

**PENERAPAN AUGMENTASI DATA DAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* PADA PENENTUAN PENYAKIT *DIABETIC RETINOPATHY* MENGGUNAKAN ALGORITMA *RECURRENT CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

**SKRIPSI**

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

**Oleh :**

**ZA'IM UKHROWI**

**08011281722035**



**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENERAPAN AUGMENTASI DATA DAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* PADA PENENTUAN PENYAKIT *DIABETIC RETINOPATHY* MENGGUNAKAN ALGORITMA *RECURRENT CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

**SKRIPSI**

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

**Oleh :**

**ZA'IM UKHROWI**

**08011281722035**

**Pembimbing Kedua**



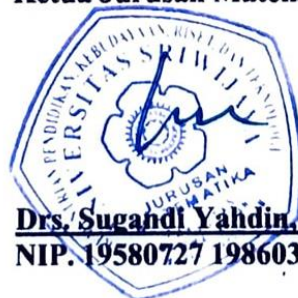
**Irmeilyana, M.Si**  
**NIP.19740517 199903 2003**

**Indralaya, Januari 2022  
Pembimbing Utama**



**Anita Desiani, M.Kom**  
**NIP.19771211 200312 2002**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika**



**Drs. Sugandi Yahdin, M.M**  
**NIP. 19580727 198603 1003**

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Za'im Ukhrowi

NIM : 08011281722035

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 kesarjanaan 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.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 31 Januari 2022

Penulis



Za'im Ukhrowi

NIM. 08011281722035

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai Civitas Akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Za'im Ukhrowi  
NIM : 08011281722035  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Matematika  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Penerapan Augmentasi Data dan *Principal Component Analysis* pada Penentuan Penyakit *Diabetic Retinopathy* Menggunakan Algoritma Recurrent Convolutional Neural Network”. Dengan hak bebas royalty non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, 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, 31 Januari 2022  
Penulis



Za'im Ukhrowi  
NIM. 08011281722035

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Kupersembahkan skripsi ini untuk :*

*Yang Maha Kuasa Allah Subhanahu Wa Ta'ala*

*Kedua Orang Tuaku Tercinta*

*Kakak-Kakakku Tersayang*

*Semua Keluarga Besarku*

*Semua Guru dan Dosenku*

*Semua Sahabat dan Rekanaku*

*Alamamaterku*

Motto

“Setiap manusia akan menuliskan catatan terbaiknya, menghafal bagian terbaik dari catatan yang pernah mereka tulis, kemudian berkomunikasi dengan kata-kata yang terbaik kepada orang lain”

(Yahya bin Khalid)

## KATA PENGANTAR

*Assalaamu'alaikum Warohmatulloohi Wabarokaatuh*

*Alhamdulillahirobbil'aalamiin*, segala puji atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* dengan segala rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada suri tauladan umat manusia, Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wasallam* beserta para sahabat, keluarga, dan pengikutnya hingga akhir zaman. Penulis bersyukur atas segala berkah-Nya karena dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul skripsi “**PENERAPAN AUGMENTASI DATA DAN PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS PADA PENENTUAN PENYAKIT DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN ALGORITMA RECURRENT CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**”.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada kedua orang tua tercinta, yaitu Bapak **Zumrowi Achyar** dan Ibu **Martoni Hamzir** yang telah merawat, mendidik, menuntun, memberi nasehat, dan semangat serta do'a yang tiada henti untuk penulis dengan penuh rasa cinta dan kasih sayang. Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** dan Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, M.Si** selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah mengarahkan penulis selama perkuliahan.
2. Ibu **Anita Desiani, M.Kom** dan Ibu **Irmeilyana, M.Si** selaku Dosen Pembimbing Utama dan Pembimbing Kedua yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis dalam penyelesaian skripsi.

