

**KLASIFIKASI PENYAKIT MATA PADA CITRA RETINA
MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*
DAN GRAD-CAM**

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika



Oleh :

Damar Fadhil Muhammad

NIM : 09021182025019

Jurusan Teknik Informatika

FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**KLASIFIKASI PENYAKIT MATA PADA CITRA RETINA
MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*
DAN GRAD-CAM**

Oleh :

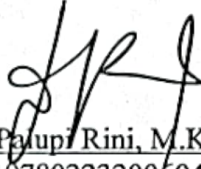
Damar Fadhil Muhammad

NIM : 09021182025019

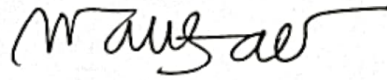
Palembang, 10 Juli 2024

Pembimbing I

Pembimbing II,



Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197802232006042002



M. Naufal Rachmatullah, M.T.
NIP. 1992120120220310008

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Dr. M. Fachrudrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222008121002

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI

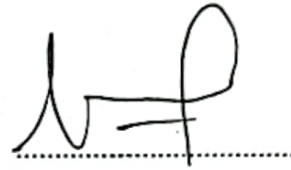
Pada hari Jumat tanggal 5 Juli 2024 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : Damar Fadhil Muhammad
NIM : 09021182025019
Judul : Klasifikasi Penyakit Mata Pada Citra Retina Menggunakan
Convolutional Neural Network dan Grad-CAM

dan dinyatakan **LULUS**.

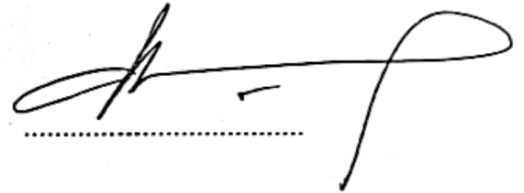
1. Ketua

Alfarissi, M.Comp.Sc.
NIP 198512152014041001



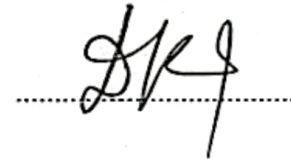
2. Penguji

Julian Supardi, M.T., Ph.D.
NIP 197207102010121001



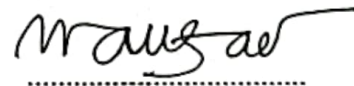
3. Pembimbing I

Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP 197802232006042002



4. Pembimbing II

M. Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T.
NIP 199212012022031008



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP 198005222008121002

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Damar Fadhil Muhammad
NIM : 09021182025019
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Klasifikasi Penyakit Mata Pada Citra Retina Menggunakan
Convolutional Neural Network dan Grad-CAM

Hasil Pengecekan *iThenticate/Turnitin*: 17%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Jika ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, 11 Juli 2024



Damar Fadhil Muhammad
NIM 09021182025019

MOTTO :

- *“Your dreams should be big, they should be scary. Just keep pushing through.”* (Chris Bumstead)

Kupersembahkan karya tulis ini kepada :

- ❖ Allah SWT
- ❖ Ayah dan Ibuku tercinta
- ❖ Saudara-saudaraku tersayang
- ❖ Keluarga besarku
- ❖ Sahabat dan Teman seperjuanganku
- ❖ Almamater

CLASSIFICATION OF EYE DISEASES IN RETINAL IMAGES USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK AND GRAD-CAM


DAMAR FADHIL MUHAMMAD
09021182025019

ABSTRACT


Eye diseases can be detected by examining the retina of the eye. Therefore, this research develops a system using Convolutional Neural Network (CNN) and *Gradient-Weighted Class Activation Map* (Grad-CAM) methods that can help diagnose eye diseases based on retinal images. The CNN method is used to classify whether there is a disease or not, so that the system can diagnose the disease suffered by the patient. However, this method has the disadvantage that it cannot display a visual explanation of the classification results, to cover this deficiency this method is combined with Grad-CAM. Grad-CAM can provide a visual explanation of the classification results in the form of a heatmap, so that users of this system can understand the reasons behind the CNN method classifying to a certain class. This research compares the architecture of InceptionV3, MobileNetV2, VGG-16, and various configurations on epoch, learning rate, and batch size in building the best CNN model. The dataset used in this study consists of 4 classes and totals 4217 data. The test results in this study produced the best CNN model using InceptionV3 architecture, epoch = 50, learning rate = 0,0001, and batch size = 8 with an accuracy value of 96,3%.

Keywords: Eye Disease, Retinal Image, *Convolutional Neural Network*, Grad-CAM

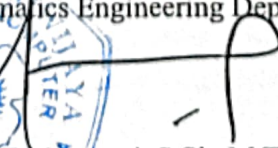
Supervisor I


Dian Puji Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197802232006042002

Supervisor II


M. Naufal Rachmatullah, M.T.
NIP. 1992120120220310008

Approved,
Head of Informatics Engineering Department


Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222008121002

**KLASIFIKASI PENYAKIT MATA PADA CITRA RETINA
MENGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DAN
GRAD-CAM**

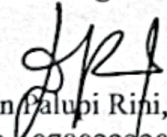
**DAMAR FADHIL MUHAMMAD
09021182025019**

