

KLASIFIKASI PENYAKIT KATARAK PADA MATA MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) BERBASIS WEB

Diki Hananta Firdaus¹, Bahtiar Imran^{2*}, Lalu Darmawan Bakti³, Emi Suryadi⁴

^{1, 2, 3, 4}Universitas Teknologi Mataram

Email: ¹diki.hananta41@gmail.com, ^{2*}bahtiarimranlombok@gmail.com, ³lp2mutm@gmail.com,
⁴emisuryadi@gmail.com

(naskah masuk: 11 desember 2022, direvisi : 12 desember 2022, dipublikasikan : 13 desember 2022)

Abstrak

Mata adalah alat indera pada manusia yang berfungsi sebagai organ penglihatan. Gangguan penglihatan yang sangat memprihatinkan adalah masalah kebutaan. Mengacu pada data World Health Organization (WHO) tahun 2018, katarak menyumbang sekitar 48% kasus kebutaan di dunia dan nomor satu di Indonesia. Mata katarak dengan mata normal di masyarakat sekitar masih sulit untuk dibedakan, Sehingga masyarakat sering tidak menyadari ketika terindikasi penyakit katarak. Melihat dari uraian tersebut, penting sekali untuk mendeteksi penyakit katarak sebelum terjadi kebutaan. Dengan berkembangnya teknologi, pendeteksian dan klasifikasi katarak menjadi lebih mudah dengan adanya pengolahan citra digital. Pada penelitian ini penulis membuat suatu aplikasi Machine Learning untuk mengidentifikasi antara mata katarak dan mata normal dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) berbasis web. Dataset yang digunakan adalah 512 citra digital dengan pembaruan 2 kelas yaitu kelas katarak dan kelas normal. Dataset diambil dari sebuah website yang bergerak di bidang data science yang bernama Kaggle. Pembelajaran mesin menggunakan Epoch 1, epoch 10 dan epoch 25. Pada epoch 1 mendapatkan hasil akurasi model sebesar 52,20%, epoch 10 mendapatkan akurasi sebesar 89,15% dan epoch 25 mendapatkan hasil akurasi sebesar 99,74%. Hasil terbaik yang didapatkan model adalah 99,74%. Hasil pengujian model menggunakan metode CNN ini dapat bekerja dengan sangat baik untuk memprediksi penyakit katarak pada mata.

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

WEB-BASED CLASSIFICATION OF CATARACT IN THE EYES USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) METHOD

Abstract

The eye is a sensory organ in humans that functions as an organ of vision. Visual disturbances of great concern is the problem of blindness. Referring to the 2018 World Health Organization (WHO) data, cataracts accounted for around 48% of blindness cases in the world and were number one in Indonesia. Cataract eyes with normal eyes in the surrounding community are still difficult to distinguish, so people often do not realize when cataracts are indicated. Judging from the description, it is very important to detect cataracts before blindness occurs. With the development of technology, the detection and classification of cataracts has become easier with digital image processing. In this study, the authors make a Machine Learning application to identify between cataract eyes and normal eyes using the web-based Convolutional Neural Network (CNN) method. The dataset used is 512 digital images with an update of 2 classes, namely the cataract class and the normal class. The dataset is taken from a website engaged in data science called Kaggle. Machine learning uses Epoch 1, epoch 10 and epoch 25. In epoch 1, the model accuracy is 52.20%, epoch 10 is 89.15% accuracy and epoch 25 is 99.74% accuracy. The best result obtained by the model is 99.74%. The results of model testing using the CNN method can work very well to predict cataracts in the eye.

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

1. PENDAHULUAN

Mata adalah alat indera pada manusia yang berfungsi sebagai organ penglihatan. Gangguan penglihatan yang sangat memprihatinkan adalah masalah kebutaan. Di Indonesia penyebab kebutaan terbesar adalah katarak. Menurut data World Health Organization (WHO), katarak merupakan penyebab utama kebutaan di seluruh dunia, terhitung sekitar 48% kasus di Indonesia[10].

