TEKNIK AUGMENTASI DAN MODIFIKASI ARSITEKTUR *XCEPTION DENSE LAYER* PADA CITRA RETINA UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT *GLAUCOMA*

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Matematika pada Fakultas MIPA

Oleh:

MUHAMMAT RIO HALIM

08011281823114

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

TEKNIK AUGMENTASI DAN MODIFIKASI ARSITEKTUR *XCEPTION DENSE LAYER* PADA CITRA RETINA UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT *GLAUCOMA*

DRAFT SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika

Oleh

MUHAMMAT RIO HALIM
NIM. 08011281823114

Indralaya, Maret 2022

Pembimbing Kedua	Pembimbing Utama
Dr. Bambang Suprihatin, M.Si	**Anita Desiani, S.Si., M.Kom**
NIP. 197101261994121001	**NIP. 197712112003122002**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Drs. Sutrandi Yahdin, M.M
NIP. 195807271986031003

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang Bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammat Rio Halim

NIM : 08011281823114

Fakultas / Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam / Matematika

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kersarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari Skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Indralaya. Oktober 2022

Penulis

Muhammat Rio Halim

NIM. 08011281823114

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai Civitas Akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammat Rio Halim

NIM : 08011281823114

Fakultas / Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam / Matematika

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "Teknik Augmentasi dan Modifikasi Arsitektur Xception Dense Layer pada Citra Retina untuk Klasifikasi Penyakit Glaucoma" dengan hak bebas royalty non-eklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihkan, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya. Oktober 2022

Penulis

Muhammat Rio Halim

NIM. 08011281823114

LEMBAR PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini untuk:

Yang Maha Kuasa Allah Subhanahu Wa Ta'ala,

Orang tuaku tersayang,

Kedua adik laki-lakiku,

Keluarga besarku,

Semua dosen dan guruku,

Sahabat-sahabatku,

Almamaterku

Motto

"*Do your best and let God do the rest*"

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Penerapan Augmentasi dan Modifikasi Arsitektur *Xception Dense Layer* untuk Klasifikasi Penyakit *Glaucoma* pada Citra Retina**" sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains bidang studi Matematika di Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa proses pembuatan skripsi ini merupakan proses pembelajaran yang sangat berharga serta tak lepas dari kekurangan dan keterbatasan. Dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tuaku tercinta, **Edi Junaidi dan Cindi Kiawan**, yang tak pernah lelah mendidik, menasehati, membimbing, mendukung dan terus mendoakan anaknya. Terima kasih atas segala perjuangan dan pengorbanan hingga detik ini dan sampai kapanpun.
2. Kedua adikku tersayang, **Muhammat Riki Halim** dan **Muhammat Rangga Halim**, terima kasih telah mendoakan, memberi semangat dan selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih juga kepada keluarga besarku yang selalu mendukungku.
3. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan arahan serta memotivasi kepada penulis selama proses perkuliahan . Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, M.Si** selaku

Sekretaris Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah mengarahkan urusan akademik kepada penulis. Ibu **Eka Susanti, M.Sc** selaku pembimbing akademik yang memberikan arahana, nasehat dan bantuan dalam urusan akademik selama perkuliahan.

4. Ibu **Anita Desiani, M.Kom** selaku dosen pembimbing utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan, pengarahan, dan didikan berharga selama proses pembuatan skripsi, perlombaan dan perjalanan dalam perkuliahan ini. Bapak **Dr. Bambang Suprihatin, M.Si** selaku dosen pembimbing kedua yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, nasehat untuk memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses pembuatan skripsi ini hingga selesai. Ibu **Sri Indra Maiyanti, M.Si** dan Ibu **Endang Sri Kresnawati M.Si** selaku dosen pembahas dan penguji yang telah memberikan tanggapan, kritik, dan saran yang sangat bermanfaat untuk perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh **Dosen di Jurusan Matematika FMIPA** yang telah memberikan ilmu, nasihat, motivasi, serta bimbingan selama proses perkuliahan.
6. Pak **Irwansyah** selaku admin dan Ibu **Hamidah** selaku pegawai tata usaha Jurusan Matematika FMIPA yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
7. Semua **sahabat – sahabatku dalam masa perkuliahan dan perskripsian serta sahabat dekatku**, terima kasih sudah menjadi orang-orang yang selalu mendukung, membantu dengan tulus, memberi semangat, dan memberi saran dan masukkan selama proses pembuatan skripsi ini.
8. **Keluarga Matematika 2018**, **Asisten Laboratorium Komputasi 2019/2021** dan **2020/2021**, dan **rekan-rekan perlombaan** selama perkuliahan.

