

WATER QUALITY MONITORING SYSTEM IN BIOFLOC-BASED NILE TILAPIA AQUACULTURE USING INTERNET OF THINGS AND MAMDANI FUZZY LOGIC

By

Gede Defry Widhi Adnyana, NIM 2215101006

Computer Science Study Program

ABSTRACT

This research aims to design an Internet of Things (IoT)-based water quality monitoring and control system for biofloc-based Nile tilapia aquaculture and implement the Mamdani fuzzy logic method to responsively determine water quality conditions. The research utilized a prototyping method involving a decentralized architecture with ESP32 microcontrollers, integrated with temperature, pH, TDS, and ultrasonic sensors, alongside servo motor actuators. The Mamdani fuzzy inference system comprising 27 rule bases and a centroid defuzzification method was embedded directly into the microcontroller to systematically classify water quality into GOOD, FAIR, or POOR categories. The testing results demonstrated that the data acquisition unit functioned with good output, yielding acceptable average error percentages of 0.82% for temperature, 1.21% for pH, and 2.52% for TDS. Furthermore, the embedded fuzzy logic computation exhibited a highly precise correlation with the Python mathematical simulation model, recording a Mean Absolute Error (MAE) of 0.13. Based on the fuzzy logic decisions, the system successfully executed automated mechanical controls by draining 10% of the water volume during FAIR conditions and a maximum of 20% during POOR conditions, thereby adhering to the minimal water exchange principle required to maintain the biofloc microbial balance. Data transmission utilizing the ESP-NOW protocol indicated that data buffering to Google Sheets and real-time remote notifications via a Telegram Bot functioned systematically. In conclusion, the developed prototype is currently at Technology Readiness Level (TKT) 4 (laboratory validation scale) and serves as a decision-support tool to assist farmers in determining biofloc management decisions. The system is not yet classified as industry-ready, as rigorous environmental stress testing across all operational aspects has not been conducted.

Keywords: Internet of Things, Mamdani Fuzzy Logic, Water Quality, Biofloc, Nile Tilapia.

SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN NILA BERBASIS BIOFLOK MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS DAN LOGIKA FUZZY MAMDANI

Oleh

Gede Defry Widhi Adnyana, NIM 2215101006

Program Studi Ilmu Komputer

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan dan pengendalian kualitas air berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk budidaya ikan nila sistem bioflok serta menerapkan metode logika fuzzy Mamdani guna menentukan kondisi kualitas air secara responsif. Penelitian ini menggunakan metode pembuatan purwarupa (*prototyping*) dengan arsitektur terdesentralisasi yang melibatkan mikrokontroler ESP32, sensor suhu, pH, TDS, dan ultrasonik, serta aktuator motor servo. Sistem inferensi *fuzzy Mamdani*, yang terdiri dari 27 basis aturan dan metode *defuzzifikasi centroid*, ditanamkan langsung ke dalam mikrokontroler untuk mengklasifikasikan kualitas air secara sistematis ke dalam kategori BAIK, CUKUP, atau BURUK. Hasil pengujian menunjukkan bahwa unit akuisisi data berfungsi dengan keluaran yang baik, menghasilkan persentase kesalahan rata-rata yang dapat diterima, yaitu 0,82% untuk suhu, 1,21% untuk pH, dan 2,52% untuk TDS. Selain itu, komputasi logika *fuzzy* yang tertanam menunjukkan korelasi yang sangat presisi dengan model simulasi matematis *Python*, dengan nilai *Mean Absolute Error (MAE)* sebesar 0,13. Berdasarkan keputusan logika *fuzzy*, sistem berhasil menjalankan kontrol mekanis otomatis dengan membuang 10% volume air saat kondisi CUKUP dan maksimal 20% saat kondisi BURUK, sehingga mematuhi prinsip pertukaran air minimal yang diperlukan untuk menjaga keseimbangan mikroba bioflok. Transmisi data menggunakan protokol *ESP-NOW* menunjukkan bahwa penyanggaan (*buffering*) data ke *Google Sheets* dan notifikasi jarak jauh secara *real-time* melalui *Bot Telegram* berjalan secara sistematis. Sebagai kesimpulan, purwarupa yang dikembangkan saat ini berada pada Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 4 (skala validasi laboratorium) dan berfungsi sebagai alat pendukung keputusan untuk membantu pembudidaya dalam menentukan langkah pengelolaan bioflok. Sistem ini belum dikategorikan siap untuk industri karena belum dilakukan pengujian ketahanan lingkungan yang ketat pada seluruh aspek operasional.

Kata-kata kunci: Internet of Things, Logika Fuzzy Mamdani, Kualitas Air, Bioflok, Ikan Nila