Katarak adalah masalah pada lensa mata yang keruh. Katarak berkembang ketika lensa mata menjadi keruh, memungkinkan cahaya masuk ke bola mata. Hal ini menghasilkan penglihatan kabur, yang lama kelamaan dapat

mengakibatkan kebutaan [12]. Pada mata yang khas, cahaya masuk melalui lensa dan berjalan ke retina, di mana ia diubah menjadi sinyal saraf yang berjalan ke otak. Untuk mendapatkan foto yang tajam, lensa harus terus transparan. Retina menerima gambar buram ketika lensa menjadi keruh karena katarak [2].

World Health Organization (WHO) memperkirakan bahwa 1,3 miliar orang di seluruh dunia saat ini mengalami semacam gangguan penglihatan. Diperkirakan ada 188,5 juta orang dengan gangguan penglihatan ringan, 217 juta orang dengan gangguan sedang hingga berat, dan 36 juta orang buta. Katarak merupakan faktor utama gangguan penglihatan secara global.

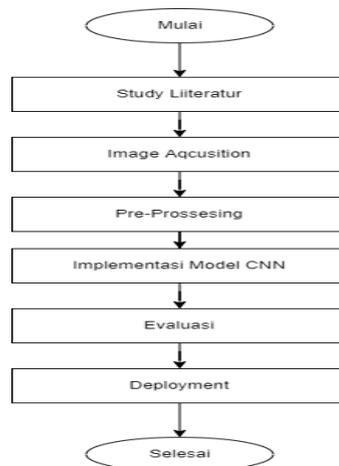
Usia, penyakit mata, toksisitas farmakologis, masalah metabolisme atau sistemik, kelainan genetik dan perkembangan, dan infeksi virus selama perkembangan janin hanyalah beberapa faktor yang dapat menyebabkan pembentukan katarak. Riwayat keluarga katarak, infeksi atau cedera mata sebelumnya, operasi mata, penggunaan corticosteroid, paparan sinar UV, dan merokok merupakan faktor risiko tambahan untuk katarak [2].

Orang sering tidak menyadari adanya katarak karena masih sulit membedakan mata normal dari mata katarak di lingkungan sekitar. Mengingat uraian sebelumnya, sangat penting untuk mengidentifikasi katarak sebelum kebutaan terjadi. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat membedakan antara mata dengan katarak dan mata tanpa katarak.

Dengan kemajuan teknologi, pengolahan citra digital telah membuat deteksi dan klasifikasi katarak menjadi lebih sederhana. Pada tugas akhir ini penulis membuat suatu aplikasi Machine Learning untuk mengidentifikasi antara mata katarak dan mata normal dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) berbasis web. Data diambil dari sebuah website yang bergerak di bidang data science yang bernama Kaggle. Dataset yang digunakan adalah 512 citra digital dengan pembaruan 2 kelas yaitu kelas katarak dan kelas normal. Hasil akhir yang diharapkan bahwa model yang di bangun dapat mengklasifikasi antara mata normal dengan mata katarak.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam klasifikasi penyakit katarak pada mata menggunakan metode Convolutional Neural Net1.work (CNN) dapat dilihat pada bagan alir 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

2.1 Study Literatur

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan studi literatur untuk mencari referensi berupa jurnal terkait dari tahun 2017-2022. Hal ini dilakukan untuk memudahkan peneliti dalam mengembangkan dan menemukan referensi baru yang sesuai dengan bidang yang diteliti.

2.2 Akuisisi Gambar

Pada tahap ini, citra yang telah diambil kemudian diseleksi dan dikelompokkan menjadi dua polder yaitu folder Katarak dan folder Normal. Tujuan dari akuisisi citra ini adalah untuk memudahkan pelatihan dan pengujian yang dilakukan. Proses ini bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Akuisisi gambar

2.3 Pre-Processing

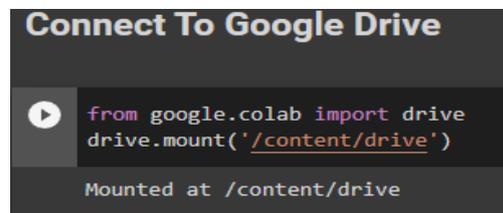
Pada tahap ini, citra katarak dan mata normal yang telah diambil merupakan citra dengan ukuran yang berbeda-beda kemudian dipotong sehingga ukurannya menjadi lebih kecil, ukuran awal pada saat pengumpulan data diubah menjadi 200 x 200 piksel. Pemangkasan gambar dilakukan secara manual untuk menyederhanakan proses klasifikasi data gambar.

