

Implementasi Sistem IoT Untuk Pemberian Pakan Otomatis dan Monitoring pH Kolam Ikan Nila

Muhammad Asri^{*1}, Iqbal Faturachman Usman², Riski Buhang³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ichsan Gorontalo
Email: ¹asriarfah@gmail.com, ²iblusman16@gmail.com, ³riskibuhang07@gmail.com

Abstrak

Pakan dan kualitas air terutama tingkat keasaman (pH) berperan penting dalam pertumbuhan dan kesehatan ikan nila. Metode pemberian pakan yang dilakukan oleh kelompok tani Al-Hidayah di Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo masih menggunakan cara konvensional sehingga sering kali kurang efisien dalam pemberian pakan dan tidak adanya cara mengetahui kondisi kualitas air secara langsung. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan perangkat sistem otomatis dalam pemberian pakan ikan nila dan monitoring pH air kolam secara *real-time* berbasis IoT, sehingga diharapkan dapat mengoptimalkan efisiensi dalam pemberian pakan dan mengetahui kondisi pH air kolam. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif eksperimental. Penelitian ini menguji kinerja motor servo dalam pemberian pakan dan sensor pH untuk monitoring kondisi kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi sesuai dengan jadwal yang diatur menggunakan aplikasi *Blynk*, dengan waktu *delay* rata-rata 1 detik. Untuk nilai pH air kolam didapatkan antara 7,1 - 7,6 dan masih berada dalam kondisi yang aman untuk ikan nila. Dengan berhasilnya sistem beroperasi selama pengujian maka sistem pemberian pakan otomatis dan monitoring pH air kolam berbasis IoT mampu mengoptimalkan budidaya ikan nila dan memberikan kemudahan penggunaan perangkat pada kelompok tani serta mampu menjaga kualitas air kolam secara optimal.

Kata kunci: monitoring pH air, motor servo, pakan ikan nila, *IoT*.

Abstract

Feed and water quality, especially acidity (pH), play an important role in the growth and health of tilapia. The feeding method carried out by the Al-Hidayah farmer group in Bone Bolango Regency, Gorontalo Province still uses conventional methods so that it is often less efficient in feeding and there is no way to know the condition of water quality directly. This research aims to implement an automatic system device in feeding tilapia fish and monitoring the pH of pond water in real-time based on IoT, so that it is expected to optimize efficiency in feeding and knowing the pH condition of pond water. The research method used is an experimental quantitative approach. This research tests the performance of servo motors in feeding and pH sensors for monitoring water quality conditions. The results showed that the system can operate according to the schedule set using the Blynk application, with an average delay time of 1 second. The pH value of the pond water is obtained between 7.1 - 7.6 and is still in a safe condition for tilapia. With the successful operation of the system during the test, the automatic feeding system and IoT-based pond water pH monitoring are able to optimize tilapia farming and provide ease of use of the device in farmer groups and are able to maintain optimal pond water quality.

Keywords: water pH monitoring, servo motor, tilapia feed, *IoT*.

This work is an open access article and licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)



1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan yang pesat budidaya ikan nila didorong oleh tingginya permintaan akan ikan nila yang dikenal sebagai ikan konsumsi dengan nilai ekonomis tinggi. Namun, salah satu tantangan utama dalam budidaya ikan adalah memastikan kondisi lingkungan budidaya yang optimal. Kualitas air seperti suhu, kadar amoniak dan nitrit, oksigen terlarut, serta tingkat keasaman suatu perairan (pH), dan juga rasio antara jumlah pakan dengan kepadatan adalah suatu faktor yang mempengaruhi kelangsungan hidup ikan nila [1], dan keberadaan plankton, bakteri, dan sebagainya [2]. Kualitas air yang buruk yang dapat menyebabkan stres, penyakit, pertumbuhan lambat, dan kematian ikan [3]. Oleh karena itu, permasalahan ini sangat penting untuk diselesaikan demi

keberlanjutan dan meningkatkan hasil panen ikan nila di tambak ikan nila yang dikelola oleh Kelompok Tani Al-Hidayah di Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo.

