

Pengembangan Aplikasi Mobile Android untuk Deteksi Otomatis Mata Katarak Menggunakan CNN dan Tensorflow

Chotibul Umam Wiranda¹, Paniran²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA
Email: otepumam26@gmail.com¹, paniranmt@yahoo.com²

Abstract. *The development of an Android mobile application for automatic cataract detection using Convolutional Neural Network (CNN) and TensorFlow has been conducted. The aim of this research is to provide an easily accessible solution for the public to detect cataracts early, thereby reducing the negative impact of this eye condition. The CNN method is utilized to recognize cataract patterns through image data, with TensorFlow serving as the primary development platform. Preprocessing steps and data processing are implemented to enhance the detection accuracy and address variations in eye images. Evaluation indicates that the application is capable of detecting cataracts with satisfactory accuracy, making it a potential tool for cataract prevention and early management. In conclusion, this application enables rapid and efficient cataract detection, improving the accessibility of eye care and contributing to enhancing overall quality of life for communities by providing early intervention and treatment options.*

Keywords: Mata Katarak, Convolutional Neural Network, Deep Learning, , Tensorflow, Android

Abstrak. Telah dilakukan pengembangan aplikasi mobile Android untuk deteksi katarak otomatis menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dan TensorFlow. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan solusi yang mudah diakses oleh masyarakat untuk mendeteksi katarak sejak dini, sehingga mengurangi dampak negatif dari kondisi mata tersebut. Metode CNN digunakan untuk mengenali pola katarak melalui data gambar, dengan TensorFlow sebagai platform pengembangan utama. Langkah-langkah pra-pemrosesan dan pemrosesan data diterapkan untuk meningkatkan akurasi deteksi dan mengatasi variasi pada gambar mata. Evaluasi menunjukkan bahwa aplikasi mampu mendeteksi katarak dengan akurasi yang memuaskan, sehingga berpotensi menjadi alat pencegahan dan penanganan dini katarak. Kesimpulannya, aplikasi ini memungkinkan deteksi katarak yang cepat dan efisien, meningkatkan aksesibilitas perawatan mata dan berkontribusi terhadap peningkatan kualitas hidup masyarakat secara keseluruhan dengan memberikan intervensi dini dan pilihan pengobatan.

Kata Kunci: Mata Katarak, Convolutional Neural Network, Deep Learning, , Tensorflow, Android

PENDAHULUAN

Mata merupakan bagian dari panca indra yang berperan penting bagi manusia karena berperan dalam kemampuan melihat. Gangguan atau penyakit pada mata dapat berdampak fatal seperti kebutaan, yang secara signifikan mengurangi kualitas hidup seseorang[1]. Seiring bertambahnya usia, fleksibilitas mata menurun, termasuk kejernihan dan kekuatan lensa mata. Komponen yang ada pada lensa mata yaitu air, serat, dan protein. Dimana, ketiganya dapat mengalami perubahan komposisi seiring waktu. Struktur serat protein dapat menggumpal dan membentuk noda pada lensa mata, yang merupakan karakteristik dari penyakit katarak. Katarak seringkali berkembang secara perlahan dan mungkin tidak mengganggu penglihatan secara signifikan pada tahap awal[2]. Katarak adalah kondisi pada mata di mana lensa mata menjadi mengeruh, yang mengakibatkan penglihatan menjadi kabur[3]. Di Indonesia, katarak merupakan penyebab 50% dari kasus kebutaan. Proporsi kasus katarak di Indonesia sendiri mencapai 2% dari total jumlah penduduk[4]. Dengan pesatnya perkembangan teknologi,

bidang kedokteran telah semakin membutuhkan dalam mengatasi berbagai gangguan yang dialami masyarakat. Tantangan kompleks dalam menganalisis penyakit oleh dokter telah mendorong pengembangan sistem pakar sebagai alat bantu dalam proses diagnostik. Sistem pakar digunakan untuk membantu ahli dalam mendiagnosa berbagai penyakit dengan lebih efisien dan akurat, mengurangi beban kerja serta meningkatkan ketepatan diagnosis medis[1].

