

**IMPLEMENTASI ARSITEKTUR *DENSEG-NET*
DALAM SEGMENTASI SEMANTIK
OPTIC DISC DAN *OPTIC CUP* PADA CITRA RETINA**

SKRIPSI

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



Oleh :

Mutiara Saviera

NIM 08011181823001

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

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI ARSITEKTUR *DENSEG-NET*
DALAM SEGMENTASI SEMANTIK
OPTIC DISC DAN *OPTIC CUP* PADA CITRA RETINA**

SKRIPSI

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

Oleh

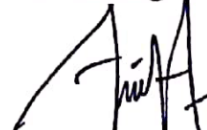
**MUTIARA SAVIERA
NIM. 08011181823001**

Pembimbing Kedua



**Irmeilyana, M.Si
NIP. 19740517 1999032003**

**Indralaya, Januari 2022
Pembimbing Utama**



**Anita Desiani, S.Si., M.Kom
NIP. 19771211 2003122002**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika**



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Mutiara Saviera

NIM : 08011181823001

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, 4 Februari 2022

Penulis



Mutiara Saviera
NIM.08011181823001

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

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

Nama Mahasiswa : Mutiara Saviera
NIM : 08011181823001
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Matematika
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Implementasi Arsitektur *DenSeg-Net* dalam Segmentasi Semantik *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, 4 Februari 2022
Penulis



Mutiara Saviera
NIM.08011181823001

LEMBAR 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

Moto

“Be kind and patient, because of Allah.”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Arsitektur *DenSeg-Net* dalam Segmentasi Semantik *Optic Disc* dan *Optic Cup* pada Citra Retina” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains bidang studi Matematika di Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya.

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

1. Kedua orang tuaku tercinta, **Endang Kusdiningsih** dan **Abdul Gopar**, yang tak pernah lelah mendidik, menasehati, membimbing, mendukung dan terus mendoakan anaknya. Terima kasih atas segala perjuangan dan pengorbanan hingga detik ini dan sampai kapanpun.
2. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan arahan dan motivasi kepada penulis selama proses perkuliahan.
3. Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, M.Si** selaku Sekretaris Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah mengarahkan urusan akademik kepada penulis.
4. Ibu **Anita Desiani, S.Si., M.Kom** selaku dosen pembimbing utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan,

pengarahan, dan didikan berharga selama proses pembuatan skripsi, kompetisi atau program mahasiswa, dan perjalanan perkuliahan ini.

5. Ibu **Irmeilyana, M.Si** selaku dosen pembimbing pendamping yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses pembuatan skripsi ini dengan penuh pengertian.
6. Bapak **Drs. Bambang Suprihatin, M.Si** dan Ibu **Sisca Octarina, M.Sc** selaku dosen pembahas dan penguji yang telah memberikan tanggapan, kritik, dan saran yang sangat bermanfaat untuk perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.
7. Bapak **Drs. Putra Bahtera Jaya Bangun, M.Si**, selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan mengarahkan urusan akademik penulis.
8. **Seluruh Dosen di Jurusan Matematika FMIPA** yang telah memberikan ilmu, nasihat, motivasi, serta bimbingan selama proses perkuliahan.
9. Pak **Irwansyah** selaku admin dan Ibu **Hamidah** selaku pegawai tata usaha Jurusan Matematika FMIPA yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
10. **Seluruh guru** yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat hingga mengantarkan penulis pada pendidikan ini.
11. Kakak perempuanku tersayang, **Intan Safitri**, yang selalu mendoakan, memberi nasihat yang berharga, dan menjadi teman diskusi terbaik selama ini, beserta keluarga besar yang selalu mendukung penulis.
12. **Kakak-kakak tingkat angkatan 2016 dan 2017 bidang minat komputasi** yang telah banyak membantu serta berbagi ilmu selama proses skripsi.

