

ABSTRAK

Pengukuran kadar glukosa darah secara non-invasif berbasis sensor near-infrared (NIR) memerlukan pendekatan pemodelan yang mampu menangkap hubungan non-linear kompleks antara sinyal spektral dan konsentrasi glukosa. Penelitian ini mengevaluasi kinerja tiga model regresi, yaitu *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost), *Random Forest* (RF), dan *Partial Least Square Regression* (PLSR), menggunakan enam kanal spektral inframerah (R, S, T, U, V, W) sebagai fitur masukan. Evaluasi dilakukan secara statistik melalui koefisien determinasi (R^2), *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), serta secara klinis menggunakan *Clarke Error Grid* dan *Bland–Altman Plot*.

Hasil menunjukkan bahwa XGBoost memberikan performa terbaik dengan R^2 sebesar 0,84, RMSE 17,54 mg/dL, dan MAE 7,30 mg/dL, menandakan kemampuan tinggi dalam merepresentasikan hubungan non-linear antara sinyal NIR dan kadar glukosa. Secara klinis, 97,14% prediksi berada pada Zona A dan B *Clarke Error Grid*, meskipun ditemukan 2,86% data pada Zona E akibat keterbatasan generalisasi pada rentang hiperglikemia tinggi, dengan bias rata-rata -2,79 mg/dL. *Random Forest* menunjukkan kinerja kompetitif ($R^2 = 0,81$; RMSE = 18,94 mg/dL; MAE = 8,34 mg/dL) dan unggul dalam aspek keamanan klinis dengan 100% hasil berada pada Zona A dan B, namun memiliki bias negatif lebih besar (-7,08 mg/dL) serta rentang *Limits of Agreement* yang lebih lebar, mengindikasikan kecenderungan *underestimation* pada kadar glukosa tinggi. Sebaliknya, PLSR mengalami *underfitting* berat dengan R^2 negatif (-0,15), RMSE 46,93 mg/dL, dan MAE 36,07 mg/dL, serta hanya mencapai 51,43% pada Zona A, menunjukkan ketidakmampuan model linear dalam menangani karakteristik non-linear dan interferensi spektral jaringan biologis.

Pendekatan *machine learning* non-linear, khususnya XGBoost, terbukti paling efektif untuk estimasi kadar glukosa darah berbasis NIR dalam studi ini. Namun, keterbatasan distribusi data pada rentang ekstrem masih mempengaruhi akurasi prediksi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas variasi data klinis, meningkatkan kualitas fitur spektral, serta mengintegrasikan strategi mitigasi bias guna mendukung pengembangan alat ukur glukosa non-invasif yang andal dan layak secara klinis.

Kata kunci : XGBoost, Random Forest, PLS Regression, Pengukuran gula darah non-invasif