Untuk menanggapi permasalahan tersebut, penelitian ini menawarkan solusi yang menggunakan teknologi metode cerdas untuk mengidentifikasi gambar sampah dengan memanfaatkan *mobile apps*. Ditemukan beberapa prosedur yang dapat digunakan dalam mengklasifikasikan gambar seperti Convolutional Neural Network (CNN), Support Vector Machine (SVM), dan K-means. Tetapi, di antara ketiganya, CNN adalah algoritma yang paling umum dan efektif digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan gambar secara akurat dalam berbagai aplikasi[5]. Metode Convolutional Neural Network (CNN) dapat dikatakan sebagai salah satu pendekatan dalam deep learning yang mengklasifikasikan data citra, ekstraksi fitur, dan pengenalan objek. Termasuk pada gambar resolusi tinggi yang memiliki model distribusi nonparametric.

Convolutional Neural Network dikembangkan melalui Multilayer Perceptron (MLP) khususnya untuk memproses data dua dimensi, menjadikannya cocok untuk analisis data gambar. Convolutional Neural Network merupakan bagian dari Deep Neural Network sebab mempunyai susunan lapisan yang cukup dalam dan kompleks, yang berbeda dengan MLP yang biasanya diterapkan pada data satu dimensi. Pada Convolutional Neural Network, masing-masing neuron direpresentasikan ke bentuk matriks dua dimensi, memungkinkan pengolahan data yang lebih kompleks dan representatif untuk tugas-tugas pengenalan objek dan klasifikasi citra[6].

CNN memang menjadi algoritma Deep Learning yang bermanfaat bagi pengembang, terutama dalam meningkatkan tingkat akurasi dengan menggunakan preprocessing yang tepat. Di sisi lain, Android sebagai platform yang ramah pengguna yang memiliki harga relatif rendah dan jumlah pengguna yang luas di seluruh dunia, memberikan potensi besar bagi pengembangan aplikasi seperti penerjemah bahasa isyarat. Aplikasi ini diharapkan bisa memberikan manfaat bagi masyarakat yang masih awam mengenai bahasa isyarat dalam melakukan komunikasi dengan seseorang yang tunawicara. Convolutional Neural Network digunakan untuk mengenali dan membedakan gambar-gambar, dan merupakan perkembangan dari Multi Layer Perception (MLP) yang didasari oleh sistem saraf dalam otak[7].

TINJAUAN PUSTAKA

Katarak

Katarak adalah kondisi di mana lensa mata mengalami kekeruhan sebagian atau sepenuhnya, menghalangi cahaya untuk melewati dengan baik. Akibatnya, penderita katarak mengalami gangguan pada penglihatan, yang menyebabkan pandangan menjadi kabur seperti tertutup kabut. Di sisi lain, pada mata sehat, lensa mata biasanya transparan tanpa keabu-abuan, memungkinkan cahaya untuk melewati lensa dengan baik sehingga penglihatan tidak terganggu. Perbedaan ini menunjukkan kondisi fisiologis yang berbeda antara mata yang mengalami katarak dan mata yang normal[8]. Fokus dari penelitian ini adalah untuk melakukan klasifikasi antara mata normal dan mata katarak. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan visual antara kedua kondisi tersebut berdasarkan analisis gambar mata.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data melalui Kaggle yaitu salah satu situs yang terkenal di dunia Data Science dan Machine Learning yang memiliki lebih dari 6000 dataset yang dapat diunduh dalam format CSV.

Deep Learning

Deep Learning adalah cabang khusus dari Machine Learning yang menggunakan jaringan saraf untuk meniru proses dan fungsi otak manusia. Istilah "deep" merujuk pada penggunaan beberapa lapisan tersembunyi dalam pemodelan, di mana setiap lapisan mengumpulkan informasi yang semakin abstrak dari data. Contohnya, satu lapisan mungkin mengidentifikasi tepi dalam gambar, sementara lapisan lainnya mengenali pola atau fitur yang lebih kompleks seperti tekstur atau objek tertentu. Salah satu teknik populer dalam deep learning adalah Convolutional Neural Network (CNN), yang dikembangkan khusus untuk mengolah citra menggunakan cara yang mirip dengan cara kerja visual manusia. [9].

Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan jenis jaringan saraf tiruan yang umum dipakai untuk memproses citra dengan tujuan mengidentifikasi dan memahami objek yang terdapat dalam citra tersebut. CNN dirancang untuk mengonversi data gambar menjadi array, seperti gambar berwarna yang terdiri dari 3 array 2D yang mewakili intensitas piksel pada tiga saluran warna. CNN memanfaatkan sifat alami dari sinyal visual seperti koneksi lokal, pembagian bobot (weight sharing), pooling, dan penggunaan multiple layers untuk menghasilkan representasi yang akurat dari data gambar. Empat model utama dalam pengolahan citra menggunakan CNN adalah Lapisan Konvolusi, Lapisan Pooling, Lapisan Dropout, dan Lapisan Fully Connected. [8][11]. Dalam Convolutional Neural Network (CNN),

ada beberapa lapisan yang krusial untuk memproses gambar. 1) Convolutional Layer menggunakan filter untuk mengidentifikasi karakteristik dari objek atau gambar, menghasilkan representasi linear dari input gambar tersebut. Lapisan ini menggunakan parameter seperti filter, stride, dan padding. Stride mengatur pergerakan filter di sepanjang input data, sedangkan padding menambahkan nilai di sekitar data input untuk mencegah kehilangan informasi yang signifikan. Selanjutnya, citra direduksi dengan mengambil nilai maksimum pada masing-masing grid (max pooling) untuk mengurangi ukuran data. Pencegahan overfitting dilaksanakan dengan Dropout Layer, yang secara acak menghilangkan sebagian unit selama pelatihan untuk mencegah ketergantungan pada fitur tertentu.

Akhirnya, Fully Connected Layer menggabungkan masing-masing neuron dalam lapisan sebelumnya untuk klasifikasi akhir. Pentingnya data pelatihan yang baik sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang akurat dalam CNN, di mana setiap layer memiliki peran unik dalam transformasi dan representasi data citra. [9] [12]. 2) ReLu Layer (Rectification Linear Unit) merupakan lapisan yang bermanfaat untuk mengidentifikasi nonlinearitas pada lapisan dan memaksimalkan representasi suatu model dimana hasil yang diperoleh berupa fitur yang sudah diperbaiki [9]. 3) Pooling. Susunan Pooling adalah bagian dalam yang digunakan untuk pengambilan data guna mengurangi ukuran pada fitur. Fitur yang sudah kemudian melewati bagian penggabungan agar memperoleh fitur yang telah disatukan. 4) Fully Connected Layer. Dalam bagian ini terkoneksi secara penuh pada setiap neurons yang berhubungan pada masing-masing mobilisasi yang sudah dipraktikkan pada bagian sebelumnya[9].

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Dataset

Dalam pengembangan sistem aplikasi deteksi mata katarak, hal pertama yang harus diterapkan adalah mengumpulkan dataset yang terdiri dari gambar-gambar mata, baik yang normal maupun yang mengalami katarak. Dataset ini kemudian diaplikasikan sebagai input untuk model dari TensorFlow Lite yang kemudian diproses oleh sistem. Dalam kajian ini, dataset yang digunakan berasal dari Kaggle, tepatnya dari URL berikut: <https://www.kaggle.com/datasets/nandanp6/cataract-image-dataset>.

Kaggle adalah sebuah platform yang mengkhususkan diri dalam bidang Machine Learning dan Data Science, menyediakan berbagai dataset terbuka yang dapat digunakan oleh para pengembang secara bebas.



Gambar 1. *Sample* dataset mata katarak

Pada gambar 1 terdapat beberapa contoh gambar dataset dari mata katarak yang diambil dari website kaggle.



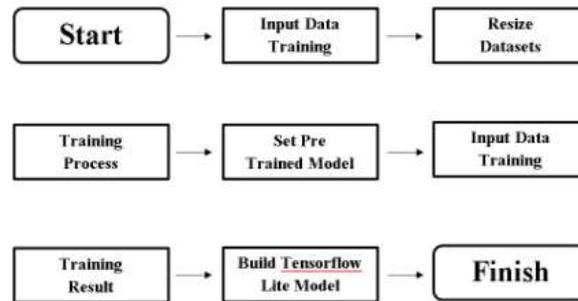
Gambar 2. *Sample* dataset mata normal

Pada gambar 2 terdapat beberapa contoh gambar dataset dari mata normal yang diambil dari website kaggle

