

**SEGMENTASI CITRA RETINA MENGGUNAKAN
MULTILEVEL THRESHOLDING-OTSU
DAN OPERASI MORFOLOGI**

TUGAS AKHIR

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



**ARFATTUSTARY NOORFIZIR
09011281520105**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

SEGMENTASI CITRA RETINA MENGGUNAKAN MULTILEVEL THRESHOLDING-OTSU DAN OPERASI MORFOLOGI

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh :

ARFATTUSTARY NOORFIZIR
09011281520105

Inderalaya, Juli 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

Pembimbing Tugas Akhir



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 09 Juli 2019

Tim Penguji :

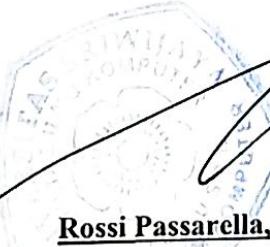
1. Ketua : Kemahyanto Exaudi, S.Kom.,M.T

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

3. Anggota I : Rossi Passarella,S.T.,M.Eng.

4. Anggota II : Sutarno,M.T

Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer


Rossi Passarella, S.T., M.Eng.
NIP. 19780611 201012 1 004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arfattustary Noorfizir

NIM : 09011281520105

Judul : Segmentasi Citra Retina Menggunakan *Multilevel Thresholding-Otsu* dan Operasi Morfologi

Hasil Pengecekan

Software iThenticate/ : 6%

Turnitin

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan 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 sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan dari phak manapun.



Palembang, Juli 2019

Yang menyatakan,



Arfattustary Noorfizir

NIM 09011281520105

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.”

(QS. Al-Baqarah (2): 216)

“Wahai orang-orang yang beriman! Mohonlah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan shalat. Sungguh Allah beserta orang-orang yang sabar”

(QS. Al-Baqarah (2): 153)

“Fabiai-yi aalaa-i rabbikuma tukadz-dzibaan (Maka nikmat Rabb-mu yang manakah, yang kamu dustakan)”

(QS. Arrahman ayat 13)

“Bila kamu tak tahan penatnya belajar, maka kamu akan menanggung perihnya kebodohan”

-- Imam Asy-Syafi'i--

Kupersembahkan kepada pasangan terhebat sepanjang masa yang tidak pernah sedikitpun mencoba meninggalkanku, selalu mendoakan keselamatan, kelancaran, kesehatan dan semua kebaikan dalam hidupku Papaku Abdul Haris dan Mamaku Farida Yuliana. Kepada saudara/i ku yang selalu menerima semua kekuranganku dan selalu mendukungku Ayukku Radisty Noorfizir dan Adikku Hafash Taushy Noorfizir.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim. Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul “Segmentasi Citra Retina Menggunakan *Multilevel Thresholding-Otsu* dan Operasi Morfologi”.

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

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Papaku, Mamaku, Ayukku, dan Adikku yang selalu memberikan semangat dan do'a.
3. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd. M.T selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
4. Bapak Rossi Passarella, S.T.,M.Eng selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
5. Bapak Erwin, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Tugas Akhir Penulis.
6. Bapak Deris Stiawan M.T., PH.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik di Jurusan Sistem Komputer.
7. Kak Ahmad Reza Pahlevi dan Mba Windi Kurnia Sari selaku admin jurusan yang banyak sekali membantu mengurus semua berkas.
8. Saudaraku Herlina Effendi, Aisyah Amalyah Putri, Rikeu Rindi, Eka Ramawati, Rivan Okfrianas dan Randi Suwardin.
9. Sahabatku Dyah Citra Soraya, Ulviyana, Siti Pebuya Roisatun Sholihah, Ria Siti Juairiah, Qonita Al'afwa, Nadya Rahma Noviyanti.
10. Jurusan Sistem Komputer Reguler kelas C angkatan 2015 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis juga berterima kasih kepada semua pihak yang terlibat, baik secara langsung ataupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Tentunya dalam pembuatan tugas akhir ini, masih terdapat beberapa kekurangan dan kesalahan yang mungkin terjadi. Oleh karena itu sebagai bahan perbaikan kedepan penulis tentunya mengharapkan koreksi, saran, serta masukan terhadap isi dari tugas akhir ini.

