

## BAB 5

### SIMPULAN SARAN

Bab ini berisikan tentang simpulan dan saran terkait dengan pekerjaan yang telah dilakukan dan dijelaskan pada Bab terdahulu.

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut. Tujuan utama penelitian ini adalah membandingkan dan menganalisis performa tiga algoritma *machine learning*, yaitu XGBoost, Random Forest, dan Logistic Regression, dalam mengklasifikasikan tipe kanker ginjal (*Papillary Renal Cell Carcinoma*, *Chromophobe Renal Cell Carcinoma*, dan *Oncocytoma*) berdasarkan fitur radiomik yang diekstraksi dari citra CT.

Selain itu, penelitian ini juga melakukan perbandingan performa antara dua pendekatan utama, yaitu model yang dibangun langsung menggunakan seluruh fitur hasil *feature extraction*, serta model yang dibangun setelah melalui proses *feature selection* dengan metode ANOVA, Mutual Information (MI), dan Recursive Feature Elimination (RFE). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan tahap *feature selection* secara konsisten meningkatkan performa model dibandingkan penggunaan seluruh fitur tanpa seleksi, baik dari segi akurasi maupun stabilitas hasil prediksi.

Secara keseluruhan, algoritma Random Forest menunjukkan performa paling optimal setelah penerapan *feature selection*, terutama ketika dikombinasikan dengan metode ANOVA dan RFE-LSVM. Model ini mencapai akurasi sebesar 0,76 dan F1-score sebesar 0,79, yang merupakan hasil tertinggi di antara seluruh kombinasi model yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa reduksi fitur yang tepat mampu meningkatkan kemampuan model berbasis pohon keputusan untuk fokus pada fitur-fitur radiomik yang paling relevan dan diskriminatif dalam membedakan sub tipe kanker ginjal.

Sementara itu, algoritma Logistic Regression juga memperlihatkan peningkatan kinerja yang signifikan setelah tahap seleksi fitur, khususnya

pada kombinasi dengan RFE-LSVM yang mencapai rata-rata akurasi sebesar 0,835 dan F1-score sebesar 0,80. Hal ini menegaskan bahwa model linier dapat bekerja lebih efektif ketika kompleksitas dan multikolinearitas antar fitur berhasil dikurangi. Adapun algoritma *XGBoost* menunjukkan performa yang stabil dengan hasil terbaik pada kombinasi bersama metode *Mutual Information* (MI), dengan akurasi sebesar 0,61 dan F1-score sebesar 0,58. Meskipun performanya tidak setinggi *Random Forest*, *XGBoost* tetap menunjukkan konsistensi dan kemampuan generalisasi yang baik pada data dengan variasi fitur tinggi.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penerapan tahap *feature selection* berperan penting dalam meningkatkan efisiensi komputasi, mengurangi risiko *overfitting*, serta memperkuat kemampuan model dalam mengidentifikasi pola radiomik yang paling relevan untuk klasifikasi multi-kelas tipe kanker ginjal. Kombinasi *Random Forest* dengan metode ANOVA dan RFE-LSVM menjadi pendekatan paling optimal dalam penelitian ini. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini membuktikan bahwa integrasi antara radiomik dan *machine learning* mampu menghasilkan sistem klasifikasi yang lebih objektif, akurat, dan reproducible dalam membedakan sub tipe *Papillary RCC*, *Chromophobe RCC*, dan *Oncocytoma* berbasis citra CT.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan tahapan yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya, khususnya dalam pengembangan sistem klasifikasi sub tipe kanker ginjal berbasis radiomik dan *machine learning*.

- (a) Penelitian ini menggunakan dataset *KiTS19* dengan jumlah pasien yang terbatas untuk tiga sub tipe utama (*Papillary RCC*, *Chromophobe RCC*, dan *Oncocytoma*). Untuk penelitian berikutnya, disarankan memperluas jumlah data dengan menggabungkan dataset publik lain seperti *TCGA-KIRC* atau *KiTS21*, serta memastikan keseimbangan jumlah sampel pada tiap kelas agar model tidak bias terhadap kelas mayoritas. Selain itu, penggunaan data multi-senter dapat meningkatkan kemampuan generalisasi model.

- (b) Ciri radiomik dapat diperkuat dengan menambahkan data non-imaging seperti parameter klinis (usia, ukuran tumor, stadium TNM) atau data molekuler (mutasi gen, ekspresi protein). Integrasi multimodal ini berpotensi menghasilkan model prediktif yang lebih informatif dan klinis relevan untuk karakterisasi subtipe kanker ginjal.
- (c) Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tahap *feature selection* secara signifikan meningkatkan performa model. Penelitian berikutnya disarankan untuk membandingkan metode seleksi lain seperti Boruta, ReliefF, atau PCA, serta mengombinasikan metode *filter* dan *wrapper* untuk mendapatkan subset fitur yang lebih stabil dan informatif terhadap variasi data.
- (d) Selain *XGBoost*, *Random Forest*, dan *Logistic Regression*, penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi algoritma lain seperti *LightGBM*, *CatBoost*, atau pendekatan *Deep Neural Networks* untuk menangkap hubungan non-linear yang lebih kompleks antar fitur radiomik. Namun, penting juga untuk mempertimbangkan interpretabilitas model dengan menggunakan metode seperti *SHAP* atau *LIME* agar hasil prediksi dapat dijelaskan secara klinis.