13. **Semua sahabat seperjuangan** dalam masa perkuliahan dan proses skripsi.
Terima kasih sudah menjadi orang-orang baik di sekeliling penulis yang selalu mendukung, membantu dengan tulus, dan memberi energi positif.
14. **Keluarga Matematika 2018, BPH Himastik Beraksi dan Gelora Karya, Tim PHP2D, Asisten Laboratorium Komputasi 2019/2021 dan 2020/2021, rekan-rekan Unsri Mengajar, dan rekan-rekan perlombaan** selama perkuliahan.
15. Sahabat-sahabatku dari sejak masa putih merah, putih biru, dan putih abu-abu.
Terima kasih atas dukungan, pengertian, dan kebaikan kalian.
16. Kakak-kakak tingkat angkatan 2016 dan 2017 serta adik-adik tingkat angkatan 2019 dan 2020, terima kasih atas segala kebaikan dan bantuan.
17. 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

**IMPLEMENTATION OF DENSEG-NET ARCHITECTURE
FOR OPTIC DISC AND OPTIC CUP SEMANTIC SEGMENTATION
IN RETINAL IMAGES**

By:

**Mutiara Saviera
08011181823001**

ABSTRACT

Object detection for glaucoma diagnosis can be implemented with images semantic segmentation using Convolutional Neural Network (CNN). Advantage of CNN is able to identify objects in digital images with high accuracy level. One of architecture which used to use in images semantic segmentation is SegNet. This study did the implementation of DenSeg-Net architecture which is modification of SegNet and DenseNet for optic disc and optic cup segmentation in retinal images. The stages of this study are data collecting, data preprocessing, training, testing, evaluation, result analysis, and conclusion. Results of this study using Messidor-2 dataset is score of accuracy, Intersection over Union (IoU), F1-Score, sensitivity, specificity 99.81%, 72.38%, 82.24%, 79.56%, and 96.4% respectively. Based on the results, it can be shown that DenSeg-Net architecture is capable in segmenting optic disc and optic cup from the given images data.

Keywords : Semantic segmentation, Optic Disc, Optic Cup, SegNet, DenseNet

**IMPLEMENTASI ARSITEKTUR *DENSEG-NET*
DALAM SEGMENTASI SEMANTIK
OPTIC DISC DAN *OPTIC CUP* PADA CITRA RETINA**

Oleh:

**Mutiara Saviera
08011181823001**

ABSTRAK

Deteksi objek untuk kebutuhan diagnosis penyakit glaukoma dapat dilakukan dengan menerapkan segmentasi citra semantik menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Kelebihan yang dimiliki CNN adalah mampu mengenali objek dalam citra digital dengan tingkat akurasi yang tinggi. Salah satu arsitektur yang sering digunakan dalam segmentasi citra semantik adalah *SegNet*. Pada penelitian ini, dilakukan implementasi arsitektur *DenSeg-Net* yang merupakan modifikasi arsitektur *SegNet* dan *DenseNet* untuk segmentasi *optic disc* dan *optic cup* pada citra retina. Tahapan penelitian yang dilakukan antara lain pengumpulan data, *preprocessing* data, *training*, *testing*, evaluasi, analisis dan interpretasi hasil, serta pengambilan kesimpulan. Hasil penelitian dengan menggunakan dataset Messidor-2 yaitu nilai akurasi, *Intersection over Union* (IoU), *F1-Score*, sensitivitas, dan spesifisitas berturut-turut sebesar 99,81%, 72,38%, 82,24%, 79,56%, dan 96,4%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dikatakan bahwa arsitektur *DenSeg-Net* mampu melakukan segmentasi *optic disc* dan *optic cup* dari data citra yang diberikan.

Kata Kunci : Segmentasi semantik, *Optic Disc*, *Optic Cup*, *SegNet*, *DenseNet*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRACT	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Retina	5
2.2 Citra Digital	5
2.3 Segmentasi Citra Semantik	6
2.4 <i>Preprocessing: Green Channel</i>	6
2.5 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	7
2.5.1 <i>Convolutional Layer</i>	7
2.5.2 <i>Batch Normalization</i>	8
2.5.3 <i>Fungsi Aktivasi</i>	9
2.5.4 <i>Max Pooling</i>	10
2.5.5 <i>Upsampling Layer</i>	11
2.5.6 <i>Concatenate Layer</i>	12
2.5.7 <i>Loss Function: Categorical Cross-entropy</i>	13
2.5.8 <i>Optimization Function: Adaptive Moment Estimation (Adam)</i>	13
2.6 <i>SegNet</i>	14
2.7 <i>Densely Connected Convolutional Network (DenseNet)</i>	15
2.8 <i>Confusion Matrix</i>	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tempat	20
3.2 Waktu	20
3.3 Alat	20
3.4 Tahap Penelitian	20

