

SENASTIKA Universitas Malikussaleh

DETEKSI DINI PENYAKIT KATARAK PADA MATA MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

Muhammad Khardawi^{*1}, Aridho Pangestu², Fajar Satria³, Muhammad Naufal Hadi⁴, Munirul Ula⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Informatika, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh

Email: ¹muhammad.210170255@mhs.unimal.ac.id, ²aridho.210170266@mhs.unimal.ac.id,
³fajar.210170260@mhs.unimal.ac.id, ⁴muhammad.210170264@mhs.unimal.ac.id, ⁵munirulula@unimal.ac.id

Abstrak

Mata adalah organ vital dalam manusia yang berfungsi sebagai organ penglihatan. Satu hal yang sangat penting untuk dipertimbangkan adalah masalah kebutaan. Katarak memiliki dampak signifikan terhadap kualitas hidup penderita dan dapat berkontribusi pada peningkatan kemiskinan di Indonesia. Menurut data dari World Health Organization Dunia (WHO), katarak menyumbang sekitar 48% kasus kebutaan global dengan prevalensi tinggi di Indonesia. Karena mata normal sulit dikenali dari mata penderita katarak, penderita sering kali tidak mengenali adanya katarak. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengidentifikasi katarak yang baru saja terjadi gangguan penglihatan. Dengan kemajuan teknologi, bukti dan klasifikasi katarak yang dapat dikenali menjadi lebih mudah berkat persiapan gambar yang canggih. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode convolutional neural network (CNN) untuk membuat aplikasi yang menginstruksikan machine learning dalam membedakan mata normal dan mata katarak. Dataset yang digunakan merupakan gambar dari kaggle dengan dua citra digital yaitu mata normal dan mata katarak. Pekerjaan pembelajaran mesin epoch 1, epoch 10, dan epoch 30. epoch 1 menghasilkan hasil dengan ketepatan akurasi sebesar 52%, epoch 10 menghasilkan hasil dengan akurasi 84% dan epoch 30 menghasilkan presisi tertinggi sebesar 87%. Munculnya pengujian visual menggunakan strategi CNN bisa sangat efektif dalam memprediksi mata katarak.

Kata kunci : Citra Digital, Convolutional Neural Network (CNN), Katarak, Klasifikasi, Machine Learning.

Abstract

The eye is a vital organ in humans, serving as the organ of vision. One crucial issue to consider is blindness. Cataracts have a significant impact on the quality of life for sufferers and can contribute to increasing poverty in Indonesia. According to data from the World Health Organization (WHO), cataracts account for around 48% of global blindness cases, with a high prevalence in Indonesia. Since normal eyes are difficult to distinguish from cataract-affected eyes, patients often do not realize they have cataracts. Therefore, it is essential to identify cataracts as soon as vision impairment begins. With advances in technology, evidence and classification of cataracts have become easier to recognize thanks to sophisticated image preparation. In this research, the author uses the Convolutional Neural Network (CNN) method to develop an application that instructs machine learning to differentiate between normal eyes and cataract-affected eyes. The dataset used consists of images from Kaggle, featuring two digital image categories: normal eyes and cataract-affected eyes. The machine learning process was performed at epoch 1, epoch 10, and epoch 30. Epoch 1 resulted in an accuracy of 52%, epoch 10 achieved 84%, and epoch 30 produced the highest precision at 87%. Visual testing using the CNN method proves to be highly effective in predicting cataracts.

Keywords : Digital Image, Convolutional Neural Network (CNN), Cataract, Classification, Machine Learning.

1. PENDAHULUAN

Mata merupakan organ vital pada manusia yang berperan dalam fungsi penglihatan. Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan adalah risiko kebutaan. Katarak menjadi penyebab utama kebutaan di Indonesia, yang berdampak signifikan terhadap kualitas hidup masyarakat. Berdasarkan data dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), katarak menjadi faktor dominan penyebab kebutaan global, dengan sekitar 48% kasus terjadi di Indonesia. Kondisi ini turut berkontribusi terhadap kemiskinan di negara tersebut. [1]. Katarak atau kekeruhan pada lensa mata adalah salah satu penyebab kebutaan yang paling umum di Indonesia dan dunia. Diperkirakan, insiden katarak mencapai 0,1% per tahun, atau sekitar 1 dari 1.000 orang baru mengalami katarak setiap tahunnya. Penduduk Indonesia cenderung menderita katarak sekitar lima belas tahun lebih awal dibandingkan dengan penduduk di daerah subtropis. Sekitar 16-22% dari pasien katarak di Indonesia menjalani operasi sebelum mencapai usia lima puluh lima tahun. [2]. Katarak dapat menyebabkan denaturasi protein atau kombinasi keduanya, sekitar 90% kasus dikaitkan dengan usia, alasan lain adalah bawaan dan traumatis [3]. Seiring

