

INTELLIGENCE CONTROLLER POND (ICO-POND) SISTEM PEMELIHARAAN DAN PERLINDUNGAN KOLAM BIBIT IKAN LELE BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

1st Rafi Raihan Firdaus

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

rafiraihanfirdaus@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Bayu Haikall Salsabil

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

bayuhaikall@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Fakhri Fitra Perdana

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

fitrafakhri@student.telkomuniversity.ac.id

Budidaya ikan lele memiliki potensi ekonomi tinggi di Indonesia, namun sering menghadapi permasalahan seperti serangan hama burung, penurunan kualitas air, serta keterlambatan pemberian pakan dan pupuk. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan *Intelligence Controller Pond (ICo-Pond)* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dapat mendeteksi hama burung menggunakan sensor PIR dan kamera, serta mengusirnya secara otomatis dengan *buzzer*. Sistem ini juga mengintegrasikan sensor pH, sensor hujan, dan mekanisme pemberian pakan serta pupuk otomatis. Data dikirim secara real-time melalui ESP32-CAM menggunakan protokol HTTP dan ESP-NOW, kemudian ditampilkan pada *website* berbasis React.js dan Express.js. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi burung hingga jarak 3,8 meter, menjaga pH air pada rentang 6–8, serta menampilkan data monitoring dan *log* aktivitas dengan *delay* minimal. Solusi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan budidaya bibit ikan lele.

Kata kunci— IoT, Sensor PIR, ESP32, Monitoring, Budidaya Bibit Ikan Lele.

I. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Hama burung menjadi masalah besar bagi pengelola ikan Bandung Techno Park (BTP). Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Jaenal Hariadi selaku pemilik dan pengelola PT Helmi Farm, menyatakan bahwa hama burung sangat memengaruhi budidaya ikan karena burung terus mengincar hingga bibit ikan lele mencapai ukuran 15 cm, mengganggu siklus budidaya dan mengurangi populasi ikan. Pada bulan November dilakukan pembibitan sebanyak 1600 bibit ikan pada salah satu kolam, namun pada bulan Desember bibit ikan yang tersisa hanya sekitar 30 bibit. Hal ini terjadi karena burung tertarik pada gerakan bibit ikan di permukaan air, terutama saat berenang, sehingga jumlah ikan dewasa berkurang dan panen ikan terhambat. Burung-burung tersebut biasanya datang menyerang pada pukul 04.30.

Kendala lain yang terjadi adalah pemberian pakan yang harus dilakukan rutin 3 kali sehari, namun tidak bisa diberikan saat hujan karena pakan akan terbawa air. Kadar pH yang baik untuk ikan lele

adalah 6 sampai 8 jika kurang dari 5 itu akan sangat buruk bagi ikan lele karena bisa menyebabkan penggumpalan lendir pada insang, sedangkan pH di atas 8 dapat menyebabkan nafsu makan ikan lele berkurang[1]

b. Analisis Masalah

Berdasarkan hasil dari latar belakang tersebut, terdapat beberapa masalah yang dihadapi

1. Bagaimana cara memantau pH kolam secara optimal tanpa pengukuran manual?
2. Bagaimana cara mengusir hama burung secara efektif dan otomatis?
3. Bagaimana cara menyediakan akses kondisi kolam secara *real-time*?

c. Tujuan

Berdasarkan analisis masalah yang ada, berikut merupakan tujuan dari penelitian yang dilakukan

1. Mengembangkan sistem IoT untuk memantau pH kolam secara otomatis.
2. Merancang pengusir hama burung secara efektif dan otomatis.
3. Menyediakan *website* terintegrasi untuk pemantauan kondisi kolam secara *real-time*.

II. KAJIAN TEORI

Dalam perancangan spesifikasi alat pengusir hama burung berbasis gelombang audiosonik, peneliti mengacu pada UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Pasal 69 Ayat 1(1), yang melarang metode pengusiran yang dapat merusak ekosistem atau mengganggu keseimbangan lingkungan. Selain itu, perlu dipastikan bahwa paparan gelombang audiosonik tidak menimbulkan dampak negatif terhadap ikan lele. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa ikan nila dan ikan mas lebih responsif terhadap cahaya dan bunyi, sementara ikan lele memiliki respons lebih rendah dan tidak menunjukkan perubahan perilaku signifikan sebelum maupun setelah paparan.