ABSTRAK

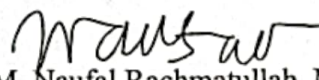
Penyakit mata dapat dideteksi dengan pemeriksaan pada retina mata. Maka dari itu penelitian ini mengembangkan sebuah sistem menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Gradient-Weighted Class Activation Map* (Grad-CAM) yang dapat membantu dokter mata mendiagnosis penyakit mata berdasarkan citra retina. Metode CNN digunakan untuk mengklasifikasi apakah terdapat penyakit atau tidak, sehingga sistem dapat mendiagnosis penyakit yang diderita pasien. Namun, metode ini memiliki kekurangan yaitu tidak dapat menampilkan penjelasan visual terhadap hasil klasifikasi, untuk menutupi kekurangan tersebut metode ini dikombinasikan dengan Grad-CAM. Grad-CAM dapat memberikan penjelasan visual terhadap hasil klasifikasi berupa *heatmap*, sehingga pengguna dari sistem ini dapat memahami alasan di balik metode CNN mengklasifikasikan ke kelas tertentu. Penelitian ini membandingkan arsitektur InceptionV3, MobileNetV2, VGG-16, dan variasi konfigurasi pada *epoch*, *learning rate*, dan *batch size* dalam membangun model CNN terbaik. Dataset yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 4 kelas dan berjumlah 4217 data. Hasil pengujian pada penelitian ini menghasilkan model CNN terbaik menggunakan arsitektur InceptionV3, *epoch* = 50, *learning rate* = 0,0001, dan *batch size* = 8 dengan nilai akurasi sebesar 96,3%.

Kata kunci: Penyakit Mata, Citra Retina, *Convolutional Neural Network*, Grad-CAM

Pembimbing I


Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197802232006042002

Pembimbing II


M. Naufal Rachmatullah, M.T.
NIP. 1992120120220310008

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika


Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222008121002



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan segala rahmat dan karunia-Nya, penulis senantiasa diberikan kesehatan dan kesempatan sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Klasifikasi Penyakit Mata Pada Citra Retina Menggunakan *Convolutional Neural Network* dan Grad-CAM”.

Maksud dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi dan melengkapi salah satu syarat kurikulum pada Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

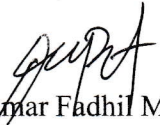
Penulisan skripsi ini tentu tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan ketulusan hati penulis menyampaikan ucapan terimakasih dan rasa hormat sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan karunia-Nya serta nikmat kesehatan dan kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua tercinta, ayahanda Achmad Agung Santosa dan ibunda Novi Rustiana Dewi serta kakak saya Sekar Aulia Rushanty yang selalu memberikan doa, semangat, kepercayaan, motivasi, dan kasih sayang kepada saya serta mendukung saya dalam kondisi apapun.
3. Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si. selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

5. Bapak Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika.
6. Bapak Osvari Arsalan, S.Kom., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Informatika.
7. Ibu Novi Yusliani, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan saran-saran mengenai seputar akademik perkuliahan.
8. Ibu Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak M. Naufal Rachmatullah, M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan masukan serta saran yang membangun dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Bapak Julian Supardi, M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan untuk skripsi ini.
10. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fasilkom Unsri yang telah menyumbangkan ilmunya kepada penulis selama mengenyam pendidikan di bangku kuliah.
11. Seluruh karyawan Fasilkom Unsri yang telah membantu dan memudahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi.
12. Teman-teman seperjuangan serta seluruh punggawa Jurusan Teknik Informatika Angkatan 2020.
13. Alda Putri Pratiwi, yang telah memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
14. Semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan namanya satu per satu.

Semoga segala bantuan dan keikhlasan Bapak/Ibu mendapat balasan dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Aamiin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan berguna bagi kita semua.

Palembang, 11 Juli 2024
Penulis,


Damar Fadhi Muhammad
NIM 09021182025019

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-4
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.6 Batasan Masalah.....	I-4
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
1.8 Kesimpulan.....	I-6
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1

2.2	Landasan Teori	II-1
2.2.1	Penyakit Mata.....	II-1
2.2.1.1	Katarak	II-2
2.2.1.2	Glaukoma	II-2
2.2.1.3	Retinopati Diabetik.....	II-3
2.2.2	<i>Deep Learning</i>	II-4
2.2.3	<i>Convolutional Neural Network</i>	II-4
2.2.3.1	<i>Convolution Layer</i>	II-5
2.2.3.2	<i>Pooling Layer</i>	II-6
2.2.3.3	<i>Fully-Connected Layer</i>	II-7
2.2.3.4	Arsitektur InceptionV3	II-7
2.2.3.5	Arsitektur MobileNetV2.....	II-8
2.2.3.6	Arsitektur VGG-16	II-9
2.2.4	<i>Gradient-weighted Class Activation Mapping</i>	II-10
2.2.5	Evaluasi Model.....	II-10
2.2.6	<i>Rational Unified Process</i>	II-12
2.3	Penelitian Lain yang Relevan	II-13
2.4	Kesimpulan.....	II-14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Pendahuluan	III-1
3.2	Pengumpulan Data	III-1
3.2.1	Jenis Data	III-1
3.2.2	Sumber Data.....	III-2
3.2.3	Metode Pengumpulan Data	III-2
3.2.4	Sampel Data	III-2
3.3	Tahapan Penelitian	III-3
3.3.1	Kerangka Kerja	III-4
3.3.1.1	Data Pre-Processing	III-4
3.3.1.2	<i>Train-Test Split</i>	III-6
3.3.1.4	Pelatihan Klasifikasi Model CNN	III-7
3.3.1.5	Pengujian dan Evaluasi Model CNN.....	III-7
3.3.1.6	Visualisasi Fitur Grad-CAM.....	III-8