2.4 Implementasi Model CNN

CNN termasuk dalam jenis Deep Neural Jaringan karena tingkat Jaringannya yang dalam dan banyak diimplementasikan dalam data citra [9].

a. Pengumpulan Data

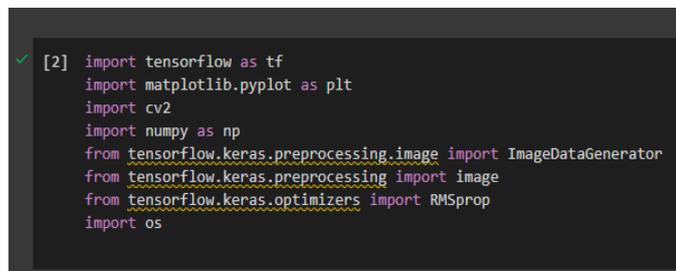
Dalam penelitian ini, Google Collab digunakan sebagai platform untuk membuat aplikasi klasifikasi penyakit katarak pada mata berbasis website. sedangkan untuk penyimpanan data menggunakan aplikasi Google Drive. Dataset yang sudah ada di upload di Google Drive. Pada saat pembuatan aplikasi, Google Collab dan Google Drive harus terhubung. Pada gambar 3 merupakan kode untuk menghubungkan Google Collab dengan Google Drive.



Gambar 3. Menghubungkan Google Collab dengan Google Drive

b. Import Library

Pada tahap ini kita akan menggunakan library python yang dibutuhkan yaitu TensorFlow, Keras, OpenCV dan lainnya untuk pembuatan sistem klasifikasi penyakit katarak pada mata ini. Gambar 4 merupakan kode untuk memanggil library yang digunakan.



Gambar 4. Import Library

c. Image Preparation

Dataset yang sudah terhubung dari Google Drive akan diolah dan dibuatkan variable untuk mempermudah proses klasifikasi CNN. Proses Preparation ini adalah dimana data akan dipersiapkan dengan menambahkan variabel Train dan Valid. Kemudian akan di tentukan target_size dari dataset gambar dari citra yang akan digunakan. Setelah itu menambahkan batch_size dan class_mode. Batch_size yang digunakan adalah 20 dan class mode menggunakan binary karena peneliti hanya menggunakan 2 kelas. yang digunakan adalah binary. Gambar 5 merupakan kode untuk image preparation.

```
Image Preparation

[7] train = ImageDataGenerator(rescale= 1/255)
    valid = ImageDataGenerator(rescale= 1/255)

train_dataset = train.flow_from_directory('/content/drive/MyDrive/dataset_mata/train',
                                         target_size = (200,200),
                                         batch_size = 20,
                                         class_mode = 'binary')
validation_dataset = train.flow_from_directory('/content/drive/MyDrive/dataset_mata/valid',
                                              target_size = (200,200),
                                              batch_size = 20,
                                              class_mode = 'binary')

Found 410 images belonging to 2 classes.
Found 112 images belonging to 2 classes.
```

Gambar 5. Image Preparation

d. Melihat Dataset Training

Pada tahap ini akan ditampilkan dataset yang digunakan apakah kode yang digunakan sudah berhasil atau belum. Pada proses ini citra dari data training akan ditampilkan dan berikan label katarak dan normal sehingga sistem akan mengenali label dari setiap gambar. Gambar 6 adalah kode snippet untuk menampilkan kumpulan data citra yang digunakan dan labeling.

```
Visualisasi Data Training

[9] plt.figure(figsize=(10, 10))
    for i in range(9):
        img, label = train_dataset.next()
        ax = plt.subplot(3, 3, i + 1)
        plt.imshow(img[0])
        if(label[0] == 0.0):
            plt.title("Katarak")
        else:
            plt.title("Normal")
        plt.axis("off")
```

