

**SEGMENTASI SEMANTIK *OPTIC DISC* DAN *OPTIC CUP*
PADA CITRA RETINA MENGGUNAKAN MODIFIKASI
ARSITEKTUR *U-NET RESIDUAL BLOCK***

SKRIPSI

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

Oleh:

Chairu Nisa Apriyani

NIM 08011181823105



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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**SEGMENTASI SEMANTIK *OPTIC DISC* DAN *OPTIC CUP* PADA CITRA
RETINA MENGGUNAKAN MODIFIKASI ARSITEKTUR *U-NET*
*RESIDUAL BLOCK***

SKRIPSI

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

Oleh

CHAIRU NISA APRIYANI

NIM. 08011181823105

Indralaya, Februari 2022

Pembimbing Kedua



Dr. Yuli Andriani, M.Si
NIP. 197207201999032001

Pembimbing Utama



Anita Desiani, M.Kom
NIP. 197712112003122002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



Drs. Sugandi Yahdin, M.M
NIP. 195807271986031003

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Chairu Nisa Apriyani

NIM : 08011181823105

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Matematika

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Indralaya, 31 Maret 2022

Penulis



Chairu Nisa Apriyani
NIM.08011181823105

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

Sebagai Civitas Akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

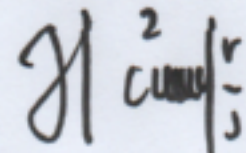
Nama Mahasiswa : Chairu Nisa Apriyani
NIM : 08011181823105
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Matematika
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "Segmentasi Semantik *Optic Disc* dan *Optic Cup* pada Citra Retina menggunakan Modifikasi Arsitektur *U-Net Residual Block*". Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihkan, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 31 Maret 2022

Penulis,



Chairu Nisa Apriyani

NIM.08011181823105

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini untuk:

Yang Maha Kuasa Allah Subhanahu Wa Ta'ala,

Orang tuaku tersayang,

Kakak perempuan, kakak laki-laki, keponakanku,

Keluarga besarku,

Semua guru dan dosenku,

Sahabat-sahabatku,

Almamaterku

Moto

“Life is never flat, jalani saja”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, atas rahmat dan hidayah-Nya lah penulis bisa menyelesaikan skripsi tugas akhir yang berjudul “**Segmentasi Semantik *Optic Disc* dan *Optic Cup* pada Citra Retina menggunakan Modifikasi Arsitektur *U-Net Residual Block***” 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 **Mamak Kartini** dan **Bapak Alm. Citro** yang telah mengarahkan, mendidik, menasehati, mendukung dan terus mendoakan penulis. Terima kasih atas segala perjuangan dan pengorbanan hingga detik ini dan sampai kapanpun. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah membimbing dan mengarahkan urusan akademik kepada penulis selama proses perkuliahan serta menjadi dosen pembimbing akademik yang telah memotivasi penulis.
2. Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, M.Si** selaku Sekretaris Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah mengarahkan urusan akademik kepada penulis.

3. Ibu **Anita Desiani, M.Kom** selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, untuk memberikan bimbingan, pengarahan, masukan, dan didikan berharga selama proses pembuatan skripsi serta perjalanan perkuliahan ini.
4. Ibu **Dr. Yuli Andriani, M.Si** selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses pembuatan skripsi ini hingga selesai.
5. Ibu **Dra. Ning Eliyati, M.Pd** dan Ibu **Des Alwine Zayanti, M.Si** selaku dosen pembahas dan penguji yang telah memberikan tanggapan, kritik, dan saran yang sangat bermanfaat untuk perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.
6. **Seluruh Dosen di Jurusan Matematika FMIPA** yang telah memberikan ilmu, nasehat, motivasi, serta bimbingan selama proses perkuliahan.
7. Pak **Irwansyah** selaku admin dan Ibu **Hamidah** selaku pegawai tata usaha Jurusan Matematika FMIPA yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
8. **Seluruh Guru** yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat hingga mengantarkan penulis pada pendidikan ini.
9. **Kakak perempuan, Kakak laki-laki, dan Keponakanku**, terima kasih telah mendoakan, memberi nasihat yang berharga, dan menjadi rumah terbaik dalam bercerita. Serta *special person*, **Yogi Wahyudi** yang selalu ada dari awal proses perkuliahan sampai saat ini, terima kasih ya untuk waktunya, arahannya, dukungannya, canda tawa, suka duka, nasihat dan doanya selama ini.
10. **Semua sahabat seperjuangan penulis, dalam masa perkuliahan dan perskripsian, masa sekolah dasar dan masa sekolah menengah atas**, terima