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

Palembang, Juli 2019

Penulis

**Segmentasi Citra Retina Menggunakan *Multilevel Thresholding-Otsu*
dan Operasi Morfologi**

Arfattustary Noorfizir (09011281520105)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : tnoorfizir@gmail.com

Abstrak

Retina adalah salah satu karakter biologis yang popular untuk proses identifikasi. Pola pembuluh darah pada retina memiliki panjang, lebar, tortuositas, pola percabangan, sudut yang dapat digunakan untuk proses diagnosis dan tindak lanjut untuk identifikasi penyakit pada retina. Langkah awal untuk mengenali pembuluh darah retina adalah dengan melakukan proses segmentasi. Penelitian ini mengusulkan metode segmentasi gambar yaitu *Multilevel Thresholding-Otsu* yang dapat diproses dengan nilai ambang batas yang berbeda. Penelitian ini menggunakan dataset dari *Structured Analysis of The Retina(STARE)*. *Peak Signal Noise Ratio (PSNR)* adalah perbandingan nilai kualitas gambar yang digunakan untuk membandingkan kesamaan antara gambar tersegmentasi dan gambar asli. Hasil percobaan menunjukkan bahwa metode ini menghasilkan kualitas segmentasi yang tinggi dengan nilai PSNR rata-rata sebesar 39.13dB dan akurasi sebesar 90.16%.

Kata Kunci : Multilevel Thresholding, Otsu, Pembuluh Darah Retina, Retina, Segmentasi

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Pembimbing Tugas Akhir

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

***Retinal Image Segmentation using Multilevel Thresholding-Otsu
and Morphological Operations***

Arfattustary Noorfizir (09011281520105)

Computer Engineering Department, Computer Science Faculty,

Sriwijaya University

Email : tnoorfizir@gmail.com

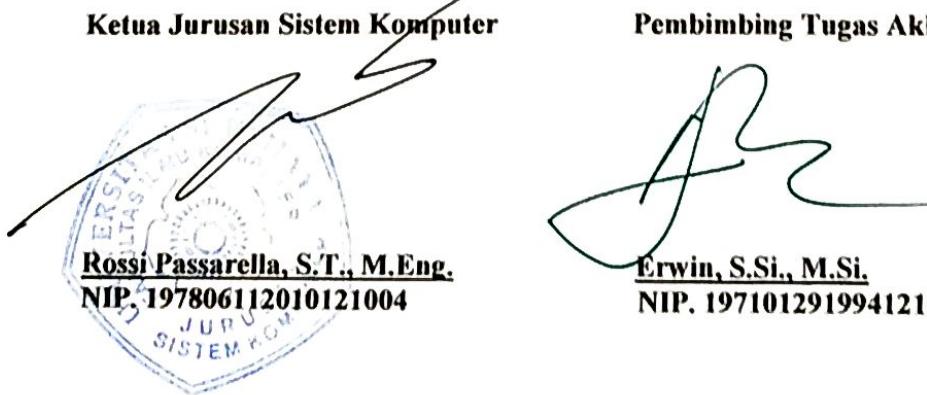
Abstract

Retina is one of the most popular biological character for identification process. blood vessel pattern in retina has long, wide, tortuosity, branches pattern, angles which can be used for diagnosis process and follow-up for identification of diseases in the retina. The first step to recognize retinal vein is by segmentation process. This research proposes the image segmentation method which is Multilevel Thresholding-Otsu which can be processed with different threshold value. This research use dataset from Structured Analysis of The Retina (STARE). Peak Signal Noise Ratio (PSNR) is a comparison of image quality value which used to compare similarities between segmented images and original images. The test results showed that this method resulted high segmentation quality with average PSNR value of 39.13 dB and accuracy which is 90.16%.

