Diagnosa Jenis Mata Katarak Menggunakan Convolutional Neural Network

**Jordan Putra Pratama Marpaung1, Andri Daniel Martua Simangunsong2, Saut Dohot Siregar\*3**

1,2,3Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Prima Indonesia, Medan, Indonesia

Email: 1[jordan.putra.marpaung@gmail.com](mailto:jordan.putra.marpaung@gmail.com), 2[andridaniel61@gmail.com](mailto:andridaniel61@gmail.com), 3[sautdohotsiregar@gmail.com](mailto:sautdohotsiregar@gmail.com)

Abstrak

Penelitian ini berfokus pada pengembangan model *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk mendiagnosa jenis katarak mata secara otomatis dan akurat. Data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu 80% untuk pelatihan dan 20% untuk validasi. Model *CNN* dilatih menggunakan teknik augmentasi data untuk meningkatkan kinerja dan generalisasi. Setelah melalui proses pelatihan yang intensif, model menunjukkan kinerja yang sangat baik, dengan akurasi mencapai 98% pada data pelatihan dan 99% pada data validasi. Selain itu, hasil evaluasi menunjukkan bahwa model memiliki *precision, recall,* dan *F1-score* yang sangat tinggi. Untuk kelas mature dilabeli numerik 0 dengan precision adalah 0.99, recall 0.99 dan F1-score 1.00. Untuk kelas immature dilabeli numerik 1 dengan *precision* adalah 1.00, *recall* 0.99 dan *F1-score* 0.99. Hasil ini menegaskan bahwa model memiliki kemampuan kuat dalam mendiagnosa jenis penyakit mata karatak. Keberhasilan model menunjukkan potensinya untuk digunakan sebagai alat bantu diagnosis katarak dalam praktik klinis, memungkinkan deteksi yang lebih cepat dan akurat. Model juga dapat membantu mengurangi beban kerja dokter mata dengan menyediakan diagnosis awal yang dapat diandalkan. Namun, untuk memastikan keandalan dan generalisasi model dalam berbagai situasi klinis, diperlukan uji coba tambahan dengan dataset yang lebih besar dan beragam. Penelitian memberikan landasan penting untuk pengembangan lebih lanjut dalam sistem diagnostik berbasis kecerdasan buatan (AI) yang dapat meningkatkan kualitas perawatan mata dan mempercepat proses diagnosa.

**Kata kunci**: *Covolutional Neural Network, Diagnosa, Mata katarak, Machine learning*

*Diagnosing Cataract Eye Type Using Convolutional Neural Network*

*Abstract*

This research focuses on the development of a Convolutional Neural Network (CNN) model model to automatically and accurately diagnose the type of eye cataract. The data used in this study is divided into two parts, namely 80% for training and 20% for validation. validation. The CNN model was trained using data augmentation techniques to improve performance and generalization. performance and generalization. After going through an intensive training process, the model showed excellent performance, with accuracy reaching 98% on training data and 99% on validation data. validation data. In addition, the evaluation results show that the model has very high precision, recall, and F1-score are very high. For the mature class labeled numerically 0 with precision is 0.99, recall is 0.99 and F1-score is 1.00. For the immature class, it is labeled numerically 1 with precision is 1.00, recall is 0.99 and F1-score is 0.99. These results confirm that the model has a strong ability to diagnose the type of rust eye disease. The success of model demonstrates its potential to be used as a cataract diagnosis aid in clinical clinical practice, enabling faster and more accurate detection. The model can also help to reduce the workload of ophthalmologists by providing an early and reliable early diagnosis. However, to ensure the reliability and generalizability of the model in a wide various clinical situation, additional trials with a larger and more diverse datasets. The research provides an important foundation for further development in artificial intelligence (AI)-based diagnostic systems that can improve the quality of eye. eye care and speed up the diagnosis process.

**Keywords**: *Covolutional Neural network, Cataract eye, Diagnosing, Machine learning*

# PENDAHULUAN

Mata ialah sensorik yang sangat manusia dan berfungsi mengumpulkan kemudian diprosesoleh otak. Mata juga merupakan organ vital yang rentan terhadap berbagai masalahkesehatan yang dapat mempengaruhi penglihatan [1]. Banyak masalah lain yang mungkinbisa terjadi pada kesehatan mata. Salah satunya adalah Katarak.

