

**SEGMENTASI PEMBULUH DARAH RETINA MENGGUNAKAN  
METODE *CIRCULAR PATCH* DAN ARSITEKTUR *U-NET***

**SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**Fathur Rachman Husein**

**08011381621046**



**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SEGMENTASI PEMBULUH DARAH RETINA MENGGUNAKAN  
METODE *CIRCULAR PATCH* DAN ARSITEKTUR *U-NET***

**SKRIPSI**

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

**Oleh**

**FATHUR RACHMAN HUSEIN**

**NIM. 08011381621046**

**Indralaya, September 2021**

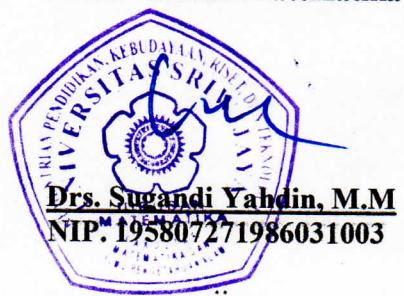
**Pembimbing Kedua**

  
**Dr. Bambang Suprihatin, M.Si**  
NIP. 197101261994121001

**Pembimbing Utama**

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

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika**



**Drs. Sugandi Yahdin, M.M**  
NIP. 195807271986031003

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Kupersembahkan skripsi ini untuk:*

*Yang Maha Kuasa Allah Subhanahu Wa Ta'ala*

*Kedua Orangtuaku Tersayang*

*Kakak dan adikku Tercinta,*

*Keluarga Besarku Tersayang*

*Semua Guru dan Dosenku*

*Sahabat-sahabatku Tercinta*

*Almamaterku*

Motto

*"We must cultivate our own garden. When man was put in the garden of Eden he was put there so that he should work, which proves that man was not born to rest."*

*-Voltaire-*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakakatuh

Dengan mengucapkan Alhamdulillah, segala puji bagi Allah *Subhanahu Wa Ta'alaatas* limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Segmentasi Pembuluh Darah Retina Menggunakan Metode Circular Patch dan Arsitektur U-Net**" 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 perhargaan yang tulus penulis sampaikan kepada kedua orang tua tercinta, yaitu **Bapak Herman** dan **Ibu Susi** yang telah menuntun, mendidik, mengajari, menasehati, memberi semangat, dan tidak pernah lelah berdoa yang tebaik untuk anaknya. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih dan perhargaan 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 usrusan akademik kepada penulis selama belajar di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya.
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 usrusan akademik

kepada penulis selama belajar di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya.

3. Ibu **Anita Desiani, M.Kom** selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dengan penuh perhatian, pengertian, dan kesabaran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Ibu **Dr. Bambang Suprihatin, 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 **Irmeilyana, M.Si**, bapak **Drs. Putra B.J Bangun, M.Si**, dan bapak **Drs. Endro Setyo Cahyono, 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 **Anita Desiani, M.Kom**, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang sangat baik telah memberikan saran, membimbing, membantu, dan mengarahkan urusan akademik penulis setiap semester.
7. **Seluruh Dosen di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam** yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, nasehat serta bimbingan selama penulis menjalani perkuliahan.

8. Pak **Irwansyah** selaku admin dan Ibu **Hamidah** selaku Pegawai tata usaha Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
9. Kakak kembarku **Tania** dan **Nadya**,
10. Kakak kembarku **Tania**, **Nadya** dan Adikku **Ryan**, serta keluarga besarku yang selalu menanti kepulanganku terima kasih untuk kasih sayang, motivasi, dukungan, perhatian, dan do'a yang selalu dipanjatkan selama ini.
11. Kakak-kakak tingkat angkatan 2014, 2015, dan seluruh teman-teman angkatan 2016, serta adik-adik tingkat angkatan 2017, dan 2018 atas bantuan selama perkuliahan.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini hanya ucapan terima kasih yang dapat penulis berikan. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan dari Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*.  
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.  
Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Indralaya, Juli 2021

Penulis

***RETINA BLOOD VESSEL SEGMENTATION USING CIRCULAR PATCH  
AND U-NET ARCHITECTURE METHOD***

*by:*

**Fathur Rachman Husein**

**08011381621046**

**ABSTRACT**

In treating the symptoms of diabetic retinopathy, it is necessary to detect blood vessels in the retina. The detection process requires very high accuracy and sometimes the image has low quality and noise that makes detection process very difficult to do with medical personnel. A machine learning model was developed that is able to segment blood vessels accurately. The U-Net model is a machine learning model that is effective in segmenting retinal blood vessels, but there is little image data available to develop the predictive ability of the U-Net model, so the circular patch method is applied. Circular patch method is a patch extraction method that extract a patch in the area containing blood vessels around the retina of the eye based on the euclidean patch distance to the center of the image, the circular patch method is used to reproduce training data with important features on retinal images, namely blood vessels. The results of this study on the DRIVE dataset resulted in an accuracy of 98.73%, specificity of 100%, sensitivity of 85.4%, F1-score of 92%, and *IoU* of . This shows that the performance of the model is quite good in segmenting blood vessels.

