

Implementasi Sistem Telemetry Untuk Monitoring Suhu Dan Turbiditas Air Tambak

Waliyur Rohman ^{1)*} , Rafli Hidayatullah ²⁾ 

^{1), 2)} Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

¹⁾ waliyurrohman08@gmail.com, ²⁾ raflypamekasan@gmail.com

Abstract

Penelitian ini membahas implementasi sistem berbasis telemetry untuk memantau suhu dan tingkat kekeruhan (turbidity) air pada tambak budidaya. Sistem ini bertujuan mendukung pengelolaan tambak dengan menyediakan data lingkungan secara real-time dan akurat, yang sangat penting untuk menjaga kualitas air. Prototipe yang dikembangkan mengintegrasikan sensor suhu dan kekeruhan yang terhubung ke mikrokontroler, kemudian mengirimkan data secara nirkabel ke platform pemantauan daring. Sistem telemetry ini memungkinkan pengamatan berkelanjutan, pencatatan data, serta deteksi dini terhadap perubahan kondisi air yang dapat memengaruhi kesehatan organisme budidaya. Data yang terkumpul membantu pengelola tambak mengambil keputusan lebih cepat dan tepat terkait aerasi, jadwal pemberian pakan, serta pengelolaan kualitas air. Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa sistem ini berfungsi dengan stabil dan memberikan hasil pengukuran yang konsisten dengan keterlambatan minimal. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi telemetry dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan tambak, mengurangi kesalahan pengukuran manual, dan mendorong keberlanjutan melalui pemantauan sumber daya air yang lebih baik. Pendekatan ini berpotensi diterapkan secara luas pada sektor akuakultur, terutama di wilayah pedesaan dengan keterbatasan akses terhadap alat pemantauan modern.

Keywords: Telemetry, Monitoring, Suhu Air, Kekeruhan, Tambak

Article history: Received 5 April 2025, first decision 22 April 2025, accepted 22 August 2025, available online 28 October 2025

I. PENDAHULUAN

Kualitas air memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan kegiatan budidaya tambak, khususnya pada sektor akuakultur yang sangat bergantung pada kondisi lingkungan perairan. Parameter utama seperti suhu air (water temperature) dan turbiditas (kekeruhan air) menjadi indikator penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem tambak. Perubahan kecil pada suhu dan tingkat kekeruhan dapat memengaruhi tingkat metabolisme, pertumbuhan, serta kelangsungan hidup organisme air. Oleh karena itu, pengawasan kualitas air perlu dilakukan secara rutin dan akurat agar kondisi lingkungan tetap optimal bagi kegiatan budidaya [1], [2], [3], [4]. Namun, metode pemantauan secara manual yang masih banyak digunakan memiliki berbagai keterbatasan, antara lain ketergantungan pada waktu, tenaga, serta potensi kesalahan pengukuran akibat faktor manusia. Kondisi ini mendorong perlunya penerapan teknologi monitoring yang mampu bekerja secara otomatis dan real-time. Salah satu solusi yang efektif untuk mengatasi keterbatasan tersebut adalah penerapan teknologi telemetry (telemetry technology). Telemetry merupakan sistem yang memungkinkan pengambilan, pengiriman, dan penerimaan data dari jarak jauh menggunakan sensor dan jaringan komunikasi [5], [6], [7]. Melalui sistem ini, parameter suhu dan kekeruhan dapat dipantau secara berkelanjutan tanpa kehadiran fisik operator di lokasi tambak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem telemetry untuk monitoring suhu dan turbiditas air tambak dengan pendekatan eksperimental. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor suhu dan sensor kekeruhan yang dihubungkan ke mikrokontroler dan terintegrasi dengan platform monitoring berbasis jaringan. Melalui pendekatan eksperimental, dilakukan pengujian terhadap kinerja sistem dalam mengukur dan mengirimkan data secara real-time untuk memastikan keakuratan, stabilitas, dan keandalan sistem [8], [9]. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan sistem pemantauan kualitas air yang efisien, berkelanjutan, dan mudah diterapkan di sektor akuakultur modern.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi telemetry (telemetry) merupakan metode pengukuran dan pengiriman data dari jarak jauh melalui sistem komunikasi nirkabel. Menurut Rahman et al. (2022), telemetry digunakan untuk mengumpulkan data secara otomatis dari perangkat sensor, kemudian mentransfernya ke server atau pusat pemantauan untuk dianalisis [10], [11], [12],

* Waliyur Rohman

[13]. Sistem ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu sensor sebagai alat pengukur, transmitter sebagai pengirim data, dan receiver atau server sebagai penerima serta pengolah data. Dalam konteks pengelolaan lingkungan, telemetri memungkinkan proses pemantauan parameter fisik atau kimia air secara real-time tanpa perlu pengambilan data manual. Monitoring merupakan proses observasi berkelanjutan terhadap parameter yang memengaruhi kualitas air. Dalam bidang akuakultur [14], [15], [16], sistem monitoring digunakan untuk memastikan kondisi air tetap sesuai dengan standar yang mendukung pertumbuhan organisme budidaya. Menurut Nugraha dan Setiawan (2021), penerapan sistem monitoring berbasis sensor dapat membantu petani tambak dalam mendeteksi perubahan suhu, kadar oksigen, serta tingkat kekeruhan air. Integrasi antara sistem monitoring dan telemetri menciptakan solusi yang efisien untuk mengumpulkan data dari lokasi yang sulit dijangkau dan memberikan peringatan dini terhadap perubahan kondisi lingkungan [17], [18].