Keyword : *Blood Vessels, Multilevel Thresholding, Otsu, Retina, Segmentation.*

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Pembimbing Tugas Akhir


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

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGATAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan dan Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	2
1.3.1 Tujuan	2
1.3.2 Manfaat	2
1.4 Metodologi Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengolahan Citra Digital	5
2.2 Retina	5
2.3 Dataset <i>Structured Analysis of the Retina</i> (STARE)	6
2.4 <i>Multilevel Thresholding</i>	7
2.5 <i>Morphology Closing</i>	12
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Pendahuluan	14
3.2 Kerangka Kerja	14
3.3 Akuisisi Dataset	16

3.4 Perancangan Sistem	17
3.4.1 <i>Preprocessing</i>	18
3.4.1.1 Pemilihan <i>Channel</i>	18
3.4.1.2 Penyesuaian Kontras	18
3.4.1.3 Pemerataan Kontras	19
3.4.1.4 Konversi Matriks ke <i>Grayscale</i>	20
3.4.2 Segmentasi	21
3.4.2.1 <i>Multidimensional Filtering</i>	21
3.4.2.2 <i>Multilevel Thresholding-Otsu</i>	22
3.4.2.3 Konversi Label ke RGB	23
3.4.2.4 <i>Grayscale (Green Channel)</i>	24
3.4.2.5 <i>Imcomplement</i> (Gambar Negatif)	25
3.4.3 <i>Post-processing</i>	26
3.4.3.1 <i>Remove Small Pixel</i>	26
3.4.3.2 Operasi Morfologi	27
3.4.4 Pembuatan <i>Mask Retina</i>	28
3.4.4.1 <i>Grayscale</i>	28
3.4.4.2 <i>Region of Interest (ROI)</i>	29
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	
4.1 Pendahuluan	30
4.2 Dataset Citra Retina STARE	30
4.3 <i>Preprocessing</i>	32
4.3.1 Pemilihan <i>Channel</i>	32
4.3.2 Penyesuaian Kontras	35
4.3.3 Pemerataan Kontras	37
4.3.4 Konversi Matriks ke <i>Grayscale</i>	38
4.4 Segmentasi	39
4.4.1 <i>Multidimensional Filtering</i>	39
4.4.2 <i>Multilevel Thresholding-Otsu</i>	40
4.4.3 Konversi Label ke RGB	43
4.4.4 <i>Grayscale (Green Channel)</i>	44
4.4.5 <i>Imcomplement</i> (Gambar Negatif)	46

4.5 Post-processing	47
4.5.1 Remove Small Pixel	47
4.5.2 Operasi Morfologi	48
4.6 Pembuatan <i>Mask</i> Retina	49
4.6.1 <i>Grayscale</i>	49
4.6.2 <i>Region of Interest (ROI)</i>	50
4.7 Hasil Segmentasi	51
4.8 Perhitungan Kualitas Hasil Segmentasi	53
4.9 Perhitungan Performa Hasil Segmentasi.....	57

