
Sistem Pengendalian dan Pemantauan Kolam Bioflok Berbasis IoT (Internet of Things) dengan Google Firebase

*Irvan Ardhi Permana**¹, *Tri Handayani*², *Bagus Gilang Pratama*³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Perancangan ITNY, Yogyakarta
e-mail: 1311218061@students.itny.ac.id, trie.handayani@itny.ac.id, bagusgilangp@itny.ac.id

Abstrak

Perikanan air tawar memiliki potensi ekonomi yang signifikan, dan salah satu metode yang digunakan adalah bioflok menggunakan kolam beton atau terpal. Namun, sistem bioflok dihadapkan pada sejumlah tantangan yang harus diatasi agar berfungsi dengan baik. Parameter-parameter kritis seperti padatan terlarut, pH, suhu, dan kekeruhan air, memainkan peran penting dalam meningkatkan tingkat kelangsungan hidup ikan dikarenakan tingkat stabilitas pH air yang optimal, kualitas air yang terjaga dari tingkat padatan terlarut yang tepat, serta kekeruhan air yang termonitor dengan baik, merupakan faktor krusial dalam menjaga kesehatan dan kelangsungan hidup ikan dalam sistem bioflok.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi sistem bioflok dalam perikanan air tawar melalui penggunaan teknologi mikrokontroler dan sensor. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat pengendali yang terhubung dengan database melalui internet. Sensor-sensor seperti DHT22 (suhu dan kelembapan udara), DS18B20 (suhu air), TDS (padatan terlarut dalam air), pH, dan turbidimeter digunakan untuk memantau dan mengukur parameter-parameter tersebut. Selain itu, relay digunakan untuk mengatur pompa air dan aerator. Bahasa pemrograman C dengan menggunakan Arduino IDE digunakan untuk memprogram mikrokontroler ESP32. Implementasi sistem yang dirancang dapat memantau dan mengontrol parameter-parameter penting seperti suhu dan kelembapan lingkungan, suhu air, pH air, TDS, dan turbiditas.

Hasil penelitian berupa sistem yang dapat memantau kondisi kolam dan mengatur pompa air dan aerasi sesuai kondisi ideal, agar menjaga kualitas air untuk mendukung organisme air dan aplikasi seperti budidaya ikan.

Kata kunci: perikanan air tawar, bioflok, mikrokontroler ESP32, sensor, parameter, pengendalian, kelangsungan hidup ikan.

Abstract

Freshwater fisheries hold significant economic potential, and one method employed is biofloc technology using concrete or tarpaulin ponds. However, the biofloc system faces several challenges that need to be addressed for optimal functioning. Critical parameters such as dissolved solids, pH, temperature, and water turbidity play a crucial role in enhancing fish survival rates due to optimal pH stability, well-maintained water quality with appropriate dissolved solid levels, and effectively monitored water turbidity. These factors are pivotal in maintaining the health and survival of fish within the biofloc system.

This study aims to enhance the efficiency of the biofloc system in freshwater fisheries through the integration of microcontroller technology and sensors. The ESP32 microcontroller serves as the central controller connected to a database via the internet. Sensors such as DHT22 (air temperature and humidity), DS18B20 (water temperature), TDS (dissolved solids in water), pH, and a turbidimeter are utilized to monitor and measure these critical parameters. Additionally, relays are employed to control the water pump and aerator. The C programming language using the Arduino

IDE is utilized to program the ESP32 microcontroller. The implemented system is designed to monitor and control essential parameters such as environmental temperature and humidity, water temperature, pH levels, TDS, and turbidity.

The research results in a system capable of monitoring pond conditions and regulating water pump and aeration according to ideal conditions, thereby maintaining water quality to support aquatic organisms and applications such as fish farming.

Keywords: freshwater fisheries, biofloc, ESP32 microcontroller, sensors, parameters, control, fish survival.

1. PENDAHULUAN

Budidaya ikan merupakan suatu usaha untuk melakukan pengembangbiakan ikan untuk keperluan kehidupan terutama untuk konsumsi. Usaha di bidang perikanan air tawar merupakan potensi untuk menghasilkan pundi-pundi rupiah. Hal ini haruslah didukung dengan pengalaman serta ilmu yang cukup. Sistem perikanan air tawar sendiri dapat dilakukan di beberapa tempat meliputi kolam beton atau terpal, keduanya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Salah satu metode perikanan air tawar yakni bioflok.

