

Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN)

Fani Nurona Cahya*, Nila Hardi, Dwiza Riana, Sri Hadiani

Magister Ilmu Komputer, Teknologi dan Informasi, Universitas STMIK Nusa Mandiri Jakarta
Cipinang Melayu, Kec. Makasar, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia.

*e-mail: 14002395@nusamandiri.ac.id

(received: 21 Januari 2021, revised: 12 April 2021, accepted: 5 September 2021)

Abstrak

Gangguan pada mata atau disebut juga penyakit mata adalah suatu kondisi yang mampu mempengaruhi jangka waktu hidup bagi sebagian orang. Gangguan mata atau penyakit mata banyak sekali jenisnya, diantaranya yaitu *katarak, glaukoma dan retina disease*. Gangguan atau penyakit mata tersebut merupakan penyebab kebutaan yang paling sering terjadi. Melihat dari uraian tersebut, penting sekali untuk mendeteksi penyakit mata atau kelainan sebelum terjadi kebutaan. Penelitian ini bertujuan untuk klasifikasi penyakit mata menggunakan *Convolutional Neural Network (CNN)* berarsitektur Alexnet dengan pembaruan berupa menggunakan 4 kelas yang membutuhkan 3 tahap proses yaitu melakukan tahap *pre-processing* yang menghasilkan ukuran citra menjadi 224x224px. Tahap selanjutnya adalah ekstraksi fitur dengan 3 layer yaitu *Convolutional Layer, Pooling Layer, Fully Connected Layer*, Pada implementasi CNN menggunakan 150 epoch. Hasil akurasi dari penelitian klasifikasi penyakit mata menggunakan metode CNN adalah 98.37%.

Kata kunci: penyakit mata, klasifikasi, convolutional neural network (CNN)

Abstract

An eye disorder, also called a disease of the eye, is a condition that can affect the lifespan of some people. Eye disorders or diseases of which there are many types, including kataraks, glaukoma and retina disease. This eye disorder or disease is the most common cause of blindness. Seeing from the description. It is very important to detect eye disease or negligence before blindness occurs This study aims to classify eye diseases using the Alexnet textured Convolutional Neural Network (CNN) with an update in the form of using 4 classes that require 3 stages of the process, namely conducting a pre-processing which results in an image size of 224x224px. The next stage is Feature Extraction with 3 layers, namely Convolutional Layer, Pooling Layer, Fully Connected Layer, the implementation of the Convolutional Neural Network implementation uses 150 epochs. The accuracy of the eye disease classification study using the Convolutional Neural Network method was 98.37%.

Keywords: eye disease, classification, convolutional neural network (CNN).

1 Pendahuluan

Gangguan mata banyak sekali jenisnya, diantaranya *katarak, glaukoma dan retina disease*. *Katarak* merupakan keadaan dimana terjadi kekeruhan pada serabut atau bahan lensa didalam kapsul lensa [1]. Berdasarkan data yang didapatkan dari Kementerian Kesehatan RI, sebanyak 50% penyebab kebutaan di Indonesia yaitu *katarak*. Secara global, Negara Indonesia sendiri kini menempati posisi kedua sebagai negara yang jumlah penderita *kataraknya* tinggi setelah Negara Etiopia [2]. Kasus yang terjadi di negara Indonesia khususnya di Nusa Tenggara Timur (NTT) prevalensi *katarak* yang terjadi yaitu sebesar 2,3% dengan adanya tiga penyebab utama penderita *katarak* ini belum melakukan proses operasi yaitu dikarenakan oleh ketidaktahuannya sebanyak 41,4%, tidak mampu untuk membiayai operasi sebanyak 14,1%, yang terakhir yaitu ketidakberanian sebanyak 5,7% [3]. Berdasarkan uraian tersebut, dapat diartikan bahwa penyakit mata yang di sebut *katarak* ini kasusnya cukup tinggi dikarenakan cukup banyak penderita *katarak* justru tidak menyadari bahwa dirinya mengidap penyakit tersebut. tidak dapat dilakukan pencegahan terhadap penyakit *katarak*, akan tetapi penyakit *katarak* dapat disembuhkan dengan proses operasi [4]. Selain *katarak* penyakit mata lainnya yaitu glaukoma. Glaukoma itu sendiri merupakan salah satu kelainan pada mata yang dapat berupa

