

**SEGMENTASI PEMBULUH DARAH RETINA
MENGUNAKAN *MORPHOLOGY* FILTER DAN ISODATA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Strata 1**



OLEH:

**YURIKA
09011181520038**

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

LEMBAR PENGESAHAN

SEGMENTASI PEMBULUH DARAH RETINA MENGUNAKAN *MORPHOLOGY* FILTER DAN ISODATA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Strata 1

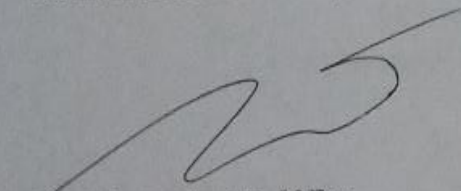
Oleh :

YURIKA
09011181520038

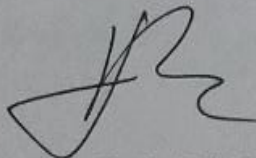
Indralaya, Januari 2020

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer


Rossi Passarella, S.T., M.Eng.
NIP. 197806112010121004

Pembimbing Tugas Akhir


Dr. Erwin, S.Si, M.Si.
NIP. 197101291994121001

HALAMAN PERSETUJUAN

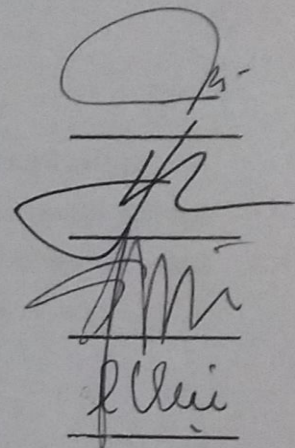
Telah diuji dan lulus pada:

Hari : Kamis

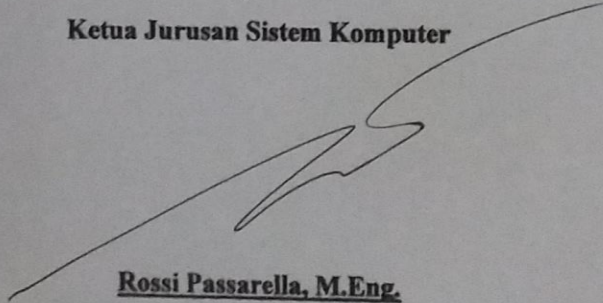
Tanggal : 12 Desember 2019

Tim Penguji :

1. Ketua : Kemahyanto Exaudi, M.T.
2. Sekretaris : Dr. Erwin, S.Si, M.Si.
3. Anggota I : Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M. T.
3. Anggota II : Sri Desy Siswanti, M.T.



Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Rossi Passarella, M.Eng.
NIP. 197806112010121004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yurika

NIM : 09011181520038

Judul : Segmentasi Pembuluh Darah Retina Menggunakan *Morphology* Filter dan Isodata.

Hasil Penyecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 6%

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 tidak dipaksakan.



Indralaya, Januari 2020



Yurika

NIM.09011181520038

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis haturkan kehadiran Allah SWT, atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Satu ini dengan judul **“Segmentasi Pembuluh Darah Retina Menggunakan *Morphology Filter* dan *Isodata*”**. Shalawat dan salam tak lupa kita junjungkan kepada Nabi kita Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan segala kemudahan, bimbingan, pengarahan, dorongan, bantuan baik moril maupun materil selama penyusunan Proposal tugas akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Rossi Passarella, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Dosen pembimbing Akademik Bapak Dr. Erwin, S.Si., M.Si
4. Bapak Dr. Erwin, S.Si., M.Si. selaku pembimbing tugas akhir di jurusan Sistem Komputer.
5. Kedua orang tua, Bapak Sumadi dan Ibu Yatik beserta keluarga yang telah memberikan dukungan, semangat, dan doa untuk kelancaran pengerjaan tugas akhir ini.

