

KLASIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN PENYAKIT MATA DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN RESNET-50 DAN VISUALISASI GRADCAM

LUTHFIANO ALZAKY



**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Klasifikasi Tingkat Keparahannya Penyakit Mata *Diabetic Retinopathy* Menggunakan ResNet-50 dan Visualisasi GradCAM” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dalam penyusunan karya ini, penulis menggunakan bantuan kecerdasan buatan yaitu ClaudeAI untuk penyusunan *syntax* ResNet-50 dan GradCAM. Setelah menggunakan alat/layanan tersebut, penulis meninjau dan menyunting konten sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Luthfiano Alzaky
G1401221071



ABSTRAK

LUTHFIANO ALZAKY. Klasifikasi Tingkat Keparahan Penyakit Mata *Diabetic Retinopathy* Menggunakan ResNet-50 dan Visualisasi GradCAM. Dibimbing oleh AGUS MOHAMAD SOLEH dan PIKA SILVANTI.

Diabetic Retinopathy (DR) merupakan komplikasi diabetes pada mata yang dapat menyebabkan gangguan penglihatan hingga kebutaan. Penelitian ini menerapkan ResNet-50 berbasis *transfer learning* dan visualisasi *Gradient-weighted Class Activation Mapping* (GradCAM) untuk mengklasifikasikan tingkat keparahan DR pada dataset APTOS 2019 yang terdiri atas 3.662 citra *fundus*. Tahap praproses meliputi pengubahan ukuran citra, *Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE), *oversampling*, augmentasi berupa rotasi, *zoom*, dan *flip* horizontal, serta normalisasi. Optimasi *hyperparameter* menggunakan *Grid Search* terhadap 18 kombinasi menghasilkan konfigurasi terbaik berupa *learning rate* 0,001, *optimizer* AdamW, *dropout* 0,6, dan *batch size* 64 dengan QWK validasi 0,8849. Pelatihan akhir dalam lima pengulangan menghasilkan rata-rata QWK 0,9359 pada data validasi dan 0,9242 pada data uji. Performa terbaik dan paling stabil diperoleh pada kelas Normal, sedangkan kelas Severe dan Proliferative masih menunjukkan variasi performa lebih besar. GradCAM memperlihatkan perhatian model pada area retina yang relevan. Dengan demikian, integrasi ResNet-50 dan GradCAM berpotensi menjadi alat bantu dokter dalam mendeteksi tingkat keparahan DR secara lebih terinterpretasi.

Kata kunci: APTOS, diabetic retinopathy, GradCAM, QWK, ResNet-50.



ABSTRACT

LUTHFIANO ALZAKY. Classification of Diabetic Retinopathy Eye Disease Severity Using ResNet-50 and GradCAM Visualization. Supervised by AGUS MOHAMAD SOLEH and PIKA SILVIANTI.

Diabetic Retinopathy (DR) is a diabetic eye complication that can lead to visual impairment and blindness. This study applies ResNet-50 with transfer learning and Gradient-weighted Class Activation Mapping (GradCAM) to classify DR severity using the APTOS 2019 dataset, comprising 3,662 fundus images. Preprocessing included image resizing, Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), oversampling, data augmentation through rotation, zoom, and horizontal flip, and normalization. Hyperparameter optimization using Grid Search across 18 combinations identified the best configuration: a learning rate of 0.001, AdamW optimizer, 0.6 dropout, and a batch size of 64, achieving a validation QWK of 0.8849. Final training over five repetitions achieved mean QWK scores of 0.9359 on validation data and 0.9242 on test data. The model performed best and most consistently on the Normal class, while Severe and Proliferative classes showed greater performance variation. GradCAM highlighted retinal regions relevant to classification. Therefore, the integration of ResNet-50 and GradCAM has the potential to support clinicians in detecting DR severity through visually interpretable results.

Keywords: APTOS, diabetic retinopathy, GradCAM, QWK, ResNet-50.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

KLASIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN PENYAKIT MATA *DIABETIC RETINOPATHY* MENGGUNAKAN RESNET-50 DAN VISUALISASI GRADCAM

LUTHFIANO ALZAKY

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi : Klasifikasi Tingkat Keparahan Penyakit Mata *Diabetic Retinopathy* Menggunakan ResNet-50 dan Visualisasi GradCAM

Nama : Luthfiano Alzaky
NIM : G1401221071

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Agus Mohamad Soleh S.Si., M.T.

