

ABSTRAK

Penyakit Alzheimer merupakan gangguan neurodegeneratif progresif yang memerlukan diagnosis dini serta klasifikasi tingkat keparahan yang akurat untuk mendukung penanganan klinis yang tepat. Proses interpretasi citra *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) secara manual masih sangat bergantung pada pengalaman dan keahlian tenaga medis, sehingga berpotensi menimbulkan variasi penilaian dan subjektivitas dalam menentukan tingkat keparahan penyakit. Selain itu, peningkatan jumlah data citra medis menuntut adanya metode analisis yang mampu bekerja secara konsisten, efisien, dan terstandarisasi. Keterbatasan tersebut menunjukkan perlunya sistem klasifikasi otomatis yang tidak hanya memiliki tingkat akurasi tinggi, tetapi juga mampu membedakan setiap tingkat keparahan Alzheimer secara lebih objektif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengoptimalkan model klasifikasi berbasis pembelajaran mendalam yang mampu meningkatkan akurasi serta konsistensi dalam mengklasifikasikan tingkat keparahan Alzheimer berdasarkan citra MRI.

Metode yang diusulkan menggunakan pendekatan *Hybrid Convolutional Neural Network–Support Vector Machine* (CNN–SVM) dengan penambahan modul *Spatial Attention*. Arsitektur Custom CNN yang dilengkapi *Spatial Attention* diterapkan sebagai ekstraktor fitur untuk mengidentifikasi dan menekankan area spasial yang relevan pada citra MRI. Fitur yang dihasilkan pada tahap ekstraksi kemudian digunakan sebagai masukan bagi algoritma *Support Vector Machine* dengan kernel *Radial Basis Function* (RBF) untuk melakukan proses klasifikasi akhir. Evaluasi dilakukan melalui perbandingan dengan model *baseline* dan pendekatan *transfer learning*, serta pengujian *cross-dataset* guna mengukur kemampuan generalisasi model.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *hybrid* CNN–SVM dengan *Spatial Attention* mencapai akurasi tertinggi sebesar 99,84%, mengalami peningkatan 0,81% dibandingkan model tanpa *Spatial Attention* (99,03%). Model juga menghasilkan performa klasifikasi yang sangat baik dengan nilai AUC sebesar 1,00 serta *precision*, *recall*, dan *f1-score* yang tinggi pada hampir seluruh kelas. Pengujian *cross-dataset* menunjukkan stabilitas performa pada distribusi data yang berbeda, sehingga metode yang diusulkan terbukti efektif dan memiliki kemampuan generalisasi yang baik. Selain itu, model berhasil diimplementasikan dalam sistem diagnosis otomatis berbasis web menggunakan *Flask*.

Kata Kunci: Penyakit Alzheimer, MRI Otak, Klasifikasi Citra, *Spatial Attention*, *Hybrid* CNN–SVM.

ABSTRACT

Alzheimer's disease is a progressive neurodegenerative disorder that requires early diagnosis and accurate classification of severity levels to support appropriate clinical management. The manual interpretation of Magnetic Resonance Imaging (MRI) scans heavily depends on the experience and expertise of medical professionals, which may lead to variability and subjectivity in determining disease severity. Moreover, the increasing volume of medical imaging data demands analytical methods that are consistent, efficient, and standardized. These limitations highlight the need for an automated classification system that not only achieves high accuracy but is also capable of objectively distinguishing each stage of Alzheimer's disease. Therefore, this study aims to develop and optimize a deep learning-based classification model to improve the accuracy and consistency of Alzheimer's severity classification using MRI images.

The proposed method employs a Hybrid Convolutional Neural Network–Support Vector Machine (CNN–SVM) approach enhanced with a Spatial Attention module. A Custom CNN architecture integrated with Spatial Attention is utilized as a feature extractor to identify and emphasize spatially relevant regions within MRI images. The extracted features are then fed into a Support Vector Machine classifier with a Radial Basis Function (RBF) kernel to perform the final classification. The model is evaluated by comparison with baseline models and transfer learning approaches, as well as through cross-dataset testing to assess its generalization capability.

The experimental results demonstrate that the hybrid CNN–SVM model with Spatial Attention achieved the highest accuracy of 99.84%, representing an improvement of 0.81% compared to the model without Spatial Attention (99.03%). The model also exhibited excellent classification performance with an AUC of 1.00 and high precision, recall, and F1-score across nearly all classes. Cross-dataset evaluation further indicates stable performance under different data distributions, confirming the effectiveness and strong generalization capability of the proposed method. Additionally, the model was successfully implemented in a web-based automated diagnostic system using Flask.

Keywords: *Alzheimer's Disease, Brain MRI, Image Classification, Spatial Attention, Hybrid CNN–SVM.*