

**SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA CITRA
RETINA DENGAN METODE ITERATIVE SELF
ORGANIZING DATA ANALYSIS**

TUGAS AKHIR

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



OLEH :

HERANTI REZA DAMAYANTI

09011181621021

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

HALAMAN PENGESAHAN

SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA CITRA RETINA DENGAN METODE ITERATIVE SELF-ORGANIZING DATA ANALYSIS

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh:

HERANTI REZA DAMAYANTI

09011181621021

Indralaya, Juli 2020

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Erwin, M.Si.
NIP. 197101291994121001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Jum'at

Tanggal : 10 Juli 2020

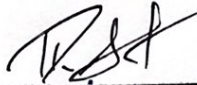
Tim Penguji :


1. Ketua : Rahmat Fadli Isnanto, M.Sc.

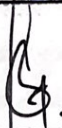
2. Sekretaris : Dr. Erwin, M.Si.

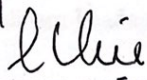
3. Anggota I : Sutarno, M.T.

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









Mengetahui

Ketua Jurusan Sistem Komputer




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

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Heranti Reza Damayanti

NIM : 09011181621021

Judul : Segmentasi Pembuluh Darah pada Citra Retina dengan *Iterative Self-Organizing Data Analysis*.

Hasil Pengecekan *Software iThenticate / Turnitin* : 5%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya ini 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 dipaksakan.



Indralaya, Juli 2020



Menyatakan,

Heranti Reza Damayanti

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Focus on what you can do, not what you can’t. Small steps turn into miles”

“Tidak ada kesuksesan melainkan dengan pertolongan Allah.” (Q.S. Hud:88)

Dengan segenap rasa cinta dan kasih sayang serta kerendahan hati, ku persembahkan karya tugas akhir ini kepada :

- *Kedua orang tuaku yang telah memberikan kasih sayang yang tak ada batasnya serta mengajari dan mendidik hingga sampai saat ini.*
- *Saudara-saudara kandungku yang selalu pengertian dan memberikan semangat.*
- *Sahabat serta teman seperjuangan di jurusan Sistem Komputer.*
- *Segenap civitas akademik Universitas Sriwijaya.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Dengan segala puji syukur yang selalu dipanjatkan kepada Allah SWT. karena telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya, agar penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini yang berjudul "Segmentasi Pembuluh Darah Pada Citra Retina dengan Metode *Iterative Self-Organizing Data Analysis*".

Beberapa proses telah banyak dilalui oleh penulis, namun hal itu tidak lain dari ajaran, bantuan, bimbingan serta dukungan dari pihak yang banyak berperan penting. Maka dari itu, dalam penulisan tugas akhir ini penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan berkah beserta karunia-Nya dalam penyusunan tugas akhir ini. Dan saya ucapkan banyak terima kasih juga kepada :

1. Orangtua tercinta, Papa Alm. H. Hanuddin yang dulu selalu mendukung apapun semua kegiatan dan Mama Hj. Kusnawati yang sampai sekarang mendukung, menyemangati, dan selalu mendoakan yang terbaik untuk anak-anaknya.
2. Saudara kandung, Ayuk dan Kakak yang juga selalu menyemangati dan sebagai donator selama di perkuliahan ini. Serta keluarga besar penulis yang lainnya.
3. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd. M.T yang sekarang sebagai Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. Sukemi, M.T. selaku Ketua Jurusan Sisten Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Erwin, S.Si., M.Si. sebagai Pembimbing Tugas Akhir dari penulis.
6. Bapak Sutarno, M.T. sebagai Dosen Pembimbing Akademik.
7. Mbak Winda Kurnia Sari sebagai Admin Jurusan Sistem Komputer yang banyak membantu mahasiswa dalam pemberkasan.
8. Mas Gusti Pangestu yang selalu mendengarkan cerita keluh, kesah, sedih, bahagia dan yang selalu memberi masukan, menyemangati, menemani hingga saat ini walaupun dari kejauhan.