Penelitian ini memanfaatkan berbagai konsep dan teknologi pendukung mulai dari *Internet of Things (IoT)* sebagai kerangka utama penghubung perangkat, mikrokontroler ESP32 dengan protokol komunikasi ESP-NOW, serta beragam sensor untuk mendeteksi kondisi kolam. Selain itu, sistem *monitoring* berbasis

website dikembangkan untuk menampilkan data secara *real-time*, dan pengujian *Quality of Service* (QoS) dilakukan untuk memastikan performa komunikasi data.

Internet of Things (IoT) mengacu pada jaringan perangkat fisik yang saling terhubung melalui internet dan mampu bertukar data secara otomatis. Perangkat ini biasanya dilengkapi sensor untuk mengumpulkan informasi, mikrokontroler atau *gateway* untuk memprosesnya, serta antarmuka pengguna yang menampilkan hasil pengukuran [2]. Dalam penelitian ini, teknologi IoT mengintegrasikan sensor PIR, pH, dan hujan dengan ESP32-CAM. Data dari perangkat dikirim menggunakan protokol HTTP, lalu ditampilkan pada *website*. Cara kerja HTTP dimulai ketika klien mengirimkan permintaan ke server web (*HTTP request*), dan kemudian server menanggapi dengan mengirimkan jawaban yang disebut *HTTP response* [3].

ESP-NOW memanfaatkan untuk memungkinkan modul ESP32 WROVER mengirimkan data dari sensor PIR ke ESP32-CAM guna memicu pengambilan gambar. Penggunaan dua modul diperlukan karena jumlah pin pada ESP32-CAM AI Thinker terbatas, sehingga dibutuhkan perangkat ESP32 tambahan untuk menghubungkan seluruh sensor. ESP-NOW sendiri merupakan protokol komunikasi nirkabel *peer to peer* yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*, memungkinkan perangkat ESP8266 maupun ESP32 saling terhubung tanpa memerlukan router atau akses internet [4].

Tampilan *monitoring* berbasis *website* berperan penting dalam menyajikan visualisasi data secara *real-time* untuk memantau proses pengusiran hama burung, kondisi kualitas air, serta aktivitas pemberian pakan dan pupuk otomatis. Sistem ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman JavaScript dengan *framework* Express.js pada sisi *back-end* dan React.js pada sisi *front-end*. Pemilihan Express.js dipertimbangkan karena kemampuannya memberikan waktu respons yang cepat dan efisiensi penggunaan sumber daya yang lebih baik dibandingkan dengan *framework* seperti Laravel [5].

a. Batasan dan Spesifikasi

Dalam menentukan batasan dan spesifikasi untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi, terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan agar solusi yang diusulkan dapat efektif dan sesuai dengan kebutuhan.

1. Sensor IoT

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu [6]. Perangkat ini menggunakan sensor pH, PIR, dan hujan. Setiap sensor memiliki standar referensi pengukuran tertentu. Sensor pH memiliki tingkat kegagalan 0,85% [7]. Sensor PIR efektif mendeteksi infra merah dari makhluk hidup hingga 5 meter dengan sinyal keluaran 3.5 Volt DC [8]. Untuk sensor hujan, tingkat kesalahan maksimal mencapai 3,70% dibandingkan gelas ukur [9].

2. Website

Website digunakan untuk monitoring perlindungan dari hama burung dan monitoring kualitas pH air kolam serta cuaca. Website dibuat menggunakan Bahasa pemrograman JavaScript dengan Back-end Node.js, *framework* Express.js serta Front-end React.js. *Framework* ini digunakan karena Express.js memiliki waktu respons lebih cepat dan penggunaan sumber daya lebih efisien dibandingkan Laravel [5]. Front-end ini digunakan karena React.js memungkinkan pengembangan membuat komponen antarmuka pengguna yang lebih interaktif [10].