3.3.2	Kriteria Pengujian	III-8
3.3.3	Format Data Pengujian.....	III-8
3.3.4	Alat yang Digunakan Dalam Pengujian.....	III-10
3.3.5	Pengujian Penelitian.....	III-10
3.3.6	Analisis Hasil Pengujian	III-10
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-11
3.4.1	Fase Insepsi	III-11
3.4.2	Fase Elaborasi	III-11
3.4.3	Fase Konstruksi.....	III-12
3.4.4	Fase Transisi	III-12
3.5	Kesimpulan.....	III-12
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK		IV-1
4.1	Pendahuluan	IV-1
4.2	<i>Rational Unified Process</i>	IV-1
4.2.1	Fase Insepsi	IV-1
4.2.1.1	Pemodelan Bisnis	IV-1
4.2.1.2	Kebutuhan Sistem.....	IV-2
4.2.1.3	Analisis dan Desain	IV-2
4.2.2	Fase Elaborasi	IV-7
4.2.2.1	Pemodelan Bisnis	IV-7
4.2.2.2	Kebutuhan Sistem.....	IV-9
4.2.2.3	Analisis dan Desain	IV-9
4.2.3	Fase Konstruksi.....	IV-14
4.2.3.1	Kebutuhan Sistem.....	IV-14
4.2.3.2	Implementasi	IV-14
4.2.4	Fase Transisi	IV-17
4.2.4.1	Pemodelan Bisnis	IV-17
4.2.4.2	Analisis dan Desain	IV-17
4.2.4.3	Implementasi	IV-18
4.3	Kesimpulan.....	IV-19
BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN		V-1
5.1	Pendahuluan	V-1

5.2	Data Hasil Penelitian	V-1
5.2.1	Konfigurasi Percobaan	V-1
5.2.2	Data Hasil Konfigurasi 1	V-3
5.2.3	Data Hasil Konfigurasi 2	V-5
5.2.4	Data Hasil Konfigurasi 3	V-7
5.2.5	Data Hasil Konfigurasi 4	V-9
5.2.6	Data Hasil Konfigurasi 5	V-11
5.2.7	Data Hasil Konfigurasi 6	V-13
5.2.8	Data Hasil Konfigurasi 7	V-15
5.2.9	Analisis Hasil Penelitian	V-17
5.3	Kesimpulan	V-27
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		VI-1
6.1	Pendahuluan	VI-1
6.2	Kesimpulan	VI-1
6.3	Saran	VI-2
DAFTAR PUSTAKA		xx
LAMPIRAN		xxv

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel III-1. Sampel Data	III-3
Tabel III-2. Tabel Confusion Matrix Multi Class.....	III-9
Tabel III-3. Tabel Nilai Kinerja Model	III-9
Tabel III-4. Work Breakdown Structure.....	III-13
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional Perangkat Lunak	IV-2
Tabel IV-2. Kebutuhan Non-Fungsional Perangkat Lunak	IV-2
Tabel IV-3. Definisi Aktor.....	IV-3
Tabel IV-4. Definisi Use Case.....	IV-4
Tabel IV-5. Skenario Use Case Melakukan Input Citra Retina.....	IV-4
Tabel IV-6. Skenario Use Case Deteksi Penyakit Mata	IV-5
Tabel IV-7. Skenario Use Case Evaluasi Model	IV-6
Tabel IV-8. Implementasi Kelas dari Class Diagram.....	IV-15
Tabel IV-9. Daftar File HTML yang Digunakan.....	IV-15
Tabel IV-10. Rancangan Pengujian Use Case Input Citra Retina	IV-17
Tabel IV-11. Rancangan Pengujian Use Case Deteksi Penyakit Mata.....	IV-17
Tabel IV-12. Rancangan Pengujian Use Case Evaluasi Model.....	IV-18
Tabel IV-13. Hasil Pengujian Use Case Input Citra Retina	IV-18
Tabel IV-14. Hasil Pengujian Use Case Deteksi Penyakit Mata.....	IV-18
Tabel IV-15. Hasil Pengujian Use Case Evaluasi Model	IV-19
Tabel V-1. Konfigurasi Parameter Tetap	V-1
Tabel V-2. Konfigurasi Parameter Skenario 1.....	V-2
Tabel V-3. Konfigurasi Parameter Skenario 2.....	V-2
Tabel V-4. Konfigurasi Parameter Skenario 3.....	V-2
Tabel V-5. Konfigurasi Parameter Skenario 3.....	V-3
Tabel V-6. Hasil Pelatihan Model 1	V-3
Tabel V-7. Confusion Matrix Model 1	V-4
Tabel V-8. Nilai Performa Model 1	V-5
Tabel V-9. Hasil Pelatihan Model 2	V-5
Tabel V-10. Confusion Matrix Model 2	V-6
Tabel V-11. Nilai Performa Model 2	V-7
Tabel V-12. Hasil Pelatihan Model 3	V-7
Tabel V-13. Confusion Matrix Model 3	V-8
Tabel V-14. Nilai Performa Model 3	V-9
Tabel V-15. Hasil Pelatihan Model 4	V-9
Tabel V-16. Confusion Matrix Model 4	V-10
Tabel V-17. Nilai Performa Model 4.....	V-11

