

**PENERAPAN METODE KIRSCH'S TEMPLATE
UNTUK SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA
CITRA RETINA**

TUGAS AKHIR

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



OLEH :

MAHARANY AFRIARIESTA

09011181621012

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

PENERAPAN METODE KIRSCH'S TEMPLATE UNTUK SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA CITRA RETINA

TUGAS AKHIR

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



OLEH :

MAHARANY AFRIARIESTA

09011181621012

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN METODE KIRSCH'S TEMPLATE
UNTUK SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA
CITRA RETINA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh:

MAHARANY AFRIARIESTA

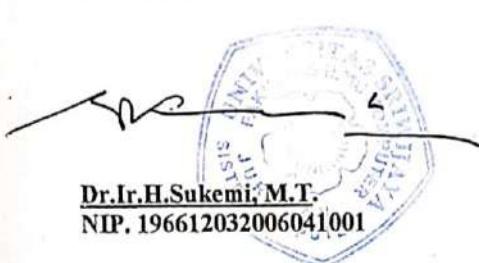
09011181621012

Indralaya, September 2020

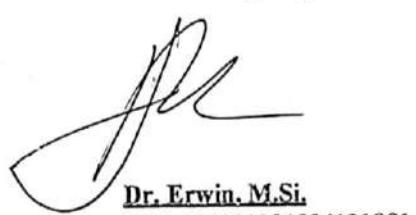
Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer

Pembimbing Tugas Akhir



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



Dr. Erwin, M.Si.
NIP. 197101291994121001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada:

Hari : Senin
Tanggal : 3 Agustus 2020

Tim Penguji :

1. Ketua : Firdaus, M.Kom.

2. Sekretaris : Dr. Erwin, M.Si.

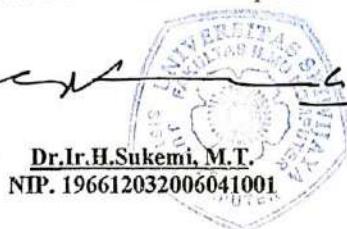
3. Anggota I : Sutarno, M.T.

4. Anggota II : Sri Desy Siswanti, M.T.



Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Maharany Afriariesta

NIM : 09011181621012

Judul : Penerapan Metode Kirsch's Template untuk Segmentasi Pembuluh Darah pada Citra Retina

Hasil Pengecekan Software iThenticate/ Turnitin : 9 %

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 pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.



Inderalaya, September 2020

Saya menyatakan,



Maharany Afriariesta

HALAMAN PERSEMBAHAN



“Dan boleh jadi kamu membenci sesuatu tetapi ia baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu tetapi ia buruk bagimu, dan Allah mengetahui dan kamu tidak mengetahu.” (Al-Baqarah 216)

“Ubah hidupmu hari ini. Jangan bertaruh pada masa depan, bertindaklah sekarang tanpa menunda.” – Simone de Beauvoir

Dengan rasa syukur sepenuh hati mengucapkan banyak terimakasih kepada:

- Ayah dan Ibuku tercinta yang selalu mendampingiku.
- Adik-adiku yang kusayangi
- Teman-teman sepejuangan Sistem Komputer 2016

Civitas Akademika Universitas Sriwijaya

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karen berkat rahmat dan karunia-Nya baik berupa pikiran, ilmu pengetahuan mupun kesehatan dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul *Penerapan Metode Kirsch's Template untuk Segmentasi Pembuluh Darah pada Citra Retina*.

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 semangat dan do'a serta adik-adik penulis yang tersayang.
3. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd. M.T selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Erwin, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Tugas Akhir.
6. Bapak Ahmad Zarkasi, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Mbak Winda Kurnia Sari selaku Admin Jurusan Sistem Komputer.
8. Teman-temen seperjuangan Devi Maulitasari, Heranti Reza Damayanti, Monica Adhelia, M. Rozzak Farhan, Dwi Ratna Ningsih, Ega Hermanda, Anggara Putra, Winda Maida, Riri Qomaraini, Reza Maulidin dan Harry Anugrah.
9. Kakak-kakak tingkat yang menjadi panutan serta teman-teman seperjuangan Jurusan Sistem Komputer Angkatan 2016 terkhusus kelas A, serta semua pihak yang tidak dapat penulis cantumkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih ada banyak kekurangan dalam laporan tugas akhir ini. Mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman penulis. Untuk itu segala kritik dan saran, sangatlah penting bagi penulis.