Training Datasets

Tahap training datasets diartikan sebagai prosedur dalam tahap pengembangan model, dimana dalam datasets dimungkinkan untuk mendapatkan akurasi yang tinggi. Dalam proses ini datasets hendak dilakukan proses training yang memanfaatkan metode CNN. Percobaan training datasets dilaksanakan dengan menggunakan 1 Epoch dan 20 Epoch. Pre-trained Model akan dimanfaatkan pada tahap training, yang bertujuan untuk mendapatkan akurasi yang tinggi setelah proses training dilaksanakan. Pre-trained Model yang diaplikasikan pada tahap training adalah berjenis EfficientNet Lite4 yang merupakan turunan dari EfficientNet Lite. Bentuk dari EfficientNet Lite memang telah dibuat guna memperoleh performa yang bagus saat digunakan pada MobileCPU, GPU (Graphics Processing Unit), dan EdgeTPU. EfficientNet Lite mempunyai kelebihan yaitu bisa diaplikasikan pada perangkat mobile serta mempunyai 5 varian, yaitu EfficientNet Lite0 dengan latensi paling rendah, sampai EfficientNet Lite4 dengan kemampuan akurasi paling besar[10]. Di bawah ini merupakan proses training datasets sampai

pada pengembangan model Tensorflow Lite yang kemudian akan dilakukan deployment ke aplikasi Android.

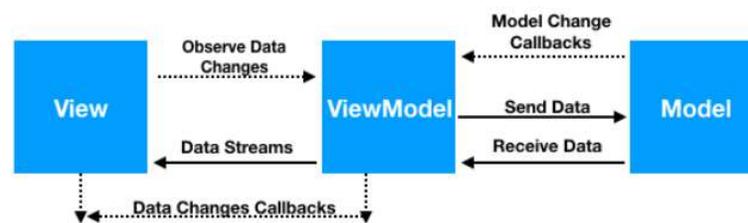


Gambar 3. Alur *training datasets*

Pada gambar 3 terdapat alur dari training datasets untuk mendapatkan model dari tensorflow lite.

Pengembangan Aplikasi Android

Setelah pembuatan model TensorFlow Lite selesai, langkah selanjutnya adalah mengembangkan aplikasi berbasis Android. Aplikasi ini akan dibuat menggunakan Android Studio dan akan menawarkan beberapa fitur, termasuk fitur login, register, forgot password, profile, about me, bookmarks, dan fitur deteksi untuk mengidentifikasi mata katarak atau mata normal. Fitur login, register, dan profile akan memakai layanan Firebase. Arsitektur pengembangan aplikasi ini akan mengikuti pola MVVM (Model-View-ViewModel). Pola arsitektur ini dipilih untuk memisahkan logika data dan presentasi agar tidak tergabung dalam satu activity. Dengan pemisahan ini, memudahkan dalam pemeliharaan proyek jika terjadi masalah di kemudian hari.

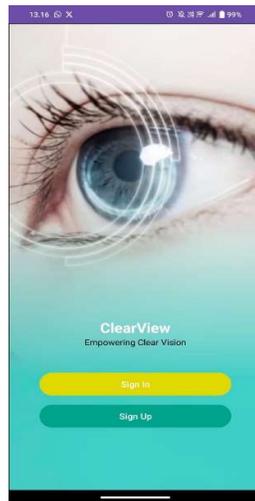


Gambar 4. Pola Arsitektur MVVM

HASIL DAN PEMBAHASAN

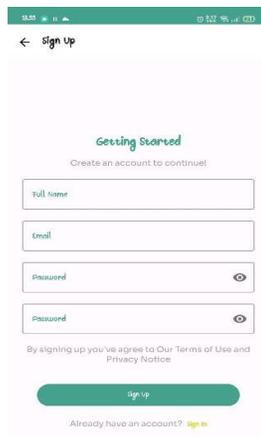
Hasil Pengembangan Aplikasi Android

Aplikasi pendeteksi katarak berbasis Android dikembangkan menggunakan Android Studio. Dibawah ini adalah beberapa tampilan user interface (UI) dari aplikasi yang dibuat dan dikembangkan oleh peneliti.