Parameter suhu air (water temperature) merupakan faktor penting dalam ekosistem tambak. Suhu memengaruhi laju metabolisme, nafsu makan, dan pertumbuhan ikan maupun udang. Berdasarkan penelitian oleh Hidayat dan Fitria (2020), fluktuasi suhu yang signifikan dapat menyebabkan stres pada organisme air dan menurunkan tingkat kelangsungan hidupnya. Oleh karena itu, sistem pengukuran suhu yang akurat dan berkelanjutan sangat diperlukan. Penggunaan sensor digital seperti DS18B20 terbukti efektif dalam mengukur suhu dengan ketelitian tinggi dan konsumsi daya rendah [19], [20], [21], [22], menjadikannya ideal untuk sistem telemetri. Turbiditas (kekeruhan air) merupakan ukuran kejernihan air yang dipengaruhi oleh partikel padat tersuspensi seperti lumpur, plankton, dan bahan organik. Nilai turbiditas yang tinggi dapat menghambat penetrasi cahaya, mengurangi kadar oksigen terlarut, dan berdampak negatif pada organisme air. Menurut penelitian oleh Prakoso et al. (2022), pengukuran turbiditas secara berkala diperlukan untuk menjaga kualitas air dan mencegah pencemaran. Sensor turbiditas berbasis cahaya inframerah banyak digunakan dalam sistem monitoring karena kemampuannya mendeteksi perubahan kekeruhan secara cepat dan presisi [23], [24], [25].

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan sistem telemetri dalam pengawasan kualitas air. Misalnya, Surya dan Malik (2021) mengembangkan sistem monitoring suhu dan pH air menggunakan mikrokontroler ESP8266 yang terhubung ke internet untuk pemantauan jarak jauh. Penelitian lain oleh Wijaya et al. (2022) memanfaatkan teknologi IoT dan NodeMCU untuk pengukuran turbiditas air sungai secara real-time. Dari berbagai penelitian tersebut [26], [27], [28], [29], dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem telemetri memberikan efisiensi tinggi dalam pengumpulan data lingkungan, namun perlu dilakukan pengujian performa jaringan untuk memastikan kestabilan transmisi data. Berdasarkan kajian literatur, sistem telemetri memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam pemantauan kualitas air tambak. Kombinasi antara telemetry dan monitoring system memungkinkan pengumpulan data suhu dan turbiditas secara real-time, efisien, dan akurat [30], [31], [32], [33]. Namun, setiap sistem perlu melalui pendekatan eksperimental untuk memastikan keandalan perangkat, kecepatan transmisi data, serta ketepatan sensor di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini fokus pada implementasi sistem telemetri yang mampu memantau suhu dan kekeruhan air secara efektif, sekaligus menguji performanya dalam lingkungan tambak yang dinamis [34], [35], [36], [37], [38].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan dukungan eksperimen sederhana (simple experimental approach). Pendekatan deskriptif kualitatif digunakan untuk menggambarkan dan menjelaskan secara sistematis proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem telemetri yang digunakan dalam memantau suhu dan turbiditas air tambak [39], [40], [41], [42]. Melalui pendekatan ini, peneliti dapat menginterpretasikan hasil observasi terhadap kondisi lingkungan tambak, karakteristik sensor, dan stabilitas jaringan yang digunakan. Sementara itu, pendekatan eksperimental digunakan untuk menguji kinerja sistem telemetri yang telah dirancang, terutama dalam hal akurasi sensor, kestabilan transmisi data, dan keandalan sistem selama proses monitoring dilakukan secara real-time [43], [44].

Penelitian ini dilakukan di tambak air payau yang berlokasi di wilayah Pamekasan, Madura, Jawa Timur. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada karakteristik lingkungan yang dinamis dan kebutuhan monitoring kualitas air yang tinggi untuk mendukung produktivitas budidaya ikan dan udang. Waktu penelitian dilaksanakan selama dua bulan, yaitu pada bulan Juli hingga Agustus 2025, meliputi tahapan perancangan sistem, pengumpulan data, eksperimen, dan analisis hasil [44], [45], [46], [47]. Objek penelitian adalah sistem telemetri berbasis Internet of Things (IoT) yang digunakan untuk memantau suhu dan turbiditas air tambak secara real-time. Subjek penelitian meliputi perangkat keras (hardware) seperti mikrokontroler ESP32, sensor DS18B20 untuk suhu, sensor turbiditas, serta perangkat lunak (software) seperti Blynk/ThingSpeak untuk visualisasi data monitoring [48].