bertambahnya usia, lensa mata mengalami kerusakan akibat paparan terus-menerus terhadap faktor eksternal, yang menyebabkan peningkatan radikal bebas. Radikal bebas ini bereaksi dengan lipid dan protein pada membran sel lensa, memicu ikatan lipid dan protein, penggumpalan protein, serta peningkatan jumlah protein yang tidak larut dalam air. Hal ini mengakibatkan penurunan kejernihan lensa dan memicu terbentuknya katarak. Kerusakan ini dapat disebabkan oleh hidrasi berlebihan pada lensa, denaturasi protein lensa, serta gangguan pada metabolisme normal lensa yang biasanya terjadi seiring bertambahnya usia. [4].

Salah satu metode data mining adalah klasifikasi, yang memungkinkan pengelompokan data. Beberapa peneliti pernah melakukan penelitian tentang klasifikasi penyakit mata. Penelitian pertama, Penelitian oleh Rizka Nurlizah dan kawan-kawan yang berjudul Klasifikasi Penyakit Katarak Pada Mata Manusia Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. Penelitian ini berfokus pada pembagian jenis mata katarak untuk menentukan apakah mata pasien memiliki penyakit katarak atau tidak, sehingga dokter dapat menangani pasien dengan cepat. Pengolahan gambar akan dilakukan dalam format JPG/JPEG yang lebih umum, dan metode CNN (Convolutional Neural Network) digunakan di sini [5].

Penelitian kedua yang dilakukan oleh Anita Sindar dan rekan-rekannya, berjudul Diagnosa Penyakit Mata Berdasarkan Citra Ocular Disease Intelligent Recognition (ODIR) dengan Gabor Filter Klasifikasi Levenberg-Marquardt, berfokus pada diagnosis penyakit retina berdasarkan penglihatan manusia. Studi ini menggunakan data latih dari database ODIR untuk menganalisis struktur visual retina. [6].

Penelitian ketiga yang dilakukan oleh Ayu Evilia Suwanda dan tim, dengan judul Klasifikasi Penyakit Mata Berdasarkan Citra Fundus Retina Menggunakan Dimensi Fraktal Box Counting dan Fuzzy K-Means, bertujuan untuk mengevaluasi apakah metode penghitungan dimensi fraktal pada citra fundus retina dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit mata melalui klasifikasi fuzzy k-means. Dari hasil penelitian ini, diperoleh akurasi sebesar 76%, sehingga disimpulkan bahwa teknik dimensi fraktal box counting pada citra fundus retina dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi jenis penyakit mata [7].

Penggerak mekanis memudahkan dalam membedakan dan mengklasifikasikan katarak melalui penanganan gambar tingkat lanjut. Dalam tahap terakhir ini, pencipta menggunakan proses Jaringan neural konvolusi berbasis web untuk membentuk aplikasi pembelajaran mesin yang dapat memisahkan mata penderita katarak dari mata normal. Informasi tersebut berasal dari lokasi ilmu informasi bernama Kaggle. Dataset yang digunakan berasal dari gambar lanjutan yang berisi dua peningkatan pembelajaran, yaitu kursus katarak dan pembelajaran biasa. Hasil terakhir yang diantisipasi adalah model yang dibuat mampu membedakan mata tipikal dan mata katarak.

2. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dini penyakit katarak pada mata dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) berbasis pengolahan citra dan *machine learning*. Penelitian ini diharapkan dapat membangun model prediktif yang mampu membedakan mata normal dari mata yang mengalami katarak dengan akurasi yang tinggi. Dengan demikian, model ini dapat membantu mempercepat diagnosis katarak sehingga intervensi medis dapat dilakukan lebih awal dan mengurangi risiko kebutaan di Indonesia.

3. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan ini akan membantu menempatkan penelitian ini dalam konteks yang tepat, memastikan pendekatan yang diambil berdasarkan metodologi yang terbukti, serta memperkuat argumen tentang efektivitas CNN dalam mendeteksi katarak secara otomatis dan dini.

