

**EVALUASI KOMPARATIF MODEL *HYBRID* RESNET-50 +
KNN DAN RESNET-50 *END-TO-END* PADA KLASIFIKASI
MULTI-KELAS CITRA *FUNDUS***

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S. Kom.)
Pada Program Studi Teknik Informatika



Oleh :

Muhammad Riza Randhikata

NPM : 2213020258

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI**

2026

Skripsi Oleh :

Muhammad Riza Randhikata

NPM : 2213020258

Judul :

**EVALUASI KOMPARATIF MODEL *HYBRID* RESNET-50 + KNN DAN
RESNET-50 *END-TO-END* PADA KLASIFIKASI MULTI-KELAS CITRA
*FUNDUS***

Telah Disetujui Untuk Diajukan Kepada Panitia Ujian/Sidang Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Nusantara PGRI Kediri

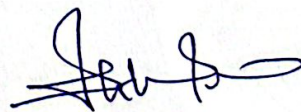
Tanggal : 15 Juni 2026

Pembimbing I



Danar Putra Pamungkas, M.Kom
NIDN. 0708028704

Pembimbing II



Intan Nur Farida, M.Kom
NIDN. 0704108701

Skripsi oleh:

Muhammad Riza Randhikata

NPM : 2213020258

Judul :

**EVALUASI KOMPARATIF MODEL *HYBRID* RESNET-50 + KNN DAN
RESNET-50 *END-TO-END* PADA KLASIFIKASI MULTI-KELAS CITRA
*FUNDUS***

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian/Sidang Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Universitas Nusantara PGRI Kediri

Pada tanggal : 14 Juli 2026

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Syarat

Panitia Penguji :

1. Ketua : Danar Putra Pamungkas, M.Kom.
2. Penguji I : Daniel Swanjaya, M.Kom
3. Penguji II : Intan Nur Farida, M.Kom



Mengetahui,
Dekan FTIK

Dr. Sulistiono, M.Si.
NIDN. 0007076801

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : Muhammad Riza Randhikata
Jenis Kelamin : Laki - laki
Tempat/Tgl Lahir : Nganjuk, 12 Oktober 2002
NPM : 2213020258
Fakultas/Prodi : Teknik dan Ilmu Komputer/ Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak dapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 15 Juni 2026

Yang Menyatakan



Muhammad Riza Randhikata

NPM : 2213020258

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulisan skripsi ini dengan tulus saya dedikasikan kepada:

1. Kedua orang tua saya, yang dengan penuh kesabaran senantiasa mendoakan, memberikan dukungan terbaik, serta menjadi sumber motivasi tak henti-hentinya dalam perjalanan menyelesaikan skripsi ini.
2. Adik-adik saya, yang selalu memberikan semangat dan dukungan moral, sehingga saya dapat menyelesaikan proses ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah memberikan bimbingan, ilmu, dan pelajaran berharga, baik dalam ranah akademik maupun kehidupan sehari-hari.
4. Teman-teman seperjuangan di kampus, yang menjadi tempat berbagi suka dan duka, serta saling menyemangati selama menjalani masa perkuliahan hingga tahap akhir ini.
5. Almamater tercinta, Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah menjadi tempat saya tumbuh, belajar, dan mengembangkan diri selama masa perkuliahan.
6. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi dalam berbagai bentuk dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.

Semoga dedikasi ini dapat menjadi penghormatan atas semua dukungan, doa, dan kebersamaan yang telah diberikan.

