

ABSTRAK

Indonesia terletak di pertemuan empat lempeng tektonik utama yang memicu aktivitas seismik tinggi, termasuk gempa besar di zona subduksi megathrust. Identifikasi seismic gap penting untuk memahami pola dan potensi gempa besar di masa depan. Meskipun ada catatan sejarah gempa, memprediksi gempa secara tepat sangat sulit karena dinamika pergerakan tektonik yang kompleks. Salah satu cara untuk memahami pola megathrust adalah dengan mengidentifikasi daerah seismic gap. Terdapat 12 zona seismic gap di Indonesia, dengan 2 di antaranya di Selatan Pulau Jawa. Namun, identifikasi ini masih dalam skala luas, sehingga perlu diperkirakan pusat seismic gap untuk mempelajari potensi gempa besar.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi *seismic gap* di Indonesia menggunakan pendekatan berbasis kepadatan dengan algoritma DBSCAN dan LOWESS. Berdasarkan hasil pengelompokan menggunakan DBSCAN, metode *Dynamic Method* yang diadopsi dari DMDBSCAN menunjukkan keterbatasan dalam menghasilkan nilai *epsilon* yang relevan untuk dataset dengan ukuran besar. Hal ini terlihat dari identifikasi *noise* yang mencapai lebih dari 3.000 dari total 3.005 data, yang disebabkan oleh skala kecil pada grafik *k-distance* yang menghasilkan gradien signifikan pada nilai *epsilon* yang sangat kecil. Kondisi ini menegaskan perlunya peninjauan ulang terhadap metode *Dynamic Method* untuk menentukan nilai *epsilon* yang optimal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma DBSCAN dengan parameter terbaik ($minPts = 5$ dan $eps = 0,3$) menghasilkan *cluster* yang homogen dan terpisah dengan baik, meskipun metode *Dynamic Method* dan Kneedle belum optimal untuk semua kondisi data. Implementasi LOWESS dengan *bandwidth* $f = 0,4$ memberikan nilai RMAE terendah, menunjukkan kemampuan terbaik dalam merepresentasikan pola data setelah *noise* diatasi menggunakan DBSCAN. Sebanyak 12 titik *seismic gap* berhasil diidentifikasi pada lingkup zona subduksi Sumatra-Jawa, termasuk di wilayah Kepulauan Mentawai dan selatan Pulau Jawa, dengan presisi lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya. Skala *seismic gap* besar juga ditemukan di barat daya Aceh, meskipun wilayah tersebut telah melepaskan energi besar pada gempa 2004. Hasil ini menekankan pentingnya data berkualitas tinggi dalam mendeteksi seismic gap secara akurat, yang relevan untuk mitigasi bencana dan pemahaman dinamika tektonik di Indonesia.

Kata kunci: *Seismic Gap*, Gempa Bumi, DBSCAN, LOWESS, Kneedle.

ABSTRACT

Indonesia is at the convergence of four major tectonic plates, triggering high seismic activity, including large earthquakes in megathrust subduction zones. Identifying seismic gaps is crucial to understanding seismic patterns and the potential for future large earthquakes. Analyzing past earthquake patterns is difficult due to the complexity of tectonic movements. One way to study megathrusts is by identifying seismic gap areas. There are 12 seismic gap zones in Indonesia, with 2 located south of Java. However, the identification is still broad, requiring further analysis to pinpoint the centers of these gaps for a better understanding of future earthquake risks.

This study aims to analyze the potential seismic gaps in Indonesia using a density-based approach with the DBSCAN and LOWESS algorithms. Based on clustering results using DBSCAN, the Dynamic Method adopted from DMDBSCAN demonstrated limitations in producing relevant epsilon values for large datasets. This is evident from the identification of noise exceeding 3,000 out of a total of 3,005 data points, caused by the small scale of the k -distance graph that results in a significant gradient at very low epsilon values. This condition underscores the need to reevaluate the Dynamic Method to determine optimal epsilon values.

The research results indicate that the DBSCAN algorithm with optimal parameters ($\text{minPts} = 5$ and $\text{eps} = 0.3$) produces homogeneous and well-separated clusters, although the Dynamic Method and Kneedle approach have not been fully optimal for all data conditions. The implementation of LOWESS with a bandwidth of $f = 0.4$ yielded the lowest RMAE value, demonstrating the best ability to represent data patterns after noise was addressed using DBSCAN. A total of 12 seismic gap points were successfully identified within the Sumatra-Java subduction zone, including the Mentawai Islands and the southern part of Java Island, with higher precision compared to previous studies. Large-scale seismic gaps were also found southwest of Aceh, despite the area releasing significant energy during the 2004 earthquake. These findings highlight the importance of high-quality data in accurately detecting seismic gaps, which is crucial for disaster mitigation and understanding tectonic dynamics in Indonesia.

Keywords: Seismic Gap, Earthquake, DBSCAN, LOWESS, Kneedle