

TESIS

**OPTIMASI KINERJA SINGLE-STAGE OBJECT
DETECTION MODEL PADA
DETEKSI TUMOR OTAK**



Oleh :

**Much Nurqolis
NIM: 23206051005**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
PROGRAM MAGISTER FAKULTAS SAINS DAN
TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-159/Un.02/DST/PP.00.9/01/2025

Tugas Akhir dengan judul : OPTIMASI KINERJA SINGLE-STAGE OBJECT DETECTION MODEL PADA DETEKSI TUMOR OTAK

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUCH NURQOLIS, S.Kom
Nomor Induk Mahasiswa : 23206051005
Telah diujikan pada : Jumat, 17 Januari 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 6790a89412a73



Penguji I

Dr. Agung Fatwanto, S.Si., M.Kom.
SIGNED

Valid ID: 678db9da99c27



Penguji II

Muhammad Mustakim, S.T. M.T.
SIGNED

Valid ID: 67905417d3c62



Yogyakarta, 17 Januari 2025

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6791abed66c4a

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Much Nurqolis

NIM : 23206051005

Jenjang : Magister

Program Studi : Informatika

menyatakan bahwa naskah tesis ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Yogyakarta, 23 Januari 2025

Saya yang Menyatakan



Much Nurqolis

NIM: 23206051005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Much Nurqolis

NIM : 23206051005

Jenjang : Magister

Program Studi : Informatika

menyatakan bahwa naskah tesis ini secara keseluruhan benar-benar bebas dari plagiasi. Jika di kemudian hari terbukti melakukan plagiasi, maka saya siap ditindak sesuai ketentuan hukum yang berlaku

Yogyakarta, 23 Januari 2025

Saya yang menyatakan,



Much Nurqolis

NIM: 23206051005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

NOTA DINAS PEMBIMBING

Kepada Yth.,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga
Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi terhadap penulisan tesis yang berjudul:

**OPTIMASI KINERJA SINGLE-STAGE OBJECT DETECTION
MODEL PADA DETEKSI TUMOR OTAK**

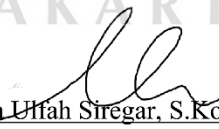
Yang ditulis oleh:

Nama	: Much Nurqolis
NIM	: 23206051005
Jenjang	: Magister
Program Studi	: Informatika

Saya berpendapat bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Magister Informatika UIN Sunan Kalijaga untuk diujikan dalam rangka memperoleh gelar Magister Informatika.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 14 Januari 2024
Pembimbing


Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D.
NIP 19780106 200212 2 001

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) untuk menganalisis citra MRI dalam mendeteksi abnormalitas otak, seperti glioma, meningioma, tumor pituitari, dan kondisi normal. Tiga model utama yang dievaluasi adalah *YOLOv8*, *YOLOv11*, dan *SSD MobileNet*, dengan berbagai pengaturan hyperparameter, termasuk optimasi menggunakan Optuna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *YOLOv8* dengan Augmentasi 1 dan Optuna menghasilkan performa terbaik dengan *precision* sebesar 0.988, *recall* 0.986, *mAP50* 0.992, dan *mAP50-95* 0.813. *YOLOv11* juga menunjukkan performa tinggi dengan *precision* sebesar 0.983, *recall* 0.983, *mAP50* 0.990, dan *mAP50-95* 0.801. Sebaliknya, *SSD MobileNet* memiliki performa yang lebih rendah, dengan *precision* tertinggi hanya mencapai 0.7928 meskipun telah dilakukan optimasi.

Penelitian ini menekankan pentingnya interpretabilitas model AI untuk mendukung kepercayaan dalam aplikasi klinis. Teknik *Explainable AI (XAI)*, seperti *Eigen-CAM* dan *LIME*, diterapkan untuk memvisualisasikan area penting dalam citra *MRI*, seperti lokasi tumor yang dianggap relevan oleh model. Visualisasi ini membantu tenaga medis memahami proses pengambilan keputusan model, sehingga memberikan justifikasi terhadap hasil prediksi.

Dengan transparansi melalui integrasi *XAI*, penelitian ini meningkatkan potensi adopsi AI dalam lingkungan klinis yang membutuhkan akurasi tinggi dan justifikasi jelas. Hasil penelitian ini membuka peluang pengembangan model serupa pada jenis data medis lainnya, seperti *CT scan* atau radiografi, serta penerapan *XAI* dalam sistem AI yang lebih kompleks untuk mendukung pengambilan keputusan klinis secara efektif.

Kata Kunci : Deteksi *MRI* Tumor Otak, *Explainable AI (XAI)*, *YOLOv8*, AI Citra Medis, Optimasi *Hyperparameter*

ABSTRACT

This study focuses on utilizing artificial intelligence (AI) to analyze MRI images for detecting brain abnormalities such as glioma, meningioma, pituitary tumors, and normal conditions. Three primary models evaluated are YOLOv8, YOLOv11, and SSD MobileNet, with various hyperparameter settings, including optimization using Optuna. The results show that YOLOv8 with Augmentation 1 and Optuna achieved the best performance, with a precision of 0.988, recall of 0.986, mAP50 of 0.992, and mAP50-95 of 0.813. YOLOv11 also demonstrated high performance, achieving a precision of 0.983, recall of 0.983, mAP50 of 0.990, and mAP50-95 of 0.801. In contrast, SSD MobileNet had lower performance, with the highest precision reaching only 0.7928, even after optimization.

This study emphasizes the importance of AI model interpretability to support trust in clinical applications. Explainable AI (XAI) techniques, such as Eigen-CAM and LIME, were applied to visualize critical areas in MRI images, such as tumor locations considered relevant by the model. These visualizations assist medical professionals in understanding the model's decision-making process, providing clear justification for its predictions.

