

**TUGAS AKHIR – KI141502**

**Deteksi Penyakit Glaukoma pada Citra Fundus Retina Mata Menggunakan Adaptive Thresholding dan Support Vector Machine**

**AHMAD MUSTOFA**

**NRP 51112100100**

**Dosen Pembimbing I**

**Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D.**

**Dosen Pembimbing II**

**Bilqis Amaliah, S.Kom., M.Kom.**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA**

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***



**TUGAS AKHIR – KI141502**

Deteksi Penyakit Glaukoma pada Citra Fundus Retina Mata Menggunakan Adaptive Thresholding dan Support Vector Machine

AHMAD MUSTOFA

NRP 51112100100

Dosen Pembimbing I

Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing II

Bilqis Amaliah, S.Kom., M.Kom.

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2016

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***



**FINAL PROJECT – KI141502**

Deteksi Penyakit Glaukoma pada Citra Fundus Retina Mata Menggunakan Adaptive Thresholding dan Support Vector Machine

AHMAD MUSTOFA

NRP 51112100100

Supervisor I

Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D.

Supervisor II

Bilqis Amaliah, S.Kom., M.Kom.

**DEPARTMENT OF INFORMATICS**

**FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY**

**SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**

**SURABAYA 2016**

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***

# LEMBAR PENGESAHAN

**Deteksi Penyakit Glaukoma pada Citra Fundus Retina Mata Menggunakan Adaptive Thresholding dan Support Vector Machine**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat**

**Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**

**pada**

**Rumpun Mata Kuliah Komputasi Cerdas dan Visi**

**Program Studi S-1 Jurusan Teknik Informatika**

**Fakultas Teknologi Informasi**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:**

**AHMAD MUSTOFA**

**NRP: 5112 100 100**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:**

|  |  |
| --- | --- |
| Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D.  NIP: 19490823 197603 2 001 | …………………….  (pembimbing 1) |
| Bilqis Amaliah, S.Kom., M.Kom.  NIP: 19750914 200112 2 002 | …………………….  (pembimbing 2) |

**SURABAYA**

**JUNI, 2016**

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***

**DETEKSI PENYAKIT GLAUKOMA PADA CITRA FUNDUS RETINA MATA MENGGUNAKAN ADAPTIVE THRESHOLDING DAN SUPPORT VECTOR MACHINE**

Nama : Ahmad Mustofa

NRP : 5112100100

Jurusan : Teknik Informatika, FTIf-ITS

Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc.,

Ph.D.

Dosen Pembimbing II : Bilqis Amaliah, S.Kom., M.Kom.

# Abstrak

*Glaukoma adalah penyebab kebutaan kedua terbanyak setelah katarak. Berbeda dengan katarak, kebutaan yang disebabkan oleh glaukoma bersifat permanen. Hal ini karena glaukoma disebabkan oleh tekanan besar pada bola mata yang menyebabkan tersumbatnya pembuluh darah yang menuju ke syaraf mata sehingga syaraf mata tidak mendapatkan suplai darah yang cukup dan akhirnya akan mengalami kerusakan. Gejala glaukoma yang timbul biasanya tidak dapat dirasakan secara langsung. Sehingga perlu dilakukan pemeriksaan mata terlebih dahulu untuk mengetahui adanya glaukoma.*

*Pada pengerjaan tugas akhir ini, dibangun sebuah perangkat lunak untuk mendeteksi penyakit glaukoma pada citra fundus retina mata. Tahap pertama dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah proses preprocessing citra. Tahap preprocessing terbagi menjadi preprocessing optic cup, preprocessing optic disk, dan preprocessing pembuluh darah. Kemudian akan dilakukan proses segmentasi optic cup, optic disk, dan pembuluh darah dengan menggunakan metode adaptive thresholding. Setelah proses segmentasi selesai, maka fitur Cup to Disk Ratio (CDR), ISNT Neuro Retinal Rim (NRR), dan ISNT pembuluh darah akan diekstraksi dari masing-masing citra yang telah tersegmentasi. Ketiga fitur tersebut kemudian dijadikan masukan pada pengklasifikasi support vector machine dengan menggunakan metode pencarian hyperplane sequential minimal optimization dan fungsi kernel linear. Dengan menggunakan data yang diambil dari database RIM-ONE revisi 2, didapatkan nilai akurasi rata-rata sebesar 80%.*

***Kata kunci: glaukoma , optic cup, optic disk, segmentasi, klasifikasi***

**GLAUCOMA DETECTION ON RETINAL FUNDUS IMAGES USING ADAPTIVE THRESHOLDING AND SUPPORT VECTOR MACHINE**

Name : Ahmad Mustofa

NRP : 5112100100

Department : Informatics, FTIf-ITS

SupervisorI : Prof. Ir. Handayani Tjandrasa,M.Sc.,

Ph.D.