6. Untuk teman-teman seperjuangan ku Laras, Alya, Dea, Indah, Binti Cania, dan Ilham Bukhary dalam membantu pengerjaan tugas akhir ini.
7. Mbak Winda Kurnia Sari selaku admin jurusan Sistem Komputer yang telah membantu mengurus seluruh berkas.
8. Seluruh teman-teman angkatan 2015 Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

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

Indralaya, Januari 2020

Penulis

SEGMENTATION OF RETINAL BLOOD VESSELS USING MORPHOLOGY FILTERS AND ISODATA

Yurika (09011181520038)

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

Email : yurikask15@gmail.com

ABSTRACT

The retina is one of the locations in the human body where blood vessels play an important role in the diagnosis of eye diseases. One technique for diagnosing diseases through blood vessels is retinal image segmentation. The ISODATA thresholding method is a method for segmentation that uses iteration that can calculate the average level of gray, and can automatically find the threshold value of an image. this study also uses morphological operations for optical disk removal and the dataset used are 20 DRIVE test images with ground-truth. The results of this study are seen from the performance of the system designed based on the parameters of accuracy, sensitivity, and specificity. The accuracy obtained in this study was 94,956%, sensitivity was 82,471%, and specificity was 96,560%. For the results of testing parameters based on the level of similarity of the image using MSE, RMSE, and PSNR parameters. MSE results obtained 4,590, RMSE of 2,124 and PSNR of 41,700 dB. For image signal quality, testing using SNR parameters by comparing the noise image is CLAHE image, and the filtered image using 2d median filter, the average value of each noise image is 24.01 dB, and filtering image 24.21 dB.

Keywords: *Retina, Blood Vessels, ISODATA Thresholding, Morphological Operations.*

SEGMENTASI PEMBULUH DARAH RETINA MENGGUNAKAN *MORPHOLOGY FILTER* DAN ISODATA

Yurika (09011181520038)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : yurikask15@gmail.com

ABSTRAK

Retina adalah salah satu lokasi di tubuh manusia di mana pembuluh darah memainkan peran penting dalam diagnosis penyakit mata. Salah satu teknik diagnosis penyakit melalui pembuluh darah adalah segmentasi citra retina. Metode isodata *thresholding* adalah salah satu metode untuk segmentasi yang menggunakan iterasi yang dapat menghitung tingkat rata-rata abu-abu, dan secara otomatis dapat menemukan nilai ambang batas dari suatu citra. Pada penelitian ini juga menggunakan operasi morfologi untuk penghilangan optik disk dan dataset yang digunakan yaitu 20 citra test DRIVE dengan *groundtruth*. Hasil dari penelitian ini dilihat dari performa sistem yang dirancang berdasarkan keakuratan sistem menggunakan parameter akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. Akurasi yang didapatkan pada penelitian ini sebesar 94.956%, sensitivitas sebesar 82.471%, dan spesifisitas sebesar 96.560%. Untuk hasil pengujian parameter berdasarkan tingkat kemiripan citra menggunakan parameter MSE, RMSE, dan PSNR. Hasil MSE yang didapatkan 4.590, RMSE sebesar 2.124 dan PSNR sebesar 41.700 dB. Untuk kualitas sinyal citra juga dilakukan pengujian menggunakan parameter SNR dengan membandingkan citra noise yaitu citra CLAHE, dan citra hasil *filtering* menggunakan 2d *median* filter rata-rata nilai yang dihasilkan masing-masing citra noise sebesar 24.01 dB, dan citra *filtering* 24.21 dB.

