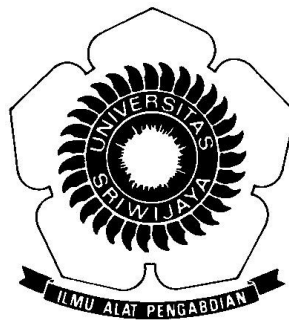


KLASIFIKASI CITRA TUMOR OTAK BERBASIS *CONVOLUTIONAL*  
*NEURAL NETWORKS* (CNN)

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Program Strata-1 Pada  
Jurusan Teknik Informatika



Oleh:

Jerrel Adriel Archibald Hutahaean  
NIM: 09021281924031

**Jurusan Teknik Informatika**  
**FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
Tahun 2023

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### KLASIFIKASI CITRA TUMOR OTAK BERBASIS *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (CNN)*

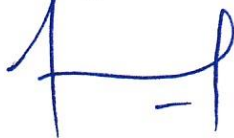
Oleh:

Jerrel Adriel Archibald Hutahaean

NIM: 09021281924031


Palembang, 10 Maret 2023

Pembimbing I



Dr. Muhammad Fachrurrozi, M.T.  
NIP 198005222008121002

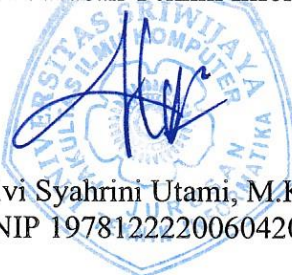
Pembimbing II



Annisa Darmawahyuni, M.Kom.  
NIP 1671147006900002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.  
NIP 197812222006042003

## TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI

Pada hari Jumat tanggal 10 Maret 2023 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : Jerrel Adriel Archibald Hutahaeen  
NIM : 09021281924031  
Judul : Klasifikasi Citra Tumor Otak Berbasis *Convolutional Neural Networks* (CNN)

dan dinyatakan **LULUS**.

1. Ketua Penguji

Rizki Kurniati, M.T.  
NIP 199107122019032016

2. Penguji

Samsuryadi, M.Kom., Ph.D.  
NIP 197102041997021003

3. Pembimbing I

Dr. Muhammad Fachrurrozi, M.T.  
NIP 198005222008121002

4. Pembimbing II

Annisa Darmawahyuni, M.Kom.  
NIP 1671147006900002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika

  
Alvi Syahrini Utami, M.Kom.  
NIP 197812222006042003

## HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jerrel Adriel Archibald Hutahaean

NIM : 09021281924031

Program Studi : Teknik Informatika

Judul Skripsi : Klasifikasi Citra Tumor Otak Berbasis *Convolutional Neural Networks* (CNN)

**Hasil Pengecekan *iThenticate*/*Turnitin*: 11%**

Menyatakan bahwa laporan proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapa pun.



Palembang, 10 Maret 2023



Jerrel Adriel Archibald Hutahaean

NIM 09021281924031

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

*“The only easy day was yesterday.”*

- US Navy SEALs

*"If you can't fly, then run. If you can't run, then walk. If you can't walk, then crawl, but whatever you do, you have to keep moving forward."*

- Martin Luther King, Jr.

Kupersembahkan Karya Tulis ini kepada:

- Tuhan Yesus
- Orang Tua, Saudara, dan Keluargaku
- Teman-teman terbaikku

# BRAIN TUMOR IMAGE CLASSIFICATION BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (CNN)

JERREL ADRIEL ARCHIBALD HUTAHAEAN


09021281924031

## ABSTRACT

*Brain tumors are still a dangerous and deadly disease that can affect anyone, including children. Brain tumors can be detected by Magnetic Resonance Imaging (MRI) examination. This study aims to classify brain tumors and non-brain tumors from MRI image processing results using the Convolution Neural Networks (CNN) method. This research uses the architecture of VGG-16, ResNet-50, InceptionV3, MobileNet, EfficientNetB7, and various configurations on the learning rate and batch size in building the best CNN model. The dataset used in this research is the Brain MRI Images for Brain Tumor Detection dataset, which contains 253 images. The test results in this study produced the best CNN model using VGG-16 architecture, learning rate = 0.0001, and batch size = 16 with an accuracy value of 100%.*

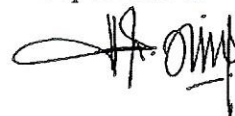
**Kata Kunci:** *Brain Tumor, Classification, MRI Image, Convolutional Neural Networks, Brain MRI Images for Brain Tumor Dataset*