HALAMAN MOTTO

"Barang siapa menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga." — HR. Muslim

"Ilmu lebih baik daripada harta, ilmu menjagamu, sedangkan engkau menjaga harta." — Ali bin Abi Thalib RA

RINGKASAN

Muhammad Riza Randhikata Evaluasi Komparatif Model Hybrid ResNet-50 + KNN dan ResNet-50 End-to-End pada Klasifikasi Multi-Kelas Citra Fundus, Skripsi, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2025

Kata Kunci : Klasifikasi Citra Fundus, ResNet-50, K-Nearest Neighbor (KNN), Hybrid Model, Deep Learning.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan model *hybrid* yang mengombinasikan ResNet-50 sebagai *feature extractor* dengan K-Nearest Neighbor (KNN) sebagai *classifier* dalam klasifikasi multi-kelas citra fundus retina. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan kinerja model *hybrid* yang diusulkan dengan model baseline ResNet-50 *end-to-end* pada klasifikasi empat kategori penyakit mata, yaitu *cataract*, *diabetic retinopathy*, *glaucoma*, dan *normal*.

Model dikembangkan menggunakan pendekatan *feature extraction*, di mana ResNet-50 yang telah dipra-latih (*pretrained*) pada ImageNet digunakan untuk menghasilkan representasi fitur berdimensi tinggi yang selanjutnya diklasifikasikan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor. Sebelum proses klasifikasi, dilakukan tahap *preprocessing* berupa *resize* citra menjadi 224×224 piksel dan normalisasi menggunakan *preprocess_input*. Selanjutnya, fitur hasil ekstraksi distandardisasi menggunakan *StandardScaler*. Penentuan parameter Best-K dilakukan menggunakan data *validation* dari kandidat nilai $K = 1, 3, 5, 7, 9$, dan 11 , kemudian model akhir dievaluasi menggunakan data *testing*. Pengujian dilakukan pada tiga skenario pembagian dataset, yaitu 70:30, 80:20, dan 90:10, dengan lima kali percobaan (*multi-run testing*) pada setiap skenario menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* sebagai parameter evaluasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Hybrid* ResNet-50 dan K-Nearest Neighbor berhasil diimplementasikan dengan baik serta menghasilkan rata-rata *accuracy* sebesar 87,12% pada skenario 70:30, 88,65% pada skenario 80:20, dan 89,15% pada skenario 90:10. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan proporsi data latih memberikan pengaruh positif terhadap performa klasifikasi model. Dibandingkan dengan model baseline ResNet-50 *end-to-end*, metode yang diusulkan secara konsisten menghasilkan performa yang lebih baik pada seluruh skenario pengujian. Pada skenario 70:30 terjadi peningkatan *accuracy* sebesar 20,41 poin persentase, pada skenario 80:20 sebesar 23,06 poin persentase, dan pada skenario 90:10 sebesar 23,36 poin persentase. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi ResNet-50 sebagai *feature extractor* dan K-Nearest Neighbor sebagai *classifier* merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan performa klasifikasi citra fundus retina dibandingkan pendekatan ResNet-50 *end-to-end*.

PRAKATA

Puji Syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas ridha dan karunianya peneliti dapat menyelesaikan penyusunan laporan penelitian ini. Penulisan ini juga tak lepas dari dukungan pihak yang selalu membantu dalam penulisan penelitian ini. Oleh karenanya peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd. selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri.
2. Dr. Sulistiono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Nusantara PGRI Kediri.
3. Risa Helilintar, M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Nusantara PGRI Kediri.
4. Danar Putra Pamungkas, M.Kom. dan Intan Nur Farida, M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah dan mengarahkan kami selama mengerjakan skripsi.
5. Kedua Orang Tua saya dan Keluarga atas doa dan dukungannya.
6. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu menyelesaikan penulisan penelitian ini.

Disadari penelitian ini masih banyak kekurangan, maka diharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak.