Keywords : Diabetic Retinopathy, Retina, Blood vessels, U-Net, Patch

# **SEGMENTASI PEMBULUH DARAH RETINA MENGGUNAKAN METODE *CIRCULAR PATCH* DAN ARSITEKTUR *U-NET***

**Oleh:**

**Fathur Rachman Husein**

**08011381621046**

## **ABSTRAK**

Dalam penanganan gejala *diabetic retinopathy*, diperlukannya pendekripsi terhadap pembuluh darah pada retina. Proses pendekripsi ini memerlukan ketelitian yang sangat tinggi dan terkadang citra memiliki kualitas rendah dan noise yang membuat pendekripsi sangat sulit untuk dilakukan dengan tenaga medis. Dikembangkanlah model *machine learning* yang mampu melakukan segmentasi pada bagian pembuluh darah dengan akurat. Model *U-Net* merupakan model *machine learning* yang efektif dalam melakukan segmentasi pembuluh darah pada retina, namun data gambar yang tersedia sangat sedikit untuk mengembangkan kemampuan prediksi model *U-Net* sehingga diterapkan metode patch sirkular. Metode *circular patch* merupakan metode pengambilan *patch* yang mengambil *patch* pada daerah yang memuat pembuluh darah disekitar retina mata berdasarkan jarak *euclidean patch* terhadap pusat gambar, metode *circular patch* digunakan untuk memperbanyak data latih dengan fitur yang penting pada gambar retina yaitu pembuluh darah. Hasil dari penelitian ini terhadap dataset DRIVE menghasilkan akurasi sebesar 98,73%, spesifikasi sebesar 100%, sensitifitas sebesar 85,4%, *F1-score* sebesar 92%, dan *IoU* sebesar 85,4% . Hal ini menunjukkan bahwa kinerja model sudah cukup baik dalam melakukan segmentasi pada pembuluh darah.

Kata kunci : *Diabetic Retinopathy*, Retina, Pembuluh Darah, *U-Net*, *Patch*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMPAHAN.....</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 I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Pembatasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan.....	5
1.5. Manfaat.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Diabetic Retinopathy</i> (DR).....	6
2.2 Citra Digital.....	6
2.3 <i>Pre processing</i> .....	8
2.4 <i>Patch</i> .....	9
2.5 <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).....	11
a. <i>Convolution Layer</i> .....	11
b. <i>Activation Function</i> .....	12
c. <i>Dropout</i> .....	13
d. <i>Max Pooling Layer</i> .....	13
e. <i>Transposed Convolution</i> .....	14
f. <i>Concatenate Layer</i> .....	15
g. <i>Loss Function: Binary Cross Entropy</i> .....	16
2.6 <i>U-Net</i> .....	16
2.7 <i>Confusion Matrix</i> .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
3.1 Tempat.....	22
3.2 Waktu.....	22
3.3 Alat.....	22
3.4 Metode Penelitian.....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1 Deskripsi Data.....	27
4.2 <i>Pre processing</i> .....	29
4.3 <i>Circular Patch</i> .....	30
4.4 Segmentasi Citra.....	34
4.5 <i>Training</i> .....	44
4.6 <i>Testing</i> .....	47

