

**SEGMENTASI PEMBULUH DARAH DARI
AUGMENTASI DATA PADA CITRA RETINA
DENGAN METODE U-NET *CONVOLUTIONAL*
*NEURAL NETWORK***



OLEH:

ASRI SAFMI

09011181722002

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

**SEGMENTASI PEMBULUH DARAH DARI
AUGMENTASI DATA PADA CITRA RETINA
DENGAN METODE U-NET *CONVOLUTIONAL*
*NEURAL NETWORK***

TUGAS AKHIR

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



OLEH:

ASRI SAFMI

09011181722002

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

SEGMENTASI PEMBULUH DARAH DARI AUGMENTASI DATA PADA CITRA RETINA DENGAN METODE U-NET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

TUGAS AKHIR

Program Studi Sistem Komputer

Jenjang S1

Oleh:

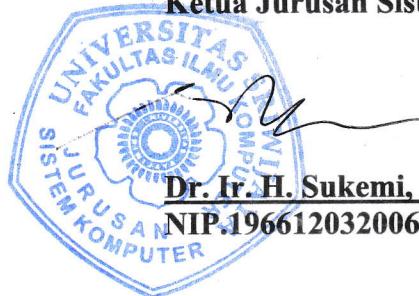
ASRI SAFMI

09011181722002

Indralaya, Juli 2021

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP.196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Erwin, M.Si
NIP. 197101291994121001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Senin

Tanggal : 5 Juli 2021

Tim Penguji :

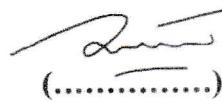
1. Ketua Sidang : **Firdaus, M.Kom.**


(.....)

2. Sekretaris Sidang : **Rahmat Fadli Isnanto, M.Sc.**


(.....)

3. Penguji Sidang : **Rossi Passarella, M.Eng.**

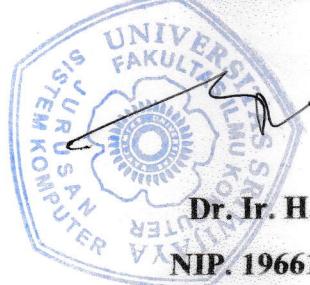

(.....)

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


(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

NIP. 196612032006041001


369/1

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Asri safmi

NIM : 09011181722002

Judul : Segmentasi Pembuluh Darah Dari Augmentasi Data Pada Citra Retina
Dengan Metode U-Net Convolutional Neural Network

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 14%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / plagiat dari penelitian orang lain. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian peryataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Indralaya, Juli 2021

Yang menyatakan,



Asri safmi

NIM. 09011181722002

HALAMAN PERSEMPAHAN

"Sesungguhnya bersama kesulitan itu pasti ada kemudahan, Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada tuhanmulah hendaknya kamu berharap."

(Q.S. Al-Insyirah : 6-8)

"Always do your best, and let God do next."

Skripsi ini saya persembahkan khusus untuk:

- **Ibu (Ainunsiah) dan Bapak (M. Nasib) yang selalu mendoakan saya buat terus maju dan selalu mendukung apapun yang saya lakukan agar dapat menggapai cita-cita yang diinginkan.**
- **Adikku tersayang (riska) yang menjadi motivasi saya untuk terus maju.**
- **Dosen Pembimbing terbaik serta panutan (Dr. Erwin, M.Si.)**
- **Civitas akademika Universitas Sriwijaya**

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis selalu panjatkan atas kehadiran Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis sampai pada saat ini dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul "**SEGMENTASI PEMBULUH DARAH DARI AUGMENTASI DATA PADA CITRA RETINA DENGAN METODE U-NET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**"

Pada penyusunan tugas akhir ini, tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, ajaran serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada:

1. Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan berkah dan karunia-Nya kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Orangtua tercinta yang selalu memberikan motivasi, semangat dan do'a serta keluarga besar penulis yang tersayang.
3. Dr. Ir. Sukemi, M.T. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Tutuko, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Dr. Erwin, M.Si. selaku Pembimbing Tugas Akhir.
6. Mbak Renny selaku Admin Jurusan Sistem Komputer.
7. Kakak tingkat sistem komputer yang memberikan masukan selama perkuliahan.
8. Teman-teman seperjuangan dijurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya terkhususnya kelas B angkatan 2017 sebagai tempat diskusi dan memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis cantumkan satu persatu, yang membantu dan memberikan doa yang terbaik untuk kelancaran tugas akhir ini.
10. Civitas Akademika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
11. Almamater.

Didalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, sebagai bahan perbaikan

kedepannya penulis tentunya mengharapkan koreksi, saran, serta masukan terhadap isi dari tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga dengan pembuatan penelitian tugas akhir ini akan menjadi tambahan ilmu dan pengembangan wawasan terhadap pengolahan citra digital dan dapat menjadi bahan refrensi bagi yang membacanya.

Wassalammu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Indralaya, Juli 2021



Asri Safmi

NIM. 09011181722002

SEGMENTATION OF BLOOD VESSELS FROM DATA AUGMENTATION OF RETINAL IMAGE USING U-NET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK METHOD.

**Asri Safmi
(09011181722002)**

Departement of Computer Engineering, Faculty of Computer Science,
Sriwijaya University.
Email: asrisafmi75@gmail.com

Abstract

The retina is most important part of the eye. With proper feature extraction can be the first step to detect a disease. Morphology of retina blood vessels can be used to identify and classify a disease. A step such as segmentation an analysis of retinal blood vessels can assist medical personnel in detecting the severity of a disease. In this paper, vascular segmentation using U-net architecture in the Convolutional Neural Network method is proposed to train a semantic segmentation models in retinal blood vessel. In addition, the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) method is used to increase the contrast of the grayscale and Median Filter is used to obtain better image quality. Data augmentation is also used to maximize the number of datasets owned to make more. The proposed method allows for easier implementation. In this study the dataset used was STARE with the result of accuracy, sensitivity, specificity, precision, and f1-score that reached 97.64%, 78.18%, 99.20%, 88.77%, and 82.91% at data augmentation. While for the non-augmentation result the accuracy, sensitivity, specificity,precision, and f1-score reached 95.98%, 65.73%, 98.97%, 86.09%, and 73.86%.

Keywords: Diabetic Retinopathy, CLAHE, Median Filter, Augmentation, U-net, CNN

SEGMENTASI PEMBULUH DARAH DARI AUGMENTASI DATA PADA CITRA RETINA DENGAN METODE U-NET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

**Asri Safmi
(09011181722002)**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Sriwijaya.
Email: asrisafmi75@gmail.com

Abstrak

Retina adalah bagian terpenting dari mata. Dengan ekstraksi ciri yang tepat dapat menjadi langkah awal untuk mendeteksi suatu penyakit. Morfologi pembuluh darah retina dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan suatu penyakit. Langkah seperti segmentasi dan analisis pembuluh darah retina dapat membantu tenaga medis dalam mendeteksi tingkat keparahan suatu penyakit. Pada makalah ini diusulkan segmentasi vaskular menggunakan arsitektur U-net pada metode Convolutional Neural Network untuk melatih model segmentasi sematik pada pembuluh darah retina. Selain itu, metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) digunakan untuk meningkatkan kontras grayscale dan Median Filter yang digunakan untuk mendapatkan kualitas gambar yang lebih baik. Augmentasi data juga digunakan untuk memaksimalkan jumlah set data yang dimiliki agar lebih banyak. Metode yang diusulkan mendukung implementasi yang lebih mudah. Dalam penelitian ini dataset yang digunakan adalah STARE dengan hasil akurasi, sensitivitas, spesifisitas, presisi, dan f1-score yang mencapai 97,64%, 78,18%, 99,20%, 88,77%, dan 82,91% pada data hasil augmentasi. sedangkan untuk hasil non-augmentasi menghasilkan akurasi, sensitivitas, spesifisitas, presisi, dan f1-score mencapai 95.98%, 65.73%, 98.97%, 86.09%, dan 73.86%.

