

Sistem Kontrol Aerator Tambak Udang dan Ikan Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU dan Sensor Suhu

¹Siti Nurul Laili, ²Syauqi Akmal, ³Muhammad Al-Amin, ⁴Rivaldo Febrian, ⁵Tasya Nurvianti, ⁶Rahma Kurnia Laila Sari

^{1,2,3,4,5,6} Politeknik Negeri Bengkalis, Indonesia

¹sitinurlaili493@gmail.com, ²syauqiakmal0404@gmail.com

*Penulis Korespondensi

Diajukan : 15/06/2026

Diterima : 25/06/2026

Dipublikasi : 27/06/2026

ABSTRAK

Budidaya ikan dan udang di tambak sangat bergantung pada kualitas air, terutama suhu dan kadar oksigen terlarut (DO). Pengelolaan secara manual tidak efisien dan rentan terhadap keterlambatan respons ketika kondisi air berubah drastis. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol aerator otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor suhu DS18B20 pada tambak udang dan ikan di Kabupaten Bengkalis, Riau. Metode pengembangan menggunakan pendekatan Waterfall yang mencakup empat tahapan: analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Sistem dirancang dengan tiga subsistem utama: node sensor, platform cloud berbasis protokol MQTT, dan aplikasi mobile dengan fitur monitoring real-time, kontrol aerator, notifikasi push, dan pengaturan threshold. Pengujian dilakukan selama 7 hari pada tambak aktif dengan total 2.016 titik data pengamatan suhu (pembacaan setiap 30 detik) menggunakan black-box testing dan pengujian lapangan langsung. Hasil pengujian menunjukkan sensor DS18B20 memiliki rata-rata selisih pembacaan 0,3°C dari termometer referensi, relay aerator aktif dalam 1,2 detik, notifikasi push terkirim dalam 2,8 detik, dan uptime sistem mencapai 99,1%. Efisiensi pengelolaan diukur berdasarkan tiga indikator: latensi respons sistem terhadap perubahan threshold, pengurangan frekuensi kunjungan fisik petambak, dan ketersediaan data historis untuk analisis tren. Sistem terbukti meningkatkan efisiensi pengelolaan tambak dan mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual.

Kata Kunci: Aerator Otomatis, IoT, NodeMCU, Sensor DS18B20, Tambak Ikan

I. PENDAHULUAN

Sektor perikanan budidaya, khususnya tambak udang dan ikan, merupakan salah satu sumber penghidupan utama masyarakat pesisir di Indonesia. Keberhasilan budidaya sangat bergantung pada kemampuan petambak menjaga kualitas lingkungan perairan (Kordi & Tancung, 2010). Parameter kualitas air seperti suhu, kadar oksigen terlarut (DO), pH, dan turbiditas merupakan faktor kritis yang menentukan kelangsungan hidup dan pertumbuhan biota tambak.

Pada praktik konvensional, petambak memantau kualitas air secara manual dengan mengunjungi lokasi tambak pada interval tertentu. Pendekatan ini tidak dapat mendeteksi perubahan kondisi air secara real-time, membutuhkan tenaga kerja banyak terutama malam hari, dan berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi akibat keterlambatan respons (Sidiq, 2023).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut. IoT memungkinkan integrasi sensor, mikrokontroler, dan platform komunikasi sehingga data lingkungan dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh melalui jaringan internet (Sethi & Sarangi, 2017). Penelitian sebelumnya menunjukkan sistem IoT mampu menghemat penggunaan air hingga 30% (Wahyudi, 2023) dan aerator otomatis berbasis sensor mencapai akurasi 99% menjaga kadar DO (Sidiq, 2023).