9. Kakak-kakak tingkat **angkatan 2016** dan **2017 bidang minat komputasi** yang telah banyak membantu serta berbagi ilmu selama proses skripsi. Kakak-kakak tingkat **angkatan 2016** dan **2017** serta adik-adik tingkat **angkatan 2019** ,**2020** dan **2021** terima kasih atas segala kebaikan dan bantuan.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan terbaik dari Allah.

Semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Matematika Fakultas dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya dan semua pihak yang memerlukan.

Indralaya, Maret 2022

Penulis

AUGMENTATION TECHNIQUE AND MODIFICATION XCEPTION DENSE LAYER ARCHITECTURE ON RETINA IMAGE FOR CLASSIFICATION OF GLAUCOMA

By:

Muhammat Rio Halim
08011281823114

ABSTRACT

The deep learning method that is often used in segmentation and classification and can handle input data in the form of images is Convolutional neural network (CNN). The application of CNN is widely used in image data, one of which is in the classification of glaucoma using retinal images. Glaucoma is a chronic neurological disease of the human eye in which the nerves that connect the eye to the brain are damaged gradually causing vision loss to blindness. CNN architecture has been widely used in classification problems, CNN architectures require large amounts of data in the training process. The technique that can be used to reproduce data is Augmentation. CNN has an architecture that increases computational efficiency, namely Xception, but Xception takes advantage of the skip connection feature which causes a lot of important information from the previous layer to be missed or lost. The addition of a solid layer at the end of the model will allow the Xception architecture to store past and current information for a long time. This research applies the augmentation and modification of the Xception Dense Layer architecture to meet the data needs and obtain a CNN architecture that is able to improve the performance of the Xception architecture. The stages of research carried out include other data collection, pre-processing data, training, testing, evaluation, analysis and interpretation of results, and drawing conclusions. Augmentation technique is able to increase the amount of data with a total of 7,300 retinal image data. The results of accuracy, sensitivity, specificity, and F1-score obtained results of 87.58%, 81.43%, 90.73%, and 81.37%, respectively. These results indicate that the application of augmentation and modification of the Xception Dense Layer architecture works well in the classification of glaucoma using retinal images.

Keywords : Augmentation , Glaucoma, Dense Layer, and Modified Xception

TEKNIK AUGMENTASI DATA DAN MODIFIKASI ARSITEKTUR *XCEPTION DENSE LAYER* PADA CITRA RETINA UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT *GLAUCOMA*

Oleh:

Muhammat Rio Halim
08011281823114

ABSTRAK

Metode *deep learning* yang sering digunakan dalam segmentasi maupun klasifikasi dan dapat menangani data *input* berbentuk gambar adalah *Convolutional neural network* (CNN). Penerapan CNN banyak digunakan pada data gambar, salah satunya adalah pada klasifikasi penyakit *glaucoma* menggunakan citra retina . *Glaucoma* adalah penyakit saraf kronis pada mata manusia dimana saraf yang menghubungkan mata ke otak rusak secara bertahap yang menyebabkan kehilangan penglihatan hingga kebutaan. Arsitektur CNN telah banyak digunakan dalam masalah klasifikasi, arsitektur-arsitektur pada CNN memerlukan jumlah data yang banyak dalam proses training. Teknik yang dapat digunakan dalam memperbanyak data adalah dengan Augmentasi. CNN memiliki arsitektur yang meningkatkan proses efisiensi komputasi yaitu *Xception*, namun *Xception* memanfaatkan fitur *skip connection* yang menyebabkan banyak informasi yang penting dari lapisan sebelumnya terlewatkan atau hilang. Penambahan *dense layer* dibagian akhir model akan membuat arsitektur *Xception* dapat menyimpan informasi spasial sebelumnya dan saat ini dalam jangka waktu lama. Penelitian ini menerapkan augmentasi dan modifikasi arsitektur *Xception Dense Layer* untuk memenuhi kebutuhan data dan dan memperoleh arsitektur CNN yang mampu memperbaiki kinerja pada arsitektur Xception. Tahapan penelitian yang dilakukan antara lain pengumpulan data, *preprocessing* data, *training*, *testing*, evaluasi, analisis dan interpretasi hasil, serta pengambilan kesimpulan. Teknik Augmentasi mampu menambah jumlah data dengan total 7300 data citra retina. Hasil kinerja akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *F1-score* mendapatkan hasil masing-masing sebesar 87,58%, 81,43%, 90,73%, dan 81,37%. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan augmentasi dan modifikasi arsitektur *Xception Dense Layer* bekerja dengan baik dalam klasifikasi penyakit *glaucoma* menggunakan citra retina.

Kata Kunci : Augmentasi, *Glaucoma*, *Dense Layer*, dan Modifikasi *Xception*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSEMBAHAN ..... **ii**
KATA PENGANTAR ..... **iiv**
ABSTRACT ..... **vii**
ABSTRAK ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **iix**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 5
1.2 Perumusan Masalah 5
1.3 Pembatasan Masalah 5
1.4 Tujuan 5
1.5 Manfaat 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1. Retina 6
2.2. Citra Digital 6
2.3. Perbaikan Citra 7
2.4.Augmentasi Data 8
2.5 Klasifikasi Citra 8
2.6. *Convolutional Neural Network* (CNN) 9
2.6.1. *Convolutional Layer* 9
2.6.2. Fungsi Aktivasi 12
2.6.3. *Batch Normalization* 13
2.6.4. *Pooling Layer* 14
2.4.6. *Concatenate Layer* 15
2.4.7. *Loss Function Categorical Cross Entrophy* 16
2.4.8 *Optimization Function: Adaptive Moment Estimation* 16
2.7. *Depthwise Separable Convolution* 17
2.8. *Xception* 18
2.9. *Dense Layer* 19
2.10. *Confusion Matrix* 19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **23**
3.1 Tempat 23
3.2 Waktu 23
3.3 Alat 23
3.4 Metode Penelitian 23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....Error! Bookmark not defined.
4.1 Deskripsi Data .....**Error! Bookmark not defined.**
4.2 Augmentasi Data 30
4.3 *Preprocessing* Data 31

4.4 Operasi Manual pada *Convolutional Neural Network* (CNN) ... **Error! Bookmark not defined.**
4.5 Arsitektur *Modified Xception Dense Layer* 46
4.6 *Training* .....**Error! Bookmark not defined.**
4.7 *Testing* 52
4.8 Evaluasi .....**Error! Bookmark not defined.**
4.9 Analisa dan Interpretasi Hasil .....**Error! Bookmark not defined.**
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 67
5.1 Kesimpulan.....**Error! Bookmark not defined.**
5.2 Saran .....**Error! Bookmark not defined.**
DAFTAR PUSTAKA 68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kategori Evaluasi Kinerja Model 22
Tabel 4.1 Data Sampel Citra. 29
Tabel 4.2. Contoh Citra Augmentasi 30
Tabel 4.3. *Confusion Matrix Multiclass* dari Proses *Testing* 46
Tabel 4.4. Perbandingan Hasil Evaluasi Kinerja dengan Penelitian Lain 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Representasi Citra Digital 7
Gambar 2.2. Ilustrasi *Convolutional Layer*.....10
Gambar 2.3. Ilustrasi *Max Pooling* 13
Gambar 2.4. Ilustrasi *Concatenate Layer* 14
Gambar 2.5. Ilustrasi *Depthwise Separable Convolution*.....17
Gambar 2.6. Ilustrasi Arsitektur *Xception* 18
Gambar 2.7. *Confusion Matrix Multiclass*.....20
Gambar 3.1. Citra Hasil *Augmentasi Flipping Image*.....24
Gambar 3.2. Citra Hasil *Augmentasi Rotation Image*.....25
Gambar 3.3. Perbandingan Hasil masing-masing Citra.....31
Gambar 4.1. Citra Hasil *Preprocessing* 32
Gambar 4.2. Proses Partisi Matriks *Max Pooling*.....40
Gambar 4.3. Hasil Proses *Concatenate Layer* 41
Gambar 4.4. Arsitektur *Modified Xception Dense Layer*.....46
Gambar 4.5. Blok *Entry Flow* Arsitektur *Modified Xception Dense Layer*.....47
Gambar 4.6. Blok *Middle Flow* Arsitektur *Modified Xception Dense Layer* 48
Gambar 4.7. Blok *Exit Flow* Arsitektur *Modified Xception Dense Layer* 48
Gambar 4.8. Hasil *Training* Model Arsitektur *U-Net Residual Block*.....50
Gambar 4.9. Grafik Akurasi Proses *Training* 51
Gambar 4.10. Grafik *Loss* Proses *Training* .....