3. Ibu **Dra. Ning Eliyati, M.Pd** dan Ibu **Sri Indra Maiyanti, M.Si** selaku Dosen Pembahas Pertama dan Pembahas Kedua yang telah memberikan masukan yang bermanfaat kepada penulis untuk perbaikan skripsi.
4. Ibu **Des Alwine Zayanti, M.Si** selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis dalam urusan akademik selama perkuliahan.
5. **Seluruh Dosen di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya** yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis selama perkuliahan.
6. Bapak **Irwansyah** selaku admin dan Ibu **Hamidah** selaku Pegawai tata usaha di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah membantu urusan administrasi penulis selama perkuliahan.
7. Abang Ayukku **Zahid Muttaqin, Zulfa Mawaddah, dan Hari Fuzzumar** beserta seluruh keluarga besarku atas segala perhatian, kepedulian, dedikasi, kasih sayang, dan do'a yang tiada henti untuk penulis.
8. Sahabat-Sahabatku di kampung halaman **Ardi Fajar, Gumiwang Aji, dan Raya Purbaya** beserta teman kampungku lainnya atas segala kepercayaan, support, dan segala hal baik yang telah diberikan kepada penulis.
9. Teman perkuliahan sekaligus tim projek skripsi **Gibran, Santo, Yogi, Ona, Calis, Filda, dan Ajeng** yang telah membantu penulis dalam berbagai hal selama masa perkuliahan dan penyelesaian skripsi.
10. Teman kosan sekaligus tim mabar **Amri, Arif, Asri, Pujiyanto, dan Tauffan** atas segala waktu, keseruan, dan asam garam ketika menjalani kehidupan sebagai anak rantau selama perkuliahan.

11. Kawanan Harimau Putih **Kahfi Aldi, Abdul Azis, Fauzi Yusuf, Rian Setia Budi, Abu Bakar, Andre, Jonathan, Julianto, Yudha, Kak Ari, Kak Eko, Kak Ogi, dan Kak Jekta** atas segala kebersamaan, kekocakan, dan segala hal konyol lainnya yang dilakukan selama perkuliahan.
12. Motivatorku di tanah rantau Bang **Aji Teguh Nurseha, Kak Adiansyah,** dan Alm. **Rozie Setiawan** atas segala nasihat, keikhlasan, dan keteguhan hati yang sangat menginspirasi penulis.
13. Seluruh tempat berproses **LDF Kosmic, ISBA Indralaya, Himastik Unsri, KPU Panwaslu FMIPA, Liberasi Intelektual, Ogan Ilir Mengaji, dan IRMAS Babar** serta **Komunitas Suka Menang** yang telah memberikan banyak pelajaran yang berharga, kekompakan, dan ilmu yang bermanfaat.
14. Kakak-Kakak tingkat angkatan **2014, 2015, 2016,** dan seluruh teman-teman angkatan **2017** serta adik-adik tingkat angkatan **2018, 2019, dan 2020.**
15. Semua pihak yang terlibat dan tidak bisa disebutkan satu persatu atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari-Nya.

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

*Wassalaamu'alaikum Warohmatulloohi Wabarokaatuh*

Indralaya, Januari 2022

Penulis



**APPLICATION OF DATA AUGMENTATION AND PRINCIPAL  
COMPONENT ANALYSIS IN THE DETERMINATION OF DIABETIC  
RETINOPATHY USING RECURRENT CONVOLUTIONAL NEURAL  
NETWORK ALGORITHM**

By :

**ZA'IM UKHROWI**

**08011281722035**

**ABSTRACT**

Diabetic Retinopathy (DR) is one of the biggest health problems in the world. DR disease classification process needs to be done early to prevent the occurrence of DR. Recurrent Convolutional Neural Network (RCNN) is a deep learning-based classification algorithm that can classify image data accurately but requires a large amount of image data. Data augmentation can be applied to increase the amount of image data so that training data, validation data, and testing data are obtained as many as 15.000 images, 2.000 images, and 2.000 images. In addition, the large data dimensions make the classification performance not very efficient. Principal Component Analysis (PCA) is a method that can operate dimension reduction in image data so that the cumulative proportion of variance is approximately 99% with the number of principal components is 70. The purpose of this research is to apply data augmentation and PCA method to retinal image data for classifying DR disease using RCNN algorithm. The research methods used are data collection, image enhancement, data augmentation, implementation of PCA and RCNN algorithm, data training, data testing, evaluation, and analysis of results. Classification results were measured by calculating the values of accuracy, sensitivity, specificity, F1-Score, and Cohens Kappa with the values obtained as many as 94,55%, 89,1%, 100%, 94,23%, and 0,891. Based on the classification results obtained, it can be concluded that application of data augmentation and PCA can still provide good classification performance to classify DR disease using RCNN on retinal images.

