

**SEGMENTASI RETINA MENGGUNAKAN METODE
LUMINANCE CHANNEL DAN ACTIVE CONTOUR
PADA *OPTICAL DISC***

TUGAS AKHIR

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



OLEH :

**BINTI CANIA
09011181520046**

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

LEMBAR PENGESAHAN

SEGMENTASI RETINA MENGGUNAKAN METODE *LUMINANCE CHANNEL DAN ACTIVE CONTOUR* PADA *OPTICAL DISC*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Stara 1

Oleh :

BINTI CANIA
09011181520046

Indralaya, Mei 2020

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

Pembimbing Tugas Akhir



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 21 April 2020

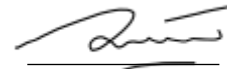
Tim Penguji :

1. Ketua : Huda Ubaya, S.T., MT

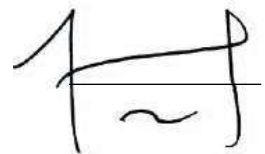
2. Sekretaris : Dr. Erwin, S.Si., M.Si.

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

4. Anggota II : M. Fachrurrozi, S.Si., M.T



APPROVED
By Rossi Passarella at 8:42 am, Jun 11, 2020



Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Binti Cania
NIM : 09011181520046
Program Studi : Sistem Komputer
Judul : Segmentasi Retina menggunakan Metode Luminance Channel dan Active Contour pada Optical Disc

Menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plaiat 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, Mei 2020



Binti Cania

SEGMENTATION RETINAL USING LUMINANCE CHANNEL AND ACTIVE CONTOUR METHODS IN OPTICAL DISC

Binti Cania (09011181520046)

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

Email : niabican@gmail.com

ABSTRACT

The retina is an important part of the eye that covers the eye area with light sensitive cells. OD detection is the first part of the change in shape, color or depth of OD to help detect some diseases such as diabetic retinopathy or any type of eye injury. OD segmentation is very important in image analysis, helping diagnosis for various types of eye diseases such as diabetic retinopathy or glaucoma. In this study using the Luminance Channel and Active Contour and using the STARE dataset, first convert the original image to HSL (hue, saturation, lightness), increase contrast with Clahe, , then eliminate noise in the retinal image and improve the quality of image detail using the Gaussian Filter, then for the detection stage using Active Contour in a circular transformation combining the same OD detection and OD segmentation and placing both OD centers and OD boundaries together. Using this method the results are 95% accuracy and 95% sensitivity.

Keywords: Retina, Optical Disc, Diabetic Retinopathy, Luminance Channel, Active Contour

Mengetahui,

Head of Department Computer Engineering



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

Indralaya, Mei 2020
Supervisor I,



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

SEGMENTASI RETINA MENGGUNAKAN METODE *LUMINANCE CHANNEL* DAN *ACTIVE CONTOUR* PADA *OPTICAL DISC*

Binti Cania (09011181520046)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : niabican@gmail.com

ABSTRAK

Retina merupakan bagian penting dari mata yang menutupi area mata dengan sel sensitif cahaya. Deteksi OD adalah bagian pertama perubahan bentuk, warna atau kedalaman OD membantu mendeteksi beberapa penyakit seperti pada *Diabetic Retinopathy* atau semua jenis cedera mata. Segmentasi OD sangat penting dalam analisis gambar, membantu diagnosis untuk berbagai jenis penyakit mata seperti diabetes retinopati atau glaukoma. Pada penelitian ini menggunakan *Luminance Channel* dan *Active Contour* serta menggunakan dataset STARE, terlebih dahulu mengkonversi citra asli menjadi HSL(*hue, saturation, lightness*), peningkatan kontras dengan *Clahe*, kemudian menghilangkan noise pada citra retina dan meningkatkan kualitas detail citra menggunakan *Gaussian Filter*, selanjutnya untuk tahap deteksi menggunakan *Active Contour* pada transformasi melingkar menggabungkan deteksi OD dan segmentasi OD yang sama dan menempatkan kedua pusat OD dan batas OD secara bersamaan.

Dengan menggunakan metode ini mendapatkan hasil akurasi 95% dan sensitifitas 95%.