Bioflok merupakan jenis metode perikanan air tawar yang menggunakan kolam beton atau terpal. Akan tetapi dalam sistem bioflok ini memiliki banyak masalah yang harus diselesaikan agar sistem ini berjalan dengan baik. Masalah yang banyak dialami di sistem bioflok sendiri menyangkut parameter-parameter yang harus terpenuhi, agar *Survival Rate* (SR) ikan meningkat, parameter utama yang harus dipenuhi meliputi, kadar oksigen terlarut didalam air (*Dissolved Oxygen*), padatan terlarut pada air (*Total Dissolved Solids*), pH, suhu, dan kekeruhan air (*Turbidity*).

Faktanya di lapangan pembudidaya ikan membuat kolam dan langsung memberi pakan tanpa memperhatikan dan mengontrol kualitas air di kolam. Jika terjadi penurunan kualitas air, pembudidaya terlambat menyadari hal tersebut dimana ikan sudah terlanjur mengalami stres. Pada prakteknya para pembudidaya ikan masih melakukan pengukuran kualitas air secara manual, yaitu dengan mendatangi kolam ikan dan menggunakan alat ukur sederhana.

Investasi dan biaya operasional merupakan kendala terbesar dalam memodernisasi tambak ikan yang sebenarnya sangat menguntungkan. Maka dari itu, pembuatan kolam air tawar dengan sistem bioflok sangat efektif digunakan di daerah sulit akses air, karena kolam bioflok tidak membutuhkan air yang mengalir dan tidak dibutuhkannya penggantian air, hanya penambahan air untuk menjaga ketinggian air yang diperlukan.

Parameter kualitas air merupakan terpenting untuk memelihara budidaya ikan menggunakan bioflok. Dengan pengembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada sistem ini dapat membantu pembudidaya untuk melakukan pemantauan terhadap kualitas air secara otomatis, sehingga dapat meningkatkan tingkat keberhasilan dalam pembudidayaan ikan lele.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini bersifat eksperimental. yaitu mengimplementasikan sistem berbasis IoT yang dapat diakses melalui *website* untuk mengendalikan dan memantau kolam ikan air tawar. Seperti yang tertera pada Gambar 1, tahapan yang akan dilakukan untuk penelitian ini, yaitu:

1. Analisis dan Literatur

Sistem monitoring pada sistem bioflok masih jarang di Indonesia. Oleh karena itu dengan adanya perkembangan teknologi ini dapat mempengaruhi hasil dari budidaya ikan dengan system bioflok dan terpenuhinya penelitian.

2. Desain

Proses perancangan dilakukan dengan merancang proses kerja dari sistem monitoring pada sistem bioflok.

3. Uji Coba

Tahap uji coba dilakukan dengan menindaklanjuti desain yang sudah tersusun. Uji coba yang dilakukan meliputi kelayakan kolam, pengujian sensor, pemasangan komponen, sistem monitoring, kontrol, dan pengujian filtrasi yang sudah terpasang pada kolam.

4. Implementasi

Penggabungan komponen seperti sensor dan mikrokontroler. pada tahap ini perlu kalibrasi sensor pH, Turbidity, Total Dissolved Solids, Detector Humidity and Temperature, dan Suhu air untuk menjadikan sensor tersebut akurat.

5. Evaluasi

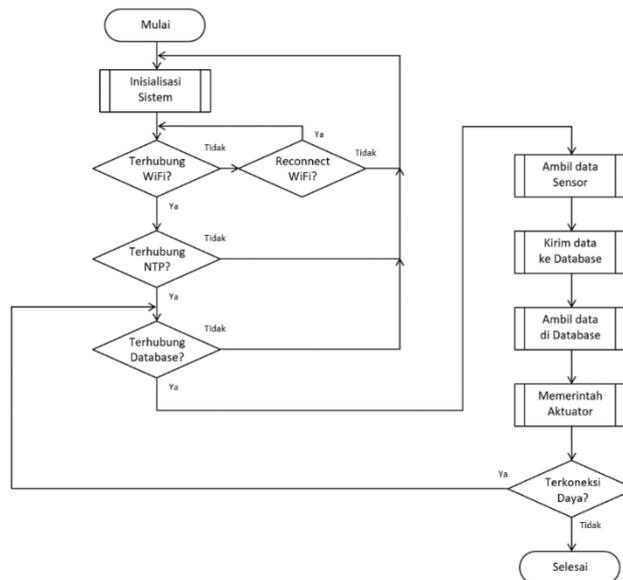
Proses untuk melihat apakah sistem yang sedang dibangun berhasil, sesuai dengan harapan awal atau tidak. tahap evaluasi meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, dan implementasi.



