

BAB V

PENUTUP

5.2 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil dalam membangun sebuah model prediksi biaya ekspor menggunakan pendekatan *machine learning*. Tujuan utamanya adalah membandingkan kinerja algoritma Linear Regression dan Random Forest Regression, mengidentifikasi faktor-faktor paling berpengaruh, serta mewujudkan sistem prediksi berbasis web dengan kapabilitas multi-user. Hasil analisis yang komprehensif mengindikasikan bahwa Random Forest Regression secara konsisten mengungguli Linear Regression dalam memprediksi biaya pengiriman ekspor. Keunggulan ini tercermin dari nilai R^2 yang lebih tinggi (0.7522 berbanding 0.6778), serta nilai Mean Absolute Error (MAE) yang lebih rendah (1812.38 berbanding 2131.18) dan Root Mean Squared Error (RMSE) yang juga lebih rendah (2277.2 berbanding 2596.77). Performa superior Random Forest ini menunjukkan bahwa kompleksitas dan sifat non-linier dari hubungan antara fitur logistik dan biaya ekspor lebih efektif ditangkap oleh algoritma berbasis *ensemble*.

Melalui analisis *feature importance* yang dilakukan dengan Random Forest, teridentifikasi bahwa *customs_fee_usd* (biaya bea cukai) dan *insurance_cost_usd* (biaya asuransi) merupakan pendorong biaya yang paling dominan. Di samping itu, *destination_country* (negara tujuan), *weight_kg* (berat barang), dan *commodity_type* (jenis komoditas) juga memiliki kontribusi signifikan. Pemahaman terhadap fitur-fitur

ini memberikan wawasan penting bagi perusahaan untuk mengelola dan mengoptimalkan pengeluaran logistik mereka. Sistem prediksi yang dikembangkan juga berhasil diimplementasikan sebagai aplikasi web dengan antarmuka yang intuitif untuk Staff Logistik, Manajer Keuangan, dan Admin. Arsitektur sistem yang memisahkan *frontend* (PHP) dari API *backend* (Python Flask) menjamin efisiensi dan skalabilitas, memungkinkan akses daring untuk pengambilan keputusan yang lebih cepat dan berbasis data. Secara keseluruhan, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan alat yang mampu memberikan estimasi biaya ekspor yang lebih akurat dan efisien bagi PT Samudera Indonesia Tbk, mengurangi ketergantungan pada metode manual, dan mendukung perencanaan strategis berbasis data yang objektif.

5.2 Saran

Melihat hasil yang telah dicapai, beberapa rekomendasi dapat diajukan untuk pengembangan lebih lanjut, baik bagi penelitian mendatang maupun implementasi praktis sistem ini. Penting juga untuk mengintegrasikan fitur-fitur eksternal yang dinamis, seperti fluktuasi harga bahan bakar global, nilai tukar mata uang, kondisi ekonomi negara tujuan, atau regulasi perdagangan, guna meningkatkan adaptabilitas model terhadap dinamika pasar. Selain itu, pengembangan metode yang lebih canggih untuk mendeteksi dan menangani *outlier* atau anomali dalam data biaya akan memperkuat keandalan model.

Dalam konteks peningkatan sistem dan implementasi, pengintegrasian data secara *real-time* dari sistem internal perusahaan (seperti ERP atau manajemen logistik) akan memastikan model selalu menggunakan informasi terkini. Pengembangan mekanisme *retraining* model secara otomatis, baik berdasarkan interval waktu maupun ketersediaan data baru, esensial untuk menjaga relevansi dan akurasi model jangka panjang. Untuk Manajer Keuangan, penambahan fitur visualisasi data yang lebih interaktif dan komprehensif, seperti dasbor dinamis dan laporan yang dapat disesuaikan, akan sangat bermanfaat. Terakhir, pengembangan antarmuka yang responsif untuk perangkat seluler atau aplikasi *mobile* khusus dapat memudahkan staf logistik di lapangan, sementara penyediaan *endpoint* API yang lebih fleksibel dari *backend* Python Flask akan memfasilitasi integrasi yang mulus dengan sistem internal perusahaan lainnya. Dengan mengimplementasikan saran-saran ini, diharapkan model prediksi biaya ekspor akan terus berevolusi menjadi lebih akurat, adaptif, dan memberikan manfaat praktis yang signifikan bagi industri logistik.