

**KOMBINASI ARSITEKTUR U-NET DAN FCN (FCNU-NET)  
DALAM SEGMENTASI *OPTIC DISC* DAN *OPTIC CUP* PADA  
CITRA RETINA**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**



**Oleh:**

**MUHAMMAD AWALUDIN DJOHAR**

**NIM 08011281823030**

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

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**KOMBINASI ARSITEKTUR U-NET DAN FCN (FCNU-NET)  
DALAM SEGMENTASI *OPTIC DISC* DAN *OPTIC CUP* PADA  
CITRA RETINA**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**

**Oleh**

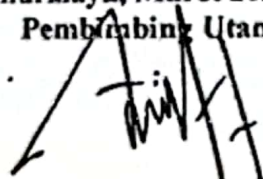
**Muhammad Awaludin Djohar  
NIM. 08011281823030**

**Pembimbing Kedua**



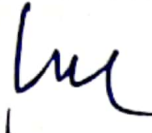
**Drs. Putra B.J. Bangun, M.Si.  
NIP. 195909041985031002**

**Indralaya, Maret 2022  
Pembimbing Utama**



**Anita Desiani, M. Kom.  
NIP. 197712112003122002**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika**



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

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Kupersembahkan skripsi ini untuk :*

*Yang Maha Kuasa Allah Subhanahu Wa Ta'ala,*

*Kedua orang tuaku tersayang,*

*Kakak perempuanku,*

*Keluarga besarku,*

*Semua guru dan dosenku,*

*Sahabat-sahabatku,*

*Almamaterku*

### Motto

“Tidak ada yang terjadi karena kebetulan di dunia ini, semuanya terjadi karena  
suatu alasan.”

- Mei-O Rayleigh

-

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakakatuh

Dengan mengucapkan Alhamdulillah, segala puji bagi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**KOMBINASI ARSITEKTUR U-NET DAN FCN (FCNU-NET) DALAM SEGMENTASI *OPTIC DISC* DAN *OPTIC CUP* PADA CITRA RETINA**” ini dapat berjalan dengan baik dan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains bidang Studi Matematika di Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya.

Dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang tulus penulis sampaikan kepada kedua orang tua tercinta, yaitu **Ayah M. Jaya Jaenudin** dan **Ibu Siti Khodijah** yang telah menuntun, mendidik, mengajari, menasehati, memberi semangat, dan tidak pernah lelah berdoa yang terbaik untuk anaknya. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M**, selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah membimbing dan mengarahkan urusan akademik kepada penulis.
2. Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, M.Si** selaku Sekretaris Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah membimbing dan mengarahkan urusan akademik kepada penulis.

3. Ibu **Anita Desiani, M.Kom** selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan, pengalaman, pengarahan dengan penuh perhatian dan kesabaran serta didikan selama proses skripsi, kompetensi mahasiswa dan perjalanan kuliah ini.
4. Bapak **Drs. Putra BJ. Bangun, M. Si** selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dengan penuh perhatian, pengertian, dan kesabaran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
5. Ibu **Dr. Evi Yuliza, S.Si., M.Si** dan Ibu **Des Alwine Zayanti, S.Si., M.Si** selaku dosen pembahas dan penguji yang telah memberikan tanggapan, kritik, dan saran yang sangat bermanfaat untuk perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu **Yulia Resti, S.Si., M.Si. Ph.D**, selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan mengarahkan urusan akademik penulis.
7. **Seluruh Dosen di Jurusan Matematika FMIPA** yang telah memberikan ilmu, nasihat, motivasi, serta bimbingan selama proses perkuliahan.
8. Pak **Irwansyah** selaku admin dan Ibu **Hamidah** selaku pegawai tata usaha Jurusan Matematika FMIPA yang telah banyak membantu penulis selama perkuliahan.
9. Almh. Ibu **Lely Indah Sari, S.Pd** dan APA **Muhammad Abdullah Tohir, S.E** yang telah memberikan keinginan melanjutkan pendidikan di S1 dan ilmu yang bermanfaat hingga mengantarkan penulis pada pendidikan ini.

