

Pengembangan Sistem Deteksi Katarak Berbasis Website Dengan Menggunakan CNN Di Rumah Sakit Mata Pasuruan

Agus Mardianto¹, Muslim Alamsyah², Mohamad Khoiron³

¹Jurusan Rekayasa Perangkat Lunak, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Merdeka Pasuruan

²Jurusan Rekayasa Perangkat Lunak, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Merdeka Pasuruan

³Jurusan Rekayasa Perangkat Lunak, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Merdeka Pasuruan

Email: ¹agusmardianto18@gmail.com

Abstract. *Cataracts are the leading cause of blindness in Indonesia. However, the manual diagnostic process in hospitals often results in delayed and inefficient early detection. This study aims to develop a web-based cataract detection system using a Convolutional Neural Network (CNN) at Pasuruan Eye Hospital. The system is designed to classify eye images into two categories: normal and cataract, utilizing a CNN model trained on a dataset of 512 images. The CNN architecture consists of three convolutional layers, max pooling, and dense layers with ReLU and sigmoid activation functions. The model is integrated using a Flask-based backend and ngrok service to connect with the model running on Google Colab. Evaluation was conducted using a validation set comprising 20% of the dataset, resulting in an accuracy of 97%, a precision of 1.00, a recall of 0.94 for the cataract class, and a recall of 1.00 for the normal class. The system successfully performs automatic cataract detection with high accuracy and a user-friendly interface, supporting faster and more efficient preliminary diagnosis services in hospitals.*

Keywords: *cataract detection, CNN, website, image classification, deep learning, Flask*

Abstrak. Katarak merupakan penyebab utama kebutaan di Indonesia, namun proses diagnosis yang masih manual di rumah sakit menyebabkan deteksi dini menjadi lambat dan tidak efisien. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem deteksi katarak berbasis website dengan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) di Rumah Sakit Mata Pasuruan. Sistem ini dirancang untuk mengklasifikasikan citra mata menjadi dua kelas, yaitu normal dan katarak, dengan menggunakan model CNN yang dilatih pada dataset berisi 512 citra. Model CNN dibangun dengan arsitektur tiga *convolutional layers*, *max pooling*, dan *dense layer* dengan fungsi aktivasi ReLU dan sigmoid, serta diintegrasikan melalui backend berbasis Flask dan layanan ngrok untuk koneksi dengan model yang berjalan di Google Colab. Evaluasi dilakukan menggunakan data validasi sebesar 20% dari dataset dengan hasil akurasi 97%, precision 1.00, recall 0.94 untuk kelas katarak, dan recall 1.00 untuk kelas normal. Sistem berhasil mendeteksi katarak secara otomatis dengan hasil akurat dan antarmuka ramah pengguna, serta mendukung layanan diagnosis awal di rumah sakit dengan lebih cepat dan efisien.

Kata Kunci: deteksi katarak, CNN, website, klasifikasi citra, *deep learning*, Flask

1. Pendahuluan

Katarak merupakan salah satu penyebab utama kebutaan di dunia, termasuk di Indonesia. Menurut World Health Organization (WHO), sekitar 48% kasus kebutaan secara global disebabkan oleh katarak, dan Indonesia menjadi salah satu negara dengan prevalensi tertinggi, mencapai 2% dari total populasi (Firdaus, 2022). Proses deteksi dini penyakit ini sangat penting untuk mencegah gangguan penglihatan permanen. Namun, proses diagnosis katarak di fasilitas kesehatan seperti Rumah Sakit Mata Pasuruan masih bersifat manual, bergantung pada observasi visual dokter melalui alat slit lamp. Metode ini memerlukan waktu yang cukup lama dan berpotensi menghasilkan diagnosis yang tidak konsisten akibat perbedaan interpretasi antar-tenaga medis.

Seiring berkembangnya teknologi, pengolahan citra berbasis kecerdasan buatan (AI) telah banyak dimanfaatkan dalam bidang kesehatan, khususnya untuk deteksi penyakit melalui citra medis. Convolutional Neural Network (CNN), sebagai salah satu teknik *deep learning*, telah terbukti efektif dalam mengklasifikasikan objek visual, termasuk citra mata. CNN memiliki keunggulan dalam mengenali pola spasial dari gambar secara otomatis tanpa memerlukan proses *feature engineering* manual (Bu'ulölö, 2021). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode CNN mampu mencapai akurasi tinggi dalam klasifikasi katarak, seperti yang ditunjukkan oleh Firdaus (2022) dengan akurasi

99,74% setelah pelatihan selama 25 epoch, serta (Khardawi, 2024) dengan akurasi 87% pada epoch ke-30.

