

INTISARI

Kapasitas Pertukaran Kation (KPK) merupakan salah satu indikator penting kesuburan tanah yang dipengaruhi oleh kondisi topografi dan sifat fisikokimia tanah. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi distribusi spasial KPK di zona transisi vulkanik Sub-DAS Bompon Jawa Tengah, yang berada di antara sistem gunung api Kuartir Gunung Sumbing dan sistem struktural Tersier Pegunungan Menoreh, serta menganalisis hubungan KPK dengan parameter lingkungan terkait. Metode yang digunakan adalah *Digital Soil Mapping* (DSM) dengan algoritma *Random Forest* berbasis kovariat relief dari 50 titik sampel yang kemudian ditingkatkan akurasinya menggunakan data LiDAR resolusi tinggi. Analisis korelasi dilakukan untuk mengidentifikasi faktor dominan yang memengaruhi variasi KPK. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model prediksi berbasis relief saja memiliki R^2 rendah pada MK1T1 maupun MK1T2, menandakan model hanya mampu menginterpretasikan sebagian kecil dari data uji. Integrasi data LiDAR yang mampu menangkap variasi mikro-topografi. Evaluasi model prediksi menunjukkan nilai galat yang cukup rendah dengan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 2,73 (T1); 4,02 (T2) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 3,08 (T1); 4,85 (T2), menandakan model masih dapat digunakan untuk memprediksi KPK. Korelasi menunjukkan bahwa KPK dipengaruhi kuat oleh kejenuhan basa, fraksi debu, clay, serta kadar lengas, sementara pengaruh bahan organik relatif lemah. Selain itu, keberadaan alterasi clay hidrotermal pada material vulkanik turut meningkatkan fraksi liat aktif, yang berkontribusi terhadap tingginya nilai KPK pada beberapa bagian lahan. Hasil prediksi KPK memiliki rentang nilai 15,36 cmol/kg - 23,8 cmol/kg, yaitu merupakan nilai KPK rendah - sedang. Pada Temuan ini menegaskan bahwa meskipun rentang variasi KPK antar bentuk lahan relatif kecil, pendekatan *Digital Soil Mapping* (DSM) dengan algoritma *Random Forest* mampu mendeteksi perbedaan halus yang dikontrol oleh faktor topografi dan proses geomorfik, sehingga pola sebaran KPK pada berbagai unit lahan seperti lereng atas, lereng tengah, lereng bawah, kaki koluvial, hingga dataran koluvial dapat terpetakan dengan jelas. KPK merupakan indikator kesuburan tanah yang valid karena dipengaruhi dominan oleh faktor fisikokimia dan karakter mineral, sehingga hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar dalam pengelolaan kesuburan tanah, zonasi konservasi, dan pertanian presisi di wilayah penelitian.

Kata Kunci: Kapasitas Pertukaran Kation (KPK), *Digital Soil Mapping* (DSM), *Random Forest*, *Machine Learning*, LiDAR, Pemetaan Spasial, Sub-DAS Bompon, Vulkanik Transisi (Kwartir-Tersier).

ABSTRACT

Cation Exchange Capacity (CEC) is one of the key indicators of soil fertility influenced by topographic conditions and soil physicochemical properties. This study aims to predict the spatial distribution of CEC in the volcanic transition zone of the Bompon Sub-watershed, Central Java, located between the Quaternary volcanic system of Mount Sumbing and the Tertiary structural system of the Menoreh Mountains, as well as to analyze the relationship between CEC and related environmental parameters. The method applied was Digital Soil Mapping (DSM) using the Random Forest algorithm based on relief covariates derived from 50 sampling points, with model accuracy further improved using high-resolution LiDAR data. Correlation analysis was conducted to identify the dominant factors influencing CEC variation. The results showed that the relief-based prediction model produced low R^2 values in both MK1T1 and MK1T2, indicating that the model could only interpret a small portion of the test data. The integration of LiDAR data, which captured micro-topographic variation, improved the model performance. Model evaluation indicated relatively low error values, with a Mean Absolute Error (MAE) of 2.73 (T1); 4.02 (T2) and a Root Mean Square Error (RMSE) of 3.08 (T1); 4.85 (T2), suggesting that the model remains applicable for predicting CEC. Correlation results revealed that CEC is strongly influenced by base saturation, silt fraction, clay, and soil moisture, while the effect of organic matter is relatively weak. In addition, the presence of hydrothermal clay alteration in volcanic materials increased the proportion of active clay, contributing to higher CEC values in certain land units. The predicted CEC values ranged from 15.36 cmol/kg to 23.8 cmol/kg, classified as low to medium. These findings emphasize that although the range of CEC variation among landforms is relatively narrow, the DSM approach with the Random Forest algorithm can detect subtle differences controlled by topographic and geomorphic processes, thus clearly mapping the spatial distribution of CEC across various landform units such as upper slopes, middle slopes, lower slopes, colluvial footslopes, and colluvial plains. CEC is confirmed as a valid soil fertility indicator, dominantly influenced by physicochemical factors and mineral characteristics, and the results of this study can serve as a basis for soil fertility management, conservation zoning, and precision agriculture in the study area.

Keywords: Cation Exchange Capacity (CEC), Digital Soil Mapping (DSM), Random Forest, Machine Learning, LiDAR, Spatial Mapping, Bompon Sub-watershed, Volcanic Transition.