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1	im0236 dari Dataset STARE. Bagian-bagian dari retina mata manusia	6
Gambar 2.2	Gambar im0255. (a) Citra asli, (b) <i>Ground Truth</i> oleh Adam Hoover, (c) <i>Ground Truth</i> oleh Valentina Kouznetsova	7
Gambar 2.3	<i>Morphology Operation</i> : (a). <i>Morphology Closing</i> ,(b). Dilasi, (c) Erosi.....	13
Gambar 3.1	Kerangka Kerja	15
Gambar 3.2	Citra asli dan <i>ground truth</i> citra retina, (i) im0163, (ii) im0255....	16
Gambar 3.3	Perancangan sistem	17
Gambar 3.4	Kerangka kerja proses <i>Grayscale (Green Channel)</i>	18
Gambar 3.5	Kerangka kerja proses penyesuaian kontras.....	19
Gambar 3.6	Kerangka kerja proses peningkatan kontras.....	20
Gambar 3.7	Kerangka kerja proses konversi matriks ke <i>grayscale</i>	21
Gambar 3.8	Kerangka kerja proses <i>multidimensional filtering</i>	22
Gambar 3.9	Kerangka kerja proses <i>multilevel thresholding otsu</i>	23
Gambar 3.10	Kerangka kerja proses konversi label ke RGB.....	24
Gambar 3.11	Kerangka kerja proses pengubahan ke kanal hijau	25
Gambar 3.12	Kerangka kerja proses <i>imcomplement</i>	26
Gambar 3.13	Kerangka kerja proses <i>remove small pixel</i>	27
Gambar 3.14	Kerangka kerja proses operasi morfologi	28
Gambar 3.15	Kerangka kerja proses <i>grayscale</i>	29
Gambar 3.16	Kerangka kerja proses <i>region of interest</i>	29
Gambar 4.1	Hasil proses pengubahan ke kanal hijau pada im0081	34
Gambar 4.2	Hasil proses penyesuaian kontras pada im0081	37

Gambar 4.3	Hasil proses pemerataan kontras pada im0081	37
Gambar 4.4	Perubahan <i>type data</i> : (a) Output dari CLAHE, (b) Output dari proses konversi matriks ke <i>grayscale</i>	38
Gambar 4.5	Hasil proses konversi matriks ke <i>grayscale</i> pada im0081	39
Gambar 4.6	Hasil proses multidimensional filtering pada im0081.....	40
Gambar 4.7	Hasil proses <i>Multilevel Thresholding Otsu</i> pada im0081	41
Gambar 4.8	Hasil proses konversi label ke RGB pada im0081	43
Gambar 4.9	Hasil proses pengubahan ke kanal hijau pada im0081	45
Gambar 4.10	Hasil proses imcomplement pada im0081	46
Gambar 4.11	Hasil proses remove small pixel pada im0081	47
Gambar 4.12	Hasil proses operasi morfologi <i>closing</i> pada im0081	49
Gambar 4.13	Hasil proses pengubahan ke <i>grayscale</i> pada im0081	49
Gambar 4.14	Hasil proses <i>region of interest</i> pada im0081	51
Gambar 4.15	Proses pengurangan pada im0081: (a) Hasil proses operasi morfologi, (b) Hasil proses ROI, dan (c) Hasil akhir proses pengurangan.....	52
Gambar 4.16	Proses akhir segmentasi pada im0081: (a) Hasil proses operasi morfologi, (b) Hasil proses ROI, dan (c) Hasil akhir proses segmentasi	52
Gambar 4.17	Hasil Segmentasi Gambar im0081	54
Gambar 4.18	<i>Ground truth hand labeled</i> im0081 oleh (i) Adam Hoover dan (ii) Valentina Kauznetsova	54
Gambar 4.19	Gambar contoh <i>ground truth</i> 10x10	59
Gambar 4.20	Gambar contoh hasil segmentasi 10x10.....	60

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Dataset Citra Retina STARE yang digunakan	30
Tabel 4.2 Perbandingan Hasil <i>Red</i> , <i>Green</i> , dan <i>Blue Channel</i>	33
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil <i>gamma</i> proses penyesuaian kontras pada im0081	36
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil nilai ambang batas pada im0081	41
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil <i>Red</i> , <i>Green</i> , dan <i>Blue Channel</i> pada im0081	44
Tabel 4.6 Tabel Hasil Perhitungan PSNR Setiap Level.....	54
Tabel 4.7 Tabel Hasil Perhitungan Performa	62

