



SKRIPSI

KLASIFIKASI DAN ESTIMASI TINGKAT KEPARAHAN STROKE PADA CITRA MRI OTAK MENGUNAKAN DENSENET121 DENGAN INTEGRASI *CONVOLUTIONAL BLOCK ATTENTION MODULE (CBAM)*

SAFIRA RAHMALIA PUTRI
NPM 22083010073

DOSEN PEMBIMBING
Dr. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST., MT.
Andri Fauzan Adziima, M.Si.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SAINS DATA
SURABAYA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

KLASIFIKASI DAN ESTIMASI TINGKAT KEPARAHAN STROKE PADA CITRA MRI OTAK MENGGUNAKAN DENSENET121 DENGAN INTEGRASI *CONVOLUTIONAL BLOCK ATTENTION MODULE* (CBAM)

Oleh:

SAFIRA RAHMALIA PUTRI
NPM. 22083010073

Telah dipertahankan di hadapan dan diterima oleh Tim Penguji Sidang Skripsi Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur pada Tanggal 31 Agustus 2026:

Menyetujui,

Dr. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST., MT.
NIP 19700619 202121 1 009


.....

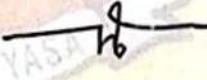
(Pembimbing I)

Andri Fauzan Adziima, M.Si.
NIP 19950512 2024061 001


.....

(Pembimbing II)

Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T.
NIP 19830310 202121 1 006


.....

(Ketua Penguji)

Alfan Rizaldy Pratama, S.Tr.T., M.Tr.Kom.
NIP 19990606 202406 1 001


.....

(Penguji I)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer




Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.

NIP. 19681126 199403 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

**KLASIFIKASI DAN ESTIMASI TINGKAT KEPARAHAN STROKE
PADA CITRA MRI OTAK MENGGUNAKAN DENSENET121 DENGAN
INTEGRASI *CONVOLUTIONAL BLOCK ATTENTION MODULE* (CBAM)**

Oleh:

**SAFIRA RAHMALIA PUTRI
NPM. 22083010073**

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Skripsi

Menyetujui,

**Koordinator Program Studi Sains Data
Fakultas Ilmu Komputer**



Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S.

NIP. 19950723 202406 1 002

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Safira Rahmalia Putri
NPM : 22083010073
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Sains Data
Fakultas : Fakultas Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila di kemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Surabaya 11 September 2026
Yang Membuat Pernyataan,



SAFIRA RAHMALIA PUTRI
NPM. 22083010073

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Nama Mahasiswa / 22083010073
Judul Skripsi : Klasifikasi dan Estimasi Tingkat Keparahan Stroke pada Citra MRI Otak Menggunakan DenseNet121 dengan Integrasi *Convolutional Block Attention Module* (CBAM)
Dosen Pembimbing : 1. Dr. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST., MT.
2. Andri Fauzan Adziima, M.Si.

Stroke merupakan salah satu penyebab utama kematian dan kecacatan jangka panjang yang memerlukan deteksi dan penanganan secara cepat dan akurat. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dapat digunakan untuk mengidentifikasi lesi stroke, tetapi analisis citra secara manual membutuhkan waktu dan dapat dipengaruhi subjektivitas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan pipeline otomatis untuk klasifikasi dan estimasi tingkat keparahan stroke pada citra MRI menggunakan DenseNet121 dengan integrasi *Convolutional Block Attention Module* (CBAM), segmentasi lesi menggunakan NVAutoNet, serta mengintegrasikan hasil analisis ke dalam aplikasi berbasis Streamlit. Dataset ISLES 2022 diproses melalui tahap *preprocessing* dan pembentukan empat skema berdasarkan kombinasi modalitas DWI atau RGB Fusion serta strategi *All Slices* atau *Important Slices*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa skema M3 (DWI *Important Slices*) merupakan model yang dipilih dengan *Accuracy* sebesar 84,65%, *Precision* sebesar 83,53%, *Recall* sebesar 88,57%, *F1-Score* sebesar 0,8598, dan AUC-ROC sebesar 0,9195. Selanjutnya, NVAutoNet digunakan untuk melakukan segmentasi pada citra yang teridentifikasi positif dan menghasilkan *Mean Dice Score* 0,8347, *Mean Precision* 0,8699, dan *Mean Recall* 0,8221 pada 50 data pengujian. Validasi eksternal pada data MRI rumah sakit menunjukkan bahwa model M3 berhasil mengklasifikasikan pasien stroke dan normal sesuai dengan diagnosis radiologi menggunakan *threshold* probabilitas slice 0,80 dan aturan mayoritas 50%. Pada validasi segmentasi, hasil *lesion mask* pada pasien stroke menghasilkan estimasi volume lesi sebesar 6,67 mL yang termasuk kategori keparahan ringan. Seluruh hasil klasifikasi, segmentasi, estimasi volume, dan tingkat keparahan kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi Streamlit untuk menyajikan hasil analisis secara terintegrasi.

