

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) merupakan gangguan neurologis yang umum terjadi pada anak-anak dan dapat menyebabkan masalah perilaku, komunikasi, serta pembelajaran yang mana berpotensi bisa terbawa hingga dewasa. Gangguan ini ditandai dengan pola menetap berupa inatensi, hiperaktivitas, atau impulsivitas yang melebihi tingkat perkembangan anak seusianya [1]. Saat ini, ADHD diperkirakan memengaruhi sekitar 5-10% populasi anak usia pra sekolah dan usia sekolah, dengan sekitar 70% kasus yang berlanjut hingga usia dewasa dan seringkali disertai dengan gangguan neurologis atau psikiatri lainnya, seperti depresi, kecemasan, gangguan belajar, *obsessive-compulsive disorder* (OCD), dan *conduct disorder* [1][2].

ADHD dapat memberikan dampak negatif yang cukup luas, mulai dari masalah intelegensi, prestasi akademik yang rendah, hingga gangguan fungsi sosial. Anak dengan ADHD sering kali mengalami kesulitan berkonsentrasi, mudah kehilangan barang, sulit mengikuti instruksi, hingga sering terlibat dalam perilaku berisiko. Selain itu, kualitas hidup anak maupun dewasa dengan ADHD umumnya lebih rendah pada aspek psikososial, termasuk kepercayaan diri, kesehatan mental, emosi, serta kemampuan beradaptasi dan berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Gangguan ini juga memengaruhi kemampuan dalam pengambilan keputusan, perencanaan, dan pengorganisasian sehingga dapat menimbulkan konflik dalam keluarga maupun sekolah [3].

Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa anak dengan ADHD memiliki risiko lebih tinggi mengalami kesulitan belajar, terutama pada kemampuan membaca, menulis, dan berhitung. Kondisi ini sering diperburuk oleh rendahnya konsentrasi dan daya ingat, sehingga berdampak pada prestasi akademik yang tertinggal dibandingkan teman sebayanya. Selain itu, anak dengan ADHD cenderung memiliki hubungan sosial yang kurang baik, mudah terlibat konflik dengan teman sebaya, dan lebih rentan terhadap penolakan sosial. Dalam jangka panjang, hal ini dapat memengaruhi perkembangan kepribadian serta meningkatkan

kemungkinan munculnya masalah perilaku lain, seperti kenakalan remaja, penyalahgunaan zat, hingga gangguan emosional di masa dewasa [4].

Diagnosis ADHD hingga saat ini masih terutama didasarkan pada evaluasi klinis dan observasi perilaku, termasuk laporan dari orang tua maupun guru. *Neuroimaging* seperti pencitraan otak non-invasif (sMRI) telah banyak diteliti untuk memahami karakteristik neuroanatomi atau struktur otak ADHD serta mengeksplorasi potensi *biomarker* pendukung dalam konteks penelitian, meskipun belum digunakan sebagai dasar diagnosis klinis definitif [5]. Citra medis merupakan gambaran dua dimensi bagian dalam tubuh manusia yang digunakan tenaga kesehatan untuk mendeteksi dan menganalisis berbagai penyakit. Beberapa teknik yang umum digunakan antara lain MRI, X-ray, USG (ultrasonografi), endoskopi, CT-scan, dan kedokteran nuklir. Di antara metode tersebut, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) menjadi salah satu teknologi diagnostik canggih karena dapat menghasilkan gambar dengan detail tinggi tanpa menggunakan X-ray atau zat radioaktif. MRI sangat efektif dalam menampilkan anatomi jaringan lunak, terutama otak, sehingga lebih sensitif dibandingkan dengan pemeriksaan menggunakan X-ray maupun CT-scan [6].

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam pengolahan data MRI adalah *deep learning*, yaitu cabang dari *machine learning* yang meniru cara kerja otak manusia melalui jaringan saraf tiruan (*artificial neural networks*). Teknologi ini mampu mengekstraksi pola dan fitur penting secara otomatis dari data dalam jumlah besar tanpa perlu rekayasa fitur manual. Dalam bidang citra medis, *deep learning* terbukti unggul dalam mengenali pola yang kompleks, dan salah satu arsitektur yang paling sering digunakan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) [6]. CNN banyak digunakan dalam pengolahan citra karena mampu mengekstraksi fitur secara bertahap melalui beberapa lapisan. Lapisan konvolusi (*convolutional layer*) berfungsi untuk mendeteksi pola lokal pada citra, *pooling layer* digunakan untuk mereduksi dimensi sekaligus mempertahankan informasi penting, sedangkan *fully connected layer* menggabungkan seluruh fitur yang telah diekstraksi untuk menghasilkan klasifikasi. Dengan struktur ini, CNN sangat efektif dalam mengenali pola kompleks dan telah banyak diaplikasikan pada berbagai bidang, termasuk analisis citra medis seperti MRI [7].