Keywords: Retina, Pembuluh Darah, Isodata *Thresholding*, Operasi Morfologi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
Abstrack.....	vii
Abstrak.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan dan Batasan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.3.1. Tujuan Penelitian	3
1.3.2. Manfaat Penelitian	3
1.4. Metodologi Penelitian	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terkait	6
2.2. Citra Fundus	7
2.3. Pengolahan Citra Digital	8
2.4. Jenis Citra.....	8
2.4.1. Citra Warna.....	8
2.4.2. Citra Biner.....	9
2.4.3. Citra Grayscale.....	10

2.5. <i>Complement</i> Citra.....	11
2.6. <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i> (CLAHE).....	12
2.7. <i>Contrast Adjustment</i> (penyesuaian kontras).....	13
2.8. Operasi Morfologi.....	13
2.8.1. Operasi Dilasi	14
2.8.2. Operasi Erosi.....	14
2.8.3. Operasi Opening	15
2.9. 2D Median Filter	15
2.10. <i>Region of Interest</i> (ROI)	16
2.11. ISODATA	16
2.12. MSE, RMSE, PSNR, dan SNR	18
2.13. Sensitivitas, Spesifisitas, dan Akurasi.....	19

BAB III METODOLOGI

3.1. Pendahuluan	20
3.2. Dataset.....	20
3.3. Kerangka Kerja	20
3.3.1. Tahap Akuisisi Citra	22
3.3.2. Prapemrosesan	22
3.3.3. Enhancement	23
3.3.4. Segmentasi.....	23
3.3.5. Postprosesing	25

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1. Pendahuluan	28
4.2. Perancangan Perangkat Lunak	28
4.3. Akuisisi Citra	28
4.4. Prapemrosesan.....	31
4.4.1. Pemilihan Channel	31
4.4.2. Konversi citra RGB ke grayscale	33
4.4.3. <i>Complement</i> (citra negatif).....	35
4.5. Enhancement	37

4.5.1. <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i> (CLAHE).	37
4.5.2. Penghilangan Noise Citra	40
4.6. Segmentasi	43
4.6.1. Penghilangan Optik Disk	43
4.6.2. Peningkatan Kontras Dan Penyesuaian Kontras.....	49
4.6.3. <i>Isodata Thresholding</i>	51
4.7. Pasca Pemerosesan.....	57
4.7.1. Penghilangan Objek Kecil	58
4.7.2. Penghilangan Tepi Citra	59
4.8. Perhitungan Performa Dari Hasil Segmentasi	67
4.8.1. Hasil Performa Untuk Nilai MSE, RMSE, dan PSNR	67
4.8.2. Performa Untuk Mengukur Kualitas Sinyal Citra	71
4.8.3. Performa Untuk Mengukur Akurasi, Sensitivitas, dan Spesifisitas	73
4.9. Pembahasan dan Analisa.....	76
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	79
5.2. Saran.....	79
 DAFTAR PUSTAKA	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Citra Retina.....	8
Gambar 2.2. Contoh Citra Biner.....	10
Gambar 2.3. Warna <i>Grayscale</i> Pada Setiap Bagian RGB.....	11
Gambar 2.4. Contoh Gambar <i>Complement</i>	11
Gambar 2.5. Operasi Opening.....	15
Gambar 2.6. Contoh Perhitungan 2D Median Filter.....	16
Gambar 3.1. Kerangka Kerja Penelitian.....	21
Gambar 3.2. (a) Contoh gambar DRIVE (b) <i>groundtruth</i>	22
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> tahap prapemrosesan.....	22
Gambar 3.4. <i>Flowchart</i> tahap enhancement.....	23
Gambar 3.5. <i>Flowchart</i> tahap segmentasi.....	24
Gambar 3.6. Diagram <i>flowchart ISODATA</i>	25
Gambar 3.7. <i>Flowchart</i> pembuatan citra <i>mask</i>	26
Gambar 3.8. <i>Flowchart</i> tahap postprosesing.....	27
Gambar 4.1. GUI pada MATLAB.....	28
Gambar 4.2. Tampilan GUI pada tahap akuisisi citra.....	29
Gambar 4.3. Tampilan GUI pada tahap prapemrosesan.....	31
Gambar 4.4. Konversi citra asli ke green channel.....	33
Gambar 4.5. Konversi RGB ke <i>grayscale</i>	33
Gambar 4.6. Konversi citra <i>greenchannel</i> ke <i>complement</i> citra.....	35
Gambar 4.7. Hasil perbedaan segmentasi dengan atau tanpa <i>complement</i> ...	36
Gambar 4.8. Tahapan GUI enhancement.....	37
Gambar 4.9. Proses peningkatan kontras citra.....	38
Gambar 4.10. Tahap penghilangan noise.....	40
Gambar 4.11. Tahapan GUI penghilangan optik disk.....	44
Gambar 4.12. Tahapan morfologi open.....	44
Gambar 4.13. Tahapan <i>subtraction</i>	47
Gambar 4.14. Tampilan GUI peningkatan dan penyesuaian kontras.....	49
Gambar 4.15. Tahapan peningkatan dan penyesuaian kontras.....	50
Gambar 4.16. Hasil perbandingan penggunaan penyesuaian kontras.....	51