Kata Kunci : Retina, *Optical Disc*, *Diabetic Retinopathy*, *Luminance Channel*, *Active Contour*

Mengetahui,

Jurusan Sistem Komputer



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

Indralaya, Mei 2020 Ketua
Pembimbing Tugas Akhir



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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala berkah, hidayah, karunia dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“Segmentasi Retina menggunakan Metode *Luminance Channel dan Active Contour pada Optical Disc*”** sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang strata 1 pada jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya. 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 dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Mamak, Bapak, Adek, dan saudara-saudara terdekat yang selalu memberikan dukungan, doa, motivasi untuk kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

3. Bapak Dr.Ir. H.Sukemi, M.T selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Erwin, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Pembimbing Akademik yang telah berkenan meluangkan waktunya guna membimbing, memberikan pengarahannya dan motivasi serta bimbingan yang terbaik untuk penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Mbak Winda Kurnia Sari, selaku admin Jurusan Sistem Komputer yang telah membantu mengurus seluruh berkas.
6. Geng Marmut(Laras, Indah, Alya, Yurika, Dea) teman seperjuangan yang telah membantu serta memberi semangat kepada penulis.
7. Geng Teluk Seruo(Aris, Devi, Dolly) yang selalu memberi dukungan serta motivasi kepada penulis.
8. Shofuan dan Tomi yang telah membantu serta memberikan saran terhadap penulis juga teman-teman dan adik-adik seperjuangan yang melakukan bimbingan tugas akhir dengan bapak Dr. Erwin, S.Si., M.Si.
9. Ulpa, Sindot(Sindi), Kumbang Sagu(Mega), Momona(Trimona) yang telah membantu serta teman lawak kelas dan sepembimbingan Tugas Akhir.
10. Seluruh teman Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya khususnya angkatan 2015.

11. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman penulis. Untuk itu penulis dengan senang hati menerima segala kritik dan saran yang membangun dalam menyempurnakan laporan tugas akhir. Demikian yang dapat penulis sampaikan semoga bermanfaat dan berguna bagi pembaca.

Indralaya, Mei 2020

Binti Cania

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
ABSTRACT	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
1.2.1 Tujuan	3
1.2.2 Manfaat	3
1.3 Rumusan dan Batasan Masalah	3
1.4 Metodologi Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Pengolahan Citra Digital	6
2.3 Retina	7
2.4 <i>Luminance Channel</i>	7
2.5 <i>Active Contour</i>	12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan	15
3.2 Kerangka Kerja	15
3.3 Akuisisi Dataset.....	15
3.4 <i>Luminance Channel</i>	16
3.5 <i>Active Contour</i>	17
3.6 Perancangan Sistem.....	18
3.6.1 Input Citra	19
3.6.2 Pra-Pemrosesan	20
3.6.2.1 RGB to HSL	20
3.6.3 CLAHE	22
3.6.4 <i>Gaussian Filter</i>	23
3.6.5 Deteksi menggunakan <i>Active Contour</i>	24
3.6.6 Segmentasi	24

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pendahuluan	25
4.2 Proses Pra pemrosesan	25
4.2.1 RGB to HSL	25
4.3 CLAHE	27
4.4 <i>Gaussian Filter</i>	30
4.5 Deteksi menggunakan <i>Active Contour</i>	30
4.6 Segmentasi	31
4.7 Perhitungan Performa dan Hasil Segmentasi	33
4.8 Pembahasan dan Analisa	36

BAB V KESIMPULAN

Kesimpulan	38
------------------	----

DAFTAR PUSTAKA

Lampiran 1	42
Lampiran 2	51
Lampiran 3	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Retina	7
Gambar 2.2 (a). Saluran Luminance dari gambar asli. (b) Hasil Segmentasi	11
Gambar 3.1 Citra Asli dan Groundtouth (i) Im0009.jpg, (ii) Im0031.jpg	15
Gambar 3.2 (a) Luminance channel of the original image. (b) Segmentation result	16
Gambar 3.3 (a) Edge Map, (b) Initial Contour, (c) Deformasi Snake, (d) Hasil Segmentasi	17
Gambar.3.4 Perancangan sistem TA1 dan TA2	19
Gambar 3.5 Flowchart tahap konversi .ppm menjadi .jpg	20
Gambar 3.6 Flowchart tahap pemisahan <i>hue, saturation, lightness</i>	21
Gambar 3.7 Flowchart tahap peningkatan kontras dengan CLAHE	23
Gambar 4.1 Hasil RGB to HSL	27
Gambar 4.2 Hasil CLAHE	27
Gambar 4.3 Hasil Gaussian Filter	30
Gambar 4.4 Hasil deteksi optical disc	31
Gambar 4.5 Hasil segmentasi optical disc	32