Gambar 1 Metode Penelitian

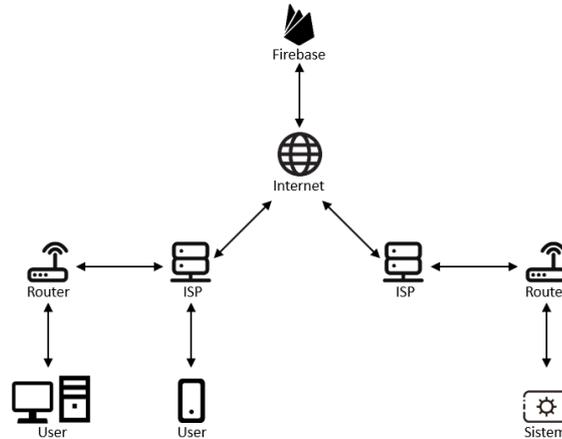
2.1. Perancangan Sistem

Sistem yang akan dibuat memiliki lima (5) buah masukan, yaitu sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor DS18B20 untuk mengukur suhu pada air, sensor pH untuk mengukur keasaman dan kebasaan air, sensor TDS untuk mengukur padatan terlarut, dan sensor Turbidity untuk mengukur kekeruhan air. Relay berfungsi sebagai saklar untuk mematikan dan menyalakan pompa air dan aerator, dan LCD digunakan sebagai penampil dari jaringan WiFi yang digunakan dan penampil hasil dari pengukuran sensor.



Gambar 2 Flowchart dari Program Yang Akan Dibuat

Gambaran kerja sistem pengendalian dan pemantauan kolam bioflok ini ditunjukkan pada Gambar 2, sistem akan mengambil data pada database seperti interval pengiriman data, perintah untuk memulai ulang sistem, serta kontrol terhadap aktuator. Kemudian, sistem akan mengirimkan hasil pembacaan sensor ke database sesuai dengan interval yang ditentukan oleh pengguna.

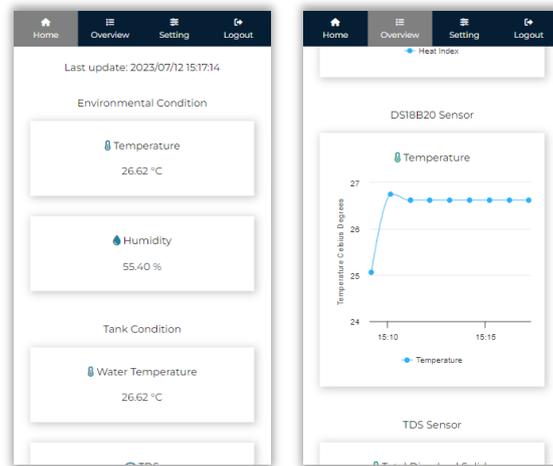


Gambar 3 Alur Komunikasi Data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang dimaksud adalah memperoleh data-data yang berkaitan dengan penelitian ini sehingga penelitian ini memenuhi tujuan.



Gambar 4 Hasil Pengukuran yang Tertera pada Tampilan *Website*

Untuk melihat hasil pengukuran, pengguna dapat mengunjungi *website* melalui perangkat komputer atau perangkat *mobile* mereka. Setelah masuk ke halaman utama, pengguna akan langsung melihat hasil pembacaan terakhir yang dikirim oleh alat ke *database* seperti pada Gambar 4. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melihat data terbaru dengan cepat dan mudah.



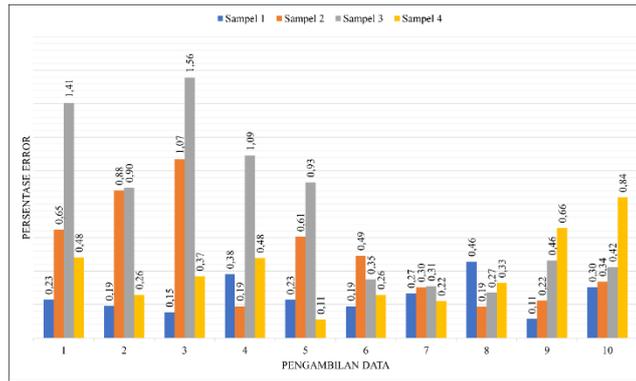
Gambar 5 Hasil Pengukuran yang Tertera pada LCD

Selain itu, hasil pembacaan juga dapat dilihat melalui sebuah layar LCD 20x4 yang terpasang pada alat yang telah dibuat seperti pada Gambar 5. Layar ini menyediakan tampilan visual langsung dari hasil pembacaan, sehingga pengguna dapat melihat data secara langsung tanpa harus mengakses *website*.



