

**SEGMENTASI PEMBULUH DARAH RETINA PADA
PENYAKIT DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN
METODE RESNET CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK**

TUGAS AKHIR

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



OLEH :

ALIF MUHAMAD HAFIDZ

09011281722044

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

SEGMENTASI PEMBULUH DARAH RETINA PADA PENYAKIT DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN METODE *RESNET* *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

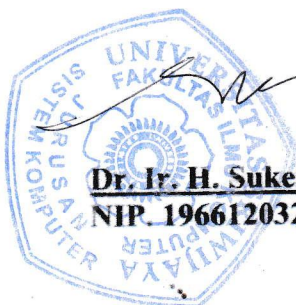
Oleh:

ALIF MUHAMAD HAFIDZ

09011281722044

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

Indralaya, Juli 2021

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 : Sutarno, M.T.

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

(.....)
(.....)
(.....) SUTARNO
(.....)
(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer


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

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alif Muhamad Hafidz

NIM : 09011281722044

Judul : Segmentasi Pembuluh Darah Retina Pada Penyakit *Diabetic Retinopathy*
Menggunakan Metode *Resnet Convolutional Neural Network*

Hasil Penyecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 13 %

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Indralaya, Juli 2021



Alif Muhamad Hafidz
NIM. 09011281722044

HALAMAN PERSEMBAHAN

"Don't Stop When You Are Tired. Stop When You Are Done!"

"Lebih Baik Lulus di Waktu yang Tepat Daripada Lulus Tepat Waktu"

"If It Was Easy, Everybody Can Do It"

Skripsi ini saya persembahkan khusus untuk:

- **Ibu dan Ayah Saya Yang Selalu Memberikan Dukungan dan Doa Kepada Saya**
- **Dosen Pembimbing Terbaik Serta Panutan (Dr. Erwin, M.Si.)**
- **Keluarga Besar Sistem Komputer Universitas Sriwijaya**
- **Civitas Akademika Universitas Sriwijaya**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul **“Segmentasi Pembuluh Darah Retina Pada Penyakit Diabetic Retinopathy Menggunakan Metode Resnet Convolutional Neural Network”**.

Tujuan dari penulisan Proposal Tugas Akhir ini adalah untuk melengkapi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana komputer. Adapun sebagai bahan penulisan, penulis mengambil berdasarkan hasil penelitian serta observasi dari berbagai sumber literatur yang mendukung dalam penulisan proposal ini. Pada kesempatan ini juga, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik dari segi moril ataupun materil serta memberikan kemudahan, dorongan, saran, dan kritik selama proses penulisan proposal ini.

Atas selesainya Proposal Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan nikmat iman, dan kesehatan.
2. Kedua Orang Tua tercinta, yang telah memberikan doa, restu, serta dukungan yang sangat besar selama penulisan Proposal Tugas Akhir ini.
3. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Sukemi, M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Erwin, M.Si. selaku Pembimbing Tugas Akhir.
6. Ibu Sri Desy Siswenty, M.T. selaku Pembimbing Akademik.
7. Mbak Renny Virgasari sebagai admin Jurusan Sistem Komputer.
8. Teruntuk Asri Safmi, Sinta Bella Agustina, Fitri Ramadhini, Muhammad Luthfi Anugrah, dan Persia Sepriantina selaku teman bimbingan yang selalu membantu dan memberikan Support.
9. Teruntuk Aldi Predyansyah, Asri Safmi, Ikhsan Nuh Atthalla, Febi Rusmiati, Xosya Salassa, Pininggit Harun Kusuma Nasution, Azis Mulki Rafani, Rizqi Abraqa Ramadhan, M. Alfin Sukma Wardani, Ahmad Fansyuri, Wais Al Qarni, Ria Esafri, dan Tomi Mandala Putra teman-teman Grup Sentolop yang selalu menemani dan membantu dari awal perkuliahan hingga lulus.

10. Teruntuk Mohammad El Qiliqsandy, Ikhsan Nuh Atthalla, Adhitia Jovandy yang telah banyak membantu, terutama dalam pertanyaan koding-mengoding.
11. Asri Safmi dan Azis Mulki Rafani teman bermain game online sampai larut malam.
12. Seluruh teman-teman seperjuangan angkatan 2017 Jurusan Sistem Komputer Kelas B Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
13. Almamater.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, segala saran dan kritik sangatlah penting bagi penulis. Akhir kata, semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi khalayak.