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

suatu neuropati kronik yang juga ditandai dengan terjadinya pencekungan pada diskus optikus, menciutnya lapang pandang, serta biasanya disertai dengan peningkatan tekanan intraokular[5]. Glaukoma juga merupakan penyebab kebutaan kedua setelah *katarak*. Lalu penyakit mata lainnya yaitu *retina disease* yang merupakan gangguan pada bagian retina di dalam mata yang berpengaruh buruk terhadap penglihatan seseorang[6]. Melihat dari uraian sebelumnya, penting sekali untuk mendeteksi penyakit mata atau kelaianan pada mana sebelum terjadi kebutaan.

Sudah cukup banyak peneliti yang melakukan penelitian mengenai penyakit mata, diantaranya yaitu Penelitian deteksi *katarak* ini dapat juga dilakukan menggunakan citra digital. Citra digital dapat diuraikan sebagai bentuk diskrit dari suatu citra analog baik berupa koordinatnya maupun berupa nilai intensitas cahayanya [7].

Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi berkembang dengan pesat saat ini. Dengan perkembangan teknologi sekarang ini memudahkan semua orang mengakses apa saja. Salah satu teknologi yang telah ditemukan yaitu pengolahan citra menggunakan citra digital. Identifikasi yang dilakukan pada sebuah citra memang sudah cukup lama dikembangkan, salah satunya yaitu dengan cara membedakan tekstur pada citra tersebut. Pada tekstur citra dapat dibedakan oleh beberapa factor, diantaranya yaitu kerapatan, keseragaman, kekasaran dan keteraturan[8]. komputer tidak dapat secara langsung membedakan suatu tekstur pada suatu objek seperti halnya yang dapat dilakukan oleh penglihatan manusia, oleh sebab itu digunakan suatu analisis tekstur guna mengetahui suatu pola dari sebuah citra digital. Analisis tekstur juga akan menghasilkan sebuah nilai dari suatu ciri atau karakteristik tekstur yang selanjutnya dapat kenali dan kemudian diolah oleh komputer untuk masuk kedalam proses klasifikasi [9]. Secara umum klasifikasi bisa di artikan sebagai suatu proses pengelompokan, dalam arti lain klasifikasi memisahkan suatu objek yang berbeda. Klasifikasi bekerja dengan cara menganalisis sifat numerik dari sebuah fitur serta mengatur data menjadi berbagai macam kategori [10].

Topik yang sedang hangat dalam dunia Machine Learning salah satunya adalah Deep Learning, penyebabnya adalah kapabilitas deep learning yang cukup signifikan dalam melakukan pemodelan pada berbagai data kompleks seperti citra dan suara. problem yang ditemui dalam computer vision yang telah lama di cari penyelesaiannya yaitu proses klasifikasi objek pada suatu citra secara umum. Pada saat ini Convolutional Neural Network (CNN) merupakan metode deep learning yang memiliki hasil paling signifikan dalam pengenalan citra.[11]

Melihat dari uraian sebelumnya, dalam penelitian ini penulis mencoba melakukan pembaruan untuk menerapkannya pada eksperimen dengan citra fundus yang di dapatkan dari [12]. Penelitian ini akan melakukan proses pengklasifikasian dari dataset citra fundus mata berbagai macam ciri untuk pengklasifikasian antara mata normal, *katarak*, *glaukoma* dan *retina disease* dengan menggunakan Model Convolutional Neural Network (CNN). Hal tersebut dikarenakan Model Convolutional Neural Network (CNN) bekerja dengan cara berusaha untuk menirukan sebuah sistem pengenalan citra pada visual cortex manusia sehingga dapat memiliki kemampuan mengolah informasi citra layaknya manusia. Manfaat dari penelitian ini yaitu menjadi lebih efisien dan memudahkan dalam proses pengklasifikasian sesuai dengan yang diharapkan khususnya dalam bidang kesehatan yaitu klasifikasi penyakit mata. Pengklasifikasian juga bisa diperoleh dengan waktu yang tepat dan akurasi yang lebih tinggi menggunakan metode yang diusulkan pada penelitian ini.