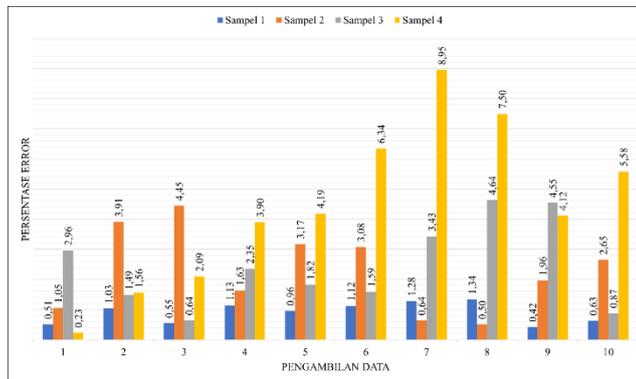
Gambar 6 Pengujian dengan Alat Ukur Pembanding

Pada percobaan pengukuran suhu air, empat sampel berbeda telah diuji untuk mengamati nilai error yang terjadi selama pengujian. Sampel 1 menunjukkan nilai error yang relatif stabil dengan perbedaan kecil dari pengujian ke pengujian. Rata-rata error yang terjadi sebesar 0,26%, dengan nilai error terendah sebesar 0,11% dan nilai error tertinggi sebesar 0,46%. Sampel 2 menunjukkan variasi yang lebih tinggi dalam nilai error. Rata-rata error yang terjadi sebesar 0,50%, dengan nilai error terendah sebesar 0,19% dan nilai error tertinggi sebesar 1,07%. Sampel 3 menunjukkan variasi yang lebih tinggi lagi dibandingkan dengan sampel sebelumnya. Rata-rata error yang terjadi sebesar 0,87%, dengan nilai error terendah sebesar 0,27% dan nilai error tertinggi sebesar 1,56%. Sampel 4 menunjukkan variasi yang relatif stabil dengan perbedaan yang kecil antara pengujian-pengujian yang dilakukan. Rata-rata error yang terjadi sebesar 0,42%, dengan nilai error terendah sebesar 0,11% dan nilai error tertinggi sebesar 0,84%.



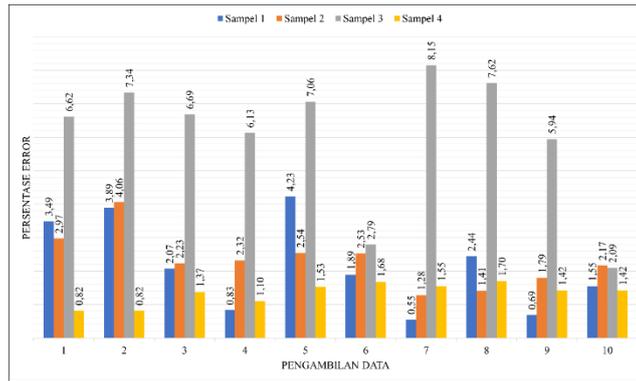
Gambar 7 Grafik Persentase *Error* Pengukuran Suhu

Pada percobaan pengukuran Total Dissolved Solids (TDS), sampel 1 menunjukkan variasi yang relatif stabil dalam nilai *error*, dengan perbedaan yang kecil antara pengujian-pengujian yang dilakukan. Rata-rata *error* yang terjadi sebesar 0,85%, dengan nilai *error* terendah sebesar 0,42% dan nilai *error* tertinggi sebesar 1,34%. Sampel 2 menunjukkan variasi yang lebih tinggi dalam nilai *error* dibandingkan dengan sampel sebelumnya. Rata-rata *error* yang terjadi sebesar 2,43%, dengan nilai *error* terendah sebesar 0,50% dan nilai *error* tertinggi sebesar 4,45%. Sampel 3 juga menunjukkan variasi yang relatif stabil, dengan perbedaan yang kecil antara pengujian-pengujian yang dilakukan. Rata-rata *error* yang terjadi sebesar 2,36%, dengan nilai *error* terendah sebesar 0,64% dan nilai *error* tertinggi sebesar 4,64%. Sampel 4 menunjukkan variasi yang sangat tinggi dalam nilai *error*. Rata-rata *error* yang terjadi sebesar 4,62%, dengan nilai *error* terendah sebesar 0,23% dan nilai *error* tertinggi sebesar 8,95%.