Tabel V-18. Hasil Pelatihan Model 5	V-11
Tabel V-19. Confusion Matrix Model 5	V-12
Tabel V-20. Nilai Performa Model 5	V-13
Tabel V-21. Hasil Pelatihan Model 6	V-13
Tabel V-22. Confusion Matrix model 6.....	V-14
Tabel V-23. Nilai Performa Model 6.....	V-15
Tabel V-24. Hasil Pelatihan Model 7	V-15
Tabel V-25. Confusion Matrix Model 7	V-16
Tabel V-26. Nilai Performa Model 7	V-17
Tabel V-27. Perbandingan Performa Model Terhadap Data Uji	V-21
Tabel V-28. Perbandingan Performa Rata-Rata Model Terhadap Data Uji	V-23

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar II-1. Citra Retina Penderita Katarak.....	II-2
Gambar II-2. Citra Retina Penderita Glaukoma.....	II-3
Gambar II-3. Citra Retina Penderita Retinopati Diabetik.....	II-4
Gambar II-4. Arsitektur CNN	II-5
Gambar II-5. Operasi Konvolusi	II-6
Gambar II-6. Proses pooling layer	II-6
Gambar II-7. Fully-Connected Layer.....	II-7
Gambar II-8. Arsitektur InceptionV3.....	II-8
Gambar II-9. Arsitektur MobileNetV2.....	II-9
Gambar II-10. Arsitektur VGG-16	II-9
Gambar II-11. Confusion Matrix beserta nilai TP, TN, FP, dan FN untuk kelas Glaukoma	II-11
Gambar II-12. Arsitektur Rational Unified Process.....	II-12
Gambar III-1. Distribusi Jumlah Data.....	III-2
Gambar III-2. Kerangka Kerja	III-4
Gambar III-3. Tahap Pre-processing	III-5
Gambar III-4. Proses pre-processing data;.....	III-5
Gambar III-5. Proses Rotating	III-6
Gambar III-6. Proses Shifting	III-7
Gambar III-7. Proses Flipping	III-7
Gambar IV-1. Use Case Diagram Perangkat Lunak	IV-3
Gambar IV-2. Rancangan Antarmuka Halaman Utama	IV-8
Gambar IV-3. Rancangan Antarmuka Deteksi Penyakit Mata.....	IV-8
Gambar IV- 4. Rancangan Antarmuka Evaluasi Model.....	IV-9
Gambar IV-5. Activity Diagram Input Citra Retina.....	IV-10
Gambar IV-6. Activity Diagram Deteksi Penyakit Mata	IV-10
Gambar IV- 7. Activity Diagram Evaluasi Model.....	IV-11
Gambar IV-8. Sequence Diagram Input Citra Retina	IV-12
Gambar IV-9. Sequence Diagram Deteksi Penyakit Mata.....	IV-13
Gambar IV- 10. Sequence Diagram Evaluasi Model	IV-13
Gambar IV-11. Class Diagram Perangkat Lunak Sistem Klasifikasi Penyakit Mata	IV-14
Gambar IV-12. Tampilan Antarmuka Halaman Utama.....	IV-16
Gambar IV-13. Tampilan Antarmuka Halaman Hasil Klasifikasi.....	IV-16
Gambar IV- 14. Tampilan Antarmuka Halaman Evaluasi Model	IV-16

Gambar V-1. Grafik Nilai Hasil Model 1	V-4
Gambar V-2. Grafik Nilai Hasil Model 2	V-6
Gambar V-3. Grafik Nilai Hasil Model 3	V-8
Gambar V-4. Grafik Nilai Hasil Model 4	V-10
Gambar V-5. Grafik Nilai Hasil Model 5	V-12
Gambar V-6. Grafik Nilai Hasil Model 6	V-14
Gambar V-7. Grafik Nilai Hasil Model 7	V-16
Gambar V-8. Diagram Perbandingan Akurasi Pengujian Skenario 1	V-18
Gambar V-9. Diagram Perbandingan Akurasi Pengujian Skenario 2	V-18
Gambar V-10. Diagram Perbandingan Akurasi Pengujian Skenario 3	V-19
Gambar V-11. Diagram Perbandingan Akurasi Pengujian Skenario 4	V-20
Gambar V-12. Diagram Perbandingan Akurasi Pengujian	V-21
Gambar V-13. Proses Grad-CAM Katarak	V-24
Gambar V-14. Proses Grad-CAM Glaukoma	V-24
Gambar V-15. Proses Grad-CAM Retinopati Diabetik	V-25
Gambar V-16. Proses Grad-CAM Normal	V-25
Gambar V-17. Proses Grad-CAM Kelas Glaukoma yang Diklasifikasikan sebagai Normal	V-26

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran-1. Kode Program	xxv

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab ini memberikan gambaran latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, beberapa batasan penelitian, serta menggambarkan sistematika penulisan dan kesimpulan yang diambil berdasarkan penelitian yang diajukan.

1.2 Latar Belakang

Mata merupakan salah satu indra yang sering digunakan dalam berbagai aktivitas sehari-hari. Namun jika tidak dijaga dengan baik, tentunya mata akan lebih rentan terhadap penyakit mata. Gangguan mata atau yang lebih sering dikenal sebagai penyakit mata adalah kondisi yang dimana dapat mempengaruhi jangka waktu hidup bagi beberapa individu (Cahya et al., 2021). Gangguan pada mata akan merugikan penderitanya karena dapat mengganggu aktivitas sehari-hari (Purba et al., 2017).