Kediri, 15 Juni 2026

Muhammad Riza Randhikata

NPM : 2213020258

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	15
A. Latar Belakang.....	15
B. Identifikasi Masalah.....	17
C. Rumusan Masalah.....	17
D. Batasan Masalah	18
E. Tujuan Penelitian	19
F. Manfaat Penelitian.....	20
BAB II LANDASAN TEORI	21
A. Teori dan Penelitian Terdahulu	21
B. Kerangka Berpikir	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
A. Desain Penelitian	36
B. Tempat dan Jadwal Penelitian.....	45
C. Objek Penelitian/ Subjek Penelitian	45

D. Prosedur Penelitian	47
E. Teknik Analisis Data	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	84
BAB V PENUTUP.....	112
DAFTAR PUSTAKA	115
LAMPIRAN.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	45
Tabel 3. 2 Contoh Normalisasi Citra.....	77
Tabel 3. 3 Vektor Fitur Citra Latih	80
Tabel 3. 4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan	81
Tabel 4. 1 Hasil Standardisasi Fitur Menggunakan StandardScaler	87
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Nilai K pada Algoritma K-Nearest Neighbor	88
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Fungsional Sistem.....	95
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Skenario 70:30	97
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Skenario 80:20	100
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Skenario 90:10	103
Tabel 4. 7 Ringkasan Hasil Pengujian Berdasarkan.....	106
Tabel 4. 8 Perbandingan Hasil Penelitian dengan	107
Tabel 4. 9 Ketercapaian Tujuan Penelitian.....	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Berpikir	32
Gambar 3. 1 Use Case Diagram Evaluasi Klasifikasi Citra Fundus	54
Gambar 3. 2 Activity Diagram Use Case 1	57
Gambar 3. 3 Activity Diagram Use Case 2	59
Gambar 3. 4 Activity Diagram Use Case 3	61
Gambar 3. 5 Sequence Diagram Use Case 1	61
Gambar 3. 6 Sequence Diagram Use Case 2	62
Gambar 3. 7 Sequence Diagram Use Case 3	63
Gambar 3. 8 Class Diagram Evaluasi Klasifikasi Citra Fundus	64
Gambar 3. 9 Rancangan UI Halaman Upload.....	68
Gambar 3. 10 Rancangan UI Halaman Hasil Klasifikasi.....	70
Gambar 3. 11 Rancangan UI Halaman Error atau Validasi.....	71
Gambar 3. 12 Rancangan UI Halaman Perbandingan Model	73
Gambar 3. 13 Contoh Citra Fundus Kelas Cataract.....	75
Gambar 3. 14 Citra Awal.....	76
Gambar 3. 15 Citra Setelah Resize (224x224).....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kartu Bimbingan Skripsi	119
Lampiran 2 Surat Keterangan Similarity PPI	121
Lampiran 3 Berita Acara Ujian Skripsi.....	123
Lampiran 4 Lembar Revisi Ujian Skripsi.....	124

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penyakit pada mata seperti katarak, glaukoma, dan retinopati diabetes adalah faktor yang menyebabkan masalah penglihatan serta kebutaan di seluruh dunia (World Health Organization, 2023). Jika tidak ditangani dengan segera, penyakit-penyakit ini bisa merusak jaringan mata dan mengakibatkan kebutaan. Situasi ini mencerminkan betapa pentingnya untuk melakukan deteksi awal dan melakukan pemeriksaan secara berkala. Namun, masih ada kekurangan tenaga ahli di bidang kesehatan mata dan penyebarannya yang tidak merata, bahkan di tempat-tempat yang sudah tersedia fasilitas pemeriksaan mata. Hal ini berperan dalam meningkatnya kemungkinan terjadinya kebutaan permanen yang sebenarnya bisa dihindari (World Health Organization, 2019).

Dalam praktik klinis, dokter spesialis mata mengevaluasi gambar retina yang dihasilkan dari kamera *fundus* untuk mengidentifikasi anomali yang dapat menjadi tanda awal adanya penyakit mata (*Lancet Artificial Intelligence Technologies* 8, 2025). Akan tetapi, metode analisis saat ini masih dilakukan secara manual yang memerlukan waktu, biaya, dan keterampilan khusus. Di samping itu, hasil diagnosis dapat berbeda-beda antara satu dokter dengan yang lain akibat unsur subjektivitas dalam pengamatan. Untuk itu, diperlukan sistem komputer yang dapat membantu menganalisis citra mata secara otomatis dan konsisten guna mempercepat proses identifikasi penyakit mata (Muchuchuti & Viriri, 2023).