DAFTAR TABEL

Tabel.4.1 Matrik citra yang akan ditingkatkan.....	28
Tabel 4.2 Proses peningkatan intensitas	29
Tabel 4.3 Hasil proses peningkatan dengan HE	29
Tabel 4.4 Hasil evaluasi segmentasi optical disc pada dataset STARE	34
Tabel 4.5 Hasil perbandingan dari 40 citra groundtouth dan segmentasi optical dic pada dataset STARE TA1 dan TA2	35
Tabel 4.6 Hasil perbandingan segmentasi optical disc pada dataset STARE.....	37
Tabel Lampiran 1	42
Tabel Lampiran 2	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Optical disc adalah salah satu struktur anatomi utama dalam retina, optical disc pada umumnya muncul sebagai lingkaran yang cerah atau yang paling terang pada gambar retina[1].

Retina merupakan bagian penting dari mata yang menutupi area mata dengan sel sensitif cahaya. Disk optik ada pada posisi fovea dan semua pembuluh darah juga dalam sebagian besar masalah yang di pertimbangkan dalam bidang retina, deteksi OD adalah bagian pertama perubahan bentuk, warna atau kedalaman OD membantu mendeteksi beberapa penyakit seperti pada retinopati diabetes atau semua jenis cedera mata[2]. Lokasi optic disc dapat di gunakan memperkirakan lokasi fovea serta batas dari optic disc dalam mendeteksi glaukoma [3]. Mengidentifikasi optic disc terkadang memiliki kesulitan, karena gambar retina yang kurang baik seperti misalnya terdapat banyak penyakit pada gambar retina [4].

Segmentasi OD sangat penting dalam analisis gambar, membantu diagnosis untuk berbagai jenis penyakit mata seperti diabetes retinopati atau glaukoma. Dalam penulisan ini, transformasi melingkar mampu mendeteksi pusat OD dan batas OD secara akurat dan efisien, transformasi melingkar menggabungkan deteksi OD dan segmentasi OD di bawah kerangka kerja yang sama dan menempatkan kedua pusat OD dan batas OD secara bersamaan[5].

(OD) juga salah satu struktur gambar utama dan membentuk sehingga penting pemeriksaan glaukoma dan penilaian dari bagian yang terkait dengan diabetes. retinopathy. OD juga tanda dan untuk fiturretinal lainnya, seperti yang di keluarkan di AS dan di luar negeri, yang sering digunakan untuk memperkirakan alokasi makula[6]. Segmentasi OD menandai titik awal dari beberapa teknik berbasis komputer otomatis yang digunakan untuk membantu dokter mata dalam mengidentifikasi dua penyakit ini. Rasio Cup-to-Disc (CDR) biasanya digunakan

secara klinis untuk menilai perkembangan glaukoma. CDR diraih dengan mengukur rasio antara diameter vertikal cangkir OD dan tepi OD. Adapun penilaian retinopati diabetik, identifikasi OD penting untuk mengurangi kesalahan klasifikasi dalam deteksi otomatis lesi lain[7]. Lokalisasi yang akurat dan segmentasi yang tepat dari Optical Disc (OD) adalah langkah pertama dalam mengembangkan sistem CAD untuk deteksi dini penyakit mata seperti Glaukoma dan retinopati diabetik. Glaukoma menyebabkan kehilangan penglihatan dan kebutaan di seluruh dunia pada tingkat tertinggi kedua[8].

Pentingnya diagnosis pada retina yang akurat telah memotivasi pengembangan teknik visi komputer pada segmentasi optik pada gambar retina, yang diperlukan untuk sistem penilaian otomatis pada kondisi retina. Kedua struktur optik dan vaskular disk adalah gambar penting untuk setiap analisis citra retina[9]. Segmentasi citra retina biasanya dilakukan untuk diagnosis glaukoma dengan mengekstraksi informasi optik dan cakram optik. Kinerja segmentasi menambah peran penting dalam pemeriksaan penyakit[10]. Analisis dan pemrosesan gambar memiliki makna besar dalam bidang kedokteran, terutama dalam perawatan non-invasif dan klinis. Namun, dengan perkembangan teknologi baru, jumlah data yang lebih besar, terutama gambar berkualitas tinggi, tersedia. Oleh karena itu, ada kebutuhan baru untuk algoritma yang efisien dan cepat mampu memproses dan mengekstraksi fitur yang berarti dari gambar dalam waktu yang wajar[11].