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Deskripsi Data.....	24
4.2 <i>Preprocessing</i> Data.....	27
4.3 Arsitektur <i>DenSeg-Net</i>	27
4.4 Operasi Manual pada <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).....	30
4.5 <i>Training</i>	43
4.6 <i>Testing</i>	46
4.7 Evaluasi.....	50
4.8 Analisis dan Interpretasi Hasil	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kategori Evaluasi Kinerja Model	19
Tabel 4.1. Data Sampel Citra pada Dataset Messidor-2	24
Tabel 4.2. Perbandingan Citra Asli, Hasil Segmentasi, dan <i>Ground Truth</i>	46
Tabel 4.3. <i>Confusion Matrix Multiclass</i> dari Proses <i>Testing</i>	48
Tabel 4.4. Perbandingan Hasil Evaluasi Kinerja dengan Penelitian Lain	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Optic Disc</i> dan <i>Optic Cup</i> pada Retina	5
Gambar 2.2. Contoh Proses Operasi Konvolusi	7
Gambar 2.3. Contoh Operasi <i>Max Pooling</i>	10
Gambar 2.4. Contoh Operasi <i>Upsampling Layer</i>	11
Gambar 2.5. Ilustrasi <i>Concatenate Layer</i>	12
Gambar 2.6. Arsitektur <i>SegNet</i>	15
Gambar 2.7. Arsitektur <i>DenseNet</i> dengan 2 <i>Dense Blocks</i>	16
Gambar 2.8. <i>Confusion Matrix Multiclass</i>	17
Gambar 4.1. Hasil <i>Preprocessing</i>	26
Gambar 4.2. Segmentasi Semantik <i>Optic Disc</i> dan <i>Optic Cup</i>	27
Gambar 4.3. Arsitektur <i>DenSeg-Net</i>	28
Gambar 4.4. Contoh Proses Submatriks <i>Max Pooling</i>	37
Gambar 4.5. Contoh Proses <i>Concatenate</i>	38
Gambar 4.6. Hasil <i>Training Model</i> Arsitektur <i>DenSeg-Net</i>	44
Gambar 4.7. Grafik Akurasi Proses <i>Training</i>	45
Gambar 4.8. Grafik <i>Loss</i> Proses <i>Training</i>	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Segmentasi citra semantik adalah proses pengenalan dan pemahaman data gambar tingkat piksel dengan ditentukan label yang berbeda pada setiap segmen atau bagian (Memon *et al.*, 2020). Segmentasi citra semantik dibutuhkan dalam berbagai bidang, seperti bidang medis, lingkungan, dan teknologi *augmented reality*. Dalam dunia medis, segmentasi citra semantik dibutuhkan untuk mendeteksi objek pada tubuh manusia yang diperlukan dalam diagnosis penyakit (Sanjaya *et al.*, 2020). Salah satunya adalah diagnosis penyakit glaukoma yang disebabkan oleh ketidaknormalan *optic disc* dan *optic cup* pada retina mata. *Optic disc* atau pusat saraf mata adalah daerah terang pada mata yang merupakan tempat pertemuan seluruh saraf mata dan memiliki pusat yang lebih terang di dalamnya yaitu *optic cup* (Gao *et al.*, 2019). Ukuran perbandingan antara diameter *optic disc* dan *optic cup* atau disebut dengan *Cup-to-Disc Ratio* (CDR) merupakan salah satu kunci struktural yang mengidentifikasi penyakit glaukoma (Nazir *et al.*, 2021). Identifikasi penyakit glaukoma yang akurat sangat dibutuhkan dalam dunia medis, sehingga diperlukan segmentasi *optic disc* dan *optic cup* untuk menyediakan basis diagnosis yang tepat.

Salah satu metode yang cocok digunakan untuk segmentasi citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN mampu mengenali dan mendeteksi objek dalam citra digital (Hashemi, 2019). Terdapat beberapa arsitektur CNN yang

sering digunakan untuk segmentasi *optic disc* dan *optic cup*, salah satunya yaitu *SegNet*. Arsitektur *SegNet* diusulkan oleh Badrinarayanan *et al.* (2017) dan dirancang untuk segmentasi semantik. Kelebihan *SegNet* yaitu hasil segmentasi yang diperoleh lebih baik dibanding arsitektur lainnya, karena *SegNet* menggunakan *encoder* dengan resolusi yang kecil (Badrinarayanan *et al.*, 2017). Selain itu, waktu proses *training* dan memori yang dibutuhkan menggunakan arsitektur *SegNet* juga lebih efisien (Badrinarayanan *et al.*, 2017). Namun, *SegNet* memiliki kelemahan yaitu banyaknya jumlah kernel konvolusi pada arsitektur menimbulkan permasalahan *vanishing gradient* atau hilangnya gradien. Permasalahan hilangnya gradien tersebut menyebabkan proses *training* berlangsung lebih lama dan konvergensi model lebih sulit dicapai (Weng *et al.*, 2020).