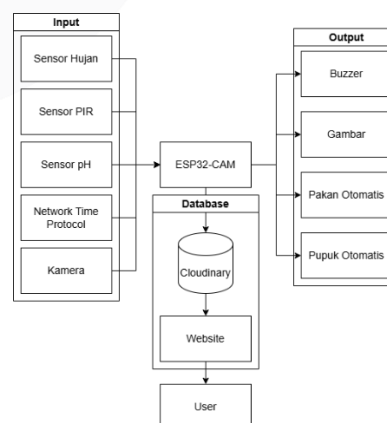
b. Metode Pengukuran Spesifikasi

Tabel 1 Metode Pengukuran

Parameter Yang Diuji	Penjelasan
Fitur	Data dari sensor IoT yang diperoleh secara <i>real-time</i> sehingga pemantauan kondisi kolam ditampilkan secara langsung melalui <i>website</i> .
Spesifikasi Alat	Perangkat pengukuran memiliki akurasi dan presisi tinggi sesuai standar industri, dengan parameter yang diukur meliputi pH dan PIR. Data perangkat terhubung ke <i>website</i> untuk pemantauan secara <i>real-time</i> . Sistem <i>website</i> mampu terhubung ke internet secara stabil tanpa mengalami gangguan seperti <i>time out</i> atau <i>down</i> , serta memiliki tampilan yang intuitif dan mudah dipahami pengguna.
Mekanisme	Sensor pH perlu dikalibrasi dengan membandingkan hasil pengukurannya dengan alat terstandarisasi industri untuk memastikan akurasi. Data sensor diambil secara <i>real-time</i> melalui <i>website</i> untuk memantau pH kolam secara <i>real-time</i> . Sensor PIR mengukur diameter kolam untuk memastikan cakupan area sensor mencakup seluruh kolam dan mendeteksi keberadaan burung secara optimal. Sensor hujan memantau kondisi cuaca sekitar kolam secara langsung, dengan data <i>real-time</i> untuk mengetahui apakah sedang hujan. Pemeliharaan rutin dilakukan setiap tiga hari untuk menjaga perangkat tetap berfungsi dengan baik. Hasil pengukuran dan riwayat <i>log</i> dari sensor dan kamera ditampilkan secara <i>real-time</i> pada <i>website</i> sesuai data yang diperoleh.
Parameter Keberhasilan	Kemampuan perangkat dalam mengukur kualitas air dan mendeteksi aktivitas kolam secara akurat. Perangkat berfungsi dengan baik saat dioperasikan, serta mampu menyimpan dan mengunggah data hasil aktivitas kolam. <i>Website</i> menampilkan data hasil pengukuran dan kegiatan kolam secara <i>real-time</i> . Sistem berjalan secara <i>real-time</i> dan stabil tanpa mengalami gangguan seperti <i>time out</i> atau <i>downtime</i> .

III. METODE

a. Diagram Blok

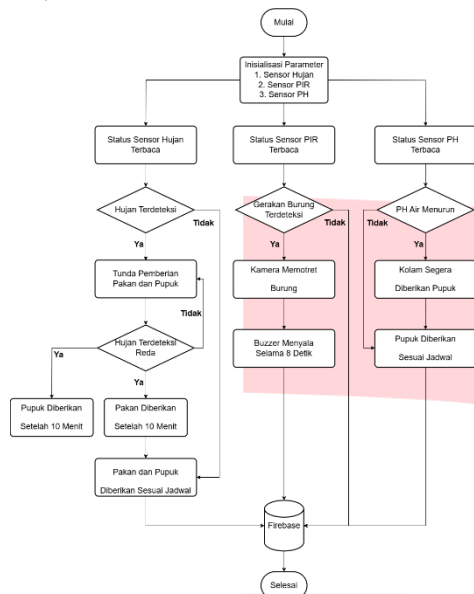


Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Pada gambar 1 merupakan Sistem pengusir hama burung berbasis ESP32-CAM yang terdiri dari tiga komponen utama.

Komponen input mencakup Sensor Hujan, Sensor PIR, Sensor pH, dan NTP untuk mendeteksi kondisi lingkungan. Data diproses oleh komponen pengolahan, yaitu ESP32-CAM yang terhubung ke *cloudinary* untuk penyimpanan real-time. Komponen output meliputi *Buzzer*, Kamera, serta sistem Pakan dan Pupuk Otomatis. Data sistem dapat diakses melalui *website* untuk memudahkan pemantauan jarak jauh.

