

**KLASIFIKASI CITRA TUMOR OTAK MENGGUNAKAN
METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)
DENGAN ARSITEKTUR EFFICIENTNETB0 BERBASIS
TRANSFER LEARNING**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Informatika



disusun oleh

ADHI SULISTYO

20.11.3529

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2024

**KLASIFIKASI CITRA TUMOR OTAK MENGGUNAKAN
METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)
DENGAN ARSITEKTUR EFFICIENTNETB0 BERBASIS
TRANSFER LEARNING**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Informatika



disusun oleh

ADHI SULISTYO

20.11.3529

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2024

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**KLASIFIKASI CITRA TUMOR OTAK MENGGUNAKAN METODE
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)
DENGAN ARSITEKTUR EFFICIENTNETB0 BERBASIS
TRANSFER LEARNING**

yang disusun dan diajukan oleh

Adhi Sulistyo

20.11.3529

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal 17 Januari 2024

Dosen Pembimbing,



Dr. Ferry Wahyu Wibowo, S.Si., M.Cs.
NIK. 190302235

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI
KLASIFIKASI CITRA TUMOR OTAK MENGGUNAKAN METODE
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) DENGAN
ARSITEKTUR EFFICIENTNETB0 BERBASIS
TRANSFER LEARNING

yang disusun dan diajukan oleh

Adhi Sulisty

20.11.3529

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 17 Januari 2024

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Tanda Tangan

Rizqi Sukma Kharisma, M.Kom
NIK. 190302215

Norhikmah, M. Kom
NIK. 190302245

Dr. Ferry Wahyu Wibowo, S.Si., M.Cs.
NIK. 190302235



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 17 Januari 2024

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER



Hanif Al Fatta, S.Kom., M.Kom.
NIK. 190302096

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Adhi Sulistyio
NIM : 20.11.3529

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

Klasifikasi Citra Tumor Otak Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Dengan Arsitektur EfficientNetB0 Berbasis Transfer Learning

Dosen Pembimbing : Dr. Ferry Wahyu Wibowo, S.Si., M.Cs.

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian SAYA sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab SAYA, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Pernyataan ini SAYA buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka SAYA bersedia menerima SANKSI AKADEMIK dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta, 17 Januari 2024

Yang Menyatakan,



Adhi Sulistyio

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil 'alamin

Dengan rasa syukur yang mendalam kepada Allah subhanahu wa ta'ala, saya dengan ini telah menyelesaikan Skripsi ini.

Bismillahirrahmanirrahim

Saya persembahkan Skripsi Ini Untuk :

1. Kedua Orang Tua Tercinta, Bapak Saiful Aziz dan Ibu Wantiyah yang selalu menjadi sumber inspirasi dan dukungan terbesar dalam hidup saya.
2. Kakak Tercinta, Ibnu Hajir Taufik atas bimbingan, semangat, dan dorongan tak henti-hentinya.
3. Bapak KH. Dr. Mas'ud Masduqi dan Ibu Nyai Hj. Siti Munawaroh, yang telah memberikan arahan spiritual, doa, dan kebijaksanaan dalam perjalanan hidup saya. Terima kasih atas dukungan rohaniah yang tak ternilai.
4. Tak lupa, penghargaan setinggi-tingginya saya persembahkan kepada Bapak Dr. Ferry Wahyu Wibowo, S.Si, M.Cs, terima kasih atas kesabaran, dedikasi, dan pengetahuan yang bapak berikan selama penelitian ini.

Serta kepada Keluarga, Kerabat, Pasangan dan Teman-Teman terdekat, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moril, serta semangat tanpa batas.

Dengan sepenuh hati, saya persembahkan tugas akhir ini kepada kalian semua. Semoga karya ini dapat menjadi kebanggaan bersama dan bermanfaat bagi banyak pihak.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil'alamin, dengan rahmat Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Penyayang, penulis menyampaikan puji syukur yang tulus karena telah diberikan karunia kasih sayang, rezeki, kesehatan, serta berkah, ridho, dan hidayah-Nya. Dengan penuh syukur, penulis berhasil menyelesaikan skripsi berjudul “Klasifikasi Citra Tumor Otak Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network (CNN)* Dengan Arsitektur *EfficientNetB0* Berbasis Transfer Learning”.

Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah menjadi pencerah dan menghantarkan umat manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang ini. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan dan merupakan pertanggungjawaban akhir penulis sebagai mahasiswa jurusan Informatika Universitas Amikom Yogyakarta.