10. Kakak dan Adik-adikku **Siti Sahratna Gumilang, Muhammad Arif Nurjati** dan **Siti Ning Aulia**, keluarga besarku, serta keluarga Ponpes Al-Fadhilah yang selalu menanti kepulanganku terima kasih untuk kasih sayang, motivasi, dukungan, perhatian, dan do'a yang selalu dipanjatkan selama ini untuk keberhasilanku.
11. Kak **Fathur Rachman Husein**, Kak **Muhammad Gibran Al-Filambany**, Kak **Ajeng Islamia Putri**, Kak **Filda Efriliyanti**, Kak **Yogi Wahyudi**, serta kakak-kakak komputasi 2016 dan 2017 yang telah banyak membantu serta berbagi ilmu selama proses skripsi.
12. **Seluruh guru** yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat hingga mengantarkan penulis pada pendidikan ini.
13. **Semua sahabat seperjuangan** dalam masa perkuliahan dan perskripsiana, terima kasih sudah menjadi orang-orang baik di sekeliling penulis, selalu mendukung, membantu dengan tulus, dan memberi energi positif.
14. **Keluarga Matematika 2018, BPH Himastik Beraksi dan Gelora Karya, Asisten Laboratorium Komputasi 2019/2021 dan 2020/2021, Keluarga Tydack Cawa**, dan *We Are Freedom* selama perkuliahan.
15. Kakak-kakak tingkat angkatan 2016 dan 2017 serta adik-adik tingkat angkatan 2019 dan 2020, terima kasih atas segala kebaikan dan bantuan.
16. 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, Januari 2022

Penulis

**COMBINATION OF U-NET AND FCN ARCHITECTURE (FCNU-NET)  
IN OPTIC DISC AND OPTIC CUP SEGMENTATION  
ON RETINA IMAGE**

By:

**Muhammad Awaludin Djohar  
08011281823030**

**ABSTRACT**

Semantic image segmentation has an important role in the medical field to assist in diagnosing glaucoma. Detection of this disease can be done through segmentation of the optic disc and optic cup on the retina. The architecture that is widely used in semantic image segmentation is U-Net. Convolutional Neural Network (CNN) has good performance in semantic image segmentation. This architecture has good accuracy in medical image analysis and disease diagnosis. In this study, propose the application of a combination of U-Net architecture and Fully Convolutional Network (FCN) for optical disc and optical cup segmentation on the retina using the Messidor-2 dataset with performance evaluation measures such as accuracy, specificity, sensitivity, F1 Score and IoU. The research stages include data collection, pre-processing, modification of U-Net and FCN architecture, training, testing, evaluation, analysis and interpretation of results, and conclusions. The results of the study using the Messidor-2 dataset obtained values 99.79% of accuracy, 96.44% of specificity, 78.89% of sensitivity, 81.86% of F1 Score, and 71.87%, of IoU. Based on these results, it shows that the proposed architecture is capable of segmenting the optical disc and retinal optic cup from the given dataset.

Keywords : Optic Disc and Optic Cup, Segmentation, U-Net, Fully Convolutional Network, Glaucoma



**KOMBINASI ARSITEKTUR U-NET DAN FCN (FCNU-NET)  
DALAM SEGMENTASI *OPTIC DISC* DAN *OPTIC CUP*  
PADA CITRA RETINA**

**Oleh:**

**Muhammad Awaludin Djohar  
08011281823030**

**ABSTRAK**

Segmentasi citra semantik memiliki peranan penting dalam bidang medis untuk membantu dalam mengdiagnosa penyakit *Glaucoma*. Deteksi penyakit tersebut dapat dilakukan melalui segmentasi *optic disc* dan *optic cup* pada retina. *Convolutional Neural Network* (CNN) memiliki kinerja yang baik dalam segmentasi citra semantik. Arsitektur yang banyak digunakan dalam segmentasi citra semantik adalah *U-Net*. Arsitektur *U-Net* memiliki kemampuan dalam analisa citra medis dan diagnosa penyakit. Pada penelitian ini, mengusulkan penerapan kombinasi arsitektur *U-Net* dan *Fully Convolutional Network* (FCN) untuk segmentasi *optic disc* dan *optic cup* pada retina dengan menggunakan dataset Messidor-2 dengan ukuran evaluasi kinerja berupa akurasi, spesifisitas, sensitivitas, *F1 Score* dan IoU. Tahapan penelitian yang dilakukan antara lain pengumpulan data, *pre-processing*, modifikasi arsitektur *U-Net* dan FCN, *training*, *testing*, evaluasi, analisis dan interpretasi hasil, serta kesimpulan. Hasil penelitian menggunakan dataset Messidor-2 diperoleh nilai 96,44% untuk akurasi, 99,79% untuk spesifisitas, 78,89% untuk sensitivitas, 81,86% untuk *F1 Score*, dan 71,87% untuk IoU. Berdasarkan hasil tersebut, menunjukkan bahwa arsitektur yang diusulkan mampu melakukan segmentasi *optic disc* dan *optic cup* retina dari dataset yang diberikan.