3.1 Katarak

Katarak adalah kondisi di mana lensa mata menjadi keruh sebagian atau seluruhnya, sehingga cahaya sulit menembusnya dan menyebabkan penglihatan tampak kabur, seolah-olah tertutup kabut. Pada mata yang sehat, lensa tetap jernih tanpa ada tanda-tanda kekeruhan. Ada berbagai jenis katarak, namun penelitian ini berfokus pada katarak senilis, yang terjadi pada orang lanjut usia. Katarak yang muncul pada orang tua disebut sebagai katarak senilis [8]. Kekeruhan pada lensa mata merupakan gejala utama katarak, yang umumnya terjadi pada individu di atas usia 50 tahun. Namun, kondisi ini juga bisa muncul akibat kelainan bawaan atau penyakit mata kronis. Katarak dapat dipicu oleh berbagai penyakit mata, seperti glaukoma, uveitis, ablasi, dan retinitis pigmentosa, serta dapat berhubungan dengan masalah intraokular lainnya. Meskipun katarak paling sering dikaitkan dengan penuaan, kondisi ini juga bisa terjadi pada orang yang lebih muda, termasuk mereka yang berusia di bawah lima puluh tahun. Katarak bisa berkembang di salah satu atau kedua mata, dan dalam satu mata dapat terdapat lebih dari satu jenis katarak [9].

3.2 Deep Learning Deep

Salah satu komponen kecerdasan buatan yang pertama kali terinspirasi oleh struktur otak manusia adalah deep learning. Teknologi ini memungkinkan komputer untuk "belajar" dari data dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Deep learning memiliki kemampuan luar biasa dalam mengenali dan mengidentifikasi berbagai jenis data,

seperti teks, gambar, dan video, dengan presisi yang sangat tinggi [10]. Model deep learning mampu mempelajari pola komputasinya sendiri dengan cara kerja yang menyerupai otak manusia. Deep learning dirancang untuk menganalisis data seperti bagaimana otak manusia bekerja ketika membuat keputusan. Teknologi ini menggunakan algoritma artificial neural network (ANN), yang terinspirasi oleh jaringan saraf biologis di otak manusia [11].

3.3 Convolutional Neural Network (CNN)

CNN merupakan pengembangan dari Multilayer Perceptron (MLP) yang dirancang khusus untuk menangani data dalam bentuk dua dimensi. Karena memiliki lapisan jaringan yang dalam, CNN dikategorikan sebagai bagian dari Deep Neural Network dan sering digunakan untuk pemrosesan data citra. CNN pertama kali dikembangkan oleh Kunihiko Fukushima, seorang peneliti dari Laboratorium Penelitian Sains Broadcasting NHK di Kinuta, Setagaya, Tokyo, Jepang, dengan nama NeoCognitron [12]. Convolutional Neural Network (CNN) adalah metode deep learning yang mampu melakukan proses pembelajaran mandiri untuk pengenalan objek. Teknik ini dapat melakukan ekstraksi dan klasifikasi objek, serta diterapkan pada gambar dengan resolusi tinggi untuk menghasilkan model distribusi nonparametrik [13]. Pada dasarnya, CNN menggunakan metode konvolusi dengan cara menggeser filter (saluran) berukuran tertentu pada sebuah gambar. Dari proses ini, komputer dapat memperoleh informasi penting dengan memanfaatkan hasil pemrosesan dari bagian gambar yang dilewati filter. CNN merupakan arsitektur jaringan saraf tiruan yang sangat efisien untuk menangani tugas-tugas yang melibatkan data gambar dan video. Dengan memanfaatkan lapisan konvolusi untuk mengekstrak fitur lokal serta lapisan yang mengurangi dimensi data, CNN mampu mempelajari representasi fitur yang sangat kompleks dan melakukan klasifikasi dengan tingkat akurasi yang tinggi.

3.4 Citra Digital

Istilah lain untuk menyebut gambar sebagai elemen multimedia yang krusial dalam menyampaikan informasi visual adalah citra. Gambar yang kaya akan informasi memiliki karakteristik unik yang tidak dimiliki oleh data teks. Secara harfiah, gambar, atau visual, adalah representasi dua dimensi. Dari sudut pandang matematis, gambar dapat dipahami sebagai fungsi kontinu dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Ketika objek terkena cahaya dari sumber, sebagian dari cahaya tersebut dipantulkan kembali oleh objek [14].

4. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model yang dapat mengklasifikasikan katarak pada mata dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). Untuk mencapai tujuan tersebut, sejumlah langkah strategis telah dilakukan, antara lain :

4.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah citra mata yang diperoleh dari berbagai sumber, dataset yang tersedia untuk umum. Dataset ini berisi gambar mata yang diklasifikasikan menjadi beberapa kategori, seperti mata normal dan mata katarak. Setiap gambar dilabeli sesuai dengan kondisi mata untuk memudahkan proses pelatihan model. Data dipakai untuk melatih di dapatkan di web. Ada 2112 gambar yang terdiri dari mata normal dan mata katarak. Contoh masing-masing jenis mata ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mata Normal dan Mata Katarak Pada Manusia

4.2 Data Preprocessing

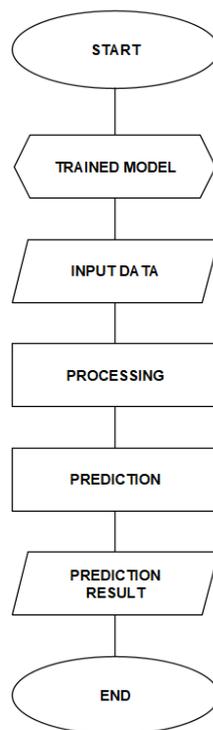
Tahap persiapan data, atau preprocessing data, adalah proses mengolah data awal agar siap digunakan pada model klasifikasi [15]. Sebelum digunakan, dilakukan pra-pemrosesan data. Preprocessing data digunakan dalam pembelajaran mesin untuk memastikan bahwa data yang digunakan berkualitas baik, yang kemudian dapat digunakan dalam tampilan pembelajaran mesin yang akan dibangun. dataset yang digunakan dibagi dua bagian, yaitu latih dan tes. Oleh karena itu, pengorganisasian pra-pemrosesan informasi utama dilakukan untuk menormalkan penentuan gambar-gambar yang digunakan, atau mengubah perkiraannya, sehingga demonstrasi

yang dibangun dapat dibuat secara akurat. Gambar yang diambil tentang katarak dan mata biasa adalah gambar dengan ukuran berbeda-beda lalu dipotong agar ringan. Ukuran penyajian ubah jadi 150 x 150 piksel.

4.3 Pelatihan Model

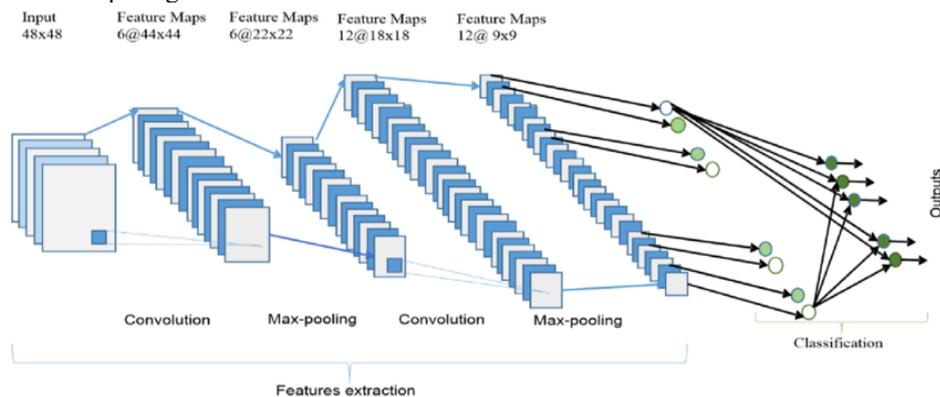
Proses pelatihan dilakukan dengan menggunakan *dataset* yang telah diproses terlebih dahulu untuk meningkatkan performa model. Data kemudian dipecah menjadi set latihan dan set tes dengan proporsi tertentu, misalnya 80% untuk pelatihan dan 20% untuk tes, guna mengevaluasi performa model. Model dilatih menggunakan algoritma optimasi Adam, dengan parameter *learning rate* yang telah ditentukan, untuk mengontrol seberapa besar langkah pembaruan bobot selama pelatihan.

Fungsi *loss* yang digunakan adalah *sparse categorical crossentropy*, yang sesuai untuk tugas klasifikasi multikelas dengan label integer. Setelah menjalankan proses pelatihan selama sejumlah epoch dan memantau metrik kinerja seperti akurasi, diperoleh model jaringan saraf tiruan yang layak digunakan untuk melakukan prediksi pada data baru. Tahapan-tahapan ini secara umum mencakup menyiapkan model latih, memasukkan data latih, memproses data, memprediksi data dan menghasilkan data prediksi yang dapat dijelaskan melalui diagram alur sistem pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Alur Sistem