Masalah yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini adalah masih kurangnya sentuhan teknologi dalam pemberian pakan dan mengetahui kualitas air pada tambak ikan nila, mengakibatkan kurang efektif dan efisiennya pemberian pakan, termasuk pada Sistem pemberian pakan secara manual yang masih lazim digunakan tidak efisien, membutuhkan tenaga kerja tambahan, dan sering kali tidak konsisten dalam hal jumlah maupun waktu pemberian pakan. Hal ini dapat berdampak pada pertumbuhan ikan yang tidak optimal dan mengganggu ekosistem tambak. Selain itu, monitoring pH air yang penting untuk menjaga kualitas air biasanya dilakukan secara manual, sehingga tidak memberikan data *real-time* yang diperlukan untuk pengambilan keputusan cepat dalam pengelolaan tambak. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem yang mampu secara otomatis memberikan pakan serta memonitor kualitas air, khususnya pH, untuk menciptakan kondisi yang ideal bagi pertumbuhan ikan nila dimana Nilai pH yang mampu ditoleransi oleh ikan nila berkisar antara 6 – 8,5, tetapi untuk pertumbuhan dan perkembangan yang optimal berada pada kisaran pH 7-8 [4].

Beberapa solusi telah dikembangkan dalam budidaya ikan yang berbasis teknologi misalnya penggunaan metode penjadwalan elektronik yang memungkinkan pemberian pakan pada waktu yang telah ditentukan [5], penelitian ini tidak menggunakan ESP8266 dan tidak menggunakan sensor pH untuk memonitoring kualitas air. Dalam penelitian lain hanya memantau kadar pH air, suhu dan warna pada air sungai [6], dan tidak membahas tentang budidaya tambak ikan. Selain itu penelitian sistem monitoring pH air kolam secara *real-time* [7], dengan obyek penelitian ikan lele dan tidak sama sekali membahas tentang teknologi pemberian pakan ikan.

Konsep (IoT) menghubungkan berbagai perangkat dengan sistem otomatis melalui internet [8], IoT juga dapat membantu dalam memudahkan pengguna untuk melakukan monitoring dan kontrol [9]. Monitoring manual sering kali tidak efisien dan kurang akurat, sehingga teknologi IoT menjadi solusi inovatif. IoT memungkinkan monitoring kualitas air secara *real-time* [10]. Teknologi berbasis IoT ini memungkinkan data dikumpulkan, dianalisis, dan dikendalikan melalui aplikasi *mobile*, yang sangat membantu dalam menjaga kestabilan lingkungan [11]. Selain itu teknologi ini dapat memberikan wawasan tentang penerapan *IoT* dalam monitoring dan pengendalian lingkungan air pada budidaya ikan [12].

Sistem pemberian pakan terkadang masih memiliki kendala misalnya pemberian pakan otomatis masih sering terjadi kesalahan pada penjadwalan [13]. Pada penelitian perancangan sistem pemberian pakan otomatis berbasis IoT yang dilengkapi untuk pemantauan pH dan suhu air secara *real-time*, dengan menggunakan panel surya. [14], penelitian ini menggunakan obyek udang *vannamei* dan sistem ini tidak otomatis dan tidak menggunakan pewaktuan dalam pemberian pakan tetapi dikontrol *on/off* dengan menggunakan aplikasi sehingga jika akses internet terganggu maka pemberian pakan akan terganggu. Meskipun teknologi IoT dalam *smart farming* telah terbukti efektif dalam meningkatkan produktivitas, penggunaannya dalam budidaya perikanan skala kecil dan menengah masih sangat terbatas [15].

Untuk menjawab kekurangan yang ada pada pengelolaan tambak ikan nila di Kelompok Al-Hidayah, maka dibuatlah sebuah sistem yang bertujuan membuat dan mengimplementasikan perangkat sistem otomatis dalam pemberian pakan ikan nila dan monitoring pH air kolam secara *real-time* berbasis IoT. Sistem ini tidak hanya memantau ketersediaan dan pemberian pakan secara otomatis dan terjadwal, tetapi juga memantau kondisi air tambak secara *real-time* dan menampilkan data kepada petani melalui aplikasi *Blynk* pada *Smartphone* sehingga sistem ini memberikan fleksibilitas kepada petani tambak untuk mengatur jadwal pemberian pakan serta memantau kualitas air kolam dari mana saja dan kapan saja. Dipilihnya aplikasi *Blynk* karena dirancang untuk konsep IoT yang membutuhkan kontrol jarak jauh dengan antarmuka yang intuitif dan interaktif, dan mendukung banyak *hardware* sehingga penggunaannya mudah, sehingga cocok untuk pengguna dari berbagai tingkat keahlian, termasuk pemula. Solusi yang diajukan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam manajemen tambak ikan nila, tetapi juga menjaga kondisi lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan ikan yang optimal dan dapat bertahan pada berbagai kondisi lingkungan untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi secara konsisten dan dapat diandalkan untuk penggunaan jangka panjang.

