

**KLASIFIKASI CITRA *MRI* TUMOR OTAK MENGGUNAKAN
METODE HIBRIDA *CNN-ViT***

SKRIPSI



Oleh :

IVAN CHRISTOPHER SUKANDAR

NPM. 20081010086

PROGRAM STUDI INFORMATIKA

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JAWA TIMUR

2024

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**Judul : KLASIFIKASI CITRA MRI TUMOR OTAK
MENGUNAKAN METODE HIBRIDA CNN-ViT**

Oleh : Ivan Christopher Sukandar

NPM : 20081010086

Telah Diseminarkan Dalam Ujian Skripsi

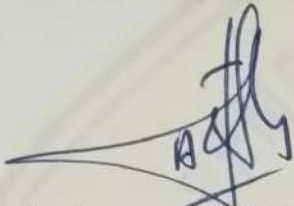
Pada : Hari Selasa, 21 Mei 2024

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Dosen Penguji

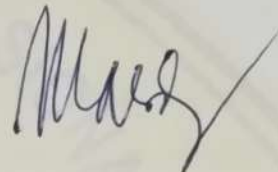
1.



Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom.

NIP. 19820211 2021212 005

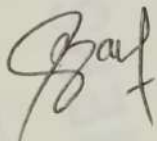
1.



Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Divasa, ST., MT.

NIP. 19700619 2021211 009

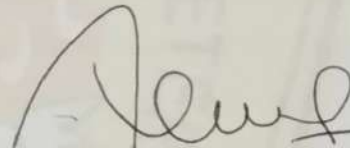
2.



Made Hanindia Prami Swari, S.Kom., M.Cs.

NIP. 19890205 2018032 001

2.



M. Muharrom Al Haromainy, S.Kom., M.Kom.

NIP. 19950601 202203 1 006

Menyetujui,

Dekan

Koordinator Program Studi

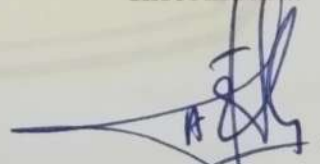
Fakultas Ilmu Komputer

Informatika



Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.

NIP. 19681126 199403 2 001



Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom.

NIP. 19820211 2021212 005

SURAT PERNYATAAN BEBAS DARI PLAGIASI

Saya, mahasiswa Program Studi Sarjana Informatika Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ivan Christopher Sukandar

NPM : 20081010086

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/Tugas Akhir yang saya kerjakan berjudul:

"KLASIFIKASI CITRA *MRI* TUMOR OTAK MENGGUNAKAN METODE HIBRIDA CNN-*ViT*"

bukan merupakan plagiasi sebagian atau keseluruhan dari Skripsi/Tugas Akhir/Penelitian orang lain dari juga bukan merupakan produk dan software yang saya beli dari pihak lain. Saya juga menyatakan bahwa Skripsi/Tugas Akhir ini secara keseluruhan adalah pekerjaan Saya sendiri, kecuali yang dinyatakan dalam Daftar Pustaka dan tidak pernah diajukan untuk syarat memperoleh gelar di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur maupun di Institut Pendidikan lain. Bukti hasil pengecekan plagiasi dokumen ini dapat ditelusuri melalui QR Code di bawah.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa dokumen ini merupakan plagiasi karya orang lain, saya sanggup menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Demikian atas perhatiannya disampaikan terima kasih.



Surabaya, 28 Mei 2024

Hormat saya,



Ivan Christopher Sukandar

NPM. 20081010086

KLASIFIKASI CITRA MRI TUMOR OTAK MENGGUNAKAN METODE HIBRIDA CNN-*ViT*

Nama Mahasiswa : Ivan Christopher Sukandar
NPM : 20081010086
Program Studi : Informatika
Dosen : Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom.
Pembimbing : Made Hanindia Prami Swari, S.Kom., M.Cs.