Supervisor I



Dr. Muhammad Fachrurrozi, M.T.  
NIP 198005222008121002

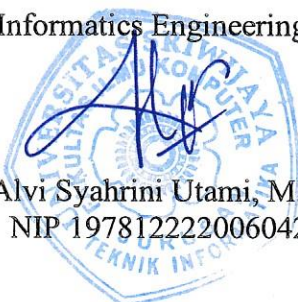
Supervisor II



Annisa Darmawahyuni, M.Kom.  
NIP 1671147006900002

Approved,

Head of Informatics Engineering Departement



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.  
NIP 197812222006042003

# KLASIFIKASI CITRA TUMOR OTAK BERBASIS *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS* (CNN)

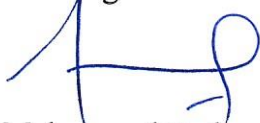
JERREL ADRIEL ARCHIBALD HUTAHAEAN  
09021281924031

## ABSTRAK

Tumor otak masih menjadi penyakit yang berbahaya dan termasuk penyakit mematikan yang dapat menyerang siapa saja termasuk anak-anak. Tumor otak dapat dideteksi dengan pemeriksaan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasi otak terdapat tumor dan otak tidak terdapat tumor dari hasil pengolahan citra MRI dengan menggunakan metode *Convolution Neural Networks* (CNN). Penelitian ini menggunakan arsitektur VGG-16, ResNet-50, InceptionV3, MobileNet, EfficientNetB7, dan variasi konfigurasi pada *learning rate* dan *batch size* dalam membangun model CNN terbaik. Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah dataset *Brain MRI Images for Brain Tumor Detection*, yang berisi 253 citra. Hasil pengujian pada penelitian ini menghasilkan model CNN terbaik menggunakan arsitektur VGG-16, *learning rate* = 0,0001, dan *batch size* = 16 dengan nilai *accuracy* 100%.

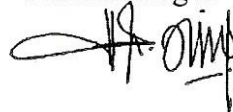
**Kata Kunci:** Tumor Otak, Klasifikasi, Citra MRI, *Convolutional Neural Networks*, *Brain MRI Images for Brain Tumor Dataset*

Pembimbing I



Dr. Muhammad Fachrurrozi, M.T.  
NIP 198005222008121002

Pembimbing II



Annisa Darmawahyuni, M.Kom.  
NIP 1671147006900002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.  
NIP 197812222006042003

## KATA PENGANTAR

Segala pujian dan syukur kepada Tuhan Yesus atas berkat dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Klasifikasi Citra Tumor Otak Berbasis *Convolutional Neural Networks* (CNN)”.

Penyusun juga ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada banyak pihak yang telah memberi dukungan, semangat, motivasi dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu:

1. Kedua orang tua beserta keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan beserta motivasi kepada saya.
2. Bapak Dr. Jaidan Jauhari, M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Alvi Syahrini Utami, M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Muhammad Fachrurrozi, M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Annisa Darmawahyuni, M.Kom. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan arahan dalam proses pengerjaan skripsi sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Ibu Yunita, S.SI, M.CS. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan masukan selama perkuliahan dan memberikan masukan dalam pengerjaan skripsi.
6. Bapak Samsuryadi, M.Kom., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan untuk skripsi ini.

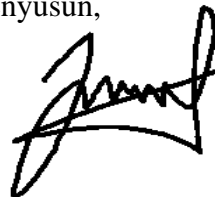


7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
8. Seluruh Tata Usaha Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
9. Teman-teman Teknik Informatika Reguler A 2019 yang telah menemani dan membantu selama perkuliahan.
10. Semua pihak yang telah membantu Penyusun selama proses penyusunan skripsi.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan disebabkan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penyusun. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk membantu penelitian di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Palembang, 10 Maret 2023

Penyusun,



Jerrel Adriel Archibald Hutahaeen  
NIM 09021281924031

## DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI .....	iii
HALAMAN BEBAS PLAGIAT .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1    Pendahuluan .....	I-1
1.2    Latar Belakang Masalah .....	I-1
1.3    Rumusan Masalah .....	I-3
1.4    Tujuan Penelitian.....	I-3
1.5    Manfaat Penelitian.....	I-3
1.6    Batasan Masalah .....	I-4
1.7    Sistematika Penulisan .....	I-5
1.8    Kesimpulan.....	I-6
BAB II KAJIAN LITERATUR .....	II-1
2.1    Pendahuluan .....	II-1
2.2    Landasan Teori .....	II-1
2.2.1 Tumor Otak .....	II-1
2.2.2 Citra Digital.....	II-2
2.2.3 <i>Convolutional Neural Network</i> .....	II-3
2.2.3.1 <i>Convolution Layer</i> .....	II-3
2.2.3.2 <i>Pooling Layer</i> .....	II-5

