

**KLASIFIKASI TUMOR OTAK PADA CITRA *MAGNETIC
RESONANCE IMAGING* MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK* BERBASIS ARSITEKTUR *VGG-16***

Diajukan sebagai Syarat untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 pada
Jurusan Teknik Informatika



Oleh :

FARHAN NUGRAHA
NIM: 09021382126127

Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**KLASIFIKASI TUMOR OTAK PADA CITRA MAGNETIC RESONANCE
IMAGING MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
BERBASIS ARSITEKTUR VGG-16**

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Teknik Informatika

Oleh:
FARHAN NUGRAHA
09021382126127

Pembimbing 1 : Dr.M.Fachrurrozi,S.Si.,M.T.
NIP. 198005222008121002

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D
198004182020121001

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI

Pada hari Jumat tanggal 14 Maret 2025 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Farhan Nugraha

NIM : 09021382126127

Judul Skripsi : Klasifikasi Tumor Otak Pada Citra *Magnetic Resonance Imaging*
Menggunakan *Convolutional Neural Network* Berbasis Arsitektur
VGG-16

Dan dinyatakan LULUS.

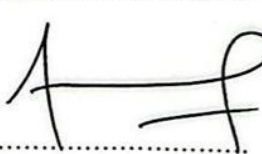
1. Ketua Penguji

Hadipurnawan Satria, M.Sc., Ph.D.
NIP. 198004182020121001

.....


2. Penguji 1

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

.....


3. Pembimbing

Dr.M.Fachrurrozi,S.Si.,M.T.
NIP. 198005222008121002

.....



HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farhan Nugraha

NIM : 09021382126127

Program Studi : Teknik Informatika

Judul Skripsi : Klasifikasi Tumor Otak Pada Citra *Magnetic Resonance Imaging*
Menggunakan *Convolutional Neural Network* Berbasis Arsitektur
VGG-16

Hasil Pengecekan Software Turnitin: 6%

Menyatakan bahwa laporan skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 10 Maret 2025

Penulis,



Farhan Nugraha

NIM. 09021382126127

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*“**Kesuksesan** bukanlah kunci kebahagiaan. Kebahagiaanlah yang menjadi kunci kesuksesan. Jika anda mencintai apa yang anda lakukan, anda akan **sukses**.”*

- Albert Schweitzer

Kupersembahkan karya tulis ini kepada :

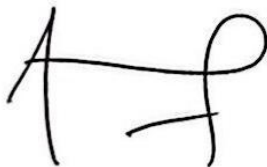
- Allah SWT
- Orang tua dan Keluarga
- Saudara-saudaraku
- Sahabat dan teman seperjuangan
- Dosen pembimbing akademik dan skripsi
- Almamater

ABSTRACT

Brain tumors are a serious disease that require early detection to ensure proper and effective treatment. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) is often used in brain tumor diagnosis, but manual analysis still has limitations, such as reliance on radiologist expertise and subjectivity in result interpretation. This study aims to develop a brain tumor classification model based on deep learning using a *Convolutional Neural Network* with the *VGG-16* architecture. It employs *transfer learning*, *data augmentation*, and *fine-tuning* on several final layers to enhance the ability to extract features from MRI images. The best model evaluation using a confusion matrix demonstrates excellent performance, achieving 98% *accuracy*, 99% *precision*, 97% *recall*, and an *F1-score* of 98%. With these achievements, this model is expected to serve as a reliable tool for medical professionals in classifying brain tumors more accurately and efficiently. Additionally, its implementation can help reduce the workload of medical personnel and improve the quality of healthcare services in image-based disease diagnosis.

Keywords : Brain Tumor, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), *Deep Learning*, *Convolutional Neural Network* (CNN), *VGG-16*, *Transfer Learning*, *Data Augmentation*, *Fine-Tuning*, *Classification*, *Confusion Matrix*.