Gambar 8 Grafik Persentase *Error* Pengukuran TDS

Dalam percobaan pengukuran pH, sampel 1 menunjukkan variasi yang cukup signifikan dalam nilai *error*. Rata-rata *error* yang terjadi sebesar 2,20%, dengan nilai *error* terendah sebesar 0,55% dan nilai *error* tertinggi sebesar 4,23%. Sampel 2 menunjukkan variasi yang lebih stabil dibandingkan dengan sampel sebelumnya. Rata-rata *error* yang terjadi sebesar 2,26%, dengan nilai *error* terendah sebesar 1,28% dan nilai *error* tertinggi sebesar 4,06%. Sampel 3 menunjukkan variasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel sebelumnya. Rata-rata *error* yang terjadi sebesar 5,94%, dengan nilai *error* terendah sebesar 2,09% dan nilai *error* tertinggi sebesar 8,15%. Sampel 4 menunjukkan variasi yang relatif stabil dengan perbedaan kecil pengujian-pengujian yang dilakukan. Rata-rata *error* yang terjadi sebesar 1,37%, dengan nilai *error* terendah sebesar 0,82% dan nilai *error* tertinggi sebesar 1,70%.



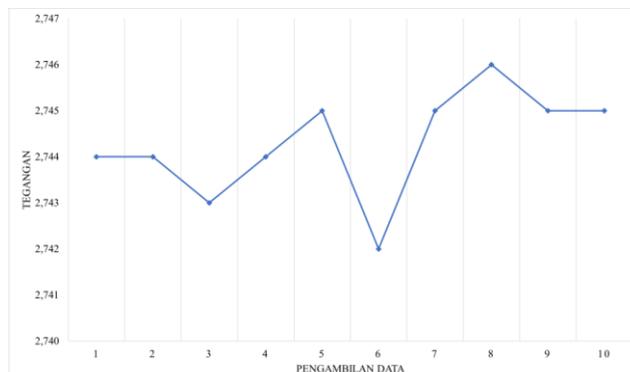
Gambar 9 Grafik Persentase *Error* Pengukuran pH

Pengujian terhadap hasil yang didapatkan dari sensor turbidity dan sensor DHT22 tidak dibandingkan dengan alat ukur lain dikarenakan tidak tersedia alat ukur sebagai pembanding yang dapat digunakan untuk memvalidasi hasil yang diperoleh. Oleh karena itu, hasil dari kedua sensor tersebut hanya disertakan sebagai informasi tambahan untuk menguji keandalan dari masing-masing sensor.

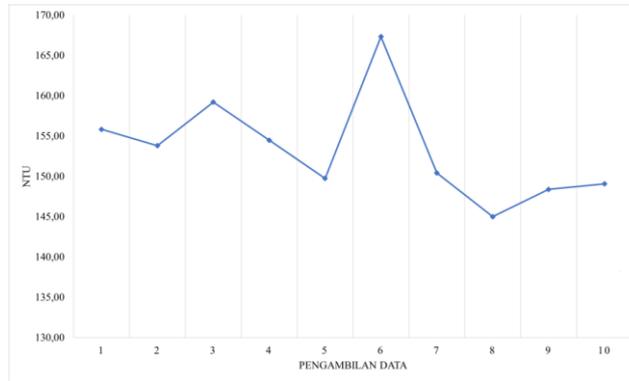
Tabel 1 Keluaran Sensor Turbidity

Percobaan	Hasil	
	Tegangan	Kekeruhan
1	2,744	155,83
2	2,744	153,80
3	2,743	159,21
4	2,744	154,48
5	2,745	149,74
6	2,742	167,32
7	2,745	150,41
8	2,746	144,99
9	2,745	148,38
10	2,745	149,06

Dari pengukuran turbidity, data yang tertera menunjukkan hasil bacaan kekeruhan yang dikaitkan dengan tegangan yang dihasilkan oleh sensor turbidity. Terdapat kecenderungan bahwa semakin tinggi tegangan yang diukur, maka pembacaan kekeruhan cenderung menurun.