Tampilan OD dan lesi yang cerah dapat menyebabkan kesalahan klasifikasi lesi ini. Maka segmentasi dari OD berfungsi sebagai langkah awal yang penting untuk penyaringan otomatis beberapa kondisi patologis, seperti diabetes retinopati dan Glaukoma[12]. Langkah-langkah utama metode yang diajukan untuk pelokalan OD disajikan di bagian yang terdiri dari input image, preprocessing, deteksi serta segmentasi[13].

1.2 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat yang akan di capai pada penelitian ini yaitu:

1.2.1 Tujuan

- a. Menemukan bagian cahaya yang paling terang pada citra retina sebagai segmentasi optical disc.
- b. Mengetahui tingkat akurasi pada metode Luminance Channel dan Active Contour
- c. Mengetahui tingkat overlapping sebagai ketepatan antara hasil segmentasi dan groundtouth.
- d. Merancang sebuah sistem yang dapat mendeteksi optical disc berdasarkan gambar yang di dapat.

1.2.2 Manfaat

- a. Dapat digunakan sebagai referensi pada penelitian di bidang segmentasi optical disc menggunakan metode Luminance Channel dan Active Contour
- b. Dapat membantu dokter untuk mengidentifikasi penyakit retina dengan waktu pemrosesan yang cukup tepat.

1.3 Rumusan dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana segmentasi citra retina menggunakan metode *Luminance Channel* dan *Active Contour*. serta bagaimana mengembangkan suatu sistem pengenalan *optical disc* pada citra digital fundus *diabetic retinopathy*. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu hanya membahas proses deteksi serta segmentasi pada optical disc.

1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan melewati beberapa tahapan yaitu :

1. Metode Studi Pustaka Literatur Review

Dalam tahap ini akan dilakukan segmentasi menggunakan metode Luminance Channel dan Active Contour yang di dapat melalui jurnal, dan internet untuk menyelesaikan tugas akhir tersebut.

2. Metode Konsultasi

Pada tahap ini penulis akan melakukan konsultasi terhadap orang-orang yang mengerti serta paham terhadap permasalahan di dalam tugas akhir tersebut.

3. Metode Perancangan dan Pembuatan Sistem Software

Pada tahap ini penulis akan melakukan perancangan pembuatan sistem pada software yang digunakan untuk melakukan segmentasi retina.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penyusunan pada penelitian ini, serta untuk lebih memperjelas isi dari setiap bab maka, di buatlah sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis akan menjelaskan uraian singkat tentang teori-teori yang terkait dengan pembahasan mengenai masalah yang diangkat pada penelitian tugas akhir ini yaitu teori tentang *Luminance Channel* dan *Active Counter*.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Berisi tentang perancangan sistem segmentasi dengan pemanfaatan preprocessing citra retina mata menggunakan metode *Luminance Channel* dan *Active Contour*.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Dalam bab ini membahas membahas proses segmentasi perangkat lunak dari hasil prapengolahan citra dan metode *Luminance Channel* dan *Active Contour*. Serta melakukan pengujian terhadap citra retina sesuai permasalahan yang akan dilakukan.

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] B. Dai, X. Wu, and W. Bu, "Author ' s Accepted Manuscript Model with Multiple Energies Optic Disc Segmentation based on Variational Model with Multiple Energies," *Pattern Recognit.*, 2016.
- [2] G. Hamednejad, "Retinal Optic Disk Segmentation and Analysis in Fundus Images using DBSCAN Clustering Algorithm," no. November, pp. 23–25, 2016.
- [3] Li. Annan, N. Zhiheng, C. Jun, Y. Fengshou, K.W. Damon Wing, Y. Shuicheng, L. Jiang "Learning Supervised Descent Directions for Optic Disc Segmentation," *Neurocomputing.*, vol., no. 12., pp., 2017
- [4] L. Wang, H. Liu, Y. Lu, H. Chen, J. Zhang, and J. Pu, "Biomedical Signal Processing and Control A coarse-to-fine deep learning framework for optic disc segmentation in fundus images," *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 51, pp. 82–89, 2019.
- [5] S. Lu, "Accurate and Efficient Optic Disc Detection and Segmentation by a Circular Transformation," vol. 30, no. 12, pp. 2126–2133, 2011.
- [6] B. Dashtbozorg, A. Maria, and A. Campilho, "Optic disc segmentation using the sliding band filter," *Comput. Biol. Med.*, vol. 56, pp. 1–12, 2015.
- [7] S. Bharkad, "Biomedical Signal Processing and Control," *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 31, pp. 483–498, 2017.
- [8] M. N. Zahoor and M. M. Fraz, "Fast Optic Disc Segmentation in Retina using Polar Transform," vol. 3536, no. c, 2017.
- [9] L. C. Rodrigues and M. Marengoni, "Biomedical Signal Processing and Control Segmentation of optic disc and blood vessels in retinal images using wavelets , mathematical morphology and Hessian-based multi-scale filtering," *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 36, pp. 39–49, 2017.
- [10] N. Thakur and M. Juneja, "Optic disc and optic cup segmentation from retinal images using hybrid approach," *Expert Syst. Appl.*, vol. 127, pp. 308-322, 2019.
- [11] K. Johannes, D. Jonathan Oakley, "Changes in macular layers in the early