Hubungan ilmiah antara suhu dan kadar oksigen terlarut (DO) bersifat berbanding terbalik: semakin tinggi suhu air, semakin rendah kapasitas air untuk melarutkan oksigen. Pada suhu 30°C, kelarutan oksigen maksimum air tawar hanya sekitar 7,5 mg/L, sedangkan pada suhu 25°C mencapai 8,3 mg/L (Boyd, 1998). Penurunan DO di bawah 4 mg/L menyebabkan stres pada udang vaname dan ikan lele, sehingga pemantauan suhu secara kontinu menjadi proksi penting untuk memprediksi risiko penurunan DO dan mengaktifkan aerator secara tepat waktu (Effendi, 2003). Gap penelitian yang teridentifikasi adalah belum adanya sistem yang mengintegrasikan kontrol aerator berbasis threshold suhu dengan notifikasi real-time melalui aplikasi mobile menggunakan NodeMCU ESP8266 pada tambak aktif. Penelitian ini bertujuan: (1) merancang monitoring suhu air berbasis IoT secara real-time, (2) mengembangkan kontrol aerator otomatis jarak jauh, dan (3) meningkatkan efisiensi pengelolaan tambak dengan mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual.

Tabel 1 merangkum gap analysis penelitian terkait sebagai dasar posisi penelitian ini.

Tabel 1. Gap Analysis Penelitian Terdahulu

Penelitian	Platform	Sensor	Notifikasi Mobile	Kontrol Aerator Otomatis
Wahyudi & Permatasari (2023)	ESP32	Kelembaban tanah	Tidak	Tidak
Sidiq (2023)	Arduino Mega + ESP8266	DO, pH, DS18B20, TDS	Ya (Android)	Ya
Aulia et al. (2023)	IoT (tidak spesifik)	Suhu, pH	Tidak	Tidak
Penelitian ini	NodeMCU ESP8266	DS18B20 (suhu)	Ya (Push Notification)	Ya (berbasis threshold suhu)

II. STUDI LITERATUR

Penelitian Terdahulu

Wahyudi & Permatasari (2023) mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor kelembaban tanah pada greenhouse. Hasil penelitian menunjukkan penghematan air 30% dan peningkatan efisiensi energi yang signifikan dibandingkan sistem irigasi manual.

Sidiq (2023) merancang sistem aerator otomatis bertenaga surya menggunakan Arduino Mega 2560 dengan sensor DO, pH, DS18B20, TDS, dan turbidity, serta modul ESP8266 untuk monitoring via Android. Sistem mencapai akurasi 99% menjaga DO. Perbedaan dengan penelitian ini adalah penggunaan NodeMCU ESP8266 sebagai unit terpadu dengan fokus optimasi threshold suhu.

Aulia et al. (2023) menerapkan logika fuzzy untuk optimasi pakan udang vaname berbasis data suhu dan pH melalui IoT. Sistem menghasilkan peningkatan efisiensi pakan dan pertumbuhan udang lebih baik, memperkuat relevansi IoT dalam manajemen kualitas air tambak secara presisi.

Landasan Teori

Internet of Things (IoT) adalah paradigma komputasi yang menghubungkan perangkat fisik ke internet untuk pertukaran data otomatis (Ashton, 2009). NodeMCU ESP8266 merupakan modul mikrokontroler dengan Wi-Fi 802.11 b/g/n terintegrasi, harga terjangkau, dan konsumsi daya rendah (Atmega & Sanjaya, 2022). Sensor DS18B20 beroperasi -55°C hingga +125°C dengan akurasi $\pm 0,5^\circ\text{C}$ dalam kemasan waterproof, sangat sesuai pengukuran suhu air tambak langsung (Maxim Integrated, 2019). Suhu optimal tambak udang vaname adalah 28–32°C dan ikan lele 25–30°C (Kordi & Tancung, 2010).