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Retina adalah lapisan yang sangat tipis dari bagian dalam belakang mata yang mengandung jutaan sel saraf atau *fotoreseptron* yang bereaksi terhadap cahaya. Sel saraf ini mengirimkan impuls ke saraf optik dan berubah menjadi gambar yang dapat kita lihat (Maison *et al*., 2019). Umumnya struktur retina terdiri dari beberapa bagian diantaranya adalah *optic disc*, pembuluh darah, *fovea* dan *macula* (Rajesh *et al*., 2020).

Optic disc adalah bagian diakson saraf *optic* retina tempat masuk dan keluarnya saraf pada mata. Pada *optic disc* terdapat bagian tengah terang yang disebut *optic cup*. Struktur pada *optic cup* dapat mendeteksi berbagai penyakit mata salah satunya sebagai parameter utama untuk mendeteksi penyakit *glaucoma* (Naik & Mariappan, 2016). *Glaucoma* merupakan penyakit saraf kronis pada mata manusia dimana saraf yang menghubungkan mata ke otak rusak secara bertahap yang menyebabkan kehilangan penglihatan hingga kebutaan (Akram *et al*., 2015).

Pendeteksian dan pengobatan *glaucoma* tepat waktu sangat penting untuk menyelamatkan penglihatan manusia (Akram *et al*., 2015). Selama ini pendeteksian *glaucoma* dilakukan pengamatan secara langsung oleh dokter spesialis mata melalui citra retina yang diambil dari kamera khusus untuk retina yang disebut kamera fundus. Dengan melakukan pengamatan secara langsung hal ini dianggap kurang efektif karena membutuhkan waktu yang lama dan mungkin saja terjadi

kesalahan dalam pengamatannya (Fleishman & Rosen, 2019.). Berdasarkan pengamatan tersebut, para peneliti melakukan suatu sistem otomatis dengan bantuan komputer yang bisa mempermudah dokter spesialis mata untuk mendiagnosa *glaucoma* agar dapat diidentifikasi secara akurat *(Septiarini et al*., 2018). Salah satu sistem otomatis dalam mendeteksi *glaucoma* adalah klasifikasi. Klasifikasi adalah proses penentuan kategori atau label terhadap suatu objek yang telah terdefinisikan sebelumnya berdasarkan model tertentu (Deng *et al*., 2016).

Beberapa penelitian untuk mendeteksi *glaucoma* secara otomatis adalah dengan melakukan klasifikasi menggunakan metode *Deep Learning* (DL). DL bisa mendeteksi pola dari data yang diberikan kepada model secara otomatis seperti membuat keputusan atau prediksi berdasarkan data (Soomro *et al.*, 2019). Salah satu metode DL yang digunakan untuk klasifikasi karena dapat menangani input data yang bertipe $m\,x\,n$ seperti data citra retina adalah *Convolutional Neural Netwowk* (CNN) (Rizwan I Haque & Neubert, 2020). Metode CNN memiliki banyak arsitektur yang sering digunakan untuk klasifikasi *glaucoma*, salah satunya arsitektur *Extreme Inception (Xception)*.