Kata Kunci: CBAM, DenseNet121, Estimasi Volume, MRI, NVAutoNet, Segmentasi Lesi, Stroke.

ABSTRACT

Student Name / NPM : Safira Rahmalia Putri/ 22083010073
Undergraduate thesis title : *Classification and Severity Estimation of Stroke in Brain MRI Images Using DenseNet121 with an Integrated Convolutional Block Attention Module (CBAM)*
Advisors : 1. Dr. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST., MT.
2. Andri Fauzan Adziima, M.Si.

Stroke is one of the leading causes of death and long-term disability, requiring rapid and accurate detection and treatment. Magnetic Resonance Imaging (MRI) can be used to identify stroke lesions, but manual image analysis is time-consuming and can be subject to bias. This study aims to develop an automated pipeline for classifying and estimating stroke severity in MRI images using DenseNet121 with an integrated Convolutional Block Attention Module (CBAM), lesion segmentation using NVAutoNet, and integrating the analysis results into a Streamlit-based application. The ISLES 2022 dataset was processed through preprocessing stages and organized into four schemes based on combinations of DWI or RGB Fusion modalities and the “All Slices” or “Important Slices” strategies. The evaluation results show that the M3 scheme (DWI Important Slices) is the selected model, with an accuracy of 84.65%, a precision of 83.53%, a recall of 88.57%, an F1-score of 0.8598, and an AUC-ROC of 0.9195. Next, NVAutoNet was used to segment the images identified as positive, yielding a Mean Dice Score of 0.8347, Mean Precision of 0.8699, and Mean Recall of 0.8221 on 50 test data points. External validation on hospital MRI data showed that the M3 model successfully classified stroke and normal patients in accordance with radiological diagnoses using a slice probability threshold of 0.80 and a 50% majority rule. In the segmentation validation, the lesion mask results for stroke patients yielded a lesion volume estimate of 6.67 mL, which falls into the mild severity category. All classification, segmentation, volume estimation, and severity level results were then integrated into a Streamlit application to present the analysis results in an integrated manner.

Keywords: CBAM, DenseNet121, MRI, Lesion Segmentation, NVAutoNet, Stroke, Volume Estimation.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga proposal skripsi dengan judul **“Klasifikasi dan Estimasi Tingkat Keparahan Stroke pada Citra MRI Otak Menggunakan DenseNet121 dengan Integrasi *Convolutional Block Attention Module* (CBAM)”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Andri Fauzan Adziima, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat serta motivasi kepada penulis. Selain itu, selama penyusunan proposal skripsi penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Bapak Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S. selaku Koordinator Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
3. Dosen-dosen Program Studi Sains Data Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, serta pengalaman selama masa perkuliahan
4. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan doa, dukungan, serta bantuan selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Sabrina, Risa, Restu, Frida, Della, Asril, Dian, dan Levina, yang selalu memberikan dukungan dan menjadi support system bagi penulis melalui komunikasi dan kebersamaan penulis menjalani perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi.
6. Melya, Amirah, dan Deannisa, yang telah banyak mendukung dan membantu penulis selama perkuliahan, baik dalam kegiatan akademik maupun dalam proses penyusunan skripsi.

7. Teman-teman Angkatan 2022 Program Studi Sains Data Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
8. Barista dan seluruh karyawan Janji Jiwa Outlet Jilid 752 yang telah membantu menyediakan tempat bagi penulis untuk mengerjakan tugas dan skripsi sejak semester 4 hingga saat ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses perkuliahan serta penyusunan skripsi ini.
10. Diri sendiri yang telah sampai pada tahap ini dan menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya, dengan segala keterbatasan yang penulis miliki semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, September 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	9
1.3. Batasan Masalah	9
1.4. Tujuan Penelitian	10
1.5. Manfaat Penelitian	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. Penelitian Terdahulu	13
2.2. Kerangka Teori	20
2.2.1. Stroke	20