Kata Kunci : *Optic Disc* dan *Optic Cup*, Segmentasi Semantik, *U-Net*, *Fully Convolutinal Network*, *Glaucoma*

## 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>viii</b> |
| <b>ABSTRAK .....</b>  | <b>ix</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                     | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1           |
| 1.2 Perumusan Masalah.....  | 4           |
| 1.3 Pembatasan Masalah .....                                      | 4           |
| 1.4 Tujuan .....  | 4           |
| 1.5 Manfaat .....   | 4           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                               | <b>6</b>    |
| 2.1 Citra Digital.....  | 6           |
| 2.2 <i>Pre-processing</i> Citra : <i>Green Channel</i> .....      | 8           |
| 2.3 Segmentasi Citra Semantik.....                                | 9           |
| 2.4 <i>Convolutional Neural Networks</i> (CNN) .....              | 9           |
| 2.6 <i>U-Net</i> .....  | 17          |
| 2.7 <i>Fully Convolutional Network</i> .....                      | 18          |
| 2.8 <i>Categorical Cross Entropy</i> .....                        | 19          |
| 2.9 <i>ADAM Optimizer</i> .....                                   | 20          |
| 2.10 <i>Confusion Matriks</i> .....                               | 21          |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                        | <b>23</b>   |
| 3.1 Tempat .....  | 23          |
| 3.2 Waktu.....  | 23          |
| 3.3 Alat.....   | 23          |
| 3.4 Metode Penelitian.....  | 23          |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                           | <b>30</b>   |
| 4.1 Deskripsi Data.....   | 30          |
| 4.2 <i>Pre-processing</i> .....                                   | 32          |
| 4.3 Implementasi Arsitektur FCNU-Net dalam Segmentasi Citra ..... | 33          |
| 4.4 <i>Training</i> .....   | 52          |
| 4.5 <i>Testing</i> .....  | 57          |
| 4.6 Evaluasi.....   | 61          |
| 4.7 Analisis dan Interpretasi Hasil.....                          | 66          |
| <b>BAB V.....</b>   | <b>66</b>   |
| <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                 | <b>66</b>   |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 66          |
| 5.2 Saran .....   | 66          |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                       | <b>67</b>   |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 4. 1. Sampel Citra Asli pada Dataset Messidor-2 .....                                | 30 |
| Tabel 4.2. Sampel Perbandingan Citra Asli, Hasil Segmentasi, dan <i>Ground Truth</i> ..... | 57 |
| Tabel 4.3. Hasil <i>Confusion Matrix</i> dari Tahap <i>Testing</i> .....                   | 59 |
| Tabel 4.4. Perbandingan Hasil Evaluasi Kinerja dengan Penelitian Lain .....                | 67 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1. Representasi Citra Digital .....  | 6  |
| Gambar 2.2. <i>Optic Disc</i> dan <i>Cup</i> pada Citra Retina .....                          | 7  |
| Gambar 2.3. Representasi Piksel RGB .....   | 8  |
| Gambar 2.4. Proses <i>Convolution Layer</i> .....   | 11 |
| Gambar 2.5. Contoh Proses <i>Max Pooling</i> .....  | 12 |
| Gambar 2.6. Representasi Fungsi Aktivasi ReLU .....   | 13 |
| Gambar 2.7. Representasi Fungsi Aktivasi <i>Softmax</i> .....                                 | 14 |
| Gambar 2.8. Proses Transposed Convolution dengan Kernal 3 dan Stride 1 .....                  | 16 |
| Gambar 2.9. Ilustrasi Proses <i>Concatenate</i> .....   | 16 |
| Gambar 2.10. Arsitektur Dasar <i>U-Net</i> .....  | 17 |
| Gambar 2.11. Arsitektur FCN .....   | 19 |
| Gambar 2.12. <i>Extended Confusion Matrix</i> $3 \times 3$ .....                              | 21 |
| Gambar 4.1. Citra Retina <i>Optic Disc</i> , <i>Optic Cup</i> , dan <i>Groun -truth</i> ..... | 32 |
| Gambar 4.2. Hasil <i>Preprocessing</i> Citra (a) Citra Asli (b) <i>Green Channel</i> .....    | 33 |
| Gambar 4.3. Arsitektur FCNU-Net.....  | 33 |
| Gambar 4.4. Proses Partisi Matriks <i>Input</i> ke Submatriks .....                           | 45 |
| Gambar 4.5. Ilustrasi Proses <i>Concatenate</i> .....   | 48 |
| Gambar 4. 6. Hasil <i>Training</i> Model Arsitektur FCNU-Net.....                             | 54 |
| Gambar 4.7. Grafik Nilai <i>Loss</i> pada Proses <i>Training</i> Model FCNU-Net.....          | 55 |
| Gambar 4.8. Grafik Nilai Akurasi pada Proses <i>Training</i> Model FCNU-Net.....              | 56 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Citra merupakan suatu representasi, kesamaan, atau artifisial dari suatu objek, sebagai keluaran suatu sistem perekaman data yang dapat bersifat optik berupa gambar (Sindar and Sinaga 2017). Segmentasi citra merupakan suatu teknik dalam proses pengolahan data gambar yang dilakukan dengan cara mengalokasikan citra ke dalam beberapa *field* yang berbeda, yaitu objek yang diteliti dan *background* (Desiani, *et al.*, 2021). Teknik segmentasi citra semantik banyak digunakan untuk mengidentifikasi dan klasifikasi citra di berbagai bidang seperti medis, forensik, dan pertanian (Bali and Singh 2015).