Xception merupakan arsitektur CNN yang meningkatkan efisiensi pada proses komputasi. *Xception* memiliki *depthwise separable convolution* dan koneksi residual dalam arsitekturnya sehingga arsitektur ini memiliki yaitu parameter yang kecil dan efisien secara komputasi (Liu *et al.*, 2020; Kandel and Castelli, 2021). *Xception* memiliki 36 lapisan konvolusi untuk mengekstrak fitur penting, melakukan konvolusi satu per satu dan kemudian pindah ke saluran *depthwise spatial convolution* (Chollet, 2017) . Beberapa penelitian telah menunjukkan hasil

kinerja yang sangat baik pada klasifikasi citra menggunakan *Xception* diantaranya Shallu Sharma & Kumar (2021) menerapkan model *Xception* untuk klasifikasi histologi kanker payudara mendapatkan akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *F1-Score* masing-masing sebesar 96,25%, 96,0%, 96,0%, dan 96,5% . Kemudian Bansal (2020) menerapkan model *Xception* untuk mengklasifikasikan *citra X-Ray* untuk mendeteksi virus *Covid-19* menghasilkan akurasi sebesar 94%, sensitivitas sebesar 86%, dan spesifisitas sebesar 100%. Terlihat bahwa kedua penelitian tersebut sudah memberikan hasil yang sangat baik tetapi tidak menghitung nilai evaluasi kinerja lain seperti *cohens kappa*.

Arsitektur *Xception* memiliki dua kelemahan yaitu pertama, membutuhkan data yang banyak untuk dapat melatih semua parameternya (Kandel and Castelli, 2021). Keterbatasan jumlah data ini dapat diatasi dengan melakukan augmentasi. Augmentasi data merupakan suatu proses dalam pengolahan data gambar yang mengubah gambar menjadi data baru tanpa menghilangkan ataupun mengubah inti dari gambar (Soomro *et al*., 2019). Terdapat beberapa fitur metode dalam proses augmentasi diantaranya *rotation image* dan *flipping image*. Kedua, *Xception* memanfaatkan fitur *skip connection* yaitu fitur yang menyarankan melewati beberapa layer pada CNN pada arsitekturnya agar model tidak *overfitting* tetapi fitur *skip connection* ini mengakibatkan banyak fitur-fitur dan informasi yang penting dari lapisan sebelumnya terlewatkan atau hilang (Wu *et al.*, 2020). Fitur *skip connection* yang menyebabkan banyak informasi pada lapisan sebelumnya terlewatkan atau hilang ini dapat diatasi dengan melakukan modifikasi pada arsitektur Xception. Modifikasinya yaitu dengan menambah *dense layer* dibagian

akhir model untuk menggabungkan output dari blok sebelumnya dan blok yang akan datang sehingga dapat menyimpan informasi spasial sebelumnya dan saat ini dalam jangka waktu lama (Hanson *et al*., 2019).

Beberapa penelitian menggunakan teknik augmentasi dan modifikasi arsitektur *Xception* telah dilakukan sebelumnya, Kassani *et al.* (2019) menggunakan modifikasi arsitektur *Xception* untuk mengklasifikasi penyakit *diabetic retinopathy* memperoleh nilai akurasi sebesar 83,09%, sensitivitas sebesar 88,24%, dan spesifisitas sebesar 87,00%. Rahimzadeh & Attar (2020) menerapkan augmentasi dan modifikasi *Xception-ResNet50* untuk klasifikasi penyakit *pneumonia* dan *covid-19* menggunakan citra *X-Ray* mendapatkan rata-rata nilai akurasi, spesifisitas dan sensitivitas berturut-turut sebesar 91,4%, 90,54% dan 91,53%. (Singh *et al*., 2020) menerapkan augmentasi dan modifikasi *Xception-Net* untuk klasifikasi penyakit covid-19 mendapatkan rata-rata nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas dan F1-Score masing-masing diatas 95%. Terlihat pada penelitian diatas bahwa hasil yang didapatkan menggunakan augmentasi dan modifikasi arsitektur *Xception* sudah sangat baik dalam melakukan klasifikasi, namun untuk nilai kinerja evaluasi yang lain seperti *cohens kappa* tidak dihitung.