Gambar 6. Kode Visualisasi Dataset

e. Membuat Arsitektur CNN

Pada tahap ini kita akan membuat arsitektur dari model CNN untuk mengklasifikasi gambar dengan memanfaatkan library dari keras dan model sequential. Ketika membuat model kita membutuhkan Conv2D, MaxPooling2D, Flatten dan Dense Layer. Kemudian fungsi activation yang digunakan dalam kode ini adalah ReLu dan Sigmoid untuk klasifikasi 2 kelas. Gambar 7 merupakan kode untuk arsitektur CNN.

```
Arsitektur CNN

model = tf.keras.models.Sequential([
    (tf.keras.layers.Conv2D(16, (3,3), activation = 'relu', input_shape = (200,200,3)),
     tf.keras.layers.MaxPool2D(2,2)),

    #Layer 2
    tf.keras.layers.Conv2D(32, (3,3), activation = 'relu'),
    tf.keras.layers.MaxPool2D(2,2),

    #Layer 3
    tf.keras.layers.Conv2D(64, (3,3), activation = 'relu'),
    tf.keras.layers.MaxPool2D(2,2),
    #flatten
    tf.keras.layers.Flatten(),

    #Layer Connected
    tf.keras.layers.Dense(512, activation= 'relu'),
    tf.keras.layers.Dense(1, activation = 'sigmoid')
])
```

Gambar 7. Kode Arsitektur CNN

f. Compile Model

Pada tahap ini kita akan membuat kompilasi dari model CNN dengan menggunakan library dari Keras dan menambahkan learning rate dan matrik akurasi. Learning rate yang digunakan adalah 0.0001, sedangkan untuk matriksnya adalah accuracy. Pada gambar 8 merupakan kode compile model.

```
Model Compile

[14] model.compile(loss = 'binary_crossentropy',
                  optimizer = tf.optimizers.RMSprop(learning_rate=0.0001),
                  metrics = ['accuracy', tf.keras.metrics.Recall()])
```

Gambar 8. Kode Compile Model

g. Training Model CNN

Training dilakukan untuk memberikan pengetahuan tentang arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) yang dibangun [6].

```
Training Model

[15] history = model.fit(
    train_dataset,
    steps_per_epoch=20, # steps_per_epoch = TotalTrainingSamples / TrainingBatchSize
    epochs=25,
    validation_data = validation_dataset
)
```

Gambar 9. Kode Training Model CNN

Pada gambar 9 adalah kode yang digunakan untuk melakukan data training, kemudian epoch yang digunakan dalam penelitian ini adalah epoch 1, 20 dan 25. Hasil training terbaik berhasil didapatkan pada epoch ke 25 dengan akurasi yang diperoleh adalah sebesar 99,74%. Pada gambar 10 merupakan hasil dari training model dengan epoch ke 25.

```
epoch 20/25 [-----] - 2s 75ms/step - loss: 0.1124 - accuracy: 0.9664 - val_loss: 0.2111 - val_accuracy: 0.9216
Epoch 19/25
epoch 20/25 [-----] - 2s 75ms/step - loss: 0.0952 - accuracy: 0.9742 - val_loss: 0.2289 - val_accuracy: 0.9216
Epoch 20/25
epoch 21/25 [-----] - 1s 75ms/step - loss: 0.0913 - accuracy: 0.9742 - val_loss: 0.2267 - val_accuracy: 0.9216
Epoch 21/25
epoch 22/25 [-----] - 2s 75ms/step - loss: 0.0834 - accuracy: 0.9793 - val_loss: 0.2085 - val_accuracy: 0.9216
Epoch 22/25
epoch 23/25 [-----] - 2s 78ms/step - loss: 0.0578 - accuracy: 0.9871 - val_loss: 0.2321 - val_accuracy: 0.9118
Epoch 23/25
epoch 24/25 [-----] - 1s 74ms/step - loss: 0.0602 - accuracy: 0.9819 - val_loss: 0.2032 - val_accuracy: 0.9118
Epoch 24/25
epoch 25/25 [-----] - 2s 76ms/step - loss: 0.0405 - accuracy: 0.9925 - val_loss: 0.2929 - val_accuracy: 0.9118
Epoch 25/25
epoch 26/25 [-----] - 1s 74ms/step - loss: 0.0404 - accuracy: 0.9974 - val_loss: 0.2874 - val_accuracy: 0.9118
```