Ada beragam jenis penyakit mata yang dapat mempengaruhi kesehatan penglihatan. Gangguan pada fungsi retina dapat disebabkan oleh diantaranya adalah retinopati diabetik, katarak, glaukoma, dan retinopati hipertensi (William & Lubis, 2022). Seseorang yang mengalami gejala harus berkonsultasi dengan dokter mata sedini mungkin untuk mendapatkan diagnosis yang akurat dan dapat dilakukan tindakan medis sebelum penyakit tersebut berkembang lebih parah. Jika tidak

segera diatasi, gangguan mata bisa berujung pada kebutaan (Indraswari et al., 2022).

Dalam studi yang dilakukan oleh Marcella et al. (2022) mengenai klasifikasi penyakit mata menggunakan CNN dan model arsitektur VGG-19 dengan jumlah dataset yaitu 601 data, hasil penelitian menunjukkan tingkat *accuracy* sebesar 65,29%, *precision* sebesar 66,53%, *recall* sebesar 65,29%, dan *f1-score* sebesar 65,40%. Sementara itu, penelitian lain yang dilakukan oleh Indraswari et al. (2022) dalam penelitian deteksi penyakit mata pada citra fundus menggunakan CNN dan model arsitektur MobileNetV2 dengan jumlah dataset yaitu 601 data, didapatkan tingkat *accuracy* sebesar 72%, *precision* sebesar 72%, *recall* sebesar 72%, dan *f1-score* sebesar 72%.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, *Deep Learning* merupakan metode yang cukup sering digunakan dalam melakukan klasifikasi, khususnya metode *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam mengolah citra (Mulia et al., 2023). CNN sangat unggul dalam mengekstraksi fitur-fitur kompleks untuk klasifikasi (Baranwal et al., 2020). Karena itulah, metode CNN dapat diterapkan dalam mengklasifikasikan citra retina untuk mengidentifikasi penyakit mata.

Explainable Artificial Intelligence (XAI) merupakan model yang dapat memberikan penjelasan mengenai bagaimana prediksi dibuat (Chaddad et al., 2023). Model ini memiliki beberapa metode, diantaranya adalah *Gradient-weighted Class Activation Mapping* (Grad-CAM), *Guided Backprop*, *Local Interpretable*

Model-Agnostic Explanations (LIME), *Shapley Additive exPlanations* (SHAP), dan lain-lain (Vilone & Longo, 2021). XAI penting diterapkan dalam aplikasi berbasis kecerdasan buatan. Metode ini dapat diterapkan di berbagai bidang, seperti kedokteran dan pertahanan (Gohel et al., 2021).

Grad-CAM (*Gradient-weighted Class Activation Mapping*) adalah metode XAI yang berfungsi untuk menciptakan penjelasan visual untuk keputusan yang dibuat oleh model berbasis CNN (Selvaraju et al., 2020). Metode Grad-CAM ini dapat menampilkan area penting dalam gambar yang memengaruhi prediksi model dalam klasifikasi gambar, pelabelan gambar, dan yang lainnya (Chen et al., 2020). Grad-CAM dapat digunakan untuk menunjukkan posisi yang tepat dari lesi pada citra retina (Jiang et al., 2020). Maka, dengan memanfaatkan metode Grad-CAM, hasil klasifikasi citra retina menjadi lebih meyakinkan karena terdapat penjelasan mengenai lokasi lesi mengenai citra yang diklasifikasi.

Berdasarkan uraian diatas, dapat dilihat bahwa penggunaan berbagai model arsitektur pada CNN dapat menghasilkan tingkat akurasi yang berbeda. Oleh karena itu, terdapat peluang untuk meningkatkan hasil klasifikasi penyakit mata melalui penggunaan arsitektur lain pada CNN. Memanfaatkan metode Grad-CAM juga diperlukan agar hasil klasifikasi model dapat mengidentifikasi lokasi lesi pada citra retina. Hal ini akan membantu dalam mengembangkan sistem klasifikasi penyakit mata yang semakin akurat dan efektif dalam praktik medis. Sehingga pada penelitian ini, akan digunakan Grad-CAM untuk mengidentifikasi lokasi lesi pada citra retina, dan CNN untuk mengklasifikasikan jenis penyakit mata.

1.3 Rumusan Masalah

Masalah penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengklasifikasi penyakit mata pada citra retina menggunakan CNN dan Grad-CAM sebagai penunjuk letak lesi ?
2. Bagaimana hasil klasifikasi penyakit mata pada citra retina menggunakan metode *Convolutional Neural Network* ?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan arsitektur *Convolutional Neural Network* yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan penyakit mata pada citra retina.
2. Mendapatkan hasil dari sistem klasifikasi penyakit mata pada citra retina dengan metode *Convolutional Neural Network*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam mengklasifikasikan penyakit mata pada citra retina beserta tingkat akurasi, hal ini dapat bermanfaat bagi masyarakat agar dapat melakukan pemeriksaan mata secara lebih mudah dan cepat. Serta dapat membuka peluang untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah yang berlaku adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan data dengan 3 kelas penyakit yaitu katarak, retinopati diabetik, glaukoma dan 1 kelas retina normal.

2. Arsitektur CNN yang digunakan dalam penelitian ini adalah arsitektur InceptionV3, MobileNetV2, dan VGG-16.
3. Nilai evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini berupa nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas.

