

**SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA CITRA  
RETINA MENGGUNAKAN METODE  
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



**Oleh :**

**FITRI RAMADHINI**

**09011181722082**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

# LEMBAR PENGESAHAN

## SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA CITRA RETINA MENGUNAKAN METODE *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh :

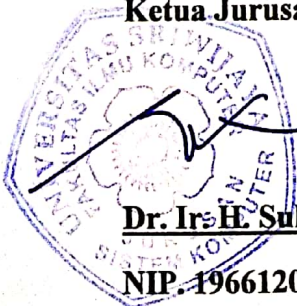
**FITRI RAMADHINI**

**09011181722082**

**Indralaya, 28 Juli 2021**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Sistem Komputer**



**Dr. Ir. H. Sukemi, M.T**

**NIP. 196612032006041001**

*Handwritten signature of Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.*

**Pembimbing Tugas Akhir**

**Dr. Erwin, M.Si**

**NIP. 197101291994121001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Senin

Tanggal : 12 Juli 2021

**Tim Penguji :**

1. **Ketua** : Rossi Passarella, M.Eng



2. **Sekretaris** : Aditya Putra Perdana P, M.T



3. **Penguji** : Sutarno, M.T



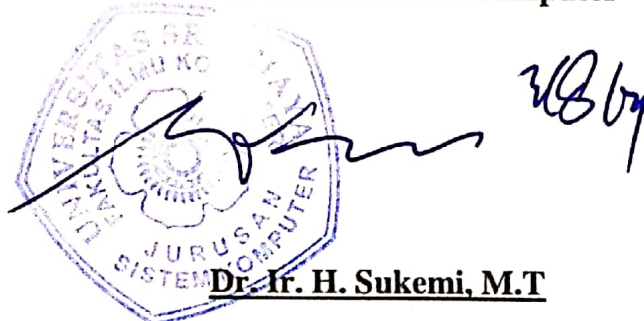
SUTARNO  
No. Pasword: 8107-06-14\_29/07/2021

4. **Pembimbing** : Dr. Erwin, M.Si



Mengetahui,

**Ketua Jurusan Sistem Komputer**



2/8/21

**Dr. Ir. H. Sukemi, M.T**

**NIP. 196612032006041001**

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fitri Ramadhini  
NIM : 09011181722082  
Judul : Segmentasi Pembuluh Darah Pada Citra Retina Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network*

**Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 10 %**

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Indralaya, 28 Juli 2021



**Fitri Ramadhini**  
**NIM. 09011181722082**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Puji dan syukur penulis selalu panjatkan atas kehadiran Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Segmentasi Pembuluh Darah Pada Citra Retina Menggunakan Metode Convolutional Neural Network”** yang digunakan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer di Universitas Sriwijaya.

Selesainya penulisan skripsi ini tidak terlepas dari peran serta semua pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan berkah serta nikmat kesehatan dan kesempatan kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
2. Orang tua tercinta dan keluarga besar penulis yang tersayang.
3. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Erwin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
5. Bapak Huda Ubaya, M.T. selaku Pembimbing Akademik.
6. Mbak Renny selaku Admin Jurusan Sistem Komputer yang telah membantu penulis dalam hal-hal administrasi.
7. Teman-teman seperjuangan Jurusan Sistem Komputer Angkatan 2017.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan semangat serta do'a.
9. Almamater.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Indralaya, Juli 2021

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Fitri Ramadhini'.