By integrating XAI for transparency, this study enhances the potential adoption of AI in clinical settings that require high accuracy and clear justification. The findings open opportunities to develop similar models for other medical data types, such as CT scans or radiography, as well as implementing XAI in more complex AI systems to support effective clinical decision-making.

Keyword : MRI brain tumor detection, Explainable AI (XAI), YOLOv8, Medical imaging AI, Hyperparameter optimization

MOTTO

Ojo ngasek dadi wong sek ra nduwe opo-opo,

Pengen opo-opo tur raiso ngopo-ngopo

Jangan sampai jadi orang yang tidak punya apa-apa,

ingin apa-apa tapi tidak bisa apa-apa

- K.H. Drs. Sudarman Masduqi -



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

1. Almamater tercinta Prodi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta
2. Kedua orang tua saya Bapak Giyono Muslim dan Ibu Kartinem
3. Guru saya K.H. Sudarman Masduqi
4. Kedua adik saya Isnaini Nur Khasanah dan Ahmad Lutfi Syarifuddin
5. Rekan Seperjuangan Prodi Magister Informatika Ganjil 2023
6. Rekan Dewan Asatidz Pondok Pesantren At-Taabbud Wonokromo
7. Kawan-kawan santri Pondok Pesantren At-Taabbud

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "*Optimasi Kinerja Single-Stage Object Detection Model* Pada Deteksi Tumor Otak". Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada program Magister Informatika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulisan tesis ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan teknologi yang andal dan transparan dalam mendukung diagnostik medis, khususnya dalam mendeteksi abnormalitas pada otak melalui pencitraan *MRI*. Dengan memanfaatkan kecerdasan buatan (*AI*) dan pendekatan *Explainable AI (XAI)*, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi dunia medis, baik secara teoretis maupun praktis.

Tesis ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga dan jajarannya
2. Ibu Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Bapak Dr. Ir. Sumarsono, S.T., M.Kom.. sebagai Ketua Program Studi Magister Informatika yang telah memberikan dukungan selama masa perkuliahan di Magister Informatika UIN Sunan Kalijaga.
4. Ibu Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D, sebagai dosen pembimbing tesis yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi selama proses penelitian dan penulisan tesis ini.
5. Bapak Dr. Ir. Bambang Sugiantoro, M.T., IPU., ASEAN Eng., atas dukungan akademis selama masa studi penulis.
6. Seluruh dosen dan staf di Program Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Yogyakarta yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama penulis menempuh pendidikan.
7. Bapak K.H Sudarman masduqi dan Ibu Nyai H. Hadimah yang telah memberikan doa dan motivasi selama menempuh pendidikan.
8. Orang tua Tercinta Bapak Giyono Muslim dan Ibu Kartinem, atas doa, dukungan, dan pengorbanan yang tak terhingga.

9. Kedua Adik saya Isnaini Nur Khasanah dan Ahmad Lutfi Syarifuddin yang telah snantiasa memberikan dukungan dalam menyelesaikan tesis ini.
10. Rekan-rekan Seperjuangan, yang selalu memberikan dukungan moral selama proses penyusunan tesis ini.
11. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebut satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa depan. Penulis berharap bahwa hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat, baik bagi perkembangan ilmu pengetahuan maupun aplikasi teknologi AI dalam dunia medis.

Akhir kata, semoga tesis ini dapat memberikan inspirasi bagi pembaca dan menjadi kontribusi positif bagi kemajuan teknologi di bidang kesehatan.

Yogyakarta, 23 Januari 2025

Penulis

Much Nurqolis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
NOTA DINAS PEMBIMBING	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Tujuan dan Manfaat Penelitian	6
1. Tujuan Penelitian:	6
2. Manfaat Penelitian:	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..	10
A. Kajian Pustaka	10
1. Penggunaan <i>YOLO</i> dan <i>SSD</i> dalam Deteksi Tumor Otak	10
2. Augmentasi Data	11

3. <i>Hyperparameter Tuning</i>	13
4. Evaluasi Algoritma dan Performa	14
5. <i>Explainable AI(XAI)</i>	16
6. Ringkasan Kajian Pustaka	18
B. Landasan Teori.....	25
1. Definisi Tumor Otak	25
2. Tantangan dalam Deteksi Tumor Otak	25
3. Dataset untuk Deteksi Tumor Otak.....	26
4. Preprocessing Data	27
5. <i>Single Stage Object Detection Model</i>	28
6. <i>Hyperparameter</i>	31
7. Evaluasi Kinerja Model Deteksi Objek.....	33
8. <i>Explainable Artificial Intelligence (XAI)</i>	35
BAB III METODE PENELITIAN	38
A. Metode Penelitian	38
B. Alat dan Lingkungan.....	38
C. Tahapan Peneltian	39
1. Persiapan Data.....	40
2. Preprocessing Data	40
3. Model <i>Deep Learning</i>	44
4. Pelatihan Model.....	46
5. Evaluasi Model.....	48
6. Interpretasi dengan <i>XAI</i>	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
A. Dataset.....	53
B. Preprocessing Data	54