4.7 Evaluasi.....	50
4.8 Analisa Hasil.....	53
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>57</b>

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 <i>Confusion matrix</i> .....	18
Tabel 2.2 Kategori nilai evaluasi kinerja model .....	20
Tabel 4.1 Dataset DRIVE.....	27
Tabel 4.2 Proses <i>circular patch</i> yang dilakukan sebanyak 40 iterasi awal pada citra retina “21_training”.....	32
Tabel 4.3 Perbandingan <i>ground truth</i> dengan hasil uji segmentasi.....	48
Tabel 4.4 Hasil <i>confusion matrix</i> .....	50
Tabel 4.5 Evaluasi per gambar pada data testing DRIVE.....	52
Tabel 4.6 Perbandingan hasil penelitian ini dengan peneliti lain.....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian-bagian mata penderita DR.....	6
Gambar 2.2 Representasi model RGB.....	7
Gambar 2.3 Representasi <i>max pooling</i> .....	14
Gambar 2.4 Representasi <i>transposed convolution</i> .....	15
Gambar 2.5 Arsitektur <i>U-Net</i> dengan <i>input</i> $572 \times 572$ .....	17
Gambar 4.1 Hasil <i>preprocessing</i> .....	29
Gambar 4.2 Proses pengambilan <i>circular patch</i> secara acak di citra retina.....	30
Gambar 4.3 Ilustrasi pengambilan 40 <i>patch</i> secara acak pada citra retina “21_training”.....	33
Gambar 4.4 Proses mempartisi matriks ke beberapa submatriks.....	38
Gambar 4.5 Hasil proses <i>concatenate</i> .....	41
Gambar 4.6 Arsitektur <i>U-Net</i> dengan input berukuran 48x48.....	45
Gambar 4.7 Grafik akurasi pada proses <i>training</i> .....	47
Gambar 4.8 Grafik kurva ROC pada proses <i>testing</i> .....	53

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

*Diabetic Retinopathy* (DR) adalah penyakit mata yang terjadi karena komplikasi diabetes. DR terjadi akibat adanya kelainan pada pembuluh darah retina sehingga dapat menyebabkan gangguan penglihatan dan bahkan kebutaan total jika penanganannya tidak dilakukan dengan tepat (Qummar *et al.*, 2019). Salah satu cara untuk mendeteksi DR adalah dengan gambar retina mata yang diambil menggunakan kamera fundus. Kamera ini digunakan untuk mengambil gambar retina mata bagian terdalam yang meliputi retina, saraf optik mata, area makula dan pembuluh darah retina (Sonali *et al.*, 2019).

Hasil citra fundus yang didapatkan biasanya tidak semuanya memberikan gambaran yang cukup jelas pada pembuluh darah di retina misalnya kualitas gambar yang rendah dan terdapat *noise*. Hal ini menyebabkan dokter mata kesulitan untuk mendeteksi kelainan pembuluh darah pada retina (Monteiro and Sarmento, 2020). Selain itu, untuk mendeteksi DR juga membutuhkan keahlian khusus dan ketelitian yang tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan suatu sistem yang memungkinkan untuk mendeteksi kelainan pada pembuluh darah retina secara otomatis dengan cepat, teliti dan akurat (Rahebi and Hardalaç, 2014).

*Machine Learning* adalah suatu bidang kecerdasan buatan yang memproses komputer untuk belajar melalui data-data. Saat ini *machine learning* digunakan hampir di semua bidang seperti pendidikan, keamanan, kedokteran, perbankan,

dan ilmu bio-medis (Cihan, Gökçe and Kalipsiz, 2017). *Deep Learning* adalah salah satu bagian dari *Machine Learning* yang berkembang pesat saat ini, dimana *Deep Learning* telah menjadi pilihan utama dalam segmentasi citra khususnya dalam bidang kedokteran (Hesamian *et al.*, 2019). Menurut Maison *et al.* (2019) segmentasi adalah proses pemisahan objek penting yang akan diamati dengan objek lain pada citra yang tidak diperlukan seperti *background*.

Proses segmentasi biasanya memerlukan data yang banyak, tetapi dalam bidang kedokteran sulit untuk mendapatkan data sebanyak itu. Dari permasalahan tersebut, diperlukan suatu cara atau teknik untuk memperbanyak data salah satunya yaitu *Patch*. *Patch* adalah suatu teknik yang berfungsi untuk memotong gambar citra menjadi potongan-potongan kecil (Sekou *et al.*, 2019). Penelitian-penelitian yang menggunakan *patch* dalam memperbanyak data antara lain: Q. Zhang *et al.*, (2020) menggunakan *patch* untuk memperbaiki kualitas gambar dengan cara memotong seluruh bagian citra dengan ukuran yang sama kemudian memperbaiki fitur pada setiap potongan dan menyatukan kembali dalam bentuk ukuran semula. Nortje *et al.*, (2021) menerapkan *patch* untuk memperbaiki citra dengan cara melakukan binerisasi dan memotong citra sama banyak tergantung ukuran yang diinginkan. Menurut Hamwood *et al.* (2018) kinerja suatu metode dipengaruhi oleh banyaknya data latih dan ukuran citra yang diterapkan.