9. Anggota mahasiswa inshaf yang selalu ada sejak awal perkuliahan hingga sekarang **Rani, Adhel, Riri, Farhan, Ejak, Harry.**
10. Teman nongkrong, makan, minum, tidur, skripsian di Lab Bocid **Winda, Dwi, Ega, Angga.**
11. Teman yang menjadi panutan dan selalu memotivasi agar menyelesaikan skripsi ini **Devi.**
12. Kakak-kakak tingkat yang menjadi panutan, yang selalu membantu tapi saya repotkan dengan banyak pertanyaan **Kak Faris,** yang selalu membantu adik tingkat mencari solusi **Kak Tomi,** dan kakak tingkat seperbimbingan **Kak Tari, Kak Qonita, Kak Alya, Kak Yeni, Kak Ghiena, Kak Ulpa, Kak Ilham, Kak Shof.**
13. Teman-teman seperjuangan bimbingan.
14. Teman-teman kelas Sistem Komputer A yang sudah berjuang dan bertahan sampai saat ini, dan teman-teman lain yang tidak bisa saya tulis satu persatu.
15. Terima kasih semua telah berjuang dan bertahan hingga akhir, seberat apa pun masalah pasti semua akan kita lewati.

Penulisan tugas akhir ini tentunya banyak kekurangan serta kesalahan yang tidak disengaja. Maka dari itu, penulis dengan sangat terbuka menerima kritik dan saran untuk penelitian kedepannya. Penulis juga berharap semoga penulisan tugas akhir yang dikerjakan ini dapat dikembangkan dan bermnfaat dalam bidang ilmu pengetahuan.

Wa'alaikumsalam Warahmatullahi Wabarakatuh.

Indralaya, Juli 2020

Heranti Reza Damayanti

SEGMENTATION OF BLOOD VESSEL IN RETINAL IMAGE USING ITERATIVE SELF-ORGANIZING DATA ANALYSIS

Heranti Reza Damayanti (09011182621021)

*Department of Computer Engineering, Faculty of Computer Science,
Sriwijaya University*

Email: herantird@gmail.com

Abstract

The retinal fundus is the surface in the eye that is connected to the lens. Identification of the disease requires several parts of the retinal fundus, one of which is blood vessels. Blood vessels are part of the circulatory system that serves to supply blood to the retinal region. This study proposes a method for segmenting blood vessels in retinal images with Iterative Self-Organizing Data Analysis (ISODATA). The first step is pre-processing with the input image changed to Green Channel, then increasing contrast with Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), then the Enhancement Filter process. For the segmentation process, the method used is the Iterative Self-Organizing Data Analysis (ISODATA). For the post-processing stage with the steps of eliminating small pixels, masking and elimination of noise edges, median filter, and finally the closing morphology of the dataset used in this study are DRIVE and STARE. The average results obtained for the STARE dataset with an accuracy of 94.71%, sensitivity 58.47%, specifications 98.33%, precision 79.21%, F1 score 67.00% (comparison with Adam Hoover's ground truth) and accuracy 92, 83%, sensitivity 48.25%, specifications 98.83%, precision 85.90%, and F1 score 61.49% (comparison with Valentina Kouznetsova's ground truth). As for the DRIVE dataset, the results obtained were accuracy 96.29%, sensitivity 55.82%, spesifications 98.20%, precision 89, 47%, and F1 score 68.60%.

Keywords : *Segmentation, Blood Vessel Retinal Fundus, Enhancement Filter, ISODATA*

SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA CITRA RETINA DENGAN ITERATIVE SELF-ORGANIZING DATA ANALYSIS

Heranti Reza Damayanti (09011181621021)
Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Sriwijaya
Email : herantird@gmail.com

