dalam berbagai kondisi.

4. SIMPULAN

Kesimpulan dari dokumen tersebut adalah bahwa penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan alat pemantau kualitas air kolam ikan lele berbasis teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini mampu memonitor parameter penting seperti suhu, dan pH secara real-time dengan tingkat akurasi tinggi (99,78% untuk sensor pH dan 99,89% untuk sensor suhu). Data yang dikumpulkan ditampilkan melalui layar LCD dan dapat diakses melalui aplikasi mobile atau platform web, sehingga memudahkan pengelolaan kolam. Alat ini juga mampu mengaktifkan perangkat otomatis seperti aerator dan pompa untuk menjaga kualitas air tetap optimal. Teknologi ini meningkatkan efisiensi operasional budidaya ikan lele, memungkinkan respons yang lebih cepat terhadap perubahan lingkungan, serta mendukung keberlanjutan lingkungan dan peningkatan produktivitas di sektor akuakultur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada seluruh pihak yang sudah terlibat dalam penulisan jurnal ini, khususnya kepada Bapak Zanu Saputra S. ST., M. Tr. T selaku pembimbing 1, dan Bapak Parulian Silalahi, M. Pd. selaku pembimbing 2. Dan terimakasih juga kami ucapkan kepada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung atas dukungan, bantuan, dan fasilitas yang telah diberikan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. P. Sugianti and H. Hafiludin, "Manajemen Kualitas Air pada Pembenihan Ikan Lele Mutiara (*Clarias gariepinus*) di Balai Benih Ikan (BBI) Pamekasan," *Juv. Ilm. Kelaut. dan Perikan.*, vol. 3, no. 2, pp. 32-36, 2022, doi: 10.21107/jjuvenil.v3i2.15813.
- [2] E. Patriono, R. Amalia, and M. Sitia, "Kualitas Air Kolam Budidaya dan Kolam Terpal untuk Pertumbuhan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) pada Kelompok Pembudidaya Ikan Lele di Kabupaten PALI Sumatera Selatan," *Sriwij. Biosci.*, vol. 2, no. 3, pp. 83-88, 2022, doi: 10.24233/sribios.2.3.2021.378.
- [3] S. Pemantauan, K. A. Berbasis, M. Octaviani, and N. Paramytha, "IoT-Based Water Quality Monitoring System for Catfish Ponds at Agrowisata Tekno 44," vol. 9, no. 1, pp. 10-17, 2024.
- [4] R. K. Afdan, F. Khairuddin, M. F. Mawla Lubis, Tsaabitahusnaa, and F. R. Hasibuan, "Pengaruh Kualitas Air terhadap Produksi Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*)," *J. Biol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1-8, 2023, doi: 10.47134/biology.v1i1.1932.
- [5] Syahrul, Muhammad Nur, Fajriani, Takril, and R. Fitriah, "Analisis Kesesuaian Kualitas Air Sungai dalam Mendukung Kegiatan Budidaya Perikanan di Desa Batetangnga, Kecamatan Binuang, Provinsi Sulawesi Barat," *SIGANUS J. Fish. Mar. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 171-181, 2021, doi: 10.31605/siganus.v3i1.1210.
- [6] E. S. Prihatini, "Manajemen Pembenihan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias Sp*) di Desa Kedunglosari Kecamatan Tembelang Kabupaten Jombang," *Grouper*, vol. 9, no. 1, p. 22, 2018, doi: 10.30736/grouper.v9i1.30.
- [7] D. M. Sihotang, "Penentuan Kualitas Air untuk Perkembangan Ikan Lele Sangkuriang Menggunakan Metode Fuzzy SAW," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 4, pp. 372-376, 2018, doi: 10.22146/jnteti.v7i4.453.
- [8] R. Ardyanti, D. D. Nindarwi, L. A. Sari, and P. D. Wulan Sari, "Manajemen Pembenihan Lele Mutiara (*Clarias Sp.*) dengan Aplikasi Probiotik di Unit Pelayanan Teknis Pengembangan Teknologi Perikanan Budidaya (UPT PTPB) Kepanjen, Malang, Jawa Timur," *J. Aquac. Fish Heal.*, vol. 7, no. 2, p. 84, 2018, doi: 10.20473/jafh.v7i2.11254.
- [9] *J. Grouper*, "2 , 175," vol. 9, no. April, pp. 8-13, 2018.
- [10] A. Herlina, M. S. Ardiansah, R. Fadilah, S. Alif, and H. Maha, "Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Lele Berbasis IOT dengan Sistem Tenaga Hibrida," vol. 6, no. 1, pp. 33-45.