2 Tinjauan Literatur

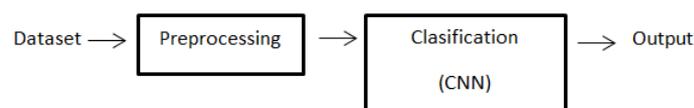
Pertama dilakukan Penelitian oleh [13] yang mencoba mendeteksi indikasi adanya *katarak* dan juga mengklasifikasikan dari citra digital *katarak* dalam dua kategori, dua kategori tersebut yaitu nuclear dan cortical. Pengukuran bentuk bundar ini rntan akan ukuran dan bentuk objek misalnya ketika citra mata berada dalam kondisi tidak utuh seperti tertutup objek lain atau pengambilan citra yang kurang jelas oleh kamera oleh kamera. Pada penelitian ini berhasil mendapatkan tingkat akurasi 94.96% .

Kemudian pada Penelitian yang dilakukan oleh [14] yang dilakukan oleh peneliti fokus pembuatan pada sistem deteksi *katarak* otomatis jarak jauh dengan cara memanfaatkan teknologi cloud. Pada penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh [15] bertujuan untuk mengklasifikasikan mata normal, *katarak*, dan pasca *katarak*. Terdapat empat fitur yang dideteksi antara lain Small Ring Area , Big Ring Area , dan Edge Pixel Count dengan menggunakan dua metode ambang untuk mendeteksi

tepihan yang kuat dan lemah kemudian menghitung jumlah pixel yang putih pada keluaran dari deteksi tepi, dan juga object perimeter. Penentuan SRA dan BRA juga metode ekstraksi yang menggunakan threshold performanya bisa dipengaruhi oleh translasi dan ukuran citra. Meskipun ketiga metode yang dipaparkan tersebut telah berhasil mendeteksi mata *katarak* dengan baik, namun metode-metode tersebut membutuhkan citra digital yang telah dikondisikan dalam kondisi tertentu apabila kondisi tersebut tidak tercapai maka dapat mengakibatkan menurunnya performa. Penelitian tersebut mengembangkan metode pendeteksian *katarak* dengan menggunakan citra digital yang 1. diambil dengan bebas, dan 2. Berdasarkan visible light dapat diambil dengan kamera umum. Penelitian ini berfokus pada model klasifikasi mata *katarak* dan mata normal dengan pengolahan citra digital dalam format JPG/JPEG yang lebih umum, dan relatif lebih murah juga mudah diperoleh menggunakan metode yang lebih tahan terhadap translasi dan perubahan ukuran, serta mampu bekerja dengan baik menggunakan citra digital dalam kondisi bebas.

3 Metode Penelitian

Menggunakan CNN agar dapat mengklasifikasi penyakit mata. Metode yang diusulkan dalam penelitian ini dapat di gambarkan seperti pada gambar 1:

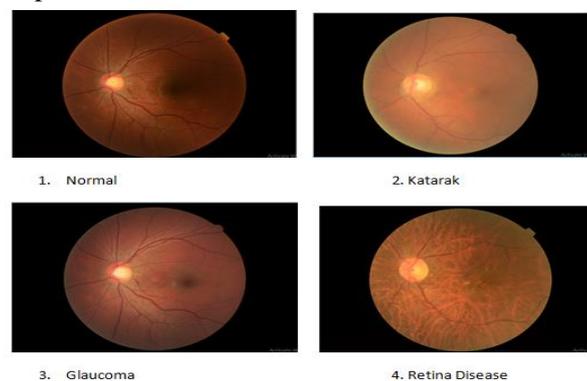


Gambar 1. Metode Penelitian

A. Dataset

Dataset ini melalui beberapa seleksi di antara beberapa dataset yang di dapatkan dari [12]. Alasan memilih dataset ini karena penelitian ini baru beberapa kali dikembangkan sehingga peneliti ingin mencoba untuk mengembangkannya. Penelitian ini memaparkan tentang *katarak*.