Salah satu cara yang semakin populer saat ini dalam mendeteksi penyakit mata adalah dengan memanfaatkan teknologi pengolahan gambar yang didukung oleh kecerdasan buatan (*Lancet Artificial Intelligence Technologies* 8, 2025). Metode ini memberikan kemampuan kepada komputer untuk secara otomatis menganalisis gambar retina, sehingga mengurangi kebutuhan akan pemeriksaan yang dilakukan secara manual oleh dokter. *Convolutional Neural Network* (CNN) telah menjadi metode

yang banyak dipilih karena kemampuannya untuk memahami fitur-fitur kompleks dalam citra medis dan secara otomatis mengidentifikasi pola visual yang penting (Mienye et al., 2025).

Dalam pengembangan sistem klasifikasi citra medis, berbagai arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) telah banyak digunakan, seperti VGG, Inception, dan ResNet. Arsitektur ResNet diperkenalkan dengan konsep *residual learning* yang memungkinkan pelatihan jaringan saraf yang sangat dalam secara lebih stabil melalui penggunaan *skip connection*, sehingga mampu mengatasi permasalahan *vanishing gradient* (He et al., 2016). Salah satu varian ResNet, yaitu ResNet-50, telah banyak diterapkan dalam pengklasifikasian citra medis, termasuk untuk mendeteksi penyakit mata seperti retinopati diabetik, dan menunjukkan performa yang kompetitif dalam berbagai penelitian (Lin & Wu, 2023). Namun, penelitian yang menerapkan ResNet-50 untuk mengklasifikasikan penyakit mata menunjukkan bahwa kinerja model masih memiliki keterbatasan, dengan tingkat akurasi yang masih tergolong rendah (Hartati & Verdy, 2024). Sehingga, perlu adanya metode atau pendekatan tambahan untuk memperbaiki hasil klasifikasi.

Berdasarkan temuan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan ResNet-50 secara menyeluruh masih menghadapi keterbatasan dalam mencapai akurasi yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa proses klasifikasinya sepenuhnya tergantung pada lapisan yang terhubung sepenuhnya di bagian akhir jaringan, yang membuatnya kurang efektif dalam membedakan fitur antara kelas yang memiliki kesamaan visual (Hartati & Verdy, 2024). Beberapa penelitian mengindikasikan bahwa metode hibrida yang menggabungkan CNN dengan algoritma klasifikasi konvensional dapat memperbaiki kinerja model. Contohnya, perpaduan CNN dan *K-Nearest Neighbor* (KNN) mampu meraih akurasi mencapai 99,8% dalam pengklasifikasian tumor otak (Younis et al., 2024). Kombinasi ini bekerja secara efektif karena CNN berfungsi untuk mengekstrak fitur secara mendalam, sementara KNN bertugas untuk mengklasifikasikan

berdasarkan kedekatan antar fitur tersebut. Dengan alasan ini, penelitian ini mengajukan kombinasi ResNet-50 dan KNN untuk memperbaiki tingkat akurasi dalam pengklasifikasian penyakit mata serta membandingkan hasilnya dengan model ResNet-50 *end-to-end* sebagai referensi utama. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pengklasifikasian citra medis yang lebih tepat dan efisien, terutama untuk deteksi penyakit mata.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini, sebagai berikut :

