



**KLASIFIKASI KELAINAN MATA DARI CITRA FUNDUS
MENGUNAKAN ALGORITMA CNN (*CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORKS*)**

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Strata-1 Fisika**

**Oleh :
MUHAMMAD KHALIQ IZZUL HAQ
NIM. 2011014110004**

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
FEBRUARI 2025**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**KLASIFIKASI KELAINAN MATA DARI CITRA FUNDUS
MENGUNAKAN ALGORITMA CNN (*CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORKS*)**

Oleh:

Muhammad Khaliq Izzul Haq

NIM. 2011014110004

Telah dipertahankan didepan Dosen Penguji pada tanggal:

Susunan Dosen Penguji,

Pembimbing I



Dosen Penguji

1. Amar Vijai Nasrulloh, S.Si, M.T, PhD



Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si, M.Eng. 2. Dr. Nurma Sari, S.Si, M.Si.
NIP. 19790904 200501 1 003



Pembimbing II



Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom.
NIP. 19740707 200212 1 003



Widyaiswara,
NIP. 19760414 200312 2 001
Program Studi Fisika

Dr. Nurma Sari, S.Si, M.Sc.
NIP. 19760414 200312 2 001

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**KLASIFIKASI KELAINAN MATA DARI CITRA FUNDUS
MENGUNAKAN ALGORITMA CNN (*CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORKS*)**

Oleh:

Muhammad Khaliq Izzul Haq

NIM. 2011014110004

Disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk disajikan dalam Seminar Hasil Penelitian
TA Skripsi

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si, M.Eng.

NIP. 19790904 200501 1 003



Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom.

NIP. 19740707 200212 1 003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Fisika



Dr. Nurlina, S.Si, M.Sc.

NIP. 19760414 200312 2 001

PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati, penulis mempersembahkan karya sederhana ini kepada seluruh umat manusia yang dengan tulus menebarkan cinta, memberikan dukungan, dan mengulurkan bantuan dalam berbagai bentuk baik melalui doa yang tulus, semangat yang tak tergoyahkan, maupun sumbangsih materi yang berarti demi kebaikan bersama. Semoga karya ini tidak hanya memberikan manfaat, tetapi juga mampu menginspirasi kita semua untuk terus berbuat baik, saling menguatkan, dan berjuang tanpa lelah demi menciptakan dunia yang lebih adil, penuh kasih, dan harmonis. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada setiap individu yang, dengan caranya masing-masing, telah menjadi bagian dari perjalanan menuju kehidupan yang lebih baik bagi kita semua.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Banjarbaru, Januari 2024



Muhammad Khaliq Izzul Haq.
NIM. 2011014110004

ABSTRAK

KLASIFIKASI KELAINAN MATA DARI CITRA FUNDUS MENGGUNAKAN ALGORITMA CNN (*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS*)

(Oleh : Muhammad Khaliq Izzul Haq; Pembimbing: Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si, M.Eng.; Dr. Ichsana Ridwan, S.Si., M.Kom., 2025)

ABSTRAK- Kasus gangguan penglihatan dan kebutaan di Indonesia masih tinggi, dengan penyebab utama meliputi katarak, glaukoma, dan retinopati diabetik. Telah dilakukan implementasi klasifikasi kelainan mata dari citra fundus menggunakan tiga model *Convolutional Neural Network* (CNN) yaitu AlexNet, VGG-16, dan VGG-19. Pelatihan model dilakukan dengan dua skenario pembelajaran: *learning rate* tetap dan *learning rate* yang berubah. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan *learning rate* yang berubah meningkatkan performa model dibandingkan dengan *learning rate* tetap. Model AlexNet mencapai akurasi, presisi, *recall*, dan skor F1 tertinggi dalam skenario *learning rate* yang berubah, diikuti oleh VGG-16 dan VGG-19. Sebaliknya, model dengan *learning rate* menunjukkan performa yang lebih rendah. Model AlexNet dengan *learning rate* tetap memperoleh akurasi 0,84; presisi 0,84; *recall* 0,84; dan skor F1 0,84; sedangkan dengan *learning rate* berubah meningkat menjadi akurasi 0,86; presisi 0,86; *recall* 0,86; dan skor F1 0,86. Model VGG-16 dengan *learning rate* tetap memiliki akurasi 0,80; presisi 0,81; *recall* 0,80; dan skor F1 0,80; sementara dengan *learning rate* berubah meningkat menjadi akurasi 0,85; presisi 0,85; *recall* 0,85; dan skor F1 0,85. Model VGG-19 dengan *learning rate* tetap mencapai akurasi 0,81; presisi 0,81; *recall* 0,81; dan skor F1 0,81; sedangkan dengan *learning rate* berubah meningkat menjadi akurasi 0,83; presisi 0,84; *recall* 0,83; dan skor F1 0,83.