Dataset ini berjumlah 610 dataset yang terbagi dari 4 kelas. Penelitian ini memaparkan klasifikasi perbedaan mata normal, *katarak*, *glaucoma* dan *retina disease*. Dimana pengklasifikasian ini akan sangat bermanfaat dan membantu mendeteksi penyakit mata secara tepat dan akurat. Contoh citra yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



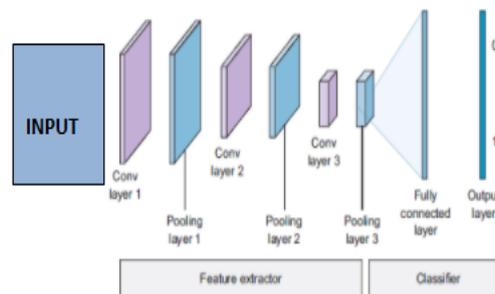
Gambar 2. Contoh Dataset Tiap Kelas

B. Pre-processing

Pre-processing merupakan salah satu tahapan yang penting untuk data pada proses. Terkadang pada data tersebut terdapat berbagai permasalahan yang dapat mengganggu hasil dari proses. *Pre-processing* merupakan salah satu tahapan menghilangkan permasalahan-permasalahan yang dapat mengganggu hasil daripada proses data. Pada tahapan ini dilakukan analisis terhadap pra proses data masukan sebelum masuk ke dalam tahap klasifikasi. Adapun tahapan-tahapan *pre-processing* yang dilakukan adalah *grayscale*, *thresholding*, *segmentasi*, dan *resize*.

C. Convolutional Neural Network (CNN)

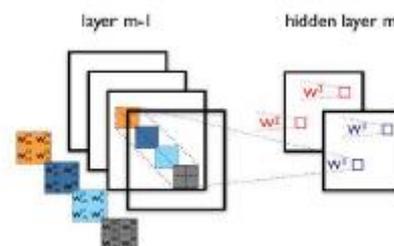
CNN adalah pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) yang didesain untuk mengolah data dua dimensi. CNN termasuk dalam jenis *Deep Neural Network* karena kedalaman jaringan yang tinggi dan banyak diaplikasikan pada data citra. CNN pertama kali dikembangkan dengan nama *NeoCognitron* oleh Kunihiro Fukushima, seorang peneliti dari *NHK Broadcasting Science Research Laboratories*, Kinuta, Setagaya, Tokyo, Jepang [16]. Arsitektur CNN yang digunakan pada penelitian ini yaitu arsitektur Alexnet dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur Alexnet

D. Konsep Convolutional Neural Network (CNN)

Cara kerja CNN memiliki kesamaan pada MLP, namun dalam CNN setiap neuron dipresentasikan ke dalam bentuk dua dimensi, tidak sama seperti MLP setiap neuron hanya berukuran satu dimensi. Operasi linear pada CNN menggunakan operasi konvolusi, sedangkan bobot tidak lagi satu dimensi saja, tetapi berbentuk empat dimensi yang merupakan kumpulan kernel konvolusi seperti pada Gambar 4, Dimensi bobot pada CNN adalah : neuron input x neuron output x tinggi x lebar Karena sifat proses konvolusi, maka CNN hanya bisa dipakai pada data yang memiliki struktur dua dimensi seperti citra dan suara.



Gambar 4. Proses Konvolusi pada CNN

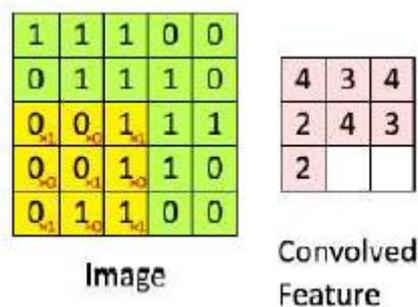
E. Arsitektur Jaringan CNN

JST terdiri dari berbagai layer dan beberapa neuron di tiap masing-masing layer. Hal tersebut tidak bisa ditentukan dengan aturan yang pasti dan berlaku berbeda-beda dalam data yang berbeda [17]. Sebuah CNN terdiri dari beberapa *layer*. Berdasarkan arsitektur [18], ada empat macam *layer* utama dalam sebuah CNN hanya saja yang diterapkan pada penelitian ini ada tiga macam lapisan diantaranya :

1) Convolution Layer

Convolution Layer melakukan operasi konvolusi pada output dari layer sebelumnya. Layer tersebut merupakan proses utama yang mendasari sebuah CNN. Bobot di layer tersebut menspesifikasikan kernel konvolusi yang dipakai, sehingga kernel konvolusi bisa dilatih berdasarkan input pada CNN.

