

INTISARI

KOMPARASI PREDIKSI GEMPA BUMI MENGGUNAKAN MODIFIKASI MULTIRESOLUSI GRID QUADTREE DENGAN PRESERVASI KORELASI SPASIAL-TEMPORAL

Oleh

Ibnu Amri Thaher
24/537515/PPA/06801

Penelitian ini mengusulkan penggunaan grid multiresolusi berbasis quadtree yang bertujuan meningkatkan performa prediksi magnitudo maksimum gempa bumi dibandingkan grid tetap, untuk horizon waktu 7 hari ke depan dengan klasifikasi biner, yaitu kelas 0 ($\text{mag} < 5,5$) dan kelas 1 ($\text{mag} \geq 5,5$). *Quadtree* dipilih karena dapat memberikan resolusi spasial tinggi pada area dengan aktivitas seismik *intens* dan menangkap *precursor patterns* yang lebih detail di zona *earthquake-prone*. Metodologi menggunakan data katalog gempa dari Indonesia (68.781 *events*, 1964-2023) dan dataset Iran (4.254 *event*, 1987-2023) sebagai perbandingan lintas wilayah. Segmentasi spasial dilakukan menggunakan *grid* tetap dengan ukuran $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, $1^\circ \times 1^\circ$, $3^\circ \times 3^\circ$, $5^\circ \times 5^\circ$, $6^\circ \times 6^\circ$, dan $7^\circ \times 7^\circ$, serta *quadtree* adaptif yang membagi wilayah secara dinamis berdasarkan kepadatan data gempa. Fitur yang digunakan terdiri atas 16 parameter seismik dan 3 parameter geografis, dengan *b-value* dihitung pada setiap unit spasial sebagai dasar seleksi grid pada tahap selanjutnya. Algoritma *machine learning* yang digunakan sebagai model *prediction* yaitu SVM, DT, RF, SNN, dan DNN serta menggunakan *accuracy*, *sensitivity*, dan *F1-score macro* sebagai metrik evaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada metode *grid* konvensional, ukuran $6^\circ \times 6^\circ$ merupakan titik optimal yang memberikan keseimbangan terbaik antara stabilitas statistik dan detail fitur tektonik. Sebaliknya, *grid* resolusi tinggi $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ menghasilkan *noise* akibat kelangkaan data per unit area, sementara *grid* yang terlalu besar $7^\circ \times 7^\circ$ menyebabkan degradasi performa akibat *over-generalization*. Inovasi utama penelitian ini adalah penggunaan metode *quadtree* yang dimodifikasi, yang terbukti menjadi solusi terbaik dengan nilai *F1-score macro* mencapai 84,0%. Strategi ini mampu mempertahankan resolusi tinggi di zona aktif tanpa memutus korelasi spasial-temporal antar-kejadian gempa. Validasi menggunakan dataset gempa Iran turut mengonfirmasi ketangguhan (*robustness*) metodologi ini dengan peningkatan akurasi uji yang signifikan pada struktur *quadtree*.

Kata Kunci: Prediksi gempa, *quadtree*, *grid* tetap, *multiresolusi grid*, *machine learning*

ABSTRACT

COMPARATIVE STUDY OF EARTHQUAKE PREDICTION USING MODIFIED MULTIREOLUTION QUADTREE GRID WITH SPATIOTEMPORAL CORRELATION PRESERVATION

By

Ibnu Amri Thaher
24/537515/PPA/06801

This study proposes the use of a quadtree-based multiresolution grid aimed at improving the performance of maximum earthquake magnitude prediction compared to a fixed grid, for a 7-day forecasting horizon using binary classification, namely class 0 ($\text{mag} < 5.5$) and class 1 ($\text{mag} \geq 5.5$). The quadtree is selected because it provides high spatial resolution in areas with intense seismic activity and captures more detailed precursor patterns in earthquake-prone zones. The methodology uses earthquake catalog data from Indonesia (68,781 events, 1964–2023) and the Iran dataset (4,254 events, 1987–2023) for cross-regional comparison. Spatial segmentation is performed using fixed grids with sizes of $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, $1^\circ \times 1^\circ$, $3^\circ \times 3^\circ$, $5^\circ \times 5^\circ$, $6^\circ \times 6^\circ$, and $7^\circ \times 7^\circ$, as well as an adaptive quadtree that dynamically subdivides the region based on earthquake data density. The features consist of 16 seismic parameters and 3 geographical parameters, with the b-value calculated for each spatial unit as the basis for grid selection in the subsequent stage. The machine learning algorithms used as prediction models include SVM, DT, RF, SNN, and DNN, and accuracy, sensitivity, and macro F1-score are used as evaluation metrics. The results show that in the conventional grid method, the $6^\circ \times 6^\circ$ grid size is the optimal point, providing the best balance between statistical stability and tectonic feature detail. In contrast, the $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ high-resolution grid produces noise due to data scarcity per unit area, while the overly large $7^\circ \times 7^\circ$ grid leads to performance degradation due to over-generalization. The main innovation of this study is the use of a modified quadtree method, which achieves the best performance with a macro F1-score of 84.0%. This strategy maintains high resolution in active zones without breaking the spatiotemporal correlation between earthquake events. Validation using the Iran earthquake dataset confirms the robustness of this methodology, with a significant improvement in test accuracy on the quadtree structure.

Keywords: earthquake prediction, quadtree-based grid, fixed grid, multiresolution grid, machine learning models.