

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gangguan pendengaran memegang peranan penting dalam kualitas hidup manusia, namun memiliki karakteristik diagnosis yang kompleks dan sangat bergantung pada interpretasi klinis audiogram [1][2]. Ketidakakuratan dalam mengidentifikasi jenis gangguan pendengaran menjadi tantangan utama dalam praktik audiologi modern, terutama pada kasus dengan pola audiogram yang kompleks [3][4]. Dalam konteks layanan kesehatan yang semakin menuntut kecepatan dan ketepatan diagnosis, kemampuan untuk mengotomatisasi analisis audiogram bukan lagi sekadar pelengkap, melainkan kebutuhan strategis dalam sistem kesehatan digital [5][6].

Permasalahan mendasar yang sering dihadapi dalam pemeriksaan pendengaran adalah tingginya ketergantungan terhadap interpretasi manual audiolog yang rentan terhadap variasi subjektif [7][8][9]. Kesalahan dalam klasifikasi jenis tuli dapat berdampak signifikan terhadap ketidaktepatan terapi dan rehabilitasi [5][10]. Interpretasi yang kurang akurat berpotensi menyebabkan keterlambatan penanganan klinis yang optimal, sehingga menurunkan efektivitas intervensi pendengaran.

Hingga saat ini, sebagian besar layanan audiologi masih mengandalkan pendekatan konvensional dalam membaca audiogram secara visual oleh tenaga ahli [11]. Metode manual ini sering kali kesulitan menangkap pola non-linear dan hubungan kompleks antar frekuensi audiometri [12][13]. Pendekatan tradisional dinilai kurang optimal untuk pengolahan data audiogram berskala besar dan pola kompleks yang semakin meningkat seiring digitalisasi layanan kesehatan [14][15].

Seiring perkembangan kecerdasan buatan, pendekatan berbasis machine learning dan deep learning terbukti mampu memberikan akurasi yang lebih tinggi dalam klasifikasi gangguan pendengaran dibandingkan metode konvensional [16]. Berbagai studi menunjukkan bahwa model CNN unggul dalam menangkap pola kompleks audiogram dan meningkatkan konsistensi diagnosis otomatis [17]. Namun, sebagian besar penelitian masih mengonversi audiogram menjadi citra dua dimensi yang meningkatkan kompleksitas komputasi serta tidak sepenuhnya merepresentasikan struktur numerik data audiometri [18][19].

Dalam konteks tersebut, pendekatan One-Dimensional Convolutional Neural Network (1D-CNN) menjadi alternatif yang lebih sesuai karena mampu memproses data audiogram numerik secara langsung sebagai sinyal satu dimensi serta mempertahankan hubungan antar frekuensi audiometri secara alami [20][8]. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi pola audiogram berbasis 1D-CNN guna deteksi tingkat gangguan pendengaran berdasarkan data audiogram secara otomatis [21][22], sehingga diperoleh sistem diagnosis pendengaran yang lebih akurat, efisien, dan objektif [23].

### 1.2 Rumusan Masalah

Fokus permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah mekanisme untuk menganalisis serta mengategorikan pola audiogram dari hasil tes pure-tone audiometry memakai pendekatan One-Dimensional Convolutional Neural Network (1D-CNN) dalam mengidentifikasi tipe gangguan pendengaran, terutama terutama tingkat gangguan pendengaran Normal, Mild, Moderate, dan Severe, merujuk pada data ambang pendengaran di berbagai tingkatan frekuensi suara. Tujuannya adalah untuk menghasilkan model klasifikasi yang presisi, bebas dari subjektivitas, serta mumpuni dalam mendeteksi pola non-linear audiometri secara maksimal, sekaligus mampu memfasilitasi prosedur diagnosis pendengaran otomatis yang lebih efisien dan konsisten dalam dunia audiologi kontemporer. Tujuan dan Manfaat

### **1.3.1 Tujuan**

Tujuan dari riset ini adalah untuk membangun sebuah mekanisme klasifikasi otomatis terhadap pola audiogram dari hasil tes pure-tone audiometry guna memfasilitasi prosedur diagnosis defisit pendengaran secara bebas subjektivitas dan presisi, sekaligus mengoptimalkan efisiensi analisis audiometrik melalui pemanfaatan arsitektur deep learning berbasis One-Dimensional Convolutional Neural Network (1D-CNN). Di samping itu, penelitian ini juga diarahkan untuk menakar serta melakukan penilaian terhadap kinerja model 1D-CNN dalam mengategorikan tipe tingkatan gangguan pendengaran Normal, Mild, Moderate, dan Severe merujuk pada data ambang pendengaran di berbagai tingkatan frekuensi suara. Dengan demikian, diharapkan dapat tercipta model klasifikasi yang paling efektif dalam mendeteksi pola audiogram yang rumit serta mampu menyokong penerapan sistem diagnosis pendengaran berbasis kecerdasan buatan pada fasilitas kesehatan kontemporer.