Approved by,
Supervisor



Dr.M.Fachrurrozi,S.Si.,M.T.
NIP. 198005222008121002

Find Out,
Head of Informatics Engineering
Departement



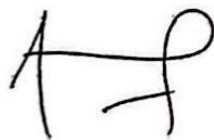
Hadipurnawan Satria, M.Sc., Ph.D.
NIP. 198004182020121001

ABSTRAKSI

Tumor otak merupakan penyakit serius yang memerlukan deteksi dini agar dapat ditangani dengan tepat dan efektif. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) sering digunakan dalam diagnosis tumor otak, namun analisis manual masih memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada keahlian radiologi serta subjektivitas dalam interpretasi hasil. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi tumor otak berbasis *deep learning* menggunakan *Convolutional Neural Network* berbasis arsitektur *VGG-16*. Penelitian ini menerapkan metode *transfer learning*, *data augmentation*, dan *fine-tuning* pada beberapa lapisan akhir untuk meningkatkan kemampuan dalam mengekstraksi fitur citra MRI. Hasil evaluasi model 2 menggunakan *confusion matrix* menunjukkan performa yang sangat baik, dengan *accuracy* 98%, *precision* 99%, *recall* 97%, dan *F1-score* 98%. Dengan pencapaian tersebut, model ini diharapkan dapat menjadi alat bantu yang andal bagi tenaga medis dalam mengklasifikasi tumor otak secara lebih akurat dan efisien. Selain itu, penerapan model ini dapat membantu mengurangi beban kerja tenaga medis serta meningkatkan kualitas layanan kesehatan dalam diagnosis berbasis pencitraan medis.

Kata kunci: Tumor Otak, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), *Deep Learning*, *Convolutional Neural Network* (CNN), *VGG-16*, *Transfer Learning*, *Data Augmentation*, *Fine-Tuning*, Klasifikasi, *Confusion Matrix*.

Disetujui Oleh,
Pembimbing



Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222008121002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, M.Sc., Ph.D.
NIP. 198004182020121001

KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur atas berkat dan rahmat Allah SWT yang telah memberikan hidayah, rahmat, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dan skripsi dengan judul “**Klasifikasi Tumor Otak Pada Citra *Magnetic Resonance Imaging* Menggunakan *Convolutional Neural Network* Berbasis Arsitektur *VGG-16***”. Penelitian ini disusun sebagai syarat dalam menyelesaikan studi Strata 1 Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun material. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki berupa kesehatan, kecerdasan, dan kelancaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi Muhammad Shallallahu ‘Alaihi wa Sallam yang telah membimbing umatnya dengan jalan yang terang serta ilmu yang bermanfaat.
3. Orang tuaku, Bapak A Chaki Cholik dan Ibu Rosnaini yang selalu menjadi penyemangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Saudaraku Fitri Meicha S.Kom, Fenny Dwi Yulianti S.T.,M.T, Apt Firda Tri Monisia S.Farm dan keluarga besar tercinta yang senantiasa ada memberikan dukungan penuh kepada penulis.

5. Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya Bapak Prof. Dr.Erwin, S.Si., M.Si.
6. Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, Bapak Hadipurnawan Satria, M.Sc., Ph.D.
7. Dosen pembimbing akademik, Ibu Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
8. Dosen Pembimbing Skripsi, Bapak Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T., yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, masukan, serta motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Informatika dan Fakultas Ilmu Komputer yang telah memberikan ilmu dan wawasan selama masa perkuliahan.
10. Rekan bimbingan skripsi yang selalu memberikan dukungan, inspirasi, dan menjadi tempat berdiskusi yang bermakna bagi penulis.
11. Rama Tanjung Anatasya, S.Sos., atas segala dukungan, semangat, motivasi, dan kebersamaannya sejak awal perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
12. Teman-teman seperjuanganku, khususnya anggota grup Lord Iyah dan Orang Sukses, yang senantiasa memberikan dukungan dan masukan selama proses penulisan skripsi ini.
13. Seluruh pihak yang turut berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat berbagai kekurangan, yang mungkin disebabkan oleh keterbatasan pengalaman, wawasan, serta pengelolaan waktu yang kurang optimal. Meskipun demikian, penulis

berharap bahwa skripsi ini dapat menjadi sumber informasi yang bermanfaat, baik bagi mahasiswa, akademisi, maupun pihak lain yang memiliki ketertarikan pada bidang ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan serta menjadi pijakan bagi penelitian selanjutnya.