Abstrak

Fundus retina adalah permukaan yang ada dalam mata berhubungan dengan lensa. Identifikasi penyakit diperlukan beberapa bagian fundus retina, salah satunya pembuluh darah. Pembuluh darah merupakan bagian system perputaran yang berfungsi memasok darah ke wilayah retina. Penelitian ini mengusulkan sebuah metode untuk segmentasi pembuluh darah pada citra retina dengan *Iterative Self-Organizing Data Analysis (ISODATA)*. Langkah pertama dilakukan pre-processing dengan citra masukan diubah ke Green Channel, lalu dilakukan peningkatan kontras dengan Contrast Limited Adaptive Histogram Equaliation (CLAHE), selanjutnya proses Enhancement Filter. Untuk proses segmentasi, metode yang digunakan *Iterative Self-Organizing Data Analysis (ISODATA)*. Untuk tahap post-processing dengan tahapan penghapusan piksel kecil, pembuatan mask dan eliminasi tepi noise, median filter, dan terakhir morfologi closing Dataset yang digunakan dalam penelitian ini yaitu DRIVE dan STARE. Hasil rata-rata yang diperoleh untuk dataset STARE dengan akurasi 94,71%, sensitivitas 58,47%, spesififikasi 98,33%, presisi 79,21%, F1 Score 67,00% (perbandingan dengan ground truth Adam Hoover) dan akurasi 92,83%, sensitivitas 48,25%, spesififikasi 98,83%, presisi 85,90%, dan F1 Score 61,49% (perbandingan dengan ground truth Valentina Kouznetsova). Sedangkan untuk dataset DRIVE hasil yang diperoleh akurasi 96,29%, sensitivitas 55,82%, spesififikasi 98,20%, presisi 89,47%, dan F1 Score 68,60%.

Kata Kunci : Segmentasi, Pembuluh Darah, Fundus Retina, *Enhancement Filter, ISODATA*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan dan Batasan Masalah.....	2
1.2.1. Rumusan Masalah	2
1.2.2. Batasan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Sistematika Penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu	5
2.2. Landasan Teori.....	6
2.2.1. Struktur Mata.....	6
2.2.2. Retina.....	7
2.2.3. Citra	7
2.2.3.1. Pengertian Citra	7
2.2.3.2. Definisi Citra Digital.....	8

2.2.3.3. Citra RGB	8
2.2.3.4. Citra Biner.....	9
2.2.4. Segmentasi Citra.....	10
2.2.5. <i>Green Channel</i>	11
2.2.6. <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i>	11
2.2.7. <i>Filter Citra</i>	12
2.2.7.1. <i>Gaussian Filter</i>	12
2.2.7.2. <i>Unsharp Masking</i>	13
2.2.7.3. <i>Median Filter</i>	13
2.2.8. <i>Thresholding</i>	14
2.2.9. <i>Iterative Self-Organizing Data Analysis</i>	15
2.2.10. <i>Morphology Closing</i>	17

BAB III METODOLOGI

3.1. Pendahuluan	19
3.2. Kerangka Kerja	19
3.3. Dataset.....	20
3.3.1. STARE.....	20
3.3.2. DRIVE	20
3.4. Lingkungan Hardware dan Software	21
3.4.1. Hardware.....	21
3.4.2. Software	21
3.5. Perancangan sistem	21
3.5.1. Input Citra.....	23
3.5.2. <i>Pre-Processing</i>	23
3.5.2.1. <i>Pemilihan Channel</i>	23
3.5.2.2. <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i>	24
3.5.2.3. <i>Enhancement Filter</i>	25
3.5.3. <i>Vessel Segmentation</i>	26
3.5.4. <i>Post-Processing</i>	27
3.5.4.1. Penghapusan Piksel Kecil.....	27
3.5.4.2. Pembuatan <i>Mask</i> dan Eliminasi Tepi Noise.....	28

3.5.4.3. <i>Median Filter</i>	29
3.5.4.4. <i>Morphology Closing</i>	29
3.6. <i>Output Citra</i>	30

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

4.1 Akuisisi Citra dan Dataset.....	31
4.1.1. Dataset Citra STARE dan DRIVE	31
4.1.2. Dataset	31
4.2. Tahapan Pemrosesan.....	36
4.2.1. <i>Input Citra</i>	36
4.2.2. <i>Pre-Processing</i>	37
4.2.2.1. <i>Pemilihan Channel</i>	37
4.2.2.2. <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i>	38
4.2.2.3. <i>Enhancement Filter</i>	41
4.2.3. <i>Vessel Segmentation</i>	44
4.2.4. <i>Post-Processing</i>	48
4.2.4.1. Penghapusan Piksel Kecil.....	48
4.2.4.2. Pembuatan <i>Mask</i> dan Eliminasi Tepi	49
4.2.4.3. <i>Median Filter</i>	49
4.2.4.4. <i>Morphology Closing</i>	51
4.2.5. <i>Output Citra</i>	53
4.3. Pengukuran Parameter	54
4.5. Pembahasan dan Analisis	58