Gambar 5. Tampilan Awal

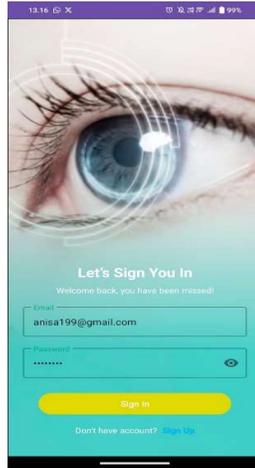
Gambar 5 menampilkan tampilan halaman utama saat aplikasi pertama kali dibuka. Pengguna disajikan dengan dua opsi: pertama, untuk "Sign In" bagi pengguna yang telah memiliki akun terdaftar, dan kedua, untuk "Sign Up" bagi pengguna yang belum memiliki akun dan perlu mendaftar terlebih dahulu sebelum dapat masuk ke dalam aplikasi.



Gambar 6. Tampilan *Sign Up*

Gambar 6 menampilkan tampilan halaman pendaftaran (*sign up*) di mana pengguna diminta untuk memasukkan nama lengkap, *email*, *password*, dan konfirmasi *password*. Di halaman ini,

pengguna dapat mengisi formulir dengan informasi yang diperlukan untuk membuat akun dalam aplikasi pendeteksi mata katarak.



Gambar 7. Tampilan *Sign In*

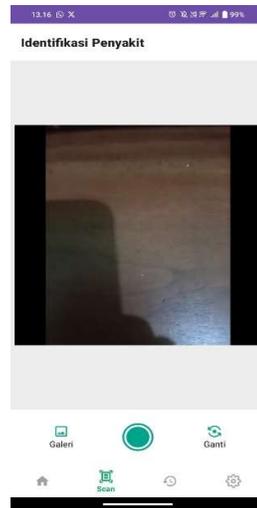
Gambar 7 menampilkan halaman *Sign In* yang digunakan untuk melakukan login dalam aplikasi pendeteksi mata katarak. Untuk melakukan login, pengguna memerlukan *email* dan kata sandi yang telah terdaftar lewat halaman *Sign Up* sebelumnya. Sesudah mengisi *email* dan kata sandi pada formulir yang disediakan, pengguna bisa mengklik tombol *Sign In* untuk masuk. Aplikasi kemudian akan memverifikasi data menggunakan layanan Firebase.

Pada halaman ini, ada fitur penting untuk keamanan kata sandi saat masuk, yaitu opsi untuk menyembunyikan kata sandi yang bisa diaktifkan melalui ikon mata di sebelah formulir *password*. Dibawah tombol *Sign In*, ada teks "*Don't have an account? Sign Up*", yang bisa digunakan untuk membuat akun baru. Ketika pengguna mengklik teks yang muncul, halaman *Sign In* akan mengarahkan ke halaman *Sign Up* untuk proses pendaftaran akun dalam aplikasi pendeteksi mata katarak.



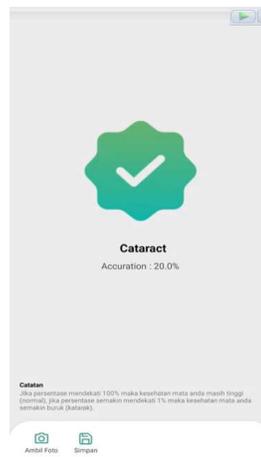
Gambar 8. Tampilan Halaman Beranda

Gambar 8 menampilkan halaman utama dari aplikasi pendeteksi mata katarak. Di halaman ini, terdapat informasi referensi mengenai mata katarak, termasuk definisi dari kondisi tersebut dan informasi terkait lainnya.



Gambar 9. Tampilan Halaman *Scan*

Gambar 9 menampilkan halaman *Scan*, yang menunjukkan fitur utama di aplikasi pendeteksi mata katarak. Tahapan deteksi dilaksanakan dengan mengarahkan mata ke kamera, selanjutnya hasil yang sudah dideteksi akan terlihat dalam bentuk teks dengan tingkat akurasi yang diperoleh. Kita juga dapat memilih gambar mata dari galeri ponsel dengan mengklik ikon galeri. Selain itu, arah kamera yang default memakai kamera depan dapat diubah ke kamera belakang dengan cara mengklik ikon kamera, sehingga kamera akan beralih ke mode kamera belakang.