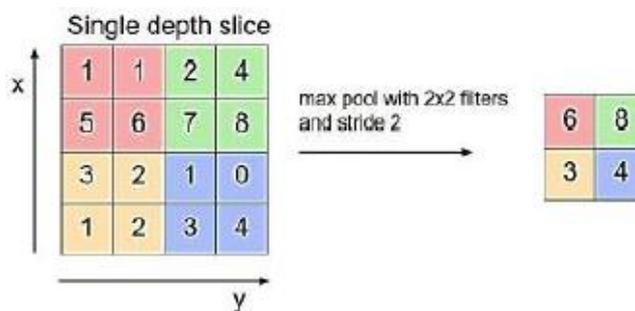
Tujuan melakukan konvolusi terhadap data citra yaitu untuk mengekstraksi fitur dari citra *input*. Konvolusi dapat menghasilkan transformasi *linear* dari data *input* sesuai informasi spasial pada data. Bobot di *layer* tersebut menspesifikasikan *kernel* konvolusi yang dipakai, sehingga kernel konvolusi bisa dilatih berdasarkan *input* pada CNN. Penggambaran operasi konvolusi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Operasi Kovolusi

2) *Subsampling Layer*

Subsampling merupakan proses mereduksi ukuran sebuah data citra. Pada pengolahan citra, *subsampling* bertujuan untuk meningkatkan invariansi posisi dari fitur. *Max pooling* membagi *output* dari *convolution layer* menghasilkan beberapa grid kecil selanjutnya mengambil nilai maksimal dari setiap grid untuk menyusun matriks citra yang telah direduksi seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Kemudian hasil dari proses tersebut dapat dilihat di kumpulan grid sebelah kanannya



Gambar 6. Operasi Max Pooling

Springenberg dkk pada penelitiannya[19] penggunaan *pooling layer* di CNN hanya untuk bertujuan mereduksi ukuran citra sehingga dapat dengan mudah diganti dengan sebuah *convolution layer* dengan *stride* yang sama dengan *pooling layer* yang bersangkutan.

3) *Fully Connected Layer Fully*

Layer tersebut merupakan layer yang biasanya dipakai dalam penerapan MLP dan bertujuan untuk melakukan transformasi pada dimensi data agar dapat diklasifikasikan secara linear. Di setiap neuron pada *convolution layer* perlu ditransformasi menjadi data satu dimensi terlebih dahulu sebelum dapat dimasukkan kedalam sebuah *fully connected layer*. Dengan itu menyebabkan kehilangan data informasi spasialnya dan menjadi tidak *reversibel*, *fully connected layer* hanya bisa diimplementasikan di akhir jaringan. *Convolution layer* dengan ukuran kernel 1 x 1 menjalankan fungsi yang sama dengan sebuah *fully connected layer* namun dengan tetap mempertahankan karakter spasial dari data.

F. Proses Training

Proses *training* adalah tahapan dimana CNN dilatih untuk memperoleh akurasi yang lebih tinggi dari klasifikasi yang dilakukan. Pada tahapan ini terdapat proses *feed forward* dan proses *backpropagation*. Untuk melakukan proses *feedforward* diperlukan jumlah dan ukuran *layer* yang akan dibentuk, ukuran *subsampling*, citra vektor yang diperoleh. Hasil dari proses *feedforward* berupa bobot yang akan digunakan untuk mengevaluasi proses neural network.

1) Proses Feedforward

Proses feed forward merupakan tahap pertama dalam proses training. Proses ini akan menghasilkan beberapa lapisan digunakan untuk mengklasifikasi data citra yang mana menggunakan bobot dan bias yang telah diperbaharui dari proses backpropagation.