Palembang, 10 Maret 2025

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

Farhan Nugraha

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAKSI.....	vii
KATA PENGHANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-4
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian	I-5
1.6 Batasan Masalah.....	I-5
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-6
1.8 Kesimpulan	I-8
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Landasan Teori	II-1
2.2.1 Klasifikasi	II-1
2.2.2 <i>Deep Learning</i>	II-3
2.2.3 <i>Convolutional Neural Network</i>	II-4
2.2.3.1 <i>Convolution Layer</i>	II-6
2.2.3.2 <i>Pooling Layer</i>	II-9
2.2.3.3 <i>ReLU (Rectrified Linear Unit)</i>	II-12
2.2.3.4 <i>Flattening Layer</i>	II-12

2.2.3.5	<i>Fully Connected Layer</i>	II-12
2.2.3.6	<i>Softmax</i>	II-13
2.2.4	Model Arsitektur <i>VGG-16</i>	II-13
2.2.5	Citra Tumor Otak	II-15
2.2.6	<i>Magnetic Resonance Imaging</i>	II-16
2.2.7	<i>Confusion Matrix</i>	II-17
2.3	Penelitian lain yang relevan	II-20
2.3.1	<i>Transfer Learning</i> model <i>Convolutional Neural Network</i> menggunakan <i>VGG-16</i> untuk Klasifikasi Tumor Otak pada Citra Hasil MRI	II-20
2.3.2	Brain Tumor Segmentation and Classification using CNN Pre- Trained <i>VGG-16</i> Model in MRI Images	II-20
2.3.2	Brain Tumor Analysis Using Deep Learning and <i>VGG-16</i> Ensembling Learning Approaches	II-21
2.4	Kesimpulan	II-21
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	Analisis Data	III-3
3.3	Tahapan Penelitian	III-4
3.3.1	Menentukan Kerangka Kerja Penelitian	III-5
3.3.2	Kriteria Pengujian	III-7
3.3.3	Format Data Pengujian	III-7
3.3.4	Alat Bantu Penelitian	III-9
3.3.5	Pengujian Penelitian	III-9
3.3.6	Analisis dan Hasil Kesimpulan	III-10
3.4	Manajemen Proyek	III-10
3.5	Kesimpulan	III-14
BAB IV PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK		IV-1
4.1	Pendahuluan	IV-1

4.2	<i>Rational Unified Process (RUP)</i>	IV-1
4.2.1	Fase Insepsi	IV-1
4.2.1.1	Permodelan Bisnis.....	IV-2
4.2.1.2	Kebutuhan Fungsional dan Non-Fungsional.....	IV-2
4.2.1.3	Analisis Data	IV-3
4.2.1.4	<i>Use Case Diagram</i>	IV-4
4.2.1.5	Skenario <i>Use Case</i>	IV-6
4.2.2	Fase Elaborasi	IV-10
4.2.2.1	Permodelan Bisnis.....	IV-11
4.2.2.2	Kebutuhan Perangkat Lunak	IV-15
4.2.2.3	Analisis dan Desain.....	IV-15
4.2.3	Fase Konstruksi.....	IV-19
4.2.3.1	Implementasi Rancangan <i>User Interface</i>	IV-20
4.2.4	Fase Transisi.....	IV-23
4.2.4.1	Implementasi Pengujian Sistem	IV-23
4.2.5	Pemeliharaan Sistem	IV-25
4.3	Kesimpulan	IV-25
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	V-1
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.....	V-3
5.3	Analisis Hasil Penelitian	V-9
5.3.1	Analisis Hasil Pengujian Menggunakan Data Uji.....	V-9
5.3.2	Analisis Hasil Pengujian Menggunakan Data <i>Unseen</i>	V-17
5.4	Keimpulan	V-24
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
6.1	Pendahuluan	VI-1
6.2	Kesimpulan	VI-1
6.3	Saran.....	VI-3
DAFTAR PUSTAKA		xvi
DAFTAR LAMPIRAN		xx

