

**IMPLEMENTASI MODEL DEEP LEARNING BERBASIS
CNN, CNN+LSTM DAN ENSEMBLE LEARNING DALAM
ANALISIS CITRA MRI UNTUK DETEKSI TUMOR OTAK**

SKRIPSI SARJANA INFORMATIKA

Oleh:

Tasya Aurelia

227064516144



PROGRAM STUDI INFORMATIKA

**FAKULTAS TEKNOLOGI KOMUNIKASI DAN
INFORMATIKA**

UNIVERSITAS NASIONAL

2026

**IMPLEMENTASI MODEL DEEP LEARNING BERBASIS
CNN, CNN+LSTM DAN ENSEMBLE LEARNING DALAM
ANALISIS CITRA MRI UNTUK DETEKSI TUMOR OTAK**

SKRIPSI SARJANA INFORMATIKA

Karya Ilmiah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer dari Fakultas Teknologi Komunikasi dan
Informatika

Oleh:

Tasya Aurelia

227064516144



PROGRAM STUDI INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA

UNIVERSITAS NASIONAL

2026

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Implementasi Model Deep Learning Berbasis CNN, CNN + LSTM dan Ensemble Learning dalam Analisis Citra MRI untuk Deteksi Tumor Otak



Tasya Aurelia

227064516144

UNIVERSITAS NASIONAL

Dosen Pembimbing I

(Rima Tamara Aldisa, S.Kom., M.Kom.)

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul :

Implementasi Model Deep Learning Berbasis CNN, CNN + LSTM dan Ensemble Learning dalam Analisis Citra MRI untuk Deteksi Tumor Otak

Yang dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika Universitas Nasional, sebagaimana yang saya ketahui adalah bukan merupakan tiruan atau publikasi dari Tugas Akhir yang pernah diajukan atau dipakai untuk mendapatkan gelar di lingkungan Universitas Nasional maupun perguruan tinggi atau instansi lainnya, kecuali pada bagian – bagian tertentu yang menjadi sumber informasi atau acuan yang dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 25 Februari 2026



Tasya Aurelia

227064516144

LEMBAR PERSETUJUAN REVIEW AKHIR

Tugas Akhir dengan judul :

Implementasi Model Deep Learning Berbasis CNN, CNN + LSTM dan Ensemble Learning dalam Analisis Citra MRI untuk Deteksi Tumor Otak

Dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika Universitas Nasional. Tugas Akhir ini diujikan pada Sidang Review Akhir Semester Ganjil 2025-2025 pada Tanggal 25, Bulan Februari Tahun 2026

Dosen Pembimbing 1

(TTD Dospem)



Rima Tamara Aldisa, S.Kom., M.Kom.)

0318019401

Ketug Program Studi

(TTD Kaprodi)



Ratih Titi Komala Sari, S.N., MM., MMSI

0301038302

LEMBAR PERSETUJUAN JUDUL YANG TIDAK ATAU YANG DIREVISI

Nama : Tasya Aurelia
NPM : 227064516144
Fakultas/Akademi : Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika
Program Studi : Informatika
Tanggal Sidang : 25 Februari 2026

JUDUL DALAM BAHASA INDONESIA :

Implementasi Model Deep Learning Berbasis CNN, CNN + LSTM dan Ensemble Learning dalam Analisis Citra MRI untuk Deteksi Tumor Otak

JUDUL DALAM BAHASA INGGRIS :

Implementation of a Deep Learning Model Based on CNN, CNN+LSTM and Ensemble Learning for MRI Image Analysis to Detect Brain Tumors

TANDA TANGAN DAN TANGGAL

Pembimbing 1	Keprosdi	Mahasiswa
TGL : 2 Maret 2026	TGL : 25 Februari 2026	TGL : 2 Maret 2026
		

(Rima Tamara Adisa, S.Fom, M.Tm) (Rima Tamara Adisa, S.T, MM., NMSI) (Tasya Aurelia)