Kata Kunci: Diabetic Retinopathy, CLAHE, Median Filter, Augmentation, U-net, CNN

DAFTAR ISI

Halaman

Halaman Depan	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halaman Pernyataan	iv
Halaman Persembahan	v
Kata Pengantar	vi
Abstraction	viii
Abstrak	ix
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Manfaat	2
1.2.1. Tujuan.....	2
1.2.2. Manfaat.....	2
1.3. Perumusan dan Batasan Masalah.....	3
1.3.1. Perumusan Masalah.....	3
1.3.2. Batasan Masalah.....	3
1.4. Metodologi Penelitian	4
1.4.1. Tahap Awal (Persiapan data)	4
1.4.2. Tahap Kedua (Pra Pengolahan data)	4
1.4.3. Tahap Ketiga (Segmentasi)	4
1.4.4. Tahapan Keempat (Analisis dan Kesimpulan)	4
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. Citra	8

2.2.2. Retina.....	8
2.2.3. Pembuluh Darah	9
2.2.4. Segmentasi Citra.....	9
2.2.5. Jenis Citra	10
2.2.5.1. Citra Biner.....	10
2.2.5.2. Citra Grayscale	10
2.2.5.3. Citra RGB	11
2.2.6. <i>Contras Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i>	11
2.2.7. <i>Median Filter</i>	12
2.2.8. Augmentasi.....	12
2.2.9. Convolutional Neural Network	13
2.2.10. <i>U-Net</i>	13
2.2.11. Pengukuran Parameter.....	15

BAB III METODOLOGI

3.1. Pendahuluan	17
3.2. Kerangka Kerja Penelitian	17
3.3. Dataset Yang Digunakan	18
3.4. Lingkungan Hardware dan Software	18
3.4.1. Hardware	18
3.4.2. Software.....	18
3.5. Tahapan Pemrosesan Data	19
3.5.1. Citra Input.....	20
3.5.2. Pra-Proses.....	20
3.5.2.1. Pemisahanan Green Channel	20
3.5.2.2. Perbaikan Kontras Menggunakan CLAHE.....	21
3.5.2.3. Median Filter.....	22
3.5.2.4. Augmentasi Data.....	23
3.5.2.5. Split Data	24
3.5.3. Segmentasi.....	24
3.5.4. Evaluasi	25

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1. Pendahuluan	26
4.2. Akuisisi Citra dan Dataset.....	26