kasih sudah menjadi orang-orang baik di sekeliling penulis, selalu mendukung, membantu dengan tulus, dan memberi energi positif.

11. **Keluarga Matematika 2018, Tim PHP2D, Asisten Laboratorium Komputasi 2019/2021 dan 2020/2021** selama perkuliahan.
12. Kakak-kakak tingkat **angkatan 2016 dan 2017 bidang minat komputasi** yang telah banyak membantu serta berbagi ilmu selama proses skripsi.
13. Kakak-kakak tingkat **angkatan 2016 dan 2017** serta adik-adik tingkat **angkatan 2019 dan 2020**, terima kasih atas segala kebaikan dan bantuan.
14. 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, Februari 2022

Penulis

SEMANTIC SEGMENTATION OF OPTIC DISC AND OPTIC CUP IN RETINAL IMAGE USING MODIFICATION OF U-NET RESIDUAL BLOCK ARCHITECTURE

By:

Chairu Nisa Apriyani
08011181823105

ABSTRACT

One of the digital image processing processes is optic disc and optic cup segmentation on the retina. The optic disc and optic cup segmentation process can use existing datasets, one of which is the MESSIDOR-2 dataset. The number of datasets and the size of the image used in the semantic segmentation process will affect the performance of a method. One method that has strong capabilities when trained with large-dimensional datasets is the Convolutional Neural Network (CNN). The main capability of CNN lies in its architecture, namely U-Net, but U-Net has a weakness in the small number of layers in it. The addition of excessive layers in the U-Net architecture will make the parameter space in the architecture enlarged, so that the U-Net architecture has difficulty in training the network, because of the many gradients that are lost in the training process. The addition of Residual Block to the U-Net architecture will make the architecture add more layers without losing the gradient by utilizing a skip connection. The semantic segmentation process carried out in this study uses a modification of the U-Net Residual Block architecture. The stages of research carried out include data collection, data preprocessing, training, testing, evaluation, as well as analysis and interpretation of the results. The results of the model performance obtained are the accuracy value of 99.79%, Intersection over Union (IoU) of 71,16%, f1 score of 81,32%, sensitivity of 77,64%, and specificity of 94,69%. It means, can be said that the U-Net Residual Block architecture is capable of segmentation optic disc and optic cup from the given image data.

Keywords : Semantic segmentation, Optic Disc, Optic Cup, U-Net, Residual Block

**SEGMENTASI SEMANTIK *OPTIC DISC* DAN *OPTIC CUP* PADA CITRA
RETINA MENGGUNAKAN MODIFIKASI ARSITEKTUR *U-NET*
*RESIDUAL BLOCK***

Oleh:

**Chairu Nisa Apriyani
08011181823105**

ABSTRAK

Salah satu proses pengolahan citra digital adalah segmentasi *optic disc* dan *optic cup* pada retina. Proses segmentasi *optic disc* dan *optic cup* bisa menggunakan *dataset* yang telah tersedia, salah satunya adalah *dataset* MESSIDOR-2. Jumlah *dataset* dan ukuran citra yang digunakan dalam proses segmentasi semantik akan mempengaruhi kinerja dari suatu metode. Salah satu metode yang memiliki kemampuan kuat ketika dilatih dengan *dataset* berdimensi besar adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). Kemampuan utama CNN terletak pada arsitekturnya yaitu *U-Net*, namun *U-Net* memiliki kelemahan pada jumlah lapisan dalamnya yang sedikit. Penambahan lapisan dalam secara berlebihan pada arsitektur *U-Net* akan membuat ruang parameter pada arsitektur tersebut membesar, sehingga mengakibatkan arsitektur *U-Net* kesulitan dalam melatih jaringan, karena banyaknya gradien yang hilang pada proses pelatihan. Penambahan *Residual Block* pada arsitektur *U-Net* akan membuat arsitektur tersebut bertambah lapisan dalamnya tanpa kehilangan gradien dengan memanfaatkan *skip connection*. Proses segmentasi semantik yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan modifikasi dari arsitektur *U-Net Residual Block*. Tahapan penelitian yang dilakukan antara lain pengumpulan data, *preprocessing* data, *training*, *testing*, evaluasi, serta analisis dan interpretasi hasil. Hasil kinerja model yang di peroleh yaitu nilai akurasi sebesar 99,79%, *Intersection over Union* (IoU) sebesar 71,16%, *f1 score* sebesar 81,32%, sensitivitas sebesar 77,64%, dan spesifisitas sebesar 94,69%. Artinya, bisa dikatakan bahwa arsitektur *U-Net Residual Block* mampu melakukan segmentasi *optic disc* dan *optic cup* dari data citra yang diberikan.

Kata Kunci : Segmentasi semantik, *Optic Disc*, *Optic Cup*, *U-Net*, *Residual Block*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT.....	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Retina.....	6
2.2. Citra Digital	7
2.3. Perbaikan Citra	8
2.4. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	9
2.4.1. <i>Convolutional Layer</i>	9
2.4.2. Fungsi Aktivasi	12
2.4.3. <i>Batch Normalization</i>	14
2.4.4. <i>Max Pooling</i>	15
2.4.5. <i>Transposed Convolution</i>	16
2.4.6. <i>Concatenate Layer</i>	17
2.4.7. <i>Loss Function</i>	17
2.4.8. <i>Optimization Function: Adaptive Moment Estimation</i>	18
2.5. <i>U-Net</i>	19
2.6. <i>Residual Block</i>	20
2.7. <i>Confusion Matrix</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Tempat.....	24
3.2 Waktu	24
3.3 Alat	24
3.4 Metode Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Deskripsi Data	28
4.2 <i>Preprocessing Data</i>	29
4.3 Arsitektur <i>U-Net Residual Block</i>	30
4.4 Operasi Manual pada <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	33

4.5	<i>Training</i>	49
4.6	<i>Testing</i>	52
4.7	Evaluasi	56
4.8	Analisis dan Interpretasi Hasil.....	63
BAB V PENUTUP		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kategori Evaluasi Kinerja Model	23
Tabel 4.1 Data Sampel Citra pada <i>Dataset</i> MESSIDOR-2.	28
Tabel 4.2. Perbandingan Citra Asli, Hasil Segmentasi, dan <i>Ground Truth</i>	53
Tabel 4.3. <i>Confusion Matrix Multiclass</i> dari Proses <i>Testing</i>	54
Tabel 4.4. Perbandingan Hasil Evaluasi Kinerja dengan Penelitian Lain	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Bagian <i>Optic Disc</i>	6
Gambar 2.2. Representasi Citra Digital	7
Gambar 2.3. Proses <i>Convolutional Layer</i>	11
Gambar 2.4. Grafik Fungsi Aktivasi ReLU	13
Gambar 2.5. Proses Operasi <i>Max Pooling</i>	15
Gambar 2.6. Proses <i>Transposed Convolution</i>	16
Gambar 2.7. Proses Operasi <i>Concatenate</i>	17
Gambar 2.8. Arsitektur <i>U-Net</i>	19
Gambar 2.9. <i>Residual Block</i> pada Arsitektur <i>ResNet</i>	20
Gambar 2.10. <i>Confusion Matrix Multiclass</i>	21
Gambar 4.1. Segmentasi Semantik <i>Optic Disc</i> dan <i>Optic Cup</i>	29
Gambar 4.2. Citra Hasil <i>Preprocessing</i>	30
Gambar 4.3. Arsitektur <i>U-Net Residual Block</i>	31
Gambar 4.4. Proses Partisi Matriks <i>Max Pooling</i>	41
Gambar 4.5. Hasil Proses <i>Concatenate Layer</i>	44
Gambar 4.6. Hasil <i>Training Model</i> Arsitektur <i>U-Net Residual Block</i>	49
Gambar 4.7. Grafik Akurasi Proses <i>Training</i>	51
Gambar 4.8. Grafik <i>Loss</i> Proses <i>Training</i>	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Retina adalah lapisan paling tipis di bagian belakang bola mata, di mana lapisan ini mengandung banyak sel saraf yang peka terhadap cahaya. Sel saraf ini mengirim *impuls* ke saraf optik dan mengubahnya menjadi gambar yang bisa dilihat (Ilyarajaa & Logashanmugam, 2020). Pada umumnya struktur retina terdiri dari beberapa bagian diantaranya *optic disc*, pembuluh darah, *fovea*, dan *macula* (Rajesh *et al.*, 2020).