Segmentasi citra medis sangat penting dilakukan, karena dapat digunakan dalam diagnosis penyakit dan perencanaan pengobatan (Chen et al. 2018). Segmentasi citra dilakukan manual oleh para ahli radiologi memerlukan waktu pengerjaan yang sangat lama dengan hasil yang tidak akurat sehingga diperlukan pemeriksaan lebih lanjut (Patil, Deore, and Bhusawal 2013). Beberapa citra digital telah banyak digunakan untuk segmentasi, terutama dalam bidang medis salah satunya yaitu citra retina. Citra retina banyak digunakan dalam diagnosis dan pengobatan penyakit mata seperti diabetes retinopati, katarak, dan *Glaucoma* (Naik and Mariappan 2016).

Salah satu citra retina yang banyak digunakan dalam segmentasi adalah *optic disc* dan *optic cup*. *Optic disc* merupakan salah satu struktur utama pada

retina yang sangat penting dalam mendeteksi *Glaucoma* dan lesi putih pada diabetes

retinopati (Dashtbozorg, Mendonça, and Campilho 2015). Segmentasi *optic disc* dan *optic cup* sangat akurat dan berperan penting dalam mendiagnosis *Glaucoma* (Wei Zhou et al. 2019).

*Convolutinal Neural Network* (CNN) telah berkembang dan menunjukkan kemampuan yang baik dalam analisa citra (Xie et al. 2017). *U-Net* merupakan salah satu varian arsitektur dari CNN yang banyak digunakan untuk segmentasi dalam bidang medis (Siddique et al. 2021). *U-Net* memiliki 2 bagian utama yaitu *contracting path (encode)* untuk mengambil fitur *input* serta menciptakan dimensi yang lebih kecil dari *input*, dan *expansive path (decode)* untuk mengambil fitur hasil *encode* dan memberikan kecocokan terbaik dengan *input* utama atau *output* yang direncanakan (Popat et al. 2020).

Keuntungan dari arsitektur ini terletak pada kemampuannya dalam memprediksi setiap piksel-piksel gambar dan banyak digunakan untuk segmentasi *optic disc* retina (Popat et al. 2020). Namun *U-Net* termasuk jaringan yang tidak dalam karena hanya terdiri dari beberapa lapisan saja (Zhang et al. 2020). Secara khusus jaringan yang dalam akan menghasilkan kinerja yang lebih baik dan dapat mempelajari lebih banyak fitur citra (Mousavi, Schukat, and Howley 2018). Penambahan jaringan dalam arsitektur *U-Net* akan membuat parameter semakin banyak dan meningkatkan kompleksitas jaringan (Chen et al. 2018).

Beberapa segmentasi telah dilakukan peneliti lain dengan menggunakan arsitektur *U-Net* ini, seperti Sevastopolsky (2017) menggunakan metode *Modified U-Net* menghasilkan nilai *Intersection over Union (IoU)* dan *F1 Score* di atas 80% untuk *optic disc* dan di bawah 65% untuk *optic cup* serta tidak menghitung nilai

akurasi, sensitifitas, dan spesifisitas. Prastyo *et al.* (2020) menggunakan metode *U-Net* menghasilkan nilai *F1 Score* yang tinggi yaitu 92% untuk *optic cup*, namun penelitian ini tidak melakukan segmentasi *optic disc* dan perhitungan kinerja lainnya. Tulsani *et al.* (2021) menggunakan metode *U-Net ++* menghasilkan nilai IoU sebesar 89% untuk *optic disc* dan *optic cup*, namun tidak menghitung kinerja lain.