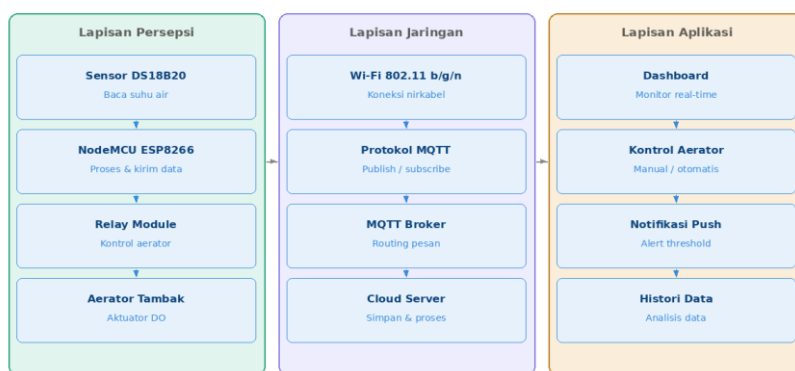
III. METODE

Penelitian menggunakan metode Waterfall dengan empat tahapan: (1) Analisis Kebutuhan, (2) Perancangan Sistem, (3) Implementasi, dan (4) Pengujian. Data yang dikumpulkan mencakup suhu air tambak

setiap 30 detik via sensor DS18B20, status operasional aerator, dan log waktu respons sistem selama 7 hari pada tambak aktif.

3.1 Arsitektur Sistem

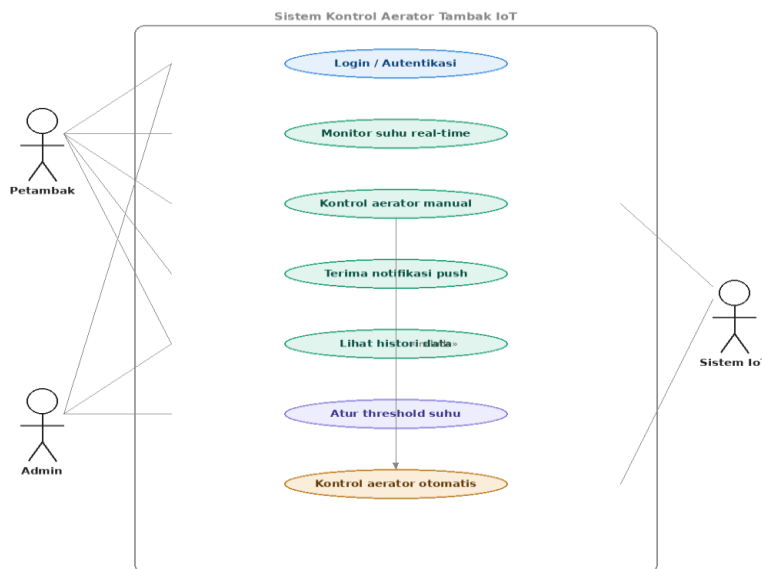
Gambar 1 menampilkan arsitektur sistem tiga lapis. Lapisan persepsi terdiri dari sensor DS18B20 dan NodeMCU ESP8266 yang membaca dan memproses data suhu. Lapisan jaringan menggunakan protokol MQTT melalui Wi-Fi 802.11. Lapisan aplikasi menyediakan dashboard, kontrol aerator, notifikasi push, dan histori data bagi petambak.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Kontrol Aerator Tambak IoT

3.2 Use Case Diagram

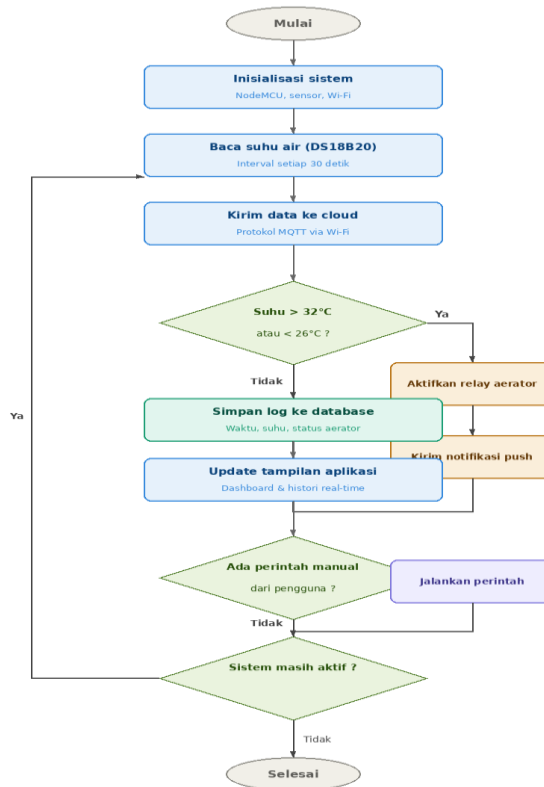
Gambar 2 menampilkan use case diagram dengan tiga aktor: Petambak, Admin, dan Sistem IoT. Petambak dapat memonitor suhu real-time (UC2), kontrol aerator manual (UC3), terima notifikasi push (UC4), dan lihat histori data (UC5). Admin mengatur threshold suhu (UC6). Sistem IoT menjalankan kontrol aerator otomatis (UC7) dengan relasi «include» ke UC3.