Gambar 10. Hasil Training Epoch 25

2.5. Evaluasi

Evaluasi model menggunakan kode model.evaluate (test_dataset) untuk mengetahui bagaimana hasil prediksi model yang sudah dibuat dengan menggunakan data uji baru. Hasil akhir akurasi akhir dari sebuah model CNN dalam menguji data baru. Hasil akurasi yang di dapat dari data baru adalah sebesar 93,33%. Pada gambar 11 merupakan kodingan evaluasi model.

```
model.evaluate(test_dataset)

3/3 [-----] - 0s 73ms/step - loss: 0.2302 - accuracy: 0.9333 - recall: 1.0000
[0.2382069365978241, 0.93333333373869763, 1.0]
```

Gambar 11. Kode Evaluasi Model

2.6 Deployment

Aplikasi ini di deploy menggunakan framework flask sehingga memiliki tampilan halaman yang memudahkan pengguna untuk gambar dan memperoleh hasil berupa mata katarak atau mata normal. Pada proses deployment ini, pertama akan dilakukan pemanggilan library yang dibutuhkan untuk sistem klasifikasi menggunakan framework flask. Library yang dibutuhkan yaitu: TensorFlow, Keras, NumPy, OS dan Flask. Setelah semua library dimasukkan, maka dibutuhkan pemanggilan model CNN yang telah dibuat dan disimpan agar aplikasi bisa memprediksi gambar dengan baik. Setelah pemanggilan model, maka dilakukan proses pembuatan fungsi logika untuk mengklasifikasi citra katarak dan normal. Kemudian ditambahkan router pada halaman websitenya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Training

Menurut [13] Training Step merupakan proses training yang gunanya untuk melatih sistem agar mengerti pola suatu objek yang diinginkan. Pelatihan ini dilakukan untuk memberikan pengetahuan tentang Jaringan Saraf Konvolusi (CNN) arsitektur yang dibangun [6]. Pada penelitian ini menggunakan beberapa training epoch, diantaranya epoch 1, epoch 10, epoch 25.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Epoch Training Model

No	Epoch	Learning Rate	Batch Size	Recall
1	0.0001	20	52.20%	38.27%
2	0.0001	20	89.15%	88.95%
3	0.0001	20	99.74%	100.00%

Tabel 1 merupakan perbandingan hasil epoch training model. Hasil akurasi yang didapat pada epoch 1 adalah sebesar 52,20%, pada epoch 10 mendapatkan akurasi sebesar 89,15% dan pada epoch 25 mendapatkan hasil akurasi terbaik yaitu 99,74%. Pada gambar 12 dapat dilihat hasil terbaik epoch yang dilakukan dengan epoch 25.

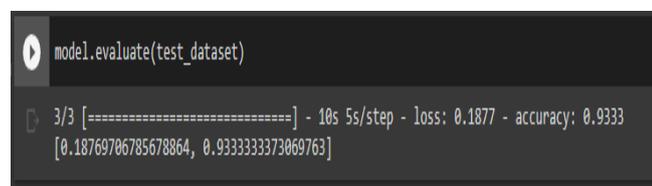


Gambar 12. Diagram Perbandingan Training Model

Berdasarkan gambar 12 pada diagram diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak epoch yang digunakan untuk training, maka semakin tinggi hasil akurasi dan recall yang didapatkan. Selain itu, loss yang didapatkan memiliki nilai rendah. Oleh karena itu, sistem akan memiliki tingkat ke akurat yang tepat dalam memprediksi gambar

3.2 Testing

Pengujian model pembelajaran ini merupakan tahapan untuk menyimpulkan hasil belajar Machine Learning pada klasifikasi citra pada mata Katarak dan Normal. Jumlah data yang digunakan sebagai data uji dalam penelitian ini adalah 60 data citra dengan rincian 30 dari Kelas Katarak dan 30 dari Kelas Normal.