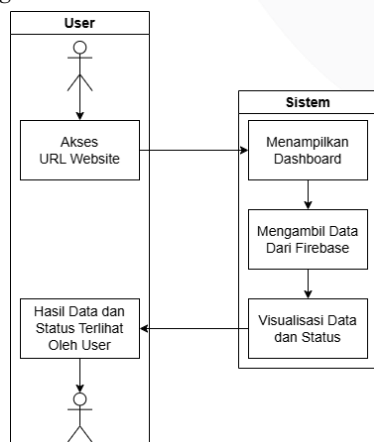
b. Cara Kerja Sistem



Gambar 2 Flowchart Sistem

Gambar 2 menunjukkan alur sistem IoT yang dirancang. Sistem menginisialisasi tiga sensor yaitu sensor PIR, pH, dan hujan. Jika Sensor hujan mendeteksi air maka pemberian pakan otomatis ditunda hingga satu jam setelah hujan reda, dan pupuk diberikan 10 menit setelah hujan reda. Jika tidak ada hujan, pakan dan pupuk diberikan sesuai keadaan yang telah ditentukan, untuk pakan diberikan sesuai jadwal yang telah ditetapkan dan untuk pupuk diberikan sesuai pembacaan dari sensor pH. Saat Sensor PIR mendeteksi gerakan burung, kamera akan memotret yang diikuti dengan *buzzer* aktif selama 8 detik, selanjutnya hasil foto diunggah ke website sebagai riwayat aktivitas kolam. Sensor pH akan memicu pemberian pupuk jika nilai pH di bawah 5,5, dan di atas 8,5.

c. UML Diagram Website



Gambar 3 UML Diagram Website

Gambar 3 merupakan cara kerja sistem dari *website* yang akan dibuat. *Website* ini dirancang untuk menyajikan data dan status

secara *real-time* kepada pengguna. Prosesnya dimulai ketika pengguna membuka URL *website*. Setelah itu, dashboard muncul sebagai antarmuka utama. Sistem kemudian mengambil data yang tersimpan di *Firestore*, yang berfungsi sebagai tempat menyimpan berbagai informasi penting seperti pengukuran pH dan riwayat *log* burung yang datang. Data yang diperoleh selanjutnya ditampilkan dalam format yang sederhana dan mudah dimengerti.

d. Detail Implementasi

Sistem ICo-Pond diimplementasikan menggunakan beberapa modul perangkat keras, meliputi ESP32-CAM sebagai pengambil gambar, ESP32 WROVER sebagai pengendali sensor, sensor PIR untuk deteksi hama burung, sensor pH untuk memantau kualitas air, dan sensor hujan untuk mendeteksi curah hujan. Data dari sensor PIR dikirimkan oleh ESP32 WROVER ke ESP32-CAM melalui protokol ESP-NOW, yang kemudian memicu pengambilan gambar. Seluruh data sensor dan gambar dikirimkan ke *server* menggunakan protokol HTTP untuk ditampilkan pada *website monitoring* berbasis React.js dan Express.js.

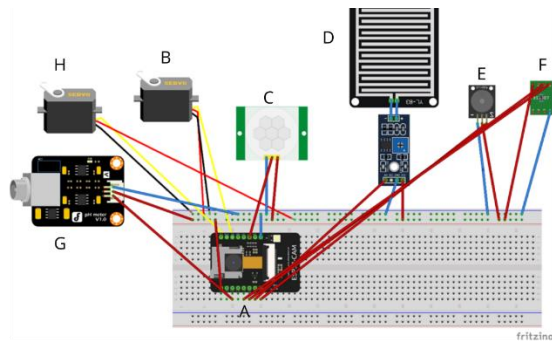


Gambar 4 Implementasi Kolam

Riwayat Aktivitas Kolam				
Detail Riwayat Burung Cek Pakan & Pupuk				
No	Waktu	Keterangan	Gambar	
51	14 Jul 2025 pukul 21:00	Terdeteksi ada muhuk hidup diikat kolam		
52	14 Jul 2025 pukul 21:00	Terdeteksi ada muhuk hidup diikat kolam		
53	14 Jul 2025 pukul 19:00	Terdeteksi ada muhuk hidup diikat kolam		
54	14 Jul 2025 pukul 19:51	Terdeteksi ada muhuk hidup diikat kolam		

