

**PERBANDINGAN MODEL *RESNET50* DAN
EFFICIENTNETB0 DENGAN AUGMENTASI *GANs*
UNTUK KLASIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN
RETINOPATI DIABETES**



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2025**

**PERBANDINGAN MODEL *RESNET50* DAN
EFFICIENTNETB0 DENGAN AUGMENTASI *GANs*
UNTUK KLASIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN
RETINOPATI DIABETES**



TESIS

Diajukan kepada

Universitas Pendidikan Ganesha

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Magister Komputer

Program Studi Ilmu Komputer

OLEH

ACEP TAUFIK HIDAYAT

NIM 2329101060

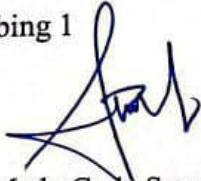
**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA**

2025

Tesis oleh Acep Taufik Hidayat ini telah diperiksadan disetujui untuk mengikuti ujian tesis.

Singaraja, 24 Juni 2025

Pembimbing 1



Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.

NIP. 198307252008011008

Pembimbing 2



Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198211112008121001

LEMBAR PERSETUJUAN

Tesis oleh Acep Taufik Hidayat ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Komputer di Program Studi Ilmu Komputer, Program Pascasarjana, Universitas Pendidikan Ganesha.

Disetujui pada tanggal: 24 Juli 2025

Oleh
Tim Penguji

..... Ketua Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198307252008011008

..... Anggota Prof. Drs. Sariyasa, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196406151989021001

..... Anggota Dr. I Nyoman Sukajaya, M.T.
NIP. 196711151993031001

..... Anggota Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198307252008011008

..... Anggota Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198211112008121001

Mengetahui

Direktur Program Pascasarjana Undiksha,



Prof. Dr. I Nyoman Jampel, M.Pd.
NIP. 195910101986031003

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Komputer dari Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dan sesuai dengan norma, kaidah, serta etika akademis.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia

Singaraja, 24 Juli 2025

Yang memberi pernyataan,



Acep Taufik Hidayat

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadapan Allah swt. karena atas karunia-Nya lah, tesis yang berjudul “Perbandingan Model *ResNet50* dan *EfficientNetB0* dengan Augmentasi GANs Untuk Klasifikasi Tingkat Keparahan Retinopati Diabetes” dapat diselesaikan sesuai dengan yang direncanakan. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Saw karena atas perjuangan beliau yang mambawa ummat dari kegelapan menuju terang-benderang seperti saat ini sehingga penulis bisa berkesempatan menuntut ilmu sekarang ini. Semoga syafaat nya senantiasa tercurahkan untuk kita sekalian di akhirat kelak.

Tesis ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam menyelesaikan studi di Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha, Program Studi Ilmu Komputer. Pada lembar-lembar awal tesis ini, ijinakan penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta, Bapak Ujang Sutisna dan Ibu Nuroh yang selalui menjadi lentera untuk kehidupan penulis dalam menyusuri lika-liku kehidupan dengan doa-doa terbaik yang tak pernah terputus di setiap waktu. Juga tak lupa kepada Adinda tercinta penulis, Nurjannatul Ahsanah yang selalu menjadi motivasi penulis dalam menempuh Pendidikan, semoga adinda bisa menempuh Pendidikan dan mencari ilmu setinggi-tinggi nya.
2. Bapak Dr. M. Wiman Wibisana, SH., M.H., yang telah memberikan beasiswa Pendidikan kepada penulis selama menempuh Pendidikan di Pascasarjana Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Ganesha. Semoga Allah swt membalas semua kebaikan yang telah dilakukan.
3. Bapak Ir. I Made Dendi Maysanjaya, S.Pd., M.Eng., sebagai pembimbing topik riset ini di *Virtual Vision, Image and Pattern Research Group (VVIP-RG)* yang selalu memberikan masukan, arahan melalui diskusi-diskusi yang diselenggarakan.
4. Bapak Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs., sebagai pembimbing I dan sekaligus Ketua Program studi Pascasarjana Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Ganesha yang dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan

memberikan motivasi yang demikian bermakna, sehingga mampu menyelesaikan tesis ini.