1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini menggunakan struktur penulisan sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan masalah yang melatarbelakangi penelitian, merumuskan perumusan masalah, menetapkan tujuan penelitian, dan menggambarkan potensi manfaat dari hasil penelitian. Selain itu, batasan-batasan masalah yang relevan juga dijelaskan, serta kesimpulan yang diambil dari penelitian.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini menguraikan pertimbangan menggunakan metode penelitian, pengertian metode penelitian, serta tinjauan terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan konteks penelitian ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tahapan penelitian, data yang digunakan, serta rinci mengenai tahap perencanaan dalam pengembangan perangkat lunak.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini menjelaskan tahapan pengembangan perangkat lunak dan pengujian perangkat lunak yang dikembangkan.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini menyajikan hasil yang didapatkan dari pengujian dan analisis yang dilakukan terhadap perangkat lunak yang dikembangkan.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi informasi mengenai kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan sebelumnya, serta saran untuk penelitian selanjutnya.

1.8 Kesimpulan

Bab ini membahas tentang penelitian yang akan dilakukan, yakni Klasifikasi Penyakit Mata Pada Citra Retina Menggunakan *Convolutional Neural Network* dan Grad-CAM.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. (2017). *Mengenal Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Network, dan Deep Learning*.
- Ahmed Mohammed, B., Shaban Al-Ani, M., University of Human Development, College of Science and Technology, Department of Computer Science, Sulaymaniyah, KRG, Iraq and University of Sulaimani, College of Science, Department of Computer, Sulaymaniyah, KRG, Iraq, & University of Human Development, College of Science and Technology, Department of Information Technology, Sulaymaniyah, KRG, Iraq. (2021). An efficient approach to diagnose brain tumors through deep CNN. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 18(1), 851–867. <https://doi.org/10.3934/mbe.2021045>
- Ali Khan, H., Jue, W., Mushtaq, M., Umer Mushtaq, M., 1 School of Computer Science and Technology, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China, 2 Institute for Neuro and Bioinformatics, University of Lbeck, Germany, 3 School of Information Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China, & 4 Department of Software Engineering, MUST, Mirpur AJK, Pakistan. (2020). Brain tumor classification in MRI image using convolutional neural network. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 17(5), 6203–6216. <https://doi.org/10.3934/mbe.2020328>
- Alwanda, M. R., Ramadhan, R. P. K., & Alamsyah, D. (2020). Implementasi Metode Convolutional Neural Network Menggunakan Arsitektur LeNet-5 untuk Pengenalan Doodle. *Jurnal Algoritme*, 1(1), 45–56. <https://doi.org/10.35957/algoritme.v1i1.434>
- Anwar, A. (2014). Rational Unified Process. *International Journal of Software Engineering*.
- Bahrami, M., & Albadvi, A. (2023). *Deep Learning for Identifying Iran's Cultural Heritage Buildings in Need of Conservation Using Image Classification and Grad-CAM* (arXiv:2302.14354). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2302.14354>
- Baranwal, S. K., Jaiswal, K., Vaibhav, K., Kumar, A., & Srikantaswamy, R. (2020). Performance analysis of Brain Tumour Image Classification using CNN and SVM. *2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 537–542. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9183023>
- Cahya, F. N., Hardi, N., Riana, D., & Hadiyanti, S. (2021). Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). *SISTEMASI*, 10(3), 618. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v10i3.1248>
- Çakmak, M. (2023). *Grapevine Leaves Classification Using Transfer Learning and Fine Tuning* [Preprint]. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4374623>

- Chaddad, A., Peng, J., Xu, J., & Bouridane, A. (2023). Survey of Explainable AI Techniques in Healthcare. *Sensors*, 23(2), 634.
<https://doi.org/10.3390/s23020634>
- Chen, L., Chen, J., Hajimirsadeghi, H., & Mori, G. (2020). Adapting Grad-CAM for Embedding Networks. *2020 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, 2783–2792.
<https://doi.org/10.1109/WACV45572.2020.9093461>
- Doddi, G. V. (2023). *Eye_diseases_classification* [dataset].
<https://www.kaggle.com/datasets/gunavenkatdoddi/eye-diseases-classification/data>
- Eka Putra, W. S. (2016). Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1).
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i1.15696>
- Fuadah, Y. N., Magdalena, R., Palondongan, S., & Kumalasari, N. (2019). OPTIMASI K-NEAREST NEIGHBOR UNTUK SISTEM KLASIFIKASI KONDISI KATARAK. *TEKTRIKA - Jurnal Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, dan Elektronika*, 4(1), 16. <https://doi.org/10.25124/tektrika.v4i1.1832>
- Gohel, P., Singh, P., & Mohanty, M. (2021). *Explainable AI: Current status and future directions* (arXiv:2107.07045). arXiv.
<http://arxiv.org/abs/2107.07045>
- Gulzar, Y. (2023). Fruit Image Classification Model Based on MobileNetV2 with Deep Transfer Learning Technique. *Sustainability*, 15(3), 1906.
<https://doi.org/10.3390/su15031906>
- Hulu, Y., Symbolon, N., Tarigan, E. V. B., Bunawolo, M., & Turnip, M. (2020). *Aplikasi Sistem Informasi Manajemen Sekolah Terintegrasi dengan Pendekatan Rational Unified Process. 2*.
- Hutahaean, D. J., Wardani, N. H., & Purnomo, W. (2019). *Pengembangan Sistem Informasi Penyewaan Gedung Berbasis Web dengan Metode Rational Unified Process (RUP) (Studi Kasus: Wisma Rata Medan)*.
- Indraswari, R., Herulambang, W., & Rokhana, R. (2022). *Deteksi Penyakit Mata Pada Citra Fundus Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)*. 21(2).
- Jiang, H., Xu, J., Shi, R., Yang, K., Zhang, D., Gao, M., Ma, H., & Qian, W. (2020). A Multi-Label Deep Learning Model with Interpretable Grad-CAM for Diabetic Retinopathy Classification. *2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, 1560–1563.
<https://doi.org/10.1109/EMBC44109.2020.9175884>
- Juniati, D., & Suwanda, A. E. (2022). KLASIFIKASI PENYAKIT MATA BERDASARKAN CITRA FUNDUS RETINA MENGGUNAKAN DIMENSI FRAKTAL BOX COUNTING DAN FUZZY K-MEANS. *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, 5(1), 10–18. <https://doi.org/10.30605/proximal.v5i1.1623>
- Kolekar, S., Gite, S., Pradhan, B., & Alamri, A. (2022). Explainable AI in Scene Understanding for Autonomous Vehicles in Unstructured Traffic