Keywords : Diabetic Retinopathy, Deep Learning, RCNN, PCA, Augmentation

**PENERAPAN AUGMENTASI DATA DAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* PADA PENENTUAN PENYAKIT *DIABETIC RETINOPATHY* MENGGUNAKAN ALGORITMA *RECURRENT CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

Oleh :

**ZA'IM UKHROWI**

**08011281722035**

**ABSTRAK**

*Diabetic Retinopathy* (DR) menjadi salah satu masalah kesehatan terbesar di seluruh dunia. Proses klasifikasi penyakit DR perlu dilakukan sejak dini untuk mencegah terjadinya penyakit DR. *Recurrent Convolutional Neural Network* (RCNN) merupakan algoritma klasifikasi berbasis *deep learning* yang dapat melakukan klasifikasi pada data citra secara akurat namun memerlukan jumlah data citra yang banyak. Augmentasi data dapat diterapkan untuk memperbanyak jumlah data citra sehingga diperoleh data latih, data validasi, dan data uji masing-masing sebanyak 15.000 citra, 2.000 citra, dan 2.000 citra. Selain itu, dimensi data yang besar membuat kinerja klasifikasi menjadi tidak terlalu efisien. *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan metode yang dapat melakukan reduksi dimensi pada data citra sehingga diperoleh proporsi kumulatif varians sekitar 99% dengan jumlah komponen utama yang dipertahankan sebanyak 70. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan augmentasi data dan PCA pada data citra retina untuk klasifikasi penyakit DR menggunakan algoritma RCNN. Metode penelitian yang dilakukan adalah pengambilan data, perbaikan citra, augmentasi data, implementasi PCA dan algoritma RCNN, pelatihan data, pengujian data, evaluasi, dan analisis hasil. Hasil klasifikasi diukur dengan menghitung nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1-Score*, dan *Cohens Kappa* yaitu masing-masing memperoleh nilai sebesar 94,55%, 89,1%, 100%, 94,23%, dan 0,891. Berdasarkan hasil klasifikasi yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa penerapan augmentasi data dan PCA tetap dapat memberikan kinerja klasifikasi yang baik pada algoritma RCNN untuk melakukan klasifikasi penyakit DR pada citra retina.

Kata Kunci : *Diabetic Retinopathy*, *Deep Learning*, RCNN, PCA, Augmentasi

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	4
1.3    Batasan Masalah.....	4
1.4    Tujuan.....	4
1.5    Manfaat.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1    Retina Mata .....	6
2.2 <i>Diabetic Retinopathy</i> (DR).....	6
2.3    Perbaikan Citra .....	8
2.3.1 <i>Image Cropping</i> .....	8
2.3.2 <i>Green Channel</i> .....	8
2.3.3 <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i> (CLAHE).....	9
2.4    Augmentasi Data .....	9
2.5 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) .....	10
2.6 <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) .....	14
2.6.1 <i>Convolutional Layer</i> .....	15
2.6.2    Fungsi Aktivasi .....	17
2.6.3 <i>Batch Normalization</i> .....	18
2.6.4 <i>Pooling Layer</i> .....	20
2.6.5 <i>Concatenate</i> .....	21
2.6.6 <i>Fully Connected Layer</i> .....	21

2.6.7	<i>Loss Function : Binary Cross Entropy</i> .....	22
2.7	<i>Densely Connected Convolutional Network (DenseNet)</i> .....	23
2.8	<i>Recurrent Neural Network (RNN)</i> .....	24
2.9	<i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i> .....	25
2.10	<i>Confusion Matrix</i> .....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>32</b>
3.1	Tempat.....	32
3.2	Waktu .....	32
3.3	Alat .....	32
3.4	Metode Penelitian.....	33
3.4.1	Pengumpulan Data .....	33
3.4.2	Pengolahan Data.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>38</b>
4.1	Deskripsi Data .....	38
4.2	Perbaikan Citra .....	39
4.3	Augmentasi Data .....	39
4.4	Reduksi Dimensi Citra .....	40
4.5	Klasifikasi Citra.....	49
4.6	Implementasi PCA dan Algoritma RCNN .....	66
4.7	Pelatihan Data.....	71
4.8	Pengujian Data .....	73
4.9	Evaluasi .....	75
4.10	Analisis dan Interpretasi Hasil .....	77
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>79</b>
5.1	Kesimpulan.....	79
5.2	Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>80</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Confusion Matrix</i> .....	29
Tabel 2.2 Kategori kinerja klasifikasi .....	31
Tabel 4.1 Beberapa sampel dari dataset STARE .....	38
Tabel 4.2 Beberapa sampel dari hasil augmentasi data .....	40
Tabel 4.3 Proporsi kumulatif varians .....	48
Tabel 4.4 Hasil <i>confusion matrix</i> .....	74
Tabel 4.5 Perbandingan hasil dengan penelitian lain.....	77

