

**PENGEMBANGAN DAN EVALUASI MODEL *DEEP LEARNING*
BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK
KLASIFIKASI PENYAKIT ALZHEIMER MENGGUNAKAN CITRA MRI**



DISUSUN OLEH :

WAFIQ NABILA EDISON

213030503159

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PALANGKA RAYA

2026

PENGEMBANGAN DAN EVALUASI MODEL DEEP LEARNING BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT ALZHEIMER MENGGUNAKAN CITRA MRI

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Strata-1 pada Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh

WAFIQ NABILA EDISON

213030503159

Telah dipertahankan didepan tim penguji, pada :

Hari/Tanggal : Kamis, 24 September 2026

Waktu : 13:00-14:30 WIB

Tempat : Ruang Ujian 1

1. **Drs. JADIAMAN PARHUSIP, M.Kom.**

NIP. 19630423 198502 1 001

.....(Ketua Penguji)

2. **WIDIATRY, S.T., M.T.**

NIP. 19820717 200312 2 002

.....(Pembimbing Utama/Pertama)

3. **RESSA PRISKILA, S.T., M.T.**

NIP. 19940301 201903 2 016

.....(Pembimbing Pendamping/Kedua)

4. **NOVERA KRISTIANTI, S.T., M.T.**

NIP. 19931116 202203 2 012

.....(Anggota)

Mengetahui :

**Jurusan / Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya**

Ketua Jurusan,



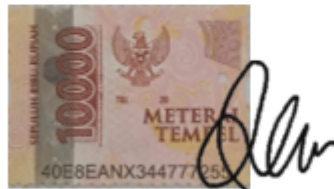
ARIESTA LESTARI, S.Kom., M.Cs., Ph.D.

NIP. 19800322 200501 2 004

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam dalam Skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan disuatu Perguruan Tinggi, serta tidak terdapat karya ilmiah atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam Skripsi ini dan disebutkan dalam Tinjauan Pustaka.

Palangka Raya, 8 Oktober 2026



Wafiq Nabila Edison
NIM. 213030503159

RIWAYAT PENYUSUN

Data Diri

Nama : Wafiq Nabila Edison
NIM : 213030503159
Fakultas : Teknik
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang : Strata 1 (S-1)|
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat, Tanggal Lahir : Buntok, 15 November 2003
Agama : Islam
Status dalam Keluarga : Anak Kandung
Anak ke – : 3
No. Telepon/HP : +6282230812227

Data Orang

Nama Ayah : Edison
Pekerjaan Ayah : PNS (Pegawai Negeri Sipil)
Nama Ibu : Siti Fatimah
Pekerjaan Ibu : Karyawan Swasta
Alamat Orang Tua : Jl. Kecipir
No. Telepon/HP : 082237708228

Riwayat Pendidikan

SD : SD Negeri Buntok 9 (Tahun Lulus 2012)
SMP : SMP Negeri 1 Barito Selatan (Tahun Lulus 2018)
SMA : SMA Negeri 1 Buntok (Tahun Lulus 2021)

Palangka Raya, 24 September 2026



Wafiq Nabila Edison
NIM. 213030503159

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "PENGEMBANGAN DAN EVALUASI MODEL *DEEP LEARNING* BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT ALZHEIMER MENGGUNAKAN CITRA MRI" ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu WIDIATRY, S.T., M.T. dan Ibu RESSA PRISKILA., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis, kepada Ibu Novera Kristianti, S.T., M.T. dan Bapak DRS. JADIAMAN PARHUSIP, M.Kom. atas masukan yang membangun, serta kepada keluarga dan rekan-rekan yang senantiasa memberikan dukungan moral selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang, dan dapat disampaikan melalui email [contoh: wafiqn415@gmail.com]. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pengolahan citra medis dan kecerdasan buatan.