Meskipun terdapat berbagai arsitektur CNN seperti VGG16, VGG19, dan ResNet yang juga digunakan untuk klasifikasi citra medis, penelitian ini memilih arsitektur CNN sederhana karena efisiensinya dalam proses pelatihan dan kebutuhan komputasi yang lebih rendah. (Basit, 2024) membandingkan CNN ringan dengan VGG19 dan menyimpulkan bahwa model sederhana tetap mampu menghasilkan akurasi kompetitif dengan sumber daya yang lebih hemat.

Namun demikian, masih terdapat kekurangan pada literatur terkait implementasi langsung sistem deteksi katarak berbasis website yang digunakan di rumah sakit lokal. Sebagian besar penelitian hanya dilakukan dalam skala laboratorium atau berbasis aplikasi mobile tanpa mengakomodasi kebutuhan spesifik tenaga medis di lapangan. Selain itu, belum banyak sistem yang memanfaatkan dataset lokal atau dikembangkan dengan antarmuka web yang ramah pengguna dan kompatibel dengan infrastruktur rumah sakit Indonesia.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem deteksi katarak berbasis website dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) yang dapat diterapkan secara langsung di Rumah Sakit Mata Pasuruan. Sistem ini dirancang untuk mengklasifikasikan citra mata menjadi dua kategori, yaitu normal dan katarak, secara otomatis, cepat, dan akurat. Dengan mengintegrasikan model CNN ke dalam antarmuka web berbasis Flask dan menggunakan layanan *ngrok* sebagai koneksi ke server Google Colab, sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam membantu tenaga medis dalam proses skrining awal, serta memperluas akses pelayanan kesehatan mata yang berkualitas bagi masyarakat, terutama di daerah dengan keterbatasan tenaga spesialis.

Dalam praktik klinis, kebutuhan spesifik tenaga medis dalam proses deteksi dini katarak tidak hanya sebatas akurasi prediksi, tetapi juga mencakup kecepatan akses hasil, antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan, serta integrasi dengan sistem rekam medis rumah sakit. Dokter membutuhkan sistem yang dapat memberikan hasil secara real-time tanpa memerlukan perangkat keras berdaya komputasi tinggi, sehingga sistem dapat langsung diterapkan pada fasilitas kesehatan dengan infrastruktur terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem berbasis website yang mampu menjawab kebutuhan praktis tersebut.

Penelitian sebelumnya umumnya dilakukan dalam skala laboratorium atau berbasis aplikasi mobile (Apriliansyah, 2024; Wiranda, 2024), tanpa validasi penerapan langsung di rumah sakit. Selain itu, sebagian besar studi hanya menekankan pada performa model CNN tanpa mempertimbangkan aspek integrasi sistem secara menyeluruh. Celah inilah yang coba diatasi melalui penelitian ini, yaitu menggabungkan akurasi model CNN dengan implementasi berbasis website yang dapat digunakan langsung oleh tenaga medis di Rumah Sakit Mata Pasuruan.

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas metode Convolutional Neural Network (CNN) dalam klasifikasi citra medis. Penelitian oleh (Firdaus, 2022) mencapai akurasi 99,74% dalam klasifikasi citra mata berbasis web, sedangkan (Prasetyo et al., 2023) membandingkan CNN dan Support Vector Machine (SVM) dan menemukan bahwa CNN memiliki akurasi lebih tinggi, yaitu 98,89%. Penelitian (Apriliansyah, 2024) mengembangkan aplikasi mobile untuk deteksi katarak dengan akurasi 93%, presisi 95%, dan recall 90%. Selain itu, (Yesua & Udjulawa, 2024) menggunakan arsitektur VGG-16 dalam klasifikasi citra fundus namun hanya memperoleh akurasi 54,17%, menunjukkan perlunya penyesuaian parameter untuk hasil optimal. Sementara (Chandra, 2024) menerapkan CNN dalam deteksi malware berbasis web dan memperoleh akurasi 99%, membuktikan fleksibilitas CNN dalam integrasi sistem berbasis website. Dari berbagai studi ini, CNN terbukti unggul dalam akurasi, fleksibilitas, dan kemudahan integrasi ke dalam sistem berbasis web untuk diagnosis medis otomatis. Dari berbagai penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa CNN merupakan pendekatan yang efektif dan fleksibel untuk deteksi katarak berbasis citra digital. Implementasi pada platform berbasis web menawarkan keunggulan dari sisi aksesibilitas dan kecepatan diagnosis, terutama di wilayah yang memiliki keterbatasan sumber daya tenaga medis. Oleh karena itu, penelitian ini