ABSTRAK

Deteksi dini tumor otak melalui citra Magnetic Resonance Imaging (MRI) memiliki peran yang sangat penting dalam pelayanan kesehatan modern. Tujuan studi ini adalah mengimplementasikan model deep learning hibrida berbasis Convolutional Neural Network (CNN), Long Short-Term Memory (LSTM), dan ensemble learning untuk meningkatkan akurasi klasifikasi tumor dan non-tumor pada citra MRI. Data yang digunakan terdiri dari dua kelas, dan semua gambar diproses terlebih dahulu untuk menyesuaikan kecerahan dan variasi, sehingga model dapat belajar dengan lebih efektif. Teknologi CNN digunakan untuk mengenali pola dan bentuk dalam gambar, sementara LSTM membantu memahami hubungan temporal dan urutan pola-pola tersebut. Selanjutnya, pendekatan pembelajaran ensemble berbasis voting digunakan untuk menggabungkan prediksi dari beberapa model. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model CNN mencapai akurasi 85% dan Area Under the Curve (AUC) 0,581, sementara model CNN+LSTM mencapai akurasi 86% dan AUC 0,684. Namun, model hibrida dan ensemble mencapai akurasi dan AUC 1,000, menunjukkan kinerja tertinggi. Menurut laporan hasil, model ensemble mencapai akurasi, recall, dan skor F1 sebesar 1,000, menunjukkan kinerja deteksi yang sangat tinggi pada gambar tumor otak. Oleh karena itu, kombinasi CNN+LSTM dan pembelajaran ensemble telah terbukti handal dan efektif dalam meningkatkan sistem deteksi tumor berbasis citra menggunakan MRI.

Kata Kunci ;Deep learning; CNN; LSTM; ensemble learning; MRI; tumor otak.

ABSTRACT

Abstract—Early detection of brain tumors using Magnetic Resonance Imaging (MRI) is crucial in modern healthcare settings. This study aims to improve the accuracy of MRI image classification between tumor and non-tumor categories by applying a hybrid deep learning model based on Convolutional Neural Networks (CNN), Long Short-Term Memory (LSTM), and ensemble learning. The data used consisted of two classes. To improve the learning ability of the model, preprocessing was applied to all images, including brightness adjustment and variation application. CNN technology was used to recognize spatial patterns and shapes in images, while LSTM recognized temporal dependencies or sequences between these patterns. Furthermore, a voting-based ensemble learning method was used to combine predictions from several models. The experimental results show that the CNN model achieved an accuracy of 85% and an area under the curve (AUC) of 0.581, the CNN+LSTM model achieved an accuracy of 86% and an AUC of 0.684, while the hybrid and ensemble models achieved the highest performance with an accuracy of 100% and an AUC of 1.000 (1.000). The classification report shows that the ensemble model has an accuracy, recall, and F1 score of 1.000, indicating a very high ability to detect brain tumor images. As a result, the combination of CNN-LSTM and ensemble learning has proven to be very reliable and effective in improving tumor detection systems based on MRI images.

Keywords: Deep learning; CNN; LSTM; ensemble learning; MRI; brain tumor.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Implementasi Model Deep Learning Berbasis CNN, CNN + LSTM dan Ensemble Learning dalam Analisis Citra MRI untuk Deteksi Tumor Otak”** dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Sarjana Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menganalisis performa beberapa arsitektur deep learning yakni Convolutional Neural Network (CNN), kombinasi CNN + LSTM, serta metode Ensemble Learning dalam proses klasifikasi citra MRI untuk mendeteksi keberadaan tumor otak. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan sistem pendukung diagnosis medis yang lebih akurat dan efisien.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai kendala dan tantangan. Namun berkat bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini hingga tahap akhir. Oleh karena itu, Dengan penuh rasa syukur, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat, petunjuk, dan kekuatan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. El Amry Bermawi Putera, M.A., selaku Rektor Universitas Nasional, yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas dalam menunjang proses pembelajaran penulis.
3. Bapak Dr. Agung Triayudi, S.Kom., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika sekaligus Dosen Pembimbing Skripsi, yang telah meluangkan waktu, tenaga, bimbingan, nasihat, serta pengarahan yang sangat berarti selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Ir. Endah Tri Esti Handayani, MMSI, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika, atas dukungan serta fasilitas yang diberikan kepada penulis selama masa studi.