Gambar 10 Tegangan Keluaran dari Sensor Turbidity

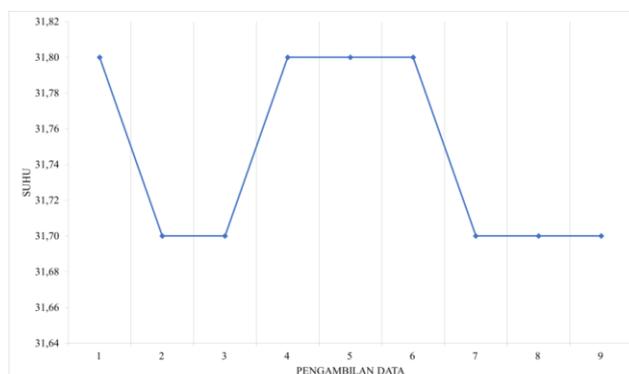


Gambar 11 Hasil Pengukuran dari Persamaan

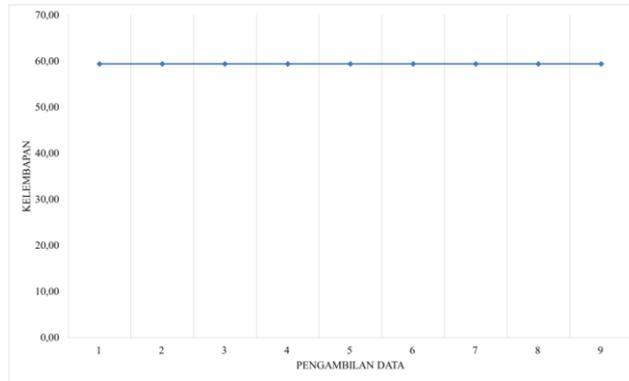
Tabel 2 Keluaran Sensor DHT22

Percobaan	Hasil		
	Suhu	Kelembapan	Heat Index
1	31,80	59,40	36,44
2	31,70	59,40	36,21
3	31,70	59,40	36,21
4	31,80	59,40	36,44
5	31,80	59,40	36,44
6	31,80	59,40	36,44
7	31,70	59,40	36,21
8	31,70	59,40	36,21
9	31,70	59,40	36,21
10	31,80	59,40	36,44

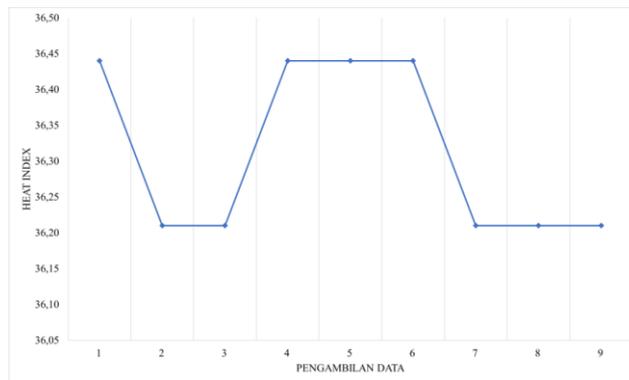
Untuk pengujian sensor DHT22, dilakukan pengukuran terhadap suhu, kelembapan, dan indeks panas (heat index) yang terbaca oleh sensor. Suhu terendah yang tercatat adalah 31,70°C, sementara suhu tertinggi mencapai 31,80°C. Ini menunjukkan variasi suhu yang relatif kecil dalam pengukuran yang dilakukan. Rata-rata suhu yang dihitung berdasarkan data tersebut adalah sebesar 31,75°C. Kelembapan yang terendah dan tertinggi adalah 59,40%, menunjukkan tingkat kelembapan yang relatif stabil dalam pengukuran yang dilakukan. Tidak ada variasi yang signifikan dalam kelembapan. Rata-rata kelembapan yang dihitung adalah 59,40%. Heat index, yang merupakan ukuran perasaan panas yang dirasakan manusia, memiliki nilai terendah sebesar 36,21°C dan nilai tertinggi sebesar 36,44°C. Ini menunjukkan variasi yang kecil dalam perasaan panas yang dirasakan oleh manusia. Rata-rata heat index yang dihitung berdasarkan data tersebut adalah sebesar 36,325°C.



Gambar 12 Hasil Pengukuran Suhu dari Sensor DHT22



Gambar 13 Hasil Pengukuran Kelembapan dari Sensor DHT22



Gambar 14 Hasil Pengukuran *Heat Index* dari Sensor DHT22

Pada pengendalian pompa air dan aerator, sistem dapat diatur menjadi mode otomatis dan mode manual. Pada mode manual, sistem akan merespon perubahan sesuai dengan masukan yang dikirim melalui website. Pada pengendalian dengan mode otomatis, sistem akan membaca nilai dari sensor pH dan TDS untuk dibandingkan dengan parameter yang sudah ditentukan sebelumnya didalam program. Dari hasil yang didapatkan, sistem dengan mudah mengendalikan pompa air dan aerator secara akurat sesuai dengan parameter yang sudah ditentukan.