5. Bapak Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D., sebagai pembimbing II yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan motivasi selama penyusunan tesis, sehingga tesis ini dapat terwujud dengan baik sesuai harapan.
6. Bapak Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, yang telah memberikan bantuan secara moril dan memfasilitasi berbagai kepentingan studi, selama penulis menempuh perkuliahan di Program Pascasarjana Undiksha.
7. Bapak Direktur Program Pascasarjana Undiksha dan staf, yang telah banyak membantu selama penulis mengikuti dan menyelesaikan penulisan tesis ini.
8. Para dosen pengajar di program studi Ilmu Komputer yang telah banyak membantu dan memotivasi penulis selama perjalanan studi dan penyusunan tesis ini.
9. Sahabat penulis selama di tanah Rantau ini, teman seperjuangan, Para senior dan saudara-saudara sehimpuan Himpunan Mahasiswa Islam, Saudara-saudara di Rumah CDB dan di Rumah Jl. Lingga. Semoga Allah memberkahi setiap langkah yang dilakukan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu semua jenis saran, kritik dan masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat dan memberikan wawasan tambahan bagi para pembaca.

Singaraja, 24 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
PRAKATA.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 IDENTIFIKASI MASALAH.....	3
1.3 RUMUSAN MASALAH.....	3
1.4 TUJUAN PENELITIAN	4
1.5 MANFAAT PENELITIAN	4
1.6 BATASAN PENELITIAN	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 LANDASAN TEORI.....	6
2.1.1 Retinopati Diabetes	6
2.1.2 <i>Fundus Imaging Dataset IDRiD</i>	10
2.1.3 <i>Universalitas Karakteristik Retinopati Diabetik dan Generalisasi Model Diagnosis Berbasis AI</i>	12
2.1.4 <i>Deep Learning</i>	14
2.1.5 <i>Justifikasi Pemilihan Model Arsitektur Deep Learning</i>	32
2.1.6 <i>Generative Adversarial Networks (GANs)</i>	35
2.1.7 Evaluasi Model AI.....	37
2.2 PENELITIAN RELEVAN	40
BAB III METODE PENELITIAN.....	58
3.1 PENDEKATAN PENELITIAN	58
3.2 DESAIN PENELITIAN.....	58
3.2.1 Studi Pustaka.....	59
3.2.2 Identifikasi Masalah	60

3.2.3	Persiapan Dataset	60
3.2.4	<i>Preprocessing Dataset</i>	61
3.2.5	<i>Augmentasi Dataset</i>	62
3.2.6	Model Klasifikasi	65
3.2.7	Evaluasi Performansi	66
3.2.8	Analisis dan Diskusi.....	67
3.3	JADWAL PENELITIAN.....	68
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		69
4.1	Hasil Penelitian	69
4.1.1	Persiapan Dataset	69
4.1.2	<i>Preprocessing Dataset</i>	70
4.1.3	Proses <i>Generative Adversarial Networks (GANs)</i>	74
4.1.4	Proses klasifikasi menggunakan model <i>ResNet50</i> dan <i>EfficientNetB0</i> 97	
4.2	Pembahasan.....	116
4.2.1	Tantangan Ketidakseimbangan Dataset Medis dan Solusi Augmentasi Data	116
4.2.2	Analisis Komparatif Performa Model Klasifikasi <i>ResNet50</i> dan <i>EfficientNetB0</i>	120
4.2.3	Interpretasi Hasil Akurasi Sub-Optimal dalam Konteks Klasifikasi Retinopati Diabetik Multikelas dan Keterbatasan Dataset Medis	122
BAB V PENUTUP.....		125
5.1	Kesimpulan	125
5.2	Saran.....	127
DAFTAR PUSTAKA.....		128