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Hasil akhir segmentasi 20 citra retina 66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Biometrik adalah teknologi yang menggunakan karakteristik biologis untuk mengidentifikasi individu[1]. Retina adalah salah satu dari karakteristik biologis yang populer. Retina merupakan bagian dari mata yang memiliki permukaan sferis[2] yang terletak dibagian paling dalam dari bola mata dan merupakan sistem biometrik yang dapat diamati secara langsung dan non-invasif [3]. Retina dipilih karena memiliki pola pembuluh darah yang unik dan berbeda dari satu orang ke orang lain, bahkan diantara kembar identik[1]. Pola pembuluh darah retina dapat mengidentifikasi panjang, lebar, tortuositas, pola percabangan, dan sudut [4] untuk diagnosis dan tindak lanjut dari penyakit [2]. Kondisi pembuluh retina adalah *biomarker* yang dapat dipercaya dari beberapa penyakit *ophthalmologic* dan kardiovaskular[3][4]. Salah satu langkah awal setelah pemrosesan awal adalah segmentasi.

Segmentasi citra adalah teknik fundamental dalam memproses gambar dan visi komputer[5]. Ahli medis dapat menggunakan segmentasi citra untuk diagnosis penyakit[6] dengan kata lain melakukan perbaikan, pengubahan, dan penyederhanaan gambar agar mudah digunakan untuk menganalisis[7]. Segmentasi pembuluh retina adalah topik hangat dalam analisis citra retina. banyak teknik dikembangkan dan diusulkan dalam literatur termasuk pendekatan yang diawasi atau tidak diawasi [8]. Segmentasi yang akurat dari pembuluh-pembuluh retina telah menjadi prasyarat langkah untuk sistem diagnosis. Salah satu tahapan penting dalam proses pendekatan segmentasi adalah *multilevel thresholding*. *Thresholding* citra merupakan salah satu jenis teknik segmentasi yang membagi segmen atau partisi satu gambar menjadi beberapa objek untuk mendeteksi berbagai daerah warna yang sama atau intensitas tingkat abu-abu [9]. Fungsi utama *thresholding* citra dalam *multilevel thresholding* adalah memilih nilai ambang yang sesuai [5]. Nilai ambang adalah nilai intensitas

dipilih dari warna (untuk gambar warna) atau tingkat abu-abu (untuk gambar skala abu-abu) intensitas gambar[9].

Dalam tugas akhir ini *multilevel thresholding* dimanfaatkan sebagai metode untuk melakukan segmentasi pembuluh darah pada citra retina. Sehingga hasil segmentasi dapat digunakan untuk proses selanjutnya seperti deteksi, klasifikasi, dan identifikasi.

1.2. Rumusan dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana segmentasi citra retina menggunakan metode *Multilevel Thresholding Otsu*. Selain itu juga terdapat batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini, parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas segmentasi yaitu, PSNR, akurasi, sensitivitas, dan spesifikasi.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.3.1. Tujuan

- a. Mengukur kualitas metode *Multilevel Thresholding-Otsu* untuk segmentasi pembuluh darah.
- b. Mengimplementasikan algoritma untuk pengolahan citra retina menggunakan metode *Multilevel Thresholding-Otsu*.

1.3.2. Manfaat

- a. Dapat membantu dokter secara otomatis untuk menidentifikasi pembuluh darah dengan waktu pemrosesan yang cukup cepat.
- b. Dapat mengimplementasikan algoritma untuk pengolahan citra retina menggunakan metode *Multilevel Thresholding Otsu*.

1.4. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini akan melewati beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Metode Study Pustaka/Literatur.

Dalam tahap ini akan dilakukan segmentasi menggunakan *Multilevel Thresholding Otsu* yang didapat melalui jurnal ilmiah, buku, majalah maupun internet untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

2. Metode Konsultasi

Peneliti melakukan konsultasi kepada orang yang dianggap memiliki pengetahuan dan wawasan terhadap permasalahan saat pembuatan Tugas Akhir.

3. Metode Pengumpulan Data

Dalam tahap ini, dilakukan dengan menggunakan citra retina database yang sudah tersedia dalam *database STARE*. Data yang akan diteliti sebanyak 20 citra retina.