Gambar 2. Use Case Diagram Sistem

3.3 Flowchart Sistem

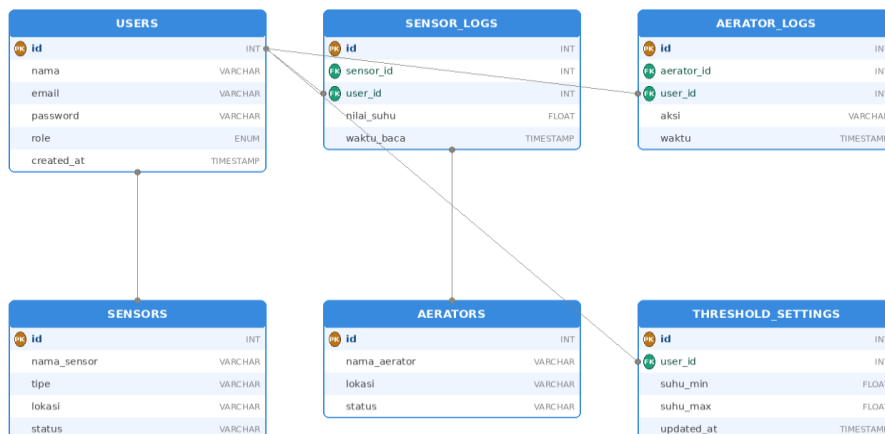
Gambar 3 menampilkan flowchart alur kerja sistem dari inialisasi hingga selesai. Setelah NodeMCU aktif, sensor DS18B20 membaca suhu setiap 30 detik dan data dikirim ke cloud via MQTT. Sistem mengevaluasi threshold: jika suhu melebihi batas (>32°C atau <26°C), relay aerator diaktifkan dan notifikasi push dikirimkan. Semua data disimpan ke database untuk histori.



Gambar 3. Flowchart Alur Kerja Sistem

3.4 Perancangan Database

Gambar 4 menampilkan Entity-Relationship Diagram (ERD) basis data sistem. Enam tabel dirancang saling berelasi: users menyimpan akun pengguna, sensors dan aerators menyimpan informasi perangkat keras, sensor_logs mencatat setiap pembacaan suhu, aerator_logs menyimpan riwayat aktivasi aerator, dan threshold_settings menyimpan konfigurasi batas suhu per pengguna.



Gambar 4. Entity-Relationship Diagram (ERD) Basis Data

3.5 Spesifikasi Perangkat Keras

Komponen perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Komponen Perangkat Keras

Komponen	Spesifikasi
NodeMCU ESP8266	CPU 80/160 MHz, Wi-Fi 802.11 b/g/n, RAM 80KB
Sensor DS18B20	-55°C s.d. +125°C, Akurasi ±0,5°C, 1-Wire WP
Relay Module	1 Channel, 10A/250VAC, Trigger 5V TTL
Power Supply	Input 220VAC, Output 5VDC/2A
Enclosure	IP65 Waterproof, ABS, 200×150×75 mm

Sumber: Data Penelitian (2025)

3.6 Metode Pengujian

Pengujian sistem menggunakan dua pendekatan: (1) black-box testing untuk memverifikasi akurasi pembacaan sensor, respons relay terhadap perubahan threshold, dan ketepatan pengiriman notifikasi push; serta (2) pengujian lapangan selama 7 hari pada tambak aktif untuk mengevaluasi performa sistem dalam kondisi nyata, mencakup akurasi suhu, latensi respons, dan stabilitas koneksi jaringan.