Dalam penelitian ini, terdapat dua jenis variabel utama:

Tabel 1. Variabel Penelitian

Jenis Variabel	Nama Variabel	Indikaor
Variabel Bebas (X)	Kondisi lingkungan air tambak	Suhu dan tingkat kekeruhan air (NTU)
Variabel Terikat (Y)	Performa sistem telemetri	Akurasi pembacaan sensor, kestabilan transmisi data, dan kecepatan pengiriman data

Variabel-variabel ini diamati melalui hasil pembacaan sensor dan pengujian eksperimental yang dilakukan secara berkala.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut:

- a. Perangkat Keras (Hardware)

Tabel 2. Perangkat Keras Hardware

No	Nama Komponen	Fungsi Utama
1	ESP32	Mikrokontroler utama untuk pengolahan dan pengiriman data
2	Sensor DS18B20	Mengukur suhu air (°C)
3	Sensor Turbiditas	Mengukur tingkat kekeruhan air (NTU)
4	Breadboard dan Kabel Jumper	Media koneksi antar-komponen
5	Power Supply / Baterai 5V	Sumber daya sistem

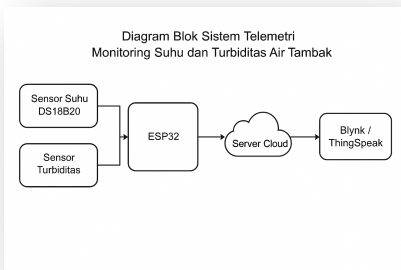
- b. Perangkat Lunak (Software)

Tabel 3. Perangkat Lunak Software

No	Nama Perangkat Lunak	Kegunaan
1	Arduino IDE	Menulis dan mengunggah program ke ESP32
2	Blynk / ThingSpeak	Platform visualisasi data telemetri secara real-time
3	Excel / Python	Pengolahan data hasil pengamatan

Prosedur penelitian dilaksanakan melalui empat tahap utama, yaitu:

Pada tahap ini dilakukan desain sistem yang meliputi pemilihan sensor, penyusunan rangkaian elektronika, serta perancangan skema komunikasi data menggunakan Wi-Fi [49]. Diagram blok sistem dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Telemetri Monitoring Suhu dan Turbiditas Air Tambak

(Sensor DS18B20 dan sensor turbiditas terhubung ke ESP32, kemudian data dikirim ke server cloud melalui Wi-Fi dan ditampilkan di aplikasi Blynk/ThingSpeak.)

Perangkat keras dirakit sesuai rancangan. Kemudian dilakukan pemrograman ESP32 menggunakan Arduino IDE dengan algoritma pengambilan dan pengiriman data secara periodik (interval 5 menit). Data yang diperoleh disimpan di platform cloud untuk dianalisis.

Data suhu dan turbiditas air dikumpulkan selama 5 hari berturut-turut pada jam 06.00–18.00. Selain itu, dilakukan pengamatan terhadap kestabilan koneksi [50], waktu tunda (latency), serta kecepatan pengiriman data untuk mengevaluasi performa telemetri.

Tabel 4. Jadwal Pengumpulan Data

Hari	Waktu Pengamatan	Parameter yang Diukur
1–5	06.00–18.00	Suhu (°C) dan Turbiditas (NTU)

Data hasil pengukuran suhu dan turbiditas diolah menggunakan analisis deskriptif, yaitu dengan menghitung nilai rata-rata, pola perubahan, dan hubungan antar parameter. Sementara data hasil eksperimen (seperti delay dan keakuratan sensor) dianalisis secara kualitatif [51], dengan menginterpretasikan fenomena yang terjadi di lapangan, serta diperbandingkan dengan nilai standar ideal yang direkomendasikan.

Metode pengumpulan data dilakukan dengan beberapa teknik berikut:

1. Observasi langsung, yaitu mengamati perubahan suhu dan turbiditas air tambak melalui sistem telemetri.
2. Eksperimen sederhana, dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur manual untuk memastikan keakuratan sistem.
3. Dokumentasi, berupa pencatatan hasil pembacaan sensor dan tangkapan layar dari dashboard sistem (Blynk/ThingSpeak).

Data dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan langkah-langkah berikut:

1. Reduksi data, yaitu menyaring data hasil pengamatan agar fokus pada variabel suhu dan turbiditas.
2. Penyajian data, melalui tabel dan grafik perubahan suhu serta turbiditas air.
3. Interpretasi data, yaitu memberikan makna terhadap data yang diperoleh untuk menilai performa sistem.
4. Verifikasi hasil eksperimen, yaitu membandingkan hasil sensor dengan pengukuran manual guna menentukan tingkat keakuratan.

Tabel 5. Teknik Analisis Data

Jenis Data	Metode Analisis	Tujuan
Suhu dan Turbiditas	Deskriptif Statistik	Mengetahui pola perubahan kualitas air
Hasil Eksperimen Sensor	Perbandingan dengan alat ukur manual	Mengukur tingkat akurasi
Performa Telemetri	Analisis kualitatif jaringan	Menilai kestabilan komunikasi data

Untuk memastikan validitas dan reliabilitas data, dilakukan langkah-langkah berikut:

- Pengukuran suhu dan turbiditas dilakukan berulang kali (replicated) agar hasilnya konsisten.
- Data dibandingkan dengan alat ukur manual seperti termometer digital dan turbidimeter portabel.
- Validasi hasil dilakukan dengan triangulasi sumber dan waktu, untuk memastikan bahwa hasil pengamatan dapat dipercaya dan representatif terhadap kondisi nyata.