2) Proses Backpropagation

Proses backpropagation adalah tahap kedua dari proses training. Pada tahapan ini seperti yang telah dijelaskan, hasil proses dari feedforward di-trace kesalahannya dari lapisan output hingga lapisan pertama.

3) Perhitungan Gradient

Proses gradient untuk jaringan konvolusi adalah proses untuk menghasilkan nilai bias dan bobot yang baru dan akan diperlukan saat training.

G. Proses Testing

Proses testing merupakan proses klasifikasi yang menggunakan bias dan bobot dari hasil proses training. Sehingga akhir dari hasil proses ini menghasilkan akurasi dari klasifikasi yang dilakukan, data yang gagal diklasifikasi, nomor citra yang gagal diklasifikasi, dan bentuk network yang terbentuk dari proses feedforward. Lapisan output sudah fully connected dengan label yang sudah ada..

4 Hasil dan Pembahasan

A. Arsitektur CNN

Arsitektur CNN yang digunakan pada penelitian ini yaitu arsitektur Alexnet dengan model yang diterapkan dapat dilihat pada Gambar 7.

```

Model: "sequential"
-----
Layer (type)                Output Shape              Param #
-----
conv2d (Conv2D)              (None, 224, 224, 16)     208
-----
max_pooling2d (MaxPooling2D) (None, 112, 112, 16)     0
-----
conv2d_1 (Conv2D)            (None, 112, 112, 32)     2080
-----
max_pooling2d_1 (MaxPooling2 (None, 56, 56, 32)       0
-----
conv2d_2 (Conv2D)            (None, 56, 56, 64)       8256
-----
max_pooling2d_2 (MaxPooling2 (None, 28, 28, 64)       0
-----
dropout (Dropout)            (None, 28, 28, 64)       0
-----
flatten (Flatten)             (None, 50176)             0
-----
dense (Dense)                 (None, 500)               25088500
-----
dropout_1 (Dropout)           (None, 500)               0
-----
dense_1 (Dense)               (None, 4)                 2004
-----
Total params: 25,101,048
Trainable params: 25,101,048
Non-trainable params: 0
    
```

Gambar 7. Model yang diterapkan

B. Distribusi Data Train, Test, dan Valid

Pada tahap *pre-processing* citra di *resize* ukurannya menjadi 224x224px . dengan ukuran citra yang seragam guna memudahkan dalam komputasi. Selain itu ukuran citra yang seragam juga dapat memudahkan pada tahap pengenalan. Selanjutnya masuk ke distribusi data yang dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Distribusi Data Train, Test, dan Valid

Dataset		
610		
Train		Test
430		121
Train	Valid	
439	50	

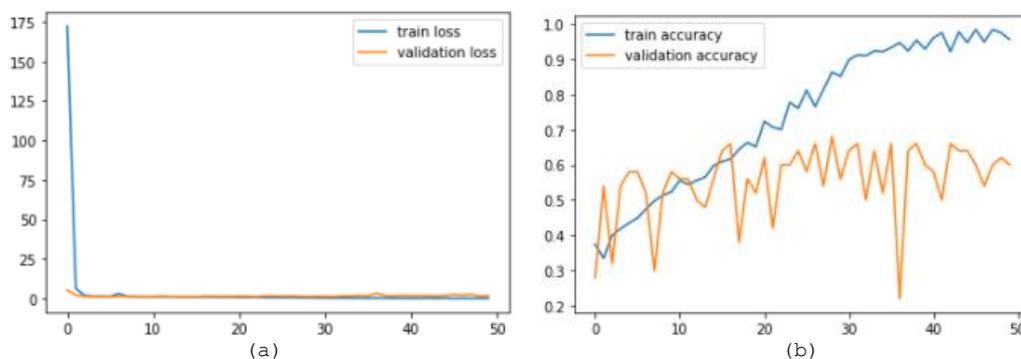
Berdasarkan Tabel 1 data training dan validasi tersebut digunakan dalam proses training, tuning, dan evaluasi model CNN sedangkan data test digunakan untuk menguji performa dari model hasil training tersebut.