Gambar 13. Hasil Evaluasi Data Uji

Pada gambar 13 menunjukkan hasil pengujian klasifikasi yang dilakukan dengan 60 gambar uji. Hasil pengujian menunjukkan akurasi klasifikasi yang diperoleh sebesar 93,33%.

3.3 Hasil Pengujian

Pengujian sistem bertujuan mengetahui bagaimana kemampuan dari sistem yang sudah dibangun untuk klasifikasi penyakit katarak pada mata. Pengujian juga dilakukan dengan testing dataset yang berisi 60 citra yang belum pernah dikenali sistem. Berikut hasil pengujian aplikasi ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Dengan Gambar Katarak

No	Gambar Uji	Output
1	Katarak uji 1	Sukses
2	Katarak uji 2	Sukses
3	Katarak uji 3	Sukses
4	Katarak uji 4	Sukses
5	Katarak uji 5	Sukses
6	Katarak uji 6	Sukses
7	Katarak uji 7	Sukses
8	Katarak uji 8	Sukses
9	Katarak uji 9	Sukses
10	Katarak uji 10	Sukses
11	Katarak uji 11	Sukses
12	Katarak uji 12	Sukses
13	Katarak uji 13	Sukses
14	Katarak uji 14	Sukses
15	Katarak uji 15	Sukses
16	Katarak uji 16	Sukses
17	Katarak uji 17	Gagal
18	Katarak uji 18	Gagal
19	Katarak uji 19	Sukses
20	Katarak uji 20	Sukses
21	Katarak uji 21	Gagal
22	Katarak uji 22	Gagal
23	Katarak uji 23	Sukses
24	Katarak uji 24	Sukses
25	Katarak uji 25	Sukses
26	Katarak uji 26	Sukses
27	Katarak uji 27	Sukses
28	Katarak uji 28	Sukses
29	Katarak uji 29	Sukses
30	Katarak uji 30	Sukses

Pada Tabel 3. Hasil pengujian gambar Katarak mendapatkan hasil 26 sukses dan 4 gagal.

Tabel 3. Hasil Pengujian Dengan Gambar Mata Normal

No	Gambar Uji	Output
1	Normal uji 1	Sukses
2	Normal uji 2	Sukses
3	Normal uji 3	Sukses
4	Normal uji 4	Sukses
5	Normal uji 5	Sukses
6	Normal uji 6	Sukses
7	Normal uji 7	Sukses
8	Normal uji 8	Sukses
9	Normal uji 9	Sukses
10	Normal uji 10	Sukses
11	Normal uji 11	Sukses

12	Normal uji 12	Sukses
13	Normal uji 13	Sukses
14	Normal uji 14	Sukses
15	Normal uji 15	Sukses
16	Normal uji 16	Sukses
17	Normal uji 17	Sukses
18	Normal uji 18	Sukses
19	Normal uji 19	Sukses
20	Normal uji 20	Sukses
21	Normal uji 21	Sukses
22	Normal uji 22	Sukses
23	Normal uji 23	Sukses
24	Normal uji 24	Sukses
25	Normal uji 25	Sukses
26	Normal uji 26	Sukses
27	Normal uji 27	Sukses
28	Normal uji 28	Sukses
29	Normal uji 29	Sukses
30	Normal uji 30	Sukses

Pada Tabel 3 Hasil pengujian gambar Normal mendapatkan hasil 30 sukses dan 0 Gagal. Jadi dari hasil pengujian 60 gambar, hanya 4 gambar yang salah di prediksi.