- Environments on Indian Roads Using the Inception U-Net Model with Grad-CAM Visualization. *Sensors*, 22(24), 9677.
<https://doi.org/10.3390/s22249677>
- Marcella, D., Yohannes, Y., & Devella, S. (2022). Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur VGG-19. *Jurnal Algoritme*, 3(1), 60–70.
<https://doi.org/10.35957/algoritme.v3i1.3331>
- Maulana, Y. H. (2020). Identifikasi Jenis Kayu menggunakan Convolutional Neural Network dengan Arsitektur Mobilenet. *Vol ., 1*.
- Maulani, G. A. F., Hamdani, N. A., Bhakti, D. D., & Denni, I. (2021). The management application design of digital archiving letters. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098(4), 042005.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/1098/4/042005>
- Moujahid, H., Cherradi, B., Al-Sarem, M., Bahatti, L., Bakr Assedik Mohammed Yahya Eljialy, A., Alsaeedi, A., & Saeed, F. (2022). Combining CNN and Grad-Cam for COVID-19 Disease Prediction and Visual Explanation. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 32(2), 723–745.
<https://doi.org/10.32604/iasc.2022.022179>
- Mudzakir, I., & Arifin, T. (2022). Klasifikasi Penggunaan Masker dengan Convolutional Neural Network Menggunakan Arsitektur MobileNetv2. *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi dan Teknologi*, 12(1), 76.
<https://doi.org/10.36448/expert.v12i1.2466>
- Mulia, A. W., Ruslianto, I., & Midyanti, D. M. (2023). *KLASIFIKASI KERUSAKAN JALAN PADA CITRA JALAN RAYA PONTIANAK DAN SEKITARNYA DENGAN MENGGUNAKAN*. 11(01).
- Munarto, R., & Yudono, M. A. S. (2019). *Jurnal Ilmiah Setrum Article In Press*.
- Murinto, M., Rosyda, M., & Melany, M. (2023). Klasifikasi Jenis Biji Kopi Menggunakan Convolutional Neural Network dan Transfer Learning pada Model VGG16 dan MobileNetV2. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 7(2), 183. <https://doi.org/10.30595/jrst.v7i2.16788>
- Mustofa, A., & Tjandrasa, H. (2016). *Deteksi Penyakit Glaukoma pada Citra Fundus Retina Mata Menggunakan Adaptive Thresholding dan Support vector machine*. 5(2).
- Nafisa, A. N., & Iskandar, J. W. (2023). *Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Arsitektur Model MobileNetV2 dalam Klasifikasi Penyakit Tumor Otak Glioma, Pituitary dan Meningioma*. 5(1).
- Nazhirin, A. F., Muttaqin, M. R., & Hermanto, T. I. (2023). *KLASIFIKASI KONDISI BAN KENDARAAN MENGGUNAKAN ARSITEKTUR VGG16*. *INTI Nusa Mandiri*, 18(1), 1–12.
<https://doi.org/10.33480/inti.v18i1.4270>
- Nentwich, M. M. (2015). Diabetic retinopathy—Ocular complications of diabetes mellitus. *World Journal of Diabetes*, 6(3), 489.
<https://doi.org/10.4239/wjd.v6.i3.489>
- Nurchayati, A. D., Akbar, R. M., & Zahara, S. (2022). Klasifikasi Citra Penyakit pada Daun Jagung Menggunakan Deep Learning dengan Metode Convolution Neural Network (CNN). *SUBMIT: Jurnal Ilmiah Teknologi*