Palembang, Juli 2021

Penulis



Alif Muhamad Hafidz

NIM. 09011281722044

**RETINAL BLOOD VESSEL SEGMENTATION ON DIABETIC RETINOPATHY WITH
RESNET CONVOLUTONAL NEURAL NETWORK METHOD**

Alif Muhamad Hafidz (09011281722044)

Dept. of Computer Engineering, Faculty of Computer Science, Sriwijaya University

Email : alifmuhamadhafidz23@gmail.com

ABSTRACT

Retina is the most important part on human's eyes. This study presented the method for retinal blood vessel segmentation. First Step, convert the original image to grayscale using RGB Split method. Only take the Green Channel image from RGB Split method to be use in the next method which is CLAHE. CLAHE will increase the contrast quality from the retinal image. After that the data will augmented. Retinal image will segmented using the ResNet Convolutional Neural Network method with DRIVE dataset. The proposed method obtained an average value of Accuracy 95.55%, Sensitivity 65.06%, Specificity 98.52%, Precision 81.21%, and F1 Score 72.21%

Keywords: *Retina, Blood Vessel, Segmentation, RGB Split, CLAHE, Data Augmentation, Convolutional Neural Network, ResNet*

SEGMENTASI PEMBULUH DARAH RETINA PADA PENYAKIT DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN METODE RESNET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Alif Muhamad Hafidz (09011281722044)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : alifmuhamadhafidz23@gmail.com

ABSTRAK

Retina merupakan bagian terpenting yang ada pada mata manusia. Pada Penelitian yang saya lakukan saya melakukan segmentasi pada pembuluh darah retina. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah merubah *image* asli menjadi *grayscale image* menggunakan metode *Split RGB*. Hanya *Green Channel* saja yang diambil dan akan digunakan pada langkah selanjutnya, yaitu CLAHE. Metode CLAHE digunakan untuk meningkatkan kontras pada gambar dari *image* retina. Setelahnya akan dilakukan augmentasi data. *Image* Retina akan di segmentasi menggunakan metode *ResNet Convolutional Neural Network* menggunakan dataset DRIVE. Metode yang diajukan menghasilkan rata-rata nilai untuk *Accuracy* sebesar 95.55%, *Sensitivity* 65.06%, *Specificity* 98.52%, *Precision* 81.21%, dan *F1 Score* 72.21%.

Kata Kunci : *Retina, Pembuluh Darah, Segmentasi, Split RGB, CLAHE, augmentasi data, Convolutional Neural Network, ResNet*

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRACT	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Landasan Teori	5
2.2.1 Diabetic Retinopathy	5
2.2.2 Pembuluh Darah Retina	5
2.2.3 Citra Digital.....	5
2.2.3.1 Citra Grayscale	6
2.2.3.2 Citra RGB.....	6
2.2.3.3 Segmentasi Citra	6
2.2.4 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE).....	6
2.2.5 Artificial Intelligence (AI)	7
2.2.6 Machine Learning	7
2.2.7 Deep Learning	7

2.2.8 Convolutional Neural Network (CNN)	7
2.2.8.1 Resnet	8
2.2.9 Evaluasi	8
2.2.9.1 Accuracy	8
2.2.9.2 Sensitivity	9
2.2.9.3 Specificity	9
2.2.9.4 Precision	9
2.2.9.5 F1 Score	9
BAB III METODOLOGI	11
3.1 Pendahuluan	11
3.2 Kerangka Kerja	11
3.3 Dataset	12
3.4 Lingkungan Hardware	12
3.5 Perancangan Sistem	12
3.5.1 Blok Diagram	13
3.5.2 Input Citra	14
3.5.3 Pre-Processing	14
3.5.3.1 Split RGB	14
3.5.3.2 CLAHE	15
3.5.3.3 Augmentasi	15
3.5.3.4 Split Data	16
3.5.4 Segmentasi	16
3.5.5 Output Parameter	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Pendahuluan	19
4.2 Dataset	19
4.3 Tahapan Pemrograman	21
4.3.1 Input Citra	21
4.3.2 Pre-Processing	21
4.3.2.1 Split RGB	21
4.3.2.2 CLAHE	24
4.3.2.3 Augmentasi	26
4.3.2.4 Split Data	29
4.3.3 Segmentasi	29

