

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi medis dalam beberapa dekade terakhir ini sudah berkembang sangat pesat dan telah memberikan kemajuan yang signifikan dalam melakukan proses diagnosis berbagai macam penyakit termasuk gangguan pada organ ginjal [1]. Ginjal adalah organ vital yang memiliki fungsi yang sangat penting dalam tubuh seperti menyaring darah, menjaga keseimbangan cairan dan mengatur elektrolit tubuh [2]. Ketika ginjal terkena gangguan seperti Tumor, kista atau kelainan structural lainnya, diagnosis dini serta akurat adalah salah satu faktor yang sangat krusial dalam keberhasilan penanganan medis [3]. Modalitas pencitraan seperti CT scan sudah menjadi alat utama untuk mendeteksi kelainan tersebut dalam organ ginjal karena dapat menghasilkan citra anatomi tubuh dengan resolusi yang tinggi [4]. Namun, Meskipun CT scan sudah sangat membantu dalam mengidentifikasi kelainan abnormalitas ginjal, proses analisis citra secara manual oleh ahli radiologi masih terdapat beberapa tantangan besar, seperti memakan waktu interpretasi yang panjang, subjektivitas penilaian dan tidak menutup kemungkinan terjadinya human error [5]. Pada kasus tertentu, terutama pada bentuk kelainan yang susah terdeteksi seperti ukuran tumor yang sangat kecil atau kista yang menyerupai jaringan normal disekitarnya, ahli radiolog dapat mengalami kesulitan dalam menentukan batas anatomi secara presisi.



Gambar 1.1 Kondisi kelainan ginjal [6]

Gambar 1.1 menunjukkan kondisi anatomi ginjal serta menjelaskan bagian-bagian penting yang menyusunnya. Pemahaman terhadap struktur ginjal menjadi dasar penting dalam analisis citra medis, khususnya pada pemeriksaan berbasis CT scan. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan analisis citra medis yang bersifat objektif, cepat, dan konsisten, pemanfaatan teknologi komputasi cerdas seperti deep learning mulai berkembang sebagai pendekatan yang menjanjikan dalam meningkatkan proses segmentasi organ maupun lesi pada citra medis. Segmentasi merupakan tahapan krusial karena berperan dalam menentukan batas yang jelas antara jaringan ginjal normal dan area patologis, seperti tumor atau kista [7]. Segmentasi yang akurat dan andal menjadi kunci keberhasilan dalam berbagai tahapan klinis, mulai dari proses diagnosis, penentuan stadium penyakit, perencanaan tindakan bedah, hingga evaluasi efektivitas terapi. Namun demikian, proses segmentasi secara manual yang dilakukan oleh tenaga ahli membutuhkan keahlian khusus serta waktu yang relatif lama, terutama ketika harus menangani satu set citra CT scan yang dapat terdiri dari ratusan potongan gambar [8]. Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketidakkonsistenan hasil akibat faktor subjektivitas dan kelelahan manusia. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem segmentasi otomatis yang mampu menghasilkan hasil yang akurat, konsisten, dan efisien untuk mendukung proses pengambilan keputusan klinis.

Meskipun sudah banyak penelitian mengenai segmentasi ginjal, namun masih banyak sejumlah tantangan yang membuat topik ini sangat relevan untuk terus dikembangkan. Salah satu tantangan terbesar adalah variasi bentuk anatomi ginjal serta karakteristik lesi yang sangat beragam [9]. Tumor ginjal dapat memiliki ukuran kecil, batas yang tidak teratur dan intensitas *pixel* yang mendekati jaringan sehat. Sementara itu, kista memiliki karakteristik yang berbeda menyerupai area hypodense lain dalam citra CT sehingga membuat kesulitan dalam proses deteksi otomatis [10]. Kesenjangan ini memperlihatkan bahwa model segmentasi tradisional ataupun metode konvensional berbasis thresholding tidak lagi akurat untuk menangani kompleksitas citra medis modern. Banyak sekali model *Deep Learning* seperti *U-Net*, *ResUnet* dan variasinya sudah digunakan untuk segmentasi organ, meskipun model model tersebut sudah menunjukan performa yang

menjanjikan namun terdapat penelitian yang melaporkan bahwa akurasi segmentasi khususnya pada lesi yang kecil masih belum optimal [11]. Hal ini menunjukkan diperlukan model dengan kemampuan representasi fitur yang lebih kuat serta arsitektur yang dapat memproses konteks global dan detail lokasi secara bersamaan.

Sebagai respons terhadap kebutuhan segmentasi medis yang sudah semakin kompleks, arsitektur *CE-ResUNet50D* dikembangkan sebagai penyempurnaan dari model-model yang sudah ada. Arsitektur ini menggabungkan fungsi *ResNet50D* sebagai *backbone feature extractor* yang lebih dalam serta stabil dalam mekanisme *Context Encoder* (CE) yang dapat menangkap konteks spasial citra lebih menyeluruh [12]. Kombinasi ini memungkinkan model mengekstraksi fitur pada berbagai kedalaman, mengenali pola anatomi yang kompleks serta mempertahankan detail penting yang diperlukan untuk segmentasi *multi class* termasuk ginjal sehat, tumor, kista serta latar belakang. Dengan kemampuan tersebut, *CE-ResUNet50D* menawarkan potensi peningkatan akurasi segmentasi yang cukup signifikan dibandingkan dengan pendekatan konvensional maupun varian *U-Net* standar [13].