5. Ibu Ratih Titi Komala Sari, S.T., M.M., MMSI, selaku Ketua Program Studi Informatika, yang telah memberikan arahan akademik dan dukungan administratif selama penulis menempuh pendidikan.
6. Ibu Rima Tamara Aldisa, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Skripsi, yang telah memberikan waktu, tenaga, bimbingan, dan masukan berharga dalam penyempurnaan penelitian dan penulisan skripsi ini.
7. Orang tua tercinta, Mamah dan Mamih, sumber doa yang tidak pernah putus, pelukan yang selalu menjadi tempat kembali, serta ketulusan yang memberikan penulis kekuatan dalam setiap langkah. Tanpa mereka, perjalanan ini tidak akan pernah memiliki makna sedalam ini.
8. Ketiga adik penulis, Sammy, Darrel, dan Adeeva, yang raganya jarang penulis peluk namun selalu penulis usahakan kehidupan yang lebih baik untuk mereka, sehingga menjadi salah satu sumber semangat penulis dalam menyusun skripsi ini.
9. Para dosen Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika, yang telah memberikan ilmu dan wawasan berharga selama masa perkuliahan.
10. Teman-teman seperjuangan Informatika 2022 terutama Dita, Riska, Dhika, Claura, Adit, Rizal, Dafi, Bimo, Hernan, Dani dan yang tidak bisa saya sebutkan yang selalu memberikan motivasi, semangat, serta membantu dalam berbagai diskusi terkait penelitian ini.
11. Diri penulis sendiri, yang telah berjuang melalui hari-hari panjang penuh kecemasan, air mata, dan kejutan hidup yang tidak pernah bisa ditebak. Terima kasih karena tidak menyerah, terima kasih karena tetap bertahan meski sering merasa lelah, terima kasih karena terus melangkah meski jalan terasa berat. Terima kasih karena sudah memilih untuk tetap bangkit, kembali percaya, dan menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Tanpa kekuatan yang tumbuh dari dalam diri, perjalanan ini tidak akan pernah sampai pada titik ini.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, tetapi telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa, peneliti, praktisi, serta pihak-pihak lain yang tertarik pada bidang kecerdasan buatan, pengolahan citra medis, dan teknologi kesehatan. Penulis juga menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna; oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang.



Jakarta, 10 Desember 2025

Penulis,

Tasya Aurelia

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Kontribusi Penelitian	6
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Studi Literatur	7
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Citra MRI (Magnetic Resonance Imaging)	10
2.2.2 Preprocessing Citra Normalisasi dan CLAHE	11
2.2.3 Convolutional Neural Network (CNN)	11
2.2.4 Long Short-Term Memory (LSTM)	11
2.2.5 EfficientNet	12
2.2.6 Hybrid Model (CNN + EfficientNet)	12

2.3 Kajian tentang Tumor Otak dan Citra MRI.....	13
2.3.1 Jenis-Jenis Tumor Otak (Umum dalam Dataset Citra MRI)	14
2.3.2 Pentingnya MRI dalam Diagnosis Tumor Otak	16
2.4 Kajian Deep Learning untuk Deteksi Tumor Otak.....	16
BAB III	18
METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Alur Penelitian.....	18
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	18
3.2.1 Waktu Penelitian.....	18
3.2.2 Lokasi Penelitian.....	20
3.3 Desain Sistem	21
3.3.1 Jenis Penelitian	21
3.3.2 Data Penelitian.....	22
3.3.3 Perancangan Arsitektur CNN	23
3.3.4 Perancangan Arsitektur CNN + LSTM	23
3.3.5 Perancangan Ensemble Learning.....	24
3.5 Metode Evaluasi Sistem.....	25
3.6 Rumus Tiap Model.....	26
BAB IV	28
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Hasil Penelitian.....	28
4.1.1 Persiapan data dan preprocessing	28
4.1.2 Hasil pelatihan dan evaluasi per model	31
4.2 Teknik Perhitungan Matriks Evaluasi	38
4.2.1 Perhitungan Akurasi (Train, Validation, dan Test).....	40