Lianyi Wu *et al.* (2019) melakukan penelitian segmentasi *optic disc* dan *optic cup* menggunakan arsitektur *SegNet* dengan memodifikasi penambahan *upsampling layer* pada lapisan *decoder*. Hasil akurasi yang diperoleh sudah sangat baik, tetapi nilai *Intersection over Union* (IoU) masih di bawah 80% serta tanpa menghitung ukuran kinerja evaluasi lainnya. Penelitian lain dilakukan oleh Božić-Štulić *et al.* (2020) yang mengombinasikan arsitektur *SegNet* dengan *mean-shift preprocessing*. Hasil yang diperoleh antara lain akurasi segmentasi *optic disc* 97,30% dan akurasi segmentasi *optic cup* 88,10%. Namun, penelitian tersebut tidak mengukur evaluasi kinerja lainnya. Penelitian segmentasi *optic disc* dan *optic cup* lainnya dilakukan oleh Yuan *et al.* (2021) menggunakan arsitektur *SegNet* klasik. Hasil akurasi *optic disc* dan *optic cup* yang diperoleh sudah cukup baik yaitu di atas

90%. Namun, nilai *F1-Score* pada segmentasi *optic cup* yang didapatkan masih di bawah 80% dan tidak mengukur nilai evaluasi IoU.

Adapun salah satu arsitektur yang dapat mengatasi kelemahan dari *SegNet* adalah arsitektur *Densely Connected Convolutional Network (DenseNet)* yang dikembangkan oleh Huang *et al.* (2017). Arsitektur *DenseNet* terdiri dari lapisan *Dense Blocks* serta dapat mengatasi permasalahan hilangnya gradien tanpa menambah jumlah parameter (Huang *et al.*, 2017). *DenseNet* memiliki lapisan *concatenate* yang dapat mempertahankan informasi antarlapisan. Namun, *DenseNet* membutuhkan memori dan waktu yang lebih lama dibandingkan arsitektur lainnya disebabkan oleh penggunaan operasi *concatenate* dan *small convolution* (C. Zhang *et al.*, 2021). Jin dan Liu (2020) melakukan penelitian segmentasi *optic disc* menggunakan arsitektur *DenseNet* untuk mengatasi permasalahan hilangnya gradien dan mengurangi jumlah parameter yang disebabkan oleh banyaknya jumlah lapisan konvolusi pada arsitektur *U-Net*. Hasil yang diperoleh dari kombinasi *DenseNet* pada penelitian tersebut menunjukkan kenaikan *performance* dari model dan menurunkan *error* dari hasil prediksi. Penelitian segmentasi *optic disc* lainnya dilakukan oleh Al-Bander *et al.* (2018) dengan menambahkan arsitektur *DenseNet* pada *Fully Convolutional Network (FCN)* untuk mengurangi parameter pada proses *training*. Penelitian tersebut memperoleh hasil yang sangat baik dengan waktu *training* yang efisien.

Berdasarkan kelebihan dan kelemahan yang dimiliki masing-masing arsitektur *SegNet* dan *DenseNet*, maka penelitian ini membahas segmentasi *optic disc* dan *optic cup* pada citra retina menggunakan kombinasi arsitektur *SegNet* dan *DenseNet*

atau disebut *DenSeg-Net*, sehingga dapat memperoleh hasil segmentasi yang lebih akurat dengan mengukur nilai akurasi, IoU, *F1-Score*, sensitivitas, dan spesifisitas.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana mengatasi kelemahan arsitektur *SegNet* dengan mengimplementasikan arsitektur *DenSeg-Net* yang merupakan kombinasi antara *SegNet* dan *DenseNet* untuk memperoleh hasil segmentasi yang baik berdasarkan ukuran evaluasi kinerja segmentasi.