- Infomasi dan Sains*, 2(2), 43–51.
<https://doi.org/10.36815/submit.v2i2.1877>
- Nurhikmat, T. (2018). *IMPLEMENTASI DEEP LEARNING UNTUK IMAGE CLASSIFICATION MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) PADA CITRA WAYANG GOLEK*.
- Permana, I. G. T., & Dwidasmara, I. B. G. (2023). Evaluasi Performance dengan Grid Search Terhadap K Nearest Neighbor (KNN) untuk Klasifikasi Penderita Diabetes Melitus. *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*, 12(1), 71. <https://doi.org/10.24843/JLK.2023.v12.i01.p09>
- Pertiwi, A. A., & Utomo, A. N. (2023). *IMPLEMENTASI METODE SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) PADA CITRA FUNDUS RETINA MATA UNTUK DETEKSI PENYAKIT GLAUKOMA*. 12.
- Peryanto, A., Yudhana, A., & Umar, R. (2020). Rancang Bangun Klasifikasi Citra Dengan Teknologi Deep Learning Berbasis Metode Convolutional Neural Network. *Format : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 8(2), 138.
<https://doi.org/10.22441/format.2019.v8.i2.007>
- Prabowo, A. (2023). *SISTEM PAKAR UNTUK MENDIAGNOSA PENYAKIT MATA PADA MANUSIA MENGGUNAKAN METODE*. 3.
- Purba, W., Aisyah, S., & Tamba, S. P. (2017). *PERANCANGAN SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT MATA KATARAK MENGGUNAKAN KONSEP METODE RUNUT MUNDUR*.
- Qin, Q., Li, J., Zhang, L., Yue, Y., & Liu, C. (2017). Combining Low-dimensional Wavelet Features and Support Vector Machine for Arrhythmia Beat Classification. *Scientific Reports*, 7(1), 6067.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-06596-z>
- Ramaneswaran, S., Srinivasan, K., Vincent, P. M. D. R., & Chang, C.-Y. (2021). Hybrid Inception v3 XGBoost Model for Acute Lymphoblastic Leukemia Classification. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2021, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2021/2577375>
- Rawat, W., & Wang, Z. (2017). Deep Convolutional Neural Networks for Image Classification: A Comprehensive Review. *Neural Computation*, 29(9), 2352–2449. https://doi.org/10.1162/neco_a_00990
- Rochmawati, N., Hidayati, H. B., Yamasari, Y., Tjahyaningtjas, H. P. A., Yustanti, W., & Prihanto, A. (2021). *Analisa Learning rate dan Batch size Pada Klasifikasi Covid Menggunakan Deep learning dengan Optimizer Adam*. 05.
- Sabrina, E. (2017). *Klasifikasi Penyakit Diabetic Retinopathy menggunakan Metode Learning Vector Quantization (LVQ)*. 06.
- Selvaraju, R. R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., & Batra, D. (2020). Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-based Localization. *International Journal of Computer Vision*, 128(2), 336–359. <https://doi.org/10.1007/s11263-019-01228-7>
- Setiawan, W., & Damayanti, F. (2016). *KLASIFIKASI CITRA RETINA MENGGUNAKAN K-NEAREST NEIGHBOR UNTUK MENDETEKSI MAKULOPATI DIABETIK*.

- Setyawan, W. D., Nilogiri, A., & A'yun, Q. (2023). IMPLEMENTASI CONVOLUTION NEURAL NETWORK (CNN) UNTUK KLASIFIKASI PADA CITRA IKAN CUPANG HIAS. *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, 7(1), 101–110. <https://doi.org/10.59697/jtik.v7i1.45>
- Shadin, N. S., Sanjana, S., & Lisa, N. J. (2021). COVID-19 Diagnosis from Chest X-ray Images Using Convolutional Neural Network(CNN) and InceptionV3. *2021 International Conference on Information Technology (ICIT)*, 799–804. <https://doi.org/10.1109/ICIT52682.2021.9491752>
- Shoukat, A., Akbar, S., Hassan, S. A., Iqbal, S., Mehmood, A., & Ilyas, Q. M. (2023). Automatic Diagnosis of Glaucoma from Retinal Images Using Deep Learning Approach. *Diagnostics*, 13(10), 1738. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13101738>
- Susanto, E. S., & Purbadhanti, A. (2023). *Implementasi Metode Forward Chaining Untuk Mendiagnosis Penyakit Mata Berbasis Web*. 3(2).
- Suta, I. B. L. M., Hartati, R. S., & Divayana, Y. (2019). Diagnosa Tumor Otak Berdasarkan Citra MRI (Magnetic Resonance Imaging). *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 18(2). <https://doi.org/10.24843/MITE.2019.v18i02.P01>
- Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2016). Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2818–2826. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.308>
- Tarigan, F. R., Andrian, R., & Safe'i, R. (2023). Klasifikasi Skala Kerapatan dan Transparansi Tajuk Jenis Daun Jarum dengan VGG16: Classification of Density and Transparency Scales of Needle Leaf Types with VGG16. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 3(2), 253–263. <https://doi.org/10.57152/malcom.v3i2.940>
- Utami, D. R., & Amin, R. (2017). *Karakteristik Klinis Pasien Retinopati Diabetik Periode 1 Januari 2014–31 Desember 2015 di RSUP Dr. Mohammad Hoesin Palembang*.
- Vilone, G., & Longo, L. (2021). Notions of explainability and evaluation approaches for explainable artificial intelligence. *Information Fusion*, 76, 89–106. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2021.05.009>
- William, W., & Lubis, C. (2022). KLASIFIKASI PENYAKIT MATA MENGGUNAKAN CNN. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, 10(1). <https://doi.org/10.24912/jiksi.v10i1.17834>
- Zulfikar, W. B., & Lukman, N. (2016). PERBANDINGAN NAIVE BAYES CLASSIFIER DENGAN NEAREST NEIGHBOR UNTUK IDENTIFIKASI PENYAKIT MATA. *Jurnal Online Informatika*, 1(2). <https://doi.org/10.15575/join.v1i2.33>