Kondisi dimana lensa mata menjadi keruh akibat atau materi merupakan Katarak.Hal ini kehilangan [2]. Katarak dapat mengganggu mekanisme pengendalian, yangmengakibatkan atau kombinasi keduanya [3]. Sekitar 90% kasus katarakberkaitan denganusia, sementara sisanya disebabkan oleh faktor bawaan dan trauma [4]. Katarak masihmenjadi penyebab utama gangguan penglihatan dan kebutaan di seluruh dunia, dengansekitar 65,2 juta orang diperkirakan terkena kondisi ini [5] [6]. Menurut WHO, kebutaandidefinisikan sebagai visus <3/60 pada mata terbaik meskipun telah dikoreksi. WHOmemperkirakan sekitar 18 juta orang mengalami kebutaan pada kedua mata akibat katarak[7].

Di Asia Tenggara, terutama di Indonesia, kasus katarak memiliki prevalensi tertinggimencapai 50%, dan kemungkinan akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhanjumlah penduduk dan peningkatan angka harapan hidup [8]. Gangguan mata sepertikatarak dapat mengakibatkan kehilangan penglihatan yang permanen jika tidak didiagnosisdan dirawat pada tahap awal [9]. Katarak yang tidak ditangani dapat mengakibatkangangguan penglihatan serius yang berujung pada kebutaan total. Padabeberapa wilayah diIndonesia, khususnya di daerah pedesaan, terkadang sulit untuk menemukan akses kedokter spesialis mata. Penggunaan teknologi, seperti deep learning, dapat meningkatkanakurasi dan kecepatan dalam diagnosis penyakit mata. Deep learning adalah teknikpembelajaran mesin yang menggunakan jaringan saraf tiruan untuk memproses data besar,memperbaiki kemampuan model dalam mengenali gambar. Feature engineering dalamdeep learning membantu mengekstraksi pola dari data untukmemudahkan diagnosa. Salahsatu algoritma bagian dari deep learning adalah ConvolutionalNeural Network (CNN).

CNN sangat efektif untuk menemukan fitur penting dalam gambar. Namun, modeldeep learning yang kompleks memerlukan waktu pelatihan yang lebih lama, sehinggapenggunaan GPU umum digunakan untuk mempercepat proses ini [10]. CNN dapatmengolah gambar atau data dua dimensi dengan resolusi tinggi [11]. Penerapan CNN untukklasifikasi penyakit telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fanny Ramadhani, dkk [12] untukmengidentifikasi dini penyakit katarak dengan mengimplementasikan Convolutional NeuralNetwork yang mendapatkan akurasi sebesar 92,05% akan tetapi akurasi tersebut belomoptimal sehingga penelitian yang dilakukan akan tetap menggunakan CNN akan tetapidataset yang digunakan dataset yang berbeda dan yang terbaru sehingga bisamembandingkan akurasi mana yang lebih optimal untuk digunakan oleh para medis dalammengklasifikasi mata katarak yang mature (katarak yang tidak parah) dan immature (katarakyang parah), sehingga dapat mendiagnosa secara cepat penyakit mata katarak tersebut laluindividu tersebut dapat melakukan pencegahan dini.

Dengan paparan masalah dan objek yang telah dijelaskan secara terperinci, makadiangkatlah sebuah penelitian dengan judul “**Diagnosa Jenis Mata KatarakMenggunakan Convolutional Neural Network**”. Diharpakan dengan dilakukannyapenelitian tersebut akan memperbaiki efisiensi dan ketepatan diagnosis dalam medis untukmengklasifikasi seorang individu yang menderita penyakit katarak mature (tidak parah) danimmature (katarak yang parah), sehingga dapat membantu para medis.

# METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan Pendekatan eksperimental, dimana mengimplementasikan algoritma CNN dalam mendiagnosa penyakit mata katarak pada individu, sehingga dapat mengkategorikan citra gambar ke masing masing label. Deep Learning digunakan untuk memproses gambar, yang kemudian dijadikan subjek penelitian. Melalui deep learning, gambar akan diolah dan diagnosa menggunakan algoritma CNN untuk menentukan apakah citra subjek yang di dapatkan menujukkan mata katarak immature atau mata katarak mature.

## 2.1. Studi Literatur

1. M.Harahap et al [13] Penelitian yang dilakukan menunjukkan metode CNN dapat mengklasifikasi ulkus diabetik pada penderita diabetes dengan akurasi 99% Meskipun algoritma yang digunakan tetap Convolutional Neural Network (CNN) seperti penelitian sebelumnya, ada inovasi baru dengan berfokus pada klasifikasi dataset mata katarak.
2. Rokhana et al [14] menggunakan CNN untuk mengenali kontur tulang dan mendeteksi kasus patah tulang tertutup. Hasilnya menunjukkan akurasi sebesar 95,3% Meskipun algoritma yang digunakan tetap CNN, ada inovasi dengan memfokuskan pada dataset mata katarak
3. F.A.A Harahap et al [15] mengenai implementasi model CNN pada MobileNetV2 untuk mengklasifikasikan jenis tumor otak Glioma, Pituitary dan Meningioma. Tingkat akurasinya mencapai 86% Meskipun algoritma yang digunakan tetap CNN, penelitian yang akan dilakukan memperkenalkan inovasi dengan berfokus pada dataset mata katarak
4. A.Fritrianto et al [16] menerapkan CNN untuk pengelompokkan citra beef and pig serta memiliki mencapai97,56% Meskipun algoritma yang digunakan tetap CNN, akan tetapi penelitian yang dilakukan tetap sama menggunakan CNN tapi memiliki keterbaruan pada dataset klasifikasi mata katarak
5. Y.Achmad et al [17] mengimplementasikan CNN untuk mengklasifikasi emosi pada wajah dengan mendapatkan rata rata akurasi sebesar 80,7% Meskipun algortima yang digunakan tetap CNN, tetap penelitian tersebut belom mencapai optimal akurasinya sehingga keterbaruan selanjutnya penelitian yang dilakukan akan tetap menggunakan CNN dengan dataset klasifikasi mata katarak.

## 2.2. Prosedur Kerja

Dalam kerangka penelitian yang dilakukan, langkah-langkah diagnosa pengolahan citra gambar mata katarak menggunakan Convolutional Neural Network dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Dataset diunduh dari Kaggle, kemudian disimpan dalam format zip, setelah itu, file zip diekstrak dan dibagi ke dalam folder folder sesuai dengan label katarak mature dan immature. Setelah itu, dua folder tersebut digabungkan dan dipisahkan menjadi 328 data latih dan 82 data validasi.
2. Pemrosesan awal diterapkan pada pelatihan gambar dengan melakukan rotasi, peningkatan kontras, dan pengurangan noise gambar
3. Tahap berikutnya mencakup penginputan gambar untuk diproses, dengan tujuan mendiagnosa individu yang menderita penyakit jenis mata katarak dengan menggunakan CNN.
4. Lapisan dalam model bertindak sebagai pengklasifikasi dengan mengekstraksi fitur dan mengevaluasi probabilitas objek pada data gambar uji untuk mendapatkan hasil akhir dari performa model.
5. Langkah terakhir menggambarkan seberapa akurat model dalam mendiagnosa penyakit mata katarak mature dan immature dengan memvisualisasikan dalam bentuk confusion matriks.

## 2.3. Alat

Ekperimen dilaksanakan di Google Collab untuk membuat aplikasi berbasis Pyhton dan dataset yang diterapkan diambil dari Kaggle.

## 2.4. Dataset

Data gambar yang diambil dari dataset online di kaggle tautannya  <https://www.kaggle.com/datasets/akshayramakrishnan28/cataract classification dataset/> yang berisi 410 gambar mata katarak mature dan immature.