melanjutkan pengembangan sistem berbasis CNN yang diimplementasikan dalam bentuk prototipe website, khusus untuk layanan Rumah Sakit Mata Pasuruan, sebagai solusi skrining awal yang akurat dan efisien.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Katarak

Katarak adalah gangguan mata yang ditandai dengan kekeruhan pada lensa mata sehingga menghambat cahaya masuk ke retina dan menyebabkan penglihatan kabur. Penyakit ini merupakan penyebab utama kebutaan di dunia dan di Indonesia, dengan prevalensi mencapai 1,5–1,8% populasi, terutama pada usia lanjut (Rahmadwati et al., 2024; Krisnawan & Setiawan, 2024). Faktor penyebab katarak meliputi penuaan (senilitas), penyakit sistemik seperti diabetes mellitus dan hipertensi, faktor genetik, dehidrasi, serta paparan sinar ultraviolet yang berlebihan (Rahmadwati, 2024; Krisnawan, 2024). Deteksi dini menjadi sangat penting agar tindakan medis dapat dilakukan sebelum kehilangan penglihatan permanen terjadi.

2.2.2. Citra Digital

Citra digital merupakan representasi visual dalam bentuk piksel yang mengandung informasi warna dan intensitas cahaya, memungkinkan komputer untuk memproses dan mengenali pola dalam gambar. Citra ini digunakan secara luas dalam bidang medis untuk identifikasi kelainan jaringan dan organ. Menurut (Qudsi, 2021), proses analisis citra digital dilakukan melalui tahapan feature extraction dan classification untuk mengenali pola penting. Dalam bidang medis, tahap praproses seperti resizing dan grayscale penting dilakukan agar hasil deteksi lebih akurat (Ria, 2022). Citra digital terbagi menjadi tiga jenis utama: citra biner, citra keabuan, dan citra warna (Arifianto, 2022). Dalam penelitian ini, citra mata digunakan sebagai data masukan untuk klasifikasi normal atau katarak menggunakan CNN.

2.2.3. Deep Learning

Deep Learning adalah cabang dari machine learning yang menggunakan jaringan saraf tiruan berlapis (*multi-layer neural networks*) untuk mempelajari representasi data yang kompleks. Metode ini mampu melakukan *feature extraction* secara otomatis tanpa intervensi manusia (Prasetya, 2020). Keunggulan utama deep learning terletak pada kemampuannya menangani data berukuran besar dan kompleks seperti citra, suara, dan teks. Dalam bidang kesehatan, teknologi ini telah banyak digunakan untuk mendeteksi penyakit melalui citra medis karena kemampuannya meniru proses pengenalan pola seperti otak manusia.

2.2.4. Convolutional Neural Network (CNN)

CNN merupakan jenis jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk mengenali pola spasial dari citra. CNN terdiri dari beberapa lapisan utama, yaitu convolutional layer untuk ekstraksi fitur, pooling layer untuk reduksi dimensi, ReLU sebagai fungsi aktivasi non-linear, dan fully connected layer untuk klasifikasi akhir (Syaharani, 2024; Ramadhani, 2023). Menurut (Ramadhani, 2023), setiap lapisan dalam CNN memiliki peran penting dalam menghasilkan representasi citra yang efisien dan akurat. CNN sangat unggul dalam klasifikasi citra medis karena dapat mendeteksi tepi, tekstur, dan bentuk yang relevan tanpa membutuhkan fitur manual.