Gambar 4.17. Tahapan GUI isodata.	51
Gambar 4.18. Tahapan segmentasi.....	52
Gambar 4.19. Tahapan GUI pascapemerosesan.....	57
Gambar 4.20. Tahap penghilangan noise	58
Gambar 4.21. Pembuatan binary mask ROI.....	60
Gambar 4.22. Tahapan penghilangan tepi retina.....	61
Gambar 4.23. Tahapan GUI pada parameter segmentasi.....	67
Gambar 4.24. Grafik kurva MSE, RMSE, dan PSNR.....	69
Gambar 4.25. Grafik perbandingan rata-rata nilai SNR.....	72
Gambar 4.26. Grafik kurva akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Warna dan penyusunan warna.....	9
Tabel 4.1. Citra test pada dataset DRIVE.....	29
Tabel 4.2. Perbandingan hasil <i>red</i> , <i>green</i> , dan <i>blue</i>	32
Tabel 4.3. Hasil segmentasi dengan dataset DRIVE.....	62
Tabel 4.4. Hasil performa MSE, RMSE, dan PSNR pada dataset DRIVE	68
Tabel 4.5. Hasil perbandingan kualitas sinyal citra dengan noise.....	71
Tabel 4.6. Hasil performa akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas	73
Tabel 4.7. Perbandingan hasil segmentasi dengan penelitian terdahulu	77

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Berkas Revisi Tugas Akhir

LAMPIRAN 2. Cek Plagiat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mata merupakan organ pengelihatan yang berinteraksi dengan cahaya, faktor lingkungan dan genetik dapat menyebabkan cacat pada struktur mata. Sebagian besar kelainan mata disebabkan oleh kerusakan fungsi pembuluh di lapisan retina [1]. Retina adalah jaringan yang melapisi permukaan bagian dalam mata yang berisi sel peka cahaya (fotoreseptor). Fotoreseptor mengubah cahaya menjadi sinyal saraf yang dibawa ke otak melalui saraf optik. Sistem kamera fundus (mikroskop retina) biasanya digunakan untuk mengambil gambar retina. Retina adalah bagian pada mata dimana pembuluh darah memerankan peran penting dalam diagnosis, pengobatan, dan evaluasi berbagai penyakit mata[2][3]. Oleh karena itu, gambar retina pasien harus diperoleh untuk mendiagnosis gangguan penglihatan. Salah satu teknik diagnosis penyakit melalui pembuluh darah adalah segmentasi citra retina.

Beberapa penyakit yang dapat dilihat dari pembuluh darah seperti glaukoma, retinopati diabetik, makula, hipertensi, kardiovaskular dan stroke[4][5][6]. Penyakit tersebut sangat serius dan dapat menyebabkan kebutaan jika tidak terdeteksi pada waktunya. Seringkali tidak mungkin bagi seorang dokter untuk menilai secara manual gambar fundus dari peningkatan jumlah pasien yang menderita, kesalahan yang diperkenalkan oleh penilaian manual bisa tinggi dan memerlukan waktu yang lama [7]. Kelemahan dari penilaian manual ini mengarah pada otomatisasi proses segmentasi.