1. Augmentasi Data	54
2. Pembagian Data.....	58
C. <i>Hyperparameter Tuning</i> untuk Pelatihan Model	58
D. Analisis Performa Model Berdasarkan Teknik Augmentasi	60
1. Evaluasi Menggunakan Grafik <i>Loss</i>	60
2. Evaluasi Menggunakan Metrik	61
3. Evaluasi Pengaruh Pengurangan Augmentasi.....	67
4. Analisis Performa Model	72
E. Analisis Performa Model Berdasarkan <i>Hyperparameter</i>	75
1. Evaluasi menggunakan Grafik <i>loss</i>	76
2. Evaluasi menggunakan Metrik.....	80
3. Analisis Performa.....	83
F. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	85
1. <i>YOLOv8</i>	85
2. <i>YOLOv11</i>	87
3. <i>SSD MobileNet</i>	87
G. Interpretasi model menggunakan <i>XAI</i>	89
1. Visualiasi dengan <i>Eigen-CAM</i>	90
2. Visualiasi dengan <i>LIME</i>	97
3. Analisis Interpretasi.....	98
BAB V PENUTUP	101
DAFTAR PUSTAKA.....	105
LAMPIRAN	115
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh dataset <i>MRI</i> dari Kaggle.....	26
Gambar 2. 2 Ilustrasi interpretasi <i>XAI</i>	37
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian.....	40
Gambar 3. 2 Arsitektur <i>YOLOv8</i>	45
Gambar 3. 3 Arsitektur <i>YOLOv11</i>	45
Gambar 3. 4 Arsitektur <i>SSD MobileNetv3</i>	46
Gambar 4. 1 Sampel Dataset, Citra dan Anotasinya	54
Gambar 4. 2 Gambar Augmentasi Secara Keseluruhan	55
Gambar 4. 3 Hasil Augmentasi 1.....	57
Gambar 4. 4 Hasil Augmentasi 2.....	57
Gambar 4. 5 Grafik <i>Train</i> dan <i>Val Loss</i> Pengaruh Augmentasi.....	60
Gambar 4. 6 <i>Confusion Matrix YOLOv8</i> dan Augmentasi 1...	62
Gambar 4. 7 <i>Precision-Recall Curve</i> pada <i>YOLOv8</i> dangan Augmentasi 1.....	64
Gambar 4. 8 Grafik <i>Loss</i> Pelatihan <i>SSD MobileNetv3</i>	69
Gambar 4. 9 Grafik <i>Loss YOLOv8</i>	76
Gambar 4. 10 Grafik <i>Loss YOLOv11</i>	77
Gambar 4. 11 Grafik <i>Loss SSD MobileNetV3</i>	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Ringkasan Kajian Pustaka	20
Tabel 4. 1 Distribusi Dataset	53
Tabel 4. 2 Teknik Augmentasi pada Penelitian ini.....	56
Tabel 4. 3 Pembagian Dataset	58
Tabel 4. 4 Setelan <i>hyperparameter</i> yang digunakan	59
Tabel 4. 5 Perhitungan <i>Precision</i> dan <i>Recall</i> Setiap Kelas.	63
Tabel 4. 6 Pengaruh Augmentasi Data Terhadap <i>YOLOv8</i> ..	65
Tabel 4. 7 Pengaruh Augmentasi Data Terhadap <i>YOLOv11</i>	65
Tabel 4. 8 Pengaruh Augmentasi Data Terhadap <i>SSD</i> <i>MobileNetV3</i>	65
Tabel 4. 9 Teknik Augmentasi yang diimplementasikan	68
Tabel 4. 10 Perbandingan Metrik Evaluasi Dataset Original , Augmentasi 1, 2 dan 3.....	70
Tabel 4. 11 pengaruh pengaturan <i>hyperparameter</i> terhadap model	81
Tabel 4. 12 Perbandingan <i>YOLOv8</i> dengan Penelitian Sebelumnya	85
Tabel 4. 13 Perbandingan <i>SSD MobileNet</i> dengan penelitian sebelumnya	88
Tabel 4. 14 Interpretasi <i>Eigen-CAM</i> pada <i>YOLOv8</i>	91
Tabel 4. 15 Interpretasi <i>LIME</i> pada <i>YOLOv8</i>	97

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Source Code Konversi Anotasi <i>YOLO</i> ke <i>SSD</i>	115
Lampiran 2 Source Code Optimasi dengan <i>OPTUNA</i>	117
Lampiran 3 Source Code Pelatihan Model.....	119



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kanker otak merupakan salah satu penyebab kematian terbesar di dunia, dengan lebih dari 9,6 juta kematian per tahun menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO)(Hikmah et al., 2024). Tumor otak dapat dibedakan menjadi dua jenis utama: tumor otak primer yang berasal dari otak itu sendiri, dan tumor sekunder atau metastasis yang berasal dari bagian tubuh lain(Sandhya et al., 2022). Glioma, meningioma, dan adenoma pituitari adalah beberapa jenis tumor otak primer yang paling sering ditemukan(Mithun & Jawhar, 2024). Deteksi dini dan diagnosis yang akurat sangat penting dalam penanganan tumor otak, karena keterlambatan diagnosis sering kali berakibat pada rendahnya peluang kesembuhan(Le & Pham, 2024).

Metode pencitraan medis seperti *MRI* dan *CT scan* sering digunakan untuk mendeteksi tumor otak (Aamir et al., 2024). Teknologi ini sangat membantu dalam identifikasi lesi, tetapi proses segmentasi dan analisis gambar *MRI* untuk deteksi tumor otak masih merupakan tugas yang kompleks dan memerlukan keahlian dari tenaga medis yang terlatih, seperti radiolog. Selain itu, proses ini membutuhkan waktu yang

cukup lama, yang dapat menjadi hambatan dalam situasi darurat (Shukur & Mijwil, 2023).

Seiring dengan perkembangan teknologi, kecerdasan buatan, terutama deep learning, telah menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan akurasi deteksi tumor otak melalui pencitraan medis (Abdusalomov et al., 2023). Model deteksi objek seperti *YOLO (You Only Look Once)* (Chen et al., 2024) dan *SSD (Single Shot Multibox Detector)* (Abdusalomov et al., 2023) telah digunakan untuk mendeteksi tumor otak secara otomatis dengan hasil yang menjanjikan (Hashemi et al., 2024; Shi & Xiang, 2024).