2.2.5. Website dengan metode waterfall

Website merupakan kumpulan halaman informasi yang saling terhubung dan dapat diakses melalui internet, berfungsi sebagai sarana penyampaian informasi dan layanan daring. Dalam penelitian ini, website menjadi antarmuka antara pengguna dan sistem deteksi katarak berbasis CNN, memungkinkan proses unggah citra dan hasil klasifikasi secara real-time. Menurut (Kurniyanti, 2022), website tidak hanya sebagai media informasi tetapi juga alat strategis yang mendukung kegiatan operasional dan pelayanan digital. Model pengembangan sistem yang digunakan adalah *Waterfall*, yaitu pendekatan SDLC yang linear dan sistematis, dimulai dari analisis kebutuhan hingga pemeliharaan (Kurniyanti, 2022). Model ini sesuai untuk sistem dengan kebutuhan yang telah terdefinisi jelas sejak awal. Selain itu, penelitian (Wau, 2022) menunjukkan bahwa metode Waterfall mampu memberikan alur kerja terstruktur dan memudahkan pengujian sistem berbasis web.

3. Metode Penelitian



Gambar 1. Metode Penelitian

Diagram metode penelitian seperti ditunjukkan pada gambar 1.

3.1. Identifikasi Masalah

Dilakukan melalui observasi langsung dan wawancara dengan dokter spesialis mata di Rumah Sakit Mata Pasuruan. Tujuannya adalah untuk mengetahui kendala yang dihadapi dalam proses diagnosis katarak dan mendefinisikan kebutuhan sistem deteksi otomatis yang efisien.

3.2. Studi Literatur

Menelaah berbagai teori terkait Convolutional Neural Network (CNN), citra digital, serta sistem deteksi katarak berbasis website dari berbagai penelitian sebelumnya. Langkah ini bertujuan memperkuat dasar teoretis dan teknis pengembangan sistem.

3.3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Dataset yang digunakan terdiri dari 512 citra mata yang diklasifikasikan ke dalam dua kelas, yaitu normal dan katarak. Data tersebut diperoleh dari Kaggle Cataract Dataset (sumber terbuka) serta dokumentasi citra pasien di Rumah Sakit Mata Pasuruan yang digunakan dengan izin penelitian. Dataset kemudian melalui proses augmentasi (rotasi, flipping, dan zoom) untuk meningkatkan variasi data dan dibagi menjadi 80% data latih serta 20% data validasi.

3.4. Pengolahan Data dan Preprocessing

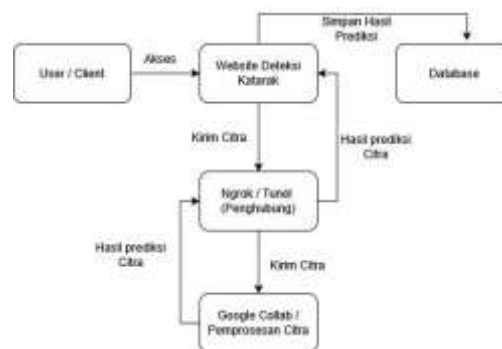
Dataset yang digunakan terdiri dari 512 citra mata (256 normal, 256 katarak). Seluruh gambar dikonversi ke format RGB dengan resolusi 150×150 piksel. Nilai piksel kemudian dinormalisasi ke rentang $[0,1]$ untuk mempercepat konvergensi pada proses pelatihan. Untuk meningkatkan generalisasi model, dilakukan augmentasi data berupa rotasi hingga 20° , horizontal flipping, serta zoom in/out sebesar 10%. Augmentasi ini bertujuan mengatasi keterbatasan jumlah data dan mencegah overfitting. Dataset dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data validasi.

Arsitektur CNN terdiri dari tiga convolutional layers dengan filter 32, 64, dan 128, diikuti dengan tiga max pooling layers, satu fully connected layer (128 neuron, ReLU), satu dropout layer (0.5), dan satu output layer (sigmoid). Pemilihan arsitektur ini didasarkan pada dua pertimbangan: (1) dataset relatif kecil, sehingga arsitektur sederhana lebih efektif mengurangi risiko overfitting; (2) penelitian terdahulu (Bu'ulölö, 2021; Prasetyo, 2023) menunjukkan bahwa arsitektur ringan dapat tetap mencapai akurasi tinggi pada klasifikasi biner katarak.

3.5. Perancangan Sistem

Perancangan sistem mencakup desain arsitektur yang terdiri atas tiga komponen utama, yaitu frontend, backend, dan model CNN. Frontend dirancang menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript untuk menampilkan antarmuka pengguna yang interaktif. Backend dibangun dengan framework Flask sebagai penghubung antara antarmuka pengguna dan model CNN.