*Fully Convolutional Network* (FCN) adalah salah satu arsitektur yang digunakan untuk segmentasi citra semantik (Zhao *et al.* 2017). Kelebihan arsitektur FCN dapat menggabungkan informasi semantik dari lapisan yang dalam dan lapisan yang dangkal untuk menghasilkan segmentasi yang akurat dan detail, serta meningkatkan piksel pada citra dalam melakukan segmentasi citra semantik (Ozturk *et al.*, 2020; Sun & Wang, 2018).

Beberapa penelitian telah dilakukan menggunakan arsitektur FCN ini, seperti Bi *et al.* (2019) menggunakan FCN menghasilkan nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *F1 Score* dengan rata-rata nilai diatas 80% dan IoU sebesar 78%, untuk segmentasi *optic cup* dan *optic disc*. Al-Bander *et al.* (2018) menggunakan *Fully Convolutional DenseNet* menghasilkan nilai *F1 Score* dan IoU yang cukup rendah di bawah 70% untuk *optic cup* dan nilai *F1 Score* dan IoU di atas 80% untuk *optic disc*. Edupuganti *et al.* (2018) menggunakan FCN menghasilkan nilai IoU sebesar 76% untuk *optic cup* dan 58% untuk *optic disc*, serta tidak menghitung nilai akurasi, sensitifitas, spesifisitas, dan *F1 Score*. Tidak seperti arsitektur *U-Net*, FCN hanya memiliki jalur *encode* yang membuat arsitektur tersebut tidak mencocokkan dengan *input*, sehingga diperlukan fitur *decode* dari *U-*



*Net* untuk menanggulangi kekurangan tersebut.

Berdasarkan kelebihan dan kelemahan yang dimiliki masing-masing arsitektur *U-Net* dan *Fully Convolutinal Network* (FCN), akan dilakukan penelitian terkait segmentasi *optic disc* dan *optic cup* pada citra retina menggunakan kombinasi arsitektur FCN dan *U-Net* atau disebut FCNU-Net, sehingga dapat memperoleh hasil segmentasi yang lebih baik dengan mengukur evaluasi kinerja hasil arsitektur dari nilai akurasi, IoU, *F1-Score*, sensitivitas, dan spesifitas.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Bagaimana membentuk arsitektur baru yang menggabungkan kelebihan dan kekurangan antara *Fully Convolutional Network* (FCN) dan *U-Net* dalam segmentasi *optic disc* dan *optic cup* retina dengan mengukur hasil kinerja arsitektur berdasarkan nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1 Score*, dan IoU.

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah pembahasan mengenai segmentasi *optic disc* dan *optic cup* retina serta tidak membahas tahapan klasifikasi maupun perbaikan kualitas citra.

## **1.4 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif arsitektur baru yang menggabungkan antara arsitektur *U-Net* dan FCN dalam segmentasi *optic disc* dan *optic cup* retina dengan acuan nilai kinerja akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1 Score*, dan IoU.