Palangka Raya, 16 September 2026

Penulis

ABSTRAK

PENGEMBANGAN DAN EVALUASI MODEL *DEEP LEARNING* BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT ALZHEIMER MENGGUNAKAN CITRA MRI

WAFIQ NABILA EDISON (213030503159)

Penyakit Alzheimer merupakan penyebab utama demensia global, sehingga deteksi dini melalui citra Magnetic Resonance Imaging (MRI) menjadi penting. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu melakukan pembagian data pada tingkat gambar (*image-level split*) yang berisiko menyebabkan kebocoran data (*data leakage*) antar subjek, serta jarang menyertakan interpretabilitas model maupun evaluasi pada tingkat subjek. Penelitian ini mengembangkan dan mengevaluasi model Convolutional Neural Network (CNN) custom untuk klasifikasi biner Cognitively Normal (CN) dan Alzheimer's Disease (AD) pada dataset terbuka OASIS-1, dengan tiga kontribusi metodologis utama: pembagian data berbasis subjek (*subject-level split*) menggunakan GroupShuffleSplit terstratifikasi, agregasi prediksi per subjek (*per-subject aggregation*), dan interpretabilitas model menggunakan Gradient-weighted Class Activation Mapping (GradCAM). Model dilatih menggunakan 30.985 citra hasil middle slice filtering dan oversampling pada 255 subjek data latih, dengan arsitektur empat blok konvolusi (488.577 parameter, 487.617 di antaranya dapat dilatih), optimizer AdamW, penjadwalan *learning rate cosine decay*, dan *callback Early Stopping* berbasis *val_auc*. Hasil evaluasi pada 38 subjek data uji (3.528 citra) menunjukkan akurasi 90,39% pada tingkat *per-slice* dan meningkat menjadi 94,74% pada tingkat *per-subjek*, dengan F1-score 78,88%/88,89%, AUC-ROC 89,72%/90,80%, dan Matthews Correlation Coefficient (MCC) 0,7268/0,8544. Visualisasi GradCAM menunjukkan aktivasi model terkonsentrasi pada region periventrikel dan temporal-medial yang relevan secara klinis, meskipun sebagian aktivasi juga muncul pada region non-otak sebagai keterbatasan yang perlu diperbaiki pada penelitian lanjutan. Sebagai bukti konsep,

penelitian ini juga menghasilkan prototipe antarmuka aplikasi web berbasis Streamlit untuk skrining awal. Model yang dikembangkan berpotensi menjadi alat bantu skrining awal Alzheimer yang lebih realistis secara metodologis, namun bukan pengganti diagnosis klinis oleh tenaga medis profesional.

Kata Kunci: Alzheimer, Convolutional Neural Network, MRI, OASIS-1, subject-level split, per-subject aggregation, GradCAM

ABSTRACT

PENGEMBANGAN DAN EVALUASI MODEL *DEEP LEARNING* BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT ALZHEIMER MENGGUNAKAN CITRA MRI

WAFIQ NABILA EDISON (213030503159)

Alzheimer's disease is the leading cause of dementia worldwide, making early detection through Magnetic Resonance Imaging (MRI) critically important. However, most prior studies perform image-level data splitting, which risks data leakage across subjects, and rarely include model interpretability or subject-level evaluation. This study develops and evaluates a custom Convolutional Neural Network (CNN) for binary classification of Cognitively Normal (CN) and Alzheimer's Disease (AD) on the open OASIS-1 dataset, with three main methodological contributions: a stratified subject-level split using GroupShuffleSplit, per-subject prediction aggregation, and model interpretability via Gradient-weighted Class Activation Mapping (GradCAM). The model was trained on 30,985 images obtained through middle slice filtering and oversampling across 255 training subjects, using a four-block convolutional architecture (488,577 parameters, of which 487,617 are trainable), the AdamW optimizer, cosine-decay learning-rate scheduling, and an Early Stopping callback monitoring val_auc. Evaluation on 38 held-out test subjects (3,528 images) achieved 90.39% accuracy at the per-slice level, improving to 94.74% at the per-subject level, with F1-scores of 78.88%/88.89%, AUC-ROC of 89.72%/90.80%, and Matthews Correlation Coefficient (MCC) of 0.7268/0.8544. GradCAM visualizations showed activation concentrated in clinically relevant periventricular and temporal-medial regions, although some activation also appeared in non-brain regions, a limitation to be addressed in future work. As a proof of concept, this study also produced a Streamlit-based web application prototype for preliminary screening. The developed model shows potential as a methodologically more realistic early-

screening aid for Alzheimer’s disease, but is not intended to replace clinical diagnosis by qualified medical professionals.