Akhir kata, semoga dengan pembuatan tugas akhir ini akan menjadi tambahan ilmu dan pengembangan wawasan terhadap pengolahan citra digital dan dapat menjadi bahan referensi terhadap mahasiswa yang membutuhkan.

Wa'alaikumsalam Warahmatullahi Wabarakatuh.

Indralaya, September 2020

Penulis

APPLICATION OF THE KIRSCH'S TEMPLATE METHOD FOR RETINAL IMAGE VESSEL SEGMENTATION

Maharany Afriariesta

(09011181621012)

Departement of Computer Engineering, Facultyof Computer Science, Sriwijaya
University

Email:

maharanyaafriariesta64@gmail.com

Abstract

When Retinal blood vessels have unique characteristics with their shape and size. Retinal vessels to supply blood and oxygen to all parts of the eye. This research presents a method for segmenting blood in the retinal image. In the first rare, convert the original image first to Gamma Correction, then pass the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) process to improve the image quality of the retina image. To use direct decoration using Morphology Opening. The next step will be segmented with the Kirsch Template method that offers compatibility and gets maximum results. After the segmentation continues on the Delete Small Objects section, continue with the Median Filter and finally to remove the unwanted portion using the Morphology Closing. The dataset used in this study is DRIVE. In this case, the average value obtained is 87.15% accuracy, 39.30% sensitivity, and 94.60% specificity.

Keyword:Retinal Blood Vessels; Kirsch Template; Segmentation; Operasi Morfologi; Retinal Image.

PENERAPAN METODE KIRSCH'S TEMPLATE UNTUK SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA CITRA RETINA

**Maharany Afriariesta
(09011181621012)**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer,
Unniveritas Sriwijaya

Email:
maharanyaafriariesta64@gmail.com

Abstrak

Pada dasarnya pembuluh darah retina merupakan bagian retina yang yang berperan penting. Pembuluh darah retina memiliki karakteristik objek yang unik dengan bentuk dan ukurannya. Pembuluh dara retina berfungsi untuk menyuplai darah dan oksigen keseluruh bagian mata. Penelitian ini menyajikan metode untuk mensegmentasi pembuluh darah dalam gambar retina. Pada langka pertama, konversikan terlebih dahulu gambar asli ke Gamma Correction, kemudian melewati proses Equalization Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar citra retina. Untuk tahap pengurangan noise langsung menggunakan Morfologi Opening. Langkah berikutnya, akan di segmentasi dengan metode Kircsh Template yang bertujuan mendeteksi tepi dan mendapatkan hasil yang maksimal. Setelah disegmentasi selanjutnya Remove Small Object, dilanjutkan dengan Median Filter. Kemudian langkah terakhir untuk menghilangkan bagian yang tidak di inginkan menggunakan Morfologi Closing. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah DRIVE. Dalam hal ini rata-rata nilai yang diperoleh yaitu dengan Akurasi 87.15%, Sensitivitas 39.30% dan Spesifikasi 94.60%.

Kata Kunci: Retinal Blood Vessels; Kirsch Template; Segmentation; Operasi Morfologi; Retinal Image.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERMOHONAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	vi
HALAMAN PERMOHONAN	v
KATA PENGHANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
 BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Citra.....	7
2.2.1.1 Definisi Citra.....	7
2.2.1.2 Citra Digital.....	7
2.2.1.3 Citra RGB	8
2.2.1.4 Citra Grayscale.....	9
2.2.2 Retina	9
2.2.3 Pembuluh Darah.....	10
2.2.4 Segmentasi Citra	11
2.2.5 Konvolusi Citra	12
2.2.6 Citra Green Channel.....	13
2.2.7 CLAHE	14
2.2.8 Filter Citra	15
2.2.8.1 Average Filter.....	15
2.2.8.2 Median Filter.....	16
2.2.9 Thresholding	16
2.2.10 Kirsch Template	17
2.2.11 Morphologi.....	18
2.2.11.1 Opening	20
2.2.11.2 Closing	20
2.2.11.3 Dilasi	20

