

ABSTRAK

Klasifikasi sinyal gempa vulkanik merupakan komponen penting dalam sistem pemantauan aktivitas Gunung Merapi karena setiap tipe gempa mencerminkan proses fisik yang berbeda di bawah permukaan. Pendekatan konvensional masih memiliki keterbatasan dalam menangani ketidakseimbangan data dan variasi karakteristik sinyal seismik. Penelitian ini menerapkan model *Random Forest* dengan teknik *data balancing* SMOTE-ENN serta optimasi *hyperparameter* menggunakan *Bayesian Optimization* untuk meningkatkan kinerja klasifikasi. SMOTE-ENN digunakan untuk memperbaiki distribusi kelas dengan menambah sampel pada kelas minoritas dan menghapus data yang tidak representatif, sehingga kualitas data latih menjadi lebih baik. Data yang digunakan merupakan sinyal seismik Gunung Merapi dari BPPTKG periode September 2025 yang diproses melalui tahapan *detrend*, *band-pass filter*, *trimming*, dan *padding*, kemudian dilakukan ekstraksi fitur pada domain waktu dan frekuensi. Model dikembangkan untuk mengklasifikasikan tiga jenis gempa, yaitu Volcano-Tectonic B (VTB), Multiphase (MP), dan Rockfall. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan SMOTE-ENN dan optimasi *hyperparameter* mampu meningkatkan performa model secara signifikan, dengan akurasi mencapai 97.15% serta peningkatan *recall* pada kelas VTB dari 80% menjadi 92%. Peningkatan ini diikuti oleh performa *precision*, *recall*, dan F1-score yang lebih seimbang pada seluruh kelas, sehingga model menghasilkan klasifikasi yang lebih stabil dan konsisten. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi *Random Forest*, SMOTE-ENN, dan *Bayesian Optimization* efektif dalam meningkatkan kinerja klasifikasi sinyal gempa vulkanik.

Kata Kunci: gempa vulkanik, Random Forest, SMOTE-ENN, Bayesian Optimization, klasifikasi, fitur seismik

ABSTRACT

Volcanic earthquake signal classification is a critical component in monitoring Mount Merapi activity, as each earthquake type reflects different physical processes beneath the surface. Conventional approaches still face limitations in handling class imbalance and variability in seismic signal characteristics. This study applies a Random Forest model combined with SMOTE-ENN data balancing and Bayesian Optimization for hyperparameter tuning to improve classification performance. SMOTE-ENN is used to refine class distribution by generating samples for minority classes and removing non-representative data, resulting in higher quality training data. The dataset consists of seismic signals from BPPTKG recorded in September 2025, which are processed through detrending, band-pass filtering, trimming, and padding, followed by feature extraction in both time and frequency domains. The model is developed to classify three types of earthquakes: Volcano-Tectonic B (VTB), Multiphase (MP), and Rockfall. Experimental results show that the application of SMOTE-ENN and hyperparameter optimization significantly improves model performance, achieving an accuracy of 97.15% and increasing recall for the VTB class from 80% to 92%. This improvement is accompanied by more balanced precision, recall, and F1-score across all classes, resulting in a more stable and consistent classification model. These findings indicate that the combination of Random Forest, SMOTE-ENN, and Bayesian Optimization is effective for improving volcanic earthquake signal classification.

Keywords: *volcanic earthquakes, Random Forest, SMOTE-ENN, classification, seismic features*