

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian dan rumusan masalah yang telah ditetapkan pada Bab I, serta hasil pengujian dan pembahasan yang disajikan pada Bab IV, maka kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Optimasi *hyperparameter* pada model *Logistic Regression* terbukti meningkatkan kinerja model dibandingkan dengan model *baseline* dalam deteksi penyakit jantung. Peningkatan kinerja paling signifikan terjadi pada metrik *Recall* sebesar 5,43%, yang menunjukkan peningkatan kemampuan model dalam mendeteksi pasien yang benar-benar menderita penyakit jantung. Selain itu, *Accuracy* dan *F1-Score* masing-masing mengalami peningkatan sebesar 0,41% dan 0,91%.
Di sisi lain, terjadi penurunan pada metrik *Precision* sebesar 3,09% dan *ROC-AUC* sebesar 0,62%, yang mengindikasikan adanya *trade-off* akibat peningkatan sensitivitas model. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa *hyperparameter tuning* berhasil meningkatkan kinerja model secara fungsional, terutama pada aspek sensitivitas yang menjadi prioritas dalam konteks deteksi medis.
2. Interpretasi model menggunakan metode *SHAP* pada model *Tuned Logistic Regression* terpilih (*Tuned Model 4*) menunjukkan bahwa model tersebut memiliki tingkat interpretabilitas yang baik dan selaras dengan pengetahuan medis. Hasil interpretasi global mengidentifikasi fitur *st_slope*, tipe nyeri dada (*chest pain type*), *exercise angina*, *oldpeak*, serta kondisi *elektrokardiografi* sebagai fitur-fitur utama yang memberikan kontribusi paling signifikan terhadap prediksi model. Pola kontribusi fitur tersebut konsisten dengan indikator klinis penyakit jantung, sehingga menunjukkan *robustness* model dalam merepresentasikan hubungan antara variabel klinis dan risiko penyakit jantung.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemui selama proses eksperimen, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Optimalisasi *Hyperparameter*

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan strategi *hyperparameter tuning* yang tidak hanya berfokus pada satu metrik evaluasi, tetapi mempertimbangkan *trade-off* klinis secara simultan, khususnya antara *Recall*, *Precision*, dan *ROC-AUC*. Pada penelitian ini, peningkatan *Recall* yang signifikan dicapai dengan konsekuensi penurunan *Precision* dan *ROC-AUC*, yang menunjukkan keterbatasan optimasi berbasis metrik tunggal. Pendekatan *multi-objective optimization* atau *cost-sensitive learning* berpotensi menghasilkan konfigurasi *hyperparameter* yang lebih stabil dan seimbang untuk kebutuhan klinis.

2. Pendalaman Analisis Interpretabilitas pada Subkelompok Pasien

Interpretasi model menggunakan *SHAP* pada penelitian ini difokuskan pada analisis global, sehingga belum mengevaluasi variasi kontribusi fitur pada kelompok pasien dengan karakteristik klinis yang berbeda. Pendekatan ini berpotensi menyembunyikan perbedaan pola pengambilan keputusan model pada subkelompok tertentu, misalnya pasien usia muda dan lanjut usia, perbedaan jenis kelamin, atau tingkat risiko klinis yang berbeda.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas analisis interpretabilitas dengan mengevaluasi konsistensi kontribusi fitur pada subkelompok pasien tertentu. Pendekatan ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai perilaku model pada populasi yang lebih beragam, sekaligus memperkuat validitas klinis dan *robustness* interpretasi model dalam konteks penerapan nyata.