1.3 Pembatasan Masalah

Beberapa pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya membahas segmentasi *optic disc* dan *optic cup* menggunakan arsitektur *DenSeg-Net*.
2. Ukuran evaluasi kinerja pada segmentasi ini menggunakan akurasi, IoU, *F1-Score*, sensitivitas, dan spesifisitas.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi kelemahan arsitektur *SegNet* dengan mengimplementasikan arsitektur *DenSeg-Net* yang merupakan kombinasi antara *SegNet* dan *DenseNet* untuk memperoleh hasil segmentasi yang baik berdasarkan ukuran evaluasi kinerja segmentasi.

1.5 Manfaat

1. Dapat digunakan sebagai referensi penelitian terkait segmentasi *optic disc* dan *optic cup*.
2. Dapat digunakan untuk proses klasifikasi gangguan penyakit glaukoma.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, U. (2012). Retinal Image Preprocessing: Background and Noise Segmentation. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, *10*(3), 537–544. <https://doi.org/10.11591/telkomnika.v10i3.615>
- Al-Bander, B., Williams, B. M., Al-Nuaimy, W., Al-Tae, M. A., Pratt, H., & Zheng, Y. (2018). Dense fully convolutional segmentation of the optic disc and cup in colour fundus for glaucoma diagnosis. *Symmetry*, *10*(4). <https://doi.org/10.3390/sym10040087>
- Albahli, S., Nazir, T., Irtaza, A., & Javed, A. (2021). Recognition and Detection of Diabetic Retinopathy Using DenseNet-65 Based Faster-RCNN. *Computers, Materials and Continua*, *67*(2), 1333–1351. <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.014691>
- Alqadi, Z., Khrisat, M., Hindi, A., & Dwairi, M. O. (2020). Features Analysis of RGB Color Image based on Wavelet Packet Information. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, *9*(3), 149–156.
- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., Santamaría, J., Fadhel, M. A., Al-Amidie, M., & Farhan, L. (2021). Review of Deep Learning: Concepts, CNN Architectures, Challenges, Applications, Future Directions. In *Journal of Big Data* (Vol. 8, Issue 1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
- Asgari Taghanaki, S., Abhishek, K., Cohen, J. P., Cohen-Adad, J., & Hamarneh, G. (2021). Deep Semantic Segmentation of Natural and Medical Images: A Review. *Artificial Intelligence Review*, *54*(1), 137–178. <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09854-1>
- Badrinarayanan, V., Kendall, A., & Cipolla, R. (2017). SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *39*(12), 2481–2495. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2016.2644615>
- Badriyah, T., Santoso, D. B., Syarif, I., & Syarif, D. R. (2019). Improving Stroke Diagnosis Accuracy Using Hyperparameter Optimized Deep Learning. *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, *5*(3), 256–272. <https://doi.org/10.26555/ijain.v5i3.427>
- Bjorck, J., Gomes, C., Selman, B., & Weinberger, K. Q. (2018). Understanding Batch Normalization. *Advances in Neural Information Processing Systems, 2018-Decem*(NeurIPS), 7694–7705.
- Božić-Štulić, D., Braović, M., & Stipaničev, D. (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), 111–120.

