

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Abnormalitas pada paru-paru, seperti pneumonia, tuberkulosis, kanker paru, edema, efusi pleura, maupun kerusakan jaringan lainnya, masih menjadi tantangan kesehatan baik di tingkat global maupun nasional. Tingginya angka kejadian penyakit paru erat kaitannya dengan faktor risiko, di antaranya paparan polusi udara, kebiasaan merokok, kondisi gizi, serta distribusi pelayanan kesehatan yang belum merata. Di Indonesia, selain pneumonia yang menjadi masalah serius pada anak, tuberkulosis juga masih menyumbang angka kesakitan dan kematian yang tinggi [1].

Salah satu hambatan utama dalam mendiagnosis kelainan pada paru adalah proses interpretasi citra radiologi (X-ray dada). Meskipun X-ray lebih murah, cepat, dan mudah diakses dibandingkan metode pencitraan lain seperti CT-Scan maupun MRI, analisis hasilnya tetap memerlukan keahlian khusus dari seorang radiolog agar diagnosis dapat ditegakkan dengan tepat. Namun, ketersediaan tenaga radiologi di Indonesia masih sangat terbatas dan penyebarannya tidak merata, sehingga banyak fasilitas kesehatan, khususnya di wilayah terpencil, belum mendapatkan layanan yang optimal. Selain itu, kualitas citra X-ray juga sering bervariasi karena perbedaan teknik pengambilan gambar, tingkat kontras, maupun adanya artefak, yang dapat menyulitkan proses analisis. Hal tersebut tidak hanya berisiko menyebabkan keterlambatan diagnosis, tetapi juga meningkatkan kemungkinan kesalahan dalam mendeteksi kelainan paru. Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif yang mampu membantu interpretasi citra radiologi secara lebih efisien, konsisten, dan akurat guna mendukung tenaga medis dalam memberikan pelayanan kesehatan yang merata [2].

Kemajuan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), terutama teknik *deep learning*, memberikan kesempatan baru dalam sektor analisis gambar medis. Salah satu metode yang terkenal adalah *Convolutional Neural Network* (CNN), yang telah terbukti ampuh dalam mengidentifikasi pola rumit pada

gambar medis [3]. Namun, untuk kebutuhan pengidentifikasian area tertentu dalam citra medis, arsitektur CNN khusus seperti U-Net lebih sering diterapkan. U-Net memiliki arsitektur *encoder-decoder* yang memungkinkan segmentasi gambar dengan akurasi tinggi pada tingkat piksel, sehingga dapat membedakan jaringan yang normal dan yang tidak normal [4].

Sejumlah penelitian telah menunjukkan efektivitas U-Net dan variannya dalam menganalisis citra X-ray paru-paru. Penelitian terdahulu meneliti pengaruh berbagai teknik peningkatan citra (*image enhancement*) terhadap kinerja model deteksi COVID-19 pada citra X-ray paru-paru, di mana penerapan teknik seperti kontras adaptif dan penajaman tepi dapat secara signifikan meningkatkan akurasi model *deep learning* [5]. Penelitian lain menyempurnakan arsitektur U-Net untuk segmentasi otomatis bidang paru pada citra *chest* X-ray (CXR) menggunakan *encoder* U-Net yang di-*pre-train* (EfficientNet-b4) serta memodifikasi bagian *decoder* dengan *residual block* dan fungsi aktivasi Leaky ReLU [6].

Selanjutnya, pengujian perbandingan beberapa model *deep learning* dalam menganalisis citra X-ray dada pasien COVID-19 menunjukkan bahwa pemilihan arsitektur berbasis CNN dan turunannya mampu memberikan akurasi yang tinggi [7]. Penelitian lain mengusulkan model RDAG U-Net yang menggabungkan *Residual Block*, *Dense Block*, dan *Attention Gate* untuk meningkatkan kemampuan segmentasi lesi pneumonia pada citra CT paru-paru [8].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada tahap eksperimen tanpa penerapan nyata dalam bentuk sistem yang mudah digunakan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan segmentasi U-Net dalam mendeteksi jaringan paru-paru normal dan abnormal pada citra X-ray. Model akan dilatih menggunakan dataset publik yang telah diberi anotasi oleh profesional medis. Diharapkan temuan dari penelitian ini dapat berkontribusi pada pengembangan sistem pendukung keputusan medis yang efisien, tepat, dan mampu membantu tenaga kesehatan di Indonesia, khususnya di daerah yang kekurangan tenaga radiologi.

Selain tantangan keterbatasan tenaga radiologi, kualitas citra X-ray juga menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan diagnosis. Citra

dengan kualitas rendah, seperti yang memiliki kontras rendah, *noise* tinggi, atau artefak pencitraan, dapat mengaburkan detail anatomi paru-paru dan mengurangi akurasi interpretasi, bahkan oleh tenaga ahli [9]. Hal ini menjadi masalah krusial terutama di fasilitas kesehatan dengan peralatan pencitraan yang sudah usang atau kurang terkalibrasi [10]. Upaya peningkatan kualitas citra (*image enhancement*) menjadi langkah penting sebelum citra dianalisis lebih lanjut, karena dapat memperjelas struktur paru-paru, menonjolkan area abnormalitas, dan meningkatkan sensitivitas model dalam mendeteksi kelainan [11]. Dengan demikian, tahap praproses citra memegang peranan signifikan dalam pipeline analisis citra medis berbasis *deep learning* [12].

