

**IMPLEMENTASI ENHANCED PREPROCESSING PADA SEGMENTASI
AREA TUMOR OTAK CITRA MRI MENGGUNAKAN YOLOV8-SEG**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom.)
Pada Program Studi Sistem Informasi



OLEH :

ANANDA BAGUS FATCHURROZIQ
NPM : 2213030014

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER (FTIK)
UNIVERSITAS NUSANTARA PERSATUAN REPUBLIK INDONESIA
UN PGRI KEDIRI

2026

Skripsi oleh :

ANANDA BAGUS FATCHURROZIQ

NPM : 2213030014

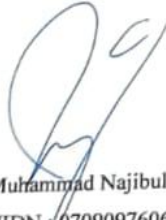
Judul

**IMPLEMENTASI ENHANCED PREPROCESSING PADA SEGMENTASI
AREA TUMOR OTAK CITRA MRI MENGGUNAKAN YOLOV8-SEG**

Telah disetujui untuk diajukan Kepada
Panitia Ujian/Sidang Skripsi Program Studi Sistem Informasi
FTIK UN PGRI Kediri

Tanggal : 12 Juni 2026

Pembimbing I



Muhammad Najibulloh Muzaki, M.Cs
NIDN : 0709097606

Pembimbing II



Arie Nugroho, M.Kom
NIDN : 0712108103

\Skripsi oleh :

ANANDA BAGUS FATCHURROZIQ

NPM : 2213030014

Judul

**IMPLEMENTASI ENHANCED PREPROCESSING PADA SEGMENTASI
AREA TUMOR OTAK CITRA MRI MENGGUNAKAN YOLOV8-SEG**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian/Sidang Skripsi
Program Studi Sistem Informasi FTIK UN PGRI Kediri

Tanggal: 24 Juni 2026

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Persyaratan

Panitia Penguji :

1. Ketua : MUHAMMAD NAJIBULLOH MUZAKI, M.Cs [.....]
2. Penguji 1 : RINA FIRLIANA, M.Kom [.....]
3. Penguji 2 : ARIE NUGROHO, S.Kom, M.M, M.Kom [.....]



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Dr. Sulistiono, M.Si

NIDN. 0007076801

PERNYATAAN

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : Ananda Bagus Fatchurroziq
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat/tgl. Lahir : Trenggalek/ 13 Maret 2004
NPM : 2213030014
Fak/Prodi : FTIK/ S1-Sistem Informasi

menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, Isi 12 Juni 2026

Yang Menyatakan



ANANDA BAGUS FATCHURROZIQ

NPM: 2213030014

MOTTO

"Di sini, saat ini juga, lampaui batasanmu! Masa depan tidak akan menunggu masa lalu." — Yami Sukehiro

ABSTRAK

Ananda Bagus Fatchurroziq:

Tumor otak membutuhkan diagnosis otomatis berpresisi tinggi melalui pencitraan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) T1-CE. Namun, tingginya variasi intensitas sebaran piksel dan batas lesi bergradasi halus (*fuzzy boundaries*) sering kali menurunkan tingkat akurasi segmentasi otomatis pada citra mentah.

Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan dan mengevaluasi efektivitas teknik *enhanced preprocessing* murni menggunakan arsitektur YOLOv8l-seg untuk mendongkrak akurasi segmentasi area lesi. Metode penelitian ini memanfaatkan 3.064 citra dari 233 pasien yang dipartisi ketat berbasis subjek (*Patient-Level Split*) guna memutus total celah kebocoran data. Pemodelan dieksekusi dalam dua skenario komparatif, yaitu *Baseline Model* menggunakan citra mentah dan *Enhanced Model* menggunakan citra terproses.

Hasil pengujian kuantitatif pada data validasi membuktikan keunggulan linear dari *Enhanced Model* dengan capaian *Precision* sebesar 0.86015, *Recall* 0.79707, dan *mAP50* mencapai 0.86007. Lebih lanjut, pengujian spasial terhadap 359 citra data uji murni menghasilkan rata-rata skor *Dice Similarity Coefficient* (DSC) paling superior sebesar 0.7153, mengungguli *Baseline Model* yang hanya memperoleh skor 0.5839.