2.2.3.3	<i>Fully Connected Layer</i> .....	II-6
2.2.3.4	Arsitektur VGG-16.....	II-6
2.2.3.5	Arsitektur ResNet-50 .....	II-7
2.2.3.6	Arsitektur InceptionV3.....	II-8
2.2.3.7	Arsitektur MobileNet .....	II-9
2.2.3.8	Arsitektur EfficientNetB7 .....	II-10
2.2.4	<i>Random Split</i> .....	II-11
2.2.5	Evaluasi Model.....	II-12
2.2.6	<i>Rational Unified Process</i> .....	II-14
2.3	Penelitian Lain yang Relevan .....	II-14
2.3.1	Klasifikasi Tumor Otak pada Citra <i>Magnetic Resonance Image</i> dengan Menggunakan Metode <i>Support Vector Machine</i> .....	II-15
2.3.2	<i>MRI-Image based Brain Tumor Detection and Classification using CNN-KNN</i> .....	II-15
2.3.3	<i>Brain Tumor Detection Using Deep Neural Network and Machine Learning Algorithm</i> .....	II-16
2.4	Kesimpulan.....	II-16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		III-1
3.1	Pendahuluan .....	III-1
3.2	Pengumpulan Data.....	III-1
3.2.1	Jenis Data .....	III-1
3.2.2	Sumber Data .....	III-2
3.2.3	Metode Pengumpulan Data .....	III-2
3.2.4	Sampel Data .....	III-2
3.3	Tahapan Penelitian .....	III-4
3.3.1	Kerangka Kerja.....	III-5
3.3.1.1	<i>Data Pre-Processing</i> .....	III-6
3.3.1.2	<i>Train-Test Split</i> .....	III-7
3.3.1.3	Pelatihan Klasifikasi Model CNN.....	III-8
3.3.1.4	Pengujian dan Evaluasi Model CNN .....	III-8
3.3.2	Kriteria Pengujian.....	III-9
3.3.3	Format Data Pengujian .....	III-9
3.3.4	Alat yang Digunakan dalam Pengujian .....	III-10
3.3.5	Pengujian Penelitian .....	III-11
3.3.6	Analisis Hasil Pengujian .....	III-11

3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak .....	III-11
3.4.1	Fase Insepsi .....	III-12
3.4.2	Fase Elaborasi.....	III-12
3.4.3	Fase Konstruksi .....	III-12
3.4.4	Fase Transisi.....	III-13
3.5	Kesimpulan.....	III-13
<b>BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK .....</b>		<b>IV-1</b>
4.1	Pendahuluan .....	IV-1
4.2	<i>Rational Unified Process</i> .....	IV-1
4.2.1	Fase Insepsi .....	IV-1
4.2.1.1	Pemodelan Bisnis .....	IV-1
4.2.1.2	Kebutuhan Sistem .....	IV-2
4.2.1.3	Analisis dan Desain.....	IV-3
4.2.2	Fase Elaborasi.....	IV-7
4.2.2.1	Pemodelan Bisnis .....	IV-7
4.2.2.2	Kebutuhan Sistem .....	IV-9
4.2.2.3	Analisis dan Desain.....	IV-9
4.2.3	Fase Kontruksi.....	IV-13
4.2.3.1	Kebutuhan Sistem .....	IV-13
4.2.3.2	Implementasi .....	IV-14
4.2.4	Fase Transisi .....	IV-17
4.2.4.1	Pemodelan Bisnis .....	IV-17
4.2.4.2	Analisis dan Desain.....	IV-18
4.2.4.3	Implementasi .....	IV-18
4.3	Kesimpulan.....	IV-20
<b>BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN .....</b>		<b>V-1</b>
5.1	Pendahuluan .....	V-1
5.2	Data Hasil Penelitian .....	V-1
5.2.1	Konfigurasi Percobaan .....	V-1
5.2.2	Data Hasil Konfigurasi 1 .....	V-4
5.2.3	Data Hasil Konfigurasi 2 .....	V-5
5.2.4	Data Hasil Konfigurasi 3 .....	V-7
5.2.5	Data Hasil Konfigurasi 4 .....	V-9
5.2.6	Data Hasil Konfigurasi 5 .....	V-11

5.2.7 Data Hasil Konfigurasi 6 .....	V-13
5.2.8 Data Hasil Konfigurasi 7 .....	V-15
5.2.9 Data hasil Konfigurasi 8 .....	V-17
5.2.10 Data Hasil Konfigurasi 9 .....	V-19
5.2.11 Analisis Hasil Penelitian .....	V-21
5.3 Kesimpulan .....	V-25
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>VI-1</b>
6.1 Pendahuluan .....	VI-1
6.2 Kesimpulan .....	VI-1
6.3 Saran .....	VI-2
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xix</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>xxiii</b>

## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel II-1. Contoh Pemisahan Data Menggunakan <i>Random Split</i> .....	II-11
Tabel III-1. Sampel Dataset .....	III-2
Tabel III-2. Jumlah Nilai Untuk Setiap Variabel .....	III-8
Tabel III-3. Tabel <i>Confussion Matrix</i> 2 Kelas .....	III-9
Tabel III-4. Tabel Nilai Performa Model .....	III-10
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional Perangkat Lunak.....	IV-2
Tabel IV-2. Kebutuhan Non-Fungsional Perangkat Lunak .....	IV-2
Tabel IV-3. Definisi Aktor .....	IV-3
Tabel IV-4. Definisi <i>Use Case</i> .....	IV-4
Tabel IV-5. Skenario <i>Use Case</i> Melakukan <i>Input</i> Citra Otak .....	IV-4
Tabel IV-6. Skenario <i>Use Case</i> Mengklasifikasi Citra Otak .....	IV-6
Tabel IV-7. Implementasi Kelas-Kelas dari <i>Class Diagram</i> .....	IV-15
Tabel IV-8. Daftar <i>File</i> HTML .....	IV-15
Tabel IV-9. Rencana Pengujian <i>Use Case Input</i> Citra Otak.....	IV-18
Tabel IV-10. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Klasifikasi Citra Otak.....	IV-18
Tabel IV-11. Pengujian <i>Use Case Input</i> Citra Otak.....	IV-19
Tabel IV-12. Pengujian <i>Use Case</i> Klasifikasi Citra Otak.....	IV-19
Tabel V-1. Konfigurasi Parameter Tetap .....	V-2
Tabel V-2. Konfigurasi-konfigurasi pada skenario 1.....	V-2
Tabel V-3. Konfigurasi-konfigurasi pada skenario 2.....	V-3
Tabel V-4. Konfigurasi-konfigurasi pada skenario 3.....	V-3
Tabel V-5. Hasil Pelatihan Model 1 dengan Data Latih dan Data Validasi .....	V-4
Tabel V-6. Hasil Performa Pengujian Model 1 dengan Data Uji .....	V-5
Tabel V-7. Hasil Pelatihan Model 2 dengan Data Latih dan Data Validasi .....	V-6
Tabel V-8. Hasil Performa Pengujian Model 2 dengan Data Uji .....	V-7
Tabel V-9. Hasil Pelatihan Model 3 dengan Data Latih dan Data Validasi .....	V-8
Tabel V-10. Hasil Performa Pengujian Model 3 dengan Data Uji .....	V-9
Tabel V-11. Hasil Pelatihan Model 4 dengan Data Latih dan Data Validasi ...	V-10
Tabel V-12. Hasil Performa Pengujian Model 4 dengan Data Uji .....	V-11
Tabel V-13. Hasil Pelatihan Model 5 dengan Data Latih dan Data Validasi ...	V-12
Tabel V-14. Hasil Performa Pengujian Model 5 dengan Data Uji .....	V-13
Tabel V-15. Hasil Pelatihan Model 6 dengan Data Latih dan Data Validasi ...	V-14
Tabel V-16. Hasil Performa Pengujian Model 6 dengan Data Uji .....	V-15
Tabel V-17. Hasil Pelatihan Model 7 dengan Data Latih dan Data Validasi ...	V-16
Tabel V-18. Hasil Performa Pengujian Model 7 dengan Data Uji .....	V-17
Tabel V-19. Hasil Pelatihan Model 8 dengan Data Latih dan Data Validasi ...	V-18

Tabel V-20. Hasil Performa Pengujian Model 8 dengan Data Uji .....	V-19
Tabel V-21. Hasil Pelatihan Model 9 dengan Data Latih dan Data Validasi ...	V-20
Tabel V-22. Hasil Performa Pengujian Model 9 dengan Data Uji .....	V-21
Tabel V-23. Perbandingan Performa Model Berdasarkan Pengujian dengan Data Uji.....	V-22
Tabel V-24. Perbandingan Rata-Rata Performa Model Berdasarkan Pengujian Data Uji.....	V-23

## DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar II-1. Citra Digital.....	II-2
Gambar II-2. Arsitektur CNN .....	II-3
Gambar II-3. Proses <i>Convolution Layer</i> .....	II-4
Gambar II-4. Operasi <i>Max Pooling</i> dan <i>Average Pooling</i> .....	II-5
Gambar II-5. Proses <i>Fully Connected Layer</i> .....	II-6
Gambar II-6. Arsitektur VGG-16.....	II-7
Gambar II-7. Arsitektur ResNet-50 .....	II-8
Gambar II-8. Arsitektur InceptionV3.....	II-9
Gambar II-9. Arsitektur MobileNet .....	II-10
Gambar II-10. Arsitektur EfficientNetB7 .....	II-11
Gambar II-11. <i>Confusion Matrix</i> .....	II-12
Gambar II-12. Fase-Fase RUP .....	II-14
Gambar III-1. Tahapan-Tahapan Penelitian.....	III-4
Gambar III-2. Kerangka Kerja Proses Klasifikasi Tumor Otak Menggunakan arsitektur CNN .....	III-5
Gambar III-3. Diagram Alur Tahapan <i>Data Pre-processing</i> .....	III-6
Gambar III-4. Proses dari <i>Data Pre-processing</i> .....	III-7
Gambar IV-1. <i>Use Case Diagram</i> Perangkat Lunak .....	IV-3
Gambar IV-2. Rancangan <i>Interface</i> Halaman <i>Home</i> .....	IV-8
Gambar IV-3. Rancangan <i>Interface</i> Halaman Prediksi Sebelum Proses Klasifikasi .....	IV-8
Gambar IV-4. Rancangan <i>Interface</i> Halaman Prediksi Setelah Proses Klasifikasi .....	IV-9
Gambar IV-5. <i>Activity Diagram</i> Input Citra Otak .....	IV-10
Gambar IV-6. <i>Activity Diagram</i> Klasifikasi Citra Otak.....	IV-11
Gambar IV-7. <i>Sequence Diagram</i> Input Citra Otak .....	IV-12
Gambar IV-8. <i>Sequence Diagram</i> Klasifikasi Citra Otak.....	IV-13
Gambar IV-9. <i>Class Diagram</i> Perangkat Lunak Klasifikasi Citra Tumor Otak..... .....	IV-14
Gambar IV-10. <i>Interface</i> Halaman <i>Home</i> .....	IV-16
Gambar IV-11. <i>Interface</i> Halaman Prediksi Sebelum Proses Klasifikasi.....	IV-16
Gambar IV-12. <i>Interface</i> Halaman Prediksi Setelah Proses Klasifikasi.....	IV-17
Gambar V-1. Grafik <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> Model 1 .....	V-4
Gambar V-2. <i>Confusion Matrix</i> Model 1 Berdasarkan Pengujian dengan Data Uji .....	V-5
Gambar V-3. Grafik <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> Model 2 .....	V-6



Gambar V-4. <i>Confusion Matrix</i> Model 2 Berdasarkan Pengujian dengan Data Uji .....	V-7
Gambar V-5. Grafik <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> Model 3 .....	V-8
Gambar V-6. <i>Confusion Matrix</i> Model 3 Berdasarkan Pengujian dengan Data Uji .....	V-9
Gambar V-7. Grafik <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> Model 4 ....	V-10
Gambar V-8. <i>Confusion Matrix</i> Model 4 Berdasarkan Pengujian dengan Data Uji .....	V-11
Gambar V-9. Grafik <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> Model 5 ....	V-12
Gambar V-10. <i>Confusion Matrix</i> Model 5 Berdasarkan Pengujian dengan Data Uji .....	V-13
Gambar V-11. Grafik <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> Model 6..	V-14
Gambar V-12. <i>Confusion Matrix</i> Model 6 Berdasarkan Pengujian dengan Data Uji .....	V-15
Gambar V-13. Grafik <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> Model 7..	V-16
Gambar V-14. <i>Confusion Matrix</i> Model 7 Berdasarkan Pengujian dengan Data Uji .....	V-17
Gambar V-15. Grafik <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> Model 8..	V-18
Gambar V-16. <i>Confusion Matrix</i> Model 8 Berdasarkan Pengujian dengan Data Uji .....	V-19
Gambar V-17. Grafik <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> Model 9..	V-20
Gambar V-18. <i>Confusion Matrix</i> Model 9 Berdasarkan Pengujian dengan Data Uji .....	V-21
Gambar V-19. Diagram Perbandingan Akurasi Pengujian .....	V-24

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode Program.....	xxiii
-------------------------------	-------

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Pendahuluan**

Bab ini membahas secara rinci latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan dan kesimpulan berdasarkan penelitian yang diajukan.

### **1.2 Latar Belakang Masalah**

Tumor otak merupakan salah satu penyakit berbahaya yang dapat menjadi penyebab kematian manusia. Tumor ini bisa langsung menghancurkan semua sel otak yang sehat dengan memadati bagian lain dari otak. Hal ini menyebabkan peradangan, pembengkakan otak dan tekanan di dalam tengkorak (Logeswari & Karnan, 2010a).

Terdapat teknik pencitraan medis untuk mendeteksi tumor otak, yaitu dengan pemeriksaan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Citra MRI didiagnostik untuk mendeteksi awal perubahan abnormal dalam jaringan dan organ. Teknik ini memiliki resolusi kontras yang cukup baik serta memiliki keunggulan dibandingkan teknik lain seperti *Computerized Tomography* (CT) (Shen et al., 2005). Hasil citra MRI yang akan digunakan dokter untuk menganalisa dan mengklasifikasi tumor otak. Namun, melakukan klasifikasi secara manual membutuhkan waktu yang cukup lama. Dengan mengolah hasil citra dari MRI maka dapat dikembangkan metode alternatif yang lebih cepat dalam mengklasifikasikan tumor otak.