**Fitri Ramadhini**

**NIM. 09011181722082**

# **RETINAL BLOOD VESSEL SEGMENTATION BY USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**

**Fitri Ramadhini (09011181722082)**

*Departement of Computer Engineering, Faculty of Computer Science, Sriwijaya  
University*

*Email: fitriramadhini6@gmail.com*

## **ABSTRACT**

*The retinal is a thin layer on the back of the eyeball that is sensitive to light. Retinal blood vessels function to supply blood and oxygen to the retinal tissue. If there is a disturbance in these blood vessels, we need to detect whether there is a disease or other disturbance in the retina. One of the stages in image recognition is segmentation. In this study, the Convolutional Neural Network method was used with U-Net architecture for retinal image segmentation. Before the segmentation stage, pre-processing processes such as gray scale conversion, standardization, CLAHE, and gamma adjustment are carried out. The dataset used in this study is the DRIVE dataset. The results of research with this method get an accuracy of 95.48%, sensitivity 74.91%, and specificity 98.48%. The method used is better and efficient for image segmentation. However, it is not possible to use this method with ordinary hardware. Therefore we need hardware with good and adequate specifications in order to produce good image segmentation output.*

**Keywords:** *Blood Vessel Segmentation, Convolutional Neural Network, U-Net*

# SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA CITRA RETINA MENGUNAKAN METODE *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

**Fitri Ramadhini (09011181722082)**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email: fitriramadhini6@gmail.com

## ABSTRAK

Retina adalah lapisan tipis di bagian belakang bola mata yang peka terhadap cahaya. Pembuluh darah retina berfungsi untuk mensuplai darah dan oksigen ke jaringan retina. Jika terjadi gangguan pada pembuluh darah tersebut, kita perlu mendeteksi apakah ada penyakit atau gangguan lain pada retina. Salah satu tahapan dalam pengenalan citra adalah segmentasi. Pada penelitian ini digunakan metode *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur U-Net untuk segmentasi citra retina. Sebelum tahap segmentasi, dilakukan proses *pre-processing* seperti *grayscale conversion*, *standardization*, *CLAHE*, dan *gamma adjustment*. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah dataset DRIVE. Hasil penelitian dengan metode ini mendapatkan akurasi sebesar 95,48%, sensitivitas 74,91%, dan spesifisitas 98,48%. Metode yang digunakan lebih baik dan efisien untuk segmentasi citra. Namun, tidak memungkinkan untuk menggunakan metode ini dengan perangkat keras biasa. Oleh karena itu diperlukan perangkat keras dengan spesifikasi yang baik dan memadai agar dapat menghasilkan *output* segmentasi citra yang baik.

**Kata Kunci** : Segmentasi Pembuluh Darah Retina, *Convolutional Neural Network*, U-Net



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Persetujuan.....	iii
Halaman Pernyataan.....	iv
Kata Pengantar .....	v
Abstraction .....	vii
Abstrak .....	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Lampiran .....	xiii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	2
1.3. Manfaat Penelitian .....	2
1.4. Rumusan dan Batasan Masalah.....	3
1.4.1. Rumusan Masalah.....	3
1.4.2. Batasan Masalah .....	3
1.5. Metodologi Penelitian .....	3
1.5.1. Dataset Yang Digunakan .....	4
1.5.2. Lingkungan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak .....	5
1.6. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Penelitian Terdahulu .....	7
2.2. CLAHE .....	12

2.3. Convolutional Neural Network .....	12
---	----

### BAB III. METODOLOGI

3.1. Dataset Yang Digunakan.....	14
3.2. Lingkungan Percobaan.....	14
3.2.1. Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ).....	14
3.2.2. Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	15
3.3. Metode.....	15
3.3.1. <i>Pre-processing</i> .....	19
3.3.2. Segmentasi .....	22
3.3.3. Evaluasi .....	27

### BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan .....	29
4.2. Dataset DRIVE.....	29
4.3. Tahapan Pemrograman.....	31
4.3.1. Input Citra .....	31
4.3.2. <i>Pre-processing</i> .....	31
4.3.3. Segmentasi .....	37
4.3.4. Evaluasi .....	47

### BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan .....	60
5.2. Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA .....	61
----------------------	----

