Pengembangan Model Grid Zonasi Potensi Pemupukan Presisi untuk Tanaman Padi Berbasis Citra UAV-VTOL
Menggunakan Machine Learning
HAMMAM MANANDA HARAHAP, Andri Prima Nugroho, S.T.P., M.Sc, Ph. D. ; Prof. Dr. Lilik Sutiarso, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PENGEMBANGAN MODEL GRID ZONASI POTENSI PEMUPUKAN PRESISI UNTUK TANAMAN PADI BERBASIS CITRA *UAV-VTOL* MENGGUNAKAN *MACHINE LEARNING*

ABSTRAK

oleh:

Hammam Mananda Harahap

24/547615/PTP/02117

Variabilitas spasial kondisi hara tanaman memerlukan presisi dalam pengelolaan pemupukan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode klasifikasi zonasi kebutuhan pemupukan padi berbasis *machine learning* menggunakan citra multispektral UAV-VTOL, serta mengevaluasi performa model pada skema dua kelas dan tiga kelas. Pengambilan data dilakukan pada 400 grid sampel di Kecamatan Minggir, Kabupaten Sleman, menggunakan sensor MicaSense RedEdge-P yang dipasang pada UAV-VTOL *Trinity Pro*. Label zona kebutuhan pupuk dibentuk melalui klasterisasi K-means (K=2 dan K=3) terhadap data SPAD dan konduktansi stomata (gsw). Sebanyak 11 model machine learning dilatih menggunakan fitur indeks vegetasi dan statistik ringkasan spektral kemudian dievaluasi menggunakan data *hold-out* 30%. Model terbaik yang terevaluasi selanjutnya diterapkan pada seluruh area spasial untuk memetakan zonasi kebutuhan pemupukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *HistGradientBoosting* merupakan model terbaik pada skema dua kelas (akurasi 0,716; F1-macro 0,708; AUC hingga 0,976), sedangkan *RandomForest* unggul pada skema tiga kelas (akurasi 0,574; F1-macro 0,544). Analisis SHAP dan *Mean Decrease in Impurity* menunjukkan bahwa *Renormalized Difference Vegetation Index* (RDVI) dan turunannya secara konsisten menjadi fitur paling berpengaruh pada kedua skema. Peta zonasi yang dihasilkan berpotensi dimanfaatkan sebagai dasar aplikasi pupuk berbasis laju variabel (*variable rate application*) untuk mendukung pertanian presisi pada budidaya padi.

Kata kunci: *Machine learning*, UAV-VTOL, citra multispektral, zonasi pemupukan, *variable rate application*.

Pengembangan Model Grid Zonasi Potensi Pemupukan Presisi untuk Tanaman Padi Berbasis Citra UAV-VTOL
Menggunakan Machine Learning
HAMMAM MANANDA HARAHAP, Andri Prima Nugroho, S.T.P., M.Sc, Ph. D. ; Prof. Dr. Lilik Sutiarso, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DEVELOPMENT OF A MACHINE LEARNING-BASED GRID ZONING MODEL FOR PRECISION FERTILIZATION POTENTIAL IN RICE CROPS USING UAV-VTOL IMAGER

ABSTRACT

oleh:

Hammam Mananda Harahap

24/547615/PTP/02117

Spatial variability in crop nutrient status requires precise fertilization management. This study aims to develop a machine learning-based classification model for rice fertilization zoning using UAV-VTOL multispectral imagery and evaluate its performance across two-class and three-class schemes. Field data were collected from 400 sample grids in Minggir District, Sleman Regency, using a MicaSense RedEdge-P sensor mounted on a Trinity Pro UAV-VTOL. Fertilizer requirement labels were generated through K-means clustering (K=2 and K=3) based on SPAD and stomatal conductance (gsw) measurements. Twelve machine learning models were trained using vegetation indices and spectral summary statistics (mean, standard deviation, minimum, maximum, and variance) as features, evaluated on a 30% hold-out test set, and subsequently applied to generate spatial fertilization zoning maps. The results demonstrated that HistGradientBoosting performed best in the two-class scheme (accuracy 0.716; F1-macro 0.708; AUC up to 0.976), whereas RandomForest was optimal for the three-class scheme (accuracy 0.574; F1-macro 0.544). SHAP and Mean Decrease in Impurity analyses revealed that the Renormalized Difference Vegetation Index (RDVI) and its derivatives were consistently the most influential features. The resulting zoning maps demonstrate strong potential for implementation in variable rate application (VRA) systems to support precision agriculture in rice cultivation.Keywords: Machine learning, UAV-VTOL, multispectral imagery, fertilization zoning, variable rate application.