

BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian ini telah tercapai secara menyeluruh. Model *machine learning* multikelas berhasil dikembangkan untuk mengklasifikasikan subtipe kanker ginjal, yaitu *Chromophobe Renal Cell Carcinoma* (KICH), *Kidney Renal Clear Cell Carcinoma* (KIRC), dan *Kidney Renal Papillary Cell Carcinoma* (KIRP), menggunakan data ekspresi *microRNA* (miRNA) dari TCGA. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis miRNA memiliki potensi yang kuat dalam mendukung klasifikasi subtipe kanker ginjal.

Metode seleksi fitur *Least Absolute Shrinkage and Selection Operator* (LASSO) berhasil diimplementasikan dan terbukti efektif dalam mengidentifikasi miRNA yang paling relevan dan diskriminatif. Dari total 1.881 fitur miRNA hasil pra-pemrosesan, LASSO mampu mereduksi dimensi data dengan menghasilkan subset fitur berkoefisien *non-zero*, sehingga mampu mengatasi permasalahan *curse of dimensionality* tanpa menghilangkan informasi penting yang berkontribusi terhadap proses klasifikasi.

Selanjutnya, algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) berhasil diterapkan sebagai model klasifikasi subtipe kanker ginjal berbasis data miRNA. Model *Long Short-Term Memory* (LSTM) mampu mempelajari pola kompleks pada data berdimensi tinggi dan menghasilkan kinerja klasifikasi yang stabil pada skema evaluasi yang digunakan.

Evaluasi kinerja model menggunakan metrik akurasi dan *Matthews Correlation Coefficient* (MCC) menunjukkan bahwa pendekatan yang diusulkan memiliki performa yang baik dan konsisten. Hasil eksperimen pada beberapa skenario jumlah fitur menunjukkan bahwa penggunaan 35 miRNA terpilih memberikan keseimbangan yang optimal antara kompleksitas model dan kemampuan generalisasi, dengan nilai akurasi dan *Matthews Correlation Coefficient* (MCC) tertinggi dibandingkan skenario lainnya.

Selain itu, analisis terhadap subset miRNA terpilih menunjukkan bahwa fitur-fitur tersebut mampu merepresentasikan karakteristik biologis yang membedakan masing-masing subtipe kanker ginjal. Dengan demikian, penelitian

ini membuktikan bahwa kombinasi seleksi fitur LASSO dan model *Long Short-Term Memory* (LSTM) efektif dalam mengklasifikasikan subtipe kanker ginjal serta berpotensi menjadi dasar pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis biomarker miRNA di bidang onkologi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan keterbatasan penelitian ini, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Penelitian berikutnya disarankan untuk menggunakan dataset dengan jumlah sampel yang lebih besar serta melakukan validasi eksternal lintas *cohort* guna meningkatkan keandalan dan kemampuan generalisasi model terhadap data independen.

Selain itu, pengembangan metode dapat dilakukan dengan mengintegrasikan data multi-omik, seperti ekspresi mRNA, DNA metilasi, atau data klinis pasien, sehingga dapat memberikan representasi biologis yang lebih komprehensif dan meningkatkan akurasi sistem klasifikasi subtipe kanker ginjal. Eksplorasi arsitektur deep learning lainnya serta penerapan teknik *explainable artificial intelligence* (XAI) juga disarankan untuk meningkatkan interpretabilitas model dan memperkuat relevansi hasil penelitian dalam konteks klinis.