Gambar 5 Tampilan Website

Seluruh rangkaian sistem ditempatkan di dalam panel *box* dengan sertifikasi IP66 yang berfungsi melindungi komponen elektronik dari debu dan percikan air. Dari *box* ini, kabel dialirkan melalui pipa pelindung menuju sensor dan aktuator yang dipasang di area kolam. Sensor pH dihubungkan untuk memantau tingkat keasaman atau kebasaan air, sementara sensor PIR diposisikan pada titik strategis guna mendeteksi pergerakan burung hama. *Buzzer* digunakan sebagai perangkat pengusir hama dengan menghasilkan gelombang suara audiosonik, sedangkan ESP32-CAM menangkap gambar objek yang terdeteksi. Selain itu, *servo motor* menggerakkan mekanisme pemberian pakan dan pupuk secara otomatis. Penggunaan pipa pelindung tidak hanya menjaga kabel dari kerusakan akibat faktor lingkungan, tetapi juga mempermudah proses pemeliharaan di lapangan.



Gambar 6 Rangkaian IoT

Gambar 6 merupakan perangkat sistem pengusir hama burung ini, (A) merupakan mikrokontroller yang dipakai yaitu ESP-32 CAM yang berfungsi sebagai inti utama yang mengatur seluruh komponen. Semua pin VCC dihubungkan ke tegangan 5 volt, sementara pin GND disambungkan ke *ground*. (D) Sensor Hujan terhubung ke pin GPIO14, dan (E) *Buzzer* dihubungkan ke GPIO17. (C) Sensor PIR terhubung pada GPIO16, sedangkan (G) Sensor pH disambungkan ke GPIO34. Untuk modul (F) *Real Time Clock*, pin *Serial Data Print* (SDA) dihubungkan ke GPIO21, sementara pin *Serial Clock Input* (SCL) tersambung ke GPIO22. (H) *Servo Linear* pakan terhubung ke GPIO13, dan (B) *Servo Linear* pupuk disambungkan ke GPIO33.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menguji sistem ICo-Pond, dilakukan beberapa tahap pengujian yaitu:

1. Pengujian akurasi sensor IoT: Membandingkan hasil pengujian dari sensor yang ada pada sistem IoT dengan alat standar industri untuk memastikan pengukuran sensor IoT akurat.
2. Pengujian respon sensor: Menguji respon dari sensor untuk memastikan sensor berfungsi ketika ada pemicu.
3. Pengujian presisi sensor IoT: Menguji dengan standar deviasi dari penilai yang diperoleh dari pengukuran sensor untuk menguji tingkat akurasi dari sensor IoT.
4. Pengujian *website* dengan aplikasi *wireshark* untuk menganalisis *time out* dan trafik dari jaringan *website*.
5. Pengujian kualitas kamera IoT: Menguji kualitas gambar dan memastikan dalam kondisi terang dan gelap.
6. Pengukuran ikan lele dibandingkan dengan ikan lele yang berada di pasaran.
7. Perhitungan sampel bibit ikan lele.

Tabel 2 Pengujian pH

Tegangan Input Sensor PIR	Jarak Sensor Terhadap Objek	Tegangan Output PIR
4.77 Volt	1 Meter	3.247 Volt
4.77 Volt	2 Meter	3.247 Volt
4.77 Volt	3 Meter	3.247 Volt
4.77 volt	3.8 Meter	3.247 Volt
4.77 Volt	4 Meter	0 Volt

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan pada lima hari pengamatan dengan 7 kali percobaan setiap harinya. Didapatkan nilai pembacaan sensor IoT pH beserta nilai dari pH Meter konvensional. Hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata nilai akurasi sensor berada pada rentang 94% untuk nilai paling rendah. Nilai paling rendah didapatkan pada pengukuran hari ke 5.

Sementara untuk nilai akurasi paling tinggi diperoleh pada hari pertama dengan nilai 99,86%.

