

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi tumor otak berbasis Jaringan Saraf Konvolusional Bayesian menggunakan citra MRI. Dataset yang digunakan berasal dari *Kaggle* dan terdiri atas 5.712 data latih dan 1.311 data validasi, dimana untuk setiap kelasnya seimbang untuk melatih dan mengevaluasi kinerja model secara optimal. Proses klasifikasi dilakukan dengan memanfaatkan beberapa model *pretrained* pada *framework PyTorch*, yaitu *AlexNet*, *GoogLeNet*, *ResNet18*, *MobileNetV2*, *VGG19*, dan *DenseNet121*, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih efisien dan stabil.

Setiap model *pretrained* dioptimasi menggunakan teknik optimasi hiperparameter dengan Optuna melalui pendekatan optimasi Bayesian, masing-masing sebanyak 25 percobaan (*trial*). Berdasarkan hasil eksperimen, *GoogLeNet* menunjukkan performa terbaik dengan akurasi validasi sebesar 99,77%. Performa tersebut diperoleh pada konfigurasi MC Dropout sebesar 40%, *batch size* 64, *learning rate* 0,007388, *weight decay* 0,000095, serta *optimizer* SGD. Model ini juga menghasilkan nilai ROC-AUC sebesar 99,98% dengan waktu pelatihan sekitar 13,88 menit, yang menunjukkan keseimbangan yang baik antara akurasi dan efisiensi komputasi.

Dari sisi interpretabilitas, metode Grad-CAM yang diterapkan pada *layer inception 5b* GoogLeNet mampu menyoroti area citra MRI yang relevan secara klinis dalam proses deteksi tumor otak. Selain itu, penerapan pendekatan Bayesian yakni *uncertainty estimation*, khususnya *total uncertainty* dengan *threshold* sebesar 0,222, terbukti mampu meningkatkan akurasi model hingga 99,92% dengan cakupan data validasi sebesar 98,93%.

Sebagai implementasi praktis, penelitian ini menghasilkan aplikasi deteksi tumor otak berbasis *Streamlit* yang mampu melakukan klasifikasi citra MRI secara akurat. Aplikasi ini menyajikan hasil prediksi kelas tumor, probabilitas prediksi, visualisasi Grad-CAM, serta estimasi ketidakpastian model secara informatif dan mudah dipahami. Dengan demikian, aplikasi yang dikembangkan berpotensi menjadi alat bantu pendukung dalam analisis awal tumor otak pada citra MRI bagi dokter radiologi.

Kata kunci: Klasifikasi Tumor Otak, Jaringan saraf konvolusional Bayesian, Optimasi Bayesian, Grad-CAM, Ketidakpastian

ABSTRACT

This research was conducted to develop a brain tumor classification model based on Bayesian Convolutional Neural Networks using MRI images. The dataset used was sourced from Kaggle and consisted of 5,712 training datasets and 1,311 validation datasets, where each class is balanced to train and evaluate the model's performance optimally. The classification process was carried out using several pretrained models in the PyTorch framework: AlexNet, GoogLeNet, ResNet18, MobileNetV2, VGG19, and DenseNet121, resulting in a more efficient and stable learning process.

Each pretrained model was optimized using hyperparameter tuning techniques with Optuna using a Bayesian optimization approach, with 25 trials each. Based on the experimental results, GoogLeNet demonstrated the best performance with a validation accuracy of 99.77%. This performance was achieved using a configuration with MC Dropout of 40%, a batch size of 64, a learning rate of 0.007388, a weight decay of 0.000095, and the SGD optimizer. This model also produced an ROC-AUC value of 99.98% with a training time of approximately 13.88 minutes, demonstrating a good balance between accuracy and computational efficiency.

In terms of interpretability, the Grad-CAM method applied to the 5b inception layer of GoogleNet was able to highlight clinically relevant areas of MRI images in the brain tumor detection process. Furthermore, the application of the Bayesian uncertainty estimation approach, specifically the total uncertainty threshold of 0.222, was proven to increase model accuracy to 99.92% with validation data coverage of 98.93%.

As a practical implementation, this research resulted in a Streamlit-based brain tumor detection application capable of accurately classifying MRI images. The application presents tumor class prediction results, prediction probabilities, Grad-CAM visualizations, and model uncertainty estimates in an informative and easy-to-understand manner. Therefore, the developed application has the potential to be a supporting tool for radiologists in the initial analysis of MRI-based brain tumors.

Keywords: Brain Tumor Classification, Bayesian Convolutional Neural Networks, Bayesian Optimization, Grad-CAM, Uncertainty