

## ABSTRAK

Pemantauan kondisi reklamasi lahan pascatambang merupakan aspek penting dalam evaluasi keberhasilan reklamasi dan pemenuhan kewajiban lingkungan perusahaan pertambangan. Di PT Citra Palu Minerals (CPM), pemantauan reklamasi masih didominasi oleh survei lapangan manual yang bersifat periodik, membutuhkan waktu dan tenaga yang besar, serta belum mampu merepresentasikan perubahan vegetasi secara spasial dan multitemporal. Selain itu, evaluasi kondisi reklamasi yang hanya berbasis nilai indeks vegetasi tunggal belum memadai untuk membedakan secara dini kondisi vegetasi yang stagnan, berkembang, atau mengalami kegagalan pertumbuhan. Di sisi lain, belum tersedia sistem monitoring yang mengintegrasikan pemetaan spasial, estimasi kondisi reklamasi berbasis pembelajaran mesin, dan penyajian hasil secara interaktif dalam satu platform berbasis web.

Penelitian ini menerapkan pendekatan penginderaan jauh dan pembelajaran mesin untuk mengatasi permasalahan tersebut. Data utama yang digunakan berupa citra satelit Sentinel-2 Level-2A yang diakuisisi secara multitemporal melalui Google Earth Engine. Pra-pemrosesan data dilakukan untuk menghasilkan citra bebas awan yang siap dianalisis, kemudian diekstraksi indeks vegetasi NDVI dan SAVI. Fitur multitemporal dibentuk menggunakan jendela waktu tahunan untuk merepresentasikan dinamika pertumbuhan vegetasi dan dikombinasikan dengan informasi umur tanam. Model Multi-Layer Perceptron (MLP) digunakan untuk melakukan estimasi kondisi reklamasi ke dalam empat kategori, yaitu gagal, stagnan, berkembang, dan berhasil. Model yang telah dilatih selanjutnya diintegrasikan ke dalam sistem monitoring berbasis WebGIS dengan arsitektur client-server, menggunakan frontend berbasis React dan Leaflet, serta backend berbasis REST API yang didukung oleh Neon PostgreSQL sebagai basis data spasialnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model MLP mampu mengklasifikasikan kondisi reklamasi lahan dengan tingkat akurasi sebesar 71%, dengan kinerja terbaik pada kelas berhasil. Pengujian sistem menggunakan metode black box testing menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai kebutuhan fungsional. Implementasi fitur pemantauan pada sistem memungkinkan penyimpanan dan pemanggilan data spasial secara efisien melalui integrasi database cloud, sehingga mampu menyajikan visualisasi yang stabil dan responsif. Penelitian ini menghasilkan sistem monitoring reklamasi lahan pascatambang berbasis WebGIS yang mampu menyajikan pemetaan dan estimasi kondisi reklamasi secara spasial dan multitemporal, serta dapat dimanfaatkan sebagai sistem pendukung keputusan operasional dalam kegiatan pemantauan dan evaluasi reklamasi di PT CPM.

**Kata Kunci:** reklamasi lahan pascatambang, NDVI, *multilayer perceptron*, WebGIS, citra satelit.

## ABSTRACT

*Monitoring post-mining land reclamation is a crucial aspect in evaluating reclamation performance and fulfilling the environmental obligations of mining companies. At PT Citra Palu Minerals (CPM), reclamation monitoring is still predominantly conducted through periodic manual field surveys, which are time-consuming, labor-intensive, and unable to adequately represent spatial and multitemporal vegetation changes. In addition, reclamation evaluation based solely on single vegetation index values is insufficient to distinguish early conditions of stagnant vegetation, developing vegetation, or failed vegetation growth. Furthermore, an integrated monitoring system that combines spatial mapping, machine learning-based reclamation condition estimation, and interactive web-based visualization has not yet been available.*

*This study applies a remote sensing and machine learning approach to address these limitations. The primary data used consists of multitemporal Sentinel-2 Level-2A satellite imagery acquired through Google Earth Engine. Data preprocessing was conducted to generate cloud-free imagery suitable for analysis, followed by the extraction of vegetation indices, namely NDVI and SAVI. Multitemporal features were constructed using a one-year temporal window to represent vegetation growth dynamics and were combined with planting age information. A Multi-Layer Perceptron (MLP) model was employed to estimate reclamation conditions into four categories: failed, stagnant, developing, and successful. The trained model was then integrated into a WebGIS-based monitoring system developed using a client-server architecture, with a React- and Leaflet-based frontend and a REST API-based backend supported by Neon PostgreSQL as its spatial database.*

*The results indicate that the MLP model can classify reclamation conditions with an accuracy of 71%, achieving the best performance in the successful class. System testing using black box testing demonstrates that all main system functionalities operate in accordance with the defined functional requirements. The implementation of monitoring features within the system enables efficient storage and retrieval of spatial data through cloud database integration, providing stable and responsive visualization. This research produces a WebGIS-based post-mining land reclamation monitoring system that provides spatial and multitemporal mapping and reclamation condition estimation, which can serve as an operational decision support system for reclamation monitoring and evaluation activities at PT CPM.*

**Keywords:** *post-mining land reclamation, NDVI, multilayer perceptron, WebGIS, satellite imagery*