Model Convolutional Neural Network (CNN) yang digunakan terdiri dari tiga convolutional layer dengan jumlah filter berturut-turut 32, 64, dan 128, masing-masing diikuti oleh max pooling layer 2×2 . Setelah lapisan konvolusi, terdapat dense layer dengan 128 neuron yang menggunakan fungsi aktivasi ReLU, serta dropout layer sebesar 0.5 untuk mencegah overfitting. Lapisan output menggunakan fungsi aktivasi sigmoid untuk klasifikasi biner (normal dan katarak). Model dilatih menggunakan optimizer Adam dengan learning rate 0.001, loss function binary_crossentropy, batch size 32, dan jumlah epoch 25. Arsitektur sistem secara keseluruhan diilustrasikan pada Gambar 2, di mana komunikasi antara server lokal dan model yang berjalan di Google Colab difasilitasi melalui layanan ngrok untuk proses inferensi real-time.



Gambar 2. Arsitektur Sistem

3.5. Implementasi Sistem

Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan framework Flask pada sisi server dan HTML/CSS pada sisi klien. Model CNN dibangun dengan TensorFlow dan Keras, lalu diintegrasikan melalui endpoint REST API.

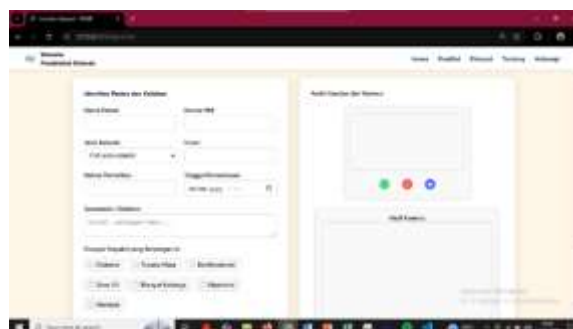
3.6. Pengujian dan Evaluasi

Evaluasi dilakukan melalui dua pendekatan: (a) pengujian sistem secara fungsional dengan metode *black-box* testing pada fitur utama, dan (b) evaluasi performa model CNN berdasarkan metrik klasifikasi (accuracy, precision, recall, dan F1-score) serta analisis confusion matrix.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Implementasi Sistem

1. Halaman Prediksi, tempat pengguna mengisi identitas pasien dan mengunggah citra mata, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Halaman Prediksi

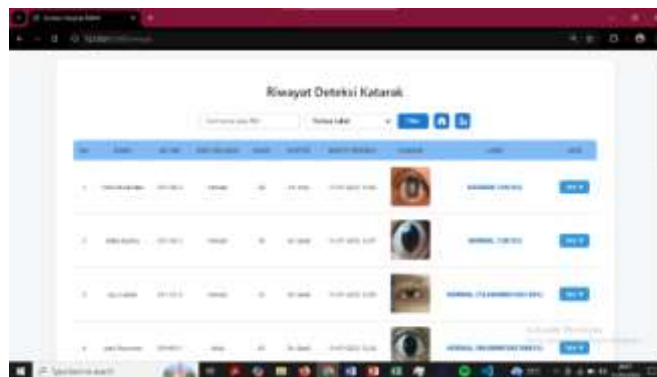
Sistem deteksi katarak berbasis website berhasil dikembangkan menggunakan framework Flask untuk backend, TensorFlow/Keras untuk model CNN, dan HTML/CSS serta JavaScript untuk antarmuka pengguna. Sistem ini dirancang untuk mengidentifikasi kondisi lensa mata (normal atau katarak) secara otomatis berdasarkan citra mata yang diunggah melalui antarmuka web. Antarmuka utama sistem terdiri dari:

2.Halaman Hasil Deteksi, yang menampilkan klasifikasi dan confidence score, seperti yang ditunjukkan ada gambar 4.



Gambar 4. Halaman Hasil Prediksi

3.Halaman Riwayat, yang menyimpan hasil deteksi dan informasi pasien sebelumnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Halaman Riwayat

4.Halaman Statistik, yang menyajikan jumlah pemeriksaan, tren kunjungan, dan rekapitulasi aktivitas medis, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Halaman Statistik Kunjungan

Model CNN diintegrasikan ke dalam sistem melalui REST API dengan menggunakan ngrok sebagai perantara koneksi ke model yang berjalan di Google Colab. Proses prediksi dilakukan secara real-time dan hasil ditampilkan dalam hitungan detik.