LAMPIRAN.....	63
---------------	----

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 3.1.</b> <i>Flowchart</i> Perancangan Sistem dan Metode .....	16
<b>Gambar 3.2.</b> Arsitektur U-Net .....	23
<b>Gambar 3.3.</b> Proses Awal pada <i>Contracting Path</i> .....	24
<b>Gambar 3.4.</b> Contoh <i>max pooling</i> .....	25
<b>Gambar 3.5.</b> Lanjutan Proses pada <i>Contracting Path</i> .....	25
<b>Gambar 3.6.</b> Bagian Paling Bawah dari <i>Contracting Path</i> .....	26
<b>Gambar 3.7.</b> Proses pada <i>Expansive Path</i> .....	26
<b>Gambar 3.8.</b> Bagian Arsitektur U-Net Paling Atas .....	27
<b>Gambar 4.1.</b> Input Citra DRIVE.....	31
<b>Gambar 4.2.</b> <i>Precision-Recall Curve</i> U-Net ( <i>Relu, Kernel Size 3x3</i> ) .....	48
<b>Gambar 4.3.</b> <i>ROC Curve</i> U-Net ( <i>Relu, Kernel Size 3x3</i> ).....	49
<b>Gambar 4.4.</b> <i>Precision-Recall Curve</i> U-Net ( <i>Sigmoid, Kernel Size 3x3</i> ) .....	50
<b>Gambar 4.5.</b> <i>ROC Curve</i> U-Net ( <i>Sigmoid, Kernel Size 3x3</i> ) .....	51
<b>Gambar 4.6.</b> <i>Precision-Recall Curve</i> U-Net ( <i>Relu, Kernel Size 5x5</i> ) .....	52
<b>Gambar 4.7.</b> <i>ROC Curve</i> U-Net ( <i>Relu, Kernel Size 5x5</i> ).....	53
<b>Gambar 4.8.</b> <i>Precision-Recall Curve</i> U-Net ( <i>Relu, Kernel Size 7x7</i> ) .....	54
<b>Gambar 4.9.</b> <i>ROC Curve</i> U-Net ( <i>Relu, Kernel Size 7x7</i> ) .....	55
<b>Gambar 4.10.</b> <i>PR Curve</i> U-Net ( <i>Relu, Kernel Size 5x5, Data Augmentasi</i> ).....	56
<b>Gambar 4.11.</b> <i>ROC Curve</i> U-Net ( <i>Relu, Kernel Size 5x5, Data Augmentasi</i> ) .....	57

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 4.1.</b> Dataset DRIVE.....	30
<b>Tabel 4.2.</b> Hasil <i>Pre-Processing</i> Dataset DRIVE .....	31
<b>Tabel 4.3.</b> Hasil <i>Pre-Processing</i> Dataset DRIVE Augmentasi Horizontal .....	33
<b>Tabel 4.4.</b> Hasil <i>Pre-Processing</i> Dataset DRIVE Augmentasi Vertikal .....	34
<b>Tabel 4.5.</b> Hasil <i>Pre-Processing</i> Dataset DRIVE <i>Reverse Vertical Flip</i> .....	36
<b>Tabel 4.6.</b> Hasil Segmentasi U-Net .....	37
<b>Tabel 4.7.</b> Hasil Segmentasi U-Net pada Citra Abnormal Dataset DRIVE .....	39
<b>Tabel 4.8.</b> Hasil Segmentasi Menggunakan Fungsi <i>Sigmoid</i> .....	42
<b>Tabel 4.9.</b> Hasil Segmentasi Menggunakan U-Net <i>Kernel Size 5x5</i> .....	43
<b>Tabel 4.10.</b> Hasil Segmentasi Menggunakan U-Net <i>Kernel Size 7x7</i> .....	44
<b>Tabel 4.11.</b> Hasil Segmentasi Menggunakan Data Augmentasi .....	46
<b>Tabel 4.12.</b> Parameter Hasil .....	57
<b>Tabel 4.13.</b> Perbandingan Hasil Metode U-Net dengan Hasil Peneliti Lain.....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