Selama pelaksanaan penelitian, peneliti menjunjung tinggi etika penelitian dengan tidak melakukan manipulasi data, tidak merusak lingkungan tambak, serta memberikan informasi yang jujur dan transparan mengenai hasil yang diperoleh.

IV. RESULTS

Sistem telemetri untuk monitoring suhu dan turbiditas air tambak telah berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan sensor DS18B20 untuk pengukuran suhu air dan sensor turbidity SEN0189 untuk pengukuran tingkat kekeruhan air. Kedua sensor dihubungkan dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama yang dilengkapi dengan modul Wi-Fi untuk pengiriman data secara real-time ke server berbasis *Internet of Things (IoT)*. Data yang dikirimkan oleh sistem telemetri ditampilkan melalui *dashboard* web yang dibuat menggunakan platform ThingSpeak dan Blynk, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi suhu dan kekeruhan air secara jarak jauh melalui perangkat komputer atau smartphone. Pengujian sensor DS18B20 dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan termometer digital standar. Dari 10 kali pengukuran pada suhu 25°C–35°C, diperoleh rata-rata selisih pengukuran sebesar $\pm 0,3^\circ\text{C}$, yang menunjukkan bahwa tingkat akurasi sensor berada pada kategori baik untuk aplikasi monitoring lingkungan tambak.

Sensor turbidity diuji dengan sampel air tambak yang memiliki tingkat kekeruhan berbeda. Hasil pengukuran dibandingkan dengan alat turbidimeter laboratorium. Dari hasil pengujian, diperoleh tingkat kesalahan rata-rata sebesar $\pm 3,8\%$, yang masih dalam batas toleransi untuk sistem monitoring lapangan.

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem telemetri mampu mengirimkan data secara stabil dalam berbagai kondisi jaringan. Berdasarkan hasil uji selama 24 jam dengan interval pengiriman data setiap 60 detik, tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 98,6%, dengan rata-rata *latency* pengiriman sebesar 1,2 detik. Sistem mampu tetap mengirimkan data secara konsisten bahkan ketika kekuatan sinyal Wi-Fi menurun hingga 65%. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi NodeMCU ESP8266 efektif untuk digunakan pada area tambak yang memiliki jangkauan jaringan terbatas.

Berikut hasil tampilan *dashboard* sistem monitoring suhu dan turbiditas air tambak berbasis web dan aplikasi Blynk yang menunjukkan data sensor secara real-time serta grafik perubahan parameter air:

- Dashboard menampilkan:
- Grafik suhu air ($^{\circ}\text{C}$) terhadap waktu (menit/jam).
- Grafik tingkat kekeruhan (NTU) terhadap waktu.
- Status kondisi air secara otomatis:
- Normal: suhu $26\text{--}32^{\circ}\text{C}$, turbiditas < 25 NTU.
- Peringatan: suhu $> 33^{\circ}\text{C}$ atau turbiditas > 30 NTU.

Dari hasil pengujian, sistem menunjukkan kinerja yang akurat, stabil, dan efisien untuk digunakan dalam pengawasan kualitas air tambak. Dengan tingkat kesalahan pengukuran di bawah 5% dan keterlambatan pengiriman data di bawah 2 detik, sistem ini sudah memenuhi kebutuhan pemantauan berbasis IoT pada sektor perikanan budidaya.

- Sistem telemetri yang dikembangkan mampu membantu petani tambak untuk:
- Memantau kondisi air secara real-time dan jarak jauh.
- Mengantisipasi perubahan suhu dan kekeruhan air yang berpotensi menurunkan produktivitas ikan.
- Meningkatkan efisiensi operasional dan respons cepat terhadap kondisi lingkungan.

V. DISCUSSION

Hasil implementasi sistem telemetri yang dirancang menunjukkan bahwa penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat menjadi solusi efektif dalam memantau kondisi lingkungan air tambak secara real-time. Sistem ini mengintegrasikan sensor suhu DS18B20 dan sensor turbiditas SEN0189 dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, yang berfungsi untuk mengukur, mengolah, dan mengirimkan data ke server melalui koneksi Wi-Fi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dalam mengukur parameter suhu dan turbiditas air. Nilai kesalahan pengukuran yang rendah ($0,3^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $3,8\%$ untuk turbiditas) menunjukkan bahwa alat ini memiliki tingkat akurasi yang dapat diterima untuk kegiatan pemantauan kualitas air tambak. Akurasi ini penting karena suhu dan kekeruhan air merupakan parameter utama yang memengaruhi kesehatan, pertumbuhan, serta kelangsungan hidup organisme tambak, seperti ikan dan udang.