Model *Single Stage Object Detection* seperti *YOLO* dan *SSD* dipilih dalam penelitian ini karena keunggulannya dalam kecepatan deteksi dan efisiensi komputasi (Liu et al., 2016; Redmon et al., 2016b). Berbeda dengan *Two Stage Object Detection* seperti *Faster R-CNN*, model *Single Stage* langsung memprediksi *bounding box* dan klasifikasi dalam satu proses, sehingga lebih cepat dan ringan secara komputasi (Huang et al., 2017). Keunggulan ini sangat penting untuk aplikasi medis, terutama dalam situasi darurat yang membutuhkan deteksi *real-time* dan pemrosesan jumlah data yang besar. Selain itu, implementasi model *Single Stage* lebih sederhana tanpa mengorbankan akurasi, yang menjadikannya

pilihan ideal untuk digunakan dalam lingkungan medis dengan keterbatasan sumber daya (Carranza-García et al., 2021).

Meskipun model *Single Stage Object Detection* memiliki performa unggul, optimalisasi lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan akurasi pada data pencitraan medis seperti *MRI* (Kebaili et al., 2023). Augmentasi data adalah salah satu teknik yang efektif untuk meningkatkan performa model dengan memperkaya keragaman data pelatihan. Teknik ini dapat membantu mengatasi keterbatasan dataset *MRI*, yang sering kali berskala kecil, dengan mensimulasikan variasi data seperti rotasi, *flipping*, *zooming*, atau pengubahan intensitas. Augmentasi ini penting untuk meningkatkan kemampuan model dalam mengenali tumor dalam berbagai kondisi pencitraan (Satila Passa et al., 2023).

Selain itu, *hyperparameter tuning* memainkan peran penting dalam mengoptimalkan kinerja model. Parameter seperti *optimizer*, *learning rate*, *batch size*, dan konfigurasi arsitektur model dapat disesuaikan untuk mencapai keseimbangan optimal antara akurasi dan efisiensi. *Hyperparameter tuning* memastikan bahwa model tidak hanya bekerja baik pada data pelatihan, tetapi juga memiliki kemampuan generalisasi yang tinggi pada data validasi dan pengujian (Afis Julianto et al., 2022; Ayu & Pradipta, 2024).

Namun, penerapan *AI* dalam bidang kesehatan menghadapi kendala utama terkait transparansi dan interpretabilitas hasil deteksi. Dalam konteks medis, tenaga profesional memerlukan penjelasan yang jelas mengenai bagaimana sebuah keputusan dibuat oleh model *AI* agar dapat digunakan sebagai dasar diagnosis (Pasvantis & Protopapadakis, 2024). *Explainable AI (XAI)* hadir sebagai solusi yang memungkinkan model *deep learning* memberikan interpretasi yang dapat dipahami oleh manusia, sehingga meningkatkan kepercayaan tenaga medis terhadap teknologi ini (Park & Kim, 2024). Implementasi *XAI* menjadi langkah penting dalam memastikan *AI* dapat diadopsi secara luas di bidang kesehatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dari tiga model deteksi objek terkemuka, yaitu *YOLOv8*, *YOLOv11*, dan *SSD MobileNetV3* dalam mendeteksi tumor otak pada gambar medis. Model-model ini dipilih karena memiliki reputasi yang baik dalam hal akurasi dan kecepatan deteksi pada tugas deteksi objek secara *real-time*. Penelitian ini tidak hanya mengukur kinerja berdasarkan metrik seperti *Mean Average Precision (mAP)*, *precision*, dan *recall*, tetapi juga mengintegrasikan *Explainable AI (XAI)* untuk memberikan transparansi pada hasil deteksi. Dengan menggunakan metode *XAI* seperti *LIME* dan *Eigen CAM*, penelitian ini memberikan interpretasi visual yang dapat

membantu tenaga medis memahami dan memverifikasi hasil deteksi model.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh optimasi augmentasi data terhadap kinerja model deteksi objek *Single Stage* (YOLOv8, YOLOv11, dan SSD MobileNetV3) dalam mendeteksi tumor otak pada citra *MRI*?
2. Sejauh mana *hyperparameter tuning* dapat meningkatkan kinerja model deteksi objek *Single Stage* (YOLOv8, YOLOv11, dan SSD MobileNetV3) dalam deteksi tumor otak pada citra *MRI*?
3. Model deteksi objek *Single Stage* mana yang memberikan performa terbaik dalam deteksi tumor otak pada citra *MRI* setelah dilakukan optimasi menggunakan augmentasi data dan *hyperparameter tuning*?
4. Bagaimana implementasi *Explainable AI* (XAI) menggunakan *LIME* dan *Eigen CAM* dapat membantu meningkatkan interpretabilitas hasil deteksi tumor otak?

C. Batasan Masalah

Penelitian ini, terdapat beberapa batasan masalah yang perlu dicatat:

1. Penelitian ini hanya mencakup tiga model deteksi objek, yaitu *YOLOv8*, *YOLOv11*, dan *SSD MobileNetV3*.
2. Fokus penelitian terbatas pada deteksi tumor otak pada gambar medis berbasis *MRI*.
3. Penggunaan *XAI* dalam penelitian ini terbatas pada interpretasi hasil deteksi dan transparansi keputusan model, tanpa melibatkan validasi atau penilaian oleh tenaga medis.
4. Penelitian ini tidak mencakup aspek lain seperti tahap pengobatan atau prognosis dari tumor otak.
5. Penelitian hanya berfokus pada kemampuan *XAI* untuk menampilkan area penting dalam citra medis yang berkontribusi terhadap prediksi model, tanpa mengukur dampaknya terhadap proses diagnosis klinis.

D. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian:

- a. Mengevaluasi dampak optimasi dengan augmentasi data dan hyperparameter tuning terhadap peningkatan kinerja

model deteksi tumor otak dengan menggunakan metrik *mean average precision (mAP)*, *precision*, dan *recall*.

- b. Menilai bagaimana penerapan *Explainable AI (XAI)* dapat meningkatkan interpretabilitas dan transparansi dalam deteksi tumor otak.
- c. Membandingkan keefektifan antara ketiga model dalam hal akurasi deteksi.