### Halaman

<b>Lampiran 1.</b> Perbandingan <i>Ground Truth</i> dengan Hasil Olah DRIVE .....	63
---	----

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Teknologi dan informasi terus berkembang sangat pesat. Data dan informasi yang diterima atau didapatkan juga tidak lagi hanya berupa teks, tapi juga bisa dalam bentuk citra (image), audio, dan juga video. Dibandingkan teks, citra lebih mampu memberi banyak informasi karena citra merupakan komponen multimedia yang berbentuk informasi visual. Dengan memanfaatkan teknologi yang ada, citra diproses dengan tahapan yang biasa dikenal dengan Pengolahan Citra Digital.

Retina adalah sebuah lapisan tipis yang terletak di bagian belakang bola mata yang peka terhadap cahaya. Fungsi dari retina adalah untuk menangkap cahaya dan membuatnya menjadi informasi visual yang kemudian dikirimkan ke otak. Dalam kata lain, bisa dikatakan bahwa retina berperan penting terhadap kemampuan melihat manusia. Jika retina mengalami kerusakan atau gangguan, maka akan berpengaruh pula terhadap penglihatan. Retina memiliki beberapa objek lainnya seperti optic disk, pembuluh darah, exsudat, dan lain sebagainya.

Pembuluh darah retina berfungsi untuk mensuplai darah dan oksigen ke dalam jaringan retina. Bila terjadi gangguan pada pembuluh darah ini, perlu untuk mendeteksi apakah ada penyakit atau gangguan lainnya pada retina tersebut. Untuk pengambilan citra dari retina itu sendiri diperlukan kamera khusus yang dikenal dengan fundus camera.

Tahap pengenalan seperti identifikasi, klasifikasi, deteksi, dan lain sebagainya diperlukan untuk mengenali gangguan atau penyakit yang ada pada retina. Peningkatan kualitas dan segmentasi citra perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum citra tersebut masuk ke tahap pengenalan. Segmentasi adalah sebuah tahap pemisahan satu wilayah objek dengan wilayah objek lainnya pada sebuah

citra agar tidak salah dalam tahap pengenalan nantinya (deteksi dan lain-lain). Misalnya pada segmentasi pembuluh darah, perlu untuk membuat optic disk dan bagian selain pembuluh darah lainnya agar tidak dikenal atau tidak masuk sebagai kategori objek pembuluh darah.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh penghalusan dan pemulusan dari sebuah citra untuk proses lebih lanjut pada objek yang difokuskan.
2. Memperoleh citra biner dari hasil segmentasi pada pembuluh darah retina.
3. Memperoleh parameter hasil pengukuran seperti Akurasi, *Sensitivity*, *Specificity*, serta pengukuran parameter yang terbaru yaitu F1 score, dan jaccard coefficient score.
4. Menerapkan algoritma metode *Convolutional Neural Network* dalam pengolahan citra retina.

## 1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan objek dari hasil segmentasi pembuluh darah retina berdasarkan metode *Convolutional Neural Network*.
2. Sebagai bahan referensi dan bentuk sumber untuk peneliti lain agar dapat ikut mengembangkan dan melakukan penelitian dengan metode yang diajukan.
3. Memenuhi berbagai macam tahap lanjutan di bidang medis dalam diagnosis dini penyakit retina berdasarkan metode *Convolutional Neural Network*.