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Retina Normal dan (b) Retina DR .....	7
Gambar 2.2 Ilustrasi operasi konvolusi.....	16
Gambar 2.3 Grafik fungsi aktivasi (a) <i>Sigmoid</i> , (b) <i>Tanh</i> , dan (c) <i>ReLU</i> .....	18
Gambar 2.4 Ilustrasi operasi <i>pooling</i> .....	20
Gambar 2.5 Kerangka <i>fully connected layer</i> .....	21
Gambar 2.6 Arsitektur <i>DenseNet</i> .....	23
Gambar 2.7 Arsitektur LSTM.....	26
Gambar 4.1 Citra retina (a) sebelum perbaikan citra (b) setelah perbaikan citra .	39
Gambar 4.2 Model reduksi dimensi citra .....	66
Gambar 4.3 Grafik reduksi dimensi citra .....	67
Gambar 4.4 Model klasifikasi penyakit DR .....	68
Gambar 4.5 Serangkaian operasi perhitungan pada setiap <i>block</i> .....	69
Gambar 4.6 Proses pelatihan data pada <i>software</i> .....	71
Gambar 4.7 Grafik akurasi model .....	72
Gambar 4.8 Grafik <i>loss</i> model .....	73
Gambar 4.9 Grafik kurva ROC model .....	74

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Diabetic Retinopathy* (DR) merupakan komplikasi umum dari diabetes yang mengakibatkan terjadinya kerusakan pada pembuluh darah retina (Zeng *et al.*, 2019). DR menjadi salah satu permasalahan kesehatan terbesar di seluruh dunia. Menurut berita dari *World Health Organization* atau WHO (2016), terdapat 422 juta orang yang terkena penyakit diabetes dan 35% diantaranya mengalami perkembangan penyakit dari diabetes menjadi DR (Gao *et al.*, 2019). Pemeriksaan dini pembuluh darah retina dianjurkan pada pasien DR untuk mencegah terjadinya perkembangan penyakit diabetes menjadi DR (Zhou *et al.*, 2017). Saat ini telah berkembang algoritma yang mampu untuk melakukan klasifikasi penyakit DR secara akurat pada citra retina (Zeng *et al.*, 2019).

Proses klasifikasi penyakit DR pada citra retina dapat dilakukan secara akurat dengan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) (Hassan & Mahmood, 2018; Sun *et al.*, 2019). Salah satu algoritma yang telah berkembang pada CNN yaitu *Recurrent Convolutional Neural Network* (RCNN). Penggunaan RCNN diharapkan dapat mencegah terjadinya ledakan gradien ketika melakukan pelatihan data (Lopez-Martin *et al.*, 2017; Zhu *et al.*, 2020). Beberapa penelitian yang menerapkan RCNN telah mendapatkan hasil klasifikasi citra yang cukup baik meskipun ada beberapa bagian yang perlu ditingkatkan diantaranya Gheisari *et al.* (2021) menerapkan RCNN untuk deteksi glaukoma pada data citra

retina yang memperoleh nilai sensitivitas 76%, spesifisitas 64%, dan *F1-Score* 82%, namun penelitian ini tidak menghitung nilai akurasi dan *Cohens Kappa*. Swapna *et al.* (2018) juga menerapkan RCNN untuk deteksi diabetes dengan memperoleh nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *F1-Score* berturut-turut diatas 80%. Selain itu, Mou *et al.* (2019) menerapkan RCNN untuk melakukan klasifikasi citra penginderaan jarak jauh multispektral yang memperoleh nilai akurasi dan *Cohens Kappa* sebesar 98,04% dan 92,79%, namun penelitian ini tidak menghitung nilai sensitivitas, spesifisitas, dan *F1-Score*.

Proses pelatihan bobot jaringan yang sangat dalam pada algoritma memerlukan jumlah dataset yang banyak hingga ribuan citra untuk melakukan klasifikasi citra (Kandel & Castelli, 2020; Meng *et al.*, 2019). Sementara dataset citra yang digunakan pada penelitian ini adalah dataset *Structured Analysis of the Retina* (STARE) dengan jumlah dataset yang tersedia hanya 400 citra retina saja (Mateen *et al.*, 2020). Teknik untuk memperbanyak jumlah dataset diperlukan agar dapat mengoptimalkan kinerja RCNN, salah satu caranya adalah dengan melakukan augmentasi data. Augmentasi data merupakan metode yang dapat memperbanyak jumlah dataset dengan memodifikasi dataset asli pada orientasi yang berbeda-beda (Rai & Chatterjee, 2020).