Oleh karena itu, dasar dari penelitian ini adalah menggunakan CNN sebagai model klasifikasi data MRI, khususnya dalam bentuk tiga dimensi (3D). Berbeda dengan CNN konvensional yang bekerja pada citra 2D, 3D CNN mampu memproses data volumetrik dengan mempertimbangkan informasi spasial pada sumbu panjang, lebar, dan kedalaman sekaligus. Hal ini membuat 3D CNN lebih sesuai untuk menganalisis citra MRI otak yang memang berbentuk tiga dimensi, sehingga dapat menangkap pola struktural secara lebih menyeluruh.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan dengan menggunakan metode *dilated 3D Convolutional Neural Network* (3D CNN) untuk mengklasifikasikan citra otak dari data *structural* MRI (sMRI) dan *functional* MRI (fMRI). Metode ini bertujuan mengatasi keterbatasan pendekatan *machine learning* tradisional yang sering gagal menangkap pola fitur yang tersebar pada area otak yang berjauhan. Ketika diuji pada dataset ADHD-200 sMRI dan dataset fMRI untuk skizofrenia, metode ini menunjukkan kinerja yang unggul dibandingkan metode lainnya. Untuk data sMRI ADHD, akurasi yang dicapai mencapai 76,6%, sedangkan pada fMRI skizofrenia, akurasinya mencapai 82,7% pada tingkat citra tunggal dan 81,8% pada tingkat subjek. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan *dilated 3D CNN* memiliki potensi besar dalam pengembangan sistem diagnosis berbasis citra otak [8].

Penelitian lain yang terkait klasifikasi MRI menggunakan metode 3D CNN untuk klasifikasi ADHD berbasis *resting-state* fMRI dengan mengintegrasikan *Convolutional Block Attention Module* (CBAM) dan *Autoencoder* untuk menekankan fitur penting sekaligus menyaring informasi yang tidak relevan sehingga meningkatkan akurasi diagnosis. *Framework* ini juga disederhanakan dengan membuang *decoder* setelah pelatihan sehingga hanya menyisakan *encoder* dan *classifier* untuk prediksi agar lebih efisien. Uji coba pada dataset ADHD-200 dari berbagai site menunjukkan hasil unggul dibanding metode sebelumnya dengan akurasi 91,7% (NYU), 93,8% (KKI), 86,4% (NI), 89,1% (PU), dan 83,5% (PU_1), yang menegaskan potensi CBAM-*Autoencoder* dalam meningkatkan performa klasifikasi 3D MRI ADHD [9].

Berdasarkan studi dan referensi dari penelitian terdahulu, metode yang diusulkan dalam penelitian ini adalah menerapkan *dilated 3D Convolutional Neural Network* (3D CNN) dengan tambahan CBAM. Metode ini dipilih karena komponen

penting dari arsitektur yang digunakan adalah *dilated convolution*, yang memiliki keunggulan dalam memperluas area tangkapan (*receptive field*) tanpa meningkatkan jumlah parameter secara signifikan atau kehilangan resolusi spasial. Dengan memperluas *receptive field*, model mampu menangkap pola atau struktur spasial yang lebih besar dalam data tiga dimensi, dan membantu mengatasi permasalahan kemungkinan hilangnya informasi yang terjadi dalam proses *subsampling* atau *pooling*, seperti hilangnya detail spasial atau struktur penting dalam citra. Sedangkan CBAM sendiri digunakan untuk meningkatkan model dalam memberikan perhatian (*attention*) pada area yang relevan. Modul ini bekerja dengan menyoroti bagian citra yang memiliki informasi penting, baik dari sisi saluran (*channel attention*) maupun dari sisi spasial (*spatial attention*). Dengan demikian, CBAM memungkinkan model untuk lebih fokus pada pola-pola signifikan yang mungkin tersebar pada berbagai area otak.

Dengan mengombinasikan metode *dilated convolution* dan CBAM, metode yang diusulkan diharapkan mampu mempertahankan konteks spasial yang luas sekaligus meningkatkan fokus pada fitur penting. Tujuan akhirnya adalah menghasilkan model klasifikasi yang lebih akurat dalam menganalisis data *neuroimaging* berbentuk 3D.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang sebelumnya, bagian ini akan menjelaskan permasalahan, metode yang diusulkan, serta pertanyaan penelitian.

1.2.1 Permasalahan

Seiring dengan kemajuan teknologi di bidang kesehatan, khususnya dalam diagnosis gangguan neurologis seperti *Attention Deficit Hyperactivity Disorder* (ADHD) pada anak, pendekatan berbasis *deep learning* semakin banyak digunakan, salah satunya melalui penerapan *Convolutional Neural Network* (CNN) tiga dimensi (3D CNN). Model ini memiliki keunggulan dalam memanfaatkan informasi spasial volumetrik dari citra MRI otak secara lebih menyeluruh dibandingkan pendekatan dua dimensi. Namun demikian, penerapan 3D CNN konvensional masih menghadapi keterbatasan dalam menangkap pola-pola struktural ADHD yang bersifat halus, kompleks, dan tersebar di berbagai area otak.

Kondisi ini dapat menyebabkan model kurang mampu mengekstraksi fitur yang paling relevan secara optimal, sehingga berdampak pada performa klasifikasi.

