

BAB V PENUTUP

4.2. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap model deep learning, machine learning, dan pendekatan ensemble learning dalam deteksi penipuan kartu kredit, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pendekatan deep learning, khususnya GRU, memiliki kemampuan paling unggul dalam menganalisis pola kompleks pada data transaksi fraud kartu kredit. GRU menunjukkan akurasi, precision, recall, dan F1-score yang lebih tinggi dibandingkan LSTM, sehingga lebih efektif dalam menangkap pola sekuensial dan dinamis dari data transaksi yang tidak seimbang.
- 2) Dari sisi model ensemble machine learning, Random Forest dan AdaBoost terbukti masih kompetitif, dengan performa yang stabil dan efisien secara komputasi. Performa Adaboost secara keseluruhan lebih unggul dibandingkan Random Forest.
- 3) Kinerja model *stacking ensemble* menunjukkan nilai evaluasi yang tinggi namun cenderung lebih rendah dibandingkan dengan model tunggal terbaik. Hal ini disebabkan oleh keseragaman antara model dasar (LSTM & GRU dan Random Forest & AdaBoost), yang menghasilkan pola prediksi yang serupa, yang menghasilkan pola prediksi yang serupa, sehingga informasi yang dipelajari oleh model meta (MLP) menjadi tumpang tindih.
- 4) Baik model ensemble deep learning stacking maupun model ensemble machine learning stacking memiliki performa yang sangat kompetitif. Model ensemble machine learning memiliki akurasi dan skor F1 yang sedikit lebih tinggi, sementara model ensemble deep learning unggul dalam presisi dan recall, menunjukkan sensitivitas yang lebih baik dalam deteksi transaksi *fraud*.

4.3. Saran

- 1) Penelitian ini masih dilakukan secara *offline testing*. Untuk penerapan praktis, disarankan pengujian secara real-time streaming detection, misalnya menggunakan platform seperti Apache Kafka atau TensorFlow Serving, untuk melihat stabilitas model dalam kondisi transaksi aktual.
- 2) Perluasaan domain pengetahuan pada data yang tidak seimbang