Tabel 3 Hasil Pengendalian dengan Mode Manual

Percobaan	Perintah		Status	
	Pompa Air	Aerator	Pompa Air	Aerator
1	Mati	Mati	Mati	Mati
2	Mati	Hidup	Mati	Hidup
3	Hidup	Mati	Hidup	Mati
4	Hidup	Hidup	Hidup	Hidup

Tabel 4 Hasil Pengendalian dengan Mode Otomatis

Percobaan	Hasil Ukur		Status	
	pH	TDS	Pompa Air	Aerator
1	7,41	452,49	Mati	Hidup
2	7,42	450,53	Mati	Hidup
3	7,41	447,92	Mati	Mati
4	7,41	445,31	Mati	Mati
5	7,41	449,88	Mati	Mati

Tabel 4 Lanjutan

Percobaan	Hasil Ukur		Status	
	pH	TDS	Pompa Air	Aerator
6	7,41	447,92	Mati	Mati
7	7,41	449,88	Mati	Mati
8	7,40	450,53	Mati	Hidup
9	7,39	451,74	Mati	Hidup
10	7,39	450,82	Mati	Hidup

3.2 Pembahasan

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, sistem terhubung dengan internet melalui jaringan WiFi dan menggunakan layanan Firebase Realtime Database dari Google Firebase untuk mengelola dan menyimpan data. Firebase Authentication diterapkan untuk keamanan data, memastikan bahwa akses hanya diberikan kepada entitas yang sah dan berizin. Sebelum sistem dapat mengirim atau menerima data dari Firebase Realtime Database, proses otentikasi harus dilalui, menjamin bahwa setiap akses data hanya dilakukan oleh entitas yang sah. Data yang berhasil disimpan di Firebase Realtime Database dapat diakses melalui website yang dibangun menggunakan layanan Firebase Hosting. Keamanan juga dijaga pada website dengan menerapkan Firebase Authentication, memastikan bahwa pengguna yang ingin mengakses sistem melalui website harus melewati proses otentikasi terlebih dahulu.

Website menyajikan data terakhir yang dikirim oleh alat ke database, mencakup waktu pembacaan, nilai pembacaan, dan keterangan tambahan. Selain halaman utama, sistem memiliki halaman overview yang memungkinkan pengguna melihat hingga 50 data terakhir, memungkinkan pemantauan tren dan perubahan dari waktu ke waktu. Pengujian sistem menunjukkan kinerja yang baik dalam mengukur suhu, nilai pH, dan TDS pada air dengan tingkat keakuratan yang memadai. Namun, perlu dicatat bahwa pengujian turbidity tidak dilakukan dengan alat ukur pembanding, sehingga hasilnya hanya memberikan indikasi awal tentang tingkat kekeruhan air.

Sistem juga mengendalikan pompa air dan aerator dengan respons yang cepat terhadap perintah dari website. Mode manual memungkinkan kontrol langsung dengan kecepatan yang bergantung pada kualitas koneksi internet, sementara mode otomatis secara akurat menyesuaikan pengendalian sesuai dengan perubahan parameter. Secara keseluruhan, sistem yang dibangun menunjukkan kinerja yang baik dalam pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan kolam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Suhu yang dihasilkan oleh sensor DS18B20 memiliki pengaruh pada hasil pembacaan sensor pH dan sensor TDS. Oleh karena itu, perlu memperhitungkan dan mengkoreksi suhu saat menganalisis data dari kedua sensor tersebut.
 2. Proses kalibrasi merupakan faktor penting yang memengaruhi hasil pembacaan sensor pH. Kalibrasi yang tepat dilakukan secara berkala untuk memastikan hasil pembacaan yang akurat dan konsisten.
 3. Posisi sensor TDS pada kolam mempengaruhi hasil pembacaan. Penempatan sensor harus dipertimbangkan dengan cermat agar pembacaan mencerminkan kualitas air secara keseluruhan.
 4. Sensor TDS yang menempel pada pinggir kolam dapat menghasilkan pembacaan yang lebih besar daripada seharusnya. Hal ini perlu diwaspadai dan dapat dihindari untuk memastikan akurasi pembacaan yang lebih baik.
 5. Internal delay pada library DHT22 berpengaruh pada kecepatan sistem. Penting untuk mempertimbangkan dan mengoptimalkan kinerja respons sistem dalam mengakses data dari sensor DHT22.
-

6. Penggunaan alat ukur pembanding diperlukan untuk membandingkan hasil pembacaan sensor DHT22 dan sensor Turbidity. Alat ini akan membantu memverifikasi dan memvalidasi hasil pembacaan dari kedua sensor tersebut.
7. Penggunaan level logic converter diperlukan agar sensor Turbidity menggunakan tegangan 5V.
8. Koneksi yang stabil diperlukan agar sistem dapat beroperasi dengan baik. Koneksi yang tidak stabil dapat mengganggu akurasi dan kinerja sistem secara keseluruhan.