Setelah mendapatkan citra dengan ukuran yang seragam dan distribusi data citra, selanjutnya masuk kedalam tahap pengklasifikasian. Pada tahap ini peneliti menggunakan parameter seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter

Ukuran Citra	Epoch	batch_size	Optimizer
224x224px	150 Epoch	32	Adam

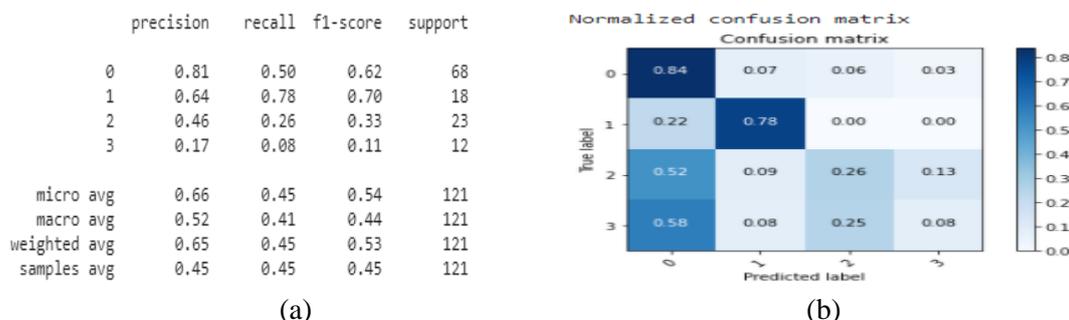
Berdasarkan parameter yang digunakan dengan arsitektur Alexnet dan model yang diterapkan, didapat hasil seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. (a) Grafik Loss (b) Grafik Akurasi

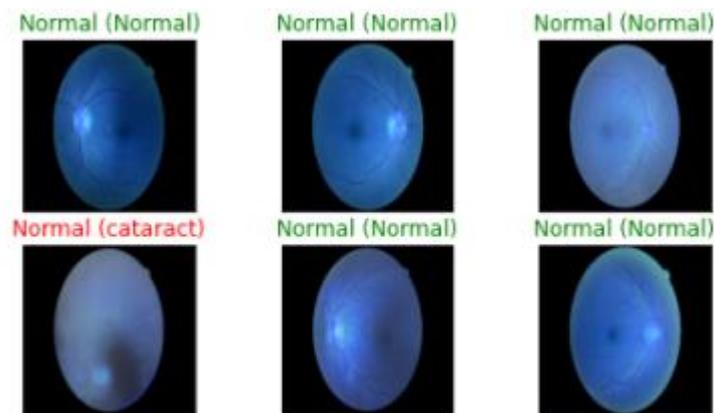
Berdasarkan Gambar 8, dapat jelaskan bahwa klasifikasi penyakit mata menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) menghasilkan akurasi 98.37%

Untuk mengetahui performa klasifikasi maka dilakukan evaluasi terhadap klasifikasi metrik dan confusion matrix sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9. (a) klasifikasi metrik (b) Confusion metric

Berikut Contoh hasil klasifikasi pada data *testing* dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10. Hasil klasifikasi CNN (Alexnet)

Dapat dilihat dari Gambar 10 ternyata klasifikasi penyakit mata menggunakan CNN masih terdapat kesalahan dalam pengenalannya. Kesalahan tersebut terdapat pada kelas *katarak* yang ternyata dikenali sebagai kelas normal.

5 Kesimpulan

Dari hasil penelitian klasifikasi penyakit mata menggunakan metode CNN dengan arsitektur model AlexNet, dengan pembaruan berupa menggunakan 4 kelas yaitu normal, *katarak*, *glaucoma* dan *retina disease* dilanjutkan dengan melakukan tahapan *pre-processing* mengubah ukuran citra menjadi 224x224px. Langkah selanjutnya *feature extraction* dengan 3 lapisan yaitu lapisan *convolutional*, lapisan *pooling*, lapisan *fully connected* sesuai dengan arsitektur yang diusulkan. Pada tahapan implementasi CNN menggunakan 150 epoch, Hasil akurasi dari penelitian klasifikasi penyakit mata menggunakan metode CNN sebesar 98.37%.

