

## ABSTRAK

Penggunaan pupuk yang tidak efisien dapat menurunkan produktivitas pertanian dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu tantangan utamanya adalah menentukan dosis pupuk yang tepat berdasarkan kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem *forecasting* kebutuhan pupuk menggunakan model PSO-LSTM untuk meningkatkan efisiensi pemupukan. Sistem ini terdapat dua model utama yaitu *Random Forest* untuk membangun sensor virtual NPK, kemudian PSO-LSTM untuk memprediksi dosis pupuk. Input untuk kedua model ini diambil dari data lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. PSO digunakan untuk mengoptimalkan hyperparameter LSTM agar prediksi jadi lebih akurat. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa PSO-LSTM memiliki performa lebih baik dibandingkan model dengan *Grid Search*, dengan nilai RMSE sebesar 1.20, MAE sebesar 0.40, dan  $R^2$  mencapai 0.82. Sementara itu, model *Random Forest* memiliki akurasi klasifikasi NPK *Virtual Sensor* sebesar 74%. Pengamatan lapangan yang dilakukan selama 4 minggu menunjukkan bahwa sistem *forecasting* mampu menghasilkan dosis yang lebih adaptif dan menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik dibanding metode konvensional.

**Kata Kunci:** PSO-LSTM, random forest, machine learning, fertilizer forecasting