Penelitian yang berkaitan dengan proses klasifikasi citra telah melakukan augmentasi data untuk meningkatkan kinerja klasifikasi seperti Meng *et al.* (2019) yang melakukan augmentasi data untuk mendiagnosis ketidakstabilan baling-baling mesin menggunakan algoritma *Scaled Conjugate Gradient* (SCG) dengan adanya peningkatan nilai akurasi dari 66,5% menjadi 83,1%. Selain itu, Perez &



Wang (2017) juga melakukan augmentasi data untuk klasifikasi hewan dengan menggunakan algoritma CNN yang memperoleh nilai akurasi sebesar 70,5% sebelum dilakukan augmentasi data lalu nilai akurasi mengalami peningkatan menjadi 77% setelah dilakukan augmentasi data.

Dataset STARE memiliki dimensi yang cukup besar yaitu  $700 \times 605$  piksel dengan format citra (.ppm) (Imran *et al.*, 2019). Apabila dataset tersebut langsung diklasifikasikan, maka kemungkinan hasil yang diperoleh tidak terlalu akurat. Proses reduksi dimensi data menjadi solusi untuk mengatasi masalah dimensi data yang besar dengan mengurangi kompleksitas ruang pada data (Zhang *et al.*, 2017). *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan salah satu metode yang dapat mereduksi dimensi data citra retina tanpa adanya kehilangan fitur penting pada citra retina (Mohammedhasan & Uğuz, 2020). Penelitian yang telah melakukan klasifikasi penyakit DR pada data citra retina menunjukkan bahwa PCA dapat mempertahankan kinerja klasifikasi dengan baik meskipun dimensi data yang digunakan relatif kecil. Saeed *et al.* (2017) menerapkan PCA-ResNet dengan memperoleh nilai sensitivitas dan spesifisitas yang sangat baik yaitu diatas 90%. Selain itu, Mateen *et al.* (2019) juga menerapkan PCA-VGGNet yang memperoleh nilai akurasi sangat baik yaitu sebesar 92,21%.

Berdasarkan permasalahan yang terdapat pada jumlah dataset yang terbatas dan dimensi dataset yang besar, maka pada skripsi ini menerapkan augmentasi data dan PCA pada data citra retina untuk klasifikasi penyakit DR menggunakan algoritma RCNN dengan mengukur nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1-Score*, dan *Cohens Kappa*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana kinerja dari penerapan augmentasi data dan PCA pada data citra retina untuk klasifikasi penyakit DR menggunakan algoritma RCNN dengan mengukur nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1-Score*, dan *Cohens Kappa*.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini tidak membahas segmentasi citra.
2. Penelitian ini melakukan klasifikasi DR pada citra retina dengan dua kategori, yaitu retina normal dan DR.
3. Kriteria penilaian yang diukur dalam melakukan klasifikasi DR pada citra retina berdasarkan nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1-Score*, dan *Cohens Kappa*.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja dari penerapan augmentasi data dan PCA pada data citra retina untuk klasifikasi penyakit DR menggunakan algoritma RCNN berdasarkan nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1-Score*, dan *Cohens Kappa*.

## **1.5 Manfaat**

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh model klasifikasi penyakit DR yang lebih akurat dengan menggunakan algoritma RCNN serta penerapan augmentasi data dan PCA pada data citra retina.
2. Dapat digunakan sebagai rujukan untuk melakukan penelitian mengenai klasifikasi penyakit DR pada data citra retina.
3. Memberikan kontribusi untuk dunia kesehatan dalam penentuan penyakit DR yang lebih efektif dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gao, Z., Li, J., Guo, J., Chen, Y., Yi, Z., & Zhong, J. (2019). Diagnosis of Diabetic Retinopathy Using Deep Neural Networks. *IEEE Access*, 7, 3360–3370. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2888639>
- Gheisari, S., Shariflou, S., Phu, J., Kennedy, P. J., Agar, A., Kalloniatis, M., & Golzan, S. M. (2021). A Combined Convolutional and Recurrent Neural Network for Enhanced Glaucoma Detection. *Scientific Reports*, 11, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81554-4>
- Hassan, A., & Mahmood, A. (2018). Convolutional Recurrent Deep Learning Model for Sentence Classification. *IEEE Access*, 6, 13949–13957. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2814818>
- Imran, A., Li, J., Pei, Y., Yang, J., & Wang, Q. (2019). Comparative Analysis of Vessel Segmentation Techniques in Retinal Images. *IEEE Access*, 7, 114862–114887. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2935912>
- Kandel, I., & Castelli, M. (2020). Transfer Learning with Convolutional Neural Networks for Diabetic Retinopathy Image Classification. A Review. *Applied Sciences*, 10(6), 1–24. <https://doi.org/10.3390/app10062021>
- Lopez-Martin, M., Carro, B., Sanchez-Esguevillas, A., & Lloret, J. (2017). Network Traffic Classifier with Convolutional and Recurrent Neural Networks for Internet of Things. *IEEE Access*, 5, 18042–18050. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2747560>

