

**KLASIFIKASI GAMBAR CITRA MEDIS MAMOGRAFI
BERBASIS *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS*
(CNNs) DENGAN ARSITEKTUR MODEL *MULTI-VIEW*
(Studi Kasus : RSUD Buleleng)**



**OLEH
GEDE WAHYU PURNAMA
NIM 2015101014**

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
SINGARAJA**

2025



**KLASIFIKASI GAMBAR CITRA MEDIS MAMOGRAFI
BERBASIS *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS*
(CNNs) DENGAN ARSITEKTUR MODEL *MULTI-VIEW*
(Studi Kasus : RSUD Buleleng)**

SKRIPSI



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
SINGARAJA**

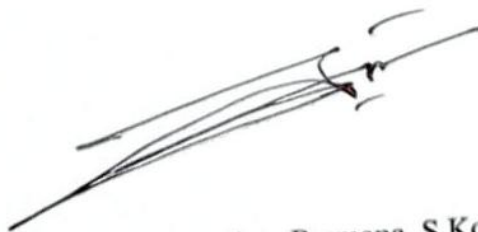
2025

SKRIPSI

**DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS
DAN MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK
MENCAPAI GELAR SARJANA KOMPUTER**

Menyetujui

Pembimbing I,



Dr Agus Aan Jiwa Permana, S.Kom., M.Cs.
NIP. 19870804 201504 1 001

Pembimbing II,



Dr. Ni Ketut Kertiasih, S.Si., M.Pd.
NIP. 19701118 199703 2 001

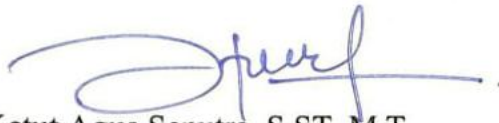
Skripsi oleh Gede Wahyu Purnama ini
telah dipertahankan di depan dewan penguji
pada tanggal 16 Mei 2025

Dewan Penguji,



Dr. Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs.
NIP. 19821222 200604 1 001

(Ketua)



Ir. Ketut Agus Seputra, S.ST., M.T.
NIP. 19900815 201903 1 018

(Anggota)



Dr. Agus Aan Jiwa Permana, S.Kom., M.Cs.
NIP. 19870804 201504 1 001

(Anggota)



Dr. Ni Ketut Kertiasih, S.Si., M.Pd.
NIP. 19701118 199703 2 001

(Anggota)

Diterima oleh Panitia Ujian Fakultas Teknik dan Kejuruan
Universitas Pendidikan Ganesha
guna memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar Sarjana Komputer

Pada:

Hari

: Senin

Tanggal

: 07 JUL 2025



Mengetahui,

Ketua Ujian,

Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19821111 200812 1 001

Sekretaris Ujian,

I Nyoman Saputra Wahyu Wijaya, S.Kom., M.Cs.
NIP. 19891026 201903 1 004

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik dan Kejuruan




Prof. Dr. Kadek Rihendra Dantes, S.T., M.T.
NIP. 19791201 200604 1 001

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Gede Wahyu Purnama
NIM : 2015101014
Program Studi : S1 Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa karya tulis berjudul “Klasifikasi Gambar Citra Medis Mamografi Berbasis *Convolutional Neural Networks* (CNNs) dengan Arsitektur Model *Multi-View* (Studi Kasus : Rsud Buleleng)” dibuat dengan tidak melakukan penjiplakan dan pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai etika yang berlaku. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya ini atau ada klaim terhadap keaslian karya ini.

Singaperaja, 9 JULI 2025

Yang membuat pernyataan,



Gede Wahyu Purnama
NIM. 2015101014

PRAKATA

Puji syukur penulis ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian skripsi yang berjudul “Klasifikasi Gambar Citra Medis Mamografi Berbasis *Convolutional Neural Networks* (CNNs) Dengan Arsitektur Model *Multi-View* (Studi Kasus : Rsud Buleleng)”. Laporan ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program studi S1 Ilmu Komputer pada Fakultas Teknik dan Kejuruan di Universitas Pendidikan Ganesha.