Kesimpulannya, penajaman kontras lokal tanpa filter pemburam yang dipadukan dengan arsitektur varian *Large* sangat andal mengekstraksi batas anatomi lesi secara utuh. Limitasi penelitian ini terletak pada penggunaan modalitas sekuens tunggal citra 2D. Oleh karena itu, pengembangan penelitian selanjutnya disarankan menggunakan ekspansi dataset multi-modalitas seperti sekuens T2 dan FLAIR untuk memperkaya informasi visual batas edema.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kami panjatkan Kehadirat Allah Tuhan Yang Maha Kuasa, karena hanya atas perkenan-Nya penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Implementasi Enhanced Preprocessing Pada Segmentasi Area Tumor Otak Citra MRI Menggunakan YOLOV8-SEG” ini ditulis guna memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer, pada Program Studi Sistem Informasi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer UN PGRI Kediri. Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd, Selaku Rektor UN PGRI Kediri yang selalu memberikan dorongan motivasi kepada mahasiswa.
2. Dr. Sulistiono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer UN PGRI Kediri yang selalu memberikan dorongan motivasi kepada mahasiswa.
3. Assoc. Prof. Dr. Sucipto, M.Kom. selaku Ka Prodi Sistem Informasi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer UN PGRI Kediri yang selalu memberikan dorongan motivasi kepada mahasiswa.
4. Muhammad Najibulloh Muzaki, M.Cs dan Arie Nugroho, M.Kom. selaku Pembimbing skripsi yang dengan sabar membimbing dan memotivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Kedua orang tua yang telah mendukung dalam do'a, dana dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Teman-teman Ndarkos yang senantiasa mengajak penulis untuk mencari kegiatan agar tidak terlelap.
7. Rasa terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan untuk sahabat yang selama ini telah dianggap seperti keluarga sendiri. Sosok yang bersedia diajak susah payah, menemani setiap langkah di jalur pendakian, dan selalu hadir ketika penulis butuh tempat untuk sekadar mengambil napas dari keramaian. Tidak pernah terbayangkan sebelumnya bahwa sebuah pertemuan yang bermula dari ketidaksengajaan bisa tumbuh menjadi persahabatan yang solid sekaligus melahirkan hobi yang begitu berarti. Pada akhirnya, skripsi ini selesai juga seperti setiap pendakian yang pernah dilalui bersama, beratnya perjalanan selalu terbayar lunas di akhir cerita.

8. Rasa terima kasih juga penulis sampaikan untuk seseorang yang namanya tidak bisa disebut di sini. Kalimat sederhana, "*Ayoo dong semangatt bimbingan,*" menjadi energi yang tidak terduga besarnya untuk terus bertahan di tengah perjuangan panjang ini. Ada hari-hari di mana segalanya terasa berat dan seolah tidak ada ujungnya tapi entah bagaimana, kata-kata itu selalu datang di waktu yang tepat, dan perlahan membuat penulis kembali duduk di depan laptop dan melanjutkan semuanya satu per satu. Mungkin baginya ini terasa biasa, tapi penulis sadar bahwa inilah yang menjadi alasan perjalanan ini akhirnya bisa usai. Terima kasih pada dunia atas pertemuan yang tidak terduga ini semoga di lain waktu dapat bertemu kembali, dengan cerita yang mungkin akan jauh berbeda.

Disadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, maka diharapkan tegur sapa, kritik dan saran-saran, dari berbagai pihak sangat diharapkan. Akhirnya, disertai harapan semoga skripsi ini ada manfaatnya bagi kita semua, khususnya bagi dunia pendidikan, meskipun hanya ibarat setitik air bagi samudra yang luas.

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Halaman Persetujuan.....	ii
Halaman Pengesahan	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO.....	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian	3
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN TEORI.....	Error! Bookmark not defined.
A. Kajian Teori	Error! Bookmark not defined.
1. Citra Digital.....	Error! Bookmark not defined.
2. <i>Magnetic Resonance Imaging</i> (MRI) T1-CE.....	Error! Bookmark not defined.
3. <i>Enhanced Preprocessing</i>	Error! Bookmark not defined.