DAFTAR TABEL

Tabel II- 1 Confusion Matrix	II-18
Tabel III- 1 Kelas Dataset	III-3
Tabel III- 2 Pembagian dataset dengan konfigurasi 80:10:10	III-4
Tabel III- 3 Tabel Confusion Matrix	III-8
Tabel III- 4 Tabel Hasil Confusion Matrix	III-8
Tabel III- 5 Tabel Perhitungan Peforma.....	III-10
Tabel III- 6 Work Breakdown Structure.....	III-11
Tabel IV- 1 Kebutuhan Fungsional Perangkat Lunak	IV-3
Tabel IV- 2 Kebutuhan Non-Fungsional Perangkat Lunak	IV-3
Tabel IV- 3 Definisi aktor.....	IV-5
Tabel IV- 4 Definisi Use Case	IV-5
Tabel IV- 5 Skenario use case Mengklasifikasi label tumor	IV-6
Tabel IV- 6 Skenario Memilih dan Mengevaluasi Model	IV-9
Tabel IV- 7 Black Box Testing Tab Klasifikasi Tumor Otak.....	IV-24
Tabel V- 1 Arsitektur Model.....	V-2
Tabel V- 2 Confusion Matrix Skenario 1	V-7
Tabel V- 3 Tabel Hasil Confusion Matrix Skenario 1.....	V-7
Tabel V- 4 Confusion Matrix Skenario 2.....	V-8
Tabel V- 5 Tabel Hasil Confusion Matrix Skenario 2.....	V-8
Tabel V- 6 Tabel Perhitungan Performa Skenario 1	V-13
Tabel V- 7 Tabel Perhitungan Performa Skenario 2	V-13
Tabel V- 8 Confusion Matrix Unseen Skenario 1	V-18
Tabel V- 9 Tabel Hasil Confusion Matrix Unseen Skenario 1.....	V-18
Tabel V- 10 Tabel Perhitungan Performa Data Unseen Skenario 1	V-19
Tabel V- 11 Confusion Matrix Unseen Skenario 2	V-20
Tabel V- 12 Tabel Hasil Confusion Matrix Unseen Skenario 2.....	V-21
Tabel V- 13 Tabel Perhitungan Performa Data Unseen Skenario 2.....	V-22

DAFTAR GAMBAR

Gambar II- 1 Proses klasifikasi (Candra et al., 2024)	II-2
Gambar II- 3 Filtering konvolusi (Budiarto & Buana, 2021)	II-7
Gambar II- 4 Cara kerja pooling layer (Prastowo, 2021).....	II-9
Gambar II- 5 Proses maxpooling (Budiarto & Buana, 2021)	II-10
Gambar II- 6 Proses average pooling (Yani et al., 2019).....	II-11
Gambar II- 7 Model VGG-16 (Pardede & Hardiansah, 2022).....	II-14
Gambar II- 8 Gambar Otak Normal dan Tumor (Candra et al., 2024).....	II-16
Gambar III- 1 Tahapan Penelitian	III-5
Gambar III- 2 Kerangka Kerja Penelitian	III-6
Gambar IV- 1 Use Case Diagram.....	IV-4
Gambar IV- 2 Rancangan Antarmuka Halaman Utama	IV-12
Gambar IV- 3 Rancangan antarmuka halaman hasil klasifikasi.....	IV-13
Gambar IV- 4 Desain Halaman Evaluasi.....	IV-14
Gambar IV- 5 Activity Diagram Mengklasifikasi Label Tumor Otak.....	IV-17
Gambar IV- 6 Activity Diagram Menganalisis hasil evaluasi model	IV-17
Gambar IV- 7 Sequence Diagram Klasifikasi Tumor Otak.....	IV-18
Gambar IV- 8 Class Diagram	IV-19
Gambar IV- 9 Antarmuka Halaman Utama	IV-20
Gambar IV- 10 Antarmuka Hasil Klasifikasi Citra	IV-21
Gambar IV- 11 Antarmuka Evaluasi Model	IV-22
Gambar V- 1 Hasil Training dan Validation Skenario 1	V-3
Gambar V- 2 Hasil Training dan Validation Skenario 2	V-5
Gambar V- 3 Analisis Kesalahan Prediksi Model 1 dan Model 2	V-11
Gambar V- 4 Perbandingan Performa Skenario 1 dan Skenario 2	V-14

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab pendahuluan akan membahas latar belakang permasalahan, merinci tujuan serta manfaat penelitian, menetapkan batasan penelitian, serta menjelaskan sistematika penulisan. Selain itu, bagian ini juga menyajikan gambaran umum mengenai keseluruhan kegiatan penelitian.