Dalam menyelesaikan penelitian ini, penulis banyak mendapat bantuan baik berupa moral maupun material dari berbagai pihak. Untuk itu, dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. I Wayan Lasmawan, M.Pd., selaku Rektor Universitas Pendidikan Ganesha.
2. Bapak Dr. Kadek Rihendra Dantes, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha.
3. Bapak I Nyoman Saputra Wahyu Wijaya, S.Kom., M.Cs. selaku koordinator program studi S1 Ilmu Komputer.
4. Bapak Dr. Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs. sebagai penguji I yang telah menguji dan memberikan saran untuk penelitian ini.
5. Bapak Ketut Agus Seputra, S.ST., M.T. sebagai penguji II yang telah menguji dan memberikan saran untuk penelitian ini.
6. Bapak Agus Aan Jiwa Permana, S.Kom., M.Cs. sebagai pembimbing I yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Ibu Dr. Ni Ketut Kertiasih, S.Si., M.Pd. sebagai pembimbing II yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
8. Seluruh staff dan dosen di lingkungan Fakultas Teknik dan Kejuruan yang telah membantu kelancaran segala proses/administrasi yang diperlukan.
9. Dokter dr. Ni Komang Darmiastini, Sp.Rad yang telah bekerja sama dalam penelitian ini dan memberikan data yang diperlukan untuk penelitian ini.
10. Seluruh staff di lingkungan RSUD Buleleng yang telah membantu kelancaran administrasi yang diperlukan untuk memperoleh data.

11. Keluarga penulis yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa apa yang disajikan dalam laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna mengingat keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala masukan, kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Penulis berharap apa yang telah penulis buat dalam penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Denpasar, 24 Mei 2025