4.4 Parameter Hasil.....	32
4.4.1 Hasil Segmentasi Citra Retina Menggunakan Model 1 Resnet	32
4.4.2 Hasil Segmentasi Citra Retina Menggunakan Model 2 Resnet	34
4.4.3 Hasil Segmentasi Citra Retina Menggunakan Model 3 Resnet	35
4.4.4 Hasil Segmentasi Citra Retina Menggunakan Model 4 Resnet	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konsep Arsitektur Resnet	8
Gambar 3.1 Kerangka Kerja	11
Gambar 3.2 Blok Diagram	13
Gambar 3.3 Script Split RGB	14
Gambar 3.4 Perbandingan Image Asli, Red Channel, Green Channel, dan Blue Channel ..	15
Gambar 3.5 Script CLAHE.....	15
Gambar 3.6 Perbandingan Antara Green Channel dan CLAHE.....	15
Gambar 4.1 Input Citra DRIVE	21
Gambar 4.2 Script Split RGB	22
Gambar 4.3 Histogram Red Channel (a), Green Channel (b) dan Blue Channel (c).....	24
Gambar 4.4 Histogram Green Channel (a) dan Histogram CLAHE (b).....	25
Gambar 4.5 Grafik <i>Accuracy</i> Proses Latih dan Uji Pada Model 1 Resnet	33
Gambar 4.6 Grafik <i>loss</i> Proses Latih dan Uji Pada Model 1 Resnet	33
Gambar 4.7 Grafik <i>Accuracy</i> Proses Latih dan Uji Pada Model 2 Resnet	34
Gambar 4.8 Grafik <i>loss</i> Proses Latih dan Uji Pada Model 2 Resnet	35
Gambar 4.9 Grafik <i>Accuracy</i> Proses Latih dan Uji Pada Model 3 Resnet	36
Gambar 4.10 Grafik <i>loss</i> Proses Latih dan Uji Pada Model 3 Resnet	36
Gambar 4.11 Grafik <i>Accuracy</i> Proses Latih dan Uji Pada Model 4 Resnet	37
Gambar 4.12 Grafik <i>loss</i> Proses Latih dan Uji Pada Model 4 Resnet	38

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter 1 Arsitektur Resnet dengan Augmentasi Data.....	16
Tabel 3.2 Parameter 2 Arsitektur Resnet dengan Augmentasi Data.....	16
Tabel 3.3 Parameter 3 Arsitektur Resnet tanpa Augmentasi Data.....	17
Tabel 3.4 Parameter 4 Arsitektur Resnet tanpa Augmentasi Data.....	17
Tabel 4.1 Dataset DRIVE	20
Tabel 4.2 RGB Split.....	22
Tabel 4.3 CLAHE	25
Tabel 4.4 Augmentasi Pada Citra Retina.....	26
Tabel 4.5 Augmentasi Pada Ground Truth	28
Tabel 4.6 Hasil Segmentasi (Augmentasi)	30
Tabel 4.7 Hasil Segmentasi (non-Augmentasi)	32
Tabel 4.8 Hasil Evaluasi Model 1 Resnet.....	34
Tabel 4.9 Hasil Evaluasi Model 2 Resnet.....	35
Tabel 4.10 Hasil Evaluasi Model 3 Resnet.....	37
Tabel 4.11 Hasil Evaluasi Model 4 Resnet.....	38
Tabel 4.12 Perbandingan Hasil Olah Pada Setiap Model	39
Tabel 4.13 Perbandingan Hasil Olah	39
Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Olah Mahasiswa	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Retina merupakan bagian paling penting yang ada pada mata manusia. Retina merupakan bagian penting bagi pengeliatan manusia. Retina akan mengamati dan menangkap cahaya dari sumber cahaya dan akan meneruskannya menjadi sinyal ke otak sehingga apa yang direfleksikan akan menjadi pengeliatan mata[1]. Analisis pada *retinal blood vessel* sangat penting pada peneliatian medis saat ini. *Retinal blood vessel* ini sangat membantu untuk mendeteksi berbagai penyakit yang meliputi *ophthalmopathy*, *diabetes* dan *cardiovascular*. Terdapat penyebab utama gangguan pengeliatan, salah satunya disebabkan oleh *Diabetic Retinopathy*. [2][3]. *Diabetic Retinopathy* terjadi karena *Type-II diabetes*. *Diabetic Retinopathy* menyebabkan kerusakan pada pembuluh darah pada retina dan akan mengakibatkan gangguan pada pengeliatan[1].

