

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V memuat kesimpulan yang dirumuskan berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada Bab IV. Kesimpulan menjawab rumusan masalah yang diajukan di Bab I dan menegaskan kontribusi penelitian dalam upaya mencegah *slip clutch* melalui prediksi RPM berbasis *Machine Learning*.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Model prediksi nilai RPM berhasil dibangun menggunakan pendekatan *Machine Learning* dengan memanfaatkan parameter kendaraan seperti kecepatan, torsi, *horsepower* dan *engine load*. Keempat variabel tersebut dipilih karena memiliki korelasi *spearman* positif dengan kecepatan 0,50; torsi 0,62; *horsepower* 0,82 dan *engine load* 0,36.
2. Prediksi RPM menggunakan *XGBoost Regressor* hasil *tuning hyperparameter* diperoleh parameter optimal dengan $n_{estimators} = 300$, $learning_{rate} = 0,1$; $max_{depth} = 3$; $subsample = 0,7$; $\alpha = 0,6$; $\gamma = 0$; $min_child_weight = 3$. Metrik evaluasi menunjukkan bahwa nilai $R^2 = 0,9985$; $RMSE = 15,9367$ dan $MAPE = 0.82\%$ mampu mengindikasikan kesesuaian antara nilai prediksi dan nilai aktual. Dan dalam percobaan pada waktu 1 jam berkendara menghasilkan performa $R^2 = 0,9983$, $RMSE = 20,04$; dan $MAPE = 0,98\%$.
3. Status *slip clutch* dapat ditentukan berdasarkan nilai RPM yang diprediksi oleh model, dengan membandingkan rasio transmisi keseluruhan efektif (*overall_eff*) terhadap batas threshold pabrikan, yaitu $2.1696 < overall_eff < 14.294$. Nilai threshold ini menjadi acuan untuk mengklasifikasikan kondisi normal atau slip. Untuk mencegah terjadinya slip clutch, dengan memunculkan *early warning* sebagai peringatan melalui *buzzer* ketika nilai

prediksi berada dalam jarak 10% menuju batas *threshold*, sehingga pengemudi dapat mengubah gaya mengemudi sebelum *slip* terjadi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar model prediksi RPM yang dibangun dengan *XGBoost Regressor* diuji lebih lanjut pada berbagai jenis kendaraan CVT dengan karakteristik mesin dan transmisi yang berbeda, guna memastikan kemampuan generalisasi model dan mengurangi potensi *overfitting* terhadap data kendaraan tertentu. Penambahan variabel seperti suhu oli transmisi, putaran poros sekunder, dan tekanan hidrolis *variator* juga dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan akurasi prediksi, terutama pada kondisi operasi ekstrem. Implementasi sistem sebaiknya terintegrasi dengan sensor *real-time* pada poros primer dan sekunder untuk mengurangi ketergantungan hanya pada data prediksi RPM. Mekanisme peringatan dini (*early warning*) 10% sebelum mencapai batas *threshold* dapat ditingkatkan dengan sistem peringatan bertingkat, di mana tahap awal menggunakan indikator visual pada *dashboard* dan tahap kritis menggunakan buzzer dengan pola bunyi berbeda untuk membedakan slip ringan dan slip berat. Selain itu, sistem dapat dilengkapi dengan fitur pencatatan (*logging*) kejadian slip untuk analisis perawatan berkala dan mendukung klaim garansi transmisi di masa mendatang.