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA	66
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	69
----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Mata.....	6
Gambar 2.2. Model Warna RGB.....	9
Gambar 2.3. Representasi Citra Biner.....	10
Gambar 2.4. Proses Operasi <i>Morphology Closing</i>	18
Gambar 3.1. Kerangka Kerja Penelitian	19
Gambar 3.2. Dataset.....	20
Gambar 3.3. Perancangan Sistem.....	22
Gambar 3.4. Kerangka Kerja Pemilihan <i>Channel</i>	23
Gambar 3.5. Kerangka Kerja CLAHE	24
Gambar 3.6. Kerangka Kerja <i>Enhancement Filter</i>	25
Gambar 3.7. Kerangka Kerja Segmentasi	26
Gambar 3.8. Kerangka Kerja Penghapusan Piksel Kecil.....	27
Gambar 3.9. Kerangka Kerja Pembuatan <i>Mask</i>	28
Gambar 3.10. Kerangka Kerja <i>Median Filter</i>	29
Gambar 3.11. Kerangka Kerja <i>Morphology Closing</i>	30
Gambar 4.1. <i>Input</i> Citra	37
Gambar 4.2. Hasil CLAHE	40
Gambar 4.3. Hasil <i>Enhancement Filter</i>	43
Gambar 4.4. Hasil Segmentasi	48
Gambar 4.5. Hasil Penghapusan Piksel Kecil.....	48
Gambar 4.6. Hasil <i>Mask</i> Citra Retina	49
Gambar 4.7. Hasil <i>Median Filter</i>	50
Gambar 4.8. Hasil Akhir Penelitian	53
Gambar 4.9. Perbandingan Hasil Penelitian	54
Gambar 4.10. Citra Ukuran 6x6.....	56
Gambar 4.11. Evaluasi <i>Matlab</i> dan <i>Python</i>	63

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Dataset STARE	31
Tabel 4.2. Dataset DRIVE	34
Tabel 4.3. Perbedaan Hasil <i>Kanal RGB</i>	38
Tabel 4.4. Proses Perhitungan Perbaikan Kualitas Citra	40
Tabel 4.5. Hasil Pixel Perbaikan Kualitas Citra	40
Tabel 4.6. Proses Mencari Intensitas Keabuan	45
Table 4.7. Nilai Skala Keabuan $<T$	46
Tabel 4.8. Nilai Skala Keabuan $>T$	46
Tabel 4.9. Proses <i>Dilasi</i>	51
Tabel 4.10. Hasil <i>Dilasi</i>	52
Tabel 4.11. Proses <i>Erosi</i>	52
Tabel 4.12. Hasil <i>Morphology Closing</i>	53
Tabel 4.13. Hasil Pengukuran Parameter dari Dataset STARE.....	50
Tabel 4.14. Hasil pengukuran Parameter dari Dataset DRIVE.....	60
Tabel 4.15. Hasil Peningkatan Dataset STARE dari Penelitian Sebelumnya.....	61
Tabel 4.16. Hasil Peningkatan Dataset DRIVE dari Penelitian Sebelumnya	62
Tabel 4.17. Perbandingan Hasil Olah dengan Hasil Penelitian Lain	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Program

Lampiran 2. Perbandingan Hasil Olah dengan *Ground Truth* Dataset STARE

Lampiran 3. Perbandingan Hasil Olah dengan *Ground Truth* Dataset DRIVE

Lampiran 4. Berkas Revisi Tugas Akhir

Lampiran 5. Hasil Pengecekan Software *iTenticate / Turnitin*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bagian organ penting di tubuh manusia yang fungsinya untuk melihat adalah mata. Ciri seseorang mengidap penyakit mata yaitu adanya perubahan pada pembuluh citra retina. Untuk mendiagnosis berbagai penyakit diperlukan struktur pembuluh darah karena mengandung banyak informasi penting[1]. Dalam menganalisa sebuah penyakit salah satu bagian dalam fundus retina yang dapat digunakan untuk identifikasi penyakit adalah pembuluh darah pada bagian fundus retina, dimana fundus retina adalah permukaan dalam mata yang terletak bertentangan dengan lensa[2]. Perubahan yang terjadi pada citra retina menjadi salah satu tanda seseorang menderita penyakit tertentu. Penyakit itu terlihat karena ada perubahan pada pembuluh retina dalam mata, misalnya percabangan pembuluh yang berlebihan, terdapat bercak, pembuluh darah melebar, dan terjadi pembengkakan[3].