### **1.3.2 Manfaat penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan kemudahan dalam proses diagnosis pendengaran melalui sistem klasifikasi otomatis audiogram berbasis One-Dimensional Convolutional Neural Network (1D-CNN), sehingga tenaga medis dapat memperoleh informasi jenis gangguan pendengaran secara lebih cepat, objektif, dan akurat dalam praktik audiologi klinis.
2. Meningkatkan efisiensi dan konsistensi interpretasi audiogram, dengan mengurangi ketergantungan pada analisis manual yang berpotensi menimbulkan variasi subjektif antar pemeriksa, serta mendukung penerapan sistem diagnosis berbasis kecerdasan buatan pada layanan kesehatan modern.

### **1.4 Batasan Masalah**

Agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih spesifik sesuai perumusan masalah tersebut maka batasan yang ditentukan adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian dibatasi pada data audiogram hasil pemeriksaan pure-tone audiometry yang merepresentasikan ambang dengar pasien pada berbagai frekuensi suara.

2. Data yang diolah hanya mencakup audiogram dengan kategori tingkat gangguan pendengaran Normal, Mild, Moderate, dan Severe sebagai dasar pelatihan dan pengujian model klasifikasi.

3. Ruang lingkup metodologi dalam riset ini difokuskan secara khusus pada penggunaan algoritma deep learning dengan arsitektur One-Dimensional Convolutional Neural Network (1D-CNN) untuk melakukan bedah analisis serta kategorisasi terhadap karakteristik pola audiogram.

#### **1.4 Keterbaruan**

1. Berbeda dengan studi oleh Tbini & Ben Salah yang mengonversi audiogram menjadi citra dua dimensi sebelum dianalisis menggunakan Convolutional Neural Network (CNN), penelitian ini menerapkan pendekatan One-Dimensional Convolutional Neural Network (1D-CNN) yang langsung memproses data numerik audiogram sebagai sinyal satu dimensi. Pendekatan ini mempertahankan hubungan antar frekuensi audiometri secara alami serta menurunkan kompleksitas komputasi dalam proses klasifikasi gangguan pendengaran. Sebagian besar penelitian terdahulu masih bergantung pada representasi citra audiogram, sehingga belum optimal dalam memanfaatkan struktur numerik asli data audiometri. Hal ini menunjukkan adanya celah penelitian dalam pengembangan model yang secara langsung memproses audiogram sebagai sinyal sekuensial numerik, yang diisi oleh pendekatan 1D-CNN pada penelitian ini.

2. Berbeda dengan penelitian oleh Kassjäska yang umumnya mengklasifikasikan kondisi pendengaran normal dan gangguan pendengaran secara umum, penelitian ini secara spesifik memfokuskan klasifikasi pada tingkat gangguan pendengaran berdasarkan data audiogram, yaitu Normal, Mild, Moderate, dan Severe yang memiliki perbedaan karakteristik klinis serta implikasi penanganan medis yang signifikan. Penelitian sebelumnya belum banyak mengembangkan sistem klasifikasi otomatis yang berorientasi pada pemisahan tingkat gangguan pendengaran secara spesifik. Celah ini menyebabkan keterbatasan pemanfaatan AI dalam mendukung keputusan medis yang lebih presisi, yang menjadi kontribusi utama penelitian ini.

3. Berbeda dengan studi Charih yang masih mengandalkan machine learning dengan ekstraksi fitur manual dari audiogram, penelitian ini memanfaatkan kemampuan feature learning otomatis dari 1D-CNN untuk menangkap pola non-linear kompleks antar frekuensi ambang dengar secara langsung dari data mentah audiogram, sehingga mengurangi potensi bias dan kehilangan informasi penting. Ketergantungan pada fitur buatan manusia membatasi kemampuan model dalam merepresentasikan pola audiogram yang kompleks. Oleh karena itu, masih terdapat celah penelitian dalam penerapan deep learning yang mampu mengekstraksi fitur representatif secara otomatis dari audiogram mentah.

4. Berbeda dengan penelitian Shin yang menekankan preprocessing audiogram untuk mendukung model machine learning klasik, penelitian ini mengintegrasikan preprocessing audiogram yang dioptimalkan khusus untuk arsitektur deep learning berbasis 1D-CNN, sehingga menghasilkan performa klasifikasi yang lebih stabil dan akurat dalam mendeteksi

jenis gangguan pendengaran. Sebagian besar studi terdahulu belum merancang preprocessing audiogram secara spesifik untuk kebutuhan deep learning, padahal karakteristik sinyal audiometri memerlukan penyesuaian tersendiri agar pembelajaran model optimal. Celah ini menjadi fokus penguatan metodologi dalam penelitian ini.