4.2. Evaluasi Fungsionalitas Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan pendekatan *black-box testing* untuk menguji 11 fitur utama secara fungsional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan sesuai dengan kebutuhan, mulai dari input data pasien, upload citra, proses klasifikasi, hingga penyimpanan riwayat dan pengunduhan hasil diagnosis dalam format PDF. Sistem juga mampu menangani input dari file maupun kamera secara langsung.

Tabel 1. Uji Coba Sistem

No	Fitur	Input	Output	Status
1	Input Data Pasien	Form isian nama, umur, dll	Data tersimpan dan tampil di halaman hasil	Ya
2	Upload Citra Mata	File gambar .jpg	Gambar terkirim dan diproses	Ya
3	Proses Deteksi	Citra mata	Output: Normal/Katarak	Ya
4	Simpan Riwayat	Deteksi yang sudah dilakukan	Tersimpan di database	Ya
5	Tampilkan Statistik	Data dari database	Statistik ditampilkan	Ya
6	Tangkapan Kamera	Ambil gambar	Gambar terkirim dan diproses	Ya
7	Matikan Kamera	Tekan tombol "off" kamera	Kamera nonaktif	Ya
8	Hidupkan Kamera	Tekan tombol "on" kamera	Kamera aktif	Ya
9	Hasil Prediksi	Citra mata	Hasil prediksi mata dan data pasien ditampilkan	Ya
10	Download PDF	Citra mata dan data pasien	Berkas PDF hasil deteksi dapat diunduh	Ya
11	Detail Riwayat Deteksi	Citra mata dan data pasien	Menampilkan hasil deteksi dan data pasien	Ya

Tabel 2. Uji Coba Input Citra

No	Kelas Citra	Nama File Input	Hasil Prediksi	Hasil Sistem	Status
1	Normal	20250711192038_normal-3.jpg	Normal	Normal	Ok
2	Normal	20250711192318_normal-20.jpg	Normal	Normal	Ok
3	Normal	20250711192951_normal-122.jpg	Normal	Normal	Ok
4	Normal	20250711191736_aug_0_2.jpeg	Normal	Normal	Ok
5	Katarak	20250711190655_mature-186.jpg	Katarak	Katarak	Ok
6	Katarak	20250711190826_mature-12.jpg	Katarak	Katarak	Ok
7	Katarak	20250711190951_aug_0_144.jpeg	Katarak	Katarak	Ok
8	Katarak	20250711191130_aug_0_45.jpeg	Katarak	Katarak	Ok
9	Katarak	20250711191558_mature-2.jpg	Katarak	Katarak	Ok
10	Katarak	mature-73.jpg	Katarak	Katarak	Ok

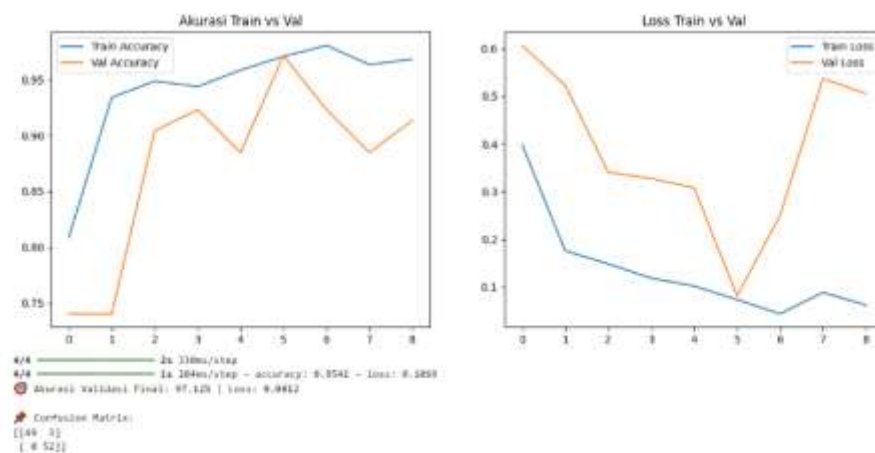
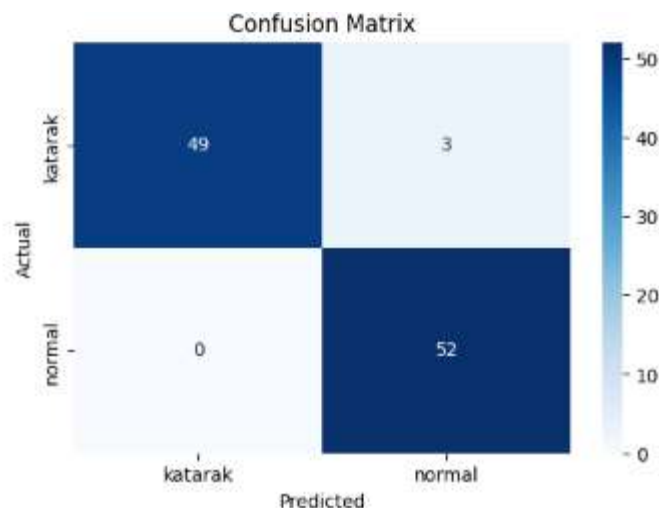
4.3 Evaluasi Performa Model CNN