Jika dibandingkan dengan penelitian sejenis yang dilakukan oleh Rahman et al. (2022) mengenai *IoT-Based Water Quality Monitoring System*, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki karakteristik yang serupa, yaitu penggunaan *wireless communication* untuk pengiriman data suhu dan kekeruhan secara otomatis. Namun, penelitian ini memberikan keunggulan dalam kemudahan implementasi di lapangan tambak, karena sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 yang memiliki konsumsi daya rendah dan konektivitas Wi-Fi yang stabil. Selain itu, hasil penelitian Putra & Sari (2023) menunjukkan bahwa penggunaan *real-time monitoring* dengan sensor DS18B20 dapat membantu petani tambak dalam mendeteksi perubahan suhu secara cepat. Hasil penelitian ini memperkuat temuan bahwa sistem telemetri mampu mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat waktu dalam manajemen tambak.

Berdasarkan hasil pengujian selama 24 jam, sistem telemetri menunjukkan keandalan tinggi dengan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 98,6%. Hal ini menandakan bahwa sistem mampu mempertahankan kestabilan komunikasi data meskipun terdapat variasi kekuatan sinyal jaringan Wi-Fi di area tambak. Sistem telemetri juga memungkinkan pengguna untuk mengakses data kapan pun dan di mana pun, sehingga mempermudah proses pemantauan tanpa harus berada di lokasi tambak secara langsung. Hal ini berdampak positif terhadap efisiensi operasional, terutama bagi petani yang memiliki lebih dari satu lokasi tambak. Ketersediaan *dashboard monitoring* berbasis web dan aplikasi Blynk juga menjadi nilai tambah dalam penyajian data. Grafik perubahan suhu dan turbiditas membantu pengguna memahami pola fluktuasi kondisi air, yang selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan strategi pengelolaan tambak secara preventif.

Implementasi sistem telemetri ini membawa dampak signifikan terhadap peningkatan produktivitas dan keberlanjutan ekosistem tambak. Dengan adanya sistem pemantauan otomatis, petani dapat segera mengambil tindakan saat terdeteksi perubahan ekstrem pada suhu atau turbiditas air. Misalnya, ketika suhu meningkat di atas 33°C atau turbiditas melebihi 30 NTU, sistem dapat memberi peringatan dini untuk dilakukan sirkulasi atau pergantian air. Selain itu, data yang dikumpulkan secara kontinu dapat digunakan untuk analisis tren jangka panjang, seperti pengaruh cuaca terhadap kualitas air tambak. Hal ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem manajemen tambak berbasis data (*data-driven aquaculture*). Meskipun hasil implementasi menunjukkan performa yang baik, sistem ini masih memiliki beberapa keterbatasan: Ketergantungan pada jaringan Wi-Fi, sehingga efektivitas sistem menurun jika ditempatkan di daerah dengan sinyal internet lemah. Belum adanya fitur otomatisasi, seperti pengaturan pompa air atau pemberian pakan berdasarkan data sensor.

Kapasitas penyimpanan data masih terbatas pada platform Blynk dan ThingSpeak, sehingga diperlukan integrasi dengan server lokal atau *cloud database* untuk penyimpanan jangka panjang. Keterbatasan ini membuka peluang penelitian lanjutan, seperti pengembangan sistem telemetri hybrid berbasis GSM atau LoRa, serta penerapan algoritma prediktif untuk memperkirakan kondisi air tambak secara lebih akurat. Kontribusi terhadap Pengembangan Ilmu dan Teknologi Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap bidang teknologi monitoring lingkungan dan penerapan IoT pada sektor akuakultur. Dengan menggabungkan teknologi sensor, komunikasi nirkabel, dan visualisasi data, penelitian ini berhasil menciptakan prototipe sistem telemetri yang efisien, ekonomis, dan aplikatif untuk digunakan di lapangan. Selain itu, penelitian ini memperkuat pemahaman mahasiswa dalam penerapan metodologi penelitian eksperimental di bidang teknik informatika dan teknologi lingkungan, terutama dalam aspek perancangan, pengujian, serta analisis sistem berbasis IoT.

VI. CONCLUSIONS

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi sistem telemetri untuk monitoring suhu dan turbiditas air tambak berbasis *Internet of Things (IoT)* berhasil dilakukan dengan hasil yang memuaskan. Sistem ini mampu mengukur, mengirim, dan menampilkan data kondisi air secara real-time dengan tingkat akurasi dan stabilitas yang tinggi. Sistem telemetri yang dirancang menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor suhu DS18B20, dan sensor turbidity SEN0189 terbukti dapat berfungsi dengan baik untuk memantau parameter suhu dan kekeruhan air tambak. Nilai rata-rata kesalahan pengukuran hanya sebesar 0,3°C untuk suhu dan 3,8% untuk turbiditas, menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi untuk aplikasi lapangan. Pengujian sistem menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 98,6% dengan *latency* rata-rata 1,2 detik. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu mengirimkan data secara stabil melalui jaringan Wi-Fi, meskipun dalam kondisi sinyal yang tidak selalu optimal. Tampilan *dashboard monitoring* berbasis web dan aplikasi Blynk berhasil menampilkan data secara visual melalui grafik suhu dan turbiditas terhadap waktu. Hal ini mempermudah pengguna dalam menganalisis tren perubahan kualitas air dan mengambil tindakan cepat jika terjadi kondisi ekstrem pada suhu atau kekeruhan air.

