

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Merujuk pada serangkaian tahapan prapemrosesan data, pelatihan algoritma, hingga pengujian komparatif yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, penelitian ini bermuara pada tiga kesimpulan utama yang sekaligus menjawab rumusan masalah:

1. Keunggulan Random Forest dalam Menangani Kompleksitas Seismik

Pendekatan ensemble learning pada algoritma Random Forest terbukti secara empiris lebih superior dibandingkan Support Vector Machine (SVM) dalam memprediksi probabilitas gempa bumi di Jawa Barat. Menghadapi tantangan ketimpangan data historis (highly imbalanced data), Random Forest dengan konfigurasi pembobotan kelas mampu membukukan nilai metrik Area Under the Curve (AUC-ROC) sebesar 0.8171 dan tingkat sensitivitas (Recall) mencapai 0.5364. Kinerja ini jauh melampaui arsitektur hyperplane tunggal milik SVM yang hanya mencatatkan Recall 0.3526. Hal ini menegaskan bahwa pohon keputusan jamak lebih tangguh dalam menangkap pola non-linier anomali geofisika, khususnya variabel "Kedalaman Rata-rata" yang teridentifikasi sebagai prediktor paling krusial.

2. Keberhasilan Pemetaan Spasial dan Integrasi Risiko Penduduk

Penelitian ini sukses mentransformasi luaran komputasi murni menjadi instrumen navigasi taktis melalui platform WebGIS berbasis Leaflet.js dan Django. Pemetaan spasial ke dalam sistem grid beresolusi $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ memungkinkan lokalisasi ancaman secara presisi di wilayah Jawa Barat. Lebih jauh, integrasi antara nilai probabilitas mesin dengan data demografi Badan Pusat Statistik (BPS) berhasil merumuskan metrik "Keterpaparan Risiko" (Risk Exposure). Sistem tidak lagi sekadar memprediksi titik gempa, melainkan

secara cerdas menyoroti zona merah di mana ancaman seismik tinggi beririsan langsung dengan kawasan padat penduduk.

3. Rekomendasi Algoritma untuk Sistem Peringatan Dini

Berdasarkan pembuktian komparasi performa dan validasi uji simulasi manual terhadap kejadian gempa aktual di Cianjur pada tahun 2022, algoritma Random Forest ditetapkan sebagai instrumen pendukung keputusan yang paling optimal. Tingkat akurasi dan ketajamannya dalam mendeteksi sinyal bahaya pada kelas minoritas menjadikannya sangat direkomendasikan untuk diadopsi oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) sebagai basis algoritma dalam merancang strategi mitigasi dan peringatan dini bahaya seismik jangka menengah.

5.2 Saran

Meskipun sistem prediksi dan visualisasi risiko yang dikembangkan telah beroperasi secara fungsional, terdapat beberapa celah ruang lingkup yang dapat disempurnakan oleh peneliti selanjutnya:

1. Pengayaan Dimensi Fitur Prediktor

Model klasifikasi saat ini hanya mengandalkan ekstraksi riwayat katalog BMKG. Studi lanjutan sangat disarankan untuk memasukkan variabel geospasial eksternal ke dalam fase training, seperti jarak pasti setiap grid terhadap garis sesar aktif (Sesar Lembang, Cimandiri, Baribis), jenis formasi batuan tanah, maupun anomali anomali gravitasi bumi. Penambahan fitur fundamental ini berpotensi mereduksi False Positive dan mempertajam logika algoritma.

2. Penerapan Arsitektur Deep Learning Runtun Waktu

Untuk menangkap memori sekuensial atau pola perambatan gempa dari waktu ke waktu (seperti fenomena gempa susulan/ swarm), penelitian mendatang dapat mengekskansi komparasi ke ranah Deep Learning.

Penggunaan arsitektur jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk data runtun waktu, seperti Long Short-Term Memory (LSTM) atau Gated Recurrent Unit (GRU), diproyeksikan mampu membaca dependensi temporal dengan lebih presisi dibandingkan algoritma Machine Learning tradisional.

3. Otomatisasi Alur Data Berbasis API (Real-time)

Arsitektur WebGIS yang saat ini masih memproses data CSV statis idealnya ditingkatkan menjadi sistem otomasi penuh. Pengembangan backend selanjutnya disarankan untuk menarik data secara langsung dari Application Programming Interface (API) publik BMKG secara real-time. Dengan mekanisme cron job atau penjadwalan skrip harian, sistem dapat mengkalkulasi probabilitas gempa secara otomatis setiap kali ada pembaruan data sensor dari lembaga terkait, sehingga fungsi peringatan dininya dapat berjalan secara langsung (live monitoring).