Berdasarkan kemampuan dan kelemahan dari arsitektur *Xception*, maka pada penelitian ini berfokus untuk menerapkan teknik augmentasi untuk mengatasi keterbatasan data dan modifikasi arsitektur *Xception dense layer* pada klasifikasi penyakit *glaucoma*. Agar mendapatkan hasil klasifikasi yang lebih akurat yaitu nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1-score*, dan *cohens kappa*.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana menerapka teknik augmentasi data untuk mengatasi keterbatasan data dan modifikasi arsitektur *Xception Dense Layer* pada klasifikasi penyakit *glaucoma* dengan mengukur hasil kinerja berdasarkan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas, *F1-score* dan *cohens kappa*.

1.3 Pembatasan Masalah

1. Penelitian ini hanya akan membahas klasifikasi penyakit *glaucoma* yang terdiri dari 3 kelas yaitu normal, *glaucoma* tahap awal dan *glaucoma* tahap lanjutan tanpa membahas proses perbaikan citra dan segmentasi pada citra.
2. Evaluasi Kinerja model untuk klasifikasi hanya akan mengukur kinerja akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1-score* dan *cohens kappa.*

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menerapkan teknik augmentasi data dan modifikasi arsitektur *Xception Dense Layer* pada klasifikasi penyakit *glaucoma* dengan mengukur hasil nilai kinerja berdasarkan akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1-score* dan *cohens kappa* yang akurat.

1.5 Manfaat

1. Dapat membantu para dokter dan pihak medis dalam mendeteksi penyakit *glaucoma* tahap awal dan lanjutan dengan efisien dan akurat.
2. Dapat menjadi referensi bagi pihak yang nantinya akan melakukan penelitian mengenai klasifikasi penyakit *glaucoma*.

DAFTAR PUSTAKA

Ahn, J. M., Kim, S., Ahn, K. S., Cho, S. H., Lee, K. B., & Kim, U. S. (2018). A deep learning model for the detection of both advanced and early glaucoma using fundus photography. *PLoS ONE*, *13*(11), 1–8. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207982

Akram, M. U., Tariq, A., Khalid, S., Javed, M. Y., Abbas, S., & Yasin, U. U. (2015). Glaucoma detection using novel optic disc localization, hybrid feature set and classification techniques. *Australasian Physical and Engineering Sciences in Medicine*, *38*(4), 643–655. https://doi.org/10.1007/s13246-015-0377-y

Bansal, N. (2020). *Classification Of X-ray Images For Detecting Covid-19 Using Deep Transfer Learning*. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-32247/v1

Bhardwaj, C., Jain, S., & Sood, M. (2021). Diabetic retinopathy severity grading employing quadrant-based Inception-V3 convolution neural network architecture. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, *31*(2), 592–608. https://doi.org/10.1002/ima.22510

Cardarilli, G. C., Di Nunzio, L., Fazzolari, R., Giardino, D., Nannarelli, A., Re, M., & Spanò, S. (2021). A pseudo-softmax function for hardware-based high speed image classification. *Scientific Reports*, *11*(1), 1–10. https://doi.org/10.1038/s41598-021-94691-7

Chen, H., Yang, Y., & Zhang, S. (2020). Learning Robust Scene Classification Model with Data Augmentation Based on Xception. *Journal of Physics: Conference Series*, *1575*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1575/1/012009

Chicco, D., Warrens, M. J., & Jurman, G. (2021). The Matthews Correlation Coefficient (MCC) is More Informative Than Cohen's Kappa and Brier Score in Binary Classification Assessment. *IEEE Access*, *9*(Mcc), 78368–78381. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3084050

Chollet, F. (2017). Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions. *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017*, *2017-Janua*, 1800–1807. https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.195

