

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh rangkaian proses yang telah dilaksanakan, mulai dari pengumpulan data, pembangunan model, hingga pengembangan sistem aplikasi berbasis web, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Model *Random Forest* yang dikombinasikan dengan metode SMOTE dan optimasi *hyperparameter* menggunakan *GridSearchCV* mampu menghasilkan performa yang sangat baik dalam mendeteksi transaksi *fraud*. Model yang dihasilkan mencapai tingkat akurasi sebesar 99%, dengan *precision* sebesar 94%, *recall* sebesar 84%, dan *F1-score* sebesar 89%. Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang tinggi dalam mengklasifikasikan transaksi secara tepat, khususnya dalam mendeteksi kecurangan.
2. Algoritma *Random Forest* mampu mengidentifikasi transaksi *fraud* dengan membangun sejumlah pohon keputusan dari data latih, kemudian menentukan hasil klasifikasi berdasarkan voting mayoritas dari seluruh pohon. Pada penelitian ini, SMOTE digunakan untuk menyeimbangkan data latih dengan membentuk data sintetis pada kelas *fraud*, sedangkan *GridSearchCV* digunakan untuk mencari kombinasi parameter terbaik pada model *Random Forest*. Kombinasi metode tersebut membantu model dalam membedakan transaksi normal dan transaksi *fraud* dengan lebih optimal.

5.2 Saran

Meskipun penelitian ini telah menghasilkan model dan sistem dengan kinerja yang memuaskan, terdapat sejumlah aspek yang masih dapat dikembangkan lebih lanjut guna meningkatkan kualitas dan cakupan sistem di masa mendatang.

1. Nilai *recall* kelas *fraud* sebesar 84% menunjukkan bahwa masih terdapat 16 transaksi *fraud* dari 98 yang tidak berhasil terdeteksi oleh model. Pada pengembangan selanjutnya, upaya peningkatan nilai *recall*

dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan, antara lain eksplorasi algoritma *ensemble* yang lebih canggih seperti *XGBoost* atau *LightGBM*, penerapan teknik penyeimbangan data yang lebih mutakhir seperti ADASYN (*Adaptive Synthetic Sampling*), maupun optimasi nilai *threshold* secara lebih sistematis menggunakan kurva *precision-recall*.

2. Keterbatasan mendasar yang ditemukan dalam penelitian ini adalah ketidakmampuan sistem untuk memproses input pengguna awam (seperti nama *merchant*, kota, dan nominal dalam Rupiah) secara langsung melalui model yang sama, dikarenakan dataset yang digunakan telah melewati transformasi PCA yang tidak dapat direproduksi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan dataset yang memiliki fitur asli yang teridentifikasi, seperti dataset IEEE-CIS *Fraud Detection*, sehingga seluruh jalur input dapat menghasilkan prediksi yang sepenuhnya didasarkan pada output model tanpa memerlukan lapisan aturan bisnis tambahan.
3. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data historis yang bersifat statis dan dikumpulkan dalam rentang waktu tertentu. Dalam lingkungan perbankan yang sesungguhnya, pola kecurangan terus berkembang seiring waktu seiring dengan adaptasi para pelaku kejahatan terhadap mekanisme deteksi yang ada. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya sebaiknya mempertimbangkan implementasi mekanisme pelatihan ulang model secara berkala (*periodic retraining*) menggunakan data transaksi terbaru agar kemampuan deteksi sistem tidak mengalami degradasi seiring berjalannya waktu.
4. Sistem yang dibangun dalam penelitian ini masih beroperasi dalam lingkungan pengembangan lokal (*localhost*) dan belum melalui tahapan *deployment* ke infrastruktur server yang sesungguhnya. Penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi penerapan sistem pada platform *cloud* seperti Google Cloud, AWS, atau Azure, disertai dengan implementasi mekanisme keamanan API, autentikasi pengguna, serta enkripsi data

untuk memenuhi standar keamanan informasi yang dipersyaratkan dalam industri perbankan.

5. Antarmuka pengguna yang dibangun dalam penelitian ini masih bersifat fungsional dan belum melalui pengujian kegunaan (*usability testing*) yang melibatkan pengguna nyata dari kalangan perbankan. Pengembangan selanjutnya disarankan untuk melibatkan praktisi perbankan dalam proses evaluasi antarmuka guna memastikan bahwa fitur-fitur yang tersedia benar-benar selaras dengan kebutuhan dan alur kerja operasional yang sesungguhnya di lapangan.

