

ABSTRAK

Sistem hidroponik modern memerlukan kendali lingkungan yang presisi untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Makalah ini menyajikan perancangan dan implementasi Sistem Hidroponik Cerdas berbasis mikrokontroler ESP32 yang mengintegrasikan kendali otomatis terhadap pH, suhu udara, dan kelembaban relatif (RH) untuk budidaya melon. Sistem menggunakan sensor berbiaya rendah sensor pH-4502C dengan filter rata-rata bergerak (MAF) untuk stabilisasi sinyal, DHT22 untuk suhu dan kelembaban udara, serta DS18B20 untuk suhu air. Strategi kendali ON-OFF dengan histeresis digunakan untuk mengatur aktuator: pompa peristaltik untuk penyesuaian pH, kipas DC untuk ventilasi, dan humidifier ultrasonik untuk pengaturan kelembaban. Pengujian kuantitatif menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan parameter lingkungan dalam rentang optimal. Subsistem kendali pH berhasil mengoreksi pH awal 6,65 menjadi 5,55 dalam waktu 5 menit, dengan laju koreksi 0,174 pH/menit dan akurasi kondisi tunak akhir dalam rentang 5,8–6,5. Subsistem kendali iklim menurunkan suhu udara dari 31,5°C menjadi 26°C dalam 12 menit (0,8°C/menit) sekaligus meningkatkan RH dari 62% menjadi 86% (4,75%/menit), dengan konstanta waktu sistem 4,5 menit dan stabilitas suhu kondisi tunak $\pm 0,2^\circ\text{C}$. Semua aktuator menunjukkan keandalan operasional 100% tanpa chattering atau overshoot signifikan. Secara keseluruhan, sistem mencapai presisi pengukuran $\geq 95\%$ dan waktu respons rata-rata 8,5 menit dari kondisi di luar ambang batas menuju setpoint, dengan stabilitas tercapai dalam 12–15 menit pascagangguan. Hasil ini membuktikan bahwa sistem berbasis ON-OFF dan berbiaya rendah yang diusulkan sesuai untuk aplikasi manajemen lingkungan otomatis yang andal pada skala hidroponik kecil hingga menengah.

Kata kunci: *Smart Hydroponic, ESP32, Kendali ON-OFF, Sensor pH, DHT22, DS18B20, Otomatisasi Lingkungan, Relay, Sistem Kontrol.*