

**KLASIFIKASI CITRA MATA MENGGUNAKAN
IMAGE ENHANCEMENT DAN MODEL CNN UNTUK
DIAGNOSIS GANGGUAN PENGLIHATAN**

SKRIPSI



ANNISA RAHMA PUTRI

**PROGRAM STUDI S-1 SISTEM INFORMASI
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2024

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**KLASIFIKASI CITRA MATA MENGGUNAKAN *IMAGE ENHANCEMENT* DAN
MODEL CNN UNTUK DIAGNOSIS GANGGUAN PENGLIHATAN**

SKRIPSI



ANNISA RAHMA PUTRI

082011633038

PROGRAM STUDI S-1 SISTEM INFORMASI

DEPARTEMEN MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

2024

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**KLASIFIKASI CITRA MATA MENGGUNAKAN *IMAGE*
ENHANCEMENT DAN MODEL CNN UNTUK DIAGNOSIS
GANGGUAN PENGLIHATAN**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer Bidang Sistem Informasi pada
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas
Airlangga

Annisa Rahma Putri
NIM 082011633038

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Indah Werdiningsih, S.Si., M.Kom.

NIP. 19800217 200501 2 001

Pembimbing II,

Ira Puspitasari, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 19841027 201012 2 005

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Klasifikasi Citra Mata menggunakan *Image Enhancement* dan Model
CNN untuk Diagnosis Gangguan Penglihatan
Penyusun : Annisa Rahma Putri
NIM : 082011633038
Tanggal Ujian : 29 Januari 2024

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Indah Werdiningsih, S.Si., M.Kom.
NIP. 19800217 200501 2 001



Ira Puspitasari, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19841027 201012 2 005

Mengetahui:

Ketua Departemen Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si.
NIP. 19680404 199403 1 020

Koordinator Program Studi
S-1 Sistem Informasi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Dr. Rimuljo Hendradi, S.Si., M.Si.
NIP. 19710211 199702 1 001

iii

SKRIPSI

KLASIFIKASI CITRA MATA...

ANNISA RAHMA

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORSINILITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Annisa Rahma Putri

NIM : 082011633038

Program Studi : S1-Sistem Informasi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

“KLASIFIKASI CITRA MATA MENGGUNAKAN IMAGE ENHANCEMENT DAN MODEL CNN UNTUK DIAGNOSIS GANGGUAN PENGLIHATAN”

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Senin, 15 Januari 2024



Annisa Rahma Putri

NIM. 082011633038

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

Annisa Rahma Putri, 2024, **Klasifikasi Citra Mata menggunakan *Image Enhancement* dan Model CNN untuk Diagnosis Gangguan Penglihatan**, Skripsi ini dibimbing oleh Indah Werdiningsih, S.Si., M.Kom. dan Ira Puspitasari, S.T., M.T., Ph.D., Program Studi S1 Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Gangguan penglihatan memiliki prevalensi yang tinggi di masyarakat dan merupakan salah satu penyebab utama disabilitas di seluruh dunia. Meskipun beberapa gangguan penglihatan dapat diobati, kerusakan mata yang parah dapat menyebabkan kebutaan permanen dan tidak dapat disembuhkan. Deteksi dini sangat penting dalam mengatasi tingginya insiden gangguan penglihatan, dan salah satu metodenya melibatkan observasi dan analisis gambar fundus. Algoritma populer terkini, seperti *deep learning*, telah menunjukkan kemampuan signifikan dalam memproses gambar medis dan membantu diagnosis penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan citra fundus berdasarkan jenis kelainan mata dengan menggunakan model *deep learning* khususnya *Convolutional Neural Networks* (CNN) serta teknik *image enhancement*. Data yang digunakan adalah data sekunder yang bersumber dari Kaggle yang memiliki 7000 data training serta 1000 data testing. Hasil klasifikasi dilakukan menggunakan *confusion matrix* serta AUC-ROC, untuk mendapat model dengan teknik preprocessing yang terbaik. Tahapan penelitian ini terbagi menjadi 3 tahap, yaitu preprocessing, modelling, dan evaluasi. Preprocessing terdiri dari data cleaning, data labelling, grayscale, *image enhancement* dan handling imbalance. *Image enhancement* menggunakan HE dan CLAHE serta handling imbalance menggunakan random oversampling (ROS), SMOTE, dan random undersampling (RUS). Klasifikasi dilakukan dengan model MobileNet dan VGG-19, dimana data dibagi dengan rasio 70:30 untuk training dan testing. Hasil akurasi yang terbaik adalah model MobileNet dengan SMOTE dan CLAHE yaitu sebesar 97%.