Setelah melakukan testing, maka tahap selanjutnya adalah menghitung akurasi. Berdasarkan dari hasil uji pada tabel 4.4 dan 4.5, maka proses perhitungan akurasi sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data berhasil}}{\text{Jumlah semua data uji}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{56}{60} \times 100\% = 93,33\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa akurasi algoritma Convolutional Neural Network dalam klasifikasi penyakit katarak pada mata dengan uji coba menggunakan 60 Citra adalah 93,33%.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini penulis menggunakan beberapa epoch untuk mendapatkan hasil training model terbaik, diantaranya yaitu pada epoch 1 mendapatkan hasil akurasi 52,20%, epoch 10 mendapatkan akurasi sebesar 89,15% dan epoch 25 mendapatkan akurasi sebesar 99,74%. Berdasarkan hasil training dari beberapa epoch tersebut maka sistem mendapatkan hasil akurasi terbaik yaitu sebesar 99,74%. Hasil dari model klasifikasi penyakit katarak pada mata dengan menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) ini dapat nilai bekerja dengan sangat baik dalam mengidentifikasi mata katarak dan mata normal. Hasil Pengujian aplikasi dengan menggunakan 60 data uji berhasil mendapatkan akurasi sebesar 93,33%. Model CNN yang telah dibuat berhasil di deploy dengan menggunakan framework flask untuk tampilan websitenya dan dapat di akses secara online.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] "KLASIFIKASI MUTU MUTIARA BERDASARKAN BENTUK DAN UKURAN MENGGUNAKAN K-NEAREST NEIGHBOR," vol. 2, no. 2, pp. 93–97, 2017.
- [2] L. ARRAUFAH, "Klasifikasi Penyakit Katarak Berdasarkan Slit Lamp Fundus Menggunakan Backpropagation Neural Network," pp. 7–37, 2015.
- [3] J. Statistika, F. Matematika, D. A. N. Ilmu, P. Alam, and U. I. Indonesia, "IMPLEMENTASI ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK," 2020.
- [4] I. Cholissodin and A. A. Soebroto, "AI , MACHINE LEARNING & DEEP LEARNING (Teori & Implementasi)," no. July 2019, 2021.
- [5] F. D. K. Geza Jeremia Bu'ulölö, Agustinus Jacobus, "Identification of Cataract Eye Disease Using Convolutional Neural Network," J. Tek. Inform., vol. 16, no. 4, pp. 375–382, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika>
- [6] H. Hambali, M. Mahayadi, and ..., "Classification of Lombok Songket Cloth Image Using Convolution Neural

- Network Method (Cnn),” *Pilar Nusa Mandiri* ..., no. 85, pp. 149–156, 2021, doi: 10.33480/pilar.v17i2.2705.
- [7] B. Imran, Hambali, and L. D. Bakti, “Implementation of Machine Learning Model for Pneumonia Classification Based on X-Ray Images,” *J. Mantik*, vol. 5, no. 3, pp. 2101–2107, 2021.
- [8] B. Imran et al., “DATA MINING USING RANDOM FOREST , NAÏVE BAYES , AND ADABOOST MODELS FOR PREDICTION AND CLASSIFICATION OF BENIGN AND,” pp. 37–46, 2019.
- [9] R. Mawan, “Klasifikasi motif batik menggunakan convolutional neural network .”.
- [10] R. Munarto and M. A. S. Yudono, “Klasifikasi Katarak Objek Optic Disc Citra Fundus Retina Menggunakan Support Veactor Machine,” *J. Ilm. Setrum Artic. Press*, vol. 8, no. 1, pp. 84–95, 2019.
- [11] N. Rambe, “UNIVERSITAS SUMATERA UTARA Poliklinik UNIVERSITAS SUMATERA UTARA,” *J. Pembang. Wil. Kota*, vol. 1, no. 3, pp. 82–91, 2018.
- [12] M. K. Sari and Arman, “Faktor Risiko Kejadian Katarak Pada Pasien Pria Usia 40-55 Tahun Dirumah Sakit Pertamina Balikpapan,” *Kesehatan*, vol. 1, no. 2, pp. 61–67, 2018.
- [13] A. Tri Nurolan, “Deteksi Dan Klasifikasi Jenis Kendaraan Berbasis Pengolahan Citra Dengan Metode Convolutional Neural Network (Cnn),” *Deteksi Jenis Kendaraan*, 2019.