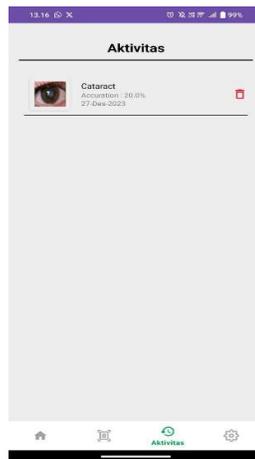


Gambar 10. Hasil Pemindaian Mata



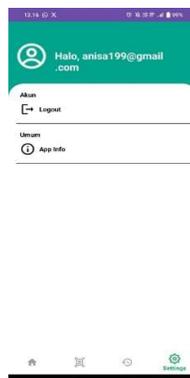
Gambar 11. Sampel mata

Gambar 10 menunjukkan deployment model TensorFlow Lite yang sudah dibuat sebelumnya. Pada halaman ini, model tersebut berhasil diimplementasikan dengan hasil akurasi sebesar 20% untuk mendeteksi mata katarak, menggunakan sampel mata pada gambar 11. Jika persentase hasil mendekati 100%, maka kondisi kesehatan mata yang terdeteksi masih baik (normal). Sebaliknya, jika persentase mendekati 1%, kondisi kesehatan mata yang terdeteksi semakin buruk (katarak).



Gambar 12. Tampilan Halaman Aktivitas

Gambar 12 menunjukkan tampilan halaman aktivitas, dimana disini akan disimpan dari hasil scan yang sudah dilakukan.



Gambar 12. Tampilan Halaman Pengaturan

Gambar 12 menampilkan halaman pengaturan, yang mencakup opsi log out dan informasi aplikasi.. Fungsi logout adalah fitur yang memungkinkan pengguna untuk keluar dari sesi atau akun yang sedang mereka gunakan pada suatu aplikasi. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan keamanan dan privasi pengguna dengan mengakhiri akses ke informasi dan fungsionalitas yang terkait dengan akun atau sesi tersebut setelah pengguna selesai menggunakan aplikasi. Fungsi "App Info" pada aplikasi adalah sebuah fitur yang memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi terkait dengan aplikasi yang sedang mereka gunakan.

Hasil Pengujian

Berbagai input diberikan ke dalam aplikasi atau sistem untuk pengujian, dan input tersebut diproses sesuai dengan persyaratan fungsionalnya untuk menghasilkan keluaran yang diharapkan. Berikutnya adalah pengujian Aplikasi Kerangka Kerja Utama untuk mendiagnosis penyakit mata.

Tabel 1. Pengujian Aplikasi Kerangka Kerja Utama

No	Halaman	Pengujian Yang Dilakukan	Hasil Yang Diinginkan	Hasil	Kesimpulan
1.	Menu Sign In	Masuk halaman sign in aplikasi	Menampilkan Halaman sign in aplikasi	Sukses	Valid
2.	Menu Sign Up	Masuk halaman sign up aplikasi	Menampilkan Halaman sign up aplikasi	Sukses	Valid
3.	Menu Forgot Password	Masuk halaman forgot password	Menampilkan Halaman Forgot Passwors	sukses	Valid
4.	Menu Home	Masuk halaman home aplikasi	Menampilan halaman home aplikasi	sukses	Valid
5.	Menu Scan	Masuk halaman scan aplikasi	Menampilkan halaman scan dan hasil hasil scan aplikasi	sukses	Valid
6.	Menu Aktivitas	Masuk halaman aktivitas	Menampilkan halaman aktivitas aplikasi	sukses	valid
7.	Menu Settings	Masuk halaman settings aplikasi	Menampilkan halaman settings aplikasi	sukses	valid

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model untuk memprediksi gambar mata katarak dengan memakai cara Convolutional Neural Network (CNN). Pengembangan

dilaksanakan dengan memanfaatkan Pre-Trained Model guna mencapai akurasi tinggi. Pre-Trained Model yang dipakai yaitu Efficient-Net Lite1, kemudia menghasilkan akurasi sampai 93% setelah 20 Epoch. Pengujian dilakukan menggunakan berbagai jumlah Epoch, dan hasil terbaik dicapai pada Epoch ke-20 dengan akurasi 93%, Training Loss 0.20, Validation Accuracy 93%, dan Validation Loss 0.22. Model yang memiliki akurasi tertinggi ini kemudian dilanjutkan menjadi model berbasis TensorFlow Lite untuk di-deploy pada aplikasi Android.