Langkah utama adalah pemrosesan awal data. Dalam hal ini, ubah ukuran gambar kumpulan data menjadi 150 x 150 piksel. Data tersebut pisah menjadi dua, yaitu latih dan tes, dengan perbandingan 80:20. Pada bagian pelatihan dan tes terdapat 1038 gambar mata katarak, dan pada bagian latihan dan tes terdapat 1074 gambar mata normal. Selanjutnya informasi persiapan yang terkumpul disusun menggunakan tayangan CNN dalam beberapa tahap, seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Layer Model CNN

Sebelum model dapat melakukan klasifikasi, penyiapan informasi harus melalui beberapa lapisan, seperti terlihat pada gambar 3. Pada pengorganisasian pertama, penyiapan informasi ditangani melalui lapisan *convolution*, lapisan *pooling*, dan lapisan *flatten* untuk dibuat.

Tabel 1. Lapisan Model CNN dengan Keras Sequential

Layer (type)	Output Shape	Param #
inception_v3 (Functional)	(None, 3, 3, 2048)	21,802,784
conv2d_91 (Conv2D)	(None, 1, 1, 32)	589,856
max_pooling2d_4 (MaxPooling2D)	(None, 1, 1, 32)	0
dropout (Dropout)	(None, 1, 1, 32)	0
batch_normalization_94 (BatchNormalization)	(None, 1, 1, 32)	128
max_pooling2d	(None, 1, 1, 32)	0
dropout_1 (Dropout)	(None, 1, 1, 32)	0
flatten (Flatten)	(None, 32)	0
dense (Dense)	(None, 2)	66

Rumus evaluasi :

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$Precision = \frac{TP + TN}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP + TN}{TP + FN} \quad (1)$$

$$F1 - score = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

Keterangan :

TP = jumlah kasus di mana model berhasil mendeteksi dengan benar sesuatu yang positif

TN = jumlah kasus di mana model berhasil mendeteksi dengan benar sesuatu yang negatif

FN = jumlah kasus di mana model salah mendeteksi positif ketika seharusnya negatif

Accuracy = Mengukur seberapa sering model membuat prediksi yang benar, baik untuk kasus positif maupun negatif. menunjukkan proporsi dari total prediksi yang benar.

Precision = Mengukur berapa banyak dari prediksi positif yang benar-benar positif. berarti model jarang salah dalam memprediksi positif.

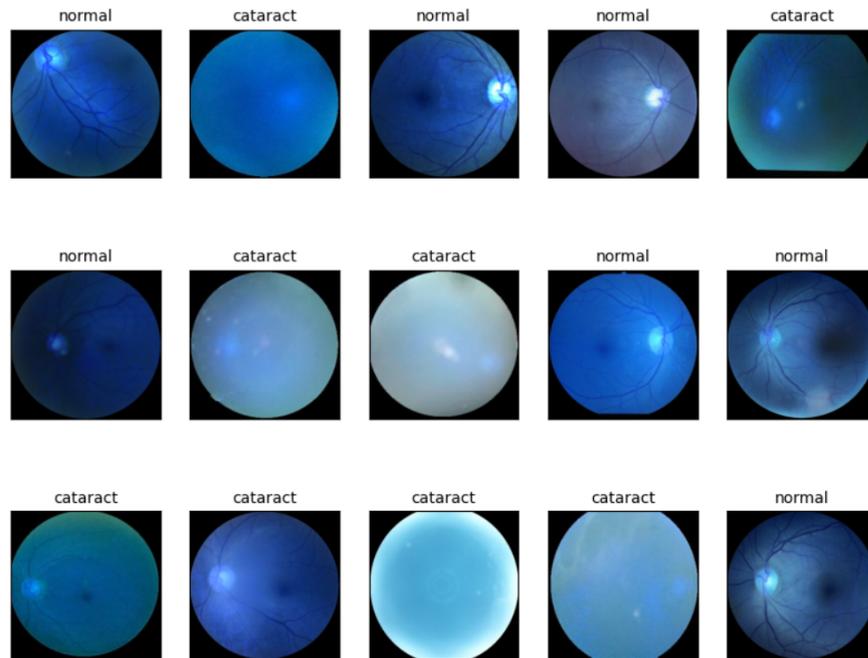
Recall = Mengukur seberapa banyak dari kasus positif yang sebenarnya berhasil dideteksi oleh model. Recall menunjukkan sensitivitas model terhadap kasus positif. Semakin tinggi recall, semakin sedikit kasus positif yang terlewat oleh model.