Keywords: Alzheimer’s disease, Convolutional Neural Network, MRI, OASIS-1, subject-level split, per-subject aggregation, GradCAM

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	6
1.7. Jadwal Kegiatan	7
LANDASAN TEORI.....	8
2.1. Tinjauan Pustaka	8
2.2. Penyakit Alzheimer	15
2.3. Pencitraan Otak dengan MRI (<i>Magnetic Resonance Imaging</i>).....	16
2.4. <i>Machine Learning</i> dan <i>Deep Learning</i>	17
2.4.1. Machine Learning	18
2.4.2. Deep Learning	19
2.5. <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	20
2.6. <i>Dataset Open Access Series of Imaging Studies</i> (OASIS)	22
2.7. Evaluasi Kinerja Model Klasifikasi	25
2.7.1. Akurasi (<i>Accuracy</i>)	26
2.7.2. Presisi (<i>Precision</i>)	27
2.7.3. 1 / Sensitivitas (<i>Sensitivity</i>)	27
2.7.4. F1-Score	28

2.7.5. AUC-ROC (Area Under the Curve – Receiver Operating Characteristic)	28
2.7.6. Matthews Correlation Coefficient (MCC)	29
2.8. Flowchart	29
2.9. Streamlit	31
1. Arsitektur dan Cara Kerja	31
2. Komponen UI yang Digunakan	32
3. Keunggulan Streamlit untuk Aplikasi Medis Berbasis Deep Learning	32
BAB III	34
METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1 Metode Penelitian	34
3.2 Studi Literatur	35
3.3 Tahapan Penelitian.....	35
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	38
3.5 Pengumpulan Data	38

3.6 Preprocessing Citra MRI.....	41
3.6.1 Pemetaan Label (Empat Kelas menjadi Biner CN dan AD).....	42
3.6.2 Middle Slice Filtering	42
3.6.3 Stratified Subject-Level Split (70 : 20 : 10).....	43
3.6.4 Oversampling Kelas Minoritas	43
3.6.5 Pemuatan Citra: Konversi Grayscale dan Resize.....	44
3.6.6 Normalisasi Intensitas Piksel	45
3.6.7 Augmentasi Data.....	45
3.6.8 Ringkasan Pipeline Preprocessing	47
3.7 Desain Arsitektur CNN.....	49
3.8 Pelatihan Model CNN.....	52
3.9 Evaluasi Model	54
3.9.1 Confusion Matrix	54
3.9.2 Akurasi (Accuracy)	54
3.9.3 Presisi (Precision)	54
3.9.4 1 (Sensitivitas)	54
3.9.5 Spesifisitas (Specificity)	54
3.9.6 F1-Score	55
3.9.7 AUC-ROC.....	55
3.9.8 Matthews Correlation Coefficient (MCC)	55
3.9.9 Optimasi Threshold.....	55
3.9.10 Per-Subject Aggregation.....	56
3.9.11 Interpretabilitas Model dengan GradCAM	56
3.10 Pengembangan Antarmuka Aplikasi.....	57
3.10.1 Modul Prediksi	57
3.10.2 Modul Dashboard Evaluasi Model	58
3.10.3 Deployment dan Pengujian	58
BAB IV	60
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1 Gambaran Umum Hasil Penelitian	60
4.2 Eksplorasi dan Persiapan Dataset	60

4.2.1 Dataset dan Distribusi Kelas	60
4.2.2 Pemetaan Label Biner	61
4.2.3 Preprocessing Citra MRI.....	63
4.2.4 Pembagian dan Penyeimbangan Dataset.....	63
4.3 Arsitektur Model CNN.....	64
4.4 Konfigurasi Pelatihan Model	67
4.5 Hasil Proses Pelatihan	68
4.6 Evaluasi Model pada Data Uji	69
4.6.1 Hasil Prediksi	69
4.6.2 Metrik Evaluasi	70
4.6.3 Laporan Klasifikasi per Kelas	74
4.6.4 Analisis Kesalahan Klasifikasi: False Negative dan False Positive	75
4.6.5 Visualisasi Interpretabilitas GradCAM per Kategori Prediksi.....	76
4.7 Pembahasan.....	78
4.8 Antarmuka Aplikasi	81
4.8.1 Modul Prediksi	81
BAB V.....	83
KESIMPULAN DAN SARAN.....	83
5.1. Kesimpulan	83
5.2. Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA	87