## **1.5 Manfaat**

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Dapat dijadikan sebagai *input* untuk klasifikasi penyakit *Glaucoma*.
2. Dapat digunakan sebagai referensi untuk melakukan penelitian terkait dengan segmentasi *optic disc* dan *optic cup* retina.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agarap, Abien Fred. 2018. "Deep Learning Using Rectified Linear Units (ReLU)." (March 2018). <http://arxiv.org/abs/1803.08375>.
- Al-Bander, Baidaa et al. 2018. "Dense Fully Convolutional Segmentation of the Optic Disc and Cup in Colour Fundus for Glaucoma Diagnosis." *Symmetry* 10(4).
- Alfiani Mahardhika, Aisha, Ristu Saptono, and Rini Anggrainingsih. 2016. "Sistem Klasifikasi Feedback Pelanggan Dan Rekomendasi Solusi Atas Keluhan Di UPT Puskom UNS Dengan Algoritma Naive Bayes Classifier Dan Cosine Similiarity." *Jurnal Teknologi & Informasi ITSmart* 4(1): 36.
- Almazroa, Ahmed, Ritambhar Burman, Kaamran Raahemifar, and Vasudevan Lakshminarayanan. 2015. "Optic Disc and Optic Cup Segmentation Methodologies for Glaucoma Image Detection: A Survey." *Journal of Ophthalmology* 2015.
- Bali, Akanksha, and Shailendra Narayan Singh. 2015. "A Review on the Strategies and Techniques of Image Segmentation." *International Conference on Advanced Computing and Communication Technologies, ACCT 2015-April*: 113–20.
- Banerjee, Kunal et al. 2021. "Exploring Alternatives to Softmax Function." *Proceedings of the 2nd International Conference on Deep Learning Theory and Applications, DeLTA 2021*: 81–86.
- Bi, Lei et al. 2019. "Automated Segmentation of the Optic Disk and Cup Using Dual-Stage Fully Convolutional Networks." : 2–5.  
<http://arxiv.org/abs/1902.04713>.
- Božić-Štulić, Dunja, Maja Braović, and Darko Stipaničev. 2020. "Deep Learning Based Approach for Optic Disc and Optic Cup Semantic Segmentation for Glaucoma Analysis in Retinal Fundus Images." *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems* 11(2): 111–20.
- Chen, Liang et al. 2018. "DRINet for Medical Image Segmentation." *IEEE Transactions on Medical Imaging* 37(11): 2453–62.
- Dashtbozorg, Behdad, Ana Maria Mendonça, and Aurélio Campilho. 2015. "Optic Disc Segmentation Using the Sliding Band Filter." *Computers in Biology and Medicine* 56: 1–12.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.combiomed.2014.10.009>.
- Desiani, Anita, Member Erwin, et al. 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): 1–9.

- Desiani, Anita, Des Alwine Zayanti, et al. 2021. “Variasi Thresholding Untuk Segmentasi Pembuluh Darah Citra Retina.” *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika* 7(2): 255–62.
- Desiani, Anita, Sugandi Yahdin, and Annisa Kartikasari. 2021. “Handling the Imbalanced Data with Missing Value Elimination SMOTE in the Classification of the Relevance Education Background with Graduates Employment.” 10(2): 346–54.
- Edupuganti, Venkata Gopal, Akshay Chawla, and Amit Kale. 2018. “Automatic Optic Disk and Cup Segmentation of Fundus Images Using Deep Learning.” *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP: 2227–31*.
- Eka Putra, Wayan Suartika. 2016. “Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Caltech 101.” *Jurnal Teknik ITS* 5(1).
- Es-Sabery, Fatima et al. 2021. “Sentence-Level Classification Using Parallel Fuzzy Deep Learning Classifier.” *IEEE Access* 9(February): 17943–85.
- Goldberg, Yoav. 2017. *Yoav Goldberg Book - Neural Network Methods in Natural Language Processing*.
- Gonzalez, Rafael C., and Richard E. Woods. 2008. “Digital Image Processing Third Edition Pearson.”
- Guo, Tianmei, Jiwen Dong, and Henjian Li. 2017. “Simple Convolutional Neural Network on Image Classification.” In *IEEE International Conference on Big Data Analysis*, , 721–24.
- Haleem, Muhammad Salman, Liangxiu Han, Jano van Hemert, and Baihua Li. 2013. “Automatic Extraction of Retinal Features from Colour Retinal Images for Glaucoma Diagnosis: A Review.” *Computerized Medical Imaging and Graphics* 37(7–8): 581–96.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.compmedimag.2013.09.005>.
- Ioffe, Sergey, and Christian Szegedy. 2015. “Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift.” *32nd International Conference on Machine Learning, ICML 2015* 1: 448–56.
- Kim, Jongwoo, Loc Tran, Emily Y. Chew, and Sameer Antani. 2019. “Optic Disc and Cup Segmentation for Glaucoma Characterization Using Deep Learning.” *Proceedings - IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems 2019-Janua*: 489–94.
- Kingma, Diederik P., and Jimmy Lei Ba. 2015. “Adam: A Method for Stochastic Optimization.” *3rd International Conference on Learning Representations*,

*ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*: 1–15.