2. Manfaat Penelitian:

a. Manfaat Teoritis :

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan teori dan pemahaman mengenai penerapan model *deep learning* dalam deteksi tumor otak, termasuk teknik augmentasi data dan hyperparameter tuning, yang penting untuk meningkatkan akurasi model pada dataset medis yang terbatas. Evaluasi terhadap kinerja model-model seperti *YOLOv8*, *YOLOv11*, dan *SSD MobileNetV3* menggunakan metrik seperti *mAP*, *precision*, dan *recall*, akan memperkaya literatur tentang efektivitas berbagai model dalam bidang medis. Selain itu, penerapan *Explainable AI (XAI)* dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman lebih lanjut mengenai transparansi dan interpretabilitas dalam keputusan yang dihasilkan oleh model *AI* dalam konteks medis.

b. Manfaat Praktis :

- 1) Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman tenaga medis mengenai kinerja model-model deteksi tumor otak, sehingga memungkinkan mereka untuk membuat keputusan lebih cepat dan lebih akurat dalam diagnosis medis. Dengan bantuan model *deep learning* yang lebih efektif, seperti *YOLOv8*, *YOLOv11*, dan *SSD MobileNetV3*, tenaga medis dapat memperoleh hasil deteksi yang lebih baik dan lebih cepat dalam situasi klinis.
- 2) Penerapan *Explainable AI (XAI)* dalam penelitian ini akan meningkatkan kepercayaan profesional medis terhadap teknologi deteksi otomatis, dengan menyediakan transparansi dan penjelasan yang lebih baik mengenai bagaimana model membuat keputusan. Hal ini sangat penting dalam meningkatkan penerimaan dan kepercayaan terhadap teknologi *AI* di lingkungan medis yang mengutamakan keamanan dan akurasi.
- 3) Penelitian ini juga memberikan kontribusi pada pengembangan model deteksi tumor otak yang lebih efisien dan dapat diandalkan, yang dapat diimplementasikan secara klinis untuk meningkatkan kualitas perawatan pasien. Model yang lebih efisien tidak hanya akan mempercepat proses diagnosis, tetapi

juga mengurangi biaya dan waktu yang dibutuhkan, sekaligus memastikan tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi tumor otak pada gambar medis.



BAB V

PENUTUP

Penelitian ini menunjukkan bahwa model AI yang diterapkan untuk deteksi kondisi otak dari citra MRI, termasuk jenis tumor seperti glioma, meningioma, pituitary, dan kondisi normal, menunjukkan performa yang sangat baik. Penggunaan YOLOv8 dan YOLOv11, setelah optimasi hyperparameter dan augmentasi data yang lebih kompleks, menghasilkan deteksi tumor yang akurat dan dapat diandalkan. YOLOv8 yang dioptimasi dengan Optuna menunjukkan hasil terbaik dengan Precision sebesar 0.988, Recall 0.986, mAP50 0.992, dan mAP50-95 0.813, sedangkan YOLOv11 menunjukkan performa yang sangat baik dengan Precision 0.983, Recall 0.983, mAP50 0.990, dan mAP50-95 0.801. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua model memiliki performa yang sangat baik dalam deteksi tumor otak, dengan YOLOv8 sedikit lebih unggul dalam semua metrik evaluasi. Perbandingan dengan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Satila Passa et al. (2023), yang menggunakan YOLOv8, menunjukkan peningkatan signifikan. Penelitian tersebut mencatat Precision 0.942, Recall 0.908, mAP50 0.952, dan mAP50-95 0.733, sementara model YOLOv8 yang dioptimasi dalam penelitian ini menunjukkan peningkatan performa dengan Precision 0.988, Recall 0.986, mAP50 0.992, dan mAP50-95 0.813. Selain itu, YOLOv11, meskipun belum ada

penelitian sebelumnya yang menggunakan model ini secara langsung, menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan dengan Precision 0.983, Recall 0.983, mAP50 0.990, dan mAP50-95 0.801.

Namun, SSD MobileNet yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang lebih rendah jika dibandingkan dengan YOLOv8 dan YOLOv11. Berdasarkan perbandingan dengan penelitian Hikmah et al. (2024), yang menggunakan SSD MobileNet dengan Feature Pyramid Network (FPN), hasil penelitian ini menunjukkan performa yang lebih rendah dengan Precision 0.803, Recall 0.508, mAP50 0.583, dan mAP50-95 0.417. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun SSD MobileNet dapat ditingkatkan dengan optimasi hyperparameter, model ini masih memiliki keterbatasan dalam hal akurasi deteksi tumor otak, terutama pada deteksi tumor kecil.

Untuk meningkatkan transparansi dan kepercayaan terhadap hasil prediksi, diterapkan teknik Explainable AI (XAI) seperti Eigen-CAM dan LIME. Eigen-CAM memberikan visualisasi yang jelas tentang area-area pada citra MRI yang berkontribusi besar terhadap keputusan model, memperlihatkan dengan jelas tumor yang terdeteksi, baik itu glioma, meningioma, atau area normal. Di sisi lain, LIME memberikan penjelasan yang lebih lokal dengan menguji

bagaimana perubahan kecil pada fitur input mempengaruhi hasil prediksi. Kedua teknik ini memberikan transparansi yang sangat tinggi, memungkinkan profesional medis untuk memahami dasar dari setiap keputusan model, yang sangat penting dalam aplikasi medis di mana akurasi dan kepercayaan terhadap hasil prediksi sangat krusial. Dengan demikian, model AI yang diusulkan dalam penelitian ini tidak hanya menawarkan prediksi yang akurat tetapi juga memberikan bukti yang dapat diverifikasi, meningkatkan kepercayaan dalam penerapan klinisnya.

