

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai deteksi *fraud* pada transaksi pembayaran digital menggunakan pendekatan hybrid Isolation Forest dan XGBoost, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggabungan algoritma *Isolation Forest* dan *XGBoost* terbukti efektif memadukan pendekatan *anomaly-based detection (unsupervised)* dan klasifikasi berbasis riwayat label (*supervised*). Berdasarkan pengujian, model *hybrid* mencapai akurasi 98%. Model menunjukkan selektivitas yang baik dengan *precision* 65% dan sensitivitas (*recall*) sebesar 60% (*F1-score* 0,63). Integrasi *anomaly score* berhasil membantu model dalam mengenali deviasi transaksi yang mencurigakan. Meskipun masih terdapat 310 kasus *false negative* dari total 775 *fraud*, model ini sangat potensial digunakan sebagai sistem penyaringan awal (*early detection*) dengan pengawasan berlapis untuk transaksi yang lolos.
2. Penerapan metode *hybrid Isolation Forest* dan *XGBoost* secara empiris terbukti mampu memberikan pengaruh positif dalam meminimalkan tingkat kesalahan identifikasi transaksi sah (*false positive*). Berdasarkan analisis studi komparatif (*ablation study*), model *hybrid* berhasil menekan angka *false positive* menjadi 251 kasus, mengungguli model *XGBoost* tunggal yang menghasilkan 265 kasus kesalahan. Fitur *Isolation Forest* terbukti membantu model klasifikasi utama untuk lebih cermat membedakan antara perilaku anomali yang merupakan penipuan aktual dengan anomali sah dari pengguna (*legitimate anomaly*).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya maupun perbaikan sistem yang telah dibangun, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan performa model, khususnya dalam meningkatkan nilai *recall*, sehingga mampu mendeteksi lebih banyak transaksi *fraud*. Hal ini dapat dilakukan dengan pendekatan seperti *cost-sensitive learning*, penyesuaian *threshold* klasifikasi, atau penggunaan algoritma lain yang lebih sensitif terhadap kelas minoritas.
2. Peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan *tuning* hiperparameter secara khusus pada tingkat kontaminasi (*contamination rate*) *Isolation Forest*, agar fitur anomali yang dihasilkan tidak mengganggu tingkat presisi (*precision*) dari model klasifikasi utama.
3. Penelitian ini masih terbatas pada penggunaan fitur yang tersedia pada dataset. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan fitur eksternal atau melakukan rekayasa fitur yang lebih kompleks agar model dapat menangkap pola *fraud* dengan lebih baik.