ABSTRAK

Tumor merupakan sebuah sel abnormal yang dapat tumbuh di semua bagian tubuh manusia. Hal tersebut juga termasuk otak yang merupakan organ paling penting bagi manusia. Tumor otak dapat muncul dikarenakan sebuah sel yang seharusnya tumbuh dan mati dalam kurun waktu tertentu tetap hidup dan berkembang biak secara abnormal. Tumor otak memerlukan diagnosa medis yang cepat dan akurat karena seorang penderita perlu segera memperoleh penanganan.

Algoritma *Convolutional Neural Network*(CNN) merupakan salah satu algoritma yang cukup populer untuk pemrosesan dan analisis data berupa citra serta sudah masuk ke dalam klasifikasi citra medis. Selain itu, juga ada algoritma *Vision Transformer* yang melakukan pembagian gambar menjadi beberapa *patch* dan melakukan *tokenize* pada tiap *pixel* gambar.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penulis melakukan klasifikasi citra MRI tumor otak dengan menggunakan metode hibrida CNN-*ViT*. Hasil dari penelitian ini adalah akurasi dan performa hibrida CNN-*ViT* dibanding CNN dan *ViT* dalam melakukan klasifikasi tumor otak. Hasil akurasi terbaik didapatkan CNN-*ViT* dengan rata-rata akurasi pengujian sebesar 93%, CNN dengan rata-rata akurasi pengujian sebesar 90.80% dan *ViT* dengan rata-rata akurasi pengujian sebesar 84.80%. Selain itu, hasil *classification report* dari skenario terbaik CNN-*ViT* didapatkan dengan pembagian data 80:10:10, optimasi Adam dan *learning rate* 0.0001% yakni akurasi sebesar 94%, *precision* sebesar 95%, *recall* sebesar 94% dan *f1 score* sebesar 94%.

Kata Kunci : Hibrida CNN-*ViT*, Tumor Otak, Klasifikasi

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia, rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “Klasifikasi Citra *MRI* Tumor Otak Menggunakan Metode Hibrida *CNN-ViT*”. Penyusunan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi S1 Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Dalam dunia medis saat ini sedang populer melakukan deteksi penyakit dengan menggunakan kecerdasan buatan. Salah satu penyakit yang memerlukan diagnosa medis yang cepat dan akurat adalah tumor otak. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan klasifikasi penyakit tumor otak dengan menggunakan hibrida *Convolutional Neural Network*(*CNN*) dan *Vision Transformer*(*CNN-ViT*). Dengan melakukan klasifikasi dengan hibrida *CNN-ViT* diharapkan dapat membantu pembuatan sistem deteksi dengan algoritma hibrida *CNN-ViT* yang diusulkan pada penelitian ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan anugerah-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Klasifikasi Citra MRI Tumor Otak Menggunakan Metode Hibrida CNN-*ViT*”. Penyusunan skripsi ini sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana di program studi S1 Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.MT selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
2. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing pertama dan Kepala Jurusan Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
4. Made Hanindia Prami Swari, S.Kom., M.Cs. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan masukan dan saran yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak/Ibu dosen yang telah memberi pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan di program studi S1 Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
6. Keluarga tercinta, orang tua, saudara, saudari yang telah memberikan doa, dukungan, serta kasih sayang yang tidak pernah putus dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman seperjuangan di program studi S1 Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
8. Teman-teman seperjuangan di organisasi Keluarga Mahasiswa Katolik(KMK) Santo Patrisius yang selalu memberikan semangat dan dukungan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan skripsi ini. Semoga hasil penelitian yang dilakukan bermanfaat dan menjadi inspirasi bagi penelitian selanjutnya.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS DARI PLAGIASI.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR KODE PROGRAM	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 <i>Machine Learning</i>	7
2.3 Jaringan Saraf Tiruan.....	8
2.4 <i>Deep Learning</i>	9
2.5 <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	10
2.5.1 Lapisan Konvolusi(<i>Convolutional Layer</i>)	11
2.5.2 Fungsi Aktivasi <i>Rectified Linear Unit</i> (ReLU)	13
2.5.3 <i>Pooling Layer</i>	14
2.5.4 <i>Fully Connected Layer</i>	16
2.5.5 Optimasi Adam(<i>Adam Optimizer</i>).....	17
2.5.6 Optimasi RMSprop	17
2.5.7 <i>Softmax Classifier</i>	17
2.6 <i>Vision Transformer</i> (ViT).....	18
2.7 Hibrida CNN-ViT.....	21
2.8 Tumor Otak.....	22