Kata Kunci: Gangguan penglihatan, MobileNet, CLAHE, HE, *Random Oversampling*, *Random Undersampling*, SMOTE

Annisa Rahma Putri, 2024, **Eye Image Classification using Image Enhancement and CNN Model for Diagnosis of Vision Impairment**, Thesis supervised by Indah Werdiningsih, S.Si., M.Kom. and Ira Puspitasari, S.T., M.T., Ph.D., Bachelor of Computer (Information System), Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRACT

Visual impairment has a high prevalence in society and is one of the main causes of disability worldwide. Although some vision problems can be treated, severe eye damage can cause permanent blindness and cannot be cured. Early detection is critical in overcoming the high incidence of visual impairment, and one method involves observation and analysis of fundus images. Recent popular algorithms, such as deep learning, have demonstrated significant capabilities in processing medical images and aiding in disease diagnosis. This research aims to classify fundus images based on the type of eye abnormality using deep learning models, especially Convolutional Neural Networks (CNN) and image *enhancement* techniques. The data used is secondary data sourced from Kaggle which has 7000 training data and 1000 testing data. The classification results were carried out using the *confusion matrix* and AUC-ROC, to obtain a model with the best preprocessing technique. The stages of this research are divided into 3 stages, namely preprocessing, modeling, and evaluation. Preprocessing consists of data cleaning, data labeling, grayscale, image *enhancement* and imbalance handling. Image *enhancement* using HE and CLAHE and imbalance handling using random oversampling (ROS), SMOTE, and random undersampling (RUS). Classification is carried out with the MobileNet and VGG-19 models, where the data is divided with a ratio of 70:30 for training and testing. The best accuracy results are the MobileNet model with SMOTE and CLAHE is 97%.

Keywords: Vision impairment, MobileNet, CLAHE, HE, Random Oversampling, Random Undersampling, SMOTE

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena hanya berkat perkenanan-Nya saja sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Klasifikasi Citra Mata menggunakan *Image Enhancement* dan model CNN untuk diagnosis Gangguan Penglihatan”. Adapun besar harapan penulis agar naskah skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca terutama dalam konteks akademik.

Tak lupa penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas berkat, rahmat, nikmat
2. Indah Werdiningsih, S.Si., M.Kom. selaku pembimbing pertama dan dosen wali yang selalu memberikan arahan, bimbingan, dan masukan mulai dari penyusunan topik dan selama penyusunan skripsi berlangsung;
3. Ira Puspitasari, S.T., M.T., Ph.D selaku pembimbing kedua yang juga selalu memberikan arahan dan masukan mulai dari penyusunan topik dan selama penyusunan skripsi berlangsung;
4. Orang tua penulis yang tak henti-hentinya memberikan dukungan moral selama penyusunan skripsi;
5. Seluruh pihak lainnya yang juga ikut memberikan bantuan selama penyusunan skripsi.

Tentu skripsi ini tidaklah sempurna dan masih memiliki kekurangan . Oleh karena itu, segala kritik dan saran sangat penulis harapkan agar dapat menunjang kesempurnaan proposal skripsi ini.

Surabaya, 15 Januari 2024.

Penyusun,

Annisa Rahma Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORSINILITAS	iv
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Rumusan Masalah	7
1.3. Tujuan Penelitian.....	7
1.4. Manfaat Penelitian.....	7
1.5. Batasan Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. Anatomi Mata.....	9
2.2. Penyakit Mata.....	12
2.3. Diagnosis	18
2.4. <i>Deep Learning</i>	18
2.5. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	19
2.6. <i>Label Encoding</i>	21
2.7. <i>One-hot Encoding</i>	21
2.8. <i>Image resizing</i>	22

2.9. <i>Grayscale</i>	22
2.10. <i>Image Enhancement</i>	23
2.11. <i>Imbalanced Data</i>	24
2.12. <i>Undersampling</i>	25
2.13. <i>Oversampling</i>	25
2.14. <i>Confusion-Matrix</i>	26
2.15. <i>AUC-ROC Curve</i>	27
2.16. <i>Kaggle</i>	28
2.17. <i>Python</i>	28
2.18. <i>Penelitian Terkait</i>	32
2.19. <i>Analisis Gap Penelitian</i>	36
BAB III METODE PENELITIAN	38
3.1. <i>Objek dan Waktu Penelitian</i>	38
3.2. <i>Pengumpulan Data</i>	39
3.3. <i>Data Preprocessing</i>	40
3.4. <i>Pengembangan Model</i>	43
3.5. <i>Evaluasi</i>	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. <i>Preprocessing</i>	45
4.2. <i>Pengembangan Model</i>	54
4.3. <i>Evaluasi Model</i>	96
4.4. <i>Prediksi Gambar</i>	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	101
5.1 <i>Kesimpulan</i>	101
5.2 <i>Saran</i>	101
DAFTAR PUSTAKA.....	102
LAMPIRAN	110