Pembuluh darah pada retina memiliki fungsi utama untuk mensuplai darah dan oksigen ke dalam retina. Apabila pembuluh darah tidak tersuplai darah dan oksigen, maka hal tersebut bisa menjadi tolak ukur mendeteksi apakah ada gangguan kesehatan. Salah satu proses penting untuk menganalisis penyakit pada pembuluh darah yaitu dengan segmentasi. Segmentasi yaitu proses dari pra pengolahan citra yang tujuan utamanya adalah memisahkan antara objek foreground dan background. Pada penelitian ini objek yang akan digunakan adalah pembuluh darah. Dimana hasil keluaran dari segmentasi pembuluh darah berupa citra biner dan objek yang diinginkan berwarna putih. Namun, dalam dunia medis proses untuk mendapatkan segmentasi pembuluh darah memerlukan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, diperlukan suatu cara agar memperoleh hasil segmentasi dengan otomatis, lebih cepat, serta menghasilkan akurasi yang tinggi.

Berkenaan tentang seriusnya gejala yang ditimbulkan oleh penderita penyakit pada retina, maka perlu adanya sebuah langkah awal yang dilakukan untuk mendeteksi adanya kelainan pada pembuluh darah sebelum efek yang ditimbulkan makin parah dan merugikan mata. Dengan adanya langkah deteksi dini ini

diharapkan pasien dapat mengantisipasi hal-hal buruk yang dapat saja terjadi seperti kebutaan dan lainnya.

Terkait dengan langkah deteksi awal tersebut, dalam penelitian ini mengembangkan sebuah metode yang dapat digunakan untuk segmentasi pembuluh darah, dimana metode yang dikembangkan memanfaatkan gambar atau image retina. Gambar retina ini kemudian diolah dengan menggunakan beberapa metode pengolahan citra secara segmentasi menggunakan *Iterative Self-Organizing Data Analysis (ISODATA)*. Dari proses segmentasi diharapkan bisa menjadi sebuah solusi alternatif untuk mengetahui gejala awal penyakit adanya kelainan pada pembuluh darah secara cepat dan akurat.

1.2. Rumusan dan Batasan Masalah

1.2.1. Rumusan Masalah

Untuk mengetahui penyakit pada retina dapat didiagnosis melalui pembuluh darah. Pembuluh darah retina merupakan komponen penting dan mempunyai pola perbedaan yang sangat baik antara individu yang satu dan lainnya. Langkah yang harus dilakukan untuk mendeteksi penyakit retina bisa melalui segmentasi pembuluh darah dengan terlebih dahulu menyiapkan data citra retina mata. Kemudian peningkatan dan perbaikan kualitas citra dengan pengambilan fokus pembuluh darah. Dari hasil fokus tersebut akan dianalisa hasil evaluasi kinerja penelitian dengan pengukuran parameter Akurasi, Sensitivitas, Spesififikasi, Presisi dan F1 Score yang didapatkan dari hasil segmentasi pembuluh darah citra retina dengan metode *Iterative Self-Organizing Data Analysis* serta dibandingkan terhadap *ground truth* dari para peneliti lain.

1.2.2. Batasan Masalah

Berdasarkan hasil latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah dan batasan masalah yang ada pada tugas akhir ini adalah :

1. Dataset yang akan digunakan dalam penelitian ini bersumber dari STARE dan DRIVE.
2. Proses segmentasi pembuluh darah meliputi metode *Green Channel*, *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*, *Enhancement Filter*,

Iterative Self-Organizing Data Analysis (ISODATA), Penghapusan Piksel, Pembuatan Mask, Median Filter, Morfologi Closing.