Penulis menyadari adanya kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, penulis mengharapkan saran dan kritikan dari berbagai pihak sebagai bahan masukan dan evaluasi demi perbaikan dan kesempurnaan penulisan skripsi ini.

Penulis ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang mendalam kepada :

1. Bapak Prof. Dr. M. Suyanto, MM., selaku Rektor Universitas Amikom Yogyakarta.
2. Bapak Hanif Al Fatta, S.Kom., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Ilmu Sosial dan Politik Universitas Amikom Yogyakarta.
3. Ibu Windha Mega Pradnya Dhuhita, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Informatika.

4. Bapak Arif Akbarul Huda, S.Si.,M.Eng., selaku Sekretaris Prodi Informatika.
5. Bapak Dr. Ferry Wahyu Wibowo, S.Si, M.Cs., selaku dosen pembimbing utama, atas bimbingan dan kebijaksanaannya dalam membimbing penulis.
6. Bapak Rizqi Sukma Kharisma, M.Kom dan Ibu Norhikmah, M. Kom selaku penguji, atas bimbingan, kritik, saran dan masukan berharganya.
7. Ibu Mardhiya Hayaty, S.T., M.Kom., selaku dosen wali yang telah membimbing dari awal perkuliahan dan membantu dalam menentukan topik skripsi.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen Fakultas Ilmu Komputer yang telah berbagi ilmu. Penghargaan juga disampaikan kepada staf tata usaha, serta staff dan karyawan Prodi Informatika Universitas Amikom Yogyakarta.

Bagi seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu, penulis mengucapkan terima kasih atas doa dan dukungan, serta memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Semoga segala kebaikan dari semua pihak di atas mendapat balasan setimpal dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 17 Januari 2024

Penulis

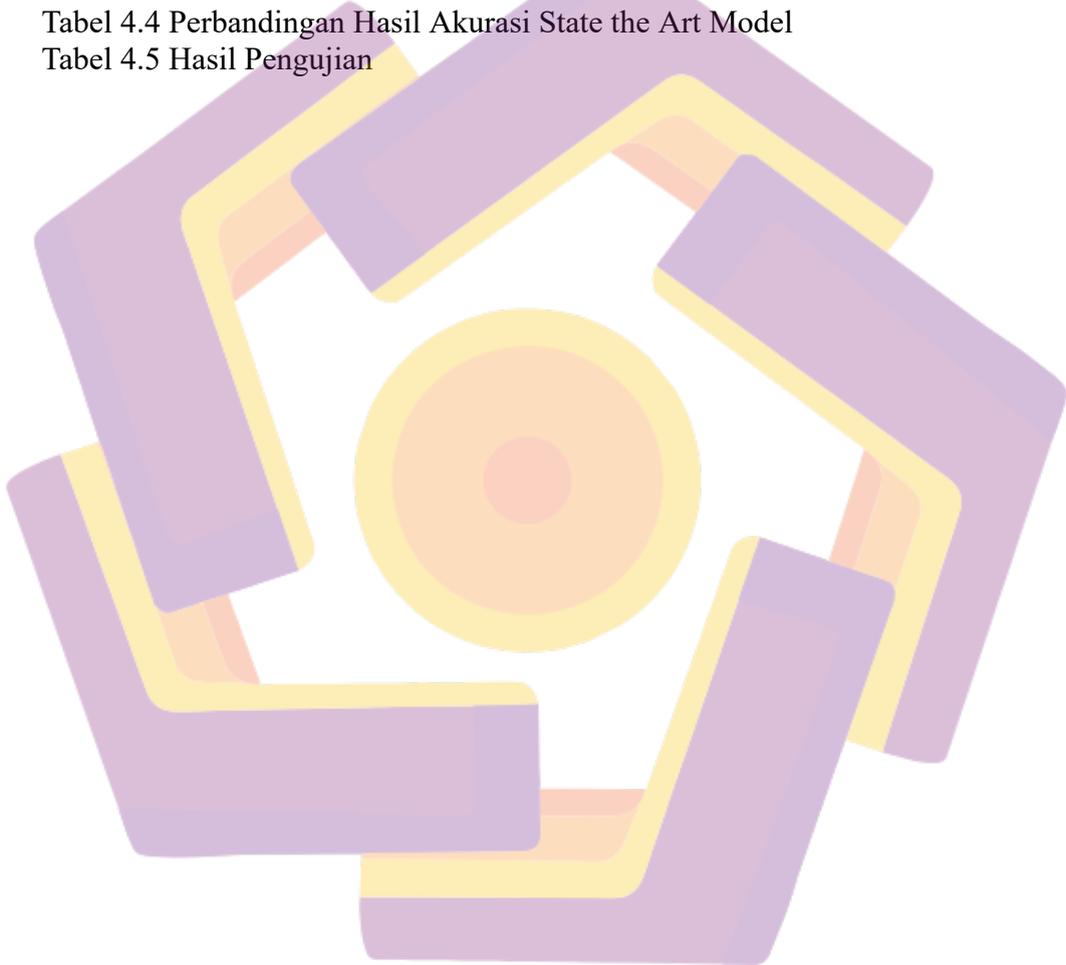
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR ISTILAH	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Dasar Teori	11
2.2.1 Tumor Otak	11
2.2.2 Artificial Intelligence (AI)	12
2.2.3 Machine Learning	13
2.2.4 Artificial Neural Network (ANN)	14
2.2.5 Deep Learning	16
2.2.6 Convolutional Neural Network (CNN)	17
2.2.7 Convolution Layer	18
2.2.8 Pooling Layer	19
2.2.9 Activation Function	20
2.2.10 Batch Normalization	21
2.2.11 Dropout Regularization	22
2.2.12 Fully Connected Layer	23
2.2.13 Transfer Learning	24
2.2.14 EfficientNet	24