## **1.4. Rumusan Dan Batasan Masalah**

### **1.4.1. Rumusan Masalah**

Mata manusia berperan penting dalam melakukan fungsi atau tugas penglihatan, yang dimana mata akan mendeteksi cahaya dan kemudian mengubahnya menjadi impuls elektrokimia pada sel saraf. Bila manusia menderita penyakit mata, maka akan ditandai dengan terdapatnya perubahan dari retina. Bagian pada pembuluh darah retina dapat digunakan untuk mendeteksi dini penyakit retina. Sebelum melakukan proses diagnosis awal untuk tahapan lanjut bagi pihak medis, perlu dilakukan peningkatan dan perbaikan kualitas citra retina dengan fokus akhir pengambilan hasil segmentasi dari pembuluh darah retina tersebut. Pembuluh retina yang tipis tidak dapat dikenali sebagai pembuluh retina dari background dan seringkali kehilangan beberapa konektivitas pembuluh darah.

### **1.4.2. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang dibuat peneliti agar penelitian ini tidak menyimpang dari topik pembahasan, yaitu hanya melihat pembuluh retina tipis saja dan tidak melihat konektivitas pada pembuluh darah. Selain menggunakan tiga parameter pengukuran seperti akurasi, *sensitivity*, dan *specificity* yang sudah biasa digunakan, pada penelitian ini juga akan melakukan pengukuran menggunakan f1 score dan jaccard score.

## **1.5. Metodologi Penelitian**

Metodologi dalam penulisan tugas akhir ini akan melalui berbagai tahapan sebagai berikut :

1. Metode study pustaka/Literatur.



Pada tahapan ini, untuk menyelesaikan tugas akhir akan dilakukan proses segmentasi menggunakan *Convolutional Neural Network* yang sumber literturnya didapat dari buku, jurnal ilmiah, dan juga internet.

## 2. Metode Konsultasi

Pada tahapan metode ini, jika peneliti mendapatkan permasalahan yang ditemui saat pembuatan Tugas Akhir, peneliti akan melakukan konsultasi kepada orang terpercaya yang memiliki wawasan dan pengetahuan.

## 3. Metode pengumpulan data

Dalam tahapan metode ini, peneliti mengumpulkan data dengan menggunakan dataset citra retina DRIVE yang sudah tersedia. Data yang akan dilakukan test adalah sebanyak 20 citra retina.

## 4. Metode Observasi

Tahapan metode ini dilakukan dengan mengamati dan mencatat data-data yang diperoleh.

## 5. Metode perancangan dan pembuatan sistem (software)

Pada metode ini akan dilakukan tahapan membuat rancangan sistem (software) yang dapat digunakan untuk segmentasi citra retina dengan metode *Convolutional Neural Network* dengan bahasa Python.

### 1.5.1. Dataset Yang Digunakan

Dataset yang akan digunakan adalah dataset DRIVE. Dataset DRIVE didapat dari hasil program *screening diabetic retinopathy* di Belanda. Populasi *screening* terdiri dari 400 subyek diabetes dengan rentang usia 25-90 tahun. Empat puluh foto telah dipilih secara *random*, 33 tidak menunjukkan tanda *diabetic retinopathy* dan 7 menunjukkan tanda *diabetic retinopathy* ringan awal. Setiap citra telah dikompresi JPEG.

### **1.5.2. Lingkungan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak**

Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian untuk tugas akhir ini yaitu Python 3 yang terdapat di dalam Anaconda dan perangkat keras yang digunakan yaitu laptop atau PC.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB I. PENDAHULUAN**

Pada bab I berisi latar belakang masalah dalam tugas akhir ini, tujuan dan manfaat yang ingin dicapai, serta metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Pada Bab II berisi tinjauan pustaka dan dasar teori tentang retina, proses pengolahan citra, serta metode CLAHE dan *Convolutional Neural Network*.

#### **BAB III. ANALISIS DAN PERANCANGAN**

Pada Bab III berisi pembahasan tentang analisis dan perancangan sistem segmentasi pembuluh darah retina. Perancangan sistem terdiri dari perancangan proses-proses utama dan desain sistem. Terdapat beberapa proses utama yaitu : akuisisi citra, preprocessing, dan segmentasi pembuluh darah retina.