Diabetic Retinopathy (DR) menjadi penyakit yang menyebabkan meningkatnya masalah penglihatan di dunia, sehingga kasus *Diabetic Retinopathy* ini menjadi isu yang sekarang ini sangat ramai dibahas. Penyakit ini menjadi penyakit gangguan penglihatan yang kasusnya sangat marak pada masyarakat yang berusia 25-74 tahun. Peningkatan pasien yang terkena penyakit ini meningkat drastis dari 108 juta pasien menjadi 422 juta pasien. Kemungkinan terkena penyakit ini pun meningkat dari 4.7% ke 8.5% pada masyarakat yang berusia diatas 18 tahun. Penyakit ini juga memengaruhi pembuluh darah retina dan apabila dibiarkan akan merusak pembuluh darah retina[4]. *Diabetic Retinopathy* berkembang dari kelainan *nonproliferatif* ringan yang ditandai dengan peningkatan *vascular permeability*. Prevalensi pada penyakit *Diabetic Retinopathy* ini adalah 8% pada tahun ke-3, 25% pada tahun ke-5, 60% pada tahun ke-10, dan 80% pada tahun ke-15[5].

Segmentasi pada pembuluh darah sangat diminati dalam penelitian sekarang ini. Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi, proses segmentasi pembuluh darah ini semakin diminati dan mengalami peningkatan performa dalam proses segmentasinya[6]. Segmentasi adalah proses pengolahan gambar asli menjadi konstituen atau objek regional. Tujuan dilakukannya segmentasi adalah untuk memisahkan komponen tertentu dari gambar. Hal yang harus diperhatikan dalam proses segmentasi adalah fokus objek yang diteliti, sebisa mungkin melakukan *pre-proccesing*, seperti menghilangkan *noise* pada objek. Dalam kasus

ini, fitur yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah bagian pembuluh darah pada retina[7].

Berdasarkan hal-hal tersebut pada penelitian mengenai Segmentasi Retina Blood Vessel Menggunakan Metode Resnet Convolutional Neural Network. Proses segmentasi ini diharapkan dapat memperoleh hasil yang baik pada pembuluh darah retina sebagai tahapan awal dalam proses lebih lanjut untuk membantu diagnosa penyakit Diabetic Retinopathy menggunakan metode Resnet Convolutional Neural Network.

1.2 Perumusan Masalah

Retina merupakan bagian penting pada mata manusia. Retina memiliki pembuluh darah yang dimana setiap manusia memiliki bentuk dan ukuran pembuluh darah retina yang berbeda-beda. Fundus retina memiliki peran penting dalam pendeteksian penyakit pada bagian retina. Melalui fundus retina, tim medis dapat mendiagnosis penyakit pada retina, khususnya penyakit-penyakit yang dapat membahayakan mata. Salah satu penyakitnya adalah *Diabetic Retinopathy*. Untuk memenuhi kebutuhan pendeteksian pada penyakit *Diabetic Retinopathy* digunakan proses segmentasi. Proses yang dilakukan sebelum melakukan segmentasi diawali dengan perbaikan dan peningkatan kualitas pada citra retina. Setelah melakukan peningkatan kualitas pada citra retina selanjutnya citra retina akan diperbanyak dengan proses augmentasi. Setelahnya dapat dilakukan proses segmentasi. Pada fokus yang telah dijabarkan, tingkat parameter yang akan dianalisa, berupa *Accuracy*, *Sensitivity*, *Specificity*, *Precision*, dan *F1 Score* yang didapatkan dari hasil segmentasi menggunakan metode yang diajukan.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan hasil segmentasi menggunakan Arsitektur Resnet dari citra pembuluh darah retina yang baik sehingga dapat dilanjutkan pada proses selanjutnya.
2. Mendapatkan parameter, berupa *Accuracy*, *Sensitivity*, *Specificity*, *Precision*, dan *F1 Score*.
3. Mendapatkan hasil terbaik menggunakan metode yang diusulkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat dari tugas akhir ini, yaitu:

1. Memenuhi kebutuhan medis dalam diagnosa penyakit Diabetic Renopathy melalui hasil segmentasi Pembuluh Darah Retina menggunakan Metode Resnet CNN.
2. Untuk membandingkan hasil parameter pengukuran yang berupa *Accuracy*, *Sensitivity*, *Specificity*, *Precision*, dan *F1 Score* untuk pembuluh darah retina.
3. Untuk mendapatkan objek dari hasil segmentasi pembuluh darah retina dengan menggunakan metode Resnet CNN.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini, yaitu pada lingkup segmentasi pembuluh darah retina dengan menggunakan metode Resnet dan selanjutnya akan di proses dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network(CNN).

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam Proposal Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisikan Latar Belakang, Perumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian, Perumusan dan Batasan Masalah dan Sistematika Penulisan dari penelitian yang dilakukan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan pembahasan mengenai dasar teori yang membantu penelitian ini. Dasar teori berisi tentang literatur mengenai penelitian ini.

BAB III Metodologi

Bab ini berisikan mengenai Dataset, Lingkungan Hardware dan Software, Metode yang digunakan pada penelitian dimulai dari input data, *pre-processing* dan segmentasi.

BAB IV Hasil dan Analisis Sementara

Bab ini memiliki pembahasan mengenai alur pemrograman dan melakukan pengukuran parameter dan analisis hasil.

BAB V Kesimpulan Sementara

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. J. Jebaseeli, C. A. Deva Durai, and J. D. Peter, “Retinal blood vessel segmentation from diabetic retinopathy images using tandem PCNN model and deep learning based SVM,” *Optik (Stuttg.)*, vol. 199, no. March 2018, p. 163328, 2019, doi: 10.1016/j.ijleo.2019.163328.
- [2] D. Chen, Y. Ao, and S. Liu, “Semi-supervised learning method of U-net deep learning network for blood vessel segmentation in retinal images,” *Symmetry (Basel)*, vol. 12, no. 7, 2020, doi: 10.3390/SYM12071067.
- [3] K. Balasubramanian and N. P. Ananthamoorthy, “Robust retinal blood vessel segmentation using convolutional neural network and support vector machine,” *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, no. 0123456789, 2019, doi: 10.1007/s12652-019-01559-w.
- [4] K. Shankar, Y. Zhang, Y. Liu, L. Wu, and C. H. Chen, “Hyperparameter Tuning Deep Learning for Diabetic Retinopathy Fundus Image Classification,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 118164–118173, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3005152.
- [5] D. S. Fong *et al.*, “Retinopathy in Diabetes,” *Diabetes Care*, vol. 27, no. SUPPL. 1, 2004, doi: 10.2337/diacare.27.2007.s84.
- [6] 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.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.jestch.2020.07.008.
- [7] M. S. Haleem, L. Han, J. van Hemert, and B. Li, “Automatic extraction of retinal features from colour retinal images for glaucoma diagnosis: A review,” *Comput. Med. Imaging Graph.*, vol. 37, no. 7–8, pp. 581–596, 2013, doi: 10.1016/j.compmedimag.2013.09.005.
- [8] S. Guo, K. Wang, H. Kang, Y. Zhang, Y. Gao, and T. Li, “BTS-DSN: Deeply supervised neural network with short connections for retinal vessel segmentation,” *Int. J. Med. Inform.*, vol. 126, no. March, pp. 105–113, 2019, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2019.03.015.
- [9] J. H. Tan, U. R. Acharya, S. V. Bhandary, K. C. Chua, and S. Sivaprasad, “Segmentation of optic disc, fovea and retinal vasculature using a single convolutional neural network,” *J. Comput. Sci.*, vol. 20, no. February, pp. 70–79, 2017, doi: 10.1016/j.jocs.2017.02.006.
- [10] K. Hu *et al.*, “Retinal vessel segmentation of color fundus images using multiscale convolutional neural network with an improved cross-entropy