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan untuk terus mengeksplorasi teknik augmentasi data dan optimasi hyperparameter yang lebih kompleks, terutama dengan menggunakan metode seperti Optuna, untuk lebih meningkatkan performa model dalam deteksi tumor otak berbasis citra MRI. Selain itu, penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan model YOLOv11 dalam aplikasi klinis untuk mengeksplorasi keunggulan lebih lanjut yang mungkin belum sepenuhnya tereksplorasi. Meskipun SSD MobileNet menunjukkan hasil yang lebih rendah, model ini tetap memiliki potensi untuk ditingkatkan, terutama dengan penggabungan teknik seperti Feature Pyramid Networks (FPN) dan fine-tuning lebih lanjut. Penggunaan teknik XAI, seperti Eigen-CAM dan LIME, sangat disarankan untuk meningkatkan interpretabilitas model,

agar hasil deteksi yang diberikan dapat lebih diterima dan dipahami oleh profesional medis, serta memberikan rasa percaya diri yang lebih tinggi dalam pengambilan keputusan klinis. Di masa depan, kolaborasi antara penelitian AI dan domain medis akan sangat penting untuk memastikan bahwa teknologi ini dapat terus berkembang dan memberikan dampak yang signifikan dalam bidang kesehatan.



DAFTAR PUSTAKA

- Aamir, M., Namoun, A., Munir, S., Aljohani, N., Alanazi, M. H., Alsaahafi, Y., & Alotibi, F. (2024). Brain Tumor Detection and Classification Using an Optimized Convolutional Neural Network. *Diagnostics*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/diagnostics14161714>
- Abdusalomov, A. B., Mukhiddinov, M., & Whangbo, T. K. (2023). Brain Tumor Detection Based on Deep Learning Approaches and Magnetic Resonance Imaging. *Cancers*, 15(16). <https://doi.org/10.3390/cancers15164172>
- Afis Julianto, Andi Sunyoto, & Ferry Wahyu Wibowo. (2022). Optimasi Hyperparameter Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Penyakit Tanaman Padi. *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 3(2), 98–105. <https://doi.org/10.46764/teknimedia.v3i2.77>
- Ahmed, M. M., Hossain, M. M., Islam, M. R., Ali, M. S., Nafi, A. A. N., Ahmed, M. F., Ahmed, K. M., Miah, M. S., Rahman, M. M., Niu, M., & Islam, M. K. (2024). Brain tumor detection and classification in MRI using hybrid ViT and GRU model with explainable AI in Southern Bangladesh. *Scientific Reports*, 14(1), 22797. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71893-3>
- Akiba, T., Sano, S., Yanase, T., Ohta, T., & Koyama, M. (2019). Optuna: A Next-generation Hyperparameter Optimization Framework. *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2623–2631. <https://doi.org/10.1145/3292500.3330701>

- Ali, S., Abuhmed, T., El-Sappagh, S., Muhammad, K., Alonso-Moral, J. M., Confalonieri, R., Guidotti, R., Del Ser, J., Díaz-Rodríguez, N., & Herrera, F. (2023). Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and what is left to attain Trustworthy Artificial Intelligence. *Information Fusion*, 99(April). <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.101805>
- Alif, M. A. R. (2024). *YOLOv11 for Vehicle Detection: Advancements, Performance, and Applications in Intelligent Transportation Systems*. <http://arxiv.org/abs/2410.22898>
- Almufareh, M. F., Imran, M., Khan, A., Humayun, M., & Asim, M. (2024). Automated Brain Tumor Segmentation and Classification in MRI Using YOLO-Based Deep Learning. *IEEE Access*, 12(February), 16189–16207. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3359418>
- Andriushchenko, M., D'Angelo, F., Varre, A., & Flammarion, N. (2023). *Why Do We Need Weight Decay in Modern Deep Learning?* *NeurIPS*. <http://arxiv.org/abs/2310.04415>
- Anggara, D., Suarna, N., & Arie Wijaya, Y. (2023). Performance Comparison Analysis Of Optimizer Adam, SGD, and RMSPROP on The H5 Model. *Jurnal Ilmiah NERO*, 8(1), 2023. <https://www.kaggle.com/datasets/jonathanoheix/face-expression-recognition-dataset>
- Aschieri, F., Ciabattoni, A., & Genco, F. A. (2018). Classical proofs as parallel programs. *Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science, EPTCS*, 277, 43–57. <https://doi.org/10.4204/EPTCS.277.4>
- Ayu, D. W., & Pradipta, G. A. (2024). Analisis Performansi Parameter pada Arsitektur U-Net untuk Segmentasi Nukleus pada Citra Kanker Serviks. *Jurnal Sistem Dan*

- Informatika (JSI)*, 18(2), 131–138.
<https://doi.org/10.30864/jsi.v18i2.607>
- Carranza-García, M., Torres-Mateo, J., Lara-Benítez, P., & García-Gutiérrez, J. (2021). On the performance of one-stage and two-stage object detectors in autonomous vehicles using camera data. *Remote Sensing*, 13(1), 1–23.
<https://doi.org/10.3390/rs13010089>
- Chattopadhyay, A., Sarkar, A., Howlader, P., & Balasubramanian, V. N. (2018). Grad-CAM++: Generalized gradient-based visual explanations for deep convolutional networks. *Proceedings - 2018 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, WACV 2018*, 2018-January, 839–847.
<https://doi.org/10.1109/WACV.2018.00097>
- Chen, A., Lin, D., & Gao, Q. (2024). Enhancing brain tumor detection in MRI images using YOLO-NeuroBoost model. *Frontiers in Neurology*, 15.
<https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1445882>
- Dipu, N., Shohan, S., & Salam, K. (2021). *Deep Learning Based Brain Tumor Detection and Classification*.
<https://doi.org/10.1109/CONIT51480.2021.9498384>
- Gilpin, L. H., Bau, D., Yuan, B. Z., Bajwa, A., Specter, M., & Kagal, L. (2018). Explaining explanations: An overview of interpretability of machine learning. *Proceedings - 2018 IEEE 5th International Conference on Data Science and Advanced Analytics, DSAA 2018*, 80–89.
<https://doi.org/10.1109/DSAA.2018.00018>
- Gokapay, D. K., & Mohanty, S. N. (2024). Enhanced MRI-based brain tumor segmentation and feature extraction using Berkeley wavelet transform and ETCCNN. *Digital Health*, 10. <https://doi.org/10.1177/20552076241305282>
- Hashemi, S. M. H., Safari, L., & Taromi, A. D. (2024). *Realism in Action: Anomaly-Aware Diagnosis of Brain*