Salah satu metode yang sering digunakan dalam proses pengolahan citra yang memiliki kemampuan kuat jika diberikan data dengan dimensi atau ukuran yang relatif besar adalah *Convolutional Neural Network (CNN)* (Soomro *et al.*, 2019).

Beberapa penelitian yang menggunakan metode CNN dalam proses segmentasi retina antara lain: Sule & Viriri (2020) menggunakan metode peningkatan CNN dengan dataset DRIVE menghasilkan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas bertutut-turut adalah 94%, 70%, dan 98%. (Soomro *et al.*, 2018) menggunakan metode *U-Net* dengan dataset DRIVE menghasilkan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas bertutut-turut adalah 73%, 75%, dan 95%. Sementara dataset STARE menghasilkan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas bertutut-turut adalah 94%, 73%, dan 95%. Terlihat bahwa pada penelitian tersebut nilai sensitivitasnya masih cukup rendah, dan tidak menghitung nilai ukuran kinerja performa yang lainnya seperti *Intersection over Union (IoU)* dan *F1 Score*. Ukuran kinerja tersebut digunakan untuk mengukur seberapa akurat model.

Pada umumnya kinerja metode CNN dipengaruhi oleh arsitektur yang digunakan, dimana arsitektur tertua yang banyak dipakai adalah *U-Net*. *U-Net* adalah jaringan saraf konvolusional berbentuk U yang awalnya dikembangkan untuk segmentasi gambar biomedis (Ronneberger, Fischer and Brox, 2015). Menurut Pravitasari *et al.*, (2020) *U-Net* baik dalam hal segmentasi gambar, hal ini terjadi akibat pembelajaran *U-Net* dapat belajar dari set pelatihan yang relatif kecil. Hanya saja *U-Net* memiliki lapisan yang sangat dalam sehingga menghabiskan banyak waktu untuk proses pelatihannya. Dari permasalahan pada arsitektur *U-Net* dan teknik *patch* yang dilakukan oleh (Bi *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2020; Nortje *et al.*, 2021) *patch* dilakukan dengan membagi citra sama besar dengan ukuran tertentu, namun pada citra retina untuk mendapatkan pembuluh

darah hanya diperlukan bagian citra yang berada di dalam bola mata saja sehingga tidak dapat dilakukan pengambilan *patch* yang sembarangan. Teknik *patch* pada citra retina memerlukan teknik pendekatan tertentu, sehingga dibuatlah metode *patch* yang baru yang diberi nama *Circular Patch*. Penggabungan antara metode *Circular Patch* dan arsitektur *U-Net* dapat menjadi salah satu alternatif teknik dalam memperbanyak data latih dan memperoleh metode yang akurat untuk segmentasi pembuluh darah citra retina.

## 1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana mengimplementasikan metode *Circular Patch* dalam memperbanyak data latih dan arsitektur *U-Net* dalam proses segmentasi pembuluh darah retina.

## 1.3. Pembatasan Masalah

1. Penelitian yang dilakukan hanya membahas proses *patching* dan segmentasi citra retina.
2. Ukuran parameter yang digunakan untuk evaluasi kinerja model adalah Akurasi, Sensitivitas, Spesifisitas, *Intersection over Union (IoU)* dan *F1 Score*.

#### **1.4. Tujuan**

Menerapkan metode *Circular Patch* dalam memperbanyak data latih dan arsitektur *U-Net* agar memperoleh hasil segmentasi pembuluh darah retina yang lebih akurat.