Pada penelitian sebelumnya [8] menggunakan metode *Adaptive thresholding* dan operasi morfologi. Metode ini dapat melakukan segmentasi pembuluh darah tetapi tidak dapat mensegmentasi pembuluh halus. Untuk hasil performa sistem yang dihasilkan yaitu akurasi 94,58 %, sensitivitas 45,58% dan spesifisitas 99,58%. Pada metode tersebut nilai sensitivitas yang dihasilkan belum maksimal, karena nilai sensitivitas yang dihasilkan kecil.

Pada penelitian [9] menggunakan metode CLAHE dan *average filter* untuk proses peningkatan kontras dan Isodata. Penelitian tersebut mendapatkan hasil

segmentasi dengan akurasi 0.946%, sensitivitas 0,675%, dan spesifisitas 0,988 %. Kelemahan metode ini adalah nilai sensitivitas yang dihasilkan dari metode penelitian tersebut masih belum maksimal, karena hasil sensitivitas yang dihasilkan masih kecil. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan melakukan segmentasi pembuluh darah menggunakan langkah-langkah seperti pada penelitian tersebut dan ingin meningkatkan hasil performa pada hasil sensitivitas dalam melakukan segmentasi pembuluh darah, tetapi dengan dilakukan beberapa tambahan dengan metode yang berbeda.

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Isodata yang merupakan bagian dari metode segmentasi dengan *thresholding*. Metode dengan iterasi ini dapat menghitung tingkat rata-rata abu-abu dari suatu citra, dan teknik ini secara otomatis menemukan ambang batas untuk gambar nilai abu-abu yang diberikan[10]. Pada penelitian ini juga menggunakan metode operasi morfologi untuk proses penghilangan optik disk, sehingga pada saat segmentasi hanya pembuluh darah saja yang terambil. Oleh karena itu, judul yang diambil pada tugas akhir ini adalah ***“Segmentasi Pembuluh Darah Menggunakan Morphology Filter dan ISODATA”***.

1.2 Perumusan dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana cara melakukan segmentasi pembuluh darah menggunakan *Morphology Filter Dan Isodata*. Batasan masalah pada penelitian ini, yaitu hanya membahas tentang segmentasi pembuluh darah, menggunakan dataset DRIVE, dan performa sistem yang dirancang dilihat berdasarkan keakuratan sistem menggunakan parameter akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. Berdasarkan tingkat kemiripan citra menggunakan parameter *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), *Mean Square Error* (MSE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan untuk mengukur kualitas sinyal citra menggunakan parameter *Signal to Noise Ratio* (SNR).

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

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

1. Merancang sistem segmentasi pembuluh darah retina secara otomatis.
2. Mengimplementasikan metode *Morphology Filter* dan *ISODATA* untuk segmentasi pembuluh darah.

1.3.2. Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat membantu dokter secara otomatis untuk diagnosis penyakit pada retina mata dengan cepat.
2. Dapat mengimplementasikan metode *Morphology Filter* dan *ISODATA* untuk segmentasi pembuluh darah.

1.4. Metodologi Penelitian

Metodologi yang akan digunakan dalam penelitian akan melewati beberapa tahap berikut ini :

1. Metode Studi Pustaka dan Literature

Tahap ini dilakukan dengan cara mencari serta mengumpulkan berbagai sumber referensi berupa *literature* yang terdapat pada buku, *internet* maupun sumber lainnya tentang “segmentasi pembuluh darah menggunakan *Morphology Filter* dan *ISODATA*”.