1. Ketimpangan Akses dan Ketergantungan pada Analisis Manual.
Jumlah tenaga ahli yang terbatas mengakibatkan proses diagnosis gambar retina menjadi lambat dan sangat bergantung pada penafsiran secara manual, sehingga memperlambat deteksi awal penyakit mata dan meningkatkan kemungkinan terjadinya kebutaan permanen.
2. Keterbatasan Model *Deep Learning End-to-End*.
Model *deep learning* ResNet-50 yang diterapkan secara menyeluruh masih belum memberikan hasil terbaik dalam membedakan detail kecil antar kategori citra retina. Hal ini menunjukkan perlunya pengembangan metode lain yang dapat memperbaiki atau meningkatkan kemampuan klasifikasi citra *fundus* dengan akurasi yang lebih tinggi.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara membangun dan mengimplementasikan model klasifikasi penyakit mata menggunakan pendekatan *hybrid* ResNet-50 dan *K-Nearest Neighbor* (KNN)?

2. Bagaimana kinerja model *hybrid* ResNet-50 + KNN dibandingkan dengan model *baseline* ResNet-50 *end-to-end* dalam klasifikasi citra *fundus* mata?

D. Batasan Masalah

Sebagai upaya menjaga agar penelitian ini tetap terfokus dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka diperlukan batasan masalah. Batasan ini juga bertujuan untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas serta memastikan penelitian dapat dilaksanakan secara terukur. Berikut adalah batasan masalah yang diajukan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Sumber dan *Preprocessing* Data.

Penelitian ini menggunakan dataset citra *fundus* yang bersumber dari repositori kaggle, dengan tujuan menjaga kesetaraan data dalam proses evaluasi performa model. Dataset yang digunakan memiliki karakteristik yang sama dengan dataset pada studi pembandingan, sehingga hasil evaluasi dapat dibandingkan secara objektif. Tahapan *preprocessing* dibatasi pada teknik dasar seperti resizing dan normalisasi agar citra siap diolah oleh model.

2. Jenis Penyakit Mata.

Penelitian ini difokuskan pada klasifikasi empat kondisi mata berdasarkan citra *fundus*, yaitu Katarak, Glaukoma, Retinopati Diabetik, dan Normal. Pemilihan kelas ini didasarkan pada pertimbangan *prevalensi* penyakit dan kesesuaian dengan tujuan penelitian.

3. Arsitektur Model *Deep Learning*.

Arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang digunakan sebagai *feature extractor* dibatasi pada ResNet-50 yang telah dilatih sebelumnya (*pre-trained*) menggunakan *ImageNet*. Varian lain seperti ResNet-34 atau ResNet-101 tidak disertakan dalam penelitian ini.

4. Algoritma Klasifikasi dan Model Pembandingan.

Algoritma klasifikasi yang digunakan dalam pendekatan *hybrid* dibatasi pada *K-Nearest Neighbor* (KNN). Kinerja model *hybrid*

(ResNet-50 + KNN) dibandingkan secara langsung dengan model *baseline* ResNet-50 yang dijalankan secara *end-to-end*.

5. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini berfokus pada analisis dan perbandingan performa model dalam hal akurasi serta metrik evaluasi lainnya. Proses perbandingan dilakukan secara eksperimental menggunakan hasil pelatihan model. Aplikasi *Streamlit* yang dibangun dalam penelitian ini hanya berfungsi sebagai prototipe demonstratif untuk menampilkan hasil klasifikasi. Komponen aplikasi tidak termasuk dalam eksperimen penelitian, tidak dianalisis kinerjanya, dan tidak memengaruhi evaluasi model

6. Fitur *Pre-filter* pada Aplikasi Prototipe

Penelitian ini menggunakan model tambahan berupa *binary classifier* (*fundus checker*) yang berfungsi untuk memeriksa apakah gambar yang diunggah merupakan citra *fundus* atau bukan. Fitur ini hanya digunakan pada tahap implementasi aplikasi prototipe untuk mencegah kesalahan input pengguna. Modul *pre-filter* ini tidak terlibat dalam proses pelatihan maupun evaluasi model *hybrid*, dan tidak dibandingkan dengan model *baseline* karena fungsinya hanya sebagai penjaga input pada aplikasi prototipe.