#### **1.5. Manfaat**

1. Dapat memperoleh hasil segmentasi pembuluh darah retina yang lebih akurat menggunakan metode *Circular Patch* dan arsitektur *U-Net*.
2. Dapat digunakan sebagai referensi bagi pihak yang membutuhkan dalam melakukan penelitian mengenai segmentasi pembuluh darah retina.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S. F., & Reddy, D. K. R. (2019). A Novel Approach for Color Image Denoising using Geometrical Pixel Location Encoding and Decoding Technique. *International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS 2019)*.
- Al-ameen, Z., Sulong, G., Rehman, A., Al-dhelaan, A., & Saba, T. (2015). An innovative technique for contrast enhancement of computed tomography images using adaptive histogram equalization. ???, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13634-015-0214-1>
- Al-Husseinawi, M. F. J., Salih, H. K., Salim, S. A., & Mohammed, A. Q. (2015). Image Splicing Forgery Detection Using Local Binary Pattern and Shift Vector. In *International Journal of Science and Research* (Vol. 6). [www.ijsr.net](http://www.ijsr.net)
- Al Azze, J., Jordan, A., Alhatamleh, H., Alqadi, Z. A., & Khalil Abuzalata, M. (2016). Creating a Color Map to be used to Convert a Gray Image to Color Image. In *International Journal of Computer Applications* (Vol. 153).
- Alkoffash, M. S., Bawaneh, M. J., Muaidi, H., Alqrainy, S., & Alzghool, M. (2014). A Survey of Digital Image Processing Techniques in Character Recognition. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 14(3), 65.
- Chourasiya, A., & Khare, N. (2019). A Comprehensive Review Of Image Enhancement Techniques. *International Journal of Innovative Research and Growth*, 8(6). <https://doi.org/10.26671/ijrg.2019.6.8.101>
- Cihan, P., Gökçe, E., & Kalipsiz, O. (2017). Veteriner Hekimlik Alanında Makine Öğrenmesi Uygulamaları Üzerine Bir Derleme. In *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakultesi Dergisi* (Vol. 23, Issue 4, pp. 673–680). Veteriner Fakultesi Dergisi. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2016.17281>
- Feng, Z., Yang, J., & Yao, L. (2017). Patch-Based Fully Convolutional Neural Network With Skip Connections For Retinal Blood Vessel Segmentation. *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 2–6.
- Fu, H., Xu, Y., Lin, S., Wing, D., Wong, K., & Liu, J. (2016). *DeepVessel : Retinal Vessel Segmentation via Deep Learning and Conditional Random Field*. I(DI), 132–139. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46723-8>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series)*. The MIT Press.
- Hamwood, J., Alonso-Caneiro, D., Read, S. A., Vincent, S. J., & Collins, M. J.

- (2018). Effect of patch size and network architecture on a convolutional neural network approach for automatic segmentation of OCT retinal layers. *Biomedical Optics Express*, 9(7), 3049. <https://doi.org/10.1364/boe.9.003049>
- Hesamian, M. H., Jia, W., He, X., & Kennedy, P. (2019). Deep Learning Techniques for Medical Image Segmentation: Achievements and Challenges. *Journal of Digital Imaging*, 32(4), 582–596. <https://doi.org/10.1007/s10278-019-00227-x>
- 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.
- Isaksson, M. (2017). *Network for Segmentation of Muscular Stem Cells*.
- Jadon, S. (2020). A survey of loss functions for semantic segmentation. *2020 IEEE Conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology, CIBCB 2020*. <https://doi.org/10.1109/CIBCB48159.2020.9277638>
- Joshua, A. O., Nelwamondo, F. V., & Mabuza-Hocquet, G. (2020). Blood Vessel Segmentation from Fundus Images Using Modified U-net Convolutional Neural Network. *Journal of Image and Graphics*, 8(1). <https://doi.org/10.18178/joig.8.1.21-25>
- 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.
- Lin, F., Wu, Q., Liu, J., Wang, D., & Kong, X. (2020). Path aggregation U-Net model for brain tumor segmentation. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-08795-9>
- 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>
- Mina, L. M., Ashidi, N. O. R., & Isa, M. A. T. (2014). *Preprocessing Technique for Mammographic Images*. 2(4), 1–5.
- Mlakar, U., Potočnik, B., & Brest, J. (2016). A hybrid differential evolution for optimal multilevel image thresholding. *Expert Systems with Applications*, 65, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.08.046>
- Mohan, V. M., Kanaka Durga, R., Devathi, S., & Srujan Raju, K. (2016). Image processing representation using binary image; grayscale, color image, and histogram. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 381, 353–361. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2526-3\\_37](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2526-3_37)
- Monteiro, M., & Sarmento, A. (2020). A HW/SW system to detect druses in retinal fundus image for the diagnostic of age related macular degeneration. *Proceedings - IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2020-July*, 297–302. <https://doi.org/10.1109/CBMS49503.2020.00063>