Penulis

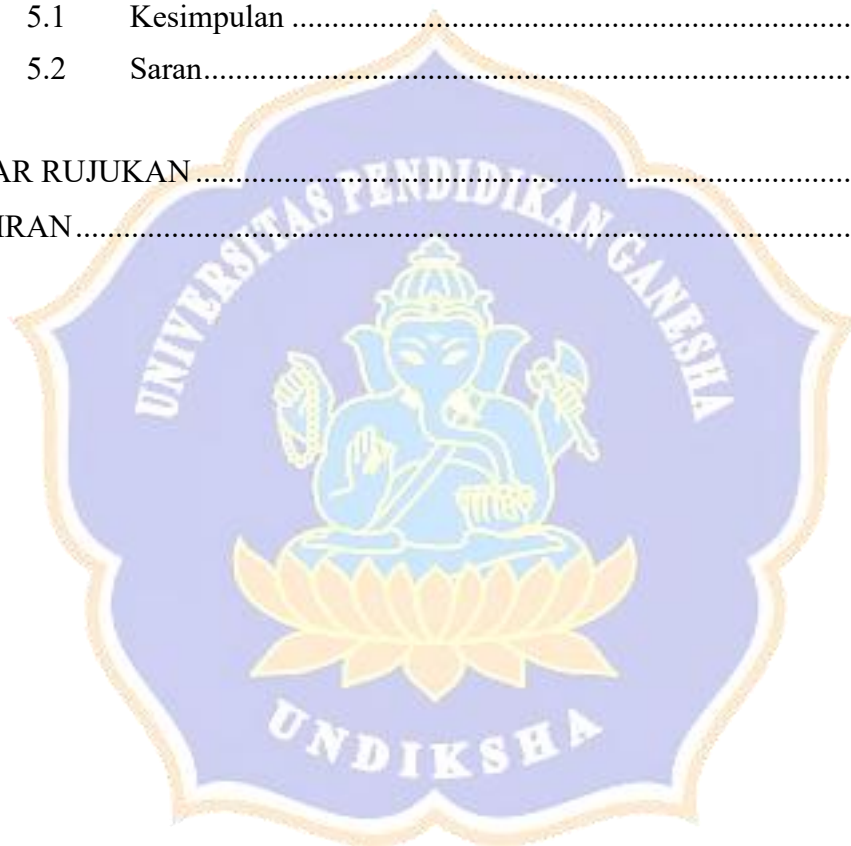


DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PENGESAHAN PANITIA UJIAN	iv
PERNYATAAN.....	v
ABSTRAK.....	xiv
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Perumusan Masalah	5
1.4 Pembatasan masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
 BAB II KAJIAN TEORI.....	 8
2.1 Landasan Teori.....	8
2.1.1 Penyakit Kanker Payudara	8
2.1.2 Uji Mamografi.....	8
2.1.3 Pembelajaran Mesin (<i>Machine Learning</i>).....	10
2.1.4 Jaringan Saraf Tiruan (<i>Artificial Neural Networks</i>).....	11
2.1.5 Pembelajaran Mendalam (<i>Deep Learning</i>)	15
2.1.6 Visi Komputer (<i>Computer Vision</i>).....	16
2.1.7 Arsitektur Model CNN <i>Multi-View</i>	18
2.1.8 Metrik-Metrik Klasifikasi	19

2.2	Penelitian Relevan.....	22
BAB III METODE PENELITIAN..... 27		
3.1	Rancangan Penelitian	27
3.2	Akuisisi Dataset Mamografi	27
3.2.1	Dataset Primer.....	28
3.2.2	Dataset Sekunder.....	28
3.3	Pemrosesan Awal Dataset.....	29
3.3.1	Seleksi Data.....	30
3.3.2	Pelabelan & Penyeimbangan Dataset.....	30
3.3.3	Pemrosesan File DICOM	31
3.3.4	Pembagian Dataset	32
3.3.5	Augmentasi Dataset	33
3.4	Pelatihan Model Klasifikasi	33
3.4.1	Alat Pengembangan	33
3.4.2	Rancangan Arsitektur Model <i>Multi-View</i>	34
3.4.3	Metode <i>Transfer Learning</i>	36
3.4.4	Pengoptimalan <i>Hyperparameter</i>	36
3.5	Pengujian dan Penerapan Model.....	36
3.5.1	Pengujian Performa Model	36
3.5.2	Penerapan Model dengan Aplikasi Web	37
3.6	Lokasi dan Jadwal Penelitian	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... 39		
4.1	Akuisisi Data Mamografi.....	39
4.1.1	Dataset Primer.....	39
4.1.2	Dataset Sekunder.....	40
4.2	Pemrosesan Awal Dataset.....	40
4.2.1	Seleksi Data.....	40
4.2.2	Pelabelan & Penyeimbangan Dataset.....	42
4.2.3	Pemrosesan File DICOM	43
4.2.4	Pembagian Dataset	45
4.2.5	Augmentasi Dataset	45
4.3	Pelatihan Model Klasifikasi	47

4.3.1	Hasil Implementasi Model	47
4.3.2	Eksperimen Pengomtimalan <i>Hyperparameter</i>	50
4.3.3	Hasil Eksperimen dan Pelatihan Model	57
4.4	Pengujian dan Penerapan Model.....	60
4.4.1	Pengujian Performa Model	60
4.4.2	Penerapan Model dengan Aplikasi Web	63
4.5	Pembahasan Hasil Penelitian	66
BAB V PENUTUP.....		69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran.....	70
DAFTAR RUJUKAN		71
LAMPIRAN.....		77