3. Hasil evaluasi kinerja penelitian akan dihitung menggunakan lima parameter diantaranya adalah akurasi, sensitivitas, spesifikasi, presisi serta F1 score.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan maksud dan tujuan sebagai berikut :

1. Mendapatkan keluaran citra biner yang akan digunakan untuk pemrosesan segmentasi.
2. Mendapatkan tingkat keakuratan menggunakan hasil akurasi, sensitivitas, spesifikasi, presisi dan F1 Score dari metode yang telah diusulkan.
3. Mengimplementasikan algoritma metode *Iterative Self-Organizing Data Analysis* untuk segmentasi pembuluh darah pada citra retina.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Mendapatkan objek dari hasil segmentasi pembuluh darah pada citra retina dengan perolehan citra biner pembuluh darah retina berdasarkan metode *Iterative Self-Organizing Data Analysis (ISODATA)*.
2. Dapat membantu dunia medis dalam diagnosis secara otomatis untuk mengidentifikasi pembuluh darah dengan waktu pemrosesan yang cukup cepat.

1.5. Sistematika Penulisan

Agar memahami isi dari Tugas Akhir ini, maka penulisan akan dikelompokkan menjadi beberapa sub bagian sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan berisikan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dikerjakan serta landasan teori yang berkaitan dengan pokok permasalahan penelitian.

BAB III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Bab ini akan membahas dataset yang akan digunakan, lingkungan hardware dan software, kerangka kerja penelitian, serta metode secara lebih luas.

BAB IV. IMPLEMENTASI PENGUJIAN

Pada bab ini membahas persiapan dataset, proses tahapan segmentasi, hasil akhir, perbandingan dengan hasil pakar lain, perhitungan parameter, analisis dan pembahasan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan tentang keseluruhan isi bab pada tugas akhir ini dan saran untuk penelitian kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. P. Singh and R. Srivastava, "Retinal blood vessels segmentation by using Gumbel probability distribution function based matched filter," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 129, pp. 40–50, 2016.
- [2] M. R. Kurnia, H. Tjandrasa, and Y. Wijaya, "Implementasi Segmentasi Pembuluh Darah Retina Pada Citra Fundus Mata Menggunakan Tekstur , Thresholding dan Operasi Morfologi," *e-jurnal Tek. Pomits*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [3] W. Cahyaningrum, R. C. Wihandika, and A. W. Widodo, "Segmentasi Pembuluh Darah Pada Citra Retina Menggunakan Algoritme Multi-Scale Line Operator dan Preprocessing Data dengan K-Means," vol. 2, no. 6, pp. 2353–2363, 2018.
- [4] P. R. Wankhede and K. B. Khanchandani, "Retinal blood vessel segmentation using graph cut analysis," *Int. Conf. Ind. Instrum. Control. ICIC*, pp. 1429–1432, 2015.
- [5] E. G. Dada, "Retinal Vessel Segmentation Based On Primal-Dual Asynchronous Particle Swarm Optimization (pdAPSO) Algorithm," *Arid Zo. J. Eng. Technol. Environ.*, vol. 13, no. 2, pp. 229–237, 2017.
- [6] J. Son, S. J. Park, and K.-H. Jung, "Retinal Vessel Segmentation in Fundoscopic Images with Generative Adversarial Networks," 2017.
- [7] G. Chen, M. Chen, J. Li, and E. Zhang, "Retina Image Vessel Segmentation Using a Hybrid CGLI Level Set Method," *Biomed Res. Int.*, 2017.
- [8] S. A. 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.
- [9] L. Câmara Neto, G. L. B. Ramalho, J. F. S. Rocha Neto, R. M. S. Veras, and F. N. S. Medeiros, "An unsupervised coarse-to-fine algorithm for blood vessel segmentation in fundus images," *Expert Syst. Appl.*, vol. 78, no. February, pp. 182–192, 2017.
- [10] Ç. Sazak, C. J. Nelson, and B. Obara, "The multiscale bowler-hat transform for blood vessel enhancement in retinal images," *Pattern Recognit.*, vol. 88,