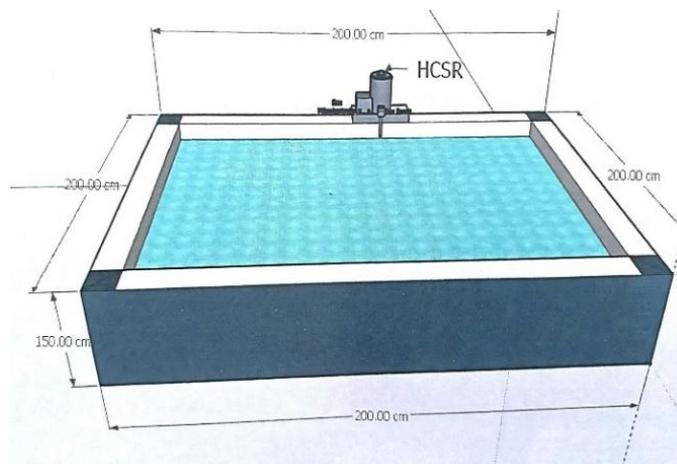
2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif eksperimental, yang melibatkan pengujian dan memberikan input pada perangkat sistem yang dirancang. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus pada Kelompok Tani Al-Hidayah di Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo karena memiliki keberhasilan dalam penerapan sistem pertanian terpadu secara kolektif.

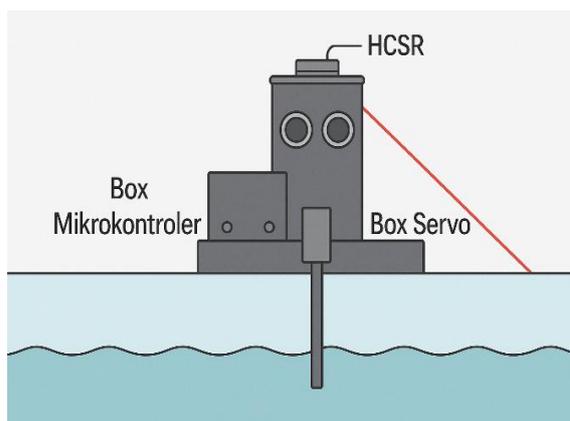
Data dikumpulkan melalui wawancara dan observasi langsung ke tempat budidaya ikan nila. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif dengan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan, sehingga dibuatnya sistem ini dengan desain prototipe berskala lab. yang akan diterapkan di lokasi tersebut.

A. Perancangan Sistem

Sebelum melakukan penelitian akan dibuat terlebih dahulu desain prototipe bentuk kolam dan rancangan perangkat kontrol pemberian pakan ikan serta monitoring kondisi air kolam yang dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian ini juga dapat mengelola dan mengamati keluaran (output) melalui tampilan data informasi dengan menggunakan aplikasi *Blynk*.



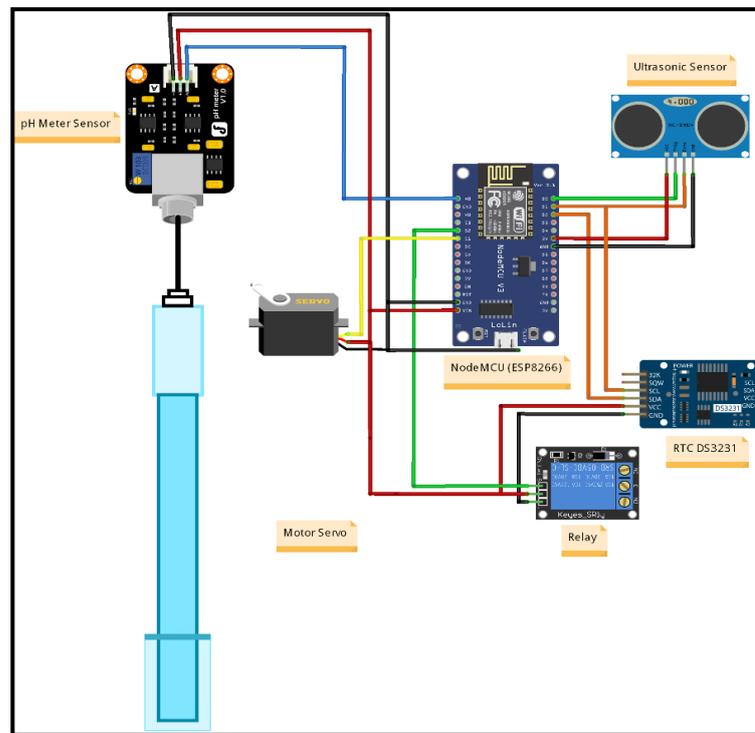
(1)



(2)

Gambar 1. Desain Kolam (1) dan Rancangan Alat (2)

Untuk program sistem kontrol pemberian pakan ikan nila dan monitoring kondisi air akan dibuat skema perangkat agar sistem dapat berjalan sesuai yang diharapkan. Adapun skemanya dapat dilihat pada Gambar 2.