Kata Kunci: *Convolutional Neural Networks*, Citra Fundus, AlexNet, VGG-16, VGG-19

ABSTRACT

CLASSIFICATION OF EYE ABNORMALITIES FROM FUNDUS IMAGES USING CNN (CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS) ALGORITHM (By: Muhammad Khaliq Izzul Haq; Advisors: Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si, M.Eng.; Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom., 2025)

ABSTRACT- Cases of visual impairment and blindness in Indonesia are still high, with the main causes including cataracts, glaucoma, and diabetic retinopathy. The classification of eye disorders from fundus images using three Convolutional Neural Network (CNN) models namely AlexNet, VGG-16, and VGG-19 was implemented. Model training was conducted with two learning scenarios: fixed learning rate and changing learning rate. Results show that the use of a changing learning rate improves model performance compared to a fixed learning rate. The AlexNet model achieved the highest accuracy, precision, recall, and F1 score in the changing learning rate scenario, followed by VGG-16 and VGG-19. In contrast, the model with a fixed learning rate showed lower performance. The AlexNet model with a fixed learning rate obtained an accuracy of 0.84, precision of 0.84, recall of 0.84, and F1 score of 0.84, while with a changed learning rate it improved to an accuracy of 0.86, precision of 0.86, recall of 0.86, and F1 score of 0.86. The VGG-16 model with a fixed learning rate has an accuracy of 0.80, precision of 0.81, recall of 0.80, and F1 score of 0.80, while with a changed learning rate it increases to an accuracy of 0.85, precision of 0.85, recall of 0.85, and F1 score of 0.85. The VGG-19 model with a fixed learning rate achieved an accuracy of 0.81, precision of 0.81, recall of 0.81, and F1 score of 0.81, while with a changed learning rate it increased to an accuracy of 0.83, precision of 0.84, recall of 0.83, and F1 score of 0.83.

Keywords: Convolutional Neural Networks, Fundus Images, AlexNet, VGG-16, VGG-19

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“Klasifikasi Kelainan Mata Dari Citra Fundus Menggunakan Algoritma CNN (*Convolutional Neural Networks*)”** ini dengan baik. Penulisan laporan skripsi ini merupakan bagian dari tugas akademik di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat, sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program Sarjana (S1) Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Abdul Gafur, M.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.
2. Ibu Dr. Nurlina, S.Si, M.Sc. selaku Koordinator Program Studi S-1 Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.
3. Bapak Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si, M.Eng. dan Bapak Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom. selaku dosen pembimbing skripsi I dan II yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, membantu kelancaran penyusunan skripsi, kritik dan saran, serta dukungan dalam penyusunan skripsi.
4. Bapak Amar Vijai Nasrulloh, S.Si., M.T., Ph.D. selaku pembimbing akademik yang senantiasa memberikan dukungan, masukan dan arahan, dalam perkembangan akademik sampai dengan penyusunan skripsi sehingga menjadi lebih baik.
5. Bapak Amar Vijai Nasrulloh, S.Si., M.T., Ph.D. dan Ibu Dr. Nurma Sari., S.Si., M.Si. selaku dosen penguji I dan II yang telah memberikan kritik dan masukan yang sifatnya membangun, sehingga penelitian ini menjadi lebih baik.
6. Seluruh dosen dan staf Program Studi Fisika yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya selama kuliah.

7. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah banyak memberikan dukungan moral maupun materil dalam penyelesaian laporan skripsi ini.

Penulis juga menyadari bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga laporan skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Banjarbaru, Januari 2024

Penulis



Muhammad Khaliq Izzul Haq.
NIM. 2011014110004

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PEMSEBAHAN	iv
PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Citra Fundus	4
2.2 Penyakit Mata.....	4
2.2.1 Katarak	4
2.2.2 Retinopati Diabetik	5
2.2.3 Glaukoma	5
2.3 <i>Convolutional Neural Networks</i>	6
2.3.1 Model CNN	7
2.3.1.1 Model AlexNet	7
2.3.1.2 Model VGG-16 dan VGG-19	8
2.3.2 <i>Transfer Learning</i>	8
2.3.3 <i>Cross Entropy Loss</i>	9
2.3.4 <i>Stochastic Gradient Descent</i>	10

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	12
3.1 Waktu dan Tempat.....	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Tahapan Penelitian.....	12
2.2.1 Pengumpulan <i>Dataset</i>	12
2.2.2 Praproses.....	13
3.3.3 Pembuatan Model.....	13
3.3.4 Pelatihan Model.....	15
3.3.5 Evaluasi Model.....	18
3.3.6 Analisis Hasil	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Hasil Pengumpulan Data	20
4.2 Hasil Praproses Data	20
4.3 Hasil Pelatihan Model	21
4.3.1 AlexNet	21
4.3.2 VGG-16	22
4.3.3 VGG-19	23
4.4 Hasil Evaluasi Model	24
4.4.1 AlexNet.....	24
4.4.2 VGG-16	25
4.4.3 VGG-19	26
4.5 Analisis Hasil.....	27
BAB V HASIL PENUTUP	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	32