Diagram Wiring Perangkat Keras

Koneksi antar komponen dalam sistem mengikuti skema wiring sebagai berikut: (1) Sensor DS18B20 dihubungkan dengan tiga kabel — VCC (merah) ke pin 3V3 NodeMCU, GND (hitam) ke GND, dan Data (kuning) ke pin D4 (GPIO2) dengan resistor pull-up 4,7 kΩ yang dipasang antara jalur data dan VCC; (2) Modul relay 1-channel dihubungkan dengan VCC ke 5V, GND ke GND, dan IN ke pin D1 (GPIO5) NodeMCU; (3) Aerator terhubung ke terminal COM dan NO modul relay sehingga aerator aktif ketika relay menerima sinyal LOW dari NodeMCU (active-low logic); (4) Power supply 5V/2A mensuplai seluruh rangkaian. Seluruh komponen ditempatkan dalam enclosure waterproof IP65 dengan kabel sensor diperpanjang menggunakan kabel NYM 3×1,5 mm untuk penempatan sensor di dalam kolam tambak.

Rumus Evaluasi Akurasi Sensor

Evaluasi akurasi sensor DS18B20 menggunakan tiga metrik statistik: (1) Mean Absolute Error (MAE) untuk mengukur rata-rata deviasi absolut pembacaan sensor terhadap termometer referensi; (2) Root Mean Square Error (RMSE) untuk mendeteksi outlier deviasi besar; dan (3) Mean Absolute Percentage Error (MAPE) untuk akurasi relatif dalam persentase. Rumus yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} \text{MAE} &= (1/n) \sum |T_{\text{sensor}} - T_{\text{referensi}}| \\ \text{RMSE} &= \sqrt{[(1/n) \sum (T_{\text{sensor}} - T_{\text{referensi}})^2]} \\ \text{MAPE} &= (1/n) \sum |(T_{\text{sensor}} - T_{\text{referensi}}) / T_{\text{referensi}}| \times 100\% \end{aligned}$$

Dasar Penentuan Nilai Threshold

Nilai threshold suhu yang digunakan dalam sistem ditetapkan berdasarkan referensi ilmiah standar budidaya akuakultur. Untuk udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), suhu optimal berkisar 28–32°C dengan batas kritis di bawah 26°C atau di atas 33°C yang dapat menyebabkan stres dan kematian massal (Kordi & Tancung, 2010; Boyd, 1998). Untuk ikan lele (*Clarias sp.*), suhu optimal berkisar 25–30°C. Berdasarkan acuan tersebut, sistem menetapkan threshold bawah 26°C dan threshold atas 32°C sebagai titik pemicu aktivasi aerator otomatis, nilai ini juga dapat disesuaikan oleh admin melalui fitur pengaturan pada aplikasi mobile sesuai kondisi spesifik lokasi tambak.