Metode *machine learning* dan *deep learning* merupakan metode yang cukup sering digunakan untuk melakukan proses klasifikasi. Metode *machine learning* dan *deep learning* dapat digunakan untuk melakukan analisa dan mempelajari fitur – fitur pada data citra otak dari hasil MRI, sehingga dapat melakukan klasifikasi citra otak yang terdapat tumor dan citra otak yang tidak terdapat tumor. Namun, metode *deep learning* dapat mengungguli algoritma *machine learning* karena metode *deep learning* dapat dengan jelas dalam membedakan citra dengan karakteristik serupa yang sulit dikenali oleh metode tradisional *machine learning*. Bahkan *deep learning* dapat mengekstraksi fitur secara objektif dengan sendirinya dan dapat langsung memproses data gambar dalam 2 dimensi, sedangkan pada metode tradisional *machine learning* memerlukan ekstraksi fitur khusus dalam proses *feature learning* (Lai, 2019).

*Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan arsitektur *deep learning* dengan urutan *feed forward layer* yang diatur dalam *convolution layers*, *batch normalization layer*, *max-pooling layer*, *non-linear function ReLU layer*, dan *fully-connected layer* (Shanjida & Mohiuddin, 2022). Arsitektur CNN cocok digunakan untuk masalah klasifikasi karena CNN sangat baik dalam mengekstraksi fitur yang kompleks secara otomatis dan efisien untuk klasifikasi citra dengan skala yang besar (Baranwal et al., 2020). Tetapi, pelatihan CNN dari awal dapat memakan waktu karena membutuhkan dataset berlabel yang sangat besar dalam melakukan pelatihan, sebelum model siap digunakan untuk melakukan klasifikasi. Selain itu dibutuhkan juga beberapa persyaratan perangkat keras untuk memproses sejumlah besar filter untuk ukuran gambar yang besar (Mohsen et al., 2018).

Berdasarkan uraian tersebut, maka pada penelitian ini diimplementasikan arsitektur CNN untuk melakukan klasifikasi citra tumor otak dari hasil pemeriksaan MRI.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun model yang dapat melakukan klasifikasi citra otak terdapat tumor dan citra otak tidak terdapat tumor?
2. Bagaimana akurasi dan performa dalam klasifikasi citra otak terdapat tumor dan citra otak tidak terdapat tumor dengan menggunakan model CNN yang telah dibangun?

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan *customize* pada arsitektur dan parameter CNN untuk membangun model CNN yang dapat mengklasifikasi citra tumor otak.
2. Mengukur dan mengetahui akurasi dan performa model CNN yang telah dibangun pada klasifikasi citra tumor otak.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat membantu tenaga medis untuk mengklasifikasi tumor otak.
2. Penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam pengembangan model yang lebih baik untuk klasifikasi tumor otak.
3. Penelitian ini dapat digunakan sebagai rujukan dalam penelitian lebih lanjut mengenai klasifikasi citra tumor otak menggunakan model CNN.

## **1.6 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini terarah dan tidak terlalu meluas, dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Model CNN yang dibangun dapat melakukan klasifikasi pada citra otak terdapat tumor dan citra otak tidak terdapat tumor.
2. Dataset yang digunakan untuk pelatihan dan pengujian model CNN adalah *Brain MRI Images for Brain Tumor Detection* (Chakrabarty, 2019) yang bersumber dari Kaggle.
3. Arsitektur CNN yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arsitektur VGG-16, ResNet-50, InceptionV3, MobileNet, dan EfficientNetB7.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini membahas secara rinci latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II. KAJIAN LITERATUR**

Bab ini membahas secara rinci mengenai landasan teori dan penelitian – penelitian lain yang relevan yang menjadi dasar dalam menyusun penelitian ini.

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas mengenai data yang digunakan, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian, dan metode yang digunakan dalam pengembangan perangkat lunak.

### **BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK**

Bab ini membahas secara rinci mengenai tahapan dan proses pengembangan perangkat lunak berdasarkan perencanaan pada BAB III, dan pengujian pada perangkat lunak yang telah dikembangkan untuk penelitian.

## **BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN**

Bab ini membahas secara rinci mengenai hasil dari pengujian yang dilakukan dan melakukan analisa pada hasil pengujian tersebut.

## **BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini membahas kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya guna mengembangkan penelitian tersebut.