F1-score = Merupakan rata-rata harmonik antara presisi dan recall. berguna saat ada ketidakseimbangan antar data positif dan negatif, karena ini memberikan keseimbangan antara presisi dan recall. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan kinerja model yang lebih baik dalam hal mendeteksi kelas positif tanpa terlalu banyak kesalahan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

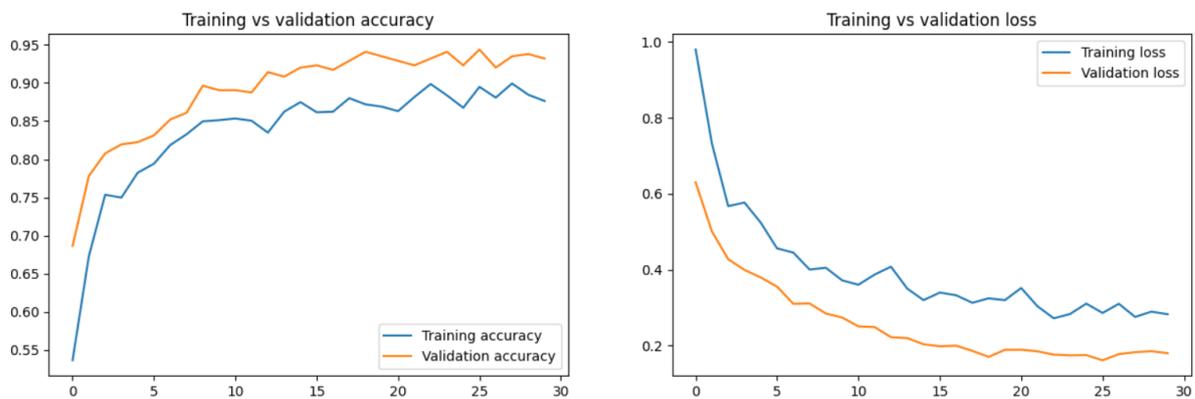
Penggunaan citra retina dalam diagnosis katarak merupakan salah satu contoh dari aplikasi teknologi ini. Dengan bantuan algoritma yang canggih dan teknik pengolahan citra seperti yang digunakan dalam Convolutional Neural Network (CNN), sistem otomatis dapat dilatih untuk mengenali tanda-tanda katarak pada gambar retina. Mata yang terkena katarak akan menunjukkan area keruh pada lensa, yang biasanya terlihat sebagai lingkaran berwarna putih atau abu-abu di tengah gambar. Intensitas cahaya yang memasuki retina dapat terlihat lebih redup atau menyebar. Dengan melihat warna dan kejelasan lensa di tengah gambar, kita bisa membedakan antara mata

yang normal dan yang terkena katarak. Pada citra yang normal, area tengah tampak lebih jernih dan pada citra yang terkena katarak menunjukkan area tengah terlihat keruh atau buram.



Gambar 4 Hasil CNN Dataset Mata Normal dan Katarak

Gambar di atas menampilkan 15 sampel citra retina yang dipilih secara acak, dengan label normal atau cataract di bagian atas setiap gambar. Citra tersebut diperoleh dari dataset, di mana masing-masing gambar menunjukkan kondisi retina, baik normal maupun yang terkena katarak. Citra retina dihasilkan menggunakan fungsi OpenCV (cv2.imread) untuk membaca gambar dari filepaths, dan setiap gambar diberikan label sesuai kategori yang telah ditentukan dalam dataset.



Gambar 5 Perbandingan Antara Accuracy dan Loss dari Data Training dan Data Validasi

Grafik di sebelah kiri menunjukkan *accuracy* (akurasi) model selama proses training dan validasi. Awalnya, baik *training accuracy* maupun *validation accuracy* meningkat seiring bertambahnya epoch, dengan *validation accuracy* mencapai nilai yang lebih tinggi dan lebih stabil di sekitar epoch ke-20.

Grafik di sebelah kanan menunjukkan *loss* (nilai kesalahan) model selama training dan validasi. Kedua grafik *loss* terus menurun, menunjukkan bahwa model semakin baik dalam memprediksi data. Namun, *validation loss* memiliki nilai yang lebih rendah dan menurun lebih cepat daripada *training loss*, yang menandakan generalisasi model yang baik terhadap data validasi.

Dalam penelitian ini, model dibangun dengan epoch 30 dan ukuran batch 32. Setelah itu, perhitungan kerugian kerja dan nilai ketepatan digunakan untuk menentukan apakah ekspektasi yang terjadi baik atau buruk. Untuk perbandingan dapat di lihat pada Gambar 6.