De Moura Lima, A. C., Maia, L. B., Pinheiro Pereira, R. M., Junior, G. B., Dallyson Sousa De Almeida, J., & De Paiva, A. C. (2018). Glaucoma Diagnosis over

Eye Fundus Image through Deep Features. *International Conference on Systems, Signals, and Image Processing*, *2018-June*, 1–5. https://doi.org/10.1109/IWSSIP.2018.8439477

Deng, X., Liu, Q., Deng, Y., & Mahadevan, S. (2016). An improved method to construct basic probability assignment based on the confusion matrix for classification problem. *Information Sciences*, *340–341*, 250–261. https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.01.033

Desiani, A., Suprihatin, B., Yahdin, S., Putri, A. I., & Husein, F. R. (2021). Bi - path Architecture of CNN Segmentation and Classification Method for Cervical Cancer Disorders Based on Pap - smear Images. *IAENG International Journal of Computer Science*, *48*(3), 37.

Dong, K., Zhou, C., Ruan, Y., & Li, Y. (2020). MobileNetV2 Model for Image Classification. *Proceedings - 2020 2nd International Conference on Information Technology and Computer Application, ITCA 2020*, 476–480. https://doi.org/10.1109/ITCA52113.2020.00106

Fleishman, E. A., & Rosen, N. (n.d.). *Cause , Prediction , and Reduction SERIESIN APPLIED PSYCHOLOGY*. CRC Press.

Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2009). *Digital image processing using matlab*. Gatesmark Publishing.

Guo. (2017). *2017 IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA 2017) : March 10-12, 2017, Beijing, China*. 721–724.

Guo, Y., Li, Y., Wang, L., & Rosing, T. (2019). Depthwise convolution is all you need for learning multiple visual domains. *33rd AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2019, 31st Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference, IAAI 2019 and the 9th AAAI Symposium on Educational Advances in Artificial Intelligence, EAAI 2019*, 8368–8375. https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33018368

Hanson, A. *et al.* (2019) „Bidirectional convolutional LSTM for the detection of violence in videos", *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11130 LNCS, pp. 280–295. doi: 10.1007/978-3-030- 11012-3_24.

Ho, Y., & Wookey, S. (2020). The real world weight cross-entropy loss function:

modeling the costs of mislabeling. *IEEE Access*, *8*, 4806–4813. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2962617

Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M., & Adam, H. (2017). *MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications*. http://arxiv.org/abs/1704.04861

Ioffe, S., & Szegedy, C. (2015). Batch normalization: accelerating deep network training by reducing internal covariate shift. *Proceedings of the 32 Nd International Conference on Machine Learning*, *37*, 448–456.

Khan, A., Sohail, A., Zahoora, U., & Qureshi, A. S. (2020). A survey of the recent architectures of deep convolutional neural networks. In *Artificial Intelligence Review* (Vol. 53, Issue 8). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/s10462-020-09825-6

Kingma, D. P., & Ba, J. L. (2015). Adam: a method for stochastic optimization. *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*, 1–15.

Krüger, F. (2018). Activity, context, and plan recognition with computational causal behaviour models. *ResearchGate*, *August*.

Li, Q., Cai, W., Wang, X., Zhou, Y., Feng, D. D., & Chen, M. (2014). *Medical image classification with convolutional neural network*. *2014*(December), 10–12.

Liu, H., Yue, K., Cheng, S., Pan, C., Sun, J., & Li, W. (2020). Hybrid model structure for diabetic retinopathy classification. *Journal of Healthcare Engineering*, *2020*. https://doi.org/10.1155/2020/8840174

Luque, A., Carrasco, A., Martín, A., & de las Heras, A. (2019). The impact of class imbalance in classification performance metrics based on the binary confusion matrix. *Pattern Recognition*, *91*, 216–231. https://doi.org/10.1016/j.patcog.2019.02.023

Maison, Lestari, T., & Luthfi, A. (2019). Retinal Blood Vessel Segmentation using Gaussian Filter. *Journal of Physics: Conference Series*, *1376*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1376/1/012023

Mishra, S., Vanli, O. A., Huffer, F. W., & Jung, S. (2016). Regularized discriminant analysis for multi-sensor decision fusion and damage detection with Lamb waves.

Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2016, *9803*(March), 98032H. https://doi.org/10.1117/12.2217959

Naik, B. B., & Mariappan, R. (2016). Classification of Eye Diseases Using Optic Cup Segmentation and Optic Disc Ratio. *IOSR Journal of Computer Engineering*, *18*(05), 87–94. https://doi.org/10.9790/0661-1805038794

National, G., & Pillars, H. (n.d.). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title*.

Rahimzadeh, M., & Attar, A. (2020). A modified deep convolutional neural network for detecting COVID-19 and pneumonia from chest X-ray images based on the concatenation of Xception and ResNet50V2. *Informatics in Medicine Unlocked*, *19*, 100360. https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100360

Rajesh, I. S., Arikerie, B. M., & Reshmi, B. M. (2020). A review on automatic identification of fovea in retinal fundus images. *International Journal of Medical Engineering and Informatics*, *12*(2), 169–179. https://doi.org/10.1504/IJMEI.2020.106900

Review, C. A., Kandel, I., & Castelli, M. (2021). *applied sciences Transfer Learning with Convolutional Neural Networks for Diabetic Retinopathy Image*.

Rizwan I Haque, I., & Neubert, J. (2020). Deep learning approaches to biomedical image segmentation. *Informatics in Medicine Unlocked*, *18*, 100297. https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100297

Santra, A. K., & Christy, C. J. (2012). Genetic algorithm and confusion matrix for document clustering. *International Journal of Computer Science Issues*, *9*(1), 322–328.

Septiarini, A., Khairina, D. M., Kridalaksana, A. H., & Hamdani, H. (2018). Automatic glaucoma detection method applying a statistical approach to fundus images. *Healthcare Informatics Research*, *24*(1), 53–60. https://doi.org/10.4258/hir.2018.24.1.53

Serener, A., & Serte, S. (2019). Transfer learning for early and advanced glaucoma detection with convolutional neural networks. *TIPTEKNO 2019 - Tip Teknolojileri Kongresi*, 1–4. https://doi.org/10.1109/TIPTEKNO.2019.8894965

Sharma, Shallu, & Kumar, S. (2021). The Xception model: A potential feature extractor

in breast cancer histology images classification. *ICT Express*, *xxxx*. https://doi.org/10.1016/j.icte.2021.11.010

Sharma, Siddharth, Sharma, S., & Athaiya, A. (2020). Activation functions in neural networks. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, *04*(12), 310–316. https://doi.org/10.33564/ijeast.2020.v04i12.054

Shi, J., Dang, J., Cui, M., Zuo, R., Shimizu, K., Tsunoda, A., & Suzuki, Y. (2021). Improvement of damage segmentation based on pixel-level data balance using VGG-UNet. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(2), 1–17. https://doi.org/10.3390/app11020518

Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning. *Journal of Big Data*, *6*(1). https://doi.org/10.1186/s40537-019-0197-0

Singh, K. K., Siddhartha, M., & Singh, A. (2020). Diagnosis of coronavirus disease (COVID-19) from chest X-ray images using modified XceptionNet. *Romanian Journal of Information Science and Technology*, *23*, S91–S115.

Soomro, T. A., Afifi, A. J., Zheng, L., Soomro, S., Gao, J., Hellwich, O., & Paul, M. (2019). Deep Learning Models for Retinal Blood Vessels Segmentation: A Review. *IEEE Access*, *7*, 71696–71717. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2920616

Wu, K., Zhang, S., & Xie, Z. (2020). Monocular Depth Prediction with Residual DenseASPP Network. *IEEE Access*, *8*(1), 129899–129910. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3006704

Zhao, Y., & Wang, L. (2019). The Application of Convolution Neural Networks in Sign Language Recognition. *9th International Conference on Intelligent Control and Information Processing, ICICIP 2018*, *8*(3), 269–272. https://doi.org/10.1109/ICICIP.2018.8606707