2.2.11.4	Erosi	21
BAB III		22
METODOLOGI		22
3.1	Pendahuluan	22
3.2	Kerangka Kerja Penelitian	22
3.3	Dataset.....	23
3.4	Lingkungan Hardware dan Software	23
3.4.1	Hardware	23
3.4.2	Software	23
3.5	Metode.....	24
3.5.1	Blok Diagram Proses	24
3.5.2	Tahapan	25
BAB IV		36
HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Akuisisi Citra dan Dataset.....	36
4.1.1	Database File Citra DRIVE.....	36
4.1.2	Dataset.....	36
4.2	Tahapan Pemograman	41
4.3	Hasil Program	70
4.4	Parameter Pengukuran	74
4.5	Pembahasan dan Analisis	78
BAB V		83
KESIMPULAN		83
5.1	Kesimpulan	83
REFERENCE		84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Elemen	19
Gambar 2.2 Operasi Kernel Citra	19
Gambar 3.1 Kerangka Kerja Penelitian	22
Gambar 3.2 Diagram Proses	24
Gambar 3.3 Kerangka Kerja Green Channel	26
Gambar 3.4 Kerangka Kerja Gamma Correction	27
Gambar 3.5 Kerangka Kerja Perbaikan Citra	28
Gambar 3.6 Kerangka Kerja Average Filter	29
Gambar 3.7 Kerangka Kerja Kirsch Template	31
Gambar 3.8 Kerangka Kerja Remove Small Objek	32
Gambar 3.9 Kerangka Kerja Median Filter	34
Gambar 3.10 Kerangka Kerja Morphology Closing	35
Gambar 4.1 Citra Asli Dataset DRIVE	42
Gambar 4.2 Citra Hasil Green Channel	43
Gambar 4.3 Citra Hasil Pemetaan Gamma Correction	47
Gambar 4.4 Citra Hasil Gamma Correction	48
Gambar 4.5 Citra Hasil CLAHE	51
Gambar 4.6 Citra Hasil Average Filter	54
Gambar 4.7 Perputaran Otomatisasi Kernel Kirsch	63
Gambar 4.8 Citra Hasil Kirsch Template	64
Gambar 4.9 Citra Hasil Remove Small Object	64
Gambar 4.10 Citra Hasil ROI Selection	65
Gambar 4.11 Citra Hasil Mask ROI	65
Gambar 4.12 Citra Hasil Median Filter	67
Gambar 4.13 Citra Hasil Morphology Closing	70
Gambar 4.14 Citra Asli, Green Channel, Gamma Correction	79
Gambar 4.15 Average Filter	79
Gambar 4.16 Kirsch Template, Remove Small Object	80
Gambar 4.17 ROI Selection, Mask Citra Retina	81
Gambar 4.18 Hasil olah, Ground Truth DRIVE	81

DAFTARTABEL

Tabel 4.1 Dataset DRIVE.....	37
Tabel 4.2 Pemetaan Intesitas Gamma	45
Tabel 4.3 Nilai Piksel Hasil Gamma	45
Tabel 4.4 Proses Hasil Peningkatan Histogram Matrik.....	47
Tabel 4.5 Hasil Perbaikan Kualitas Citra CLAHE.....	48
Tabel 4.6 Hasil Nilai Piksel Average Filter.....	50
Tabel 4.7 Proses Operasi Dilasi	60
Tabel 4.8 Hasil Operasi Dilasi	61
Tabel 4.9 Proses Operasi Morphology Closing.....	61
Tabel 4.10 Hasil Operasi Morphology Closing.....	62
Tabel 4.11 Perbandingan G. Truth dan Hasil Olah	63
Tabel 4.12 Parameter Hasil	70
Tabel 4.13 Perbandingan Hasil Olah dengan Peneliti Sebelumnya	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perbandingan Hasil Olah dan GroundTruth DRIVE	88
Lampiran 2	Source Code Menggunakan MATLAB	93
Lampiran 3	Hasil Pengecekan Turnitin / Plagiat	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mata merupakan salah satu bagian dari organ yang memiliki peran penting pada tubuh manusia dengan fungsi sebagai pengelihatan yang sangat sensitive. Jika terjadi ketidaknormalan pada mata maka akan mengganggu manusia dalam kegiatannya. Saat ini penyakit dan gangguan mata bisa mencapai angka lebih 200 jenis. Salah satu jenis gangguan pada mata yaitu diabetes dan hipertensi [1]. Citra retina merupakan bentuk digital yang diambil dari retina, pembuluh darah serta saraf optic yang terletak di bagian belakang mata. Citra retina memberikan peluang untuk mendiagnosis beberapa patologi medis [2]