4.2.1. Database File Citra STARE	26
4.2.2. Dataset	26
4.3. Tahapan Pemrograman.....	28
4.3.1. Input Citra.....	28
4.3.2. Pra-proses	29
4.3.2.1. Pemisahan Green Channel	29
4.3.2.2. CLAHE	31
4.3.2.3. Median Filter.....	35
4.3.2.4. Augmentasi Data.....	37
4.3.2.5. Split Data	41
4.3.3. Segmentasi.....	41
4.4. Evaluasi	44
4.4.1 Hasil Segmentasi Citra dengan Augmentasi	44
4.4.2 Hasil Segmentasi Citra Non-augmentasi.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	53
5.1. Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur U-Net oleh Ronneberger et al	14
Gambar 3.1. Kerangka Kerja	17
Gambar 3.2. Diagram Proses Penelitian	19
Gambar 3.3. Tahapan Pemisahan Green Channel	21
Gambar 3.4. Tahapan Proses CLAHE	21
Gambar 3.5. Tahapan <i>Median Filter</i>	22
Gambar 3.6. Tahapan Augmentasi Data	23
Gambar 4.1. (a) Citra Green Channel (b) Citra Hasil CLAHE	33
Gambar 4.2. (a) Histogram Citra Green Channel (b) Histogram Citra hasil CLAHE ...	34
Gambar 4.3. (a) Augmentasi Citra hasil Median Filter (b) Augmentasi citra <i>Ground Truth</i>	39
Gambar 4.4. Grafik akurasi Dengan augmentasi	44
Gambar 4.5. Grafik <i>loss</i> Dengan augmentasi.....	45
Gambar 4.6. Grafik akurasi Non-augmentasi	46
Gambar 4.7. Grafik <i>loss</i> Non-augmentasi	47
Gambar 4.8. grafik hasil perbandingan akurasi	49
Gambar 4.9. Grafik hasil perbandingan sensitifitas	50
Gambar 4.10. Grafik hasil perbandingan spesifisitas	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Parameter U-net	24
Tabel 4.1. Dataset STARE	26
Tabel 4.2. Histogram citra pada tiap saluran warna	30
Tabel 4.3. Hasil Pemisahan Saluran Warna	31
Tabel 4.4. Peningkatan kualitas citra pada matriks 4x4	32
Tabel 4.5. Matriks hasil peningkatan kualitas citra	32
Tabel 4.6. Citra Hasil CLAHE	34
Tabel 4.7. Piksel hasil peningkatan kontras dengan median filter	36
Tabel 4.8. Citra Hasil Median fliter	37
Tabel 4.9. Augmentasi Citra Median Filter	39
Tabel 4.10. Augmentasi pada Ground Truth Adam Hoover	40
Tabel 4.11. Hasil Segmentasi U-net dengan Augmentasi	41
Tabel 4.12. Hasil Segmentasi U-net Non-augmentasi	43
Tabel 4.13. Parameter Hasil Dataset STARE Dengan Augmentasi	45
Tabel 4.14. Parameter Hasil Dataset STARE Non-Augmentasi	47
Tabel 4.15. Persentase Hasil Tiap Parameter	48
Tabel 4.16. Perbandingan hasil Olah	48
Tabel 4.17. Perbandingan hasil Segmentasi Mahasiswa	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Retina merupakan salah satu bagian terpenting didalam mata. Dengan ekstraksi fitur yang tepat dapat menjadi langkah awal untuk sebuah penyakit dapat dideteksi dengan cepat dan efektif pada citra retina. Bagian yang umumnya dideteksi pada sebuah retina antara lain pembuluh darah, optic disk, macula, exudate, dan Hemorrhage. Dari beberapa bagian yang dideteksi tersebut, pembuluh darah merupakan salah satu bagian yang terpenting dari citra retina. Pada pembuluh darah retina terdiri dari arteri dan arteriol yang apabila diperiksa dalam interval waktu tertentu akan dapat membantu mendiagnosis sebuah penyakit yang diderita dan dapat membantu petugas medis. Karena itulah, proses ekstraksi pembuluh darah yang tepat dari citra retina akan membantu mengurangi ketergantuan pada tingkat keahlian petugas medis dan mengurangi faktor kesalahan serta mempersingkat waktu [1]. Dalam ophthalmology citra fudus retina berperan dalam bidang medis dengan mendiagnosis sebuah penyakit contohnya diabetes, glaukoma, katarak dan lainnya [2].

Pembuluh darah retina merupakan salah satu struktur penting yang terdapat didalam fudus retina. Perubahan pembuluh darah memiliki hubungan erat dengan banyak penyakit sistemik, metabolik, dan hematologi. Morfologi pembuluh darah retina dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tingkat keparahan beberapa penyakit. Sebuah langkah seperti segmentasi dan menganalisis pembuluh darah retina dapat membantu tenaga medis dalam mendeteksi perubahan tersebut. Segmentasi pembuluh darah akan menghasilkan sebuah infomasi tentang lokasi pembuluh darah dan juga variasi dari diameter pembuluh darah yang ada [3]. Di sisi lain, pembuluh darah retinal dapat diekstraksi dalam beberapa proses pencitraan retina untuk memperkirakan status jaringan vaskular pada retina. Hasil akhir yang didapat dari segmentasi tersebut akan dijadikan parameter untuk memastikan hasil kinerja dari ekstraksi fitur.

Segmentasi pembuluh darah dari citra fudus retina merupakan salah satu metode yang ampuh untuk mendiagnosis penyakit vaskular. Ada banyak metode yang dapat digunakan dalam proses segmentasi citra fudus retina namun beberapa diantaranya tidak bisa mendapatkan citra segmentasi pembuluh retina dengan baik pada beberapa pembuluh darah yang tipis dikarenakan tidak terlihat jelas. Saat ini *Deep Learning* telah banyak digunakan dalam proses segmentasi pembuluh darah pada fudus retina dan telah mendapatkan beberapa pencapaian dalam hal klasifikasi, deteksi dan segmentasi [4]. Terutama pada algoritma Convolutional Neural Network (CNN) yang dipilih untuk segmentasi citra fudus retina. CNN merupakan algoritma yang paling umum digunakan dibidang computer vision untuk mengklasifikasikan setiap piksel gambar. CNN menunjukkan kinerja yang mengesankan dalam menyelesaikan tugas segmentasi dan masih menyisakan ruang perbaikan untuk menghasilkan segmentasi yang lebih akurat [5].