4.2.2 Ringkasan Tabel Hasil Perhitungan Akurasi	42
4.3 Pembahasan	43
4.3.1 Perbandingan kinerja CNN, CNN+LSTM, Hybrid dan Ensemble.....	43
4.3.2 Analisis kesalahan dan interpretabilitas model.....	46
4.3.3 Keterbatasan dan implikasi.....	47
4.4 Pengaruh Variasi Pembagian Data terhadap Kinerja Model.....	48
4.4.1 Split dataset 80/10/10.....	48
4.4.2 Split dataset 80/20.....	55
4.4.3 Split Data 70/30	61
4.5 Perbandingan Kinerja Model pada Berbagai Skenario Pembagian Data.....	67
4.5.1 Nilai Accuracy Akhir (Epoch Terakhir)	67
4.5.2 Nilai Loss Akhir (Epoch Terakhir).....	68
4.5.3 Analisis Komparatif.....	68
4.5.4 Kesimpulan Umum Variasi Split.....	69
4.6. Aplikasi AI untuk Deteksi Tumor Otak	69
4.6.1 Tampilan Halaman Utama Aplikasi	70
4.6.2 Tampilan Hasil Deteksi Tumor.....	71
4.6.3 Fungsi dan Manfaat Aplikasi.....	73
BAB V.....	75
KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	18
Gambar 3. 2 Class Distribution.....	22
Gambar 4. 1 Preprocessing CLAHE	29
Gambar 4. 2 Preprocessing CLAHE	31
Gambar 4. 3 Confusion Matrix CNN val	32
Gambar 4. 4 Model CNN+LSTM	32
Gambar 4. 5 Confusion Matrix CNN+LSTM val	33
Gambar 4. 6 Confusion Matrix CNN Test	34
Gambar 4. 7 Model Hybrid EfficientNetB3 + LSTM.....	34
Gambar 4. 8 Confusion Hybrid Val	35
Gambar 4. 9 Confusion Hybrid Test	36
Gambar 4. 10 Ensemble CNN, CNN+LSTM, dan Hybrid	36
Gambar 4. 11 ROC - Test	37
Gambar 4. 12 Performance Comparison.....	43
Gambar 4. 13 Misclassified Examples (All).....	46
Gambar 4. 14 Model CNN split dataset 80/10/10.....	48
Gambar 4. 15 Model CNN+LSTM split dataset 80/10/10.....	50
Gambar 4. 16 Model Hybrid split dataset 80/10/10.....	52
Gambar 4. 17 Model Ensemble split dataset 80/10/10	53
Gambar 4. 18 Model CNN split dataset 80/20.....	55
Gambar 4. 19 Model CNN+LSTM split dataset 80/20.....	57
Gambar 4. 20 Model Hybrid split dataset 80/20.....	58
Gambar 4. 21 Model Ensemble split dataset 80/20.....	60
Gambar 4. 22 Model CNN split dataset 70/30.....	61
Gambar 4. 23 Model CNN+LSTM split dataset 70/30	63
Gambar 4. 24 Model Hybrid split dataset 70/30	64
Gambar 4. 25 Model Ensemble split dataset 70/30.....	66
Gambar 4. 26 Tampilan Halaman Utama Aplikasi AI Brain Tumor Detector	70
Gambar 4. 27 Tampilan Deteksi Citra MRI.....	71
Gambar 4. 28 Tampilan Deteksi Hasil Tumor Jinak.....	72
Gambar 4. 29 Tampilan Deteksi Citra MRI.....	73
Gambar 4. 30 Tampilan Deteksi Hasil Kondisi Normal.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Literatur	7
Tabel 3. 1 Alur Penelitian	19
Table 4. 1 Ringkasan Tabel Hasil Perhitungan Akurasi	42
Table 4. 2 Nilai Accuracy Akhir (Epoch Terakhir)	67
Table 4. 3 Nilai Loss Akhir (Epoch Terakhir)	68