Gambar 1. Dataset Katarak Immature dan Mature

# HASIL DAN PEMBAHASAN

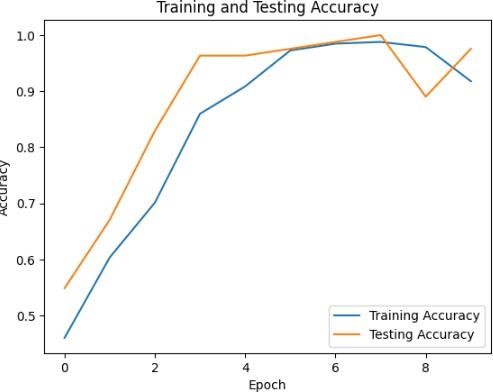
Dalam hal penelitian yang dilakukan memiliki proses yang harus dilalui dalam mendiagnosa jenis mata katarak yang terkena pada pasien mata katarak dengan menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) seperti halnya memperiapkan data, pelatihan gambar dengan melakukan rotasi, mendiagnosa individu yang menderita penyakit jenis mata katarak dengan menggunakan Convolutional Neural Network (CNN), melakukan pengujian dan membahasa algoritma yang digunakan.

## 3.1. Persiapan data

Pada tahap yang dilakukan pada penelitian, tujuannya adalah memberikan gambaran visual mengenai kumpulan data gambar yang digunakan dalam penelitian. Data gambar tersedia secara terbuka sebagai bahan penelitian untuk penelitian yang akan dilakukan dan dapat diakases secara online melalui link [akshayramakrishnan28/cataract-classification- dataset/data. J](https://www.kaggle.com/datasets/akshayramakrishnan28/cataract-classification-dataset/data)ika link tersebut diambil dan di extract maka akan memeiliki sampel gambar mata katarak mature dan immature. Data tersebut terdiri dari 410 gambar file dan memiliki label mata katarak mature dan immature yang digunakan di *train* dan *validation*. Katarak mature adalah pasien yang lensa mata sudah sepenuhnya keruh, sedangkan Katark immature adalah pasien yang lensa matanya hanya sebagian yang keruh.

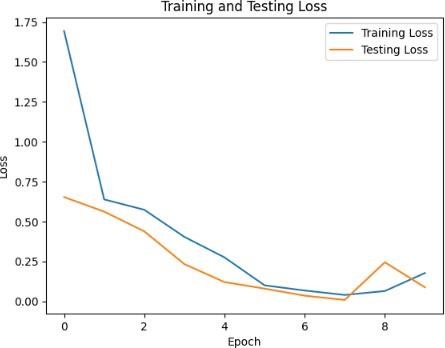
## 3.2. Pengujian

Alat yang diimplementasikan untuk pengujian dalam penelitian adalah Google Colab, platform yang berguna sebagai kode editor untuk melakukan eksperimen *machine learning* dan *data science*. Dataset yang diimplementasikan dalam penelitian diambil dari Kaggle melalui *Application Programming Interface* (API) kaggle yang terhubung ke Google Colab. Lalu data di unduh, data langsung diimplementasikan untuk pengujian dan pelatihan untuk model *Convolutional Neural Network* (CNN). Dalam pengujian model *deep learning*, data memiliki peran yang sangat penting untuk melatih model tersebut. Sebab dari itu data dibagi menjadi 2 yaitu data pelatihan dan data validasi. Data yang akan dibagi menjadi 80% latih dan 20% validasi. Data yang telah dibagi menjadi dua tersebut akan diolah oleh model CNN untuk mendapatkan akurasi yang optimal . Selanjutnya pengujian dimulai dengan melakukan pra-pemrosesan pada gambar yang tersedia. Langkah mencakup penyesuaian ukuran gambar menjadi 64 x 64 piksel, rotasi gambar, dan penghilangan noise untuk meningkatkan ketajaman fokus pada data gambar uji. Semua model yang digunakan dalam penelitian dilatih menggunakan optimasi Adam.