1.2 Latar Belakang

Tumor otak adalah kondisi di mana sel-sel di dalam atau di sekitar otak tumbuh secara tidak normal dan tidak terkendali, membentuk massa yang tidak biasa di area otak (Andre et al., 2021). Jumlah kasus tumor otak di seluruh dunia terus meningkat setiap tahunnya. Di Indonesia, sekitar 300 pasien didiagnosis dengan tumor otak setiap tahun, dan kondisi ini tidak hanya mempengaruhi orang dewasa, tetapi juga anak-anak. Banyak gejala tumor otak yang sering diabaikan, padahal statistik menunjukkan bahwa 1 dari 6 kematian global disebabkan oleh tumor, dengan 70% kasus terjadi di negara berkembang. Di Indonesia, kematian akibat tumor berada di urutan setelah ginjal, diabetes, stroke, dan hipertensi. Keterlambatan penanganan menjadi faktor utama tingginya angka kematian, karena banyak pasien baru mengunjungi fasilitas medis ketika kondisinya sudah parah. Diagnosis tumor dilakukan melalui pemeriksaan saraf penglihatan, pendengaran, dan refleks tubuh, serta dengan pengambilan sampel jaringan sel. Peralatan

radiologi seperti *CT scan* dan MRI digunakan untuk deteksi dan diagnosis tumor otak (Citra R et al., 2024). Meskipun MRI memberikan visualisasi otak yang rinci, identifikasi jenis tumor masih bergantung pada interpretasi manual ahli radiologi, yang bisa bervariasi dan kurang konsisten. Klasifikasi tumor dari citra MRI memerlukan keahlian mendalam, yang sering menyebabkan keterlambatan diagnosis. Pola tumor yang rumit atau mirip jaringan sehat juga menyulitkan deteksi tanpa bantuan model pembelajaran mesin yang canggih (Citra R et al., 2024).

Convolutional Neural Network (CNN) adalah salah satu metode *deep learning* yang paling populer, terinspirasi oleh struktur sistem visual mamalia. CNN dirancang untuk mengatasi berbagai karakteristik gambar seperti pergeseran, distorsi, dan penskalaan, dengan menggunakan kerangka kerja konseptual yang kuat. Kerangka ini mencakup elemen-elemen penting seperti pembagian bobot, ruang pengambilan sampel, dan persepsi, memungkinkan CNN berfungsi secara efektif dalam analisis visual yang kompleks. Dalam klasifikasi tumor otak pada citra MRI, CNN terbukti sangat efektif, memberikan hasil akurat dalam mengklasifikasikan tumor. Proses optimisasi dalam CNN dilakukan melalui lapisan-lapisan yang mengekstraksi fitur penting dari citra, memungkinkan klasifikasi yang tepat dan analisis citra yang akurat (Hakim et al., 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh (Berliani et al., 2023) membandingkan akurasi klasifikasi citra *X-ray* paru-paru menggunakan dua metode *Convolutional Neural Networks (CNN)*, yaitu *ResNet-50* dan *VGG-16*. Pada epoch ke-200, *VGG-16* menunjukkan akurasi yang lebih tinggi serta waktu inferensi yang lebih cepat

dibandingkan *ResNet-50*, meskipun perbedaan waktu ini tidak signifikan secara statistik ($t = 0,09$, $p = 0,9289$). Kedua model mencapai akurasi di atas 85% pada semua metrik evaluasi, tetapi *VGG-16* dinilai lebih unggul dalam hal kecepatan dan efektivitas untuk klasifikasi citra medis *X-ray*. Penelitian yang dilakukan oleh (Agustina et al., 2022) berhasil merancang sistem klasifikasi kanker kulit menggunakan metode CNN dengan arsitektur *VGG-16*. Sistem ini mampu mengklasifikasikan kanker kulit ke dalam 4 kelas, yaitu melanoma, karsinoma sel skuamosa, dermatofibroma, dan nevus pigmentosus. Hasil yang diperoleh menunjukkan *accuracy* sebesar 99,70%, *loss* 0,0055, *precision* 0,9975, *recall* 0,9975, dan *f1-score* 0,9950. Sementara itu, (Candra et al., 2024) menerapkan *transfer learning* menggunakan metode CNN *VGG-16* untuk klasifikasi tumor otak pada citra MRI. Dengan dataset dari *Kaggle* berisi 253 gambar, model mencapai *accuracy* 97% dan *f1-Score* 96%, menunjukkan keandalan tinggi dalam klasifikasi tumor otak.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode CNN dalam pengklasifikasian tumor otak dengan memanfaatkan dataset sekunder yang diperoleh dari *Kaggle*. Studi serupa yang dilakukan oleh (Candra et al., 2024) menunjukkan bahwa penggunaan dataset yang lebih besar dapat meningkatkan akurasi dalam mengklasifikasikan tumor otak dari citra MRI. Selain itu, menambahkan lapisan konvolusi juga berpotensi meningkatkan akurasi, meskipun berdampak pada waktu pemrosesan yang lebih lama.