Pembuluh darah retina adalah salah satu objek pada retina yang memiliki karakteristik bentuk dan ukuran yang unik, Pembuluh darah retina memiliki fungsi sebagai jalur suplai darah ke seluruh mata, yang terdiri dari arteri dan vena. Pembuluh darah memiliki bentuk dan ciri yang berbeda-beda disetiap manusia, tersusun dari struktur berpola yang terdiri dari garis-garis bercabang. Karakteristik pembuluh darah retina seperti, lebar, panjang dan pola percabangan, berguna untuk beberapa diagnosis dan pengobatan penyakit [3].Pembuluh darah ini tumbuh disepanjang retina dan disepanjang permukaan bening, serta cairan vitreous yang mengisi bagian dalam mata. Kondisi pembuluh darah pada retina manusia merupakan faktor mendasar untuk diagnosis penyakit mata. Penelitian tentang segmentasi adalah percobaan yang menantang karena dipengaruhi seperti kontras yang rendah, keberadaan mikroaneurisma dan pendarahan yang ada pada citra retina tersebut[4].

Pada penelitian ini akan membahas bagaimana cara segmentasi pembuluh darah retina. Segmentasi pembuluh darah retina adalah tahap di mana jaringan pembuluh darah retina pada citra retina terdeteksi dan diekstraksi, ini bertujuan untuk memungkinkan diagnosis yang lebih efisien dan akurat [5]. Dalam

segmentasi pembuluh darah memiliki potensi besar untuk membantu dokter atau teknisi yang terlatih dalam pengurangan waktu yang dibutuhkan untuk melabelkan pembuluh darah asli [6].

Segmentasi mampu menyelesaikan masalah yang terdapat pada citra fundus seperti noise, kontras antara pembuluh darah tipis dan latar belakang, iluminasi tidak seragam, variasi pembuluh darah retina yang luas serta karakteristik penyakit pada retina. Segmentasi dapat dilakukan baik secara manual ataupun secara otomatis. Segmentasi pembuluh darah retina manual dengan waktu yang relative lama dan banyak kesulitan, segmentasi retina manual juga membutuhkan pelatihan dan kemampuan. Dalam penilaian manualnya, segmentasi dan estimasi akurasi bergantung pada ukuran gambar lain yang memiliki kemampuan grader dan pengalaman. Selain itu, prosedur segmentasi dan estimasi manual dapat dilakukan setiap waktu untuk penilaian tunggal. Dengan cara ini, kerangka kerja sepenuhnya mampu mengestraksi struktur pembuluh pada gambar aslinya. Berbeda dengan segmentasi pembuluh darah retina otomatis, yaitu hanya menggunakan metode dengan aplikasi untuk memasukan gambar fundus [3][7].

Berdasarkan hal ini, penelitian akan dilakukan menggunakan teknik terbaru deteksi tepi gambar citra retina dengan metode Kirsch Template. Proses segmentasi ini diharapkan dapat menjadi tahap awal untuk proses yang lebih lanjut dalam membantu diagnosis dini berbagai penyakit pada citra retina serta dapat memberikan informasi mengenai adanya kelainan pada pembuluh darah citra retina.

1.2. Perumusan Masalah

Peningkatan dan perbaikan kualitas citra retina yang dilakukan pada pembuluh darah merupakan proses awal untuk diagnosis penyakit retina bagi pihak medis dengan fokus akhir berupa parameter Akurasi, Sensitifitas dan Spesifikasi yang dihasilkan dari proses segmentasi pembuluh darah pada citra retina. Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapatkan rumusan amsalah

yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu bagimana segmentasi citra retina menggunakan metode *Kirsch Template*.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan hasil segmentasi pembuluh darah retina menggunakan metode *Kirsch Template*.
2. Mendapatkan hasil pengukuran parameter yaitu, Akurasi, Sensitifitas, Speksifikasi, Presisi dan F1 Score pada citra retina yang akan diuji.
3. Memberikan informasi untuk tahap lanjutan dalam diagnosis penyakit retina di bidang medis berdasarkan metode *Kirsch Template*.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan objek dari hasil segmentasi pembuluh darah pada citra retina dengan perolehan citra biner pembuluh darah retina berdasarkan metode *Kirsch's Template*.
2. Untuk mengembangkan parameter pengukuran seperti, Akurasi, Sensitifitas, Speksifikasi, Presisi dan F1-Score untuk pembuluh darah pada citra retina.
3. Untuk memenuhi berbagai tahap lanjutan dalam mendiagnosis penyakit pada retina berdasarkan metode *Kirsch's Template*.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan peneliti dalam penelitian ini tidak menyimpang dari pokok pembahasan, yaitu hanya membahas pada lingkup segmentasi secara segmentasi pada pembuluh darah retina dengan metode yang telah diusulkan meliputi tahap-tahap seperti *Green Channel, Gamma Correction, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), Average Filter, Kirsch Template, Remove Small Object, Region of Interest, Median Filter, Morphology Closing*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah

gambar retina yang diambil dari data set DRIVE dengan hasil akhir pengukuran parameter meliputi nilai akurasi, sensitifitas dan spesifikasi.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 Pendahuluan

Bab ini berisikan Latar Belakang, Perumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Batasan Masalah 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, Lingkugan Hardware dan Software, Metode pada Blok Diagram Proses, dan Metode secara umum.

BAB 4 Hasil dan Analisis Sementara

Bab ini memiliki pembahasan mengenai Akuisisi citra dan Dataset, Tahap Pemrograman, Perbandingan Hasil Olah dan Dataset, Pengukuran Parameter, Pembahasan, dan Analisis.

BAB 5 Kesimpulan Sementara

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

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

REFERENCE

- [1] M. Santoso, T. Indriyani, and R. E. Putra, “Deteksi Microaneurysms Pada Citra Retina Mata Menggunakan Matched Filter,” pp. 59–68, 2017.
- [2] G. Azzopardi, N. Strisciuglio, M. Vento, and N. Petkov, “Trainable COSFIRE filters for vessel delineation with application to retinal images,” *Med. Image Anal.*, vol. 19, no. 1, pp. 46–57, 2015.
- [3] W. Setiawan, M. I. Utomo, and R. Rulaningtyas, “Retinal vessel segmentation using a modified morphology process and global thresholding,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2021, no. October, 2018.
- [4] R. Akhavan and K. Faez, “A novel retinal blood vessel segmentation algorithm using fuzzy segmentation,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 4, no. 4, pp. 561–572, 2014.
- [5] A. Ali, A. Hussain, and W. M. D. Wan Zaki, “Segmenting retinal blood vessels with gabor filter and automatic binarization,” *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 163–167, 2018.
- [6] T. Mapayi, S. Viriri, and J. R. Tapamo, “Adaptive thresholding technique for retinal vessel segmentation based on glcm-energy information,” *Comput. Math. Methods Med.*, vol. 2015, 2015.
- [7] K. BahadarKhan, A. A. Khaliq, and M. Shahid, “A morphological hessian based approach for retinal blood vessels segmentation and denoising using region based otsu thresholding,” *PLoS One*, vol. 11, no. 7, pp. 1–19, 2016.
- [8] M. A. Serhani, A. Benharref, and E. Badidi, “Badd,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 7798, no. May 2014, pp. 125–136, 2013.
- [9] S. Belhadi and N. Benblidia, “Automated retinal vessel segmentation using entropic thresholding based spatial correlation histogram of Gray Level

Images," *Int. Arab J. Inf. Technol.*, vol. 12, no. 5, pp. 441–447, 2015.