2.2.2.	<i>Magnetic Resonance Imaging (MRI)</i>	21
2.2.3.	<i>Preprocessing</i> Data Citra.....	24
2.2.4.	Augmentasi Data Citra (<i>Data Augmentation</i>)	28
2.2.5.	Segmentasi Data Citra	29
2.2.6.	<i>Convolution Neural Network (CNN)</i>	32
2.2.7.	DenseNet121	37
2.2.8.	<i>Attention Mechanism</i>	40
2.2.9.	<i>Convolutional Block Attention Module (CBAM)</i>	41
2.2.10.	DeepISLES dan NVAUTO	43
2.2.11.	Evaluasi Model.....	48
2.2.12.	<i>Dashboard</i> Interaktif Streamlit.....	52
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		55
3.1.	Variabel Penelitian dan Sumber Data.....	55
3.2.	Langkah Analisis	56
3.2.1.	Pemrosesan Awal Data (<i>Data Preprocessing</i>).....	57
3.2.2.	Pembentukan Dataset	59
3.2.3.	Membangun Model Klasifikasi (DenseNet121 + CBAM).....	60
3.2.4.	Pengembangan Model Segmentasi Spasial (NVAutoNet)	64
3.2.5.	Kuantifikasi Geometri dan Volume Lesi.....	65
3.2.6.	Validasi Eksternal Data Rumah Sakit.....	66
3.3.	Desain Sistem	68
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		73
4.1.	Hasil Penelitian.....	73
4.1.1.	Pengumpulan dan Pembacaan Dataset MRI.....	73
4.1.2.	Ekstraksi <i>Slice</i> dan <i>Preprocessing</i> Citra MRI	74
4.1.3.	Pembentukan Dataset Klasifikasi	77
4.1.4.	Klasifikasi Lesi Stroke Menggunakan DenseNet121 + CBAM....	84
4.1.5.	Segmentasi Lesi Stroke Menggunakan NVAutoNet	95
4.1.6.	Validasi Eksternal Data Rumah Sakit	100

4.2.	Tampilan Antar Muka (<i>Graphical User Interface</i>)	114
4.2.1.	Halaman Utama dan Indikator Performa Sistem	114
4.2.2.	Antarmuka Komponen Analisis (Clinical MRI Mode & Quick Demo Mode)	115
BAB V PENUTUP		119
5.1.	Kesimpulan	119
5.2.	Saran Pengembangan	121
DAFTAR PUSTAKA.....		123
LAMPIRAN.....		131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. MRI Otak Kasus Ada Lesi	22
Gambar 2.2. Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) [57]	33
Gambar 2.3. Arsitektur DenseNet121[10]	38
Gambar 2.4. Alur Pemrosesan DenseNet121 secara Keseluruhan Pada Sistem Klasifikasi [10], [66].....	39
Gambar 2.5. Arsitektur <i>Convolutional Block Attention Module</i> [71]	42
Gambar 2. 6. Konfigurasi Arsitektur SegResNet [74]	48
Gambar 2.7. <i>Confusion Matrix</i> Klasifikasi Biner [77].....	49
Gambar 2.8. Logo <i>Framework</i> Streamlit	53
Gambar 3.1. Alur Pengajuan Penelitian dan Kaji Laik Etik di RSUD Haji Provinsi Jawa Timur	56
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian	57
Gambar 3.3. Arsitektur Detail DenseNet121 dengan Integrasi Modul CBAM... ..	61
Gambar 3.4. Desain Sistem Website “MRI Stroke Classification & Lesion Segmentation”.	69
Gambar 3.5. <i>Wireframe</i> Antarmuka <i>Dashboard</i> : Halaman <i>Upload</i>	71
Gambar 3.6. <i>Wireframe</i> Antarmuka <i>Dashboard</i> : Halaman Klasifikasi & Segmentasi.....	71
Gambar 4.1. <i>Preprocessing</i> Citra MRI	76
Gambar 4.2. Perbandingan Modalitas MRI dan RGB <i>Fusion</i>	77
Gambar 4. 3. Distribusi jumlah slice pada empat konfigurasi dataset.....	84
Gambar 4.4. Perbandingan <i>Confusion Matrix</i> dan ROC Curve Empat Model....	93
Gambar 4.5. <i>Training History</i> Empat Model.....	94
Gambar 4.6. Visualisasi Hasil Segmentasi Lesi Stroke pada Kasus sub-strokecase0155.....	99
Gambar 4.7. Probabilitas prediksi Model M3 per slice untuk pasien stroke (kode 914320) dan pasien normal (kode 678531).	108