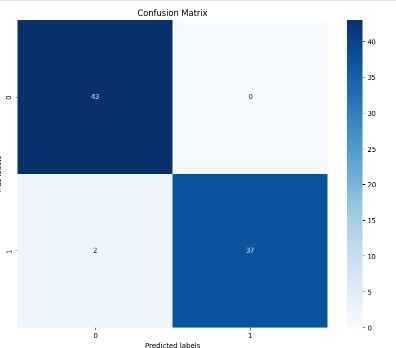
Gambar 2. Grafik Akurasi Training dan Testing

Gambar 3.1 menunjukkan grafik akurasi pelatihan (garis biru) dan pengujian (garis oranye) selama beberapa epoch. Akurasi pelatihan meningkat tajam dan stabil di sekitar epoch ke-5. Akurasi pengujian meningkat dengan pola serupa dengan sedikit fluktuasi. Grafik ini menunjukkan model memiliki kinerja baik dan generalisasi cukup baik, ditunjukkan oleh akurasi pengujian yang hampir sejajar dengan akurasi pelatihan, mengindikasikan minimnya overfitting.



Gambar 3. Grafik Loss Training dan Testing

Gambar 3.2 menampilkan grafik loss untuk data pelatihan dan pengujian selama beberapa epoch. Nilai loss pelatihan, digambarkan oleh garis biru, menurun tajam pada awal pelatihan dan terus menurun seiring bertambahnya epoch, menunjukkan bahwa model semakin baik dalam meminimalkan kesalahan prediksi pada data pelatihan. Sementara itu, nilai loss pengujian, yang ditunjukkan dengan garis oranye, juga menurun pada awalnya namun mengalami sedikit peningkatan pada epoch selanjutnya, yang mungkin menandakan adanya sedikit overfitting. Meskipun demikian, perbedaan antara loss pelatihan dan pengujian tidak terlalu signifikan. Kedua grafik menunjukkan model memiliki kinerja baik dengan akurasi tinggi dan nilai loss rendah pada data pelatihan dan pengujian. Meskipun ada sedikit fluktuasi pada nilai loss pengujian, model masih mampu melakukan generalisasi dengan baik, menunjukkan overfitting yang minimal. Untuk menunjukkan kemampuan model dalam mendiagnosa gambar mata katarak mature dan immature dengan tepat dapat dilihat dari *confusion matriks* berikut ini



Gambar 4. Confusion Matriks

Dapat dilihat dari *confusion matriks* diatas bahwasannya penyabarannya sesuai dengan kategori yang telah ditentukan. Confusion Matrix merupakan tabel evaluasi yang umum digunakan dalam deep learning untuk mengukur performa model. Matriks ini menyajikan informasi mengenai seberapa baik model mampu mengklasifikasikan data ke dalam kategori yang benar. Lalu model mengkategorikan 0 adalah label mature dan 1 adalah immature. Bisa disimpulkan dari *confusion matrix* data validasi 42 yang mature di diagnosa dengan benar dan 37 immature yang didiagnosa dengan benar lalu 2 yang salah diagnosa pada immature dan 0 salah diagnosa pada mature. Selanjutnya akan ditunjukkan seberapa besar akurasi yang diberikan pada model CNN seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 1. Tabel Akurasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Model** | **Training Akurasi** | **Validation Akurasi** |
| CNN | 98% | 99% |

Pada tabel 1 ditunjukkan akurasi yang didapatkan dari model CNN. Model Convolutional Neural Network (CNN) memiliki akurasi pelatihan sebesar 98%, yang berarti model ini mampu mengklasifikasikan 98% data pelatihan dengan benar. Selain itu, model ini juga menunjukkan akurasi validasi sebesar 99%, yang menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan data validasi, atau data yang tidak terlihat selama pelatihan, dengan tingkat keberhasilan 99%. Tingginya akurasi validasi ini menunjukkan bahwa model CNN tidak hanya bekerja dengan baik pada data pelatihan, tetapi juga memiliki kemampuan generalisasi yang kuat untuk data baru, mengindikasikan bahwa model ini tidak mengalami overfitting.