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2. 1	Anatomi Luar Mata (Galloway et al., 2022)	9
2. 2	Lapisan globe mata (Galloway et al., 2022)	10
2. 3	Kornea mata (Galloway et al., 2022)	11
2. 4	Retina mata (Galloway et al., 2022)	12
2. 5	Gambar fundus mata dengan berbagai macam kelainan (Bhati et al., 2023)	13
2. 6	Ilustrasi Penyakit Glaukoma, A: Kepala saraf optik glaucoma; B: Hilangnya lapang pandang <i>inferior</i> (Weinreb, Aung and Medeiros, 2014)	15
2. 7	Perbedaan Fundus, A: Tanda-tanda retinopati hipertensi ringan pada mata dengan neuropati optik iskemik; B: Tanda-tanda retinopati hipertensi berat (Wong and Mitchell, 2007)	16
2. 8	Diagram menunjukkan pola perkembangan miopia tinggi ke berbagai kategori miopia patologis. Membran Bruch. Perkembangan makulopati myopia selama 18 tahun masa tindak lanjut (Ohno-Matsui et al., 2021)	17
2. 9	Pooling layer CNN (You et al., 2017)	19
2. 10	Model VGG-19 (Zheng, Yang and Merkulov, 2018)	20
2. 11	Model MobileNet (Wang et al., 2020)	21
2. 12	Filter konvolusional standar dan filter yang dapat dipisahkan secara mendalam, A: Filter konvolusional standar; B: konvolusional mendalam filter; C: filter konvolusional titik (Wang et al., 2020)	21
2. 13	Grafik AUC-ROC (AUC, n.d.)	28
3. 1	Diagram Alur Metode Penelitian	38
3. 2	Data gambar yang akan diolah	39
3. 3	Penerapan teknik preprocessing <i>image resizing</i> , A: Tampilan gambar fundus setelah <i>resizing</i> sesuai <i>target</i>	

	<i>size</i> ; B: Tampilan gambar fundus setelah <i>resizing</i> dengan menambahkan <i>padding</i> .	41
4. 1	Data informasi diagnosa fundus	45
4. 2	Fungsi untuk mencari kata kunci pada file csv	46
4. 3	Hasil penyusunan <i>dictionary</i>	47
4. 4	Fungsi mengubah ukuran gambar, A: Fungsi <i>padding</i> ; B: Fungsi <i>cropping</i>	48
4. 5	Hasil <i>cropping</i> gambar	48
4. 6	Gambar sebelum <i>grayscale</i>	49
4. 7	Fungsi <i>grayscale</i> gambar	49
4. 8	Hasil <i>grayscale</i> gambar	49
4. 9	Fungsi untuk melakukan <i>one-hot encoding</i> pada gambar	50
4. 10	Hasil <i>encoding</i> gambar	50
4. 11	Fungsi untuk melakukan <i>random oversampling</i>	51
4. 12	Fungsi untuk melakukan SMOTE	51
4. 13	Fungsi untuk melakukan <i>random undersampling</i>	52
4. 14	Total awal dan akhir dataset <i>handling imbalance</i> , A: Total awal data per kelas; B: Total akhir <i>oversample</i> gambar; C: Total akhir <i>undersample</i> gambar	52
4. 15	Gambar sebelum melakukan <i>image enhancement</i>	53
4. 16	Hasil implementasi <i>image enhancement</i> metode HE	54
4. 17	Hasil implementasi <i>image enhancement</i> metode CLAHE	54
4. 18	Pembagian folder <i>split</i> data, A: Folder data <i>test</i> ; B: Folder data <i>train</i>	55
4. 19	Fungsi untuk mengambil data <i>train</i> dan <i>test</i> setelah melakukan <i>split</i> untuk dimasukkan ke model	56
4. 20	Hasil <i>split</i> data, A: Hasil <i>splitting</i> gambar dengan metode <i>oversample</i> ; B: Hasil <i>splitting</i> gambar dengan metode <i>undersample</i>	56
4. 21	Visibilitas frekuensi gambar, A: Frekuensi rendah dengan <i>grayscale</i> ; B: Frekuensi menengah dengan CLAHE, C: Frekuensi tinggi dengan HE	57