2.8.1	Meningioma	23
2.8.2	Glioma.....	25
2.8.3	<i>Pituitary Tumor</i>	25
2.9	<i>Confusion Matrix</i>	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		29
3.1	Tahapan Penelitian.....	29
3.2	Pengumpulan Data	30
3.3	<i>Preprocessing Data</i>	30
3.3.1	Pemuatan Data	31
3.3.2	Cek Keseimbangan Data	31
3.3.3	<i>Preprocessing Image</i>	32
3.3.4	<i>Splitting Data</i>	33
3.4	Perancangan Model	35
3.4.1	Perancangan Model CNN	36
3.4.2	Perancangan Model <i>ViT</i>	37
3.4.3	Hibrida CNN- <i>ViT</i>	40
3.4.4	Pelatihan Model	40
3.5	Evaluasi Hasil	41
3.6	Skenario Pengujian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		45
4.1	Implementasi Program	45
4.1.1	<i>Import Library</i>	45
4.1.2	Penyiapan Dataset	45
4.1.3	Analisa Keseimbangan Data	45
4.1.4	<i>Preprocessing Image</i>	46
4.1.5	<i>Splitting Data</i>	48
4.1.6	Model CNN.....	49
4.1.7	Model <i>ViT</i>	51
4.1.8	Model Hibrida CNN- <i>ViT</i>	52
4.1.9	Pelatihan Model	54
4.2	Evaluasi Pengujian	74
4.2.1	Pengujian Skenario Model CNN.....	74
4.2.2	Pengujian Skenario Model <i>ViT</i>	74
4.2.3	Pengujian Skenario Model Hibrida CNN- <i>ViT</i>	75

4.3	<i>Confusion Matrix</i> Skenario Terbaik	75
4.4	<i>Classification Report</i> Skenario Terbaik.....	77
4.5	Evaluasi Akhir	78
BAB V KESIMPULAN.....		80
5.1	Kesimpulan.....	80
5.2	Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA.....		82
LAMPIRAN.....		86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Machine Learning</i>	8
Gambar 2.2 Jaringan Saraf Tiruan (Gill, 2020)	9
Gambar 2.3 <i>Deep Learning</i> (Gill, 2020)	10
Gambar 2.4 Perhitungan Konvolusi	12
Gambar 2.5 Perhitungan Konvolusi S1,1	12
Gambar 2.6 Penggunaan Padding Zero	12
Gambar 2.7 Ilustrasi Stride 1 dan Stride 2.....	13
Gambar 2.8 Grafik Persamaan ReLU	14
Gambar 2.9 Ilustrasi Aktivasi ReLU	14
Gambar 2.10 Ilustrasi Max Pooling.....	15
Gambar 2.11 Fully Connected Layers	16
Gambar 2.12 Ilustrasi arsitektur Vision Transformer (Dosovitskiy dkk., 2020) .	19
Gambar 2.13 Scaled dot product dan multi-head attention (Vaswani dkk., 2017)	20
Gambar 2.14 Hibrida CNN-ViT (Nguyen dkk., 2023).....	21
Gambar 2.15 <i>Meningioma</i> tumor.....	24
Gambar 2.16 <i>Glioma</i> Tumor.....	25
Gambar 2.17 <i>Pituitary</i> tumor.....	26
Gambar 3.1 Alur Penelitian	29
Gambar 3.2 Sampel data tumor	30
Gambar 3.3 Alur Preprocessing Data	31
Gambar 3.4 Pie Chart Data.....	32
Gambar 3.5 Hasil Preprocessing Image	32
Gambar 3.6 Alur perancangan model.....	35
Gambar 3.7 Model CNN	36
Gambar 3.8 Hibrida CNN-ViT	40
Gambar 4.1 Analisa Keseimbangan Data	46
Gambar 4.2 Output Sampel Gambar	46
Gambar 4.3 Hasil Preprocessing Image	48
Gambar 4.4 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Pertama	56