- [10] I. Susilawati, "Ekstraksi Pembuluh Darah pada Citra Retina Mata," *JMAI (Jurnal Multimed. Artif. Intell.)*, vol. 1, no. 1, pp. 9–15, 2017.
- [11] J. Dash and N. Bhoi, "Retinal blood vessel segmentation using Otsu thresholding with principal component analysis," *Proc. 2nd Int. Conf. Inven. Syst. Control. ICISC 2018*, no. Icisc, pp. 933–937, 2018.
- [12] R. Mondal, R. K. Chatterjee, and A. Kar, "Segmentation of retinal blood vessels using adaptive noise island detection," *2017 4th Int. Conf. Image Inf. Process. ICIIP 2017*, vol. 2018–Janua, pp. 1–5, 2018.
- [13] S. Wangko, "Histofisiologi Retina," *J. Biomedik*, vol. 5, no. 3, 2014.
- [14] F. Kanditami, D. Saepudin, and A. Rizal, "ANALISIS CONTRAST LIMITED ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION (CLAHE) DAN REGION GROWING DALAM DETEKSI GEJALA KANKER PAYUDARA PADA CITRA MAMMOGRAM Analysis Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) and Region Growing To Detect The Breast Ca," *J. Elektro Itt Telkom*, vol. 7 No.1, pp. 15–28, 2014.
- [15] A. Sembiring, "Perbandingan Algoritma Mean Filter, Median Filter dan Wiener Filter pada Aplikasi Restorasi Citra RGB Terdegradasi Impulse Noise Menggunakan The Peak Signal To Noise Ratio (PSNR)," 2017.
- [16] B. Yuwono, "Image Smoothing Menggunakan Mean Filtering, Median Filtering, Modus Filtering Dan Gaussian Filtering," *Telematika*, vol. 7, no. 1, 2015.
- [17] V. Lusiana, "Deteksi Tepi pada Citra Digital menggunakan Metode Kirsch dan Robinson," *J. Teknol. Inf. Din.*, vol. 18, no. 2, pp. 182–189, 2013.
- [18] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and B. R. Masters, "Digital Image Processing, Third Edition," *J. Biomed. Opt.*, vol. 14, no. 2, p. 029901, 2009.

- [19] S. Joshi and P. T. Karule, “Retinal Blood Vessel Segmentation,” *Int. J. Eng. Innov. Technol.*, vol. 1, no. 3, pp. 175–178, 2012.
- [20] S. P. Meshram and M. S. Pawar, “Extraction of Retinal Blood Vessels from Diabetic Retinopathy Imagery Using Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization,” *Int. J. Adv. Comput. Theory Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 143–147, 2013.
- [21] W. Azani Mustafa, A. Syauqi Mahmud, W. Khairunizam, Z. M. Razlan, A. B. Shahriman, and I. Zunaidi, “Blood Vessel Extraction Using Combination of Kirsch’s Templates and Fuzzy C-Means (FCM) on Retinal Images,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 557, p. 012009, 2019.
- [22] H. S. B. H.S. Bhaduria, “Vessels Extraction from Retinal Images,” *IOSR J. Electron. Commun. Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 79–82, 2013.
- [23] A. Patel and N. Patel, *Soft Computing and Signal Processing*, vol. 900. Springer Singapore, 2019.
- [24] K. S. Mann and S. Kaur, “Segmentation of retinal blood vessels using artificial neural networks for early detection of diabetic retinopathy,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1836, 2017.
- [25] I. Fiandono and K. Firdausy, “Median Filtering for Optic Disc Segmentation in Retinal Image,” *Kinetik*, vol. 3, no. 1, p. 75, 2018.
- [26] U. Ozkava, S. Ozturk, B. Akdemir, and L. Sevfi, “An Efficient Retinal Blood Vessel Segmentation using Morphological Operations,” *ISMSIT 2018 - 2nd Int. Symp. Multidiscip. Stud. Innov. Technol. Proc.*, 2018.
- [27] J. Staal, M. D. Abràmoff, M. Niemeijer, M. A. Viergever, and B. Van Ginneken, “Ridge-based vessel segmentation in color images of the retina,” *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 23, no. 4, pp. 501–509, 2004.
- [28] V. Kurilová, J. Pavlovičová, M. Oravec, R. Rakár, and I. Marček, “Retinal blood vessels extraction using morphological operations,” *2015 22nd Int.*

Conf. Syst. Signals Image Process. - Proc. IWSSIP 2015, pp. 265–268, 2015.

- [29] S. Chaudhuri, S. Chatterjee, N. Katz, M. Nelson, and M. Goldbaum, “Detection of blood vessels in retinal images using two-dimensional matched filters,” *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 8, no. 3, pp. 263–269, 1989.
- [30] M. Elena Martínez-Pérez, A. D. Hughes, A. V. Stanton, S. A. Thom, A. A. Bharath, and K. H. Parker, “Retinal blood vessel segmentation by means of scale-space analysis and region growing,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 1679, pp. 90–97, 1999.