Optic disc merupakan salah satu bagian dari retina yang berfungsi sebagai area tempat masuknya saraf optik ke mata. Area ini sering disebut sebagai titik buta pada mata (Salam *et al.*, 2015). *Optic disc* dibagi menjadi dua area, yaitu area terang pusat yang disebut *cup* dan area *peripheral* yang disebut tepi *neuroretinal* (Almazroa *et al.*, 2015). Struktur *optic disc* dan *optic cup* retina bisa membantu dalam mendeteksi berbagai penyakit pada mata, salah satunya adalah *glaucoma* (Eduzuganti *et al.*, 2018). *Glaucoma* merupakan kelainan pada mata manusia yang disebabkan oleh rusaknya sel saraf optik secara bertahap dan menjadi salah satu penyebab utama kebutaan di dunia (Almazroa *et al.*, 2015).

Selama ini pendeteksian *optic disc* dan *optic cup* pada retina dilakukan dengan pengamatan secara langsung oleh dokter spesialis mata melalui citra retina yang diambil dari kamera fundus. Pengamatan yang dilakukan secara langsung ini dianggap kurang efektif karena membutuhkan waktu yang lama dan mungkin saja

terjadi kesalahan dalam pengamatannya. Hal ini dibutuhkan sistem diagnosa otomatis pada retina dengan bantuan komputer yang bisa dikembangkan untuk mempermudah dokter spesialis mata dalam mendiagnosa *glaucoma* secara akurat (Septiarini *et al.*, 2018).

Salah satu sistem diagnosa otomatis untuk mendeteksi kelainan pada area *optic disc* dan *optic cup* retina adalah dengan melakukan segmentasi *optic disc* dan *optic cup* pada citra retina (Jose, 2015). Menurut Zheng *et al.* (2013) proses segmentasi *optic disc* dan *optic cup* retina dilakukan untuk mengambil fitur *optic disc* dan *optic cup* retina saja sedangkan untuk fitur lain yang berada disekitarnya dijadikan sebagai *background*.

Salah satu metode segmentasi semantik yang berkembang saat ini adalah *Deep Learning* (DL). DL bisa mendeteksi pola dari data yang diberikan kepada model secara otomatis (Soomro *et al.*, 2019). Metode segmentasi semantik berbasis DL yang sering digunakan dalam proses pengolahan citra dengan kemampuan yang kuat jika dilatih dengan data berdimensi besar adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) (Soomro *et al.*, 2019; Desiani *et al.*, 2021). Metode CNN memiliki banyak arsitektur yang sering digunakan dalam proses segmentasi semantik, salah satunya adalah arsitektur *U-Net*.