Pembimbing 2:

Pika Silvianti S.Si., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.

NIP 197804112005011002

Tanggal Ujian: 8 Agustus 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan November 2025 sampai bulan Juli 2026 ini ialah Pengembangan Teknologi dalam Medis, dengan judul “Klasifikasi Tingkat Keparahan Penyakit Mata Diabetic Retinopathy Menggunakan ResNet-50 dan Visualisasi GradCAM”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah memberikan doa, bimbingan, serta dukungan dalam penyusunan karya ilmiah ini, di antaranya:

1. Bapak Darlinop dan Ibu Weni Amril selaku orang tua serta Alm. Bimo Satya Alzaky selaku saudara kandung yang telah memberikan doa, semangat, kasih sayang, dan dukungan penuh kepada penulis selama masa perkuliahan.
2. Bapak Dr. Agus Mohamad Soleh S.Si., M.T. dan Ibu Pika Silvianti S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran serta arahan pada penulis untuk menyelesaikan karya ilmiah ini dengan baik.
3. Bapak Ir. Aam Alamudi, M.Si selaku penguji dalam sidang skripsi penulis yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan karya ilmiah ini.
4. Ibu Cici Suhaeni, S.Si., M.Si., Ph.D selaku moderator kolokium dan Bapak La Ode Abdul Rahman, S.Si., M.Si selaku moderator seminar hasil penulis yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan karya ilmiah ini.
5. Seluruh dosen dan keluarga besar Prodi Statistika dan Sains Data SSMI IPB yang telah memberikan ilmu dan pembelajaran yang bermanfaat bagi penulis serta staf Tata Usaha Prodi Statistika dan Sains Data SSMI yang telah membantu penulis dalam proses administrasi selama masa perkuliahan hingga penulisan tugas akhir.
6. Ali, Rifqi, Anggun, Punjul, Ryan, Excel, Irsyad, dan Aqil selaku sahabat penulis yang selalu membersamai penulis selama masa perkuliahan.
7. Seluruh teman-teman Statistika 59, Marinestic, yang telah menjadi bagian dari perjalanan dalam menempuh perkuliahan bersama.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Luthfiano Alzaky



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Convolutional Neural Network	3
2.2 <i>Transfer Learning</i>	4
2.3 <i>Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization</i>	4
2.4 ResNet-50	4
2.5 <i>Class Distance Weighted Cross Entropy Loss</i>	5
2.6 Evaluasi Model	5
2.7 GradCAM	7
METODE	9
3.1 Data	9
3.2 Tahapan Analisis	9
HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Pembagian Data	13
4.2 Praproses Data	13
4.3 Optimasi <i>Hyperparameter</i>	14
4.4 Klasifikasi dan Evaluasi	16
4.5 Visualisasi GradCAM	18
SIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Simpulan	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	25
RIWAYAT HIDUP	27

DAFTAR TABEL

1	Kombinasi <i>hyperparameter</i> yang diuji	11
2	Jumlah data latih, data validasi, dan data uji	13
3	Hasil optimasi <i>hyperparameter</i>	15
4	Hasil pelatihan model	16

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi arsitektur CNN (O'Shea dan Nash 2015)	3
2	Ilustrasi <i>residual learning</i> (He <i>et al.</i> 2016)	4
3	Contoh <i>dataset</i> (a) Normal, (b) <i>Mild</i> , (c) <i>Moderate</i> , (d) <i>Severe</i> , (e) <i>Proliferative</i>	9
4	Arsitektur Model ResNet-50 (Mohamed <i>et al.</i> 2026)	10
5	Hasil gambar (a) citra Asli, (b) CLAHE, (c) CLAHE + augmentasi	14
6	Metrik evaluasi (a) <i>Precision</i> , (b) <i>Sensitivity</i> , (c) <i>F1-Score</i> setiap tingkat keparahan	17
7	Visualisasi GradCAM (a) Normal, (b) <i>Mild</i> , (c) <i>Moderate</i> , (d) <i>Severe</i> , (e) <i>Proliferative</i>	19

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Perbandingan <i>training</i> dan <i>test error</i> di setiap kedalaman <i>layer</i> model CNN konvensional (He <i>et al.</i> 2016).	26
2	Lampiran 2 Perbandingan <i>training</i> dan <i>validation error</i> di setiap kedalaman <i>layer</i> pada model CNN dan ResNet	26
3	Lampiran 3 Arsitektur ResNet-50 (He <i>et al.</i> 2016)	26