5. SARAN

Adapun saran yang dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian yang telah dilakukan, adalah sebagai berikut:

1. Lakukan koreksi suhu saat melakukan analisis data sensor pH dan TDS untuk memastikan hasil yang lebih akurat dengan memanfaatkan data suhu dari sensor DS18B20.
2. Lakukan kalibrasi sensor pH secara rutin dan dokumentasikan prosesnya dengan baik untuk hasil pembacaan yang konsisten.
3. Lakukan uji coba dan eksperimen untuk menentukan posisi optimal penempatan sensor TDS di kolam agar hasil pembacaan lebih mewakili kondisi air.
4. Hindari menempatkan sensor TDS terlalu dekat dengan pinggir kolam untuk menghindari distorsi hasil pembacaan, dan pastikan sensor ditempatkan pada lokasi yang mewakili kondisi air secara keseluruhan.
5. Evaluasi dan optimalkan kinerja sistem terkait respons sensor DHT22 untuk mengurangi pengaruh internal delay pada sistem.
6. Gunakan alat ukur pembanding yang terkalibrasi dengan baik untuk memverifikasi hasil pembacaan sensor DHT22 dan sensor Turbidity untuk memastikan akurasi data yang dihasilkan.
7. Pastikan koneksi internet stabil untuk menjaga kelancaran operasi.
8. Gunakan level logic converter agar sensor Turbidity beroperasi pada tegangan 5V.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arefin Mozumder, S., & Sagar, S. (2021). *Smart IoT-Biofloc Water Management System Using Decision Regression Tree*.
- [2] Dendy Denhero, G., Elba Duta Nugraha, I. P., & Jasa, L. (2022). PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN KONTROL KUALITAS AIR SERTA PEMBERIAN PAKAN OTOMATIS PADA BUDIDAYA LELE BIOFLOK BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(4), 135. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2021.v08.i04.p16>
- [3] Erfan, R., Adhitama, D., Ekojono, E., Ariyanto, R., Andrie, R., Ronilaya, F., Siradjuddin, I., & Setiawan, A. (2018). Sistem Monitoring Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet Of Things Menggunakan Raspberry Pi. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5, 745. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2018561135>
- [4] Firman Ashari, I., Cahyo Untoro, M., Praseptiawan, M., Afriansyah, A., & Nur'azmi, E. (2022). Sistem Monitoring dan Kontrol Budidaya Ikan Nila Berbasis IoT dengan Bioflok (Studi kasus: Kelompok Budidaya Ikan Sadewa Mandiri, Pringsewu). *Suluh Bendang: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 22(2), 1–12.
- [5] Mamunur Rashid, M., Nayan, A.-A., Obaidur Rahman, M., Afrin Simi, S., Saha, J., & Golam Kibria, M. (2021). IoT based Smart Water Quality Prediction for Biofloc Aquaculture. *IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(6), 56–62. www.ijacsa.thesai.org
- [6] Mosenia, A., & Jha, N. K. (2017). A Comprehensive Study of Security of Internet-of-Things. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 5(4), 586–602. <https://doi.org/10.1109/TETC.2016.2606384>
- [7] Nur Amelia, M. (2018). *Sistem Monitoring Budidaya Ikan Lele Teknik Bioflok Berdasarkan Suhu Dan pH Air*.

-
- [8] Phawa, S. C., Ryntathiang, I., Shylla, W., & Das, G. (2020). Design and Development of Automation System For Biofloc Fish Farming. *ADBU Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE)* |, 4. www.tinyurl.com/ajejee-adbu
- [9] Pratiwy, F. M., Jacinda, A. K., & Yustiati, A. (2021). Application of IoT-based Technology in Vaname Shrimp Cultivation: A Systematic Literature. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 15(6), 96–106. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2021/v15i630354>
- [10] Widodo, T., Prastowo, A. T., & Surahman, A. (2020). Sistem Sirkulasi Air Pada Teknik Budidaya Bioflok Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3. *JTIKOM*, 1(2), 34–39.
- [11] Zamora, R., Harmadi, & Wildian. (2015). *Perancangan Alat Ukur TDS (Total Dissolved Solid) Air Dengan Sensor Konduktivitas Secara Real Time. 1*, 11–15.
- [12] Zuhdan, M., Budihartono, E., & Maulana, A. (2021). *SISTEM MONITORING DATA KEKERUHAN AIR PADA BUDIDAYA IKAN LELE BERBASIS IOT*.
-