<https://doi.org/10.32985/IJECES.11.2.6>

- Chen, Q., & Xiong, Q. (2020). Garbage Classification Detection Based on Improved YOLOV4. *Journal of Computer and Communications*, 08(12), 285–294. <https://doi.org/10.4236/jcc.2020.812023>
- Chen, T., Cai, Z., Zhao, X., Chen, C., Liang, X., Zou, T., & Wang, P. (2020). Pavement Crack Detection and Recognition Using The Architecture of SegNet. *Journal of Industrial Information Integration*, 18(March), 100144. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100144>
- Deshmukh, P. M., & Pise, A. C. (2015). Segmentation of Optic Disk and Optic Cup From Retinal Image. *International Journal of Industrial Electronics and Electrical Engineering*, 3(8), 49–51.
- Desiani, A., Zayanti, D. A., Primartha, R., Efriliyanti, F., Avisi, N., & Andriani, C. (2021). Variasi Thresholding untuk Segmentasi Pembuluh Darah Citra Retina. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika*, 7(2), 255–262.
- Dharmawan, D. A., & Listyalina, L. (2019). Retinal Blood Vessel Segmentation as a Tool to Detect Diabetic Retinopathy. *Journal of Electrical Technology UMY*, 3(2), 44–49. <https://doi.org/10.18196/jet.3253>
- Fernandez-Moral, E., Martins, R., Wolf, D., & Rives, P. (2018). A New Metric for Evaluating Semantic Segmentation: Leveraging Global and Contour Accuracy. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings, 2018-June*(March 2021), 1051–1056. <https://doi.org/10.1109/IVS.2018.8500497>
- Gao, Y., Yu, X., Wu, C., Zhou, W., Wang, X., & Chu, H. (2019). Accurate and Efficient Segmentation of Optic Disc and Optic Cup in Retinal Images Integrating Multi-view Information. *IEEE Access*, 7, 148183–148197. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946374>
- Geetha, A., Santhi, D., Prakash, N., Hemalakshmi, G., & Sumithra, M. (2020). Image Processing Techniques for Diagnosis of Glaucoma from Retinal Image: Brief Review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 14(2). <https://doi.org/10.7860/jcdr/2020/42825.13512>
- Ghosh, T., Li, L., & Chakareski, J. (2018). Effective Deep Learning for Semantic Segmentation Based Bleeding Zone Detection in Capsule Endoscopy Images. *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP, October*, 3034–3038. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2018.8451300>
- Hashemi, M. (2019). Enlarging Smaller Images Before Inputting Into Convolutional Neural Network: Zero-padding Vs. Interpolation. *Journal of Big Data*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0263-7>
- Hasnain, M., Pasha, M. F., Ghani, I., Imran, M., Alzahrani, M. Y., & Budiarto, R. (2020). Evaluating Trust Prediction and Confusion Matrix Measures for Web Services Ranking. *IEEE Access*, 8, 90847–90861. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2994222>

- Ho, Y., & Wooley, S. (2020). The Real-World-Weight Cross-Entropy Loss Function: Modeling the Costs of Mislabeling. *IEEE Access*, 8, 4806–4813. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2962617>
- Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely Connected Convolutional Networks. *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017*, 2261–2269. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.243>
- Ioffe, S., & Szegedy, C. (2015). Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift. *32nd International Conference on Machine Learning, ICML 2015, 1*, 448–456.
- Jin, B., & Liu, P. (2020). Optic Disc Segmentation Using Attention-Based U-Net and the Improved Cross-Entropy Convolutional Neural Network. *Entropy*, 22(844), 1–13.
- Kingma, D. P., & Ba, J. L. (2015). Adam: A Method for Stochastic Optimization. *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*, 1–15.
- Krüger, F. (2018). Activity, Context, and Plan Recognition with Computational Causal Behaviour Models. *ResearchGate*, August. https://www.researchgate.net/figure/Confusion-matrix-for-multi-class-classification-The-confusion-matrix-of-a_fig7_314116591
- Li, H. (2021). Image Semantic Segmentation Method Based on GAN Network and ENet Model. *The Journal of Engineering*, 2021(10), 594–604. <https://doi.org/10.1049/tje2.12067>
- Li, Q., Cai, W., Wang, X., Zhou, Y., Feng, D. D., & Chen, M. (2014). Medical Image Classification with Convolutional Neural Network. *2014 13th International Conference on Control Automation Robotics and Vision, ICARCV 2014, 2014(December)*, 844–848. <https://doi.org/10.1109/ICARCV.2014.7064414>
- Liu, S., Hong, J., Lu, X., Jia, X., Lin, Z., Zhou, Y., Liu, Y., & Zhang, H. (2019). Joint optic disc and cup segmentation using semi-supervised conditional GANs. *Computers in Biology and Medicine*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2019.103485>
- Lyra, M., Ploussi, A., & Georgantzoglou, A. (2012). Matlab as a Tool in Nuclear Medicine Image Processing. *MATLAB - A Ubiquitous Tool for the Practical Engineer, January*. <https://doi.org/10.5772/19999>
- Memon, M. M., Hashmani, M. A., Sajjad, S., & Rizvi, H. (2020). Novel Content Aware Pixel Abstraction for Image Semantic Segmentation. *Journal of Hunan University (Natural Sciences)*, 47(9), 1–13.
- Mishra, S., Vanli, O. A., Huffer, F. W., & Jung, S. (2016). Regularized Discriminant Analysis for Multi-sensor Decision Fusion and Damage