Referensi

- [1] N. Maloring, A. Kaawoan, and F. Onibala, "Hubungan Pengetahuan Dan Sikap Dengan Kepatuhanperawatan Pada Pasien Post Operasi *Katarak* Di Balai Kesehatan Mata Masyarakat Sulawesi Utara," *J. Keperawatan UNSRAT*, vol. 2, no. 2, p. 113824, 2014.
- [2] V. Wirawan and Y. E. Soelistio, "Model Klasifikasi Mata *Katarak* dan Normal Menggunakan Histogram," *J. Ultim.*, vol. 9, no. 1, pp. 33–36, 2017, doi: 10.31937/ti.v9i1.561.
- [3] Riskesdas., "Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) 2013. Laporan Nasional," *Ris. Kesehat. Dasar*, 2013.
- [4] A. Allen, D., & Vasavada, "*Katarak* and surgery for *katarak*. *BMJ*," (*Clinical Res. Ed.*). <https://doi.org/10.1136/bmj.333.7559.128>, 2006.
- [5] L. W. Pusvitasari, A. Agung, and M. Putrawati, "Profil pasien glaukoma di Poliklinik Mata Rumah Sakit Indera Provinsi Bali Periode Januari 2014-Juni 2015," *E-Jurnal Med. Udayana*, no. April, pp. 189–193, 2018.
- [6] M. I. Al Bukhory, "Pendeteksian Eksudat pada Retina dengan Fungsi Surf sebagai Salah Satu Ciri untuk mendiagnosa Diabetik Retinopati," vol. 4, no. 1, pp. 978–979, 2018.
- [7] R. Gonzalez, R., & Woods, "Digital image processing.," *Prentice Hall*. [https://doi.org/10.1016/0734-189X\(90\)90171-Q](https://doi.org/10.1016/0734-189X(90)90171-Q), 2008.
- [8] Y. Garis K, I. Santoso, R.R. Isnanto, "Klasifikasi Citra dengan Matriks Ko-Okurensi Aras Keabuan (Gray Level Co-Occurrence Matrix-GLCM) pada Limakelas Biji-Bijian," 2011.
- [9] I. Permatasari dan T. Sutojo, "Pengenalan Ciri Garis Telapak Tangan Menggunakan Ekstraksi Fitur (GLCM) dan Metode (KNN)," 2016.
- [10] D. Syahid, Jumadi, and D. Nursantika, "Sistem Klasifikasi Jenis Tanaman Hias Daun Philodendron Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) Berdasarkan Nilai Hue, Saturation, Value (HSV)," *JOIN*, vol. I, no. 1, pp. 20–23, 2016.

- [11] W. S. Eka Putra, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 1, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i1.15696.
- [12] Jr2ngb, "katarak dataset katarak image dataset," <https://www.kaggle.com/jr2ngb/katarakdataset>, 2019.
- [13] A. Patwari, Anayet U., Muammer D. Arif, N.A. Chowdhury and & I. I. Arefin, "Detection, Categorization, and Assessment of Eye Kataraks Using Digital Image Processing.," *First Int. Conf. Interdiscip. Res. Dev. Thailand.*, 2011.
- [14] & S. K. G. Kolhe, S., "Remote Automated Katarak Detection System Based on Fundus Images.," *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol. Vol. 5*, pp. 10334-10341., 2016.
- [15] J. Nayak, "Automated Classification of Normal, Katarak and Post Katarak Optical Eye Image using SVM Classifier.," *Ann. der Phys.* 322(10)891921., 2013.
- [16] K. Fukushima, "Neocognitron: A Self-Organizing Neural Network Model for a Mechanism of Pattern Recognition Unaffected by Shift in Position," *Biol. Cybern.*, 1980.
- [17] D. Stathakis, "How Many Hidden Layers And Nodes," *Int. J. Remote Sens.*, 2008.
- [18] Stanford University, "An Introduction to Convolutional Neural Network," *Vis. Imaging Sci. Technol. Lab, Stanford Univ. [Online]*.
- [19] J. T. Springenberg, "A. Dosovitskiy, T. Brox and M. Riedmiller, "Striving For Simplicity: The All Convolutional Net," *ICLR 2015*, 2015.