

## ABSTRAK

Optimasi penggunaan air dan nutrisi merupakan salah satu faktor krusial dalam meningkatkan produktifitas pertanian, khususnya budidaya tanaman cabai. Pengendalian *Total Dissolved Solids* (TDS) yang dinamis sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman menjadi tantangan. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab tantangan tersebut, dengan mengembangkan model kontrol adaptif menggunakan algoritma Q-learning untuk mengoptimalkan pencampuran air dan nutrisi secara otomatis. Model dirancang untuk mencapai target TDS yang berubah-ubah sesuai dengan siklus pertumbuhan tanaman (600, 900, dan 1200 ppm). Model juga dirancang untuk mampu beradaptasi terhadap kondisi sumber air dan sumber nutrisi yang fluktuatif. Metodologi penelitian melibatkan perancangan lingkungan *Markov Decision Process* (MDP). Kondisi lingkungan yaitu TDS *input* direpresentasikan sebagai *state*, *action* adalah volume cairan yang dicampurkan, *reward* adalah yang mengatur kebijakan model berdasarkan seberapa dekat volume campuran dan TDS campuran dengan target. Kondisi lingkungan *state* dan *action* yang kontinu, diatasi dengan metode diskretisasi sehingga mengurangi kompleksitas pelatihan model. Kinerja model dievaluasi dengan serangkaian pengujian, yaitu analisis konvergensi selama pelatihan, dan analisis praktis simulasi siklus tanaman 45 hari dengan antarmuka streamlit serta divalidasi lebih lanjut pada simulasi perangkat keras. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model Q-learning berhasil menghasilkan kebijakan terbaik untuk setiap kombinasi *state-action*. Hasil simulasi siklus tanaman selama 45 hari menunjukkan kemampuan adaptasi terhadap perubahan kondisi dinamis dan akurasi tinggi dengan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 1,73 ppm. Penelitian ini menyimpulkan bahwa Q-learning dapat dikembangkan untuk sistem kontrol nutrisi cerdas yang adaptif dan berbiaya rendah.

**Kata kunci:** Diskretisasi, Q-learning, Kontrol Nutrisi, *Markov Decision Process*, Tanaman Cabai.



## **ABSTRACT**

*The optimization of water and nutrient usage is a crucial factor in increasing agricultural productivity, particularly in the cultivation of chili plants. Dynamic control of Total Dissolved Solids (TDS) according to the plant's growth phases presents a significant challenge. This research aims to address this challenge by developing an adaptive control model using the Q-learning algorithm to automatically optimize the mixing of water and nutrients. The model is designed to achieve variable TDS targets corresponding to the plant's growth cycle (600, 900, and 1200 ppm). It is also designed to adapt to the fluctuating conditions of the source water and nutrients. The research methodology involves designing a Markov Decision Process (MDP) environment. The environmental condition is represented as the state (input TDS), the action is the volume of liquid to be mixed, the reward governs the model's policy based on how close the mixture volume and mixture TDS are to the target. The continuous nature of the state and action spaces is addressed through discretization to reduce the model's training complexity. The model's performance was evaluated through a series of tests, including convergence analysis during training, a practical 45-day plant cycle simulation using a Streamlit interface, and further validation via hardware simulation. The test results show that the Q-learning model successfully produces the optimal policy for every state-action combination. The 45-day plant cycle simulation demonstrated the model's ability to adapt to dynamic conditions and its high accuracy, achieving a Mean Absolute Error (MAE) of 1.73 ppm. This study concludes that Q-learning can be developed for intelligent, adaptive, and low-cost nutrient control systems.*

**Keywords:** *Chili Plants, Discretization, Q-learning, Markov Decision Process, Nutrient Control.*