Gambar 4.8. <i>Probability map</i> hasil ensemble NVAutoNet pada pasien 914320	110
Gambar 4.9. Tiga kandidat komponen hasil <i>thresholding</i>	111
Gambar 4.10. Hasil segmentasi akhir (mask2) pada slice 59–85, dengan volume lesi total 6,67 mL.	112
Gambar 4.11. <i>Overlay</i> hasil segmentasi (merah) pada satu slice representatif, menunjukkan lokasi lesi pada regio capsula eksterna kiri.	113
Gambar 4.12. Tampilan Beranda Aplikasi "StrokeAI" dan Alur Kerja Sistem.	114
Gambar 4.13. Tampilan Metrik Performa Model dan Pemilihan Mode Analisis	115
Gambar 4. 14. Panel Unggah Data Volumetrik pada <i>Clinical MRI Mode</i>	116
Gambar 4.15. Panel Simulasi Irisan 2D pada <i>Quick Demo Mode</i>	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1. Konfigurasi Dataset Yang Diusulkan.....	60
Tabel 4.1. Susunan Dataset	80
Tabel 4.2. Pembagian Dataset Berdasarkan Pasien.....	82
Tabel 4.3. Distribusi Dataset pada Empat Konfigurasi Model.....	82
Tabel 4. 4. Perbandingan <i>Backbone</i> Klasifikasi Tanpa CBAM.....	89
Tabel 4. 5. Perbandingan <i>Backbone</i> Klasifikasi dengan CBAM Terpasang.....	89
Tabel 4.6. Parameter Pelatihan DenseNet121-CBAM.....	90
Tabel 4.7. Hasil Evaluasi Empat Model DenseNet121-CBAM.....	92
Tabel 4. 8 Hasil Evaluasi Model M3 pada Data Pengujian.....	95
Tabel 4.9. Konfigurasi Inference Segmentasi NVAutoNet.....	97
Tabel 4.10. Hasil Evaluasi Segmentasi NVAutoNet.....	98
Tabel 4.11 Hasil Pemeriksaan Radiologi Pasien dengan Diagnosis Stroke (Kode Internal: 914320).....	102
Tabel 4. 12 Hasil Pemeriksaan Radiologi Pasien dengan Diagnosis Normal (Kode Internal: 678531).....	104
Tabel 4. 13. Perbandingan Proporsi Slice Positif pada Berbagai <i>Threshold</i>	106
Tabel 4.14. Distribusi jumlah voxel berdasarkan <i>threshold</i> probabilitas NVAutoNet	109

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sumber Dataset Penelitian.....	131
Lampiran 2. <i>Code Script</i> Penelitian	132
Lampiran 3. <i>Code Script</i> GUI	133
Lampiran 4. Pernyataan Laik Etik RSUD Haji Jawa Timur.....	134

DAFTAR NOTASI

FM	:	<i>Feature map</i> hasil dari operasi konvolusi
N	:	Matriks <i>input image</i>
F	:	Filter atau kernel konvolusi
b_F	:	Bias dari filter konvolusi
(j, k)	:	Posisi piksel pada <i>feature map</i>
C	:	Jumlah <i>channel</i> pada fitur <i>input</i>
H	:	Tinggi (<i>height</i>) pada fitur <i>input</i>
W	:	Lebar (<i>width</i>) pada fitur <i>input</i>
$F \in \mathbb{R}^{C \times H \times W}$	:	Representasi tensor <i>input</i> $C \times H \times W$
$M_c(F)$	:	<i>Channel attention map</i> $C \times 1 \times 1$
$M_s(F')$	:	<i>Spatial attention map</i> $1 \times H \times W$
F'	:	Fitur hasil setelah diberi <i>channel attention</i>
F''	:	Fitur akhir setelah diberi <i>channel attention</i>
$\otimes$	:	Operasi perkalian elemen (<i>element-wise multiplication</i>)
$AvgPool(\bullet)$	:	Operasi <i>average pooling</i>
$MaxPool(\bullet)$	:	Operasi <i>max pooling</i>
$MLP(\bullet)$	:	<i>Multi-Layer Perceptron</i> (jaringan saraf <i>feedforward</i>)
$\sigma(\bullet)$	:	Fungsi aktivasi sigmoid
$f^{7 \times 7}(\bullet)$	:	Operasi konvolusi spasial dengan kernel berukuran 7×7