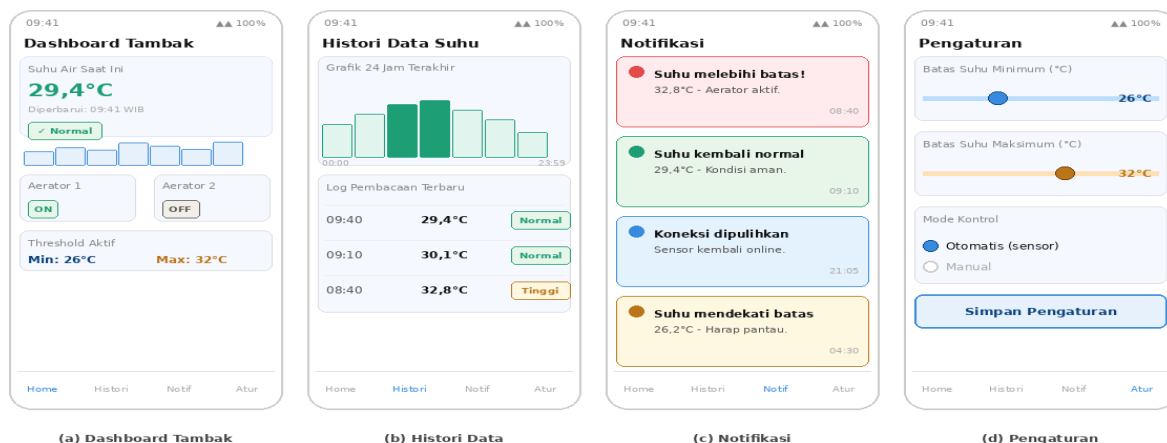
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi dilakukan dengan merakit NodeMCU ESP8266, sensor DS18B20, dan modul relay dalam enclosure tahan air IP65. Sensor DS18B20 dihubungkan ke pin D4 NodeMCU dengan resistor pull-up 4,7 kΩ sesuai protokol 1-Wire. Modul relay terhubung ke pin D1 dan dikendalikan melalui logika HIGH/LOW dari NodeMCU. Seluruh komponen mendapat suplai dari power supply 5V/2A yang ditempatkan di dalam enclosure.

4.2 Tampilan Antarmuka Aplikasi Mobile

Gambar 5 menampilkan empat layar antarmuka aplikasi mobile yang dikembangkan. Layar (a) Dashboard menampilkan suhu real-time, status aerator, dan mini-chart tren suhu. Layar (b) Histori menyajikan grafik batang 24 jam dan log pembacaan terbaru. Layar (c) Notifikasi menampilkan riwayat peringatan berdasarkan tingkat keparahan. Layar (d) Pengaturan menyediakan slider interaktif untuk mengatur threshold suhu minimum dan maksimum, serta pilihan mode kontrol aerator otomatis atau manual.



Gambar 5. Tampilan Antarmuka Aplikasi Mobile

4.3 Pengujian Akurasi Sensor DS18B20

Pengujian akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan nilai suhu DS18B20 terhadap termometer digital referensi selama 8 pengukuran pada kondisi suhu berbeda. Hasil pada Tabel 2 menunjukkan rata-rata selisih pembacaan 0,3°C, masih dalam batas toleransi spesifikasi sensor ($\pm 0,5^\circ\text{C}$). Hal ini membuktikan sensor dapat diandalkan untuk monitoring suhu air tambak secara presisi.

Tabel 2. Hasil Pengujian Akurasi Sensor DS18B20

No	Suhu Ref (°C)	Suhu Sensor (°C)	Selisih (°C)
1	26,0	26,3	0,3
2	27,5	27,7	0,2
3	28,0	28,2	0,2
4	29,5	29,8	0,3
5	30,0	30,4	0,4
6	31,0	31,3	0,3
7	32,0	32,3	0,3
8	33,0	33,2	0,2
Rata-rata	—	—	0,3

Sumber: Data Penelitian (2025)

4.4 Pengujian Kinerja Sistem

Tabel 3 merangkum kinerja sistem secara keseluruhan selama 7 hari pengujian lapangan. Sistem berhasil mengaktifkan relay dalam rata-rata 1,2 detik setelah threshold terlampaui. Latensi ini lebih baik dibandingkan sistem Arduino Mega 2560 pada penelitian Sidiq (2023) karena NodeMCU memiliki Wi-Fi terintegrasi tanpa overhead komunikasi serial tambahan. Notifikasi push terkirim rata-rata 2,8 detik setelah threshold dilanggar.

Tabel 3. Ringkasan Kinerja Sistem

Parameter Kinerja	Nilai
Rata-rata selisih suhu sensor	0,3°C
Latensi aktivasi relay aerator	1,2 detik
Latensi notifikasi push mobile	2,8 detik
Uptime sistem (7 hari)	99,1%

Sumber: Data Penelitian (2025)

4.5 Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan sistem bekerja dengan baik dalam kondisi nyata di lapangan. Uptime 99,1% selama 7 hari setara downtime hanya 1,5 jam dari 168 jam operasi, gangguan yang tercatat disebabkan oleh instabilitas koneksi Wi-Fi sesaat di lokasi tambak.