Tumors from Medical Images Using YOLOv8 and DeiT.
1–23. <http://arxiv.org/abs/2401.03302>

- Hikmah, N. F., Hajjanto, A. D., Surbakti, A. F. A., Prakosa, N. A., Asmaria, T., & Sardjono, T. A. (2024). Brain tumor detection using a MobileNetV2-SSD model with modified feature pyramid network levels. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 14(4), 3995–4004.
<https://doi.org/10.11591/ijece.v14i4.pp3995-4004>
- Huang, J., Rathod, V., Sun, C., Zhu, M., Korattikara, A., Fathi, A., Fischer, I., Wojna, Z., Song, Y., Guadarrama, S., & Murphy, K. (2017). Speed/accuracy trade-offs for modern convolutional object detectors. *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017, 2017-January*, 3296–3305.
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.351>
- Ishtaiwi, A., Ali, A., Al-Qerem, A., Alsmadi, Y., Aldweesh, A., Alauthman, M., Alzubi, O., Nashwan, S., Ramadan, A., Al-Zghoul, M., & Alangari, S. (2024). Impact of Data-Augmentation on Brain Tumor Detection Using Different YOLO Versions Models. *International Arab Journal of Information Technology*, 21(3), 466–482.
<https://doi.org/10.34028/iajit/21/3/10>
- J. Bergstra, & Y. Bengio. (2012). Random Search for Hyper-Parameter Optimization. *Journal of Machine Learning Research*, 13, 281–305.
- Kebaili, A., Lapuyade-Lahorgue, J., & Ruan, S. (2023). Deep Learning Approaches for Data Augmentation in Medical Imaging: A Review. *Journal of Imaging*, 9(4).
<https://doi.org/10.3390/jimaging9040081>
- Khanam, R., & Hussain, M. (2024). YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements. 2024, 1–9.
<http://arxiv.org/abs/2410.17725>

- Khow, Z. J., Tan, Y. F., Karim, H. A., & Rashid, H. A. A. (2024). Improved YOLOv8 Model for a Comprehensive Approach to Object Detection and Distance Estimation. *IEEE Access*, 12(May), 63754–63767. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3396224>
- Le, V. H., & Pham, T. L. (2024). Ovarian Tumors Detection and Classification on Ultrasound Images Using One-stage Convolutional Neural Networks. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 5(2), 561–581. <https://doi.org/10.18196/jrc.v5i2.20589>
- Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M., van der Laak, J. A. W. M., van Ginneken, B., & Sánchez, C. I. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical Image Analysis*, 42, 60–88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>
- Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C. Y., & Berg, A. C. (2016). SSD: Single shot multibox detector. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9905 LNCS, 21–37. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2
- Majib, M. S., Rahman, M. D. M., Sazzad, T. M. S., Khan, N. I., & Dey, S. K. (2021). VGG-SCNet: A VGG Net-Based Deep Learning Framework for Brain Tumor Detection on MRI Images. *IEEE Access*, 9, 116942–116952. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3105874>
- Martinez-Vega, B., Tkachenko, M., Matkabi, M., Ortega, S., Fabelo, H., Balea-Fernandez, F., La Salvia, M., Torti, E., Leporati, F., Callico, G. M., & Chalopin, C. (2022). Evaluation of Preprocessing Methods on Independent Medical Hyperspectral Databases to Improve Analysis. *Sensors*, 22(22). <https://doi.org/10.3390/s22228917>

- Masters, D., & Luschi, C. (2017). REVISITING SMALL BATCH TRAINING FOR DEEP NEURAL NETWORKS. *ArXiv*, 1–18.
- Mithun, M. S., & Jawhar, S. J. (2024). Detection and classification on MRI images of brain tumor using YOLO NAS deep learning model. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 17(4), 101113. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2024.101113>
- Musallam, A. S., Sherif, A. S., & Hussein, M. K. (2022). A New Convolutional Neural Network Architecture for Automatic Detection of Brain Tumors in Magnetic Resonance Imaging Images. *IEEE Access*, 10, 2775–2782. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3140289>
- Narayana, C. L., & Ramana, K. V. (2023). An Efficient Real-Time Weed Detection Technique using YOLOv7. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(2), 550–556. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140265>
- Noreen, N., Palaniappan, S., Qayyum, A., Ahmad, I., Imran, M., & Shoaib, M. (2020). A Deep Learning Model Based on Concatenation Approach for the Diagnosis of Brain Tumor. *IEEE Access*, 8, 55135–55144. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2978629>
- Oksuz, C., & M. Kemal Gullu. (2020). Brain Tumor Localization Using Yolo v2. *2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU 2020 - Proceedings*, October 2020. <https://doi.org/10.1109/SIU49456.2020.9302385>
- Padilla, R., Netto, S. L., & Da Silva, E. A. B. (2020). A Survey on Performance Metrics for Object-Detection Algorithms. *International Conference on Systems, Signals, and Image Processing, 2020-July(July)*, 237–242. <https://doi.org/10.1109/IWSSIP48289.2020.9145130>