### **1.8 Kesimpulan**

Bab ini membahas terkait latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan dalam penelitian ini. Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat disimpulkan dalam penelitian ini akan dikembangkan model CNN untuk melakukan klasifikasi citra tumor otak.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alwanda, M. R., Ramadhan, R. P. K., & Alamsyah, D. (2020). Implementasi Metode Convolutional Neural Network Menggunakan Arsitektur LeNet-5 untuk Pengenalan Doodle. *Jurnal Algoritme*, 1(1), 45–56. <https://doi.org/10.35957/algoritme.v1i1.434>
- Anwar, A. (2014). A Review of RUP (Rational Unified Process). *International Journal of Software Engineering*, 5(2), 8–24. <http://www.cscjournals.org/library/manuscriptinfo.php?mc=IJSE-142>
- Arunnehr, J., Kumar, A., & Verma, J. P. (2020). Early prediction of brain tumor classification using convolution neural networks. *Communications in Computer and Information Science*, 1192 CCIS(December), 16–25. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-3666-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-15-3666-3_2)
- Baheti, B., Innani, S., Gajre, S., & Talbar, S. (2020). Eff-UNet: A novel architecture for semantic segmentation in unstructured environment. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2020-June*, 1473–1481. <https://doi.org/10.1109/CVPRW50498.2020.00187>
- Baranwal, S. K., Jaiswal, K., Vaibhav, K., Kumar, A., & Srikantaswamy, R. (2020). Performance analysis of Brain Tumour Image Classification using CNN and SVM. *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Research in Computing Applications, ICIRCA 2020*, 537–542. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9183023>
- Chakrabarty, N. (2019). Brain MRI Images for Brain Tumor Detection. In *Kaggle*. <https://www.kaggle.com/navoneel/brain-mri-images-for-brain-tumor-detection>
- Demir, A., Yilmaz, F., & Kose, O. (2019). Early detection of skin cancer using deep learning architectures: Resnet-101 and inception-v3. *TIPTEKNO 2019 - Tip Teknolojileri Kongresi, 2019-Janua*, 283–286. <https://doi.org/10.1109/TIPTEKNO47231.2019.8972045>
- Febrianti, A. S., Sardjono, T. A., & Babgei, A. F. (2020). Klasifikasi Tumor Otak pada Citra Magnetic Resonance Image dengan Menggunakan Metode Support Vector Machine. *Jurnal Teknik ITS*, 9(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i1.51587>
- Guo, Y., Liu, Y., Oerlemans, A., Lao, S., Wu, S., & Lew, M. S. (2016). Deep learning for visual understanding: A review. *Neurocomputing*, 187, 27–48. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.09.116>
- Handore, S. S. V., & Patil, P. M. (2015). An efficient method for Segmentation and Detection of Brain Tumor in MRI images. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 912–916.
- Khan, H. A., Jue, W., Mushtaq, M., & Mushtaq, M. U. (2020). Brain tumor classification in MRI image using convolutional neural network.

- Mathematical Biosciences and Engineering*, 17(5), 6203–6216.  
<https://doi.org/10.3934/MBE.2020328>
- Kroll, P., & Kruchten, P. (2003). *The rational unified process made easy: a practitioner's guide to the RUP*. Addison-Wesley Professional.
- Lai, Y. (2019). A Comparison of Traditional Machine Learning and Deep Learning in Image Recognition. *Journal of Physics: Conference Series*, 1314(1).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1314/1/012148>
- Li, Z., Yang, W., Peng, S., & Liu, F. (2020). *A Survey of Convolutional Neural Networks: Analysis, Applications, and Prospects*.
- Logeswari, T., & Karnan, M. (2010a). An Improved Implementation of Brain Tumor Detection Using Segmentation Based on Hierarchical Self Organizing Map. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 2(4), 591–595. <https://doi.org/10.7763/ijcte.2010.v2.207>
- Logeswari, T., & Karnan, M. (2010b). An improved implementation of brain tumor detection using soft computing. *2nd International Conference on Communication Software and Networks, ICCSN 2010*, 2(1), 147–151. <https://doi.org/10.1109/ICCSN.2010.10>
- Maulani, G. A. F., Hamdani, N. A., Bhakti, D. D., & Denni, I. (2021). The management application design of digital archiving letters. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098(4), 042005. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1098/4/042005>
- Mohammed, B. A., & Al-Ani, M. S. (2021). An efficient approach to diagnose brain tumors through deep CNN. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 18(1), 851–867. <https://doi.org/10.3934/MBE.2021045>
- Mohsen, H., El-Dahshan, E.-S. A., El-Horbaty, E.-S. M., & Salem, A.-B. M. (2018). Classification using deep learning neural networks for brain tumors. *Future Computing and Informatics Journal*, 3(1), 68–71. <https://doi.org/10.1016/j.fcij.2017.12.001>
- Novandya, A. (2017). PENERAPAN ALGORITMA KLASIFIKASI DATA MINING C4.5 PADA DATASET CUACA WILAYAH BEKASI. *KNiST*, 1(1), 368–372.
- Nurtantio Andono, P., T.Sutojo, & Muljono. (2017). *Pengolahan Citra Digital*. [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=zUJRDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=pengolahan+citra+digital+Pulung+Nurtantio+Andono,+T.Sutojo,+Muljono&ots=CiIkL5FTXN&sig=urfVwcDkgjVrty0\\_v-TbU5\\_ThRM&redir\\_esc=y#v=onepage&q=pengolahan+citra+digital+Pulung+Nurtanti](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=zUJRDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=pengolahan+citra+digital+Pulung+Nurtantio+Andono,+T.Sutojo,+Muljono&ots=CiIkL5FTXN&sig=urfVwcDkgjVrty0_v-TbU5_ThRM&redir_esc=y#v=onepage&q=pengolahan+citra+digital+Pulung+Nurtanti)
- Pangestu, M. A., & Bunyamin, H. (2018). Analisis Performa dan Pengembangan Sistem Deteksi Ras Anjing pada Gambar dengan Menggunakan Pre-Trained CNN Model. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 4, 337–344.
- Ramaneswaran, S., Srinivasan, K., Vincent, P. M. D. R., & Chang, C. Y. (2021). Hybrid Inception v3 XGBoost Model for Acute Lymphoblastic Leukemia