Tabel 3 Pengujian PIR

Hari	Percobaan	Alat			
		Sensor IoT pH	pH Meter	Akurasi (%)	Presisi Sensor
1	1	7,32	7,33	99,86%	1,02%
	2	7,58		96,70%	
	3	7,48		97,99%	
	4	7,53		97,34%	
	5	7,48		97,99%	
	6	7,51		97,60%	
	7	7,12		97,14%	
2	1	7,12	7,23	98,48%	0,99%
	2	7,14		98,76%	
	3	7,02		97,10%	
	4	7,10		98,20%	
	5	7,02		97,10%	
	6	7,24		99,86%	
	7	7,06		97,65%	
3	1	6,17	6,41	96,26%	0,79%
	2	6,09		95,01%	
	3	6,07		94,70%	
	4	6,19		96,57%	
	5	6,1		95,16%	
	6	6,06		94,54%	
	7	6,08		94,85%	
4	1	6,86	7,06	97,17%	0,82%
	2	6,81		96,46%	
	3	6,85		97,03%	
	4	6,83		96,74%	
	5	6,74		95,47%	
	6	6,76		95,75%	
	7	6,71		95,04%	
5	1	7,5	7,16	95,47%	0,59%
	2	7,53		95,09%	
	3	7,51		95,34%	
	4	7,52		95,21%	
	5	7,48		95,72%	
	6	7,43		96,37%	
	7	7,58		94,46%	

Pada tabel 3, Pengujian sensor PIR dapat diambil kesimpulan bahwa jarak deteksi maksimal dari sensor PIR adalah 3.8 meter, ketika objek melebihi jarak tersebut output tegangan yang dihasilkan adalah 0 Volt yang berarti objek tidak terdeteksi lagi oleh sensor PIR. Hal tersebut berbeda dari spesifikasi sensor PIR pada umumnya yaitu dengan efektif mendeteksi sensor infra merah hingga 5 meter dengan sinyal keluaran 3.5 Volt. Namun hal tersebut tidak mengganggu dalam proses pendeteksian hama burung karena kolam hanya berukuran dengan diameter sebesar 2,6 meter.

Tabel 4 Pengujian Delay Servo

No	Timestamp		Waktu Servo Berjalan	Waktu Ideal	Delay (detik)
	Tanggal	Hari			
1	07/07/2025	Senin	07.00.00	07.00.00	0
			15.00.08	15.00.00	8
			21.00.05	21.00.00	5
2	08/07/2025	Selasa	07.00.06	07.00.00	6
			15.00.06	15.00.00	6
			21.00.06	21.00.00	6
3	09/07/2025	Rabu	07.00.07	07.00.00	7
			15.00.05	15.00.00	5
			21.00.05	21.00.00	5
4	10/07/2025	Kamis	07.00.06	07.00.00	6
			15.00.06	15.00.00	6
			21.00.06	21.00.00	6
5	11/07/2025	Jumat	07.00.05	07.00.00	5
			15.00.06	15.00.00	6
			21.00.05	21.00.00	5
6	12/07/2025	Sabtu	07.00.07	07.00.00	7
			15.00.07	15.00.00	7
			21.00.06	21.00.00	6

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh data perbandingan antara waktu ideal dan waktu aktual *servo* berjalan dari tanggal 7 hingga 12 Juli 2025. Setiap waktu ideal terdiri dari tiga siklus per hari, yaitu pukul 07.00, 15.00, dan 21.00 WIB. Dari hasil pengamatan, diketahui bahwa *delay* waktu *servo* terhadap waktu ideal berkisar antara 0 hingga 8 detik, dengan rata-rata sekitar 5,9 detik. Nilai *delay* terkecil adalah 0 detik yang menunjukkan respon sangat tepat waktu, sedangkan nilai *delay* terbesar tercatat sebesar 8 detik pada tanggal 7 Juli 2025 pukul 15.00 WIB.



Gambar 7 Kolam Siang Hari

Pada Gambar 7, terlihat jelas bahwa burung terlihat jelas yang menandakan fungsi kamera berjalan dengan baik saat siang hari.

Sementara saat malam hari, ICo-Pond menggunakan penerangan lampu yang diletakkan di atas kolam dikarenakan keadaan kolam yang gelap.



Gambar 8 Kolam Malam Hari

Pada Gambar 8, terlihat bahwa kamera masih mampu menampilkan gambar dengan objek yang cukup jelas dengan bantuan lampu. Selain itu, sensor *Passive Infrared* (PIR) juga berfungsi dengan optimal saat malam hari. Deteksi ini kemudian memicu sistem untuk mengaktifkan kamera secara otomatis, memastikan bahwa setiap pergerakan atau aktivitas yang dilakukan oleh makhluk hidup di sekitar kolam tetap terekam dengan baik meskipun pada malam hari.