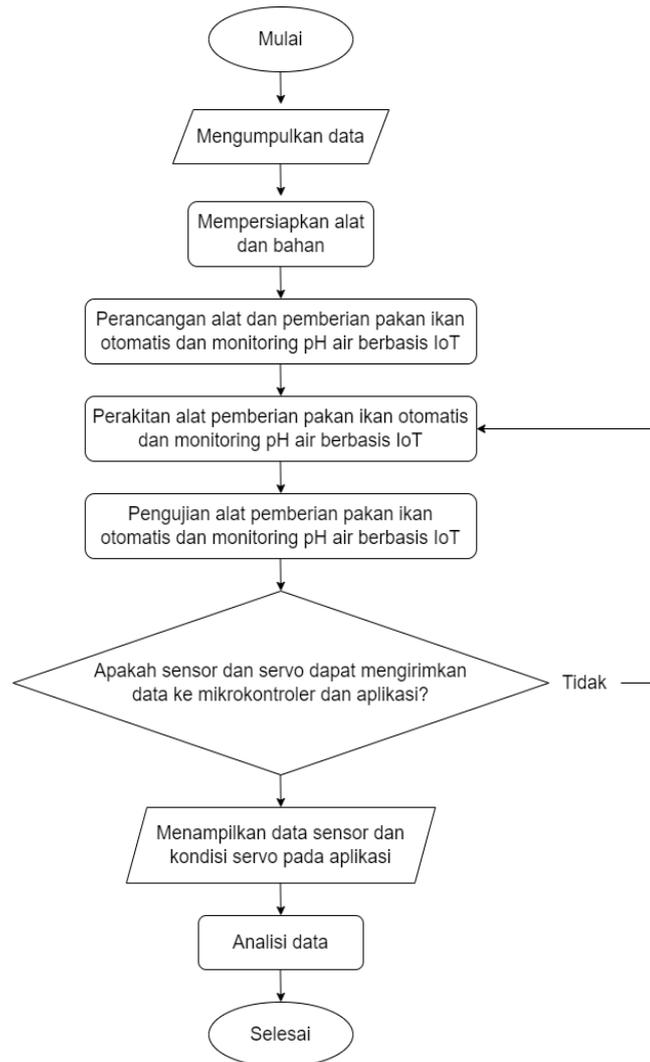


Gambar 2. Skema Rancangan Sistem

Komponen utama pada sistem meliputi: (1) Modul NodeMCU (ESP8266) yang mengendalikan seluruh sistem. Mikrokontroler ini terhubung ke internet dan memungkinkan sistem dikontrol/dimonitoring secara jarak jauh melalui aplikasi *Blynk*; (2) Sensor pH (PH4502C) digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau pH air dengan akurasi sensor pH sekitar $\pm 0,1$ dari nilai pH sebenarnya pada suhu 25°C dan tingkat akurasinya sebesar 98% lebih sehingga berada dalam batas toleransi akurasi yang diinginkan. Data dari sensor pH dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses dan dipantau secara *real-time*; (3) Motor Servo bekerja untuk membuka dan menutup wadah pakan ikan, kemudian mikrokontroler mengendalikan pergerakan motor servo berdasarkan waktu atau kondisi yang telah ditentukan; (4) Sensor Ultrasonik HCSR04, Sensor ini digunakan untuk mengukur ketersediaan pakan dalam wadah. Sensor menghasilkan pembacaan jarak ketika ada objek dalam rentang 2 – 400 cm. Sensor ini membantu menentukan kapan pakan perlu ditambah ke wadah sesuai jarak yang telah ditentukan sebelumnya; (5) RTC (RealTime Clock) DS3231 berfungsi untuk menjaga ketepatan waktu, sehingga sistem pemberian pakan dapat dilakukan sesuai jadwal yang ditentukan, meskipun mikrokontroler mengalami restart atau kehilangan daya; (6) Relay digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan perangkat lain seperti motor atau pompa; (7) Sumber Daya (IC/Power Supply) Menyediakan daya untuk mengoperasikan semua komponen elektronik yang terhubung dalam sistem.

B. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah (1) Mengumpulkan data melalui studi jurnal dan observasi lapangan, (2) Menyiapkan alat dan bahan untuk pembuatan perangkat, (3) Merancang alat pemberian pakan ikan nila dan monitoring pH air berbasis IoT, (4) Menganalisis data pada objek yang telah ditentukan.



Gambar 3. Diagram alir

Alur *flowchart* pada Gambar 3 adalah langkah-langkah dalam pemberian pakan ikan otomatis dan monitoring pH air berbasis IoT. Proses dimulai dengan pengumpulan data terkait kebutuhan sistem, kemudian dilanjutkan dengan mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk perancangan. Setelah itu, dilakukan perancangan dan pemberian pakan ikan otomatis serta monitoring pH air dengan memanfaatkan teknologi IoT.

Langkah selanjutnya adalah perakitan alat, diikuti dengan pengujian untuk memastikan bahwa sensor dan *motor servo* dapat mengirimkan data dengan baik ke mikrokontroler dan aplikasi. Jika terjadi kegagalan dalam proses ini, maka alat akan dikembalikan ke tahap perakitan alat pemberian pakan ikan otomatis dan monitoring pH air berbasis IoT untuk diperbaiki.

Dalam pengujian alat dilakukan 10 kali percobaan sistem, baik dalam sistem kontrol pemberian pakan maupun percobaan monitoring pengukuran pH air. Wadah penampungan pakan ikan akan terbuka digerakkan oleh *motor servo* sesuai jadwal yang telah ditetapkan (jam 08.00 dan 16.00) dan jika jumlah pakan dalam wadah berkurang hingga jarak 1530 mm dari sensor ultrasonic maka sistem akan memberitahukan ke pemilik melalui tampilan pada *Blynk (Smartphone)* untuk dilakukan pengisian pakan. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap data yang terkumpul untuk mengevaluasi kondisi lingkungan dan performa alat. Proses tersebut berakhir ketika analisis data selesai dilakukan, menandakan bahwa pengembangan alat pemberian pakan ikan otomatis dan monitoring pengukuran pH air berbasis IoT telah selesai dilaksanakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Pada tahap pengujian dipastikan sistem bekerja dengan baik sesuai fungsinya. Perangkat sistem terhubung seluruhnya ke aplikasi *Blynk* melalui jaringan WiFi memungkinkan monitoring dari jarak jauh. Untuk mekanisme pemberian pakan, digunakan *motor servo* SG90 yang berfungsi membuka dan menutup wadah pakan sesuai perintah dari NodeMCU. Selain itu, kabel jumper diperlukan untuk menghubungkan komponen dalam rangkaian elektronik. Untuk memantau kualitas air kolam, sensor pH4502C digunakan untuk mengukur tingkat pH pada air. Sementara itu, sensor ultrasonik HCSR04 digunakan untuk memantau ketinggian pakan di dalam wadah.

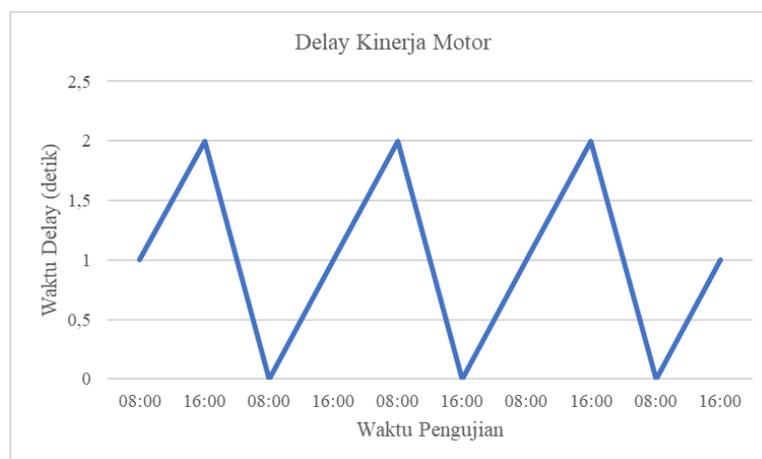
Komponen lainnya termasuk akrilik untuk membuat wadah atau pelindung komponen, botol air sebagai tempat penyimpanan pakan, dan lem lilin untuk merakit serta menempelkan komponen-komponen yang dibutuhkan. Untuk proses penyolderan komponen elektronik, digunakan solder dan timah solder. Komponen-komponen ini disambungkan ke PCB polos berukuran 5 cm x 3 cm. Selain itu, digunakan juga box servo untuk melindungi *motor servo* dan *RTC (Real Time Clock)* yang berfungsi menjaga ketepatan waktu operasi sistem. Semua komponen dapat bekerja secara otomatis dan terintegrasi dengan konsep IoT untuk memudahkan monitoring dan pengelolaan pakan serta kualitas air dalam kolam ikan nila.