- loss function,” *Neurocomputing*, vol. 309, pp. 179–191, 2018, doi: 10.1016/j.neucom.2018.05.011.
- [11] Y. Yin, M. Adel, and S. Bourennane, “Retinal vessel segmentation using a probabilistic tracking method,” *Pattern Recognit.*, vol. 45, no. 4, pp. 1235–1244, 2012, doi: 10.1016/j.patcog.2011.09.019.
- [12] A. G. Marrugo and M. S. Millán, “Retinal image analysis: Preprocessing and feature extraction,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 274, no. 1, 2011, doi: 10.1088/1742-6596/274/1/012039.
- [13] S. Shawal, M. Shoyab, and S. Begum, “Fundamentals of Digital Image Processing and Basic Concept of Classification,” *Int. J. Chem. Process Eng. Res.*, vol. 1, no. 6, pp. 98–108, 2014, doi: 10.18488/journal.65/2014.1.6/65.6.98.108.
- [14] T. Kumar and K. Verma, “A Theory Based on Conversion of RGB image to Gray image,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 7, no. 2, pp. 5–12, 2010, doi: 10.5120/1140-1493.
- [15] S. Kaur, N. Kaur, and K. Kaur, “Image segmentation Techniques and its Applications,” *J. Nat. Remedies*, vol. 21, no. 2, pp. 79–87, 2020.
- [16] K. Zuiderveld, *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*. Academic Press, Inc., 1994.
- [17] A. M. Reza, “Realization of the contrast limited adaptive histogram equalization (CLAHE) for real-time image enhancement,” *J. VLSI Signal Process. Syst. Signal Image. Video Technol.*, vol. 38, no. 1, pp. 35–44, 2004, doi: 10.1023/B:VLSI.0000028532.53893.82.
- [18] B. S. Min, D. K. Lim, S. J. Kim, and J. H. Lee, “A novel method of determining parameters of CLAHE based on image entropy,” *Int. J. Softw. Eng. its Appl.*, vol. 7, no. 5, pp. 113–120, 2013, doi: 10.14257/ijseia.2013.7.5.11.
- [19] C. W. Hanson and B. E. Marshall, “Artificial intelligence applications in the intensive care unit,” *Crit. Care Med.*, vol. 29, no. 2, pp. 427–435, 2001, doi: 10.1097/00003246-200102000-00038.
- [20] N. Silaparasetty and N. Silaparasetty, “An Overview of Machine Learning,” *Mach. Learn. Concepts with Python Jupyter Noteb. Environ.*, no. January, pp. 21–39, 2020, doi: 10.1007/978-1-4842-5967-2_2.
- [21] V. Kumar and M. L., “Deep Learning as a Frontier of Machine Learning: A Review,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 182, no. 1, pp. 22–30, 2018, doi: 10.5120/ijca2018917433.

- [22] I. Namatēvs, “Deep Convolutional Neural Networks: Structure, Feature Extraction and Training,” *Inf. Technol. Manag. Sci.*, vol. 20, no. 1, pp. 40–47, 2018, doi: 10.1515/itms-2017-0007.
- [23] S. Albawi, T. A. M. Mohammed, and S. Alzawi, “Layers of a Convolutional Neural Network,” *Ieee*, 2017.
- [24] K. O’Shea and R. Nash, “An Introduction to Convolutional Neural Networks,” pp. 1–11, 2015.
- [25] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Deep residual learning for image recognition,” *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. 2016-Decem, pp. 770–778, 2016, doi: 10.1109/CVPR.2016.90.
- [26] A. Budhiman, S. Suyanto, and A. Arifianto, “Melanoma Cancer Classification Using ResNet with Data Augmentation,” *2019 2nd Int. Semin. Res. Inf. Technol. Intell. Syst. ISRITI 2019*, pp. 17–20, 2019, doi: 10.1109/ISRITI48646.2019.9034624.
- [27] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification,” *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, vol. 2015 Inter, pp. 1026–1034, 2015, doi: 10.1109/ICCV.2015.123.
- [28] S. Kilic, I. Askerzade, and Y. Kaya, “Using ResNet Transfer Deep Learning Methods in Person Identification According to Physical Actions,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 220364–220373, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3040649.
- [29] Y. Cheng, M. Ma, L. Zhang, C. Jin, L. Ma, and Y. Zhou, “Retinal blood vessel segmentation based on Densely Connected U-Net,” vol. 17, no. April, pp. 3088–3108, 2020, doi: 10.3934/mbe.2020175.