

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN IOT-BASED WATER CIRCULATION CONTROL SYSTEM USING FSM-HYSTERESIS FOR BIOFLOC NILE TILAPIA PONDS

By

Wiswa Nath, NIM 2215101014

Computer Science Study Program

Abstract

The cultivation of Nile tilapia using the biofloc system requires stable water quality, particularly pH and Total Dissolved Solids (TDS), but manual water circulation management often leads to inefficient water usage and delayed corrective actions. This study aims to design and implement an automated water circulation control system utilizing an ESP32 microcontroller integrated with a Finite State Machine (FSM) and Hysteresis algorithm. The system utilizes pH, TDS, and ultrasonic water level sensors for decision-making, supported by temperature and flow sensors for monitoring. The FSM classifies pond conditions into Standby, Drain, and Refill states, while the Hysteresis mechanism prevents rapid, unnecessary servo valve oscillations caused by minor sensor fluctuations. Experimental testing involved 27 comprehensive logic combinations and a 91-day continuous operational cycle. The results demonstrated high sensor accuracy with Mean Absolute Errors (MAE) of 0.344 pH, 12 ppm, 0.333 cm, and 0.244°C. The FSM-Hysteresis logic successfully passed all 27 logic scenarios without conflicting actuator commands. During the 91-day operational test, the system efficiently handled multi-step recoveries, such as executing precise drainage and refilling sequences to neutralize alkaline spikes, and performing targeted drainage for TDS corrections without triggering redundant refills. A Telegram bot successfully provided real-time notifications and expert fail-safe diagnostics. The system provides an efficient, precise, and stable automated water circulation mechanism for biofloc ponds, though site-specific recalibrations are required for larger industrial deployments.

Keywords: Biofloc, Nile Tilapia, Finite State Machine, Hysteresis, Internet of Things, Water Circulation.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN IOT-BASED WATER CIRCULATION CONTROL SYSTEM USING FSM-HYSTERESIS FOR BIOFLOC NILE TILAPIA PONDS

By

Wiswa Nath, NIM 2215101014

Computer Science Study Program

Abstrak

Budidaya ikan nila menggunakan sistem bioflok membutuhkan stabilitas kualitas air, terutama pH dan Total Dissolved Solids (TDS), namun manajemen sirkulasi air yang dilakukan secara manual sering kali menyebabkan penggunaan air yang tidak efisien dan keterlambatan dalam tindakan korektif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol sirkulasi air otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32 yang diintegrasikan dengan algoritma Finite State Machine (FSM) dan Histeresis. Sistem ini menggunakan sensor pH, TDS, dan level air ultrasonik untuk pengambilan keputusan, serta didukung oleh sensor suhu dan aliran air untuk pemantauan. FSM mengklasifikasikan kondisi kolam ke dalam status Standby, Drain (Kuras), dan Refill (Isi Ulang), sementara mekanisme Histeresis mencegah osilasi katup servo secara cepat dan tidak perlu akibat fluktuasi minor pada sensor. Pengujian eksperimental melibatkan 27 kombinasi logika komprehensif dan siklus pengujian operasional berkelanjutan selama 91 hari. Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor yang tinggi dengan nilai Mean Absolute Error (MAE) sebesar 0,344 pH, 12 ppm, 0,333 cm, dan 0,244°C. Logika FSM-Histeresis berhasil melewati 27 skenario logika tanpa adanya instruksi aktuator yang berkonflik. Selama pengujian operasional 91 hari, sistem secara efisien menangani pemulihan multi-tahap, seperti mengeksekusi urutan pengurasan dan pengisian ulang air yang presisi untuk menetralkan lonjakan basa, serta melakukan pengurasan tertarget untuk koreksi TDS tanpa memicu pengisian ulang yang berlebihan. Bot Telegram berhasil menyediakan notifikasi real-time dan diagnostik fail-safe pakar. Sistem ini menghadirkan mekanisme sirkulasi air otomatis yang efisien, presisi, dan stabil untuk kolam bioflok, meskipun rekalibrasi spesifik lokasi tetap diperlukan untuk penerapan industri skala besar.

Kata Kunci: Bioflok, Ikan Nila, Finite State Machine, Histeresis, Internet of Things, Sirkulasi Air.