7. Penggunaan Artikel/Jurnal *Baseline* sebagai Pembanding

Perbandingan performa model pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada hasil penelitian terdahulu sebagai *baseline* utama. Artikel acuan tersebut berjudul “Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan *Convolutional Neural Network* Model ResNet-50”. dan dapat diakses melalui tautan :

<https://journal.ppmi.web.id/index.php/jrsit/article/view/529>.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini disusun sebagai arah yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian, baik dari sisi pengembangan model maupun evaluasi kinerjanya dalam klasifikasi citra fundus mata. Berikut adalah tujuan penelitian yang diajukan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Mengembangkan dan mengimplementasikan model klasifikasi penyakit mata menggunakan pendekatan *hybrid* yang mengombinasikan ResNet-50 sebagai *feature extractor* dengan *K-Nearest Neighbor* (KNN) sebagai *classifier*.
2. Mengetahui perbandingan kinerja antara model *hybrid* ResNet-50 + KNN dan model *baseline* ResNet-50 *end-to-end* dalam klasifikasi citra *fundus* mata.

F. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis.
 - 1) Untuk Ilmu AI: Memberikan bukti bahwa menggabungkan *Deep Learning* (ResNet-50) dengan algoritma tradisional (KNN) bisa menciptakan model *hybrid* yang lebih akurat untuk analisis citra medis.
 - 2) Untuk Pengembangan Sistem Diagnosis: Menjadi referensi dalam pembuatan sistem komputer (*Computer-Aided Diagnosis*) yang lebih pintar dan andal untuk membantu deteksi penyakit mata.
2. Manfaat Praktis.
 - 1) Bagi Dokter: Menjadi alat bantu yang cepat dan konsisten untuk skrining awal, mengurangi beban kerja dan subjektivitas dalam mendiagnosis.
 - 2) Bagi Rumah Sakit: Meningkatkan efisiensi layanan, terutama di daerah yang kekurangan dokter spesialis, dengan menyaring pasien secara otomatis.
 - 3) Bagi Masyarakat: Memperluas akses ke diagnosis dini yang murah dan cepat, sehingga dapat mencegah kebutaan.

DAFTAR RUJUKAN

- Ablasio Retina : Sang Pencuri Penglihatan*. (n.d.). Retrieved October 23, 2025, from <https://rsmatacicendo.go.id/id/category/817-ablasio-retina-sang-pencuri-penglihatan>
- Budi Raharjo. (2021). Pembelajaran Mesin. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. <https://www.codepolitan.com/mengenal-teknologi-machine-learning-pembelajaran-mesin>
- Direktorat Jenderal Kesehatan Lanjutan*. (n.d.-a). Retrieved October 23, 2025, from https://keslan.kemkes.go.id/view_artikel/3462/kejadian-glaukoma-mata
- Direktorat Jenderal Kesehatan Lanjutan*. (n.d.-b). Retrieved October 23, 2025, from https://keslan.kemkes.go.id/view_artikel/3721/katarak-penyakit-mata-yang-sering-tidak-disadari-hingga-terlambat
- Evaluation Metrics in Machine Learning - GeeksforGeeks*. (n.d.). Retrieved October 23, 2025, from <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/metrics-for-machine-learning-model/>
- Gunawan, D., & Setiawan, H. (2022). *Convolutional Neural Network dalam Analisis Citra Medis*. 2(2), 376–390.
- Hadi, H. P., & Rachmawanto, E. H. (2022). Ekstraksi fitur warna dan GLCM pada algoritma KNN untuk klasifikasi kematangan rambut. *J. Inform. Polinema*, 8(3), 63–68.
- Hartati, E., & Verdy. (2024). Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan Convolutional Neural Network Model RESNET-50. *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi Dan Teknologi*, 1(3), 199–206.
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016-Decem*, 770–778. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>