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Lima sub-kelas DR berdasarkan <i>severity</i> : (a) <i>normal</i> , (b) <i>mild</i> , (c) <i>moderate</i> , (d) <i>severe</i> , dan (e) <i>proliferative</i>	9
Gambar 2.2 Jenis-jenis Arsitektur <i>Deep Learning</i>	13
Gambar 2.3 Arsitektur CNN	15
Gambar 2.4 Ilustrasi Operasi Konvolusi	15
Gambar 2.5 Ilustrasi Operasi <i>Max Pooling</i> dan <i>Average Pooling</i>	16
Gambar 2.6 Ilustrasi Aktivasi <i>ReLU</i>	17
Gambar 2.7 Ilustrasi <i>Flatten</i>	18
Gambar 2.8 Ilustrasi <i>Fully Connected Layer</i>	19
Gambar 2.10 Ilustrasi <i>Dropout</i>	20
Gambar 2.10 <i>Confusion Matrix</i>	32
Gambar 3.1 Desain Penelitian	54
Gambar 3.2 Diagram proses <i>GANs</i>	56
Gambar 4.1 Hasil preprocessing dan augmentasi pada arsitektur <i>GANs</i>	67
Gambar 4.2 Hasil skenario 7.....	72
Gambar 4.3 Hasil skenario 3.....	74
Gambar 4.4 Hasil skenario 10.....	75
Gambar 4.5 Hasil skenario 9.....	77
Gambar 4.6 Hasil skenario 1 dan skenario 2.....	79
Gambar 4.7 Skenario 2.1 (200 epoch).....	83
Gambar 4.8 Skenario 2.2 (300 epoch) dan 2.3 (400 epoch).....	84
Gambar 4.9 Skenario 2.4 (500 epoch).....	86
Gambar 4.10 Skenario 2.5 (600 epoch).....	87
Gambar 4.11 Skenario 2.6 (700 epoch) dan 2.7 (800 epoch).....	89
Gambar 4.12 Skenario 2.8 (900 epoch) dan 2.9 (1000 epoch).....	90
Gambar 4.13 Performa Pelatihan ResNet50 pada Dataset Asli - Loss dan Accuracy per Epoch.....	92

Gambar 4.14	Performa Pelatihan EfficientNetB0 pada Dataset Asli - Loss dan Accuracy per Epoch.....	95
Gambar 4.15	Performa Pelatihan ResNet50 pada Dataset Sintetis - Loss dan Accuracy per Epoch.....	98
Gambar 4.16	Performa Pelatihan EfficientNetB0 pada Dataset Sintetis - Loss dan Accuracy per Epoch.....	100
Gambar 4.17	Performa Pelatihan ResNet50 pada Dataset Gabungan - Loss dan Accuracy per Epoch.....	103
Gambar 4.18	Performa Pelatihan EfficientNetB0 pada Dataset Gabungan - Loss dan Accuracy per Epoch.....	105



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Statistik Dataset <i>IDRiD</i>	12
Tabel 2.2 Detail Parameter <i>Cost Benefit Analysis</i>	29
Tabel 2.3 Kajian penelitian yang relevan	36
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	64
Tabel 4.1 Distribusi dataset pada masing-masing kelas berdasarkan <i>groundtruths</i>	46
Tabel 4.2 Peningkatan kuantitas distribusi citra pada masing-masing kelas tingkat keparahan DR.....	47
Tabel 4.3 Hasil eksperimen pertama.....	70
Tabel 4.4 Hasil eksperimen kedua.....	80
Tabel 4.5 Laporan Klasifikasi <i>ResNet50</i> pada Data Validasi (Dataset Asli).....	93
Tabel 4.6 Laporan Klasifikasi <i>ResNet50</i> pada <i>Data Testing</i> (Dataset Asli).....	94
Tabel 4.7 Laporan Klasifikasi <i>EfficientNetB0</i> pada Data Validasi (Dataset Asli).....	95
Tabel 4.8 Laporan Klasifikasi <i>EfficientNetB0</i> pada <i>Data Testing</i> (Dataset Asli).....	96
Tabel 4.9 Laporan Klasifikasi <i>ResNet50</i> pada Data Validasi (Dataset Sintetis).....	98
Tabel 4.10 Laporan Klasifikasi <i>ResNet50</i> pada <i>Data Testing</i> (Dataset Sintetis).....	99
Tabel 4.11 Laporan klasifikasi <i>EfficientNetB0</i> pada Data Validasi (Dataset Sintetis).....	100
Tabel 4.12 Laporan Kalsifikasi <i>EfficientNetB0</i> pada <i>Data Testing</i> (Dataset Sintetis).....	101
Tabel 4.13 Laporan Klasifikasi <i>ResNet50</i> pada Data Validasi (Gabungan Dataset).....	103
Tabel 4.14 Laporan Klasifikasi <i>ResNet50</i> pada <i>Data Testing</i> (Gabungan Dataset).....	104

Tabel 4.15	Laporan Klasifikasi <i>EfficientNetB0</i> pada Data Validasi (Gabungan Dataset).....	106
Tabel 4.16	Laporan Klasifikasi <i>EfficientNetB0</i> pada <i>Data Testing</i> (Gabungan Dataset).....	107
Tabel 4.17	Rekapitulasi Akurasi Model pada Berbagai Skenario Dataset....	108