2.2.15 Confusion Matrix	27
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Objek Penelitian	30
3.2 Alur Penelitian	30
3.2.1 Preprocessing Data	31
3.2.2 Konfigurasi Model	32
3.2.3 Training Model	34
3.2.3 Analisis Hasil	35
3.3 Alat dan Bahan	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Preprocessing Data	38
4.1.1 Cropping dan Image Processing	38
4.1.2 Labeling	38
4.2 Konfigurasi Model	39
4.2.1 Base Model EfficientNetB0	39
4.3 Training	40
4.4 Fine Tuning	42
4.5 Evaluasi Model	43
4.5.1 Metrik Evaluasi	43
4.6 Perbandingan Penelitian	47
4.7 Implementasi Sistem	48
BAB V PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
REFERENSI	52
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keaslian Penelitian	8
Tabel 2.2 Arsitektur EfficientNet-B0	25
Tabel 3.1 Hasil Pengolahan Data	32
Tabel 4.1 Pelatihan Model	42
Tabel 4.2 Pelatihan Model dengan <i>Fine Tuning</i>	43
Tabel 4.3 Nilai <i>Confusion Matrix</i> dari Tiap <i>Class</i>	47
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Akurasi State the Art Model	49
Tabel 4.5 Hasil Pengujian	50