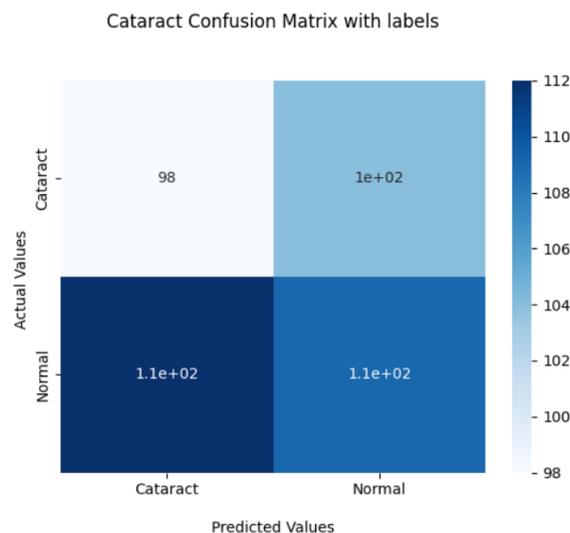
Tabel 2 Hasil klasifikasi

	Precision	Recall	F1-score	Support
Cataract	0.46667	0.48515	0.48515	202
Normal	0.51174	0.49321	0.50230	221
Accuracy			0.48936	423
macro avg	0.48920	0.48918	0.48902	423
weighted avg	0.49021	0.48936	0.48961	423

Confusion Matrix nya adalah : $\begin{bmatrix} 98 & 104 \\ 112 & 109 \end{bmatrix}$

Sesuai dengan tabel 2, maka nilai presisi yang dihasilkan untuk cataract sebesar 46,67%, nilai recall cataract sebesar 48,52%, nilai f1-score cataract sebesar 0,47573 dan nilai support cataract sebesar 202 sampel yang digunakan. Dengan demikian, model ini mempunyai kemampuan untuk mengidentifikasi katarak.

Dari 202 sampel pada baris pertama yang sebenarnya cataract, 98 diprediksi benar sebagai cataract, dan 104 salah diprediksi sebagai normal. Dari 221 pada baris kedua sampel yang sebenarnya normal, 109 diprediksi benar sebagai normal, dan 112 salah diprediksi sebagai cataract.



Gambar 6 Nilai Prediksi Katarak Confusion Matrix dan Label

Untuk menghitung evaluasi kinerja model yang dibangun, langkah selanjutnya adalah menghitung matriks konfusi. Dapat melihat pada Gambar 6.

5. DISKUSI

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya tidak mencantumkan penjelasan mengenai gejala serta penyebab terjadinya katarak, yang merupakan informasi penting dalam memahami latar belakang patologi katarak. Selain itu, hasil deteksi yang diperoleh hanya bersifat umum tanpa pemisahan rinci berdasarkan jenis katarak, seperti katarak senilis, traumatik, juvenil, maupun subkapsularis posterior, yang seharusnya dapat memperkaya analisis deteksi. Terakhir, penelitian ini belum dilengkapi dengan uji kredibilitas sistem untuk memastikan validitas dan reabilitas deteksi dalam berbagai skenario, yang penting untuk meningkatkan keandalan model secara keseluruhan.

6. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan terhadap klasifikasi katarak menggunakan metodologi Convolutional Neural Network (CNN) telah menghasilkan performa yang dapat diukur. Berdasarkan hasil klasifikasi, penelitian ini mampu membedakan antara mata yang terkena katarak dan mata normal. Prediksi menunjukkan bahwa akurasi

model mencapai 48.94%, dengan nilai precision sebesar 46.67% untuk kelas katarak dan 51.17% untuk kelas normal. Nilai recall yang dicapai adalah 48.52% untuk katarak dan 49.32% untuk normal, sementara nilai F1-score masing-masing adalah 47.57% untuk katarak dan 50.23% untuk normal.