- Ibrahim, M. M., Rahmadewi, R., & Nurpulaela, L. (2023). Pendeteksian Nominal Uang Pada Gambar Menggunakan Convolutional Neural Network: Integrasi Metode Pra-Pemrosesan Citra Dan Klasifikasi Berbasis Cnn. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(2), 1394–1400.
- Keras Team. (n.d.). *ResNet50 preprocess_input*. Keras Documentation. Retrieved October 12, 2025, from https://keras.io/api/applications/resnet/#preprocess_input-function%0A
- Laksono, G. I., Winarno, S., Informatika, T., Nuswantoro, U. D., Info, A., & Learning, D. (2025). *Myopia Identification by Fundus Photo Image Classification Using Convolutional Neural Network*. 9(5), 2801–2806. *Lancet Artificial Intelligence Technologies* 8. (2025). 1(1), 26–36.
- Lin, C. L., & Wu, K. C. (2023). Development of revised ResNet-50 for diabetic retinopathy detection. *BMC Bioinformatics*, 24(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s12859-023-05293-1>
- Manurung, J., Saragih, H., Prabukusumo, M. A., & Ahmad, E. (2025). *Optimizing the performance of the K-Nearest Neighbors algorithm using grid search and feature scaling to improve data classification accuracy*. 14(2), 260–268.
- Mienye, I. D., Swart, T. G., Obaido, G., Jordan, M., & Ilono, P. (2025). Deep Convolutional Neural Networks in Medical Image Analysis: A Review. *Information (Switzerland)*, 16(3), 1–28. <https://doi.org/10.3390/info16030195>
- Muchuchuti, S., & Viriri, S. (2023). Retinal Disease Detection Using Deep Learning Techniques: A Comprehensive Review. *Journal of Imaging*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/jimaging9040084>
- Nurhakiki, J., & Yahfizham, Y. (2024). Studi Kepustakaan: Pengenalan 4 Algoritma Pada Pembelajaran Deep Learning Beserta Implikasinya. *Data Engineering for Machine Learning Pipelines: From Python Libraries to ML Pipelines and Cloud Platforms*, 1, 1–636.

Pengembangan Kecerdasan Buatan Untuk Identifikasi Penyakit Mata Kronis Dengan Menggunakan Citra Fundus – Pusat Data Sains. (n.d.). Retrieved October 23, 2025, from <https://dsc.ui.ac.id/pengembangan-kecerdasan-buatan-untuk-identifikasi-penyakit-mata-kronis-dengan-menggunakan-citra-fundus/>

Qiudandra, E., & Akram, R. (2022). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Osteoarthritis Dengan Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor. *Methotika: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 2(2), 37–48.

RETINOPATI DIABETIK. (n.d.). Retrieved October 23, 2025, from <https://rsmatacicendo.go.id/id/category/820-retinopati-diabetik>

Saintek, R. (2023). *Kecerdasan Buatan: Dari Teori hingga Penerapan* (H. S. Wibowo (Ed.); First Prin). Tiram Media.

Shafiq, M., & Gu, Z. (2022). Deep Residual Learning for Image Recognition: A Survey. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(18), 1–43. <https://doi.org/10.3390/app12188972>

World Health Organization. (2019). *World report on vision.* <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516570>

World Health Organization. (2023). *Blindness and vision impairment.* <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment?>

Yaurentius, E. C., Saputri, T. R. D., Tanuwijaya, E., & Sutanto, R. E. (2025). Comparative Study of Cnn-Based Architectures on Eye Diseases Classification Using Fundus Images To Aid Ophthalmologist. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 6(1), 249–257. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2025.6.1.3699>

Younis, E. M. G., Mahmoud, M. N., Albarrak, A. M., & Ibrahim, I. A. (2024). A Hybrid Deep Learning Model with Data Augmentation to Improve Tumor Classification Using MRI Images. *Diagnostics*, 14(23), 1–14.

<https://doi.org/10.3390/diagnostics14232710>