Lebih jauh, penerapan metode segmentasi seperti U-Net dalam bidang medis tidak hanya terbatas pada deteksi pneumonia, tetapi juga telah diterapkan pada berbagai kasus penyakit paru lain seperti tuberkulosis dan kanker paru [13]. Segmentasi membantu mengisolasi area paru dari latar belakang anatomi lain, sehingga analisis dapat difokuskan pada jaringan target yang relevan [14]. Dengan kemampuan menghasilkan peta *mask* yang menunjukkan batas antara jaringan normal dan lesi, model U-Net memungkinkan identifikasi dini kelainan yang mungkin luput dari pengamatan visual konvensional [15]. Deteksi dini ini sangat krusial dalam penatalaksanaan penyakit paru, karena memungkinkan intervensi medis lebih cepat yang dapat menurunkan risiko komplikasi dan kematian pasien [16].

Namun demikian, meskipun teknologi *deep learning* memiliki potensi besar, penerapannya dalam lingkungan klinis menghadapi beberapa tantangan. Salah satunya adalah kebutuhan data pelatihan (*training data*) yang besar dan berkualitas tinggi agar model dapat belajar secara optimal [17]. Selain itu, ketidakseimbangan kelas (*class imbalance*) pada dataset misalnya jumlah citra normal jauh lebih banyak dibanding citra dengan kelainan dapat menyebabkan model bias dan menurunkan kemampuan generalisasi saat diuji pada data baru [18].

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini disusun untuk mengarahkan fokus penelitian, yang dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses menghasilkan peta segmentasi paru-paru pada tingkat piksel menggunakan arsitektur U-Net?
2. Bagaimana penerapan arsitektur U-Net dalam melakukan segmentasi citra medis pada citra X-ray paru-paru?
3. Bagaimana kinerja hasil segmentasi citra paru-paru yang dihasilkan oleh arsitektur U-Net berdasarkan metrik *Dice Similarity Coefficient* (DSC) dan *Intersection over Union* (IoU)?
4. Bagaimana membangun dan menerapkan *dashboard* GUI interaktif untuk menampilkan hasil segmentasi abnormalitas pada citra X-ray paru-paru secara *real-time*, sehingga pengguna dapat menggabungkan dan menganalisis hasil segmentasi dengan mudah?

1.3. Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup dan fokus penelitian, serta agar pembahasan tidak meluas dari permasalahan yang telah dirumuskan, maka batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Metode segmentasi citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah arsitektur U-Net.
2. Penelitian berfokus pada proses segmentasi area paru-paru, tanpa membahas diagnosis atau klasifikasi penyakit.
3. Evaluasi kinerja segmentasi dilakukan menggunakan metrik *Dice Similarity Coefficient* dan *Intersection over Union*.
4. Penelitian ini tidak membandingkan U-Net dengan arsitektur segmentasi lain.
5. Data yang digunakan berupa citra X-ray paru-paru dalam format digital.

1.4. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan penelitian ini disusun untuk mencapai hasil yang diharapkan, yaitu sebagai berikut:

1. Menerapkan arsitektur U-Net dalam proses segmentasi citra medis pada citra X-ray paru-paru.
2. Menghasilkan peta segmentasi paru-paru pada tingkat piksel menggunakan arsitektur U-Net.
3. Mengetahui kinerja hasil segmentasi citra paru-paru yang dihasilkan oleh arsitektur U-Net berdasarkan metrik *Dice Similarity Coefficient* (DSC) dan *Intersection over Union* (IoU)
4. Membangun dan menerapkan *dashboard* GUI interaktif yang menampilkan hasil segmentasi citra X-ray paru-paru secara *real-time*, memungkinkan pengguna untuk melakukan visualisasi dan analisis hasil segmentasi dengan mudah, efektif, dan informatif.

1.5. Manfaat Penelitian

Melalui penelitian dengan judul “Penerapan Segmentasi U-Net untuk Deteksi Abnormalitas pada Citra X-ray Paru-Paru”, diharapkan dapat diperoleh manfaat yang dapat mendukung pengembangan ilmu pengetahuan serta penerapan teknologi di bidang pengolahan citra medis, sebagai berikut:

1. Bagi bidang keilmuan
 - a. Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang kecerdasan buatan (AI), khususnya penerapan *deep learning* untuk segmentasi citra medis.
 - b. Menambah referensi akademis mengenai penggunaan segmentasi U-Net dalam mendeteksi jaringan paru normal dan abnormal, sehingga dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya.
 - c. Pembahasan dasar pengetahuan mengenai potensi metode segmentasi sebagai alternatif pendukung diagnosis medis di Indonesia.

2. Bagi masyarakat

Meningkatkan deteksi dini tentang penyakit paru menggunakan sistem AI, agar masyarakat dapat dengan cepat mendapatkan pengobatan dasar dan dapat menekan angka kematian akibat penyakit paru - paru

3. Bagi Pembangunan Teknologi.

Dapat menjadi sebuah dasar pengembangan sistem pendukung keputusan medis dengan berbasis AI yang ramah pengguna, dan menghasilkan hasil yang cepat.