1.2. Tujuan dan Manfaat

1.2.1. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan hasil segmentasi dari pembuluh darah pada citra hasil augmentasi dan non-augmentasi dengan menggunakan metode U-net CNN.
2. Mendapatkan hasil pengukuran parameter seperti Akurasi, Sensitifitas, Spesifitas, Presisi dan f1 score untuk pembuluh darah pada citra retina.
3. Mendapatkan model dengan hasil terbaik dari dataset yang diusulkan.

1.2.2. Manfaat

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. untuk memperoleh hasil segmentasi dari pembuluh darah pada citra augmentasi dan non-augmentasi dengan menggunakan metode U-net CNN.

2. Untuk mengembangkan nilai parameter hasil segmentasi seperti Akurasi, Sensitifitas, Spesifitas, Presisi dan f1 score untuk pembuluh darah pada citra retina.
3. Untuk memenuhi informasi kebutuhan medis dalam diagnosis dini penyakit mata dari hasil segmentasi pembuluh darah berdasarkan metode U-net CNN.

1.3. Perumusan dan Batasan Masalah

1.3.1. Perumusan Masalah

Pembuluh darah memiliki struktural yang berpola dan mempunyai berbagai bentuk dan ukuran yang berbeda-beda pada setiap manusia. Pembuluh darah pada citra fundus retina merupakan bagian penting yang ada pada retina yang dapat mendiagnosis sebuah penyakit ditandai dengan adanya perubahan pada citra fundus retina. Dalam dunia medis pendekslan penyakit pada citra retina di awal dapat membantu mencegah berkembangnya sebuah penyakit dan dapat memberikan tindakan pencegahan dari awal. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka, proses segmentasi dipilih dengan tujuan untuk mengambil fokus pada pembuluh darah dengan tahapan peningkatan dan perbaikan kualitas citra retina terlebih dahulu dan memperbanyak jumlah citra yang awalnya terbatas sehingga nantinya didapatkan dataset dengan jumlah gambar yang lebih banyak serta terlihat perbedaan antara objek pembuluh darah dan background citra retina. Citra retina hasil segmentasi akan dilakukan pengukuran parameter untuk mengetahui kinerja dari metode yang digunakan dengan tingkat parameternya seperti akurasi, sensitifitas, spesifitas, presisi, dan F1-score. Berdasarkan uraian tersebut, maka disusun perumusan masalah berupa augmentasi data dan segmentasi pembuluh darah pada citra retina dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network*.

1.3.2. Batasan Masalah

Selain perumusan masalah juga terdapat pembatasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah gambar retina yang diambil dari dataset STARE dengan jumlah gambar sebanyak 20.
2. Penelitian ini berfokus pada segmentasi citra pembuluh darah pada retina dengan tahapan seperti pemisahan green channel, peningkatan kontras menggunakan CLAHE, perbaikan kualitas citra dengan median filter, serta augmentasi data agar jumlah dataset menjadi lebih banyak, sehingga nantinya akan didapat hasil pengukuran peforma berupa nilai akurasi, sensitifitas, spesifitas, presisi dan f1 score dan juga perbandingan antara citra augmentasi dan non-augmentasi.

1.4. Metodologi Penelitian

1.4.1. Tahap Awal (Persiapan data)

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dan pemahaman terhadap dataset yang akan digunakan agar sesuai dengan topik penelitian.

1.4.2. Tahap Kedua (Pra Pengolahan data)

Pada tahap ini akan dilakukan pra pengolahan data sebelum masuk ke model pembelajaran mesin.

1.4.3. Tahap Ketiga (Segmentasi)

Pada tahap ini dilakukan segmentasi dari hasil pra pengolahan data menggunakan Convolutional Neural Network.