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jadwal Kegiatan.....	7
Tabel 2. 1 Perbandingan Tinjauan Pustaka.....	13
Tabel 2. 2 Perbandingan Dataset OASIS-1, ADNI, dan Kaggle Alzheimer MRI.....	23
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian.....	38
Tabel 3. 2 Distribusi Kelas Asli Dataset.....	40
Tabel 3. 3 Hasil Pembagian Dataset Berbasis Subjek.....	43
Tabel 3. 4 Parameter Augmentasi Data.....	45
Tabel 3. 5 Arsitektur Model CNN.....	50
Tabel 3. 6 Hyperparameter Pelatihan Model.....	52
Tabel 4. 1 Distribusi Kelas Asli Dataset.....	60
Tabel 4. 2 Pemetaan Label Biner.....	62
Tabel 4. 3 Pembagian Dataset (Sebelum Oversampling).....	64
Tabel 4. 4 Arsitektur Model CNN_Alzheimer.....	65
Tabel 4. 5 Konfigurasi Pelatihan Model.....	67
Tabel 4. 6 Metrik pada Epoch Terbaik.....	69
Tabel 4. 7 Perbandingan Distribusi Aktual dan Prediksi pada Data Uji.....	70
Tabel 4. 8 Hasil Evaluasi Model pada Data Uji.....	71
Tabel 4. 9 Perbandingan Metrik Evaluasi Level Per-Slice dan Per-Subjek.....	72
Tabel 4. 10 Confusion Matrix Model pada Data Uji (Level Per-Slice).....	72
Tabel 4. 11 Laporan Klasifik Lengkap per Kelas.....	74
Tabel 4. 12 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Simbol Flowchart.....	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	37
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pipeline Preprocessing Citra MRI.....	48
Gambar 4. 1 Contoh Citra MRI per Kelas.....	61
Gambar 4. 2 Distribusi Slice Index dan Jumlah Slice per Subjek (Sebelum Filtering).....	62
Gambar 4. 3 Sampel Slice Tengah Otak CN dan AD Setelah Middle Slice Filtering.....	63
Gambar 4. 4 Kurva Pelatihan Model CNN (Akurasi, Loss, AUC, Precision) — 25 Epoch.....	68
Gambar 4. 5 LR Schedule: Cosine Decay ($1e-4 \rightarrow 1e-7$) sepanjang 100 Epoch.....	69
Gambar 4. 6 Ringkasan Metrik Evaluasi Model CNN_Alzheimer.....	71
Gambar 4. 7 ROC Curve — Klasifikasi Alzheimer vs Normal ($AUC = 0,8972$).....	73
Gambar 4. 8 Perbandingan Per-Slice vs Per-Subjek.....	73
Gambar 4. 9 Visualisasi GradCAM untuk Kategori Prediksi TP, TN, FP, dan FN.....	77
Gambar 4. 10 Tampilan Modul Prediksi Alzheimer.....	82