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Citra Fundus Mata yang Normal.....	4
Gambar 2.2	Citra Fundus Mata yang Mengalami Katarak.....	5
Gambar 2.3	Citra Fundus Mata yang Mengalami Retinopati Diabetik...	5
Gambar 2.4	Citra Fundus Mata yang Mengalami Glaukoma	6
Gambar 2.5	Contoh <i>Convolutional Neural Networks</i>	6
Gambar 2.6	Operasi Konvolusi pada <i>Convolutional Layer</i>	7
Gambar 2.7	Operasi <i>Max Pooling</i> pada <i>Pooling Layer</i>	7
Gambar 3.1	Tahapan Penelitian	12
Gambar 3.2	Model CNN AlexNet.....	14
Gambar 3.3	Model CNN VGG-16	15
Gambar 3.4	Model CNN VGG-19	15
Gambar 3.5	Flowchart pelatihan dengan <i>learning rate</i> tetap	17
Gambar 3.6	Flowchart pelatihan dengan <i>learning rate</i> berubah	17
Gambar 4.1	Contoh Citra dari Masing-masing Kelas	20
Gambar 4.2	Visualisasi Tahapan Praproses pada Citra. (a) Citra Asli, (b) Citra Setelah Proses <i>Resizing</i> , (c) Citra Setelah Proses Normalisasi	21
Gambar 4.3	Grafik (a) <i>Training Loss</i> vs <i>Validation Loss</i> , (b) <i>Training Accuracy</i> vs <i>Validation Accuracy</i> Pelatihan Model Alexnet dengan <i>Learning Rate</i> Tetap.....	21
Gambar 4.4	Grafik (a) <i>Training Loss</i> vs <i>Validation Loss</i> , (b) <i>Training Accuracy</i> vs <i>Validation Accuracy</i> Pelatihan Model Alexnet dengan <i>Learning Rate</i> Berubah	22
Gambar 4.5	Grafik (a) <i>Training Loss</i> vs <i>Validation Loss</i> , (b) <i>Training Accuracy</i> vs <i>Validation Accuracy</i> Pelatihan Model VGG-16 dengan <i>Learning Rate</i> Tetap.....	22

Gambar 4.6	Grafik (a) <i>Training Loss vs Validation Loss</i> , (b) <i>Training Accuracy vs Validation Accuracy</i> Pelatihan Model VGG-16 dengan <i>Learning Rate</i> Berubah.....	23
Gambar 4.7	Grafik (a) <i>Training Loss vs Validation Loss</i> , (b) <i>Training Accuracy vs Validation Accuracy</i> Pelatihan Model VGG-19 dengan <i>Learning Rate</i> Tetap.....	23
Gambar 4.8	Grafik (a) <i>Training Loss vs Validation Loss</i> , (b) <i>Training Accuracy vs Validation Accuracy</i> Pelatihan Model VGG-19 dengan <i>Learning Rate</i> Berubah.....	24
Gambar 4.9	<i>Confusion Matrix</i> pada Model Alexnet dengan Pelatihan Menggunakan (a) <i>Learning Rate</i> Tetap, (b) <i>Learning Rate</i> Berubah.....	24
Gambar 4.10	<i>Confusion Matrix</i> pada Model VGG-16 dengan Pelatihan Menggunakan (a) <i>Learning Rate</i> Tetap, (b) <i>Learning Rate</i> Berubah.....	26
Gambar 4.11	<i>Confusion Matrix</i> pada Model VGG-16 dengan Pelatihan Menggunakan (a) <i>Learning Rate</i> Tetap, (b) <i>Learning Rate</i> Berubah.....	27

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1	<i>Classification Report Model AlexNet dengan learning rate</i>
	Tetap..... 25
Tabel 4.2	<i>Classification Report Model AlexNet dengan learning rate</i>
	Berubah..... 25
Tabel 4.3	<i>Classification Report Model VGG-16 dengan learning rate</i>
	Tetap..... 26
Tabel 4.4	<i>Classification Report Model VGG-16 dengan learning rate</i>
	Berubah..... 26
Tabel 4.5	<i>Classification Report Model VGG-19 dengan learning rate</i>
	Tetap..... 27
Tabel 4.6	<i>Classification Report Model VGG-19 dengan learning rate</i>
	Berubah..... 27
Tabel 4.7	Keseluruhan Rata-rata Metrik Evaluasi Tiap Model 29