Penerapan IoT pada kontrol aerator memberikan tiga keunggulan utama dibandingkan pendekatan manual: (1) respons lebih cepat terhadap perubahan kondisi air; (2) pengurangan beban kerja petambak yang tidak perlu hadir fisik untuk pengecekan rutin; dan (3) ketersediaan data historis untuk analisis tren berbasis data. Hasil ini konsisten dengan Sidiq (2023) yang membuktikan otomasi aerator meningkatkan keandalan pengelolaan DO. Batasan penelitian ini adalah baru menguji satu parameter suhu; integrasi sensor DO dan pH diperlukan untuk sistem yang lebih komprehensif.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem kontrol aerator tambak berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor suhu DS18B20 di tambak aktif Kabupaten Bengkalis, Riau. Kontribusi utama penelitian ini adalah rancangan arsitektur sistem tiga lapis yang mengintegrasikan node sensor lapangan, komunikasi MQTT berbasis cloud, dan aplikasi mobile dengan notifikasi push — solusi yang belum tersedia pada penelitian sebelumnya dengan platform NodeMCU pada tambak aktif. Ketiga target penelitian berhasil dicapai: (1) monitoring suhu real-time dengan rata-rata deviasi 0,3°C (MAE) dari termometer referensi — dalam batas toleransi spesifikasi $\pm 0,5^\circ\text{C}$; (2) kontrol aerator otomatis dengan latensi aktivasi relay 1,2 detik dan pengiriman notifikasi push 2,8 detik; serta (3) uptime sistem 99,1% selama 7 hari pengujian dengan total 2.016 titik data yang membuktikan keandalan untuk aplikasi produksi nyata. Keterbatasan penelitian ini mencakup: pengujian baru dilakukan pada satu parameter (suhu) tanpa sensor DO dan pH yang merupakan parameter kritis tambahan; durasi pengujian lapangan terbatas 7 hari sehingga belum merepresentasikan variasi musiman; dan pengujian hanya pada satu lokasi tambak. Penelitian ke depan dapat

diarahkan pada integrasi sensor DO dan pH, penerapan algoritma kecerdasan buatan untuk prediksi kualitas air, serta pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi alternatif untuk tambak terencil.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Ibu Miftahul Jan'nah, M.Kom. selaku dosen pengampu yang telah memberikan bimbingan selama penelitian berlangsung, serta kepada Program Studi D-III Teknik Informatika Politeknik Negeri Bengkalis atas dukungan fasilitas dan sumber daya penelitian.

VII. REFERENSI

- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' thing. *RFID Journal*, 22(7), 97–114.
- Atmega, B., & Sanjaya, E. (2022). Implementasi NodeMCU ESP8266 pada sistem monitoring lingkungan berbasis IoT. *Jurnal Sistem Informasi dan Komputer*, 11(1), 34–42.
- Aulia, R., Pratama, D., & Hidayat, N. (2023). Penerapan fuzzy logic pada sistem pemberian pakan udang vaname berbasis IoT. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 8(3), 78–89.
- Boyd, C. E. (1998). *Water quality for pond aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius.
- Kordi, K., & Tancung, A. B. (2010). *Pengelolaan kualitas air dalam budi daya perairan*. Rineka Cipta.
- Maxim Integrated. (2019). *DS18B20 programmable resolution 1-wire digital thermometer* (Datasheet). Maxim Integrated Products.
- Sethi, P., & Sarangi, S. R. (2017). Internet of things: Architectures, protocols, and applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2017, 1–25. <https://doi.org/10.1155/2017/9324035>
- Sidiq, A. F. (2023). Perancangan sistem aerator otomatis tenaga surya berbasis IoT pada budidaya ikan air tawar. *Jurnal Rekayasa Sistem Elektronika*, 4(1), 12–21.
- Wahyudi, A. I. P., & Permatasari, H. (2023). Implementasi sistem irigasi otomatis berbasis IoT untuk pertanian greenhouse. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pertanian*, 5(2), 45–54.