- pp. 739–750, 2019.
- [11] A. B. Usakli and S. Gurkan, “Design of a Novel Efficient Human–Computer Interface: An Electrooculogram Based Virtual Keyboard,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 59, no. 8, pp. 2099–2108, 2010.
- [12] A. P. Putra, Y. I. Nurhasanah, and A. Zulkarnain, “Deteksi Penyakit Diabetes Retinopati Pada Retina Mata Berdasarkan Pengolahan Citra,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 3, pp. 376–390, 2017.
- [13] R. Y. N. Maghfira Rifki H, Ratri Dwi Atmaja, “Segmentation Of Blood Vessel In The Retina Fundus Using Matched Filter And Morphology Operation,” vol. 4, no. 2, pp. 2355–9365, 2017.
- [14] Y. R. W. Utami, “Pengenalan Warna Berdasarkan Karakteristik Citra,” *J. Ilm. SINUS*, pp. 31–38, 2016.
- [15] Arifin;Budiman, “Edge Detection Menggunakan Metode Roberts’ Cross,” *J. SIFO Mikroskil*, no. 112, 2012.
- [16] Y. Qian Zhao, X. Hong Wang, X. Fang Wang, and F. Y. Shih, “Retinal vessels segmentation based on level set and region growing,” *Pattern Recognit.*, vol. 47, no. 7, pp. 2437–2446, 2014.
- [17] N. K, S. C R, and N. Raju, “A Comparison of Contrast Enhancement Techniques in Poor Illuminated Gray Level and Color Images,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 25, no. 2, pp. 17–25, 2011.
- [18] M. S. Hitam, E. A. Awalludin, W. N. Jawahir Hj Wan Yussof, and Z. Bachok, “Mixture contrast limited adaptive histogram equalization for underwater image enhancement,” *Int. Conf. Comput. Appl. Technol. ICCAT 2013*, 2013.
- [19] M. H. S. Javadi and H. R. Mahdiani, “Efficient Utilization of Imprecise Blocks for Hardware Implementation of a Gaussian Filter,” *Proc. IEEE Comput. Soc. Annu. Symp. VLSI, ISVLSI*, vol. 07-10-July, pp. 33–37, 2015.
- [20] F. Cabello, J. Leon, Y. Iano, and R. Arthur, “Implementation of a fixed-point 2D Gaussian Filter for Image Processing based on FPGA,” *Signal Process. - Algorithms, Archit. Arrange. Appl. Conf. Proceedings, SPA*, vol. 2015-Decem, pp. 28–33, 2015.
- [21] C. K. Tran, C. D. Tseng, and T. F. Lee, “Improving Diagnostic Viewing of

- Region of Interest in Lung Computed Tomography Image Using Unsharp Masking and Singular Value Decomposition,” *Proc. - 3rd Int. Conf. Green Technol. Sustain. Dev. GTSD 2016*, pp. 10–13, 2016.
- [22] I. Maulana and P. N. Andono, “Analisa Perbandingan Adaptif Median Filter Dan Median Filter Dalam Reduksi Noise Salt & Pepper,” *CogITo Smart J.*, vol. 2, no. 2, p. 157, 2016.
- [23] C. A. B. de Mello, “Image thresholding,” *Digit. Doc. Anal. Process.*, vol. 2006, no. Snati, pp. 71–98, 2013.
- [24] T. Mapayi, S. Viriri, and J. R. Tapamo, “Comparative study of retinal vessel segmentation based on global thresholding techniques,” *Comput. Math. Methods Med.*, vol. 2015, 2015.
- [25] A. A. A. Youssif, A. Z. Ghalwash, and A. S. Ghoneim, “A Comparative Evaluation of Preprocessing Methods for Automatic Detection of Retinal Anatomy,” *Proc. Fifth Int. Conf. Informatics Syst.*, pp. 24–30, 2007.
- [26] M. Mubbashar, A. Usman, and M. U. Akram, “Automated system for macula detection in digital retinal images,” *ICICT 2011 - Proc. 4th Int. Conf. Inf. Commun. Technol.*, pp. 139–143, 2011.
- [27] A. Hoover, “Locating blood vessels in retinal images by piecewise threshold probing of a matched filter response,” *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 19, no. 3, pp. 203–210, 2000.
- [28] J. Staal *et al.*, “Ridge-Based Vessel Segmentation in Color Images of the Retina,” vol. 23, no. 4, pp. 501–509, 2004.
- [29] 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.