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tumor otak pada citra MRI dengan menerapkan metode *Convolutional Neural Network* berbasis arsitektur

VGG-16. Berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian ini mengintegrasikan metode *transfer learning* untuk memanfaatkan bobot model yang telah dilatih sebelumnya, *data augmentation* untuk memperkaya variasi data guna meningkatkan kemampuan generalisasi model, serta *fine-tuning* pada beberapa lapisan akhir untuk mengoptimalkan proses ekstraksi fitur. Pendekatan ini diterapkan guna meningkatkan akurasi model dalam mengklasifikasi tumor otak secara lebih efektif. Selain itu penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem otomatis yang mendukung tenaga medis dalam proses diagnosis.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana metode *Convolutional Neural Network* berbasis arsitektur *VGG-16* dapat diterapkan untuk mengklasifikasikan tumor otak berdasarkan citra MRI ?
2. Bagaimana performa model klasifikasi tumor otak menggunakan metode *Convolutional Neural Network* berbasis arsitektur *VGG-16* dapat dievaluasi berdasarkan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1 score*, serta waktu pemrosesan?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menghasilkan model dan mengembangkan perangkat lunak untuk mengklasifikasikan tumor otak pada citra *Magnetic Resonance Imaging* dengan menerapkan metode *Convolutional Neural Network* berbasis arsitektur *VGG-16*.
2. Mengevaluasi performa model berdasarkan metrik evaluasi utama, yaitu *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score*, serta menghitung waktu pemrosesan untuk menilai seberapa efektif dan efisien model dalam melakukan klasifikasi tumor otak.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung tenaga medis dalam mengklasifikasikan tumor otak secara lebih cepat dan akurat melalui citra MRI, sehingga dapat mempercepat proses diagnosis.
2. Menjadi pedoman dalam pengembangan penelitian lebih lanjut terkait klasifikasi tumor otak dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dengan penerapan arsitektur *VGG-16*

1.6 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup masalah pada penelitian ini jelas dan terhindar dari penyimpangan selama proses penelitian dan pengembangan perangkat lunak, maka diterapkan batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Penelitian ini memanfaatkan citra MRI dari dataset sekunder yang diperoleh dari *Kaggle* sebagai data utama, yang terbagi menjadi dua kelas, yaitu tumor dan normal.
2. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tumor otak menggunakan arsitektur *VGG-16* dengan metode *Convolutional Neural Network*, namun tidak sampai menentukan jenis tumor secara spesifik.
3. Penelitian ini tidak mempertimbangkan variasi kompleksitas tumor otak, seperti ukuran, bentuk, atau jenis yang jarang ditemui, yang dapat berdampak pada akurasi klasifikasi.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan berbagai aspek penting dalam penelitian, meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat yang diharapkan, batasan penelitian, serta sistematika penulisan laporan secara terstruktur.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini akan menjelaskan teori yang menjadi dasar penelitian, meliputi penjelasan mengenai klasifikasi, penerapan *deep learning* dengan *Convolutional Neural Network (CNN)*, serta arsitektur model *VGG-16*. Selain itu, konsep-konsep lain yang berkaitan dengan topik penelitian juga akan dibahas dalam bab ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas metode yang diterapkan dalam proses penelitian, termasuk kerangka dan prosedur penelitian. Setiap tahapan dijelaskan secara detail berdasarkan kerangka kerja yang telah ditentukan. Selain itu, pada bagian bab akhir ini, akan disajikan perancangan manajemen proyek yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini membahas pengembangan perangkat lunak untuk klasifikasi tumor otak, mulai dari perancangan arsitektur sistem hingga implementasi model dengan metode CNN berbasis *VGG-16*. Selain itu, bab ini juga menguraikan berbagai tahapan dalam pengembangan, pengujian, dan validasi sistem yang telah dilakukan.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini menyajikan hasil evaluasi perangkat lunak yang telah dikembangkan, dengan fokus pada analisis kinerja model menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Selain itu, bab ini mengevaluasi efektivitas model dalam mengklasifikasikan tumor otak serta memberikan wawasan mengenai kinerjanya berdasarkan hasil analisis pengujian.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan penelitian dan rekomendasi pengembangan ke depan. Kesimpulan didasarkan pada hasil pengujian dan analisis, dengan saran untuk penelitian lanjutan atau peningkatan sistem.

