

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kanker ginjal merupakan salah satu jenis kanker yang memiliki tantangan besar dalam diagnosis akurat secara non-invasif. Di antara berbagai subtype, *Clear Cell Renal Cell Carcinoma (ccRCC)* adalah yang paling umum, mencakup sekitar 80% kasus *renal cell carcinoma (RCC)* pada orang dewasa [6]. Saat ini, diagnosis *ccRCC* sangat bergantung pada analisis visual dari gambar medis seperti *Computed Tomography (CT)* dan *Magnetic Resonance Imaging (MRI)* untuk mengukur ukuran dan lokasi tumor [6]. Namun, pendekatan visual ini memiliki keterbatasan signifikan dalam menilai heterogenitas internal tumor yang kompleks. Selain itu, kebutuhan akan metode non-invasif yang lebih akurat sangat mendesak, sebab pendekatan invasif seperti biopsi memiliki risiko komplikasi (misalnya, perdarahan atau infeksi) [7], risiko penyebaran sel kanker (*tumor seeding*) di sepanjang jalur jarum, dan rentan terhadap *sampling error* karena sifat tumor yang heterogen [8]. Oleh karena itu, metode berbasis citra presisi tinggi sangat dibutuhkan untuk diagnosis dini dan penentuan stadium *ccRCC*.

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian telah menunjukkan potensi besar *Artificial Intelligence (AI)* dalam menganalisis data pencitraan medis untuk deteksi dan diagnosis dini penyakit, bahkan dengan akurasi yang melampaui performa klinisi dalam studi tertentu [9]. Algoritma *AI* dapat memproses volume data yang sangat besar dan mengidentifikasi pola-pola yang sulit, atau bahkan mustahil, dideteksi oleh mata manusia [10]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian *AI* sebelumnya cenderung berfokus pada satu modalitas pencitraan saja. Pendekatan *unimodal* ini, meskipun bermanfaat, sering kali gagal memberikan gambaran holistik tentang tumor. Fenomena ini disebabkan oleh sifat komplementer dari berbagai modalitas pencitraan. *CT* sangat efektif dalam memvisualisasikan struktur anatomi dan perbedaan kepadatan jaringan, seperti kalsifikasi atau perdarahan [11]. Sebaliknya, *MRI* unggul dalam menampilkan kontras jaringan lunak, memberikan detail yang lebih baik dari karakteristik tumor yang berbeda. Oleh karena itu, hanya mengandalkan salah satu modalitas ini berarti kehilangan informasi berharga yang dapat saling melengkapi. Integrasi data dari berbagai sumber dipandang sebagai solusi untuk menjembatani kesenjangan ini dan menghasilkan model diagnostik

yang lebih komprehensif.

Untuk mengatasi kompleksitas penilaian tumor dan memaksimalkan pemanfaatan informasi multimodalitas, penelitian ini mengusulkan pendekatan berbasis radiomik untuk mendukung diagnosis *clear cell renal cell carcinoma* (ccRCC) dengan memanfaatkan algoritma *machine learning* dan *deep learning*. Segmentasi tumor dilakukan secara manual oleh radiolog berpengalaman untuk memastikan delineasi batas tumor yang akurat dan konsisten pada citra CT dan MRI. Dari *Region of Interest* (ROI) tersebut diekstraksi fitur radiomik [12] yang mencakup karakteristik bentuk, tekstur, dan intensitas tumor, sehingga mampu merepresentasikan heterogenitas internal tumor secara kuantitatif. Fitur radiomik selanjutnya digunakan sebagai masukan untuk proses klasifikasi menggunakan *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest* (RF), dan *Deep Neural Network* (DNN).

Secara keseluruhan, pendekatan pemodelan radiomik dengan *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest* (RF), dan *Deep Neural Network* (DNN) menunjukkan potensi dalam meningkatkan akurasi diagnosis *clear cell renal cell carcinoma* (ccRCC) secara non-invasif. Integrasi fitur radiomik kuantitatif dengan berbagai algoritma klasifikasi memungkinkan pemodelan karakteristik tumor yang lebih komprehensif, sehingga berkontribusi sebagai dasar pengembangan sistem pendukung keputusan klinis yang andal untuk kanker ginjal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan judul penelitian ini, permasalahan yang ingin dipecahkan adalah:

- Bagaimana membangun model diagnostik berbasis radiomik untuk diagnosis kanker ginjal *clear cell renal cell carcinoma* (ccRCC) yang mampu mengklasifikasikan pasien secara akurat menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest*, dan *Deep Neural Network* berdasarkan fitur radiomik dari citra *Computed Tomography* (CT) dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI)?
- Sejauh mana berbagai metode seleksi fitur (*filter*, *wrapper*, dan *embedded*) dapat meningkatkan performa akurasi dan stabilitas model klasifikasi dibandingkan dengan penggunaan seluruh fitur radiomik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dirumuskan sesuai dengan permasalahan di atas, yaitu:

- Mengembangkan model diagnostik berbasis radiomik untuk diagnosis *ccRCC* yang mampu mengklasifikasikan pasien secara akurat menggunakan algoritma *Support Vector Machine (SVM)*, *Random Forest*, dan *Deep Neural Network* melalui integrasi fitur radiomik dari citra *CT* dan *MRI*.
- Menganalisis dan mengevaluasi efektivitas berbagai metode seleksi fitur (*filter*, *wrapper*, dan *embedded*) terhadap performa dan stabilitas ketiga model klasifikasi tersebut untuk menentukan kombinasi metode yang paling optimal dalam klasifikasi *ccRCC*.

1.4 Urgensi Penelitian

Penelitian ini sangat mendesak mengingat tingginya angka *Clear Cell Renal Cell Carcinoma (ccRCC)* yang bersifat agresif serta adanya kebutuhan klinis yang mendesak akan alat diagnostik non-invasif yang akurat. Segmentasi dan ekstraksi fitur radiomik dari citra multimodal yang heterogen sangat penting untuk memprediksi *grade* tumor sebelum tindakan operatif, sehingga memungkinkan pemilihan strategi terapi yang lebih tepat. Dengan mengatasi tantangan heterogenitas data, model yang diusulkan diharapkan memiliki kemampuan *generalization* yang baik serta dapat menyediakan alat yang lebih tangguh dan andal bagi praktisi klinis.

1.5 Luaran Penelitian

Penelitian ini menghasilkan beberapa luaran utama yang mencakup laporan ilmiah dan model perangkat lunak. Kedua luaran tersebut dirancang untuk memberikan manfaat praktis dalam analisis citra medis berbasis pembelajaran mesin, khususnya pada deteksi dan klasifikasi tumor ginjal.

- **Laporan Ilmiah:** Luaran ini berupa laporan penelitian komprehensif yang mencakup tahapan metodologi, implementasi, dan evaluasi model. Laporan ini mendokumentasikan keseluruhan proses penelitian mulai dari pengolahan data pencitraan medis, ekstraksi fitur radiomik, hingga pengembangan dan evaluasi model klasifikasi untuk membedakan *ccRCC* berdasarkan stadium

klinis. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan bagi penelitian lanjutan yang berfokus pada pemanfaatan radiomik dan kecerdasan buatan dalam diagnosis kanker ginjal berbasis pencitraan medis.

- **Model Perangkat Lunak:** Penelitian ini menghasilkan model berbasis perangkat lunak berupa *pipeline* analisis radiomik terintegrasi yang memanfaatkan data pencitraan *CT* dan *MRI*. Dari citra tersebut diekstraksi fitur-fitur radiomik yang merepresentasikan karakteristik tumor secara kuantitatif. Fitur radiomik yang dihasilkan selanjutnya digunakan sebagai masukan ke dalam model klasifikasi untuk mengelompokkan *ccRCC* ke dalam kategori *low stage* (stadium I–II) dan *high stage* (stadium III–IV). Model ini dirancang sebagai alat pendukung diagnosis non-invasif yang dapat membantu proses pengambilan keputusan klinis berbasis pencitraan medis.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- **Manfaat Teoritis:** Memberikan kontribusi pada bidang radiomik dengan menunjukkan keunggulan pendekatan multimodal dalam analisis kanker ginjal.
- **Manfaat Praktis:** Menyediakan alat diagnostik non-invasif yang lebih akurat untuk membantu praktisi klinis dalam pengambilan keputusan diagnosis dan *staging* pasien *ccRCC*.
- **Manfaat Jangka Panjang:** Menjadi fondasi yang kuat untuk pengembangan model *Artificial Intelligence* hibrida yang lebih komprehensif di masa depan.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A