B. Hasil Pengujian Sistem

Secara keseluruhan, semua komponen dapat bekerja dengan baik dengan melakukan pemberian pakan ikan secara otomatis dan memantau kondisi air (pH) secara *realtime* dengan memanfaatkan konektivitas internet berkonsep IoT. Dari pengujian pemberian pakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pemberian Pakan Ikan Otomatis

Percobaan Ke-	Waktu pemberian pakan	Waktu Motor Servo Bekerja	Delay (s)	Status
1	08:00	08:01	1	Berhasil
2	16:00	16:02	2	Berhasil
3	08:00	08:00	0	Berhasil
4	16:00	16:01	1	Berhasil
5	08:00	08:02	2	Berhasil
6	16:00	16:00	0	Berhasil
7	08:00	08:01	1	Berhasil
8	16:00	16:02	2	Berhasil
9	08:00	08:00	0	Berhasil
10	16:00	16:01	1	Berhasil

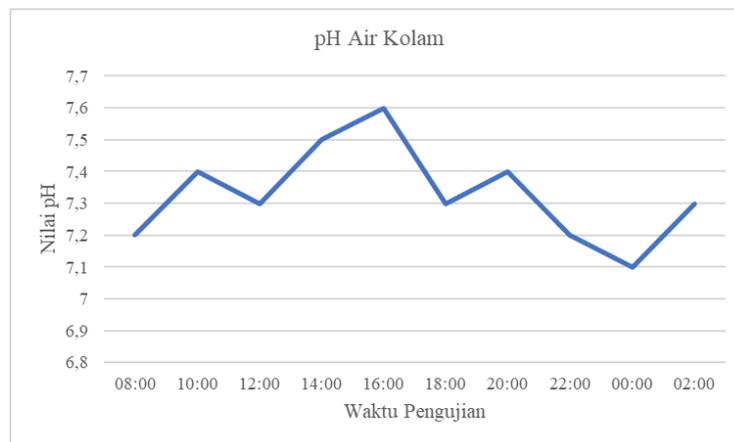


Gambar 4. Grafik Pengujian Delay Kinerja Motor

Tabel 1 dan Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian sistem pemberian pakan otomatis yang dikendalikan melalui aplikasi *Blynk*. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali (waktu) pada dua waktu yang berbeda yakni pukul 08:00 dan 16:00. Hasil menunjukkan motor servo bekerja sesuai dengan jadwal dengan waktu tunda (delay) antara 0 hingga 2 detik, delay pada sistem ini tergolong kecil akibat respon dari sistem dan masih dalam kategori wajar dan tidak mengganggu jumlah pakan yang diberikan. Semua percobaan berhasil, menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik. Dalam pengujian statistik rata-rata (mean) delay kinerja motor adalah 1 detik dengan standar deviasi $\pm 0,8165$ detik dan untuk nilai Uji T sekitar -0,7558 sehingga tidak ada perbedaan signifikan secara statistik antara rata-rata delay pada percobaan ganjil dan percobaan genap pada tingkat signifikansi 0,05.

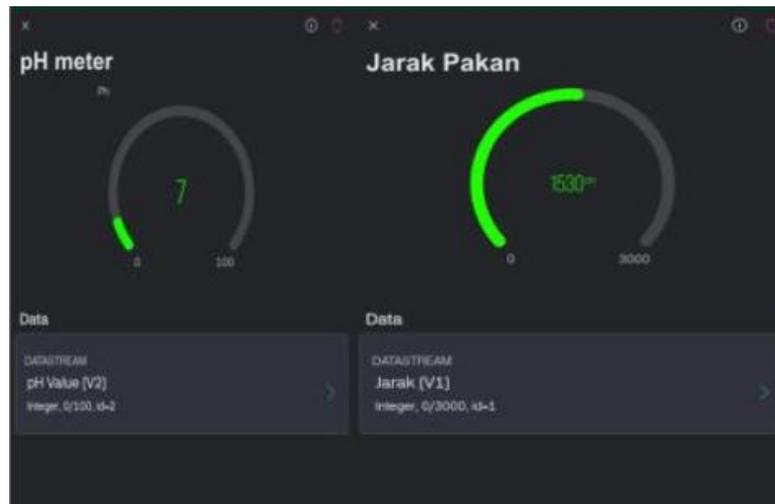
Tabel 2. Hasil Pengujian Monitoring pH Air Pada *Blynk*