- Classification. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/2577375>
- Ravi, D., Wong, C., Deligianni, F., Berthelot, M., Andreu-Perez, J., Lo, B., & Yang, G. Z. (2017). Deep Learning for Health Informatics. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 21(1), 4–21. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2016.2636665>
- Rawat, W., & Wang, Z. (2017). *Deep Convolutional Neural Networks for Image Classification: A Comprehensive Review Optimization of Power Systems with Voltage Security Constraints View project Improved Evolutionary algorithms and their application to optimization of Smart grid operation.* [https://doi.org/10.1162/NECO\\_a\\_00990](https://doi.org/10.1162/NECO_a_00990)
- Salman, H., Grover, J., & Shankar, T. (2018). *Hierarchical Reinforcement Learning for Sequencing Behaviors.* 2733(March), 2709–2733. <https://doi.org/10.1162/NECO>
- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., & Zhmoginov, A. (2018). *Sandler\_MobileNetV2\_Inverted\_Residuals\_CVPR\_2018\_paper.pdf.* 4510–4520.
- Shabbir, A., Ali, N., Ahmed, J., Zafar, B., Rasheed, A., Sajid, M., Ahmed, A., & Dar, S. H. (2021). Satellite and Scene Image Classification Based on Transfer Learning and Fine Tuning of ResNet50. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5843816>
- Shadin, N. S., Sanjana, S., & Lisa, N. J. (2021). COVID-19 Diagnosis from Chest X-ray Images Using Convolutional Neural Network(CNN) and InceptionV3. *2021 International Conference on Information Technology, ICIT 2021 - Proceedings, July*, 799–804. <https://doi.org/10.1109/ICIT52682.2021.9491752>
- Shanjida, S., & Mohiuddin, M. (2022). *MRI-Image based Brain Tumor Detection and Classification using CNN-KNN.* June.
- Shen, S., Sandham, W., Granat, M., & Sterr, A. (2005). MRI fuzzy segmentation of brain tissue using neighborhood attraction with neural-network optimization. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 9(3), 459–467. <https://doi.org/10.1109/TITB.2005.847500>
- Siar, M., & Teshnehlal, M. (2019). Brain tumor detection using deep neural network and machine learning algorithm. *2019 9th International Conference on Computer and Knowledge Engineering, ICCKE 2019, October*, 363–368. <https://doi.org/10.1109/ICCKE48569.2019.8964846>
- Soeparno, H., & Kun, T. (2012). Penerapan Metode Konvolusi ..... (Wikaria Gazali; dkk) PENERAPAN METODE KONVOLUSI DALAM PENGOLAHAN CITRA DIGITAL. *Mat Stat*, 12(2), 103–113.
- Suartika E. P, I. W. (2016). Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Caltech 101. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1), 76. <http://repository.its.ac.id/48842/>

- Suta, I. B. L. M., Hartati, R. S., & Divayana, Y. (2019). Diagnosa Tumor Otak Berdasarkan Citra MRI (Magnetic Resonance Imaging). *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 18(2). <https://doi.org/10.24843/mite.2019.v18i02.p01>
- Tan, M., & Le, Q. V. (2019). EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. *International Conference on Machine Learning*, 6105–6104.
- Tyagi, V. (2018). Understanding Digital Image Processing. *Understanding Digital Image Processing*, November. <https://doi.org/10.1201/9781315123905>
- Visa, S., Ramsay, B., Ralescu, A., & Knaap, E. van der. (2011). *Confusion Matrix-based Feature Selection*. *Maics*, 710(1), 120-127. [https://www.researchgate.net/profile/Jennifer-Seitzer-2/publication/220833258\\_Using\\_a\\_Genetic\\_Algorithm\\_to\\_Evolve\\_a\\_D\\_Search\\_Heuristic/links/545a2bea0cf2bccc49132577/Using-a-Genetic-Algorithm-to-Evolve-a-D-Search-Heuristic.pdf#page=126](https://www.researchgate.net/profile/Jennifer-Seitzer-2/publication/220833258_Using_a_Genetic_Algorithm_to_Evolve_a_D_Search_Heuristic/links/545a2bea0cf2bccc49132577/Using-a-Genetic-Algorithm-to-Evolve-a-D-Search-Heuristic.pdf#page=126)
- Wang, W., Hu, Y., Zou, T., Liu, H., Wang, J., & Wang, X. (2020). A New Image Classification Approach via Improved MobileNet Models with Local Receptive Field Expansion in Shallow Layers. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8817849>