## 3.3. Pembahasan

Berikut adalah matriks evaluasi yang menunjukkan kinerja model dalam klasifikasi gambar katarak mata menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). Matriks ini mencakup akurasi, presisi, recall, F1-Score, dan dukungan (jumlah sampel) untuk setiap kelas. Analisis ini akan memberikan wawasan tentang seberapa baik model CNN dalam mengklasifikasikan gambar mata sebagai katarak atau bukan:

Tabel 2. Laporan Mariks

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Model** | **Label** | **Accuracy** | **Precision** | **Recall** | **F1-Score** | **Support** |
| CNN | 0 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 171 |
| 1 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 157 |

Tabel 2. adalah matriks evaluasi yang menunjukkan kinerja model Convolutional Neural Network (CNN) dalam mengklasifikasikan gambar-gambar mata sebagai katarak atau bukan. Model CNN dievaluasi terhadap dua kelas, yaitu kelas 0 dan kelas 1. Akurasi model, yang mengukur seberapa baik model memprediksi secara keseluruhan, adalah 99% untuk kelas 0 dan 100% untuk kelas 1. Presisi, yang merupakan proporsi prediksi positif yang benar dari semua prediksi positif, adalah 99% untuk kelas 0 dan 100% untuk kelas 1. Recall, yang mengukur seberapa baik model dapat mengidentifikasi instance positif, adalah 100% untuk kelas 0 dan 99% untuk kelas 1. F1-Score, yang merupakan harmonic mean dari presisi dan recall, adalah 99% untuk kelas 0 dan 99% untuk kelas 1. Dukungan (support) menunjukkan jumlah sampel dalam setiap kelas, dengan 171 sampel untuk kelas 0 dan 157 sampel untuk kelas 1. Data ini memberikan gambaran tentang kinerja model CNN dalam mengklasifikasikan gambar mata, menunjukkan tingkat akurasi, presisi, recall, dan F1-Score yang tinggi.

# KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan mengembangkan model diagnosa jenis mata katarak menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). Dalam penelitian yang dilakukan, data yang telah dikumpulkan dan dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data validasi. Setelah melalui proses pelatihan, model yang dikembangkan berhasil mencapai tingkat akurasi yang sangat baik, dengan akurasi mencapai 99% untuk data validasi dan 98% untuk data pelatihan. Hasil ini menunjukkan bahwa model CNN memiliki kemampuan yang kuat dalam mendeteksi katarak pada gambar mata dengan tingkat keandalan yang tinggi. Implikasi klinis dari penemuan adalah bahwa model dapat berpotensi menjadi alat bantu diagnostik yang efektif untuk mendeteksi katarak secara cepat dan akurat. Meskipun demikian, penelitian lebih lanjut mungkin diperlukan untuk menguji keandalan model pada berbagai dataset dan situasi klinis yang lebih luas sebelum diterapkan secara luas dalam praktik medis. Dengan demikian, temuan memberikan landasan penting bagi pengembangan sistem yang lebih canggih dalam diagnosis dan pengobatan penyakit mata seperti katarak.

Berikut beberapa saran yang diusulkan untuk penelitian selanjutnya

1. Gunakan dataset yang lebih besar dan sangat beragam untuk meningkatkan generalisasi model. Data yang lebih beragam akan membantu model untuk mengenali variasi dalam kondisi jensi mata katarak
2. Lakukan validasi eksternal menggunakan dataset independen dari sumber yang berbeda. Hal ini akan membantu memastikan bahwa model dapat diandalkan dan berguna dalam berbagai lingkungan klinis.
3. Lakukan dengan pengujian dengan variasi arsitektur CNN atau menggunakan teknik fine tuning untuk meningkatkan performa model
4. Gunakan model lain seperti saliency maps atau grad-CAM atau menerapkan model transfer learning dari CNN ini.

# DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Jannah, *Gangguang dan Kesehatan Mata*. GUEPEDIA. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=I1AdDQAAQBAJ

[2] O. Poliklinik, M. Rsup, and S. Denpasar, “No Title,” vol. 9, no. 9, pp. 5–8, 2020.

[3] A. U. Detty, I. Artini, V. R. Yulian, D. Ilmu, M. Fakultas, and K. Universitas, “Pendahuluan Metode,” vol. 10, pp. 12–17, 2021.