- course of non-arteritic ischaemic optic neuropathy,” *Neurophthalmology.*, vol. 254, pp. 561-567, 2016
- [12] S. Bharkad, “Automatic Segmentation of Optic Disk in Retinal Images using DWT,” pp. 386–391, 2016.
- [13] M. Arsalan, M. A. Khan, and M. A. Khalil, “PT US CR,” *Expert Syst. Appl.*, 2018.
- [14] P. Choukikar and R. S. Mishra, “Segmenting the Optic Disc in Retinal Images using Thresholding Segmenting the Optic Disc in Retinal Images using Thresholding,” no. February, 2017.
- [15] S. Sedai, P. K. Roy, D. Mahapatra, and R. Garnavi, “Segmentation of Optic Disc and Optic Cup in Retinal Fundus Images using Shape Regression,” pp. 3260–3264, 2016.
- [16] A. Septiarini, A. Harjoko, R. Pulungan, and R. Ekantini, “Optic disc and cup segmentation by automatic thresholding with morphological operation for glaucoma evaluation,” *Signal, Image Video Process.*, vol. 11, no. 5, pp. 945–952, 2017.
- [17] T. Walter and J. Klein, “Segmentation of Color Fundus Images of the Human Retina: Detection of the Optic Disc and the Vascular Tree Using Morphological,” pp. 282–287.
- [18] K. S. Prasad and T. J. C. Prasad, “Demosaiicing of Color Images by Accurate Estimation of Luminance,” vol. 14, no. 1, 2016.
- [19] T. Walter, J. C. Klein, P. Massin, and A. Erginay, “A contribution of image processing to the diagnosis of diabetic retinopathy - Detection of exudates in color fundus images of the human retina,” *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 21, no. 10, pp. 1236–1243, 2002.
- [20] M. R. Illuminance, “Spatial Resolution by the Human Visual System. The Effect of Mean Retinal Illuminance*,” vol. 56, no. 5, pp. 23–24, 1966.
- [21] H. Tjandrasa, A. Wijayanti, and N. Suciati, “Optic Nerve Head Segmentation Using Hough Transform and Active Contours,” vol. 10, no. 3, pp. 531–536, 2012.
- [22] N. Paragios and O. M. Visvanathan, “Gradient Vector Flow Fast Geodesic

- Active Contours,” pp. 67–73, 2001.
- [23] N. Graham, “Sekuler, 1968;,” vol. 12, pp. 53–68, 1972.
- [24] M. A. Ulinuha, “Segementasi Optic Disk pada Penderita Diabetic Retinopathy Menggunakan GVF Snake.”
- [25] C. Xu and J. L. Prince, “Generalized gradient vector flow external forces for active contours,” vol. 71, pp. 131–139, 1998.
- [26] M. Shahid and I. A. Taj, “Robust Retinal Vessel Segmentation using Vessel ’s Location Map and Frangi Enhancement Filter,” 2018.
- [27] X. Zhu, R. M. Rangayyan, and A. L. Ells, “Detection of the optic nerve head in fundus images of the retina using the hough transform for circles,” *J. Digit. Imaging*, vol. 23, no. 3, pp. 332–341, 2010.
- [28] X. Zhu and R. M. Rangayyan, “Detection of the Optic Disc in Images of the Retina Using the Hough Transform,” pp. 3546–3549, 2008.
- [29] M. Park, J. S. Jin, and S. Luo, “Locating the Optic Disc in Retinal Images University of Newcastle,” pp. 0–4, 2006.
- [30] C. Sinthanayothin, J. F. Boyce, H. L. Cook, and T. H. Williamson, “Automated localisation of the optic disc, fovea, and retinal blood vessels from digital colour fundus images,” *Br. J. Ophthalmol.*, vol. 83, no. 8, pp. 902–910, 1999.