4.	Segmentasi Citra	Error! Bookmark not defined.
5.	<i>Instance Segmentation</i>	Error! Bookmark not defined.
6.	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	Error! Bookmark not defined.
7.	<i>You Only Look Once (YOLO)</i> dan YOLOv8-SEG.....	Error! Bookmark not defined.
8.	Metrik Evaluasi	Error! Bookmark not defined.
B.	Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
C.	Kerangka Berpikir	Error! Bookmark not defined.
D.	Hipotesis.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN.....		Error! Bookmark not defined.
A.	Alur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.	Business Understanding	Error! Bookmark not defined.
2.	Data Understanding.....	Error! Bookmark not defined.
3.	Data Preparation.....	Error! Bookmark not defined.
4.	Modeling	Error! Bookmark not defined.
5.	Evaluation	Error! Bookmark not defined.
6.	Deployment.....	Error! Bookmark not defined.
B.	Tempat dan Waktu Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.	Tempat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
2.	Waktu Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		Error! Bookmark not defined.
A.	Data Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.	Hasil Eksplorasi Data (<i>Data Understanding</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.	Proses Transformasi Data	Error! Bookmark not defined.
3.	Hasil Modeling.....	Error! Bookmark not defined.

4.	Evaluasi Model.....	Error! Bookmark not defined.
B.	Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
1.	Model mana yang paling optimal? Kenapa?	Error! Bookmark not defined.
2.	Evaluasi hasil modeling terhadap tujuan bisnis	Error! Bookmark not defined.
3.	Apakah hasil sesuai dengan ekspektasi pada tahap Business Understanding?	Error! Bookmark not defined.
4.	Validitas dan generalisasi hasil	Error! Bookmark not defined.
5.	Rekomendasi penerapan model (misalnya ke sistem prediksi riil)	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....		Error! Bookmark not defined.
A.	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
B.	Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		5
LAMPIRAN		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra MRI T1-CE Dataset Cheng	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2 CLAHE.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 Bilateral Filtering	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 Arsitektur Jaringan YOLOv8	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Alur CRISP-DM.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1 Perbandingan Citra Asli dan Enhanced Preprocessing	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4.2 Kurva Training Model Baseline ...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Kurva Training Model Enhanced	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4 Gambar Antarmuka Purwarupa Aplikasi Segmentasi.....	Error!
Bookmark not defined.	

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3 1 Waktu Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4 1 Distribusi Pembagian Dataset	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4 2 Perbandingan Metrik Evaluasi Model	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4 3 Perbandingan Hasil Prediksi dengan Ground Truth	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kartu Bimbingan Skripsi	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2 Lembar Persetujuan	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3 Cek Similiarity.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4 Suratt Bebas Similiarity	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5 Bukti Submit/LOA	Error! Bookmark not defined.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tumor otak merupakan salah satu penyakit dengan tingkat kompleksitas tinggi yang dapat menimbulkan gangguan neurologis serius, seperti defisit visual, kelemahan motorik, hingga kematian jika tidak ditangani secara cepat dan tepat (Louis et al., 2016). Diagnosis penyakit ini sangat bergantung pada pencitraan medis, terutama *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), karena modalitas ini mampu menampilkan struktur jaringan lunak otak dengan kontras yang baik. Pada pemeriksaan MRI *T1-weighted* dengan kontras (T1-CE), area tumor biasanya tampak lebih terang (hiperintens) akibat penyerapan agen kontras, sehingga citra jenis ini menjadi pilihan utama dalam identifikasi lesi intrakranial. Namun, untuk memperoleh informasi klinis yang akurat, dokter radiologi perlu melakukan segmentasi tumor secara manual pada setiap potongan (*slice*).

Proses segmentasi manual tersebut sangat memakan waktu dan rentan terhadap subjektivitas, karena hasil yang diperoleh dapat berbeda antara satu dokter dengan dokter lainnya (Gordillo et al., 2013). Variasi kualitas citra, perbedaan intensitas antar mesin MRI, serta bentuk tumor yang tidak beraturan semakin menambah tingkat kesulitan segmentasi. Oleh sebab itu, dibutuhkan metode otomatis yang mampu melakukan segmentasi tumor secara cepat dan konsisten. Perkembangan *Deep Learning*, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN), telah membuka peluang besar untuk mengotomatiskan analisis citra medis (Litjens et al., 2017).