1.8 Kesimpulan

Pada bab ini telah dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan batasan penelitian terkait klasifikasi tumor otak pada citra MRI menggunakan CNN berbasis arsitektur *VGG-16*. Penelitian ini berfokus pada pengembangan model untuk mencapai akurasi maksimal dan waktu pemrosesan yang efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R., Magdalena, R., & Pratiwi, N. K. C. (2022). Klasifikasi Kanker Kulit menggunakan Metode Convolutional Neural Network dengan Arsitektur VGG-16. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 10(2), 446. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v10i2.446>
- Aini, Q., Lutfiani, N., Kusumah, H., & Zahran, M. S. (2021). *DETEKSI DAN PENGENALAN OBJEK DENGAN MODEL MACHINE LEARNING: MODEL YOLO* (Vol. 6, Issue 2).
- Alim, M. A., Aditdya, M., Septiana Ananda, P., & Gunawan, G. (2024). *PENERAPAN COMPUTER VISION UNTUK MENDETEKSI KELENGKAPAN ATRIBUT SISWA MENGGUNAKAN METODE CNN*. 11(2).
- Andre, R., Wahyu, B., & Purbaningtyas, R. (2021). *KLASIFIKASI TUMOR OTAK MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN ARSITEKTUR EFFICIENTNET-B3* (Vol. 11, Issue 3). <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/index>
- Berliani, T., Rahardja, E., & Septiana, L. (2023). Perbandingan Kemampuan Klasifikasi Citra X-ray Paru-paru menggunakan Transfer Learning ResNet-50 dan VGG-16. *Journal of Medicine and Health*, 5(2), 123–135. <https://doi.org/10.28932/jmh.v5i2.6116>
- Budiarto, H. R., & Buana, I. K. S. (2021). Deteksi Serangan Spoofing Wajah Menggunakan Convolutional Neural Network. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 7(3). <https://doi.org/10.28932/jutisi.v7i3.4001>
- Candra, D., Wibisono, G., Ayu, M., & Afrad, M. (2024a). LEDGER: Journal Informatic and Information Technology Transfer Learning model Convolutional Neural Network menggunakan VGG-16 untuk Klasifikasi Tumor Otak pada Citra Hasil MRI. In *OPEN ACCESS LEDGER* (Vol. 3, Issue 1).
- Citra R, F., Indriyani, F., & Rahadjeng, I. R. (2024a). Klasifikasi Tumor Otak Berbasis Magnetic Resonance Imaging Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network. *Digital Transformation Technology*, 3(2), 918–924. <https://doi.org/10.47709/digitech.v3i2.3469>
- Desai, M., & Shah, M. (2021). An anatomization on breast cancer detection and diagnosis employing multi-layer perceptron neural network (MLP) and Convolutional neural network (CNN). In *Clinical eHealth* (Vol. 4, pp. 1–11). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.ceh.2020.11.002>

- Faizal, N. M., Firmansyah, A. B., & Purbaningtyas, R. (2023). *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science Classification of Alzheimer's dementia severity using Convolutional Neural Network method on MRI image of brain Klasifikasi Keparahan Demensia Alzheimer Menggunakan Metode Convolutional Neural Network pada Citra MRI Otak*. 3, 1–7.
- Gayathri, & Sundeep, K. (2024). Brain Tumor Segmentation and Classification Using CNN Pre-Trained VGG-16 Model in MRI Images. *IIUM Engineering Journal*, 25(2), 196–211. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v25i2.2963>
- Gunova, V. (2020). IMPLEMENTASI DEEP LEARNING PADA SIMULASI AUTONOMOUS DRIVE MENGGUNAKAN AIRSIM. In *Journal of Software Engineering, Information and Communication Technology* (Vol. 1, Issue 1).
- Hakim, M. N. M., Nugroho, A. B., & Minarno, A. E. (2023). Prediksi Tumor Otak Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 17(1), 48. <https://doi.org/10.30872/jim.v17i1.5246>
- Hakim, Sari, Z., & Handhajani, H. (2021). Klasifikasi Citra Pigmen Kanker Kulit Menggunakan Convolutional Neural Network. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 5(2), 379–385. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i2.3001>
- Herdiansah, A., Borman, R. I., Nurnaningsih, D., Sinlae, A. A. J., & Al Hakim, R. R. (2022). Klasifikasi Citra Daun Herbal Dengan Menggunakan Backpropagation Neural Networks Berdasarkan Ekstraksi Ciri Bentuk. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(2), 388. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i2.4066>
- Indra, B. R., Ahmad, I., & Rahmanto, Y. (2022). Klasifikasi Citra Tanaman Perdu Liar Berkhasiat Obat Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function. *Bulletin of Informatics and Data Science*, 1(1). <https://ejurnal.pdsi.or.id/index.php/bids/index>
- Jatmiko, A. W. (2021). Efek Pemakaian Kontras Untuk Optimalisasi Citra Pada Pemeriksaan Diagnostik Magnetic Resonance Imaging (MRI). *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 23(1), 28. <https://doi.org/10.20473/jbp.v23i1.2021.28-39>
- Kholik, A. (2021). KLASIFIKASI MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) PADA TANGKAPAN LAYAR HALAMAN INSTAGRAM. *JDMSI*, 2(2), 10–20.