Kondisi nyata di lapangan memperlihatkan bahwa terdapat kesenjangan antara kebutuhan klinis dengan kemampuan teknologi saat ini. Proses segmentasi ginjal idealnya dilakukan secara cepat, akurat dan konsisten namun radiolog masih menghadapi tantangan seperti interpretasi yang tinggi dan risiko kelelahan [14]. Sementara itu, model *deep learning* yang sudah ada belum sepenuhnya optimal dalam melakukan segmentasi tiga kelas secara bersamaan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menghasilkan model segmentasi berbasis *CE-ResUNet50D* yang dapat mengidentifikasi serta memisahkan area ginjal, tumor dan kista secara presisi pada citra CT Scan untuk mendukung diagnosis yang lebih cepat, akurat, objektif serta efisien [15].

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana mengembangkan model segmentasi otomatis yang mampu mengenali dan memisahkan struktur ginjal, tumor, dan kista pada citra CT scan secara akurat dan konsisten?
- 2) Sejauh mana arsitektur CE-ResUNet50D dapat meningkatkan performa segmentasi multi-kelas dibandingkan pendekatan konvensional seperti U-Net standar maupun varian residual lainnya?
- 3) Bagaimana tingkat akurasi model yang dihasilkan, yang diukur melalui metrik Dice Coefficient dan Intersection over Union (IoU), dalam mendeteksi masing-masing kelas anatomi (ginjal, tumor, dan kista) pada dataset CT scan ginjal?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- 1) Mengembangkan sebuah model segmentasi otomatis berbasis arsitektur CE-ResUNet50D yang mampu mengidentifikasi serta memisahkan struktur ginjal, tumor, dan kista pada citra CT scan secara akurat dan efisien.
- 2) Mengevaluasi dan membandingkan kinerja arsitektur CE-ResUNet50D dengan pendekatan segmentasi berbasis U-Net konvensional maupun model residual lainnya untuk mengetahui peningkatan performa yang dihasilkan.
- 3) Mengukur tingkat akurasi model melalui metrik Dice Coefficient dan Intersection over Union (IoU) guna menilai kemampuan model dalam melakukan segmentasi multi-kelas pada dataset CT scan ginjal serta memastikan kelayakannya untuk aplikasi klinis.

1.4. Urgensi Penelitian

Penelitian ini penting dari sudut medis dan teknologi. Dari sisi medis, penelitian ini sangat penting karena segmentasi ginjal, tumor dan kista pada citra CT scan masih banyak dilakukan secara manual yang dimana hal ini memakan waktu, sangat bergantung pada pengalaman ahli dan bersifat subjektif. Dengan meningkatnya jumlah pasien dan kebutuhan diagnosis yang cepat serta akurat dibutuhkan sistem yang dapat membantu radiolog melakukan identifikasi struktur anatomi secara konsisten dan akurat.

Dari sisi teknologi, penelitian ini mendesak dikarenakan model segmentasi berbasis *U-Net* konvensional masih memiliki banyak sekali keterbatasan dalam menganalisis lesi kecil, batas anatomi yang masih tidak jelas serta variasi bentuk organ. Arsitektur *CE-ResUNet50D* menawarkan solusi dengan menggunakan *backbone ResNet50D* serta mekanisme *Context Encoder* yang dapat menangkap fitur lebih dalam dalam konteks spasial yang lebih luas, sehingga dapat meningkatkan performa segmentasi *multi class*.

1.5. Luaran Penelitian

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini meliputi:

- 1) Artikel Ilmiah: Karya tulis ilmiah yang akan membahas implementasi dan evaluasi model segmentasi tumor, kista dan ginjal CE-ResUNet50-D pada citra MRI.
- 2) HKI program komputer dan hasil karya tulis yang diterbitkan
- 3) Dokumentasi teknis: Dokumentasi pengembangan model, termasuk laporan penelitian dan dokumentasi kode yang dapat digunakan oleh peneliti lain.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1) Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode segmentasi citra medis dengan menghadirkan arsitektur *CE-ResUNet50D* sebagai model yang mampu meningkatkan akurasi segmentasi multi-kelas. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi studi selanjutnya dalam bidang *computer vision*, *medical imaging*, dan *deep learning* khususnya terkait pengembangan arsitektur *U-Net* berbasis residual dan *context encoding*.
- 2) Model segmentasi otomatis yang dihasilkan dapat membantu tenaga medis, terutama radiolog, dalam melakukan identifikasi ginjal, tumor, dan kista secara lebih cepat, objektif, dan konsisten. Sistem ini berpotensi mendukung proses diagnosis, perencanaan pra-operasi, penilaian pertumbuhan tumor, serta pemantauan kondisi pasien secara berkala.
- 3) Penelitian ini mendorong pemanfaatan kecerdasan buatan pada sistem pendukung keputusan medis, sehingga dapat menjadi dasar bagi pengembangan aplikasi klinis berbasis AI yang lebih cerdas, akurat, dan efisien. Hasil penelitian ini juga dapat dimanfaatkan untuk pengembangan platform analisis citra CT secara otomatis di rumah sakit atau institusi kesehatan.