

1. Pendahuluan

Penyakit Alzheimer (AD) adalah salah satu tantangan terbesar dalam perawatan medis abad ini dan merupakan penyebab utama demensia, yang mempengaruhi sekitar 40 juta orang di seluruh dunia [1]. Demensia adalah suatu kondisi medis di mana seseorang mengalami kesulitan dalam berbagai aspek kognitif, terutama dalam hal ingatan, tetapi juga dalam hal bahasa, perhatian, orientasi, penilaian, dan perencanaan [2]. Alzheimer merusak neuron dan jaringannya di area otak yang bertanggung jawab atas memori, bahasa, penalaran, dan perilaku sosial [3]. Penyakit Alzheimer adalah penyakit progresif, yang berarti akan memburuk dari waktu ke waktu, seberapa cepat perkembangannya, dan kemampuan apa saja yang terpengaruh berbeda-beda pada setiap orang [4]. Faktor risiko yang paling relevan untuk perkembangan penyakit ini adalah usia, dengan prevalensi 10% pada orang berusia di atas 65 tahun dan 40% pada orang berusia di atas 80 tahun [5].

Penyakit Alzheimer adalah jenis demensia yang paling umum, mencakup sekitar 70% dari semua kasus demensia [6]. Sekitar 1 dari 85 orang di dunia diperkirakan akan menderita penyakit Alzheimer pada tahun 2050 [7]. Deteksi Alzheimer dapat memberikan kesempatan kepada pasien untuk berkolaborasi dalam pengembangan rencana perawatan lanjutan dengan keluarga, pengasuh, dokter, dan anggota tim pendukung lainnya. Deteksi Alzheimer juga memungkinkan pasien untuk mulai mencari perawatan yang membantu mengelola gejala, membuat perubahan gaya hidup untuk mempertahankan kualitas hidup, dan mengurangi risiko penurunan kognitif, fungsional, dan perilaku [8]. Salah satu metode deteksi yang paling sering digunakan adalah melalui gambar medis berdasarkan magnetic resonance imaging (MRI).

MRI adalah teknik pencitraan yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan anatomi dan fisiologi tubuh baik dalam kondisi penyakit maupun kondisi kesehatan [9]. MRI memungkinkan pengguna untuk melihat gambar detail dari dalam tubuh dengan kontras yang baik dan resolusi yang tinggi. Teknologi ini menggunakan prinsip-prinsip fisika untuk membuat gambar yang menunjukkan berbagai aspek fisik dan fisiologis tubuh, seperti struktur jaringan dan perubahan yang terjadi di dalamnya. Keunggulan MRI terletak pada sifatnya yang non-invasif, sehingga memungkinkan pemindaian yang aman dan berulang [10].

Inspeksi visual adalah proses penting untuk mengevaluasi kualitas data yang dihasilkan oleh mesin MRI. Pemeriksaan ini melibatkan pemeriksaan manual oleh seorang ahli untuk mendeteksi artefak, distorsi, atau anomali lain yang mungkin muncul pada gambar. Salah satu kelemahan pemeriksaan visual adalah risiko subjektivitas pengamat, di mana interpretasi kualitas data dapat bervariasi di antara pengamat yang berbeda. Selain itu, inspeksi visual membutuhkan waktu dan usaha yang cukup besar, terutama dalam kasus dataset yang besar atau kompleks [11]. Sebagai alternatif, inspeksi berbasis deep learning telah menjadi daya tarik utama dalam deteksi penyakit, terutama penyakit Alzheimer. Pembelajaran mendalam memungkinkan sistem untuk secara otomatis mempelajari fitur-fitur yang bermakna dari gambar MRI, meningkatkan kecepatan dan akurasi diagnosis. Oleh karena itu, metode ini menawarkan potensi untuk meningkatkan kecepatan, akurasi, dan konsistensi dalam deteksi penyakit berbasis citra MRI [12].

Ada beberapa penelitian yang berkaitan dengan implementasi deteksi penyakit Alzheimer pada MRI berbasis deep learning. Pada tahun 2019, Ji dan timnya mempelajari diagnosis dini penyakit Alzheimer menggunakan ConvNets berbasis MRI, mencapai akurasi 97,65% untuk Alzheimer's Disease (AD) / Mild Cognitive Impairment (MCI) dan 88,37% untuk Mild Cognitive Impairment / Cognitive Normal (CN) dengan menggunakan pembelajaran ensemble setelah operasi konvolusi [13]. Pada tahun 2021, Ebrahimi dan Luo membandingkan beberapa model, termasuk CNN dan RNN 2D dan 3D, dan menemukan bahwa metode voxel 3D berbasis pembelajaran transfer dari ImageNet mencapai akurasi tertinggi sebesar 96,88% [14]. Pada tahun yang sama, Helaly dan rekannya merancang kerangka kerja end-to-end menggunakan CNN untuk deteksi dini Alzheimer, mencapai akurasi 93,61% dan 95,17% untuk gambar 2D dan 3D, masing-masing [15]. Pada tahun 2022, Houria dan timnya mengembangkan strategi fusi MRI multi-modalitas, menggunakan 2D deep CNN sebagai pengekstrak fitur dan SVM sebagai pengklasifikasi, dan mencapai akurasi 99,79% untuk klasifikasi AD/CN, 99,6% untuk klasifikasi AD/MCI, dan 97% untuk klasifikasi MCI/CN [16]. Pada tahun 2023, Hoang dan kolega mengeksplorasi metode prediksi MCI-to-AD menggunakan Vision Transformers untuk MRI struktural, mencapai akurasi 83,27% [17].

Meskipun MRI telah membuktikan kegunaannya dalam diagnosis penyakit dengan tingkat detail yang baik, interpretasi yang akurat dari gambar MRI tetap menjadi tantangan. Tantangan interpretasi ini dapat menghambat upaya deteksi dini Alzheimer dan analisis struktural otak yang tepat. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah dengan menggunakan model External Attention Transformer (EAT). External Attention adalah sebuah mekanisme dalam pemrosesan data yang memungkinkan pertimbangan korelasi antara semua sampel data dalam dataset secara implisit. Keunggulannya meliputi regularisasi dan generalisasi yang kuat, kompleksitas komputasi linier, dan pemilihan fitur yang diskriminatif. Hal ini memungkinkan model untuk menangkap bagian yang paling informatif dari data dan mengabaikan informasi yang mengganggu dari sampel lain [18]. Hal ini memberikan keunggulan dalam memperoleh pemahaman tentang keseluruhan gambar, yang dapat sangat berguna dalam menganalisis struktur otak untuk mendeteksi Alzheimer.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pendekatan inovatif yang mengintegrasikan model EAT untuk mendeteksi penyakit Alzheimer melalui analisis citra medis MRI. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas model EAT dalam meningkatkan akurasi dan konsistensi deteksi penyakit Alzheimer dibandingkan dengan model dasar Convolutional Neural Network (CNN) dan Vision Transformer (ViT). Diharapkan pendekatan ini tidak hanya memberikan kontribusi penting dalam pendeteksian penyakit Alzheimer, namun juga dapat membuka peluang pengembangan metode analisis citra medis yang lebih canggih dan efektif di masa depan.