2. Metode Konsultasi

Pada tahap ini penulis melakukan konsultasi dengan orang-orang yang memiliki wawasan dan pengetahuan serta pengalaman terhadap permasalahan didalam tugas akhir yang dibuat oleh penulis.

3. Metode Perancangan dan Pembuatan Sistem

Pada tahap ini akan membahas mengenai proses yang akan dilakukan dalam perancangan dan pembuatan sistem perangkat lunak yang dapat mensegmentasi citra retina dengan menggunakan metode *Morphology Filter* dan *ISODATA*.

4. Metode Pengujian

Tahap ini dilakukan dengan pengujian terhadap rancangan sistem yang dibuat apakah sistem dapat menghasilkan nilai keakuratan yang tepat atau tidak.

5. Metode Analisa dan Kesimpulan

Tahap ini dilakukan dengan menganalisis dari pengujian sistem yang dilakukan, tujuannya untuk mengetahui kekurangan dari hasil penelitian tugas akhir, sehingga pengujian dapat disimpulkan dan digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1.5. Sistematika Penulisan

Dalam pembuatan laporan tugas akhir ini, dibuat sistematika penelitian agar mempermudah dalam proses penyusunan dan memperjelas isi dari setiap bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi penelitian terdahulu mengenai segmentasi citra retina, dasar teori tentang citra, pengolahan citra, *complement* citra, *morphology filter*, *2d median filter*, dan *isodata*.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan membahas perancangan sistem secara garis besar yang meliputi *hardware* dan *software* secara keseluruhan. Mencakup tahapan penelitian, desain perangkat, serta metode pengujian sistem.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan membahas mengenai mekanisme sistem dalam penelitian, dan analisa dari hasil pengolahan citra menggunakan metode *morphology filter dan isodata*.

BAB V KESIMPULAN

Berisi kesimpulan hasil pengujian. Mencakup jawaban atas permasalahan dalam penelitian dan intisari dari BAB I.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Aslan, M. Ceylan, and A. Durdu, "Segmentation of Retinal Blood Vessel Using Gabor Filter and Extreme Learning Machines," *2018 Int. Conf. Artif. Intell. Data Process.*, no. February 2019, pp. 1–5, 2018.
- [2] & Y. R. Zhun Fan, Jiewei Lu, "Automated Blood Vessel Segmentation of Fundus Images Using Region Features of Vessels," *2016 IEEE Symp. Ser. Comput. Intell.*, 2016.
- [3] F. Farokhian, C. Yang, H. Demirel, S. Wu, and I. Beheshti, "Automatic parameters selection of Gabor filters with the imperialism competitive algorithm with application to retinal vessel segmentation," *Integr. Med. Res.*, vol. 37, no. 1, pp. 246–254, 2017.
- [4] R. Al Shehhi, P. R. Marpu, and W. L. Woon, "An Automatic Cognitive Graph-Based Segmentation for Detection of Blood Vessels in Retinal Images," *Hindawi Publ. Corp. Math. Probl. Eng.*, p. 15, 2016.
- [5] A. Elbalaoui and M. Fakir, "Automatic Detection of Blood Vessel in Retinal Images," *13th Int. Conf. Comput. Graph. Imaging Vis.*, 2016.
- [6] J. Zhang *et al.*, "Robust Retinal Vessel Segmentation via Locally Adaptive Derivative Frames in Orientation Scores," *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 35, no. 12, pp. 2631–2644, 2016.
- [7] B. Biswal, T. Pooja, and N. B. Subrahmanyam, "Robust retinal blood vessel segmentation using line detectors with multiple masks," *IET Image Process. Res.*, vol. 12, pp. 389–399, 2018.
- [8] D. Sinta, "Segmentasi Pembuluh Darah Retina Menggunakan Adaptive Thresholding Dan Operasi Morfologi," Universitas Sriwijaya, 2019.
- [9] J. Dash, "Retinal Blood Vessels Extraction from Fundus Images Using an Automated Method," *2018 4th Int. Conf. Recent Adv. Inf. Technol.*, pp. 1–5, 2018.
- [10] Y. Lu and R. Lu, "Histogram-based automatic thresholding for bruise detection of apples by structured-illumination reference imaging," *Biosyst. Eng.*, vol. 160, no. May 2017, pp. 30–41, 2018.
- [11] L. Xu and S. Luo, "A novel method for blood vessel detection from retinal images," *Biomed. Eng. Online*, vol. 9, pp. 1–10, 2010.