- Mateen, M., Wen, J., Hassan, M., Nasrullah, N., Sun, S., & Hayat, S. (2020). Automatic Detection of Diabetic Retinopathy: A Review on Datasets, Methods and Evaluation Metrics. *IEEE Access*, 8, 48784–48811. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980055>
- Mateen, M., Wen, J., Nasrullah, Song, S., & Huang, Z. (2019). Fundus Image Classification Using VGG-19 Architecture with PCA and SVD. *Symmetry*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.3390/sym11010001>
- Meng, Z., Guo, X., Pan, Z., Sun, D., & Liu, S. (2019). Data Segmentation and Augmentation Methods Based on Raw Data Using Deep Neural Networks Approach for Rotating Machinery Fault Diagnosis. *IEEE Access*, 7, 79510–79522. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2923417>
- Mohammedhasan, M., & Uğuz, H. (2020). A New Early Stage Diabetic Retinopathy Diagnosis Model Using Deep Convolutional Neural Networks and Principal Component Analysis. *International Information and Engineering Technology Association*, 37(5), 711–722. <https://doi.org/10.18280/ts.370503>
- Mou, L., Bruzzone, L., & Zhu, X. X. (2019). Learning Spectral-Spatial-Temporal Features via a Recurrent Convolutional Neural Network for Change Detection in Multispectral Imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(2), 924–935. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2863224>
- Perez, L., & Wang, J. (2017). The Effectiveness of Data Augmentation in Image Classification using Deep Learning. *Computer Vision and Pattern*

*Recognition*, 1–8. <http://arxiv.org/abs/1712.04621>

Rai, H. M., & Chatterjee, K. (2020). Detection of Brain Abnormality by A Novel Lu-Net Deep Neural CNN Model from MR Images. *Machine Learning with Applications*, 2, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2020.100004>

Saeed, F., Hussain, M., & Aboalsamh, H. A. (2017). Automatic Diabetic Retinopathy Diagnosis Using Adaptive Fine-Tuned Convolutional Neural Network. *IEEE Access*, 20, 41344–41359.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3065273>

Sun, X., Liu, L., Li, C., Yin, J., Zhao, J., & Si, W. (2019). Classification for Remote Sensing Data with Improved CNN-SVM Method. *IEEE Access*, 7, 164507–164516. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2952946>

Swapna, G., Soman, K. P., & Vinayakumar, R. (2018). Automated Detection of Diabetes using CNN and CNN-LSTM Network and Heart Rate Signals. *Procedia Computer Science*, 132, 1253–1262.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.041>

WHO. (2016). *Global Report on Diabetes*. <https://www.who.int/publications/item/9789241565257>

Zeng, X., Chen, H., Luo, Y., & Ye, W. (2019). Automated Diabetic Retinopathy Detection Based on Binocular Siamese-Like Convolutional Neural Network. *IEEE Access*, 7, 30744–30753.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2903171>

Zhang, R., Du, T., & Qu, S. (2017). A Principal Component Analysis Algorithm Based on Dimension Reduction Window. *IEEE Access*, 20, 63737–63747.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2875270>

Zhou, W., Wu, C., Chen, D., Yi, Y., & Du, W. (2017). Automatic Microaneurysm Detection Using the Sparse Principal Component Analysis based Unsupervised Classification Method. *IEEE Access*, 5, 2563–2572.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2671918>

Zhu, J., Chen, H., & Ye, W. (2020). A Hybrid CNN–LSTM Network for the Classification of Human Activities Based on Micro-Doppler Radar. *IEEE Access*, 8, 24713–24720. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2971064>