Selain itu, seperti yang ditunjukkan oleh grafik perubahan presisi (precision) dan kerugian (loss) pada setiap epoch, pengaturan penanganan model dilakukan dengan baik, meskipun ada beberapa potensi peningkatan terutama dalam generalisasi model. Akurasi selama proses pelatihan dan validasi menunjukkan bahwa meskipun ada peningkatan performa selama proses pelatihan, hasil pada data validasi menunjukkan adanya ketidakseimbangan yang perlu diperhatikan untuk mencapai performa yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Kecerdasan, T. Informasi, D. H. Firdaus, B. Imran, L. D. Bakti, and E. Suryadi, "Klasifikasi Penyakit Katarak Pada Mata Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (Cnn) Berbasis Web Web-Based Classification of Cataract in the Eyes Using Convolutional Neural Network (Cnn) Method," *J. Kecerdasan Buatan dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 3, pp. 18–26, 2022.
- [2] A. U. Detty, I. Artini, and V. R. Yulian, "Karakteristik Faktor Risiko Penderita Katarak," *J. Ilm. Kesehat. Sandi Husada*, vol. 10, no. 1, pp. 12–17, 2021, doi: 10.35816/jiskh.v10i1.494.
- [3] F. Ramadhani, A. Satria, and S. Salamah, "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network dalam Mengidentifikasi Dini Penyakit pada Mata Katarak," *sudo J. Tek. Inform.*, vol. 2, no. 4, pp. 167–175, 2023, doi: 10.56211/sudo.v2i4.408.
- [4] G. A. Wiguna, R. Fardela, and J. B. Selly, "Klasifikasi Tingkat Maturitas Katarak Berbasis Citra Digital Berdasarkan Jangkauan (Range) Nilai Histogram," *J. Saintek Lahan Kering*, vol. 2, no. 2, pp. 54–57, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.32938/slk.v2i2.869>
- [5] E. Ayuningrum, A. E. Minarno, and G. W. Wicaksono, "Klasifikasi Penyakit Katarak Pada Mata Manusia Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *J. Repos.*, vol. 4, no. 4, pp. 491–496, 2024, doi: 10.22219/repositor.v4i4.32285.
- [6] A. S. Sinaga, F. Ginting, and S.- Ramen, "Diagnosa Penyakit Mata Berdasarkan Citra Ocular Disease Intelligent Recognition (ODIR) Dengan Gabor Filter Klasifikasi Levenberg-Marquardt," *J. SAINTIKOM (Jurnal Sains Manaj. Inform. dan Komputer)*, vol. 22, no. 2, p. 432, 2023, doi: 10.53513/jis.v22i2.8787.
- [7] D. Juniati and A. E. Suwanda, "Klasifikasi Penyakit Mata Berdasarkan Citra Fundus Retina Menggunakan Dimensi Fraktal Box Counting Dan Fuzzy K-Means," *Prox. J. Penelit. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 5, no. 1, pp. 10–18, 2022, doi: 10.30605/proximal.v5i1.1623.
- [8] K. Representasi and M. Siswa, "3 1,2,3," vol. 7, no. 2, pp. 5054–5061, 2018.
- [9] R. Z. Ithram, R. D. Atmaja, and I. Widjayanto, "Deteksi Dan Klasifikasi Stadium Katarak Senilis Berdasarkan Citra Mata Menggunakan Metode Support Vector Machine (Svm) Vector Machine (Svm)," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 2023–2030, 2018.
- [10] Royan Hisyam Rafliansyah, Basuki Rahmat, and Chrystia Aji Putra, "Klasifikasi Suara Instrumen Musik Tiup Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *Merkurius J. Ris. Sist. Inf. dan Tek. Inform.*, vol. 2, no. 4, pp. 01–09, 2024, doi: 10.61132/mercurius.v2i4.119.
- [11] A. Peryanto, A. Yudhana, and R. Umar, "Rancang Bangun Klasifikasi Citra Dengan Teknologi Deep Learning Berbasis Metode Convolutional Neural Network," *Format J. Ilm. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 2, p. 138, 2020, doi: 10.22441/format.2019.v8.i2.007.
- [12] Verdy and Ery Hartati, "Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan Convolutional Neural Network Model Resnet-50," *J. Rekayasa Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 1, no. 3, pp. 199–206, 2024, doi: 10.59407/jrsit.v1i3.529.
- [13] K. Wahyuddin, D. Wahiddin, and D. . Kusumaningrum, "Door Security Face Detection System Using Arduino-based Convolutional Neural Network (CNN) Method," *Sci. Student J. Information, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 15–23, 2023.
- [14] I. P. E. Sutariawan, G. R. Dantes, and K. Y. Ernanda Aryanto, "Segmentasi Mata Katarak Pada Citra Medis Menggunakan Metode Operasi Morfologi," *J. Ilmu Komput. Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 23–31, 2019, doi: 10.23887/jik.v3i1.2750.
- [15] Mohammad Haydir Awaludin Waskito, Andreas Nugroho Sihananto, and Achmad Junaidi, "Klasifikasi Penyakit Kronis Melalui Mata Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network Dengan Model

MobileNet-V3,” *Uranus J. Ilm. Tek. Elektro, Sains dan Inform.*, vol. 2, no. 2, pp. 48–60, 2024, doi: 10.61132/uranus.v2i2.120.