DAFTAR PUSTAKA

- Abrol, A., Fu, Z., Salman, M., Silva, R., Du, Y., Bhinge, S., Plis, S., & Calhoun, V. D. (2021). Deep learning encodes robust representations for lifelong prediction of traumatic brain injury and Alzheimer's disease. *Nature Communications*, 12, Article 2578. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22905-7>
- Malik, I., Iqbal, A., Gu, Y. H., & Al-antari, M. A. (2024). Deep learning for Alzheimer's disease prediction: A comprehensive review. *Diagnostics*, 14(12), 1281. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14121281>
- Basaia, S., Agosta, F., Wagner, L., Canu, E., Magnani, G., Santangelo, R., & Filippi, M. (2024). Deep learning methods for early detection of Alzheimer's disease using structural MR images: A survey. *Neurocomputing*, 571, 127163. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.127163>
- El-Assy, A. M., Amer, H. M., Ibrahim, H. M., & Mohamed, M. A. (2024). A novel CNN architecture for accurate early detection and classification of Alzheimer's disease using MRI data. *Scientific Reports*, 14, Article 3463. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53733-6>
- GBD 2019 Dementia Collaborators. (2022). Global, regional, and national burden of Alzheimer's disease and other dementias, 1990–2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet Neurology*, 21(3), 209–223. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(21\)00398-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00398-3)
- Illakiya, T., & Karthik, R. (2023). Automatic detection of Alzheimer's disease using deep learning models and neuro-imaging: Current trends and future perspectives. *Neuroinformatics*, 21(2), 339–364. <https://doi.org/10.1007/s12021-023-09625-7>

- Jack, C. R., Bennett, D. A., Blennow, K., Carrillo, M. C., Dunn, B., Haeberlein, S. B., Holtzman, D. M., Jagust, W., Jessen, F., Karlawish, J., Liu, E., Molinuevo, J. L., Montine, T., Phelps, C., Rankin, K. P., Rowe, C. C., Scheltens, P., Siemers, E., Snyder, H. M., & Silverberg, N. (2018). NIA-AA Research Framework: Toward a biological definition of Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 14(4), 535–562. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2018.02.018>
- Komal, R., Dhavakumar, P., Rahul, K., Jaswanth, B., & Preeth, R. (2025). Hybrid deep learning framework for magnetic resonance imaging-based classification of Alzheimer's disease. *Brain Network Disorders*, 1(4), 239–249. <https://doi.org/10.1016/j.bnd.2025.06.002>
- Mandal, P. K., & Mahto, R. V. (2023). Deep multi-branch CNN architecture for early Alzheimer's detection from brain MRIs. *Sensors*, 23(19), 8192. <https://doi.org/10.3390/s23198192>
- Marcus, D. S., Fotenos, A. F., Csernansky, J. G., Morris, J. C., & Buckner, R. L. (2010). Open Access Series of Imaging Studies (OASIS): Longitudinal MRI data in nondemented and demented older adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(12), 2677–2684. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21407>
- Marcus, D. S., Wang, T. H., Parker, J., Csernansky, J. G., Morris, J. C., & Buckner, R. L. (2007). Open Access Series of Imaging Studies (OASIS): Cross-sectional MRI data in young, middle-aged, nondemented, and demented older adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(9), 1498–1507. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.9.1498>

- Mohsen, S. (2025). Alzheimer's disease detection using deep learning and machine learning: A review. *Artificial Intelligence Review*, 58(9), Article 262. <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11258-y>
- Murugan, S., Venkatesan, C., Sumithra, M. G., Gao, X. Z., Elakkiya, B., Akila, M., & Manoharan, S. (2021). DEMNET: A deep learning model for early diagnosis of Alzheimer's diseases and dementia from MR images. *IEEE Access*, 9, 90319–90329. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3090474>
- Patil, V., Madgi, M., & Kiran, A. (2022). Early prediction of Alzheimer's disease using convolutional neural network: A review. *The Egyptian Journal of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*, 58(1), Article 130. <https://doi.org/10.1186/s41983-022-00571-w>
- Rashid, J., & Luo, B. (2025). Alzheimer's disease classification from OASIS-1 MRI using a DenseNet-Transformer hybrid architecture with attention mechanism. *Biomedical Signal Processing and Control*, 98, 106745. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2025.106745>
- Saratxaga, C. L., Moya, I., Picón, A., Acosta, M., Moreno-Fernandez-de-Leceta, A., Garrote, E., & Bereciartua-Perez, A. (2021). MRI deep learning-based solution for Alzheimer's disease prediction. *Journal of Personalized Medicine*, 11(9), 902. <https://doi.org/10.3390/jpm11090902>
- Zhao, G., Zhang, H., Xu, Y., & Chu, X. (2024). Research on magnetic resonance imaging in diagnosis of Alzheimer's disease: A bibliometric analysis. *European Journal of Medical Research*, 29, Article 632. <https://doi.org/10.1186/s40001-024-02172-0>