1.4.4. Tahapan Keempat (Analisis dan Kesimpulan)

Hasil dari pengujian model Convolutional Neural Network akan dilakukan analisa terhadap peforma setiap model dan akan ditarik kesimpulan.

1.5. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 Pendahuluan

Bab ini berisikan Latar Belakang, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian dan Sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan pembahasan mengenai penelitian-penelitian sebelumnya dan dasar teori.

BAB 3 Metodologi

Bab ini berisikan mengenai dataset, lingkungan Hardware dan Software, metode pada Blok Diagram Proses, dan Metode secara umum.

BAB 4 Hasil dan Analisis

Bab ini memiliki pembahasan mengenai Akuisisi ditra dan dataset, Tahap pemrograman, perbandingan Hasil Olah dan Dataset, Pengukuran Parameter, Pembahasan dan Analisis.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisikan Kesimpulan Sementara mengenai keseluruhan isi tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Shahbeig and M. Helfroush, “A Novel and Efficient Method to Extract Blood Vessels from Retinal Images,” *Bull. la Société R. des Sci. Liège*, no. August 2016, 2016, doi: 10.25518/0037-9565.5759.
- [2] X. Gao, Y. Cai, C. Qiu, and Y. Cui, “Retinal blood vessel segmentation based on the Gaussian matched filter and U-net,” *Proc. - 2017 10th Int. Congr. Image Signal Process. Biomed. Eng. Informatics, CISPBMEI 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/CISP-BMEI.2017.8302199.
- [3] N. Eladawi *et al.*, “Automatic blood vessels segmentation based on different retinal maps from OCTA scans,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 89, no. August, pp. 150–161, 2017, doi: 10.1016/j.combiomed.2017.08.008.
- [4] S. Vitale, G. Ferraioli, and V. Pascazio, “Multi-objective cnn based algorithm for sar despeckling,” *arXiv*, pp. 1–13, 2020.
- [5] T. A. Soomro *et al.*, “Impact of Image Enhancement Technique on CNN Model for Retinal Blood Vessels Segmentation,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 158183–158197, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2950228.
- [6] S. Wan, Y. Liang, and Y. Zhang, “Deep convolutional neural networks for diabetic retinopathy detection by image classification,” *Comput. Electr. Eng.*, vol. 72, pp. 274–282, 2018, doi: 10.1016/j.compeleceng.2018.07.042.
- [7] S. Dutta, B. C. S. Manideep, S. M. Basha, R. D. Caytiles, and N. C. S. N. Iyengar, “Classification of diabetic retinopathy images by using deep learning models,” *Int. J. Grid Distrib. Comput.*, vol. 11, no. 1, pp. 89–106, 2018, doi: 10.14257/ijgdc.2018.11.1.09.
- [8] K. B. Khan, A. A. Khaliq, M. Shahid, and S. Khan, “An efficient technique for retinal vessel segmentation and denoising using modified isodata and CLAHE,” *IJUM Eng. J.*, vol. 17, no. 2, pp. 31–46, 2016, doi: 10.31436/iumej.v17i2.611.
- [9] İ. Atli and O. S. Gedik, “Sine-Net: A fully convolutional deep learning architecture for retinal blood vessel segmentation,” *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 24, no. 2, pp. 271–283, 2021, doi: 10.1016/j.jestch.2020.07.008.
- [10] J. Dash and N. Bhoi, “An Unsupervised Approach for Extraction of Blood Vessels from Fundus Images,” *J. Digit. Imaging*, vol. 31, no. 6, pp. 857–868, 2018, doi: 10.1007/s10278-018-0059-x.
- [11] Y. Cheng, M. Ma, L. Zhang, C. J. Jin, L. Ma, and Y. Zhou, “Retinal blood vessel segmentation based on densely connected U-Net,” *Math. Biosci. Eng.*, vol. 17, no. 4, pp. 3088–3108, 2020, doi: 10.3934/MBE.2020175.
- [12] T. Mostafiz, I. Jarin, S. A. Fattah, and C. Shahnaz, “Retinal Blood Vessel Segmentation Using Residual Block Incorporated U-Net Architecture and Fuzzy Inference System,” *2018 IEEE Int. WIE Conf. Electr. Comput. Eng. WIECON-ECE 2018*, no. December, pp. 106–109, 2018, doi:

- 10.1109/WIECON-ECE.2018.8783182.
- [13] S. Wangko, “Histofisiologi Retina,” *J. Biomedik*, vol. 5, no. 3, 2014, doi: 10.35790/jbm.5.3.2013.4342.
 - [14] A. P. Putra, Y. I. Nurhasanah, and A. Zulkarnain, “Deteksi Penyakit Diabetes Retinopati Pada Retina,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 376–390, 2017.
 - [15] S. Shahbeig and M. Helfroush, “A Novel and Efficient Method to Extract Blood Vessels from Retinal Images,” *Bull. la Société R. des Sci. Liège*, vol. 85, pp. 139–151, 2016, doi: 10.25518/0037-9565.5759.
 - [16] S. Kaur, N. Kaur, and K. Kaur, “Image segmentation Techniques and its Applications,” *J. Nat. Remedies*, vol. 21, no. 2, pp. 79–87, 2020.
 - [17] A. Vyas, S. Yu, and J. Paik, *Fundamentals of digital image processing*. 2018.
 - [18] Sonali, S. Sahu, A. K. Singh, S. P. Ghrera, and M. Elhoseny, “An approach for de-noising and contrast enhancement of retinal fundus image using CLAHE,” *Opt. Laser Technol.*, vol. 110, pp. 87–98, 2019, doi: 10.1016/j.optlastec.2018.06.061.
 - [19] R. A. L. Al-juboori, “Contrast Enhancement of the Mammographic Image Using Retinex with CLAHE methods CLAHE,” *Iraqi J. Sci.*, vol. 58, no. 1, pp. 327–336, 2017.
 - [20] J. Dash and N. Bhoi, “A thresholding based technique to extract retinal blood vessels from fundus images,” *Futur. Comput. Informatics J.*, vol. 2, no. 2, pp. 103–109, 2017, doi: 10.1016/j.fcij.2017.10.001.
 - [21] L. Luo, D. Chen, and D. Xue, “Retinal blood vessels semantic segmentation method based on modified U-Net,” *Proc. 30th Chinese Control Decis. Conf. CCDC 2018*, pp. 1892–1895, 2018, doi: 10.1109/CCDC.2018.8407435.
 - [22] S. Wang, Y. Yin, G. Cao, B. Wei, Y. Zheng, and G. Yang, “Hierarchical retinal blood vessel segmentation based on feature and ensemble learning,” *Neurocomputing*, vol. 149, no. PB, pp. 708–717, 2015, doi: 10.1016/j.neucom.2014.07.059.
 - [23] S. Albawi, T. A. M. Mohammed, and S. Alzawi, “Layers of a Convolutional Neural Network,” *Ieee*, 2017.
 - [24] A. Dasgupta and S. Singh, “a Fully Convolutional Neural Network Based Structured Prediction,” *2017 IEEE 14th Int. Symp. Biomed. Imaging (ISBI 2017)*, pp. 248–251, 2017.
 - [25] N. Sambyal, P. Saini, R. Syal, and V. Gupta, “Modified U-Net architecture for semantic segmentation of diabetic retinopathy images,” *Biocybern. Biomed. Eng.*, vol. 40, no. 3, pp. 1094–1109, 2020, doi: 10.1016/j.bbe.2020.05.006.
 - [26] W. Weng and X. Zhu, “U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 16591–16603, 2021, doi:

- 10.1109/ACCESS.2021.3053408.
- [27] A. Hoover, “Locating blood vessels in retinal images by piecewise threshold probing of a matched filter response,” *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 19, no. 3, pp. 203–210, 2000, doi: 10.1109/42.845178.
 - [28] T. A. Soomro, A. J. Afifi, J. Gao, O. Hellwich, L. Zheng, and M. Paul, “Strided fully convolutional neural network for boosting the sensitivity of retinal blood vessels segmentation,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 134, pp. 36–52, 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2019.05.029.