- Li, Liu et al. 2019. “A Large-Scale Database and CNN Model.” : 1–11.  
<http://arxiv.org/abs/1903.10831>.
- Li, Qing et al. 2014. “Medical Image Classification with Convolutional Neural Network.” *2014 13th International Conference on Control Automation Robotics and Vision, ICARCV 2014*: 844–48.
- Lyra, Maria, Agapi Ploussi, and Antonios Georgantzoglou. 2011. “MATLAB as a Tool in Nuclear Medicine Image Processing.” *MATLAB - A Ubiquitous Tool for the Practical Engineer*.
- Maison, T. Lestari, and A. Luthfi. 2019. “Retinal Blood Vessel Segmentation Using Gaussian Filter.” *Journal of Physics: Conference Series* 1376(1).
- Mishra, Spandan, O. Arda Vanli, Fred W. Huffer, and Sungmoon Jung. 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(850): 98032H.
- Mousavi, Seyed Sajad, Michael Schukat, and Enda Howley. 2018. “Deep Reinforcement Learning: An Overview.” *Lecture Notes in Networks and Systems* 16: 426–40.
- Naik, B.Balaji, and R. Mariappan. 2016. “Classification of Eye Diseases Using Optic Cup Segmentation and Optic Disc Ratio.” *IOSR Journal of Computer Engineering* 18(05): 87–94.
- Nemade, S. B., and S. P. Sonavane. 2019. “Image Segmentation Using Convolutional Neural Network for Image Annotation.” *Proceedings of the 4th International Conference on Communication and Electronics Systems, ICCES 2019* 8(11): 838–43.
- Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, and Thomas Brox, and and Thomax Brox. 2015. “U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation.” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 9351(Cvd): 12–20.
- Oltu, Burcu, Büşra Kübra Karaca, Hamit Erdem, and Atilla Özgür. 2021. “A Systematic Review of Transfer Learning Based Approaches for Diabetic Retinopathy Detection.” <http://arxiv.org/abs/2105.13793>.
- OZTURK, Ozan, Batuhan SARITÜRK, and Dursun Zafer SEKER. 2020. “Comparison of Fully Convolutional Networks (FCN) and U-Net for Road Segmentation from High Resolution Imageries.” *International Journal of Environment and Geoinformatics* 7(3): 272–79.

- Padmavathi, K., and K. Thangadurai. 2016. "Implementation of RGB and Grayscale Images in Plant Leaves Disease Detection - Comparative Study." *Indian Journal of Science and Technology* 9(6): 4–9.
- Patil, Dinesh D, Sonal G Deore, and Ssgbcoet Bhusawal. 2013. "Medical Image Segmentation: A Review." *Ijcsmc* 2(1): 22–27.
- Piramanayagam, Sankaranarayanan, Eli Saber, Wade Schwartzkopf, and Frederick W. Koehler. 2018. "Supervised Classification of Multisensor Remotely Sensed Images Using a Deep Learning Framework." *Remote Sensing* 10(9): 1–25.
- Popat, Vipul et al. 2020. "GA-Based U-Net Architecture Optimization Applied to Retina Blood Vessel Segmentation." *IJCCI 2020 - Proceedings of the 12th International Joint Conference on Computational Intelligence (Ijcci)*: 192–99.
- Prastyo, Pulung Hendro, Amin Siddiq Sumi, and Annis Nuraini. 2020. "Optic Cup Segmentation Using U-Net Architecture on Retinal Fundus Image." *JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering)* 4(02): 105–9.
- Purnomo, Adenuar, and Handayani Tjandrasa. 2021. "Improved Deep Learning Architecture With Batch Normalization for Eeg Signal Processing." *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi* 19(1): 19.
- Santra, A K, and C Josephine Christy. 2012. "Genetic Algorithm and Confusion Matrix for Document Clustering." *International Journal of Computer Science Issues* 9(1): 322–28.
- Sevastopolsky, A. 2017. "Optic Disc and Cup Segmentation Methods for Glaucoma Detection with Modification of U-Net Convolutional Neural Network." *Pattern Recognition and Image Analysis* 27(3): 618–24.
- Shamsaldin, Ahmed, Polla Fattah, Tarik Rashid, and Nawzad Al-Salihi. 2019. "A Study of The Convolutional Neural Networks Applications." *UKH Journal of Science and Engineering* 3(2): 31–40.
- Siddique, Nahian, Sidike Paheding, Colin P. Elkin, and Vijay Devabhaktuni. 2021. "U-Net and Its Variants for Medical Image Segmentation: A Review of Theory and Applications." *IEEE Access*.
- Sindar, Anita, and R M Sinaga. 2017. "DIGITAL." 1(2): 48–51.
- Sultana, Farhana, Abu Sufian, and Paramartha Dutta. 2020. "Evolution of Image Segmentation Using Deep Convolutional Neural Network: A Survey." *Knowledge-Based Systems* 201–202: 1–38.
- Sun, Weiwei, and Ruisheng Wang. 2018. "Fully Convolutional Networks for

Semantic Segmentation of Very High Resolution Remotely Sensed Images Combined with DSM.” *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 15(3): 474–78.