#### **BAB IV. IMPLEMENTASI PENGUJIAN**

Pada Bab IV berisi pembahasan tentang proses implementasi *software* dari hasil segmentasi pembuluh darah retina dengan menggunakan metode

*Convolutional Neural Network.*

## **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab V berisi kesimpulan dari bab-bab sebelumnya mengenai hasil dari segmentasi pembuluh darah retina dan berisi saran yang diharapkan dapat dicapai dalam penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. S. Sreejini and V. K. Govindan, "Improved multiscale matched filter for retina vessel segmentation using PSO algorithm," pp. 253–260, 2015, doi: 10.1016/j.eij.2015.06.004.
- [2] G. Chen, M. Chen, J. Li, and E. Zhang, "Retina Image Vessel Segmentation Using a Hybrid CGLI Level Set Method," vol. 2017, 2017.
- [3] C. Office, K. Road, J. Gombak, and K. Lumpur, "AN EFFICIENT TECHNIQUE FOR RETINAL VESSEL SEGMENTATION AND DENOISING USING MODIFIED ISODATA AND CLAHE," vol. 17, no. 2, pp. 31–46, 2016.
- [4] G. Hassan, N. El-bendary, A. Ella, and A. Fahmy, "Retinal blood vessel segmentation approach based on mathematical morphology," *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 65, no. Iccmit, pp. 612–622, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.09.005.
- [5] X. Bao, X. Ge, L. She, and S. Zhang, "Segmentation of Retinal Blood Vessels Based on Cake Filter," vol. 2015, 2015.
- [6] J. H. Tan, U. R. Acharya, S. V Bhandary, K. C. Chua, and S. Sivaprasad, "Segmentation of optic disc , fovea and retinal vasculature using a single convolutional neural network," *J. Comput. Sci.*, 2017, doi: 10.1016/j.jocs.2017.02.006.
- [7] N. P. S. R. Srivastava, "Retinal blood vessels segmentation by using Gumbel Probability Distribution Function based matched filter," *Comput. Methods Programs Biomed.*, 2016.
- [8] N. Memari, A. R. Ramli, M. I. Bin Saripan, and S. Mashohor, *Supervised retinal vessel segmentation from color fundus images based on matched filtering and AdaBoost classifier*. 2017.
- [9] N. Memari, A. R. Ramli, M. I. Bin Saripan, S. Mashohor, and M. Moghbel, "Retinal Blood Vessel Segmentation by Using Matched Filtering and Fuzzy C-means Clustering with Integrated Level Set Method for Diabetic Retinopathy Assessment," *J. Med. Biol. Eng.*, vol. 39, pp. 713–731, 2018.
- [10] Yuanjie Zheng, "Drusen Segmentation From Retinal Images via

- Supervised Feature Learning.” 2017.
- [11] J. Dash, “Retinal Blood Vessel Segmentation Using Otsu Thresholding With Principal Component Analysis,” *2018 2nd Int. Conf. Inven. Syst. Control*, no. Icisc, pp. 933–937, 2018.
- [12] J. Kim, O. Sangjun, Y. Kim, and M. Lee, “Convolutional Neural Network with Biologically Inspired Retinal Structure,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 88, pp. 145–154, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.07.418.
- [13] B. K. Triwijoyo, Y. Heryadi, A. S. Ahmad, B. S. Sabarguna, W. Budiharto, and E. Abdurachman, “Retina Disease Classification Based on Colour Fundus Images using Convolutional Neural Networks,” no. 27, pp. 1–4, 2015.
- [14] A. Oliveira, S. Pereira, and C. A. Silva, “Retinal vessel segmentation based on Fully Convolutional Neural Networks,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 112, pp. 229–242, 2018, doi: 10.1016/j.eswa.2018.06.034.
- [15] T. Mapayi, S. Viriri, and J. Tapamo, “Adaptive Thresholding Technique for Retinal Vessel Segmentation Based on GLCM-Energy Information,” vol. 2015, 2015.