Percobaan Ke-	Waktu Monitoring	pH Tercatat	Status Koneksi	Status Sistem
1	08:00	7.2	Terhubung	Berfungsi
2	10:00	7.4	Terhubung	Berfungsi
3	12:00	7.3	Terhubung	Berfungsi
4	14:00	7.5	Terhubung	Berfungsi
5	16:00	7.6	Terhubung	Berfungsi
6	18:00	7.3	Terhubung	Berfungsi
7	20:00	7.4	Terhubung	Berfungsi
8	22:00	7.2	Terhubung	Berfungsi
9	00:00	7.1	Terhubung	Berfungsi
10	02:00	7.3	Terhubung	Berfungsi



Gambar 5. Grafik Pengujian Monitoring pH Air

Pada Tabel 2 dan Gambar 5 pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali (waktu) dengan selisih waktu setiap dua jam yang menunjukkan hasil monitoring pH air kolam ikan secara berkala. Nilai pH yang didapatkan berkisar antara 7.1 - 7.6 sehingga sudah sesuai dengan kondisi ideal dan optimal bagi pertumbuhan ikan nila yaitu antara pH 7-8. Untuk pengujian statistik rata-rata (mean) nilai pH dalam pengujian adalah 7,33 dengan Standar Deviasi tercatat $\pm 0,149$ sedangkan untuk Uji T sebesar 7,02. Dengan semua percobaan menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan sistem dapat memantau pH air secara konsisten dan andal.



Gambar 6. Hasil Monitoring *Blynk*

Pada Gambar 6 menampilkan antarmuka aplikasi *Blynk* untuk sistem pemberian pakan ikan otomatis dan monitoring pH air. Terlihat dua pengukuran, yang pertama menunjukkan nilai pH air kolam sebesar 7, dan yang kedua adalah mengukur jarak sensor ke permukaan pakan di dalam wadah sebesar 1530 mm, dimana jarak tersebut adalah jarak terjauh dari sensor untuk memerintahkan sistem untuk melakukan pengisian pakan ke dalam wadah. Selain itu tampilan ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi air dan mengontrol sistem secara *real-time* melalui aplikasi *Blynk* di perangkat *smartphone*.

4. KESIMPULAN

Sistem tidak hanya memantau tingkat pH untuk menjamin kualitas air tetap baik tetapi sistem juga dapat mengontrol pemberian pakan secara otomatis berdasarkan waktu dan jumlah pakan yang akan diisi ke dalam wadah sesuai yang ditentukan. Kebaruannya terletak pada integrasi data pH dan mengontrol volume/jumlah pakan dalam wadah secara *real-time*.

Perangkat sistem pemberian pakan otomatis berbasis IoT dapat bekerja dengan baik, dimana hasil uji sistem dapat menggerakkan motor servo pada waktu yang telah diatur pada program. Dalam percobaan pemberian pakan dilakukan masing-masing dua kali sehari yakni jam 08.00 dan jam 16.00 yang menghasilkan delay maksimum 2 detik. Sedangkan monitoring level pemberian pakan dapat diintegrasikan dengan baik dengan monitoring pH air kolam yang mendapatkan nilai yang masih aman, dimana pada saat pengujian nilai pH air berada pada kisaran 7,1 hingga 7,6. Untuk sistem IoT (*Blynk*) pengguna dapat memantau kondisi level wadah pakan dan kualitas air kolam secara *real-time*.

Dalam pengujian alat tantangan utamanya adalah masalah ketidakstabilan atau keterbatasan koneksi internet dimana sistem IoT memerlukan koneksi internet yang stabil untuk mengirim dan menerima data secara *real-time* dan sumber daya listrik yang kurang stabil di lokasi pengujian.

Solusi pengembangan sistem selanjutnya diupayakan alat dapat digunakan secara offline jika saat penggunaannya koneksi internet terputus dan penggunaan daya listrik memanfaatkan energi terbarukan misalnya panel surya untuk mendukung operasional perangkat IoT di lokasi terpencil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. F. M. Nurul Ellen Francisca. "Laju Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis*)," *J. Juv.*, vol. 2, no. 3, pp. 166–175, 2021, doi: 10.21107/juvenil.v2i3.11271.
- [2] A. P. Wahyuni, M. Firmansyah, P. Studi, M. Sumber, D. Perairan, and U. M. Sinjai, "Studi Kualitas Air Untuk Budidaya Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forsskal*) Di Tambak Kelurahan Samataring Kecamatan Sinjai Timur," *J. Agrominansia*, vol. 5, no. 1, pp. 106–113, 2020.
- [3] B. Kurniadi and U. Tanjungpura, "Manajemen Kualitas Air Pada Pembesaran Ikan Di Desa Sambora Kecamatan Toho Kabupaten Mompawah," *J. Abdimas Ilm. Citra Bakti*, vol. 5, no. 3,