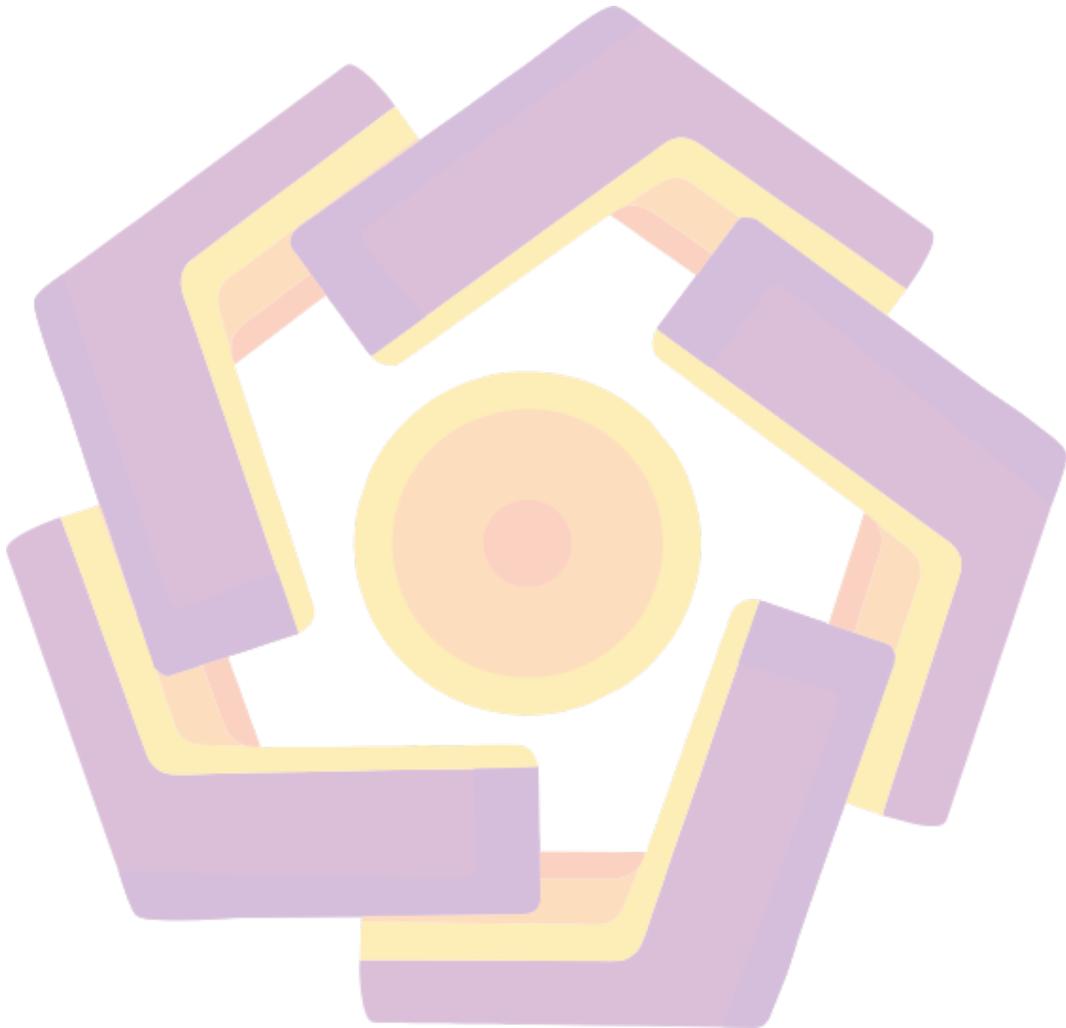
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sampel MRI Tumor Otak	11
Gambar 2.2. Sub Bidang AI	12
Gambar 2.3. Alur AI	13
Gambar 2.4. Struktur Sel Saraf Manusia	14
Gambar 2.5. Struktur ANN	15
Gambar 2.6. <i>Machine Learning vs Deep Learning</i>	16
Gambar 2.7. Arsitektur CNN	17
Gambar 2.8. Proses Konvolusi	18
Gambar 2.9. <i>Average Pooling</i> dan <i>Max Pooling</i>	19
Gambar 2.10. <i>Batch Normalization</i>	21
Gambar 2.11. Proses <i>Dropout</i>	22
Gambar 2.12. <i>Fully Connected Layer</i>	23
Gambar 2.13. Grafik <i>Model Size</i> dan <i>ImageNet Accuracy</i>	25
Gambar 2.14. Perbandingan Tingkat Akurasi Arsitektur pada <i>ImageNet</i>	26
Gambar 2.15. Arsitektur EfficientNetB0	27
Gambar 2.14. <i>Confusion Matrix</i>	28
Gambar 3.1. Alur Penelitian	30
Gambar 3.2. Tahapan <i>Preprocessing</i>	31
Gambar 3.3. Tahapan <i>Configuration Model</i>	32
Gambar 3.4. Tahapan <i>Training Model</i>	34
Gambar 4.1. Perbandingan sebelum dan sesudah proses <i>cropping image</i>	38
Gambar 4.2. <i>Base Model EfficientNetB0</i>	40
Gambar 4.3. Grafik Loss	44
Gambar 4.4. Grafik Akurasi	44
Gambar 4.5. Grafik <i>Fine Tune Loss</i>	45
Gambar 4.6. Grafik <i>Fine Tuning Accuracy</i>	46
Gambar 4.7. Hasil <i>Confusion Matrix</i>	47