Peneliti telah mengukur beberapa sampel terkecil dan terbesar dari hasil pemeliharaan selama 8 minggu, yang mendapatkan hasil sampel terkecil memiliki ukuran dengan panjang sebesar 7 cm dan berat senilai 30 gram.

Dikarenakan berat ikan lele yang semakin bertambah tiap waktunya, pemberian pakan juga bertambah seiring bertambahnya waktu. Untuk jumlah pemberian pakan peneliti mengatur setiap 2 minggu sekali agar pemberian pakan sesuai dengan pertumbuhan bibit ikan lele. Seperti pada waktu pengukuran besar ikan lele pada minggu ke-8 dengan berat rata-rata 40 gram. Maka, jumlah pemberian pakan pada minggu ke 8 bertambah menjadi 1,8 kg. Jumlah pakan tersebut dibagi menjadi 600 gram dengan frekuensi 3 kali pemberian pakan dalam 1 hari.

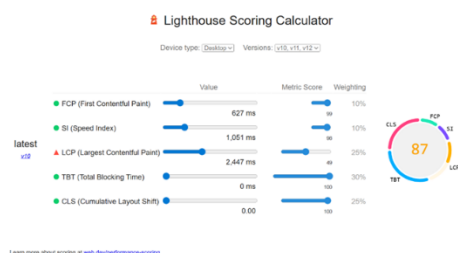


Gambar 9 Hama Burung Datang



Gambar 10 Hama Burung Pergi

Gambar 9 dan 10 menunjukkan pembuktian bahwa hama burung sudah terusir secara efektif. Pada gambar 9, seekor hama burung datang dan mendarat di pinggir kolam. Hama burung otomatis terdeteksi oleh sensor PIR, kemudian kamera mengambil gambar dan disusul oleh sensor buzzer yang menyala pada frekuensi 3000 Hz untuk mengusir hama burung. Sehingga pada gambar 10, hama burung telah terusir dari kolam. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengusiran hama burung pada ICo-Pond telah berfungsi dengan baik dan efektif.



Gambar 11 Skor Google Lighthouse

Gambar 11 merupakan skor dari *Google Lighthouse* dari *website* ICo-Pond yang memperoleh skor 87 yang menunjukkan bahwa skor cukup baik menurut standar dari *Google Lighthouse*.

Tabel 5 Nilai Parameter QOS

Parameter QOS	Nilai yang didapat
Latency	17 ms
Jitter	0,81 ms
Thoroughput	24.915 bps
Packet Loss	0

Dari hasil pengujian menggunakan *wireshark* dan *Google Lighthouse* dapat dilihat bahwa *website* bekerja dengan baik dan *website* bisa menampilkan data yang diperoleh dari sensor IoT secara *real-time*, dapat menampilkan *log* kedatangan hama burung sebagai bukti serta parameter QOS yang sesuai dengan standarisasi dari TIPHON. Selain hal tersebut, kelebihanannya didukung dengan hal berikut:

1. *Website* tidak mengalami *time out* atau *down* saat membuka bagian *monitoring*.
2. Komponen pada *website* seperti SEO, *best performance*, aksesibilitas berada pada angka yang baik dan memudahkan pengguna khususnya petambak lele.
3. Koneksi antara *firebase*, *website*, dan *cloudinary* terjadi dengan baik tanpa adanya keterlambatan (*delay*) yang signifikan.

Dari poin tersebut dapat disimpulkan bahwa pengujian *website* berjalan sesuai dengan yang spesifikasi yang tersedia.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini membuat sistem *Intelligence Controller Pond* (ICo-Pond) yang dibuat untuk pemeliharaan dan perlindungan kolam bibit ikan lele berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang untuk mengatasi permasalahan serangan hama burung yang sering memangsa bibit ikan lele di kolam Bandung Techno Park (BTP). Selain untuk mengusir hama burung, sistem ini juga berfungsi untuk memberi pakan dan pupuk otomatis serta mendeteksi pH secara *real-time*.

Sistem yang dirancang mampu mengintegrasikan berbagai sensor seperti PIR, sensor pH, dan sensor hujan untuk mendeteksi kondisi hujan sekitar kolam. Ketika terdeteksi adanya pergerakan burung, sistem secara otomatis mengaktifkan *buzzer* untuk mengusir hama sekaligus mengambil gambar dan mengunggahnya ke *website* sebagai riwayat aktivitas kolam. Selain itu, sistem juga mengatur pemberian pakan dan pupuk secara otomatis berdasarkan jadwal dan kondisi lingkungan yang terdeteksi oleh sensor pH dan sensor hujan.