Berbagai penelitian sebelumnya telah menggunakan arsitektur segmentasi semantik seperti U-Net (Ronneberger et al., 2015) dan Mask R-CNN. Sebagai studi komparasi utama, penelitian terbaru oleh (Hikmah et al., 2024) mengusulkan pendekatan deteksi tumor menggunakan arsitektur *MobileNetV2-SSD* yang dikombinasikan dengan modifikasi *Feature Pyramid Network* (FPN). Penelitian tersebut memfokuskan deteksi pada jenis tumor meningioma dan

berhasil mencapai nilai *Recall* sebesar 98% serta *Precision* sekitar 89%. Metode tersebut terbukti efektif mendeteksi objek kecil berkat modifikasi level FPN dari level 3 ke level 2.

Meskipun pendekatan (Hikmah et al., 2024) mampu menghasilkan lokalisasi yang baik, metode SSD (*Single Shot MultiBox Detector*) pada dasarnya berorientasi pada deteksi objek berbentuk kotak pembatas (*bounding box*). Pendekatan ini kurang optimal untuk merepresentasikan bentuk tumor yang cenderung sangat tidak beraturan (*irregular*) secara presisi piksel per piksel. Selain itu, penelitian tersebut hanya memfokuskan pada satu jenis tumor, yaitu meningioma, sehingga kurang mencerminkan variabilitas kasus tumor otak secara umum.

Seiring perkembangan, muncul arsitektur terbaru dari keluarga YOLO, yaitu YOLOv8, yang tidak hanya mendukung deteksi objek tetapi juga *instance segmentation* melalui varian YOLOv8-SEG. Dengan kemampuan menghasilkan mask piksel secara langsung, YOLOv8-SEG menjadi kandidat yang lebih sesuai untuk segmentasi tumor otak yang memiliki kontur tidak teratur. Selain itu, model ini terbukti menawarkan keuntungan berupa kecepatan inferensi yang tinggi serta kemampuan deteksi yang presisi pada citra MRI tumor otak (Ardiansyah et al., 2024).

Penelitian ini memanfaatkan dataset *Cheng Brain Tumor* yang terdiri atas 3.064 citra MRI T1-CE dari 233 pasien dengan tiga jenis tumor berbeda: meningioma, glioma, dan tumor pituitari (Cheng et al., 2015). Berbeda dari jurnal pembeding yang hanya memfokuskan pada meningioma, penelitian ini memperlakukan seluruh jenis tumor sebagai satu kelas tumor otak untuk pendekatan yang lebih *general*. Untuk meningkatkan kualitas input model, penelitian ini juga mengembangkan *enhanced preprocessing* yang mencakup CLAHE untuk peningkatan kontras lokal (Reza, 2004), *median filtering* untuk reduksi *noise*, serta normalisasi intensitas.

Dengan kombinasi metode segmentasi modern YOLOv8-SEG, *preprocessing* yang diperkuat, dan dataset yang komprehensif, penelitian ini

bertujuan menghasilkan sistem segmentasi tumor otak otomatis yang lebih akurat dalam mendelineasi bentuk lesi dibandingkan metode deteksi konvensional.

B. Identifikasi Masalah

1. Model berbasis *bounding box* tidak mampu menangkap bentuk tumor yang tidak beraturan sehingga segmentasi kurang presisi.
2. Variasi intensitas dan kualitas citra MRI menyebabkan model kesulitan mengekstraksi fitur tanpa preprocessing yang kuat.

C. Batasan Masalah

1. *Enhanced preprocessing* dibatasi pada tahapan: CLAHE , dan normalisasi intensitas (z-score).
2. Arsitektur yang digunakan hanya *YOLOv8l-SEG*, tanpa pengujian model lain seperti *U-Net*, *Mask R-CNN*, atau *Transformer-based segmentation*.
3. Model hanya melakukan segmentasi area tumor sebagai satu kelas (Tumor Otak) tanpa mengklasifikasikan jenis tumornya (Meningioma, Glioma, atau Pituitari).
4. Input terbatas pada citra MRI T1-CE dan diproses sebagai citra 2D (*slice*).
5. Implementasi sistem berupa purwarupa (prototype) berbasis web menggunakan Streamlit, bukan aplikasi siap pakai untuk diagnosis klinis.