Gambar 4.5 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Kedua	57
Gambar 4.6 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Ketiga.....	57
Gambar 4.7 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Keempat	58
Gambar 4.8 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Kelima.....	58
Gambar 4.9 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Keenam	59
Gambar 4.10 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Ketujuh	59
Gambar 4.11 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Kedelapan	60
Gambar 4.12 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Kesembilan	60
Gambar 4.13 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Kesepuluh	61
Gambar 4.14 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Kesebelas	61
Gambar 4.15 Kurva Pelatihan Model CNN Skenario Keduabelas.....	62
Gambar 4.16 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Pertama.....	62
Gambar 4.17 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Kedua	63
Gambar 4.18 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Ketiga	63
Gambar 4.19 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Keempat	64
Gambar 4.20 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Kelima	64
Gambar 4.21 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Keenam	65
Gambar 4.22 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Ketujuh.....	65
Gambar 4.23 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Kedelapan.....	66
Gambar 4.24 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Kesembilan.....	66
Gambar 4.25 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Kesepuluh.....	67
Gambar 4.26 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Kesebelas.....	67
Gambar 4.27 Kurva Pelatihan Model ViT Skenario Keduabelas	68
Gambar 4.28 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Pertama.....	68
Gambar 4.29 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Kedua	69
Gambar 4.30 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Ketiga	69
Gambar 4.31 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Keempat	70
Gambar 4.32 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Kelima.....	70
Gambar 4.33 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Keenam	71
Gambar 4.34 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Ketujuh.....	71
Gambar 4.35 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Kedelapan...	72
Gambar 4.36 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Kesembilan.	72

Gambar 4.37 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Kesepuluh...	73
Gambar 4.38 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Kesebelas ...	73
Gambar 4.39 Kurva Pelatihan Model Hibrida CNN-ViT Skenario Keduabelas .	74
Gambar 4.40 Hasil Confusion Matrix CNN-ViT	76
Gambar 4.41 Hasil Confusion Matrix CNN.....	76
Gambar 4.42 Hasil Confusion Matrix ViT	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Confusion Matrix	27
Tabel 3.1 Pembagian Data Rasio 80:10:10.....	34
Tabel 3.2 Pembagian Data Rasio 70:15:15.....	34
Tabel 3.3 Pembagian Data Rasio 60:20:20.....	34
Tabel 3.4 Parameter dalam ViT	38
Tabel 3.5 Parameter Compile Model.....	41
Tabel 3.6 Skenario CNN.....	42
Tabel 3.7 Skenario ViT	43
Tabel 3.8 Skenario CNN-ViT	44
Tabel 4.1 Hasil Model CNN	50
Tabel 4.2 Hasil Model ViT	52
Tabel 4.3 Hasil Model Hibrida CNN-ViT	53
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Skenario CNN	74
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Skenario ViT.....	75
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Skenario Hibrida CNN-ViT	75
Tabel 4.7 Classification Report CNN-ViT	77
Tabel 4.8 Classification Report CNN	78
Tabel 4.9 Classification Report ViT	78
Tabel 4.10 Akurasi Skenario Terbaik	79

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 4.1 <i>Preprocessing Image</i>	47
Kode Program 4.2 Splitting Data	48
Kode Program 4.3 Pembuatan Model CNN.....	49
Kode Program 4.4 Pembuatan Model ViT	51
Kode Program 4.5 Pembuatan Model Hibrida CNN-ViT	52
Kode Program 4.6 Compile Model	54
Kode Program 4.7 Pelatihan Model	55
Kode Program 4.8 Menampilkan Kurva Hasil Pelatihan.....	55