Aplikasi pendeteksi mata katarak ini dibangun menggunakan perancangan MVVM (Model-View-ViewModel), yang menghasilkan 10 halaman. Beberapa halaman tersebut meliputi Sign In, Sign Up, Forgot Password, Home, Scan, Aktivitas, serta Settings. Semua halaman berfungsi dengan baik, dan aplikasi ini menggunakan database online Firebase untuk halaman Sign In, Sign Up, Forgot Password, Home, Scan, Aktivitas, dan Settings. Meskipun masih dalam tahap pengembangan dan terdapat beberapa kekurangan seperti tampilan UI yang belum sempurna, diharapkan aplikasi ini dapat membantu masyarakat dalam melakukan deteksi dini mata katarak secara mandiri di rumah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas diberikan rahmat, petunjuk, serta kekuatan-Nya yang telah membimbing kami dalam melaksanakan penelitian ini. Keberadaan-Nya telah memberikan kami kekuatan dan ketenangan dalam menghadapi setiap tantangan yang ada. Kami bersyukur atas karunia-Nya yang tak terhingga yang telah mengizinkan kami untuk melaksanakan penelitian ini dengan sebaik-baiknya. Semoga hasil penelitian ini dapat menjadi wujud syukur dan pengabdian kami kepada-Nya serta bermanfaat bagi banyak orang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Permana, G. Pasek, S. Wijaya, and F. Bimantoro, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Mata Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Android (Android Based Expert System for Eye Diseases Diagnosis using Certainty Factor)." [Online]. Available: <http://jcosine.if.unram.ac.id/>
- [2] R. Dwi Auliannisa and F. S. Yosef Suratman, "Deteksi Katarak Menggunakan Metode Transformasi Hough Berbasis Android Cataract Detection Using Hough Transform Method Based on Android".
- [3] N. A. Gifran, I. R. Magdalena, R. Yunendah, and N. Fuadah, "Klasifikasi Katarak Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform Dan Support Vector Machine Classification Of Cataract Using Discrete Wavelet Transform And Support Vector

- Machine.” [Online]. Available: <http://pengolahancitradansuara.blogspot.com/2015/09/representasi-citra-digital.html>
- [4] N. A. Fardana, D. S. Rusdianto, and L. Fanani, “Pembangunan Aplikasi Pendaftaran Operasi Penderita Katarak (Studi Kasus: Rumah Sakit Larasati Pamekasan),” 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [5] Rima Dias Ramadhani, A. Nur Aziz Thohari, C. Kartiko, A. Junaidi, T. Ginanjar Laksana, and N. Alim Setya Nugraha, “Optimasi Akurasi Metode Convolutional Neural Network untuk Identifikasi Jenis Sampah,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 2, pp. 312–318, Apr. 2021, doi: 10.29207/resti.v5i2.2754.
- [6] M. Harahap, Em Manuel Laia, Lilis Suryani Sitanggang, Melda Sinaga, Daniel Franci Sihombing, and Amir Mahmud Husein, “Deteksi Penyakit Covid-19 Pada Citra X-Ray Dengan Pendekatan Convolutional Neural Network (CNN),” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 6, no. 1, pp. 70–77, Feb. 2022, doi: 10.29207/resti.v6i1.3373.
- [7] M. Sholawati, K. Auliasari, and F. X. Ariwibisono, “Pengembangan Aplikasi Pengenalan Bahasa Isyarat Abjad Sibi Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN),” 2022.
- [8] A. Performansi, S. Deteksi, K. Riski, and W. Hutabri, “Perancangan Sistem Deteksi Katarak Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA) Dan Knearest Neighbor (K-NN) Analisis Performansi Sistem Deteksi Katarak,” 2018.
- [9] F. Ramadhani, A. Satria, and S. Salamah, “Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network dalam Mengidentifikasi Dini Penyakit pada Mata Katarak,” *sudo Jurnal Teknik Informatika*, vol. 2, no. 4, pp. 167–175, Dec. 2023, doi: 10.56211/sudo.v2i4.408.
- [10] Renjie Liu, “Higher accuracy on vision models with EfficientNet-Lite,” TensorFlow Lite. Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <https://blog.tensorflow.org/2020/03/higher-accuracy-on-vision-models-with-efficientnet-lite.html>