- Luthfi, B. P. (2024). *PENERAPAN ALGORITMA CNN (CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK) UNTUK DETEKSI DAN KLASIFIKASI TARGET MILITER BERDASARKAN CITRA SATELIT*.
- Mahaputri, C., Kristian, Y., & Setyati, E. (2022). Pengenalan Makanan Tradisional Indonesia Beserta Bahan-bahannya dengan Memanfaatkan DCNN Transfer Learning. *Journal of Intelligent System and Computation*, 4(2), 61–68. <https://doi.org/10.52985/insyst.v4i2.252>
- Pardede, J., & Hardiansah, H. (2022). Deteksi Objek Kereta Api menggunakan Metode Faster R-CNN dengan Arsitektur VGG 16. *MIND Journal*, 7(1), 21–36. <https://doi.org/10.26760/mindjournal.v7i1.21-36>
- Prasetyo, S. Y., & Nabiilah, G. Z. (2023). PERBANDINGAN MODEL MACHINE LEARNING PADA KLASIFIKASI TUMOR OTAK MENGGUNAKAN FITUR DISCRETE COSINE TRANSFORM. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 9(1), 29–34. <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/jtt>
- Prastowo, E. Y. (2021). Pengenalan Jenis Kayu Berdasarkan Citra Makroskopik Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 7(2). <https://doi.org/10.28932/jutisi.v7i2.3706>
- Rachmawanto, E. H., Hermanto, D., Pratama, Z., & Sari, C. A. (2024). *Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi (SEMNAS RISTEK) 2024 Jakarta*.
- Ramadhani, F., Satria, A., & Salamah, S. (2023). Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network dalam Mengidentifikasi Dini Penyakit pada Mata Katarak. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(4), 167–175. <https://doi.org/10.56211/sudo.v2i4.408>
- Riziq, S. A. M., Zidan Al-farish, M., Taufiqurrahman, M., Ardiansah, G., & Elgar, M. (2023). PENGGUNAAN PYTHON SEBAGAI BAHASA PEMROGRAMAN UNTUK MACHINE LEARNING DAN DEEP LEARNING. In *Karimah Tauhid* (Vol. 2, Issue 1).
- Sabri, N. (2020). A Comparison between Average and Max-Pooling in Convolutional Neural Network for Scoliosis Classification. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(1.4), 689–696. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/9791.42020>
- Sanjaya, U. P., Alawi, Z., Zayn, A. R., Dirgantara, G., Informatika, T., Sains, F., Teknologi, D., Ulama, N., & Giri, S. (2023). Optimasi Convolutional Neural Network dengan Standard Deviasi untuk Klasifikasi Pneumonia pada Citra X-rays Paru. In *Generation Journal* (Vol. 7, Issue 3).

- Wulandari, I., Yasin, H., & Widiharhi, T. (2020). *KLASIFIKASI CITRA DIGITAL BUMBU DAN REMPAH DENGAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)*.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/>
- Yani, M., Irawan, B., & Setiningsih, C. (2019). Application of Transfer Learning Using Convolutional Neural Network Method for Early Detection of Terry's Nail. *Journal of Physics: Conference Series*, 1201(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1201/1/012052>
- Younis, A., Qiang, L., Nyatega, C. O., Adamu, M. J., & Kawuwa, H. B. (2022). Brain Tumor Analysis Using Deep Learning and VGG-16 Ensembling Learning Approaches. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(14).
<https://doi.org/10.3390/app12147282>