

ABSTRAK

*Praktik pemupukan konvensional pada budidaya tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) umumnya menggunakan jadwal tetap tanpa mempertimbangkan kondisi fisiologis aktual tanaman, yang rentan memicu ketidakseimbangan nutrisi. Oleh karena itu, penelitian ini merancang dan mengimplementasikan subsistem pemupukan cerdas berbasis pengolahan citra untuk mendeteksi gejala defisiensi unsur hara makro (Nitrogen, Fosfor, dan Kalium) secara adaptif. Arsitektur sistem mengadopsi komputasi terdistribusi, mengintegrasikan model deep learning YOLOv8s pada unit edge computing (Mini PC) dengan mikrokontroler ESP32 sebagai unit kendali aktuasi mekanis. Citra daun diakuisisi secara otomatis dan dievaluasi menggunakan decision matrix bertingkat yang menentukan tingkat keparahan defisiensi pada tiap unsur (N, P, K) secara independen berdasarkan ambang proporsi hasil kalibrasi, sehingga dosis tambahan (boost) dapat diberikan pada lebih dari satu unsur sekaligus. Parameter keputusan ditransmisikan menuju ESP32 melalui protokol HTTP berbasis Wi-Fi lokal, yang selanjutnya memicu tiga aktuator pompa peristaltik independen untuk menyalurkan larutan ke zona perakaran melalui jaringan irigasi tetes. Hasil pengujian menunjukkan algoritma YOLOv8s berkinerja andal dengan mAP mencapai 0,917. Penyesuaian confidence threshold ke 0,50 terbukti mereduksi galat deteksi (false negative) akibat distorsi visual di lapangan terbuka. Pengujian integrasi end-to-end memvalidasi subsistem mampu beroperasi mandiri, dengan mekanisme failsafe yang menjamin eksekusi dosis dasar sesuai RTC, didukung galat volumetrik pompa rata-rata sekitar 5% (kisaran 3%–8%). Implementasi sistem ini berhasil merealisasikan pengelolaan nutrisi adaptif guna mendukung pertanian presisi.*

Kata Kunci: *Pemupukan Cerdas, YOLOv8s, Edge Computing, ESP32, Defisiensi Nutrisi, Pertanian Presisi.*