Berdasarkan hasil evaluasi pada Tabel 3, model CNN menunjukkan performa klasifikasi yang sangat baik dengan **akurasi keseluruhan sebesar 97%**. Nilai **precision** sebesar **1.00** pada kelas katarak menunjukkan bahwa model mampu meminimalkan kesalahan dalam mengidentifikasi mata normal sebagai katarak. Sementara itu, nilai **recall** sebesar **0.94** pada kelas katarak menandakan bahwa sebagian besar citra katarak berhasil dikenali dengan benar oleh model. Pada kelas normal, model mencapai **recall 1.00** dan **precision 0.95**, yang mengindikasikan kemampuan tinggi dalam mendeteksi mata normal tanpa kesalahan prediksi yang signifikan. Nilai **F1-score 0.97** pada kedua kelas memperlihatkan keseimbangan optimal antara precision dan recall, sehingga model CNN yang digunakan dapat dikategorikan **stabil dan andal** untuk tugas klasifikasi katarak berbasis citra mata.

Tabel 3. Evaluasi Klasifikasi Model CNN

Kelas	Precision	Recall	F1-score
Katarak	1.00	0.94	0.97
Normal	0.95	1.00	0.97
Akurasi	0.97		

Proses pelatihan model CNN selama 25 epoch menunjukkan tren konvergensi yang baik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Akurasi data latih meningkat stabil dari 0,80 hingga 0,97, sedangkan akurasi validasi naik signifikan dari 0,75 menjadi 0,95 pada epoch ke-5, kemudian sedikit berfluktuasi namun tetap berada di atas 0,90 hingga akhir pelatihan. Nilai loss pada data latih turun konsisten dari 0,40 menjadi 0,07, sedangkan loss validasi turun dari 0,60 menjadi 0,10 pada epoch ke-5, sebelum kembali sedikit meningkat di epoch akhir. Hal ini mengindikasikan adanya overfitting ringan setelah epoch ke-6, namun secara keseluruhan model tetap stabil dengan akurasi validasi akhir sebesar **97,12%** dan loss validasi sebesar **0,0812**.

**Gambar 7. Grafik Training/Validation Accuracy-Loss****Gambar 8. Hasil Confusion Matrix**

Hasil confusion matrix pada Gambar 8 menunjukkan bahwa dari 104 data validasi, seluruh **52 citra normal** berhasil diklasifikasikan dengan benar (100%), sedangkan dari **52 citra katarak**, sebanyak 49 terdeteksi benar dan 3 salah terklasifikasi sebagai normal. Kesalahan klasifikasi ini kemungkinan besar terjadi pada citra katarak imatur dengan karakteristik visual yang mirip mata normal, sehingga sulit dikenali oleh model.