- [12] L. Câmara, G. L. B. Ramalho, J. F. S. Rocha, and R. M. S. Veras, “An unsupervised coarse-to-fine algorithm for blood vessel segmentation in fundus images” *Expert Syst. Appl.*, vol. 78, no. February, pp. 182–192, 2017.
- [13] A. Subudhi, “Blood vessel extraction of diabetic retinopathy using optimized enhanced images and matched filter optimized enhanced images and matched filter,” *J. Med. Imaging*, vol. 3, no. 4, 2017.
- [14] M. Zardadi, “Unsupervised Segmentation of Retinal Blood Vessels Using the Human Visual System Line Detection Model,” *J. Inf. Syst. Telecommun.*, vol. 4, no. 2, pp. 125–133, 2016.
- [15] M. Baj, P. Sekuli, S. Djukanovi, T. Popovi, and S. Member, “Retinal blood vessels segmentation using ant colony optimization,” *Symp. Neural Networks Appl.*, pp. 22–24, 2016.
- [16] S. Ayaz, A. Shah, T. B. Tang, I. Faye, and A. Laude, “Blood vessel segmentation in color fundus images based on regional and Hessian features,” *Graefe’s Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.*, vol. 255, no. 8, pp. 1525–1533, 2017.
- [17] R. Geetharamani and L. Balasubramanian, “ScienceDirect Retinal blood vessel segmentation employing image processing and data mining techniques for computerized retinal image analysis . Retinal blood vessel segmentation in fundus images,” *Integr. Med. Res.*, vol. 30, pp. 1–17, 2015.
- [18] J. Rodrigues and N. Bezerra, “Retinal Vessel Segmentation Using Parallel Grayscale Skeletonization Algorithm and Mathematical Morphology,” *2016 29th SIBGRAPI Conf. Graph. Patterns Images (SIBGRAPI)*, 2016.
- [19] O. MARQUES, *Practical image and video processing using matlab*®. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2011.
- [20] E. Prasetyo, *Pengolahan Citra Digital Dan Aplikasinya Menggunakan Matlab*, Cet.ke-1. yogyakarta: Andi, 2011.
- [21] M. H. Purnomo and A. Muntasa, *Konsep pengolahan citra digital dan ekstraksi fitur / Mauridhi Hery Purnomo, Arif Muntasa*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [22] N. Ahmad and A. Hadinegoro, “Metode Histogram Equalization untuk

- Perbaikan Citra Digital,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. Terap.*, vol. 2012, no. Semantik, pp. 439–445, 2012.
- [23] K. Mehta and M. T. S. Cse, “An Enhanced Segmentation Technique for Blood Vessel in Retinal Images,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 150, no. 6, pp. 9–15, 2016.
- [24] A. S. Abdul Kadir, *Teori & Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Andi, 2013.
- [25] B. Muchtar, “Analisis Perbandingan Metode 2d Median Filter Dan Multi Level Median Filter Pada Proses Perbaikan Citra,” *J. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 654–662, 2012.
- [26] S. C. T.W. Ridler, “Picture thresholding using an iterative selection method,” *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol. 8, pp. 630–632, 1978.
- [27] “drive - Introduction.” [Online]. Available: <https://drive.grand-challenge.org/>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [28] Q. Al’afwa, “Segmentasi Pembuluh Darah Retina Menggunakan Otsu Thresholding,” Universitas Sriwijaya, 2019.