[4] Ni Made Adinda Sadhana Pramadani, Ni Wayan Rusni, and Ni Luh Putu Eka Kartika Sari, “Hubungan antara Durasi Penggunaan Komputer dengan Kelelahan Mata pada Pegawai Bank BPD Cabang Utama Denpasar,” *Aesculapius Med. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 9–15, 2024, doi: 10.22225/amj.4.1.2024.9-15.

[5] S. Chairani, A. Apriningsih, and C. Simanjorang, “Determinan Keluhan Computer Vision Syndrome Pada Pekerja Di Pt X Tahun 2023,” *J. Kesehat. Tambusai*, vol. 4, no. 3, pp. 2158–2167, 2023, doi: 10.31004/jkt.v4i3.16987.

[6] D. Darmawan and A. S. Wahyuningsih, “Keluhan Subjektif Computer Vision Syndrome Pada Pegawai Pengguna Komputer Dinas Komunikasi dan Informasi,” *Ijphn*, vol. 1, no. 2, pp. 172–183, 2021.

[7] W. R. Martiningsih, S. Swasty, A. Novitasari, and I. D. Kurniati, “Skrining dan Pemeriksaan Mata pada Sivitas Akademika dan Warga di Lingkungan Universitas Muhammadiyah Semarang,” *J. Inov. Dan Pengabdi. Masy. Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 9–13, 2024, doi: 10.26714/jipmi.v3i1.291.

[8] S. Sunyanti, “Keluhan Kelelahan Mata Pada Pekerja Pengguna Komputer Di Perusahaan Travel Di Kolaka Raya,” *IDENTIFIKASI J. Ilm. Keselamatan, Kesehat. Kerja dan Lindungan Lingkung.*, vol. 5, no. 2, pp. 168–177, 2019, doi: 10.36277/identifikasi.v5i2.99.

[9] 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.

[10] Sabaragamuwa University. Faculty of Applied Sciences and Sabaragamuwa University. Faculty of Applied Sciences. Department of Computer and Information Systems, “ICARC - 2022, 2nd International Conference on Advanced Research in Computing : 23rd - 24th February 2022, Faculty of Applied Sciences, Sabaragamuwa University of Sri Lanka, Belihuloya, Sri Lanka,” p. 396, 2022.

[11] M. Sahu and R. Dash, *A survey on deep learning: Convolution neural network (cnn)*, vol. 153, no. January. Springer Singapore, 2021. doi: 10.1007/978-981-15-6202-0\_32.

[12] 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.

[13] M. Harahap, S. K. Anjelli, W. A. M. Sinaga, R. Alward, J. F. W. Manawan, and A. M. Husein, “Classification of diabetic foot ulcer using convolutional neural network (CNN) in diabetic patients,” *J. Infotel*, vol. 14, no. 3, pp. 196–202, 2022, doi: 10.20895/infotel.v14i3.796.

[14] R. Rokhana *et al.*, “Convolutional Neural Network untuk Pendeteksian Patah Tulang Femur pada Citra Ultrasonik B–Mode,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 1, p. 59, 2019, doi: 10.22146/jnteti.v8i1.491.

[15] F. A. A. Harahap, A. N. Nafisa, E. N. D. B. Purba, and N. A. Putri, “Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Arsitektur Model Mobilenetv2 Dalam Klasifikasi Penyakit Tumor Otak Glioma, Pituitary Dan Meningioma,” *J. Teknol. Informasi, Komputer, dan Apl. (JTIKA )*, vol. 5, no. 1, pp. 53–61, 2023, doi: 10.29303/jtika.v5i1.234.

[16] S. Bila, A. Fitrianto, and B. Sartono, “Image Classification of Beef and Pork Using Convolutional Neural Network in Keras Framework,” *Int. J. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 02, pp. 245–248, 2021, doi: 10.21107/ijseit.v5i02.9864.

[17] Y. Achmad, R. C. Wihandika, and C. Dewi, “Klasifikasi emosi berdasarkan ciri wajah wenggunakan convolutional neural network,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 11, pp. 10595–10604, 2019.