Arsitektur *U-Net* merupakan arsitektur dasar pada CNN yang terdiri dari dua jalur. Jalur *encoder* terletak pada bagian sebelah kiri dan jalur *decoder* terletak pada bagian sebelah kanan. *U-Net* bisa menjadi pilihan utama pada analisis citra medis karena keakuratan *U-Net* dalam mendiagnosa suatu penyakit (Qamar *et al.*, 2020; Ronneberger, Fischer, & Brox, 2015). Beberapa penelitian yang

menggunakan arsitektur *U-Net* dalam segmentasi *optic disc* dan *optic cup* antara lain: Bian *et al.* (2020) melakukan penelitian tentang segmentasi *optic disc* dan *optic cup* menggunakan modifikasi arsitektur *U-Net* dengan penambahan *inception block*. Pada penelitian ini, nilai *f1 score* yang diperoleh sudah baik tetapi nilai *Intersection over Union* (IoU) masih di bawah 80% serta tidak menghitung ukuran kinerja evaluasi lainnya seperti akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. Penelitian lainnya oleh Fu *et al.* (2018) menggunakan arsitektur berbasis *U-Net* dengan menambahkan jaringan konvolusi *multi-label* pada *dataset ORIGA* dan *Singapore Chinese Eye Study* (SCES). Pada penelitian ini untuk *dataset ORIGA* menghasilkan nilai *Area Under Curve* (AUC) 79% pada *optic disc* dan sebesar 80% pada *optic cup*, sedangkan untuk *dataset SCES* yaitu 82% *optic disc* dan 83% untuk *optic cup*. Terlihat bahwa pada penelitian ini tidak menghitung nilai akurasi dan ukuran kinerja evaluasi lainnya.

Arsitektur *U-Net* memiliki keterbatasan pada jumlah lapisan dalamnya yang sedikit. Penambahan lapisan dalam secara berlebihan akan membuat ruang parameter menjadi besar yang menyebabkan arsitektur *U-Net* kesulitan dalam melatih jaringan karena hilangnya gradien selama pelatihan (L. Chen *et al.*, 2018). Dilakukan penambahan *Residual Block* pada arsitekturnya, untuk mengatasi keterbatasan arsitektur *U-Net* tersebut. *Residual Block* bisa melakukan penambahan lapisan dalam jaringan pada arsitektur *U-Net* tanpa kehilangan gradiennya dengan memanfaatkan *skip connection* sebagai pemetaan identitas (Zaeemzadeh *et al.*, 2021). Penelitian oleh Zhang *et al.* (2019) melakukan segmentasi gambar inframerah pada panel *photovoltaic* dengan menggunakan

modifikasi arsitektur *U-Net* dan *Residual Block*. Penelitian ini menghasilkan nilai *f1 score* dan IoU sebesar 97,11% dan 94,47%. Selanjutnya Aghalari, Aghagolzadeh and Ezoji (2021) melakukan segmentasi gambar tumor otak dengan menggunakan modifikasi arsitektur *U-Net* dan *Residual Block* menghasilkan nilai *dice* dan sensitivitas sebesar 89,76% dan 89,19%. Terlihat bahwa pada kedua penelitian tersebut hasil yang didapatkan sudah sangat baik dalam melakukan segmentasi, namun untuk nilai kinerja evaluasi yang lain seperti akurasi piksel dan spesifisitas tidak dihitung.

Berdasarkan keterbatasan dan kemampuan arsitektur tersebut, maka pada penelitian ini mengembangkan model arsitektur *U-Net Residual Block* pada segmentasi *optic disc* dan *optic cup* untuk mendapatkan hasil segmentasi yang lebih akurat dengan mengukur nilai kinerja evaluasinya yaitu akurasi, IoU, *f1 score*, sensitivitas dan spesifitas pada keseluruhan label citra.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang di bahas pada penelitian ini adalah bagaimana menerapkan modifikasi arsitektur *U-Net Residual Block* dalam mendapatkan hasil segmentasi *optic disc* dan *optic cup* yang akurat berdasarkan nilai akurasi, IoU, *f1 score*, sensitivitas, dan spesifisitas.

1.3 Pembatasan Masalah

1. Penelitian ini hanya membahas hasil segmentasi *optic disc* dan *optic cup* menggunakan modifikasi arsitektur yang diusulkan dan tidak membahas tahapan perbaikan citra maupun klasifikasi.