- Park, S., & Kim, J. (2024). *Explainability of Deep Neural Networks for Brain Tumor Detection*. <http://arxiv.org/abs/2410.07613>
- Pasvantis, K., & Protopapadakis, E. (2024). Enhancing Deep Learning Model Explainability in Brain Tumor Datasets Using Post-Heuristic Approaches. *Journal of Imaging*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/jimaging10090232>
- Patil, S. (2012). Preprocessing To Be Considered For MR and CT Images Containing Tumors. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 1(4), 54–57. <https://doi.org/10.9790/1676-0145457>
- Perez, L., & Wang, J. (2017). *The Effectiveness of Data Augmentation in Image Classification using Deep Learning*. <http://arxiv.org/abs/1712.04621>
- Ragab, M. G., Abdulkadir, S. J., Muneer, A., Alqushaibi, A., Sumiea, E. H., Qureshi, R., Al-Selwi, S. M., & Alhussian, H. (2024). A Comprehensive Systematic Review of YOLO for Medical Object Detection (2018 to 2023). *IEEE Access*, 12(April), 57815–57836. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3386826>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016a). You only look once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016-Decem, 779–788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016b). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 779–788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement. <http://arxiv.org/abs/1804.02767>

- Rehman, A., Ahmed Butt, M., & Zaman, M. (2021). A Survey of Medical Image Analysis Using Deep Learning Approaches. *2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, 1334–1342. <https://doi.org/10.1109/ICCMC51019.2021.9418385>
- Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). “Why Should I Trust You?” Explaining the Predictions of Any Classifier. *NAACL-HLT 2016 - 2016 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Proceedings of the Demonstrations Session*, 97–101. <https://doi.org/10.18653/v1/n16-3020>
- Sajjadnia, Z., Khayami, R., & Moosavi, M. R. (2020). Preprocessing Breast Cancer Data to Improve the Data Quality, Diagnosis Procedure, and Medical Care Services. *Cancer Informatics*, 19, 7–12. <https://doi.org/10.1177/1176935120917955>
- Sandhya, U., Kumar, K. N., Saranya, A. P., Jayapal, N., & Kumarganesh, S. (2022). Brain tumor detection and classification with DGMM. *International Journal of Health Sciences*, 6(April), 7345–7361. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns1.6911>
- Satila Passa, R., Nurmaini, S., & Rini, D. P. (2023). YOLOv8 Based on Data Augmentation for MRI Brain Tumor Detection. *Scientific Journal of Informatics*, 10(3), 363. <https://doi.org/10.15294/sji.v10i3.45361>
- Selcuk, B., & Serif, T. (2023). Brain Tumor Detection and Localization with YOLOv8. *UBMK 2023 - Proceedings: 8th International Conference on Computer Science and Engineering*, December, 477–481. <https://doi.org/10.1109/UBMK59864.2023.10286729>
- Selvaraju, R. R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., & Batra, D. (2020). Grad-CAM: Visual Explanations

- from Deep Networks via Gradient-Based Localization. *International Journal of Computer Vision*, 128(2), 336–359. <https://doi.org/10.1007/s11263-019-01228-7>
- Sharma, K., Kaur, A., & Gujral, S. (2014). Brain Tumor Detection based on Machine Learning Algorithms. *International Journal of Computer Applications*, 103(1), 7–11. <https://doi.org/10.5120/18036-6883>
- Shi, J., & Xiang, M. (2024). *Using ghost convolution YOLO to detect brain tumor*. <https://doi.org/10.1117/12.3034790>
- Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning. *Journal of Big Data*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0197-0>
- Shukur, B. S., & Mijwil, M. M. (2023). Involving machine learning techniques in heart disease diagnosis: a performance analysis. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(2), 2177–2185. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i2.pp2177-2185>
- Snoek, J., Larochelle, H., & Adams, R. P. (2012). Practical Bayesian optimization of machine learning algorithms. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 4, 2951–2959.
- Tang, Z., Chen, K., Pan, M., Wang, M., & Song, Z. (2019). An Augmentation Strategy for Medical Image Processing Based on Statistical Shape Model and 3D Thin Plate Spline for Deep Learning. *IEEE Access*, 7, 133111–133121. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2941154>
- Terven, J., Córdova-Esparza, D. M., & Romero-González, J. A. (2023). A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 5(4), 1680–1716. <https://doi.org/10.3390/make5040083>
- Vilcapoma, P., Meléndez, D. P., Fernández, A., Váscquez, I.

- N., Hillmann, N. C., Gatica, G., & Váscenez, J. P. (2024). *Angle Detection in Dental Panoramic X-rays*.
- Wahyudi, D., Soesanti, I., & Nugroho, H. A. (2023). Optimizing Hyperparameters of YOLO to Improve Performance of Brain Tumor Detection in MRI Images. *2023 6th International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 413–418. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT59844.2023.10455813>
- Wang, S., Celebi, M. E., Zhang, Y. D., Yu, X., Lu, S., Yao, X., Zhou, Q., Miguel, M. G., Tian, Y., Gorriz, J. M., & Tyukin, I. (2021). Advances in data preprocessing for bio-medical data fusion: An overview of the methods, challenges, and prospects. *Information Fusion*, 76(July), 376–421. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2021.07.001>
- Zhang, Y., Gorriz, J. M., & Dong, Z. (2021). Deep learning in medical image analysis. *Journal of Imaging*, 7(4), NA. <https://doi.org/10.3390/jimaging7040074>
- Zhou, S. K., Greenspan, H., Davatzikos, C., Duncan, J. S., Van Ginneken, B., Madabhushi, A., Prince, J. L., Rueckert, D., & Summers, R. M. (2021). A Review of Deep Learning in Medical Imaging: Imaging Traits, Technology Trends, Case Studies with Progress Highlights, and Future Promises. *Proceedings of the IEEE*, 109(5), 820–838. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2021.3054390>
- Zou, Z., Chen, K., Shi, Z., Guo, Y., & Ye, J. (2023). Object Detection in 20 Years: A Survey. *Proceedings of the IEEE*, 111(3), 257–276. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2023.3238524>