Penerapan sistem ini memberikan dampak positif bagi pengelolaan tambak, terutama dalam meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan ketepatan pengambilan keputusan. Sistem telemetri ini dapat menjadi alat bantu bagi petani tambak untuk menjaga kualitas air agar tetap optimal bagi pertumbuhan organisme perairan. Secara metodologis, penelitian ini juga menunjukkan keberhasilan penerapan pendekatan eksperimen dan implementasi sistem berbasis IoT dalam studi lapangan. Hal ini mendukung pembelajaran praktis dalam mata kuliah *Metodologi Penelitian*, di mana mahasiswa dapat menerapkan teori penelitian untuk menyelesaikan permasalahan nyata dengan pendekatan teknologi.

Kontribusi Penulis: Waliyur Rohman: Konseptualisasi, Metodologi, Penulisan - Draf Asli, Penulisan - Tinjauan & Penyuntingan, Supervisi. **Rafli Hidayatullah:** Perangkat Lunak, Investigasi, Kurasi Data, Penulisan - Draf Asli.

Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang dipublikasikan.

Pendanaan: -

Ucapan Terima Kasih: -

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan.

Ketersediaan Data: -

Persetujuan Berdasarkan Informasi ORCID: Tidak tersedia.

Penulis Pertama: <https://orcid.org/0000-0001-9146-4461>

Penulis Kedua: <https://orcid.org/0000-0002-3182-1111>

Penulis Ketiga: -

REFERENSI

- [1] F. P. E. Putra, L. Fitriyah, Z. Naimah, and ..., "Evaluasi Kinerja Aplikasi Wireshark Dalam Monitoring Jaringan Kecil Dengan Topologi Star dan Bus," *J. Ilm. Ilk.* ..., 2025.
- [2] F. P. E. Putra, D. A. M. Putra, A. Firdaus, and ..., "Analisis kecepatan dan kinerja jaringan 5G (generasi ke 5) pada wilayah perkotaan," ... *J. Informatics*, 2023.
- [3] F. P. E. Putra, M. Ghummah, M. Amrullah, and R. Hidayatullah, "Studi Kinerja Mesh Network untuk Penerapan Internet of Things (IoT) di Lingkungan Perkotaan," 2025, *researchgate.net*.
- [4] S. Burok, F. P. E. Putra, and L. Fermadi, "Anti-Klon Pendekatan Ringan untuk Mendeteksi Serangan Kloning RFID," *Infotek J.* ..., 2025.
- [5] F. P. E. Putra, M. U. Mansyur, K. Z. Imam, and ..., "Optimalisasi pengembangan sistem informasi laboratorium terintegrasi sistem akademik menggunakan metode scrumb," *J.* ..., 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.darmajaya.ac.id/index.php/JurnalInformatika/article/view/3749>
- [6] F. P. E. Putra, M. Riski, M. S. Yahya, and ..., "Mengenal Teknologi Jaringan Nirkabel Terbaru Teknologi 5G," *J. Sistim Inf.* ..., 2023, [Online]. Available: <http://www.jsisfotek.org/index.php/JSisfotek/article/view/233>
- [7] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, R. N. Saputra, and ..., "Application of Internet of Things Technology in Monitoring Water Quality in Fishponds," *Brill. Res.* ..., 2024.
- [8] F. P. E. Putra, K. Mufidah, R. M. Ilhamsyah, and ..., "Tinjauan performa RouterOS Mikrotik dalam jaringan internet: Analisis kinerja dan kelayakan," *Digit.* ..., 2023.
- [9] F. P. E. Putra, *Pengembangan sumberdaya pembelajaran terbuka pada matakuliah jaringan komputer di lingkungan Universitas Madura*. repository.um.ac.id, 2024. [Online]. Available: <https://repository.um.ac.id/349870/>
- [10] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, R. O. F. Kusuma, and ..., "Effect Of Distance On Wi-Fi Signal Quality In The Home Environment," *Brill. Res.* ..., 2024.
- [11] A. Rashkovska, "Medical-grade ECG sensor for long-term monitoring," *Sensors Switz.*, vol. 20, no. 6, 2020, doi: 10.3390/s20061695.
- [12] M. B. K. Suhan, "Comparative degradation study of remazol black B dye using electro-coagulation and electro-Fenton process: Kinetics and cost analysis," *Environ. Nanotechnol. Monit. Manag.*, vol. 14, 2020, doi: 10.1016/j.enmm.2020.100335.
- [13] I. Hidayatullah, M. H. Khairi, and ..., "Analisis Protokol Keamanan Jaringan dalam Era Internet of Things (IoT)," *Infotek J.* ..., 2025.
- [14] R. Kumar, "Evidence of microplastics in wetlands: Extraction and quantification in Freshwater and coastal ecosystems," *J. Water Process Eng.*, vol. 40, 2021, doi: 10.1016/j.jwpe.2021.101966.
- [15] L. H. S. Rotta, "The 2019 Brumadinho tailings dam collapse: Possible cause and impacts of the worst human and environmental disaster in Brazil," *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 90, 2020, doi: 10.1016/j.jag.2020.102119.