2. Ukuran evaluasi kinerja pada penelitian ini menggunakan nilai akurasi, IoU, *f1 score*, sensitivitas dan spesifitas yang didapat dari hasil segmentasi *optic disc* dan *optic cup*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menerapkan modifikasi arsitektur *U-Net Residual Block* dalam memperoleh hasil segmentasi *optic disc* dan *optic cup* dengan nilai akurasi, IoU, *f1 score*, sensitivitas, dan spesifisitas yang akurat.

1.5 Manfaat

1. Dapat membantu pihak medis dalam mendeteksi kelainan pada *optic disc* dan *optic cup*, serta dapat dijadikan sebagai *input* pada proses klasifikasi penyakit *glaucoma*.
2. Dapat menjadi referensi bagi pihak yang nantinya akan melakukan penelitian mengenai segmentasi *optic disc* dan *optic cup*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghalari, M., Aghagolzadeh, A., & Ezoji, M. (2021). Brain tumor image segmentation via asymmetric/symmetric UNet based on two-pathway-residual blocks. *Biomedical Signal Processing and Control*, 69(December 2020), 102841. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102841>
- Almazroa, A., Burman, R., Raahemifar, K., & Lakshminarayanan, V. (2015). Optic disc and optic cup segmentation methodologies for glaucoma image detection: a survey. *Journal of Ophthalmology*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/180972>
- Baben, S. R. (2016). Retinal area detector for classifying retinal disorders from SLO images. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 3(04), 237–245.
- Bian, X., Luo, X., Wang, C., Liu, W., & Lin, X. (2020). Optic disc and optic cup segmentation based on anatomy guided cascade network. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 197, 105717. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105717>
- Carvajal, D. N., & Rowe, P. C. (2010). Sensitivity, specificity, predictive values, and likelihood ratios. *Pediatrics in Review*, 31(12), 511–513. <https://doi.org/10.1542/pir.31-12-511>
- Chen, L., Bentley, P., Mori, K., Misawa, K., Fujiwara, M., & Rueckert, D. (2018). DRINet for medical image segmentation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 37(11), 2453–2462. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2835303>
- Chen, W., Sun, Q., Wang, J., Dong, J. J., & Xu, C. (2018). A novel model based on AdaBoost and deep CNN for vehicle classification. *IEEE Access*, 6(c), 60445–60455. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2875525>
- Cui, Z., Yang, J., & Qiao, Y. (2016). Brain MRI segmentation with patch-based CNN approach. *Chinese Control Conference, CCC, 2016-Augus(July)*, 7026–7031. <https://doi.org/10.1109/ChiCC.2016.7554465>
- Deshmukh, P. M., & Pise, A. C. (2015). *Segmentation of optic disk and optic cup from retinal image*. (8), 49–51.
- Desiani, A., Suprihatin, B., Yahdin, S., Putri, A. I., & Husein, F. R. (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). Retrieved from http://www.iaeng.org/IJCS/issues_v48/issue_3/IJCS_48_3_37.pdf
- Edupuganti, V. G., Chawla, A., & Kale, A. (2018). Automatic optic disk and cup segmentation of fundus images using deep learning. *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP*, 2227–2231. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2018.8451753>
- Es-Sabery, F., Hair, A., Qadir, J., Sainz-De-Abajo, B., Garcia-Zapirain, B., & Torre-Diez, I. (2021). Sentence-Level classification using parallel fuzzy deep learning classifier. *IEEE Access*, 9, 17943–17985. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3053917>
- 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(Iv)*, 1051–1056. <https://doi.org/10.1109/IVS.2018.8500497>
- Fu, H., Cheng, J., Xu, Y., Wong, D. W. K., Liu, J., & Cao, X. (2018). Joint optic disc and cup segmentation based on multi-label DeepNetwork and polar transformation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 37(7), 1597–1605. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2791488>
- Garcia-Garcia, A., Orts-Escolano, S., Oprea, S., Villena-Martinez, V., & Garcia-Rodriguez, J. (2017). *A review on deep learning techniques applied to semantic segmentation*. 1–23. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1704.06857>
- Gonzales, R. C., & Woods, R. E. (2008). *Digital image processing third editon*. United State of America: Pearson Hall.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2009). *Digital image processing using matlab*. USA: Gatesmark Publishing.
- Gu, Z., Cheng, J., Fu, H., Zhou, K., Hao, H., Zhao, Y., ... Liu, J. (2019). CE-Net: context encoder network for 2D medical image segmentation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 38(10), 2281–2292. <https://doi.org/10.1109/TMI.2019.2903562>
- Guo, T., Dong, J., & Li, H. (2017). Simple convolutional neural network on image classification. *IEEE International Conference on Big Data Analysis*, 721–724.
- Haque, I. R. I., & Neubert, J. (2020). Deep learning approaches to biomedical image segmentation. *Informatics in Medicine Unlocked*, 18, 100297.