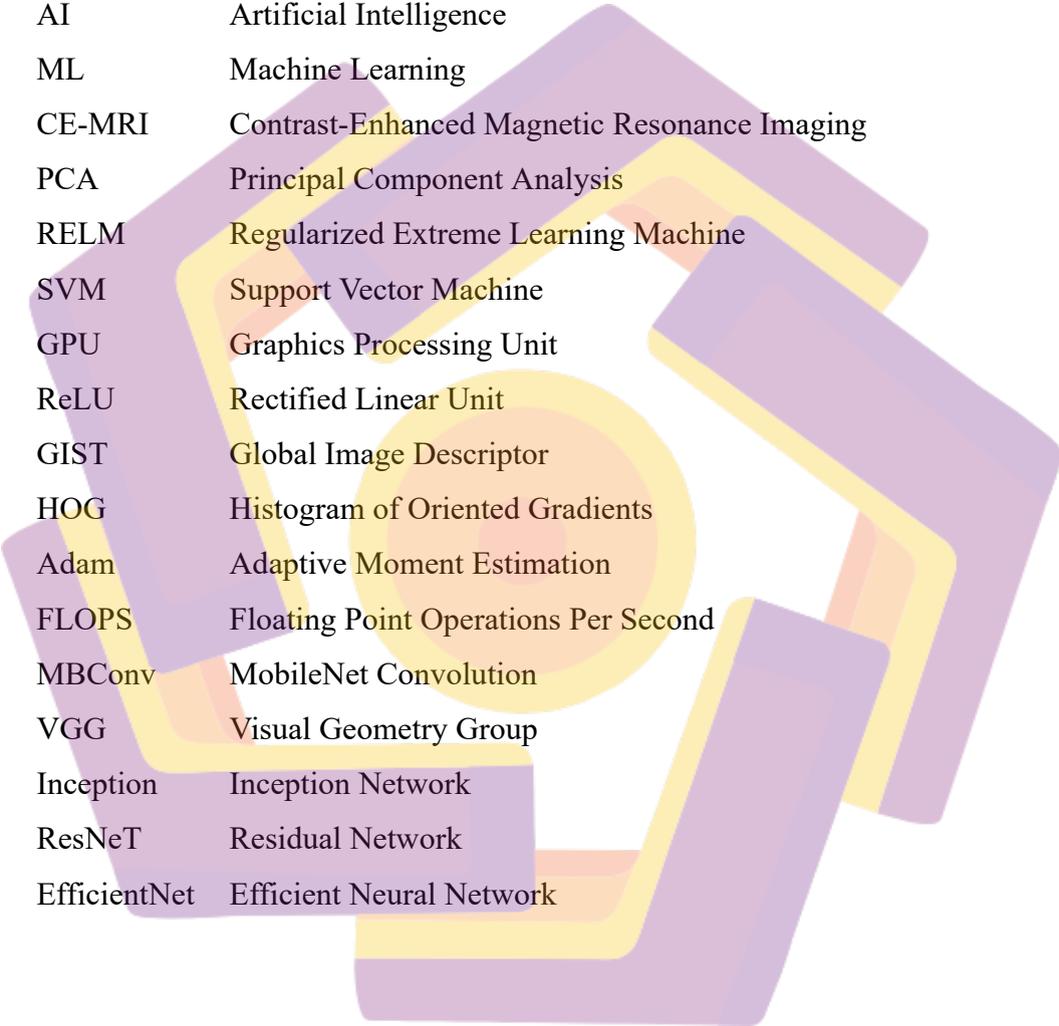
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Source Code Program

55



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN



Σ	Sigma
CNN	Convolutional Neural Network
ANN	Artificial Neural Network
MRI	Magnetic Resonance Imaging
AI	Artificial Intelligence
ML	Machine Learning
CE-MRI	Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging
PCA	Principal Component Analysis
RELM	Regularized Extreme Learning Machine
SVM	Support Vector Machine
GPU	Graphics Processing Unit
ReLU	Rectified Linear Unit
GIST	Global Image Descriptor
HOG	Histogram of Oriented Gradients
Adam	Adaptive Moment Estimation
FLOPS	Floating Point Operations Per Second
MBConv	MobileNet Convolution
VGG	Visual Geometry Group
Inception	Inception Network
ResNeT	Residual Network
EfficientNet	Efficient Neural Network

DAFTAR ISTILAH

Kernel (Filter)	Matriks kecil untuk operasi konvolusi.
Softmax	Fungsi aktivasi untuk klasifikasi
Stride	Jarak antar langkah pada operasi konvolusi.
Padding	Penambahan piksel nol di sekitar gambar.
Pooling Layer	Reduksi dimensi spatial feature map.
Activation Function	Fungsi untuk sifat non-linearitas.
Batch Normalization	Normalisasi data input untuk stabilitas.
Dropout	Menonaktifkan acak unit untuk mengurangi overfitting.
Epoch	Siklus melalui seluruh dataset pelatihan satu kali.
FCL	Hubungan setiap neuron dengan lapisan sebelumnya.
Transfer Learning	Penggunaan model sebelumnya untuk tugas baru.
Confusion Matrix	Tabel evaluasi hasil prediksi model.
Konvolusi	Transformasi fitur