- Nikolic, M., Tuba, E., & Tuba, M. (2016). Edge Detection in Medical Ultrasound Images Using Adjusted Canny Edge Detection Algorithm. *IEEE*.
- R. Parhi and R. D. Nowak, "The Role of Neural Network Activation Functions," in IEEE Signal Processing Letters, vol. 27, pp. 1779-1783, 2020, doi: 10.1109/LSP.2020.3027517.
- Prasad, D. K., L, V., & R, V. K. (2015). Early Detection of Diabetic Retinopathy from Digital Retinal Fundus Images. *IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS)*.
- Pravitasari, A. A., Iriawan, N., Almuhayar, M., Azmi, T., Irhamah, Fithriasari, K., Purnami, S. W., & Ferriastuti, W. (2020). UNet-VGG16 with transfer learning for MRI-based brain tumor segmentation. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(3), 1310–1318. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v18i3.14753>
- Qummar, S., Khan, F. G., Shah, S., Khan, A., Shamshirband, S., Rehman, Z. U., Khan, I. A., & Jadoon, W. (2019). A Deep Learning Ensemble Approach for Diabetic Retinopathy Detection. *IEEE Access*, 7, 150530–150539. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2947484>
- Rahebi, J., & Hardalaç, F. (2014). Retinal blood vessel segmentation with neural network by using gray-level co-occurrence matrix-based features patient facing systems. *Journal of Medical Systems*, 38(8). <https://doi.org/10.1007/s10916-014-0085-2>
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (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, 234–241. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28)
- Rubini, S., Kunthavai, A., Sachin, M. B., & Venkatesh, S. D. (2018). Morphological Contour Based Blood Vessel Segmentation in Retinal Images Using Otsu Thresholding. *International Journal of Applied Evolutionary Computation*, 4, 48–63.
- Sajeev, S., Bajger, M., & Lee, G. (2015). Segmentation of Breast Masses in Local Dense Background using Adaptive Clip Limit-CLAHE. *IEEE*.
- Sekou, T. B., Hidane, M., Olivier, J., & Cardot, H. (2019). From patch to image segmentation using fully convolutional networks-application to retinal images. *ArXiv*.
- Singh, N. P., Kumar, R., & Srivastava, R. (2015). Local entropy thresholding based fast retinal vessels segmentation by modifying matched filter. *International Conference on Computing, Communication and Automation, ICCCA 2015*, 1166–1170. <https://doi.org/10.1109/CCAA.2015.7148552>
- Sonali, Sahu, S., Singh, A. K., Ghrera, S. P., & Elhoseny, M. (2019). An approach for de-noising and contrast enhancement of retinal fundus image using

- CLAHE. *Optics and Laser Technology*, 110, 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2018.06.061>
- Soomro, Toufique A., Hellwich, O., Afifi, A. J., Paul, M., Gao, J., & Zheng, L. (2018). Strided U-Net Model: Retinal Vessels Segmentation using Dice Loss. *2018 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications, DICTA 2018*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/DICTA.2018.8615770>
- Soomro, Toufique Ahmed, Afifi, A. J., Zheng, L., Soomro, S., Gao, J., Hellwich, O., & Paul, M. (2019). Deep Learning Models for Retinal Blood Vessel Segmentation: A Review. In *IEEE Access* (Vol. 7, pp. 71696–71717). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2920616>
- Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, I., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting. *Journal of Machine Learning Research*, 15(3–4), 1929–1958. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(93\)90272-J](https://doi.org/10.1016/0370-2693(93)90272-J)
- Sule, O., & Viriri, S. (2020, March 1). Enhanced Convolutional Neural Networks for Segmentation of Retinal Blood Vessel Image. *2020 Conference on Information Communications Technology and Society, ICTAS 2020 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICTAS47918.2020.9233996>
- Tang, X., Li, Z., & Chen, Y. (2017). A night image enhancement algorithm based on guided filtering. In *Lecture Notes in Electrical Engineering* (Vol. 417, pp. 283–288). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-3530-2\\_35](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3530-2_35)
- Vimala, G. S. A. G., & Mohideen, S. K. (2014). An Economic System for Screening of Diabetic Retinopathy Using Fundus Images. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 14(4), 254–260. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2014.254.260>
- Vyas, A., Yu, S., & Paik, J. (2018). Fundamentals of digital image processing. In *Signals and Communication Technology* (pp. 3–11). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7272-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7272-7_1)
- Yadav, G., Maheshwari, S., & Agarwal, A. (2014). Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Based Enhancement For Real Time Video System. *IEEE*.
- Zhou, Y., He, X., Huang, L., Liu, L., Zhu, F., Cui, S., & Shao, L. (2019). *Collaborative Learning of Semi-Supervised Segmentation and Classification for Medical Images*.
- Zhou, Z. H. (2016). Learnware: on the future of machine learning. *Frontiers of Computer Science*, 10(4), 589–590. <https://doi.org/10.1007/s11704-016-6906-3>