Berdasarkan hal tersebut, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun model klasifikasi ADHD berbasis citra MRI 3D yang mampu menangkap informasi spasial serta pola-pola penting pada struktur otak secara lebih efektif, sehingga dapat meningkatkan kinerja klasifikasi dibandingkan arsitektur 3D CNN konvensional.

1.2.2 Metode Usulan

Penelitian ini mengusulkan penggunaan 3D *Convolutional Neural Network* (3D CNN) yang dikombinasikan dengan *dilated convolution* dan *Convolutional Block Attention Module* (CBAM). Pendekatan ini dirancang untuk mempelajari pola spasial pada citra otak dalam bentuk tiga dimensi, sehingga informasi dari keseluruhan volume citra dapat dianalisis secara lebih menyeluruh dibandingkan pendekatan berbasis 2D.

Dilated convolution digunakan untuk memperluas jangkauan area yang dianalisis oleh model tanpa meningkatkan jumlah parameter secara signifikan, sehingga model dapat menangkap informasi kontekstual yang lebih luas dalam citra MRI. Sementara itu, CBAM membantu model memberikan penekanan pada fitur-fitur yang lebih relevan terhadap tugas analisis dengan cara memodulasi nilai fitur, tanpa menghilangkan informasi lainnya. Dengan kombinasi tersebut, metode yang diusulkan diharapkan dapat meningkatkan kemampuan model dalam menganalisis citra pencitraan otak secara lebih efektif dibandingkan pendekatan konvensional.

1.2.3 Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana performa akurasi model *Dilated* 3D CNN dengan penambahan CBAM dalam klasifikasi citra MRI anak dengan ADHD?
2. Bagaimana pengaruh *dilated convolution* dan CBAM terhadap model *baseline* (3D CNN) dalam meningkatkan akurasi?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan, penelitian ini disusun dengan tujuan tertentu serta manfaat yang diharapkan dapat diperoleh.

1.3.1 Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi performa akurasi model *Dilated* 3D CNN dengan penambahan CBAM dalam klasifikasi citra MRI anak dengan ADHD.
2. Menguji pengaruh *dilated convolution* dan CBAM terhadap model *baseline* (3D CNN), sehingga dapat diketahui sejauh mana kedua komponen tersebut berkontribusi dalam meningkatkan akurasi.

1.3.1 Manfaat

1. Memberikan kontribusi pada bidang *deep learning* untuk analisis citra medis, khususnya melalui penerapan arsitektur CNN tiga dimensi dalam mendeteksi gangguan neurologis seperti ADHD.
2. Menjadi referensi ilmiah bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada pengembangan model berbasis *attention mechanism* (CBAM) dan *dilated convolution* guna meningkatkan performa klasifikasi citra MRI.

1.4 Batasan-batasan

Berikut adalah batasan-batasan yang ada pada penilitan ini

1. Penelitian ini hanya berfokus pada klasifikasi citra sMRI anak ke dalam dua kategori: *Typically Developing Children* (TDC) dan *Attention Deficit Hyperactivity Disorder* (ADHD).
2. Penelitian menggunakan metode *deep learning* dengan model *Dilated* 3D CNN yang ditambahkan modul CBAM, serta menguji pengaruh *dilated convolution* dan CBAM terhadap kinerja model *baseline* (3D CNN konvensional).
3. Data yang digunakan berasal dari dataset publik ADHD-200 dari website *International Neuroimaging Data-Sharing Initiative* (INDI), berjumlah 947 citra sMRI dalam format NIFTI (*.nii.gz) dengan resolusi rata-rata 176×256 dan total *slice* 256, yang nantinya dibagi menjadi dua kelas: TDC dan ADHD.
4. Segmentasi citra dilakukan menggunakan HD-BET untuk mengekstrak bagian otak, kemudian akan di *resize* kedalam ukuran $128 \times 128 \times 128$.
5. Normalisasi intensitas piksel menggunakan *Min-Max Normalization*.

6. Analisa interpretabilitas menggunakan XAI bersifat eksploratif dan penelitian ini tidak bertujuan menggantikan prosedur diagnosis klinis ADHD, melainkan sebagai studi pendukung berbasis citra sMRI.

1.5 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan sistematika penulisan proposal skripsi yang diterapkan dalam penelitian ini

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang, perumusan masalah, identifikasi masalah, metode yang diusulkan, batasan penelitian, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini

BAB II TEORI PENUNJANG

Berisikan pembahasan mengenai landasan teori yang mendukung penelitian, termasuk referensi dari penelitian sebelumnya yang relevan

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan secara rinci mengenai sistem dan metode penelitian yang digunakan, termasuk arsitektur model, alur proses, skenario pengujian, serta tahapan implementasi yang diterapkan untuk mencapai tujuan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil dari seluruh tahapan penelitian yang telah dilakukan, mulai dari proses pengujian hingga analisis terhadap data yang diperoleh. Pada bab ini juga dibahas kinerja metode yang diusulkan berdasarkan skenario pengujian yang telah dirancang, termasuk interpretasi hasil eksperimen, dan perbandingan antar metode. Analisis dilakukan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap pengaruh setiap komponen metode terhadap performa model.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya. Selain itu,

disajikan pula saran serta rekomendasi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya agar diperoleh hasil yang lebih optimal.