- pp. 605–613, 2024, doi: 10.38048/jailcb.v5i3.3605.
- [4] J. L. Thenu and L. H. J. Tinglioy, “Laju Pertumbuhan, Kelangsungan Hidup Dan Komposisi Kimia Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Hasil Rekayasa Dari Air Tawar Ke Air Laut,” *Ina. J. Teknol. Has. Perikan.*, vol. 1, no. 1, pp. 40–50, 2021, doi: 10.30598/jinasua.2021.1.1.40.
- [5] R. R. Prabowo and R. T. Subagio, “Sistem Monitoring Dan Pemberian Pakan Otomatis Pada Budidaya Ikan Menggunakan Wemos Dengan Konsep Internet Of Things,” *J. Digit*, vol. 10, no. 2, pp. 185–195, 2020, doi: 10.51920/jd.v10i2.169.
- [6] D. Abimanyu, F. Anggraini, I. Gunawan, and I. Parlina, “Rancang Bangun Alat Pemantau Kadar pH , Suhu dan Warna Pada Air Sungai Berbasis Mikrokontroller Arduino Design And Construction Of pH Temperature And Color Monitoring Equipment In Water-Based River On Arduino Microcontroller,” *J. Pendidik. dan Teknol. Indonesia*, vol. 1, no. 6, pp. 235–242, 2021, doi: 10.52436/1.jpti.55.
- [7] A. S. Hutama and D. Febriawan, “Sistem Monitoring pH Air pada Budidaya Lele Berbasis IoT,” *Jutikom J. Tek. Inform. dan Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 24–29, 2023, doi: 10.22236/jutikom.v2i1.11439.
- [8] T. Anwar, *Internet of Things (IoT): Panduan Pengenalan Dasar*, Cetakan Pertama. Kota Bandung: Common Room Networks Foundation (Common Room), 2021.
- [9] H. Z. Muttaqin, A. Faisal, A. Wahid, and F. T. Industri, “Penerapan Internet Of Things (IoT) Untuk Monitoring Dan Controlling Ph Air Suhu Air Dan Pemberian Pakan Ikan Guppy Pada Aquarium Menggunakan Aplikasi Whatsapp,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 276–284, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4519.
- [10] H. Muyasaroh, et al. “Sistem Pendeteksi Kualitas Air Berbasis IoT,” *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Terapan)*, vol. 13, no. 1, pp. 1295–1305, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5879.
- [11] A. Syaputra and N. S. Prawira, “Implementasi Teknologi IoT dalam Sistem Akuaponik dan Akuakultur Modern untuk Optimasi Pertumbuhan Ikan Lele,” *Ilk. J. Comput. Sci. Appl. Informatics*, vol. 6, no. 3, pp. 383–392, 2024, doi: 10.28926/ilkomnika.v6i3.692.
- [12] R. Akbari, H. Priyanto, and H. Novriando, “Penerapan Internet of Things (IoT) untuk Monitoring PH dan Suhu Air Application of the Internet of Things (IoT) for Monitoring Water PH and Water Temperature,” *JUARA (Jurnal Apl. dan Ris. Inform.*, vol. 02, no. 2, pp. 77–85, 2024, doi: 10.26418/juara.v2i2.79366.
- [13] D. Yeniwati, Nilawati, and Mawardi, “Smart Fish Pond Monitoring Dan Controlling Internet of Things (IoT) Ikan Hias (Study Kasus : Dinas Kelautan Dan Perikanan Provinsi Jambi),” *FORTECH (Journal Inf. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 30–34, 2021, doi: 10.53564/fortech.v5i2.723.
- [14] S. Razali, A. Rahman, and A. Damora, “Penerapan Sistem IoT Berbasis Energi Surya untuk Pemberian Pakan Otomatis dan Pemantauan Kualitas Air pada Budidaya,” *J. JTIK (J. Teknol. Inf. dan Komun.)*, vol. 9, no. March, pp. 389–398, 2025, doi: 10.35870/jtik. v9i1.3346.
- [15] H. Sudibyo et al., 2024. “Sistem Monitoring Budidaya Perikanan Berbasis IoT Fish,” *JOISIE (Journal Inf. Syst. Informatics Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 236–247, 2024, doi: 10.35145/joisie.v8i2.4544.