

Intisari

Pemantauan kesehatan tanaman pada area reklamasi kawasan tambang merupakan langkah penting dalam menilai keberhasilan revegetasi, salah satunya di area reklamasi PT Suprabari Mapanindo Mineral (PT SMM). Pemantauan kondisi kesehatan tanaman melalui survei langsung di lapangan masih memiliki keterbatasan, seperti kebutuhan sumber daya besar dan potensi subjektivitas dalam penilaian. Penggunaan indeks vegetasi dari citra multispektral foto udara UAV dapat menjadi metode alternatif yang lebih efisien dan objektif untuk mengklasifikasi kondisi kesehatan tanaman. Setiap jenis tanaman memberikan respons berbeda terhadap nilai indeks vegetasi, termasuk sengon solomon (*Falcataria falcata* (L.)) yang merupakan tanaman pionir di area reklamasi PT SMM. Hingga saat ini, belum tersedia nilai ambang spesifik yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan kelas kesehatan tanaman tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan komputasi ML untuk mengotomatisasi proses klasifikasi berdasarkan data indeks vegetasi. Tujuan dari penelitian ini mengklasifikasi kelas kesehatan tanaman sengon solomon menggunakan algoritma klasifikasi ML berbasis ortofoto multispektral.

Penelitian ini menerapkan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dengan masukan utama citra *Green Normalized Difference Vegetation Indeks* (GNDVI) untuk mengklasifikasikan kondisi kesehatan tanaman sengon solomon menjadi dua kelas: sehat dan tidak sehat. Tahapan penelitian diawali dengan pemrosesan foto udara RGB dan multispektral menjadi ortofoto, yang kemudian dilanjutkan dengan proses klasifikasi. Ortofoto RGB digunakan sebagai dasar dalam pembuatan data *training* dan validasi secara visual, sementara ortofoto multispektral diproses menjadi citra GNDVI sebagai data masukan untuk pelatihan model. Pelatihan model dilakukan menggunakan *platform Google Colaboratory* dengan rasio data *training* dan *validation* sebesar 75%:25%. Hasil klasifikasi kemudian digunakan untuk menilai kelas individu tanaman dan divalidasi dengan membandingkannya terhadap data hasil monitoring langsung di lapangan guna mengukur tingkat akurasi model. Tingkat akurasi hasil klasifikasi diuji menggunakan matriks konfusi dengan parameter *user's accuracy*, *producer's accuracy*, dan *overall accuracy*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma SVM dengan masukan citra indeks vegetasi GNDVI dapat mengklasifikasi kesehatan tanaman sengon solomon ke dalam kelas sehat dan tidak sehat. Nilai *overall accuracy* yang diperoleh berkisar antara 64% hingga 94% pada masing-masing area reklamasi PT SMM pada tingkat individu pohon. Tingkat akurasi model ini dipengaruhi oleh kualitas data masukan, terutama resolusi spasial citra. Mengingat proses penentuan data pelatihan bergantung pada daun tanaman, diperlukan citra udara dengan resolusi spasial tinggi agar representasi kelas tanaman lebih akurat. Hal ini menjadi penting karena ukuran daun yang relatif kecil, sehingga citra dengan resolusi tinggi dapat menangkap detail yang lebih merepresentasikan kondisi di lapangan. Hasil klasifikasi pada area reklamasi PT SMM menunjukkan bahwa algoritma SVM berhasil mendeteksi sekitar 47% tanaman dari sampel berada dalam kondisi sehat, sementara 53% dikategorikan tidak sehat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan klasifikasi berbasis GNDVI dan SVM tidak hanya memberikan hasil yang cukup akurat $\geq 80\%$, tetapi juga berpotensi menjadi alat pemantauan cepat dan efisien untuk mengevaluasi keberhasilan revegetasi pada lahan reklamasi tambang.

Kata Kunci: Indeks Vegetasi, Kesehatan Tanaman, *Machine Learning* (ML), *Support Vector Machine* (SVM), *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

Abstract

Monitoring plant health in post-mining reclamation areas is a critical step in evaluating the success of revegetation efforts, including at the reclamation site of PT Suprabari Mapanindo Mineral (PT SMM). Traditional plant health monitoring through direct field surveys remains limited by the need for significant resources and the potential subjectivity in assessments. The use of vegetation indices derived from UAV-based multispectral imagery offers a more efficient and objective alternative method for classifying plant health conditions. Each plant species responds differently to vegetation index values, including sengon solomon (*Falcataria falcata* (L.)), a pioneer species commonly used in PT SMM's reclamation area. To date, there is no established threshold value specifically for classifying the health condition of this species. Therefore, a computational approach using machine learning (ML) is needed to automate the classification process based on vegetation index data.

This study aims to classify the health status of sengon solomon trees using ML classification algorithms based on multispectral orthophotos. The research applies the Support Vector Machine (SVM) algorithm with Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) imagery as the primary input to classify tree health into two categories: healthy and unhealthy. The study begins with processing RGB and multispectral aerial images into orthophotos, followed by the classification process. The RGB orthophoto is used as a reference for visually creating training and validation data, while the multispectral orthophoto is converted into GNDVI imagery for model input. Model training is conducted on the Google Colaboratory platform using a 75% to 25% training-to-validation data ratio. The classification results are then used to assess individual tree health classes and validated by comparing them against field monitoring data to evaluate the model's accuracy. Classification accuracy is measured using a confusion matrix with parameters including user's accuracy, producer's accuracy, and overall accuracy.

The results show that the SVM algorithm using GNDVI imagery successfully classifies the health of sengon solomon trees into healthy and unhealthy categories. The overall accuracy achieved ranges from 64% to 94% across the different reclamation areas of PT SMM at the individual tree level. The accuracy of the model is influenced by the quality of the input data, particularly the spatial resolution of the imagery. Since the determination of training data relies heavily on leaf characteristics, high-resolution aerial imagery is essential for accurately representing plant health classes. This is particularly important given the relatively small size of the leaves, where high-resolution imagery allows for capturing details that better reflect actual field conditions. The classification results from PT SMM's reclamation area indicate that approximately 47% of the sampled trees were classified as healthy, while 53% were classified as unhealthy. These findings demonstrate that the GNDVI- and SVM-based classification approach not only provides reasonably high accuracy ($\geq 80\%$) but also shows strong potential as a rapid and efficient monitoring tool for assessing the success of revegetation in post-mining reclamation areas.

Keywords: Vegetation Index, Plant Health, Machine Learning (ML), Support Vector Machine (SVM), Unmanned Aerial Vehicle (UAV)