Akurasi sebesar 97% yang diperoleh dalam penelitian ini relatif lebih rendah dibandingkan hasil Firdaus [4] sebesar 99,74%, namun lebih tinggi dibandingkan penelitian Apriliansyah [1] sebesar 93% dan Khardawi [5] sebesar 87%. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh variasi dataset, jumlah epoch pelatihan, serta kompleksitas arsitektur CNN yang digunakan. Penelitian Firdaus [4], misalnya, menggunakan dataset yang lebih besar dengan epoch pelatihan penuh, sedangkan penelitian ini menekankan pada integrasi sistem berbasis website dengan prediksi real-time. Oleh karena itu, arsitektur CNN yang digunakan sengaja dibuat lebih sederhana untuk mengurangi beban komputasi dan meningkatkan efisiensi sistem, tanpa mengorbankan performa secara signifikan.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi katarak berbasis website dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) yang mampu mengklasifikasikan citra mata ke dalam kategori normal dan katarak secara otomatis dengan akurasi mencapai 97%. Sistem ini diimplementasikan menggunakan backend Flask, model CNN di Google Colab, serta integrasi melalui REST API, dan telah diuji secara fungsional serta valid dalam membantu proses skrining awal di Rumah Sakit Mata Pasuruan. Berdasarkan hasil yang diperoleh, sistem ini berpotensi menjadi solusi diagnostik awal berbasis teknologi, terutama di wilayah yang mengalami keterbatasan tenaga medis spesialis mata. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar sistem dikembangkan dengan menambahkan kemampuan klasifikasi multikategori, integrasi dengan sistem rekam medis elektronik (EMR), penerapan transfer learning dengan arsitektur CNN yang lebih kompleks, serta pengujian lebih lanjut dengan cakupan data dan lokasi yang lebih luas guna mendukung implementasi skala nasional.

Refrensi

- Apriliansyah, R. (2024). Pengembangan Aplikasi Eye Care untuk Deteksi Katarak Menggunakan CNN Berbasis Mobile . *Jurnal Informatika dan Kesehatan Digital*, 3(1), 22–29.
- Basit, Z. N. (2024). Cataract disease detection based on small fundus images dataset using CNNs. *Proceedings of the 2024 2nd International Conference on Computer Graphics and Image Processing (CGIP)* , 113–117. .
- Bu'ulölö, Y. A. (2021). Klasifikasi Citra Mata Normal dan Katarak Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dengan Optimizer Adam. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(4), 645–651. .
- Chandra, S. D. (2024). Klasifikasi Malware Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Website. *Jurnal Penelitian Teknologi Informasi Dan Sains*, 2(2), 84–99 .
- Firdaus, H. I. (2022). Klasifikasi Penyakit Katarak pada Mata Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Web. *Jurnal Kecerdasan Buatan dan Teknologi Informasi (JKBTI)*, 1(3), 144–150.
- Khardawi, A. S. (2024). Deteksi Dini Penyakit Katarak Menggunakan CNN dengan Dataset Kaggle. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 8(1), 33–40.
- Krisnawan, A. &. (2024). Paparan Sinar Ultraviolet dan Hubungannya dengan Insidensi Katarak pada Pekerja Lapangan. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 18(2), 102–110.
- Prasetyo, A. R. (2023). Analisis Perbandingan Algoritma Support Vector Machine (SVM) dan Convolutional Neural Network (CNN) untuk Sistem Deteksi Katarak. *JURITEK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer*, 3(1), 1–10.
- Qudsi, M. A. (2021). Pengenalan tulisan tangan menggunakan metode klasifikasi. *Jurnal Informatika dan Komputer Indonesia*, 6(2), 47–52.
- Rahmadwati, N. S. (2024). Faktor Risiko Katarak pada Lansia di Indonesia: Tinjauan Epidemiologi dan Klinis. *Jurnal Oftalmologi Nusantara*, 12(1), 25–34.
- Ramadhani, R. &. (2023). Sistem deteksi katarak berbasis desktop dan web menggunakan algoritma CNN. *Jurnal Rekayasa Sistem Komputer*, 8(2), 112–120.
- Ria, F. A. (2022). Deteksi penyakit kulit menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 10(1), 60–66.
- Syahrani, M. A. (2024). Klasifikasi Buah Segar dan Busuk Menggunakan Algoritma Convolutional

- Neural Network (CNN). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, Vol. 8, No. 5, 10823–10827.
- Wau, K. (2022). Pengembangan sistem informasi persediaan gudang berbasis website dengan metode waterfall. *Jurnal Teknik, Komputer, Agroteknologi dan Sains (Marostek)*, 1(1), 10–23 .
- Wiranda, A. &. (2024). Aplikasi Mobile Deteksi Katarak Otomatis Berbasis CNN dan TensorFlow. *Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 6(2), 71–79.
- Yesua, S. &. (2024). Klasifikasi Penyakit Mata pada Citra Fundus Menggunakan VGG-16. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 11(4), 463–47 .