INTISARI

Dalam era modern yang didukung oleh kemajuan teknologi informasi dan kedokteran, pengembangan sistem pendukung diagnosis medis menjadi semakin krusial. Penelitian ini fokus pada deteksi dini dan klasifikasi tumor otak, penyakit dengan tingkat mortalitas tinggi yang signifikan mempengaruhi kualitas hidup pasien. Penerapan teknologi citra medis, terutama melalui teknik *Artificial Intelligence (AI)* seperti *Convolutional Neural Network (CNN)*, menjadi solusi utama dalam mengatasi tantangan diagnostik ini. Studi ini mengusulkan penggunaan metode CNN dengan arsitektur *EfficientNetB0* berbasis *transfer learning* untuk meningkatkan efektivitas klasifikasi citra tumor otak. Objek penelitian adalah dataset citra MRI otak manusia dari Kaggle, terdiri dari 7023 gambar yang diklasifikasikan ke dalam empat kelas: glioma, meningioma, no tumor, dan pituitary. Konfigurasi model dilakukan dalam dua tahap, dengan menggunakan *pretrained model EfficientNetB0* sebagai *base model*. Pada tahap *fine-tuning*, sebagian lapisan atas pada model yang telah di-*pretrain* di-*unfreeze* untuk melibatkan proses pelatihan lebih lanjut. Selama proses *training*, model dioptimalkan menggunakan *optimizer Adam*, dengan *learning rate* minimum $1e-6$ sebelum *fine-tuning* dan saat *fine-tuning*, *learning rate* disetel ke $1e-4$ serta penerapan *EarlyStopping* untuk mencegah *overfitting*. Hasil dari tahap pelatihan dan *fine-tuning* model menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam akurasi klasifikasi, dari sekitar 85.50% menjadi 100%. Evaluasi model pada dataset pengujian menghasilkan akurasi kategorikal sebesar 98.95%. Metrik evaluasi lainnya, seperti presisi, recall, dan f1-score, juga mengindikasikan kinerja yang baik. Hasil ini dapat bermanfaat bagi komunitas riset dalam pengembangan metode klasifikasi gambar medis, serta praktisi di bidang kedokteran untuk meningkatkan keakuratan diagnosis melalui analisis citra MRI otak.

Kata kunci: *tumor otak, convolutional neural network, transfer learning, efficientnet, fine tuning*

ABSTRACT

In the modern era, supported by advances in information technology and medicine, the development of medical diagnostic support systems has become increasingly crucial. This research focuses on early detection and classification of brain tumors, a disease with a significantly high mortality rate that profoundly affects patients' quality of life. The application of medical imaging technology, particularly through Artificial Intelligence (AI) techniques such as Convolutional Neural Network (CNN), has become the primary solution to address these diagnostic challenges. This study proposes the use of the CNN method with EfficientNetB0 architecture based on transfer learning to enhance the effectiveness of brain tumor image classification. The research object is a dataset of human brain MRI images from Kaggle, consisting of 7023 images classified into four classes: glioma, meningioma, no tumor, and pituitary. The model configuration is performed in two stages, using the EfficientNetB0 pretrained model as the base model. In the fine-tuning stage, some top layers of the pretrained model are unfrozen to involve further training. During the training process, the model is optimized using the Adam optimizer, with a minimum learning rate of $1e-6$ before fine-tuning and a learning rate set to $1e-4$ during fine-tuning, along with the implementation of EarlyStopping to prevent overfitting. The results of the training and fine-tuning stages show a significant improvement in classification accuracy, from around 85.50% to 100%. Model evaluation on the test dataset yields a categorical accuracy of 98.95%. Other evaluation metrics, such as precision, recall, and f1-score, also indicate good performance. These findings can be beneficial for the research community in the development of medical image classification methods and for practitioners in the field of medicine to enhance diagnostic accuracy through the analysis of brain MRI images.

Keyword: brain tumor, convolutional neural network, transfer learning, efficientnet, fine tuning