4. Metode Observasi

Metode ini dilakukan dengan pengamatan dan pencatatan terhadap data yang diperoleh.

5. Metode Perancangan Dan Pembuatan Sistem (*Software*)

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan serta pembuatan sistem (*software*) yang dapat dilakukan untuk segmentasi citra retina dengan metode *Multilevel Thresholding Otsu*. Sehingga sistem tersebut dapat melakukan segmentasi terhadap citra retina.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk lebih memudahkan dalam penulisan dan menyusun penelitian ini, serta untuk lebih memperjelas isi dari setiap bab yang ada pada laporan, maka dibuatlah sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis akan menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis akan menjelaskan pembahasan mengenai landasan teori masalah yang diangkat pada penelitian tugas akhir ini meliputi, teori tentang *Multilevel Thresholding Otsu* yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang diangkat dalam penelitian.

BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN

Berisi tentang perancangan sistem segmentasi dengan pemanfaatan preprocessing citra retina mata dan perbandingan menggunakan metode *Multilevel Thresholding Otsu*.

BAB IV IMPLEMENTASI PENGUJIAN

Dalam bab ini membahas membahas proses implementasi perangkat lunak dari hasil prapengolahan citra dan metode *Multilevel Thresholding Otsu*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menguraikan beberapa kesimpulan dan pembahasan masalah dari bab-bab sebelumnya serta memberikan saran yang bisa bermanfaat untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. N. Figueiredo *et al.*, “Automated retina identification based on multiscale elastic registration,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 79, pp. 130–143, 2016.
- [2] N. Brancati, M. Frucci, D. Gragnaniello, D. Riccio, V. Di Iorio, and L. Di Perna, “Automatic Segmentation of Pigment Deposits in Retinal Fundus Images of Retinitis Pigmentosa,” *Comput. Med. Imaging Graph.*, vol. 66, no. June 2017, pp. 73–81, 2018.
- [3] A. Oliveira, S. Pereira, and C. A. Silva, “Retinal vessel segmentation based on Fully Convolutional Neural Networks,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 112, pp. 229–242, 2018.
- [4] Z. Jiang, H. Zhang, Y. Wang, and S. Ko, “Retinal blood vessel segmentation using fully convolutional network with transfer learning,” *Comput. Med. Imaging Graph.*, vol. 68, no. July 2017, pp. 1–15, 2018.
- [5] Z. Guo, X. Yue, G. Liu, S. Wang, and K. Li, “An improved harmony search algorithm for multilevel image segmentation,” *Innov. Comput. Inf. Control Express Lett.*, vol. 9, no. 9, pp. 2531–2536, 2015.
- [6] M. Hassan, M. Amin, I. Murtaza, A. Khan, and A. Chaudhry, “Robust Hidden Markov Model based intelligent blood vessel detection of fundus images,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 151, pp. 193–201, 2017.
- [7] Erwin and M. Fachrurrozi, “Pemrosesan Citra Berwarna & Aplikasi dengan Java,” no. February, p. 105, 2017.
- [8] F. Huang, B. Dashtbozorg, T. Tan, and B. M. ter Haar Romeny, “Retinal artery/vein classification using genetic-search feature selection,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 161, pp. 197–207, 2018.
- [9] D. Mishra, I. Bose, U. C. De, and B. Pradhan, “A Multilevel Image Thresholding Using Particle Swarm Optimization,” *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 1204–1211, 2014.
- [10] L. Tan and J. Jiang, *Digital Signal Processing*. 2019.

- [11] A. Maharjan, “Blood Vessel Segmentation from Retinal Images,” no. June, p. 88, 2016.
- [12] A. Das, *Guide to Signals and Patterns in Image Processing*. Springer International Publishing, 2015.
- [13] Erwin, Saparudin, and W. Saputri, “New Hybrid Multilevel Thresholding and Improved Harmony Search Algorithm for Image Segmentation,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, pp. 31–41, 2018.