Tulsani, Akshat, Preetham Kumar, and Sumaiya Pathan. 2021. “Automated Segmentation of Optic Disc and Optic Cup for Glaucoma Assessment Using Improved UNET++ Architecture.” *Biocybernetics and Biomedical Engineering* 41(2): 819–32. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2021.05.011>.

Wang, Chunlin, Jianyong Sun, Wanjin Xu, and Xiaolin Chen. 2019. “Depth Learning Standard Deviation Loss Function.” *Journal of Physics: Conference Series* 1176(3).

Wojna, Zbigniew et al. 2019. “The Devil Is in the Decoder: Classification, Regression and GANs.” *International Journal of Computer Vision* 127(11–12): 1694–1706.

Wu, Shuang et al. 2019. “L1 -Norm Batch Normalization for Efficient Training of Deep Neural Networks.” *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* 30(7): 2043–51.

Xie, Guo Sen, Xu Yao Zhang, Shuicheng Yan, and Cheng Lin Liu. 2017. “Hybrid CNN and Dictionary-Based Models for Scene Recognition and Domain Adaptation.” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 27(6): 1263–74.

Yani, Muhamad, Budhi Irawan, and Casi Setiningsih. 2019. “Application of Transfer Learning Using Convolutional Neural Network Method for Early Detection of Terry’s Nail.” *Journal of Physics: Conference Series* 1201(1).

Zhang, Ziang, Chengdong Wu, Sonya Coleman, and Dermot Kerr. 2020. “DENSE-INception U-Net for Medical Image Segmentation.” *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 192: 105395. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105395>.

Zhao, Hengshuang et al. 2017. “IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2000.” *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* 2.

Zhou, Wei, Yugen Yi, Yuan Gao, and Jiangyan Dai. 2019. “Optic Disc and Cup Segmentation in Retinal Images for Glaucoma Diagnosis by Locally Statistical Active Contour Model with Structure Prior.” *Computational and Mathematical Methods in Medicine* 2019.

Zhou, Weibin, Xiaotong Ma, and Yong Zhang. 2020. “Research on Image Preprocessing Algorithm and Deep Learning of Iris Recognition.” *Journal of Physics: Conference Series* 1621(1).

## Lampiran

## SURAT KETERANGAN PENGECEKAN SIMILARITY

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Muhammad Awaludin Djohar  
Nim : 08011281823030  
Prodi : Matematika  
Fakultas : Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyatakan bahwa benar hasil pengecekan similarity Skripsi yang berjudul "Kombinasi Arsitektur U-Net dan FCN (FCNU-Net) dalam Segmentasi *Optic Disc* dan *Optic Cup* pada Citra Retina" adalah 18%.

Dicek oleh operator \*1. Dosen Pembimbing

2. UPT Perpustakaan

3. Operator Fakultas MIPA

Demikianlah surat keterangan ini saya buat dengan sebenarnya dan dapat saya pertanggung jawabkan.

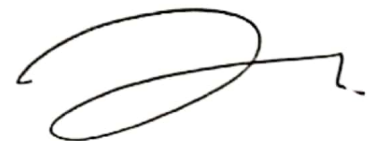
Menyetujui  
Dosen pembimbing,



Anita Desiani, M.Kdm  
NIP. 197712112003122002

Indralaya, Me 2022

Yang menyatakan,



Muhammad Awaludin Djohar  
NIM. 080112818123030

\*Lingkari salah satu jawaban tempat anda melakukan pengecekan Similarity



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

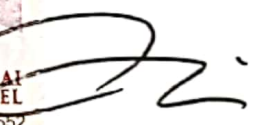
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Muhammad Awaludin Djohar  
NIM : 08011281823030  
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 srata (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, 30 Mei 2022

Penulis  
  
METERAI  
TEMPEL  
4CCAJX849727552  
Muhammad Awaludin Djohar  
NIM.08011281283030

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

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

Nama Mahasiswa : Muhammad Awaludin Djohar  
NIM : 08011281823030  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Matematika  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Kombinasi Arsitektur U-Net dan FCN (FCNU-Net) dalam Segmentasi *Optic Disc* dan *Optic Cup* pada Citra Retina”. Dengan hak bebas royalti 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, 30 Mei 2022  
Penulis

Muhammad Awaludin Djohar  
NIM.08011281283030