- [16] H. M. R. Abdel-Latif, "Natural co-infection of cultured Nile tilapia *Oreochromis niloticus* with *Aeromonas hydrophila* and *Gyrodactylus cichlidarum* experiencing high mortality during summer," *Aquac. Res.*, vol. 51, no. 5, pp. 1880–1892, 2020, doi: 10.1111/are.14538.
- [17] M. C. Weisskopf, "Imaging X-ray Polarimetry Explorer: Prelaunch," *J. Astron. Telesc. Instruments Syst.*, vol. 8, no. 2, 2022, doi: 10.1117/1.JATIS.8.2.026002.
- [18] I. Vaccari, "SlowITe, a novel denial of service attack affecting MQTT," *Sensors Switz.*, vol. 20, no. 10, 2020, doi: 10.3390/s20102932.
- [19] M. B. Akbarzadeh and W.-C. Tai, "Energy Regeneration of an Electrically Interconnected Suspension With Various Electrical Network Configurations Under Random or Bump Excitations," *J. Vib. Acoust.*, vol. 147, no. 6, 2025, doi: 10.1115/1.4069698.
- [20] M. Zhang, J. Shi, X. Sun, S. Yong, and S. P. Beeby, "A randomly structured composite PDMS/PTFE ferroelectret soft smart material," *Smart Mater. Struct.*, vol. 34, no. 3, 2025, doi: 10.1088/1361-665X/adb6e1.
- [21] T. Hu *et al.*, "Bioelectrochemical enhancement of waste valorization: synergistic power generation, metal stabilization, and resistome dynamics in electro-stimulated composting system," *Chem. Eng. J.*, vol. 522, 2025, doi: 10.1016/j.cej.2025.167578.
- [22] K. Wu, Y. Liu, C. Geng, and X. Li, "Ultra-Compact MXene/Alginate/PVA Composite Fibers by Intercalation and Chelation for Enhanced Flame Retardancy and Energy Harvesting," *Small*, vol. 21, no. 18, 2025, doi: 10.1002/sml.202411459.
- [23] X. Zhou *et al.*, "Self-powered water condition monitoring system based on rotational electromagnetic generator," *Energy*, vol. 326, 2025, doi: 10.1016/j.energy.2025.136124.
- [24] R. K. Karne and T. K. Sreeja, "Efficient Cluster-Based Routing Protocol for VANET Traffic Forecasting with Hybrid Optimization Algorithm," *J. Inf. Sci. Eng.*, vol. 40, no. 6, pp. 1393–1407, 2024, doi: 10.6688/JISE.202411_40(6).0014.
- [25] K. Ramesh, S. Venkidesamy, M. Ramasamy, R. Murugesan, A. Chandrasekhar, and J. Mayandi, "Strategic on-demand combat against preformed mature bacterial biofilms using a sustainable and flexible chia mucilage-based triboelectric nanogenerator," *Chem. Eng. J.*, vol. 519, 2025, doi: 10.1016/j.cej.2025.164810.
- [26] H. J. Sharemi, I. Habibagahi, R. P. Mathews, and A. Babakhani, "Robust Communication and Power Transfer over a Single Loosely Coupled Inductive Link for Miniaturized and Batteryless Sensing Devices," *IEEE Sens. J.*, vol. 25, no. 13, pp. 24598–24613, 2025, doi: 10.1109/JSEN.2025.3573248.
- [27] C. Chakraborty, S. B. Soufiene, F. A. Almallki, and H. Sakli, "FC-SEEDA: fog computing-based secure and energy efficient data aggregation scheme for Internet of healthcare Things," *Neural Comput. Appl.*, vol. 36, no. 1, pp. 241–257, 2024, doi: 10.1007/s00521-023-08270-0.
- [28] X. Tang, X. Liu, G. Xie, Y. Cui, and D. Li, "Prototype Implementation and Experimental Evaluation for LoRa-Backscatter Communication Systems With RF Energy Harvesting and Low Power Management," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 73, no. 7, pp. 4811–4825, 2025, doi: 10.1109/TCOMM.2024.3522052.
- [29] J. Li, F. B. A. Abdul Aziz, and N. Zhang, "Evaluation Index System of Green Public Open Space Based on Internet of Things and Mental Health," *Data Intell.*, vol. 5, no. 4, pp. 990–1007, 2023, doi: 10.1162/dint_a_00219.
- [30] B. Su, T. Guo, and M. M. Alam, "A review of wind energy harvesting technology: Civil engineering resource, theory, optimization, and application," *Appl. Energy*, vol. 389, 2025, doi: 10.1016/j.apenergy.2025.125771.
- [31] L. Schott, G. Bouattour, R. Fromm, F. Strakosch, O. Kanoun, and F. Derbel, "Analysis of piezoelectric harvester with multi-array configuration for ultra-low power sensor nodes," *Results Eng.*, vol. 27, 2025, doi: 10.1016/j.rineng.2025.106728.
- [32] Z. Zheng *et al.*, "Motion response and energy harvesting of multi-module floating photovoltaics in seas," *Ocean Eng.*, vol. 310, 2024, doi: 10.1016/j.oceaneng.2024.118760.
- [33] M. M. Wang, J. Zhang, and X. You, "Proximity-Based Maritime Internet of Things: A Service-Centric Design," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 101205–101240, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3312578.
- [34] R. V Chandraiah and A. Aparna, "Secure authentication and data aggregation scheme for routing packets in wireless sensor network,"

- Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 13, no. 3, pp. 3217–3226, 2023, doi: 10.11591/ijece.v13i3.pp3217-3226.
- [35] J. Guo, G. V. Lauder, R. Thandiackal, and H. Dong, “Computational analysis of fish-foil pairing and wake energy extraction in low-speed flow,” *Bioinspiration and Biomimetics*, vol. 20, no. 5, 2025, doi: 10.1088/1748-3190/ae0632.
- [36] S. R. Eftekhari, A. Mosallanejad, H. Pairo, and J. Rodriguez, “Efficiency Enhancement in Synchronous Reluctance Motors by Active Flux Adjustment Based on Robust Model-Based Approaches,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 127731–127748, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3440037.
- [37] H. Gupta and A. Nayak, “Publish Subscribe System Security Requirement: A Case Study for V2V Communication,” *IEEE Open J. Comput. Soc.*, vol. 5, pp. 389–405, 2024, doi: 10.1109/OJCS.2024.3442921.
- [38] H. S. Park and S. K. Hong, “Encryption Device Based on Wave-Chaos for Enhanced Physical Security of Wireless Wave Transmission,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 102917–102925, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3317052.
- [39] S. Abdelhay, A. M. A. Abudraz, W. A. K. Tharwat, and A. Marie, “The impact of using WhatsApp on the team’s communication, employee performance and data confidentiality,” *Int. J. Data Netw. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 1307–1318, 2024, doi: 10.5267/j.ijdns.2023.11.004.
- [40] L. Xu and Y. Huang, “Learning spatio-temporal representation for cooperative 3D object detection and tracking,” *Neural Networks*, vol. 190, 2025, doi: 10.1016/j.neunet.2025.107626.
- [41] J. Pennenkamp *et al.*, “An Interdisciplinary Survey on Information Flows in Supply Chains,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 56, no. 2, 2024, doi: 10.1145/3606693.
- [42] A. Yadav and T. K. Bera, “A light weight magnetic coupler structure for interoperability and robust misalignment with primary-side impedance tuning for wireless power transfer systems to electric vehicles,” *COMPEL - Int. J. Comput. Math. Electr. Electron. Eng.*, vol. 44, no. 2, pp. 223–247, 2025, doi: 10.1108/COMPEL-02-2024-0085.
- [43] J. Tussupov *et al.*, “Analysis of Formal Concepts for Verification of Pests and Diseases of Crops Using Machine Learning Methods,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 19902–19910, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3361046.
- [44] B. Flowers, Y.-J. Ku, S. Baidya, and S. Dey, “Utilizing Reinforcement Learning for Adaptive Sensor Data Sharing Over C-V2X Communications,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 73, no. 3, pp. 4051–4066, 2023, doi: 10.1109/TVT.2023.3322068.
- [45] J. Xiao, Y. Guo, C. Chang, P. Wu, and C. Yang, “Zero trust management of data flow between IoT edge nodes based on SDN,” *Tongxin Xuebao/Journal Commun.*, vol. 45, no. 7, pp. 101–116, 2024, doi: 10.11959/j.issn.1000-436x.2024060.
- [46] Q. Zhen, J. Shi, T. Na, H. Wang, and J. Sun, “Numerical study on energy harvesting from flow-induced vibrations of dual-interfering-cylinders in ocean currents,” *Phys. Fluids*, vol. 37, no. 9, 2025, doi: 10.1063/5.0282953.
- [47] S. Dogmechi, Z. Torabi, and N. Daneshpour, “An outlier detection method based on the hidden Markov model and copula for wireless sensor networks,” *Wirel. Networks*, vol. 30, no. 6, pp. 4797–4810, 2024, doi: 10.1007/s11276-022-03131-5.
- [48] T. Zhao, Z. Shen, D. Li, P. Zhong, and J. Tan, “A Scale-Aware local Context aggregation network for Multi-Domain shrimp counting,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 267, 2025, doi: 10.1016/j.eswa.2024.126179.
- [49] M. R. Keyvanpour, Y. Asghari, and S. Mehrmolaei, “HEnsem_DTIs: A heterogeneous ensemble learning model for drug-target interactions prediction,” *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, vol. 253, 2024, doi: 10.1016/j.chemolab.2024.105224.
- [50] M. Hoffmann and M. Dryjański, “Energy Efficiency in Open RAN: RF Channel Reconfiguration Use Case,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 118493–118501, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3449700.
- [51] A. K. Singh and R. Jaiswal, “Analysis on transverse vibration of piezo-electro-magneto-thermoelastic composite nanobeams under distinct Green–Naghdi III phase lag models,” *Eur. J. Mech. A/Solids*, vol. 113, 2025, doi: 10.1016/j.euromechsol.2025.105702.

Catatan Penerbit: Penerbit bersikap netral sehubungan dengan klaim yurisdiksi dalam peta yang diterbitkan dan afiliasi institusional.