D. Rumusan Masalah

1. Seberapa efektif model YOLOv8l-SEG dalam melakukan segmentasi tumor otak berdasarkan metrik evaluasi mAP dan Dice Similarity Coefficient (DSC)?
2. Seberapa efektif implementasi *enhanced preprocessing* dalam meningkatkan kualitas citra MRI T1-CE sehingga dapat memperbaiki performa segmentasi tumor otak menggunakan YOLOv8-SEG?

E. Tujuan Penelitian

1. Menerapkan metode *instance segmentation* menggunakan YOLOv8l-seg agar menghasilkan segmentasi kontur tumor otak yang presisi.
2. Meningkatkan kualitas citra MRI T1-CE dengan menerapkan *enhanced preprocessing*.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat utama dalam meningkatkan presisi segmentasi tumor otak pada citra MRI T1-CE. Dengan menerapkan *enhanced preprocessing*, model diharapkan mampu menghasilkan representasi morfologi tumor yang lebih akurat dan detail, sehingga dapat mendukung proses diagnosis serta pengambilan keputusan klinis secara lebih efektif dan objektif. Selain memberikan dampak klinis, hasil segmentasi yang stabil dan konsisten dari penelitian ini juga bermanfaat sebagai acuan (*baseline*) atau masukan awal (*ground truth*) bagi berbagai penelitian lanjutan, seperti analisis pertumbuhan tumor, pemodelan tiga dimensi, prediksi tingkat keganasan, serta pengembangan sistem *Computer-Aided Diagnosis* (CAD) yang membutuhkan data masukan berpresisi tinggi. Lebih jauh lagi, keberhasilan implementasi ini membuka peluang integrasi yang lebih luas antara metode visi komputer modern dengan domain medis untuk menghasilkan algoritma yang lebih adaptif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriyanto, T., Ramadhani, R. A., Helilintar, R., & Ristyawan, A. (2022a). Classification of Dog and Cat Images using the CNN Method. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 14(3), 203–208. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v14i3.11116.203-208>
- Adriyanto, T., Ramadhani, R. A., Helilintar, R., & Ristyawan, A. (2022b). Classification of Dog and Cat Images using the CNN Method. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 14(3), 203–208. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v14i3.11116.203-208>
- Al Kautsar, M. T., Cahyono, E., & Jufra. (2025). *Jurnal Matematika , Komputasi dan Statistika PENERAPAN KONSEP FUNGSI CONTRAST STRETCHING TERHADAP PENAJAMAN KONTRAS CITRA DIGITAL Diterbitkan oleh Jurusan Matematika FMIPA UHO Jurnal Matematika , Komputasi dan Statistika Diterbitkan oleh Jurusan Matematik*. 5(April), 857–867.
- Alanazi, H. (2025). Optimizing Medical Image Analysis: A Performance Evaluation of YOLO-Based Segmentation Models. In *IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications* (Vol. 16, Number 4). www.ijacsa.thesai.org
- Ardiansyah, A., Qodri, K. N., Banna, D. Al, & Al-Baihaqi, M. Z. (2024). PEMANFAATAN SAM DAN YOLOV8 UNTUK DETEKSI DAN SEGMENTATION MRI TUMOR OTAK. *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 5(1), 82–89. <https://doi.org/10.46764/teknimedia.v5i1.192>
- Arora, A., Jayal, A., Gupta, M., Mittal, P., & Satapathy, S. C. (2021). Brain tumor segmentation of MRI images using processed image driven u-net architecture. *Computers*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/computers10110139>
- Cheng, J., Huang, W., Cao, S., Yang, R., Yang, W., Yun, Z., Wang, Z., & Feng, Q. (2015). Correction: Enhanced Performance of Brain Tumor Classification via Tumor Region Augmentation and Partition. *PLOS ONE*, 10(12), e0144479. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144479>