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Deskripsi Kategori BI-RADS (Sumber : radiopaedia.org ,2023)	9
Tabel 2.2 Metrik-metrik klasifikasi biner (Sumber : stanford.edu/~shervine)	20
Tabel 2.3 Penelitian terkait klasifikasi kanker payudara menggunakan AI.....	22
Tabel 4.1 Rincian jumlah data yang diunduh untuk dataset sekunder.....	40
Tabel 4.2 Persebaran kategori BIRADS pada semua jenis dataset.....	42
Tabel 4.3 Jumlah dan rasio pembagian dataset sekunder	45
Tabel 4.4 Variasi ConvNeXt di Keras Applications (Sumber : keras.io)	48
Tabel 4.5 Skenario Hyperparameter	50
Tabel 4.6 Hasil eksperimen skenario <i>learning-rate</i>	51
Tabel 4.7 Hasil eksperimen skenario tipe fusion model	52
Tabel 4.8 Hasil eksperimen skenario fungsi <i>global-pooling</i>	52
Tabel 4.9 Hasil eksperimen skenario jumlah <i>hidden layer</i> JST.....	53
Tabel 4.10 Hasil eksperimen skenario jumlah <i>neuron</i> JST	53
Tabel 4.11 Hasil eksperimen skenario <i>dropout-rate</i>	54
Tabel 4.12 Hasil eksperimen skenario <i>batch-size</i>	55
Tabel 4.13 Hasil eksperimen skenario tipe dataset	56
Tabel 4.14 Hasil eksperimen skenario jumlah <i>fold</i> (K)	57
Tabel 4.15 Nilai <i>hyperparameter</i> yang terpilih.....	58
Tabel 4.16 Rincian performa model.....	60
Tabel 4.17 Performa model pada klasifikasi yang berbeda	62
Tabel 4.18 Perubahan performa jika dataset <i>testing</i> dicampur untuk <i>training</i>	62
Tabel 4.19 Ringkasan performa model bawaan yang dilatih berkali-kali	66
Tabel 4.20 Ringkasan performa model terpilih yang dilatih berkali-kali	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh gambar citra medis mamografi.....	9
Gambar 2.2 Jaringan Saraf Tiruan	12
Gambar 2.3 Contoh aplikasi Visi Komputer pada mamografi.....	16
Gambar 2.4 Cara kerja operasi konvolusi	17
Gambar 2.5 confusion matrix untuk klasifikasi biner	19
Gambar 2.6 <i>Confusion matrix</i> untuk klasifikasi multi-class.....	21
Gambar 3.1 Rancangan Metode Penelitian	27
Gambar 3.2 Alur pemrosesan awal dataset.....	29
Gambar 3.3 Hirarki prioritas BI-RADS	31
Gambar 3.4 <i>K-fold & Stratified K-fold</i>	33
Gambar 3.5 Arsitektur model “multi-view”.....	35
Gambar 3.6 Gambaran umum aplikasi prototipe	37
Gambar 3.7 Peta lokasi RSUD Kabupaten Buleleng	38
Gambar 3.8 Jadwal Penelitian.....	38
Gambar 4.1 Persebaran kategori BIRADS dari 64 pemeriksaan mamografi.....	39
Gambar 4.2 Contoh gambar mamografi yang tidak digunakan (kiri) dan yang digunakan (kanan).....	41
Gambar 4.3 Alur pemrosesan data gambar pada file DICOM.....	43
Gambar 4.4 Contoh gambar mamografi yang telah di-augmentasi	46
Gambar 4.5 Implementasi model MMV dengan tipe fusion berbeda.....	49
Gambar 4.6 Grafik F1-score hasil skenario drop-out.....	54
Gambar 4.7 Grafik F1-score hasil skenario <i>batch size</i>	56
Gambar 4.8 Riwayat pelatihan model.....	59
Gambar 4.9 <i>Confusion matrix</i> dan grafik kurva ROC	61
Gambar 4.10 Grafik waktu inferensi model.....	63
Gambar 4.11 Tampilan aplikasi web dengan Gradio.....	65
Gambar 4.12 Riwayat <i>Loss</i> dari semua eksperimen <i>hyperparameter</i>	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil diskusi dengan Dokter RSUD Buleleng.....	77
Lampiran 2. Validasi Dataset RSUD Buleleng.....	78
Lampiran 3. Keterangan Lolos Kaji Etik	79
Lampiran 4. Kode Implementasi Model Menggunakan Python	80