Website monitoring yang dikembangkan menggunakan ReactJS dan NodeJS mampu menampilkan data pH, *log* aktivitas hama burung, serta status pemberian pakan dan pupuk secara *real-time*. Penggunaan *platform cloud* seperti *firebase* dan *cloudinary*

memungkinkan data tersimpan dan diakses dengan baik oleh pengguna, sehingga memudahkan pengawasan jarak jauh terhadap kondisi kolam dan kegiatan budidaya ikan lele.

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem ICo-Pond berjalan sesuai dengan spesifikasi dan tujuan penelitian. Sistem ini terbukti dapat meningkatkan efektivitas pengendalian hama, memudahkan pengelolaan pemberian pakan dan pupuk, serta memberikan *monitoring* secara *real-time* kepada pengelola ko. Dengan demikian, ICo-Pond dapat menjadi solusi teknologi yang mendukung keberhasilan budidaya ikan lele di kolam BTP.

REFERENSI

- [1] R. Nurhidayat, "PENGENDALIAN KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN LELE JENIS MUTIARA," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, vol. 1, no. 2, 2020, doi: 10.33365/jimel.v1i1.
- [2] A. F. Ulva, Nurdin, R. Putra Fhonna, D. Yulisda, M. Nur, and R. Setiawan, "Aplikasi IoT Pemantauan Detak Jantung Pasien Lansia Beresiko Tinggi di RSCM Cut Mutia Lhokseumawe Berbasis Mobile," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 237–246, Jan. 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i1.1979.
- [3] H. Sofiumayroh *et al.*, "Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi Pemanfaatan Protokol HTTP Pada Sistem Monitoring Suhu Air Menggunakan Website Berbasis Internet Of Things (IoT) [1]"
- [4] F. Makmun Maimunir and P. Diptya Widayaka, "Rancang Bangun protokol ESP-Now untuk Monitoring Kondisi Lingkungan Tanaman Hidroponik 168 Rancang Bangun Protokol ESP-Now Untuk Monitoring Kondisi Lingkungan Tanaman Hidroponik."
- [5] Z. Fahrus *et al.*, "Perbandingan Performa Framework Laravel dengan ExpressJS Pada Pengembangan Aplikasi Homestay Kosasih Comparison of the Performance of the Laravel Fframework with ExpressJS in Kosasih Homestay Application Development," 2024. doi: <https://doi.org/10.55794/jikom.v15i1.158>.
- [6] V. Rahmadhani, W. Arum, U. Bhayangkara, and J. Raya, "LITERATURE REVIEW INTERNET OF THINK (IOT): SENSOR, KONEKTIFITAS DAN QR CODE," vol. 3, no. 2, 2022, doi: 10.38035/jmpis.v3i2.
- [7] S. Sobri, P. Prayitno, B. Basino, and N. Nurhayat, "Automatic Water Quality Monitoring System With Real-Time Data Type Based on Internet of Things (IOT) for Vannamei Shrimp Farming," *Urecol Journal. Part E: Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 52–63, Sep. 2021, doi: 10.53017/uje.64.
- [8] D. Aribowo, W. Dwi Nugroho, dan Sutarti, P. Teknik Elektro, and F. Keguruan dan Ilmu Pendidikan, "PENERAPAN SENSOR PASSIVE INFRARED (PIR) PADA PINTU OTOMATIS DI PT LG ELECTRONIC INDONESIA," vol. 7, no. 1, 2020, doi: <https://doi.org/10.30656/prosisko.v7i1.2123>.
- [9] E. R. D. Ryan Galih Permana, "PERANCANGAN DAN PENGUJIAN PENAKAR HUJAN TIPE TIPPING BUCKET DENGAN SENSOR PHOTO – INTERRUPTER BERBASIS ARDUINO," vol. 4, pp. 71–76, 2015.

- [10] J. Tugas, A. Fakultas Informatika, M. Rizqan, N. Adjie, D. Sulistiyo Kusumo, and N. Selviandro, "Penerapan React JS Pada Pengembangan FrontEnd. Aplikasi Cafeasy (Studi kasus : Cafe daerah bandung)."