<https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100297>

- Ho, Y., & Wookey, 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>
- Ilayarajaa, K. T., & Logashanmugam, E. (2020). Retinal blood vessel segmentation using morphological and canny edge detection technique. *2020 International Conference on System, Computation, Automation and Networking, ICSCAN 2020*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICSCAN49426.2020.9262446>
- Im, D., Han, D., Choi, S., Kang, S., & Yoo, H. J. (2020). DT-CNN: an energy-efficient dilated and transposed convolutional neural network processor for region of interest based image segmentation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 67(10), 3471–3483. <https://doi.org/10.1109/TCSI.2020.2991189>
- 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, 448–456. France: JMLR: W&CP.
- Islam, M. M., Poly, T. N., Walther, B. A., Yang, H. C., & Li, Y.-C. (Jack). (2020). Artificial intelligence in ophthalmology: a meta-analysis of deep learning models for retinal vessels segmentation. *Journal of Clinical Medicine*, 9(4), 1018. <https://doi.org/10.3390/jcm9041018>
- Jose, A. M. (2015). A novel method for glaucoma detection using fundus images. *2015 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies [ICCPCT]*.
- Joshua, A. O., Nelwamondo, F. V, & Mabuza-Hocquet, G. (2020). Blood vessel segmentation from fundus images using modified U-Net CNN. *Journal of Image and Graphics*, 8(1), 21–25. <https://doi.org/10.18178/joig.8.1.21-25>
- Kaushik, R., & Kumar, S. (2019). Image segmentation using convolutional neural network for image annotation. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, 8(11), 667–675. <https://doi.org/10.1109/ICCES45898.2019.9002121>
- 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).
- Kumra, S., & Kanan, C. (2017). Robotic grasp detection using deep convolutional neural networks. *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2017-Septe(September), 769–776. <https://doi.org/10.1109/IROS.2017.8202237>
- 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(December), 10–12.
- 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(March), 98032H. <https://doi.org/10.1117/12.2217959>
- Nafi'iyah, N. (2015). Algoritma kohonen dalam mengubah citra graylevel menjadi citra biner. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 9(2), 49–55. Retrieved from <https://jurnal.stmikasia.ac.id/index.php/jitika/article/view/125>
- Niemeijer, M., Abramoff, M. D., & van Ginneken, B. (2009). Fast detection of the optic disc and fovea in color fundus photographs. *Medical Image Analysis*, 13(6), 859–870. <https://doi.org/10.1016/j.media.2009.08.003>
- Purnama, A. (2016). Aplikasi matriks dalam pengolahan gambar. *Makalah IF2123 Aljabar*, (May), 18650054.
- Qamar, S., Jin, H., Zheng, R., Ahmad, P., & Usama, M. (2020). A variant form of 3D-UNet for infant brain segmentation. *Future Generation Computer Systems*, 108, 613–623. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.11.021>
- Rajesh, I. S., Arikerie, B. M., & Reshmi, B. M. (2020). A review on automatic identification of fovea in retinal fundus images. *International Journal of Medical Engineering and Informatics*, 12(2), 169–179. <https://doi.org/10.1504/IJMEI.2020.106900>
- Rizwan I Haque, I., & Neubert, J. (2020). Deep learning approaches to biomedical image segmentation. *Informatics in Medicine Unlocked*, 18, 100297.