- Detection with Lamb Waves. *Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2016*, 9803(850). <https://doi.org/10.1117/12.2217959>
- Nazir, T., Irtaza, A., & Starovoitov, V. (2021). Optic Disc and Optic Cup Segmentation for Glaucoma Detection from Blur Retinal Images Using Improved Mask-RCNN. *International Journal of Optics*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6641980>
- Patil, A., & Rane, M. (2021). Convolutional Neural Networks: An Overview and Its Applications in Pattern Recognition. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 195, 21–30. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7078-0_3
- Sanjaya, Y. C., Gunawan, A. A. S., & Irwansyah, E. (2020). Semantic Segmentation for Aerial Images: A Literature Review. *Engineering, Mathematics and Computer Science (EMACS) Journal*, 2(3), 133–139. <https://doi.org/10.21512/emacsjournal.v2i3.6737>
- Santra, A. K., & Christy, C. J. (2012). Genetic Algorithm and Confusion Matrix for Document Clustering. *International Journal of Computer Science Issues*, 9(1), 322–328.
- 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), 618–624. <https://doi.org/10.1134/S1054661817030269>
- Sharif, N. A. M., Azhar, A. S. M., Harun, N. H., Bakar, J. A., Abdullah, A. A., & Chong, Y. F. (2021). Green Channel and Top Hat based Image Enhancement for Diabetic Retinopathy Screening. *Journal of Physics: Conference Series*, 1. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1997/1/012002>
- Sharma, S., Sharma, S., & Anidhya, A. (2020). Understanding Activation Functions in Neural Networks. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 4(12), 310–316.
- Shi, J., Dang, J., Cui, M., Zuo, R., Shimizu, K., Tsunoda, A., & Suzuki, Y. (2021). Improvement of Damage Segmentation Based on Pixel-level Data Balance Using VGG-Unet. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/app11020518>
- Trevelan, R. (2017). Sensitivity, Specificity, and Predictive Values: Foundations, Pliabilities, and Pitfalls in Research and Practice. *Frontiers in Public Health*, 5(November), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00307>
- Tyagi, V. (2018). Understanding Digital Image Processing. *Understanding Digital Image Processing*, September. <https://doi.org/10.1201/9781315123905>
- Wang, Chunlin, Sun, J., Xu, W., & Chen, X. (2019). Depth Learning Standard Deviation Loss Function. *Journal of Physics: Conference Series*, 1176(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1176/3/032050>

- Wang, Cong, Gan, M., Zhang, M., & Li, D. (2020). Adversarial Convolutional Network for Esophageal Tissue Segmentation on OCT Images. *Biomedical Optics Express*, 11(6), 3095. <https://doi.org/10.1364/boe.394715>
- Weng, L., Xu, Y., Xia, M., Zhang, Y., Liu, J., & Xu, Y. (2020). Water Areas Segmentation From Remote Sensing Images Using A Separable Residual SegNet Network. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(4), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijgi9040256>
- Wu, L., Liu, Y., Shi, Y., Sheng, B., Li, P., Bi, L., & Kim, J. (2019). Optic Disc and Cup Segmentation Based on Enhanced SegNet. *PervasiveHealth: Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 1, 33–36. <https://doi.org/10.1145/3328756.3328774>
- Yuan, X., Zhou, L., Yu, S., Li, M., Wang, X., & Zheng, X. (2021). A Multi-scale Convolutional Neural Network with Context for Joint Segmentation of Optic Disc and Cup. *Artificial Intelligence in Medicine*, 113(July 2020), 102035. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2021.102035>
- Zhang, C., Benz, P., Argaw, D. M., Lee, S., Kim, J., Rameau, F., Bazin, J. C., & Kweon, I. S. (2021). Introducing dense shortcuts to resnet. *Proceedings - 2021 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, WACV 2021*, 3549–3558. <https://doi.org/10.1109/WACV48630.2021.00359>
- Zhang, J., Wu, C., Yu, X., & Lei, X. (2021). A Novel DenseNet Generative Adversarial Network for Heterogenous Low-Light Image Enhancement. *Frontiers in Neurorobotics*, 15(June), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2021.700011>
- Zhang, Y., Mehta, S., & Caspi, A. (2021). Rethinking Semantic Segmentation Evaluation for Explainability and Model Selection. *IJCS*. <http://arxiv.org/abs/2101.08418>