- Gao, Y., Jiang, Y., Peng, Y., Yuan, F., Zhang, X., & Wang, J. (2025). Medical Image Segmentation: A Comprehensive Review of Deep Learning-Based Methods. In *Tomography* (Vol. 11, Number 5). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/tomography11050052>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Gordillo, N., Montseny, E., & Sobrevilla, P. (2013). State of the art survey on MRI brain tumor segmentation. *Magnetic Resonance Imaging*, 31(8), 1426–1438. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2013.05.002>
- 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>
- Kim, M., & Hwang, K.-B. (2022). An empirical evaluation of sampling methods for the classification of imbalanced data. *PLOS ONE*, 17(7), e0271260. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271260>
- 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/10.1016/j.media.2017.07.005>
- Louis, D. N., Perry, A., Reifenberger, G., von Deimling, A., Figarella-Branger, D., Cavenee, W. K., Ohgaki, H., Wiestler, O. D., Kleihues, P., & Ellison, D. W. (2016). The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. In *Acta Neuropathologica* (Vol. 131, Number 6, pp. 803–820). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00401-016-1545-1>
- Magudeeswaran, V., & Singh, J. F. (2017). Contrast limited fuzzy adaptive histogram equalization for enhancement of brain images. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 27(1), 98–103. <https://doi.org/10.1002/ima.22214>

- Menze, B. H., Jakab, A., Bauer, S., Kalpathy-Cramer, J., Farahani, K., Kirby, J., Burren, Y., Porz, N., Slotboom, J., Wiest, R., Lanczi, L., Gerstner, E., Weber, M. A., Arbel, T., Avants, B. B., Ayache, N., Buendia, P., Collins, D. L., Cordier, N., ... Van Leemput, K. (2015). The Multimodal Brain Tumor Image Segmentation Benchmark (BRATS). *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 34(10), 1993–2024. <https://doi.org/10.1109/TMI.2014.2377694>
- Müller, D., Soto-Rey, I., & Kramer, F. (2022). Towards a guideline for evaluation metrics in medical image segmentation. In *BMC Research Notes* (Vol. 15, Number 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s13104-022-06096-y>
- Nahiduzzaman, Md., Goni, Md. O. F., Hassan, R., Islam, Md. R., Syfullah, M. K., Shahriar, S. M., Anower, Md. S., Ahsan, M., Haider, J., & Kowalski, M. (2023). Parallel CNN-ELM: A multiclass classification of chest X-ray images to identify seventeen lung diseases including COVID-19. *Expert Systems with Applications*, 229, 120528. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120528>
- Nugroho, A., Husin, A., Provinsi, J., Hulu, T., & Hilir Indonesia, I. (2019). SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi Analisis Performa Random Forest Menggunakan Normalisasi Atribut Performance Analysis of Random Forest Using Attribute Normalization. In *Januari* (Vol. 11, Number 1). <http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>
- Reinhold, J. C., Dewey, B. E., Carass, A., & Prince, J. L. (2019). Evaluating the impact of intensity normalization on MR image synthesis. In E. D. Angelini & B. A. Landman (Eds.), *Medical Imaging 2019: Image Processing* (p. 126). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2513089>
- Reza, A. M. (2004). Realization of the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) for Real-Time Image Enhancement. In *Journal of VLSI Signal Processing* (Vol. 38).
- Rianti, A., Majid, N. W. A., & Fauzi, A. (2023). CRISP-DM: Metodologi Proyek Data Science. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Bisnis (SENATIB)*, 107–114.

- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). *U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation* (pp. 234–241). https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- Schröer, C., Kruse, F., & Gómez, J. M. (2021). A systematic literature review on applying CRISP-DM process model. *Procedia Computer Science*, 181(2019), 526–534. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.199>
- Shinohara, R. T., Sweeney, E. M., Goldsmith, J., Shiee, N., Mateen, F. J., Calabresi, P. A., Jarso, S., Pham, D. L., Reich, D. S., & Crainiceanu, C. M. (2014). Statistical normalization techniques for magnetic resonance imaging. *NeuroImage: Clinical*, 6, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2014.08.008>
- Shukla, G., Alexander, G. S., Bakas, S., Nikam, R., Talekar, K., Palmer, J. D., & Shi, W. (2017). Advanced magnetic resonance imaging in glioblastoma: a review. *Chinese Clinical Oncology*, 6(4), 40–40. <https://doi.org/10.21037/cco.2017.06.28>
- Sucipto. (2017). Perancangan Active Database System pada Sistem Informasi Pelayanan Harga Pasar. *Jurnal INTENSIF*, 1(1).
- 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>