<https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100297>

Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: convolutional networks for biomedical image segmentation. *Springer International Publishing*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4>

Salam, A. A., Akram, M. U., Abbas, S., & Anwar, S. M. (2015). Optic disc localization using local vessel based features and support vector machine. *2015 IEEE 15th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering, BIBE 2015*. <https://doi.org/10.1109/BIBE.2015.7367701>

Saleh, M. D., Eswaran, C., & Mueen, A. (2011). An automated blood vessel segmentation algorithm using histogram equalization and automatic threshold selection. *Journal of Digital Imaging*, *24*(4), 564–572. <https://doi.org/10.1007/s10278-010-9302-9>

Salih, T. A., Ali, A. J., & Ahmed, M. N. (2020). Deep learning convolution neural network to detect and classify tomato plant leaf diseases. *OALib*, *07*(05), 1–12. <https://doi.org/10.4236/oalib.1106296>

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.

Sekou, T. B., Hidane, M., Olivier, J., & Cardot, H. (2019). From patch to image segmentation using fully convolutional networks-application to retinal images. *ArXiv*.

Septiarini, A., Khairina, D. M., Kridalaksana, A. H., & Hamdani, H. (2018). Automatic glaucoma detection method applying a statistical approach to fundus images. *Healthcare Informatics Research*, *24*(1), 53–60. <https://doi.org/10.4258/hir.2018.24.1.53>

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>

Sharma, S., Sharma, S., & Athaiya, A. (2020). Activation functions in neural networks. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, *04*(12), 310–316. <https://doi.org/10.33564/ijeast.2020.v04i12.054>

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>
- Soomro, Taufique Ahmed, Afifi, A. J., Zheng, L., Soomro, S., Gao, J., Hellwich, O., & Paul, M. (2019). Deep learning models for retinal blood vessels segmentation: a review. *IEEE Access*, *7*, 71696–71717. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2920616>
- Soomro, Toufique Ahmed, Afifi, A. J., Zheng, L., Soomro, S., Gao, J., Hellwich, O., & Paul, M. (2019). Deep learning models for retinal blood vessels segmentation: a review. *IEEE Access*, *7*, 71696–71717. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2920616>
- Sule, O., & Viriri, S. (2020). 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/ICTAS47918.2020.233996>
- Tarigan, A. K., Nasution, S. D., & Karim, A. (2016). *Aplikasi pembelajaran citra dengan menggunakan metode computer assisted instruction*. *3*(4), 1–4.
- Tulsani, A., Kumar, P., & Pathan, S. (2021). Automated segmentation of optic disc and optic cup for glaucoma assessment using improved UNET++ architecture. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, *41*(2), 819–832. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2021.05.011>
- Wang, C., Gan, M., Zhang, M., & Li, D. (2020). Adversarial convolutional network for esophageal tissue segmentation on OCT images. *IEEE Access*, *11*(6), 3095–3110. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3041767>
- Zaeemzadeh, A., Rahnavard, N., & Shah, M. (2021). Norm preservation: why residual networks can become extremely deep? *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *43*(11), 3980–3990. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2020.2990339>
- Zhang, H., Hong, X., Zhou, S., & Wang, Q. (2019). Infrared image segmentation for photovoltaic panels based on res-unet. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *11857 LNCS*(October 2019), 611–622. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31654-9_52
- Zhang, Q., Li, G., Cao, Y., & Han, J. (2020). Multi-focus image fusion based on

non-negative sparse representation and patch-level consistency rectification. *Pattern Recognition*, 104. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2020.107325>

Zhang, Y., Zhao, X., & Liu, P. (2019). Multi-Point Displacement Monitoring Based on Full Convolutional Neural Network and Smartphone. *IEEE Access*, 7, 139628–139634. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2943599>

Zheng, Y., Stambolian, D., O'Brien, J., & Gee, J. C. (2013). Optic disc and cup segmentation from color fundus photograph using graph cut with priors. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8150 LNCS(PART 2), 75–82. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40763-5_10