4. 22	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> model VGG-19	57
4. 23	<i>Confusion matrix</i> model VGG-19	58
4. 24	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model VGG-19	59
4. 25	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> model MobileNet	59
4. 26	<i>Confusion matrix</i> model MobileNet	60
4. 27	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model MobileNet	60
4. 28	<i>Confusion matrix</i> model VGG-19 dengan <i>padding</i>	61
4. 29	<i>Confusion matrix</i> model MobileNet dengan <i>padding</i>	61
4. 30	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode HE	62
4. 31	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode HE	63
4. 32	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode HE	63
4. 33	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode CLAHE	64
4. 34	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode CLAHE	65
4. 35	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode CLAHE	65
4. 36	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode HE	66
4. 37	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode HE	67
4. 38	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode HE	67
4. 39	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode CLAHE	68
4. 40	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode CLAHE	69
4. 41	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode CLAHE	69
4. 42	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode HE	70
4. 43	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode HE	71

4. 44	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode HE	71
4. 45	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode CLAHE	72
4. 46	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode CLAHE	73
4. 47	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode CLAHE	74
4. 48	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode HE	74
4. 49	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode HE	76
4. 50	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode HE	76
4. 51	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode CLAHE	77
4. 52	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode CLAHE	78
4. 53	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode CLAHE	78
4. 54	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode HE	79
4. 55	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode HE	80
4. 56	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode HE	80
4. 57	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode CLAHE	81
4. 58	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode CLAHE	82
4. 59	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode CLAHE	82
4. 60	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode HE	83
4. 61	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode HE	84
4. 62	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode HE	85

4. 63	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode CLAHE	85
4. 64	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode CLAHE	86
4. 65	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode CLAHE	87
4. 66	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode HE	87
4. 67	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode HE	88
4. 68	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode HE	89
4. 69	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode CLAHE	89
4. 70	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode CLAHE	91
4. 71	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode CLAHE	91
4. 72	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode HE	92
4. 73	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode HE	93
4. 74	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode HE	93
4. 75	Kurva akurasi dan <i>loss</i> data <i>train</i> dan <i>test</i> metode CLAHE	94
4. 76	<i>Confusion matrix</i> model klasifikasi dengan metode CLAHE	95
4. 77	Kurva AUC dan ROC tiap kelas dalam model klasifikasi dengan metode CLAHE	95
4. 78	Hasil prediksi gambar menggunakan model MobileNet dengan CLAHE dan SMOTE	98
4. 79	Alur prediksi menggunakan model yang sudah dilatih	99
4. 80	Fungsi <i>preprocessing</i> dan klasifikasi data <i>testing</i>	100
4. 81	Hasil klasifikasi gangguan penglihatan	100

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2. 1	Tabel Pengukuran Performa Model (C. Ortega, 2020)	26
2. 2	Penelitian Terkait	32
3. 1	Tabel Atribut Data	40
3. 2	Tabel Rincian Pelatihan Model CNN	43
4. 1	Parameter CLAHE per model	53
4. 2	Pengaturan dasar <i>hyperparameter</i>	55
4. 3	Hasil kinerja metode HE	62
4. 4	Hasil kinerja metode CLAHE	64
4. 5	Hasil kinerja metode HE	66
4. 6	Hasil kinerja metode CLAHE	68
4. 7	Hasil kinerja metode HE	70
4. 8	Hasil kinerja metode CLAHE	72
4. 9	Hasil kinerja metode HE	75
4. 10	Hasil kinerja metode CLAHE	77
4. 11	Hasil kinerja metode HE	79
4. 12	Hasil kinerja metode CLAHE	81
4. 13	Hasil kinerja metode HE	83
4. 14	Hasil kinerja metode CLAHE	85
4. 15	Hasil kinerja metode HE	87
4. 16	Hasil kinerja metode CLAHE	90
4. 17	Hasil kinerja metode HE	92
4. 18	Hasil kinerja metode CLAHE	94
4. 19	Ringkasan hasil uji model VGG-19	96
4. 20	Ringkasan hasil uji model MobileNet	97
4. 21	Perbandingan 2 model terbaik	98