SupervisorII : Bilqis Amaliah, S.Kom., M.Kom.

# *Abstract*

*Glaucoma is the second most common cause of blindness after cataract. Unlike the cataract, blindness caused by glaucoma is permanent. Since glaucoma is caused by great pressure on the eyeball that results in blockage of the blood vessels leading to the nerves of the eye such that the eye nerves do not get enough blood supply and eventually will be damaged. Symptoms of glaucoma that arise usually can not be felt directly. So we need an eye examination to detect glaucoma.*

*In this final project, a software to detect glaucoma on retinal fundus images are built. The first stage in this final project is image preprocessing. Preprocessing stage is divided into optic cuppreprocessing, optic diskpreprocessing, and blood vessels preprocessing. Then optic cup, optic disc and blood vesselssegmentation are performed using adaptive thresholding. After the segmentation process is complete, the Cup to Disk Ratio (CDR), ISNT Neuro Retinal Rim (NRR), and ISNT blood vessels features will be extracted from each image that has been segmented. These three features are then used as inputs in support vector machine classifier using sequential minimal optimization method to search hyperplane and linear kernel function. By using the data drawn from the database RIM-ONE revision 2, the average of system’s accuracy is 80%.*

***Keywords: glaukoma , optic cup, optic disk, segmentation, classification***

# KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “*Deteksi Penyakit Glaukoma Pada Citra Fundus Retina Mata Menggunakan Adaptive Thresholding Dan Support Vector Machine*” dengan tepat waktu.

Dalam pelaksanaan dan pembuatan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, ucapan terima kasih penulis berikan kepada:

1. Allah SWT, karena atas limpahan rahmat-Nya, penulis diberikan kemudahan dan kelancaran dalam mengerjakan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini.
3. Ibu Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D. dan Ibu Bilqis Amaliah, S.Kom., M.Kom. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan dan bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Imam Kuswardayan,S.Kom., M.T. selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan nasihat selama masa perkuliahan.
5. Teman-teman *user* TA dan Administrator Laboraturium Komputasi Cerdas dan Visi, yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini.

Penulis menyadari adanya banyak kekurangan dalam pengrejaan tugas akhir baik dari segi program maupun laporan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis meminta maaf bila terdapat kesalahan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Semoga hasil dari tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, Juni 2016

Ahmad Mustofa

# DAFTAR ISI

[LEMBAR PENGESAHAN vii](#_Toc454252549)

[Abstrak ix](#_Toc454252550)

[*Abstract* xi](#_Toc454252551)

[KATA PENGANTAR xiii](#_Toc454252552)

[DAFTAR ISI xv](#_Toc454252553)

[DAFTAR GAMBAR xix](#_Toc454252554)

[DAFTAR TABEL xxi](#_Toc454252555)

[1 BAB I 1](#_Toc454252556)

[1.1 Latar Belakang 1](#_Toc454252557)

[1.2 Rumusan Masalah 1](#_Toc454252558)

[1.3 Batasan Masalah 2](#_Toc454252559)

[1.4 Tujuan 2](#_Toc454252560)

[1.5 Metodologi 2](#_Toc454252561)

[1.6 Sistematika Penulisan 3](#_Toc454252562)

[2 BAB II 5](#_Toc454252563)

[2.1 Glaukoma 5](#_Toc454252564)

[2.2 *Optic Disc* dan *Optic Cup* 6](#_Toc454252565)

[2.3 Aturan ISNT 6](#_Toc454252566)

[2.4 *Cup to Disc Ratio* 7](#_Toc454252567)

[2.5 Neuro Retinal Rim 8](#_Toc454252568)

[2.6 *Histogram Smoothing* 8](#_Toc454252569)

[2.7 Bottom Hat Transormation 8](#_Toc454252570)

[2.8 Otsu Thresholding 8](#_Toc454252571)

[2.9 Median Filtering 9](#_Toc454252572)

[2.10 Morfologi Erosi dan Dilasi 10](#_Toc454252573)

[2.11 *Support Vector Machine* 10](#_Toc454252574)

[2.11.1 Soft Margin 13](#_Toc454252582)

[2.11.2 Kernel Trick 13](#_Toc454252583)

[2.12 Confusion Matrix 16](#_Toc454252584)

[2.13 *k-Fold Cross Validation* 17](#_Toc454252585)

[3 BAB III 19](#_Toc454252586)

[3.1 Perancangan Data 19](#_Toc454252587)

[3.1.1 Data Masukan 19](#_Toc454252588)

[3.1.2 Data Luaran 20](#_Toc454252589)

[3.2 Desain Metode Secara Umum 21](#_Toc454252590)

[3.3 Perancangan Proses 22](#_Toc454252591)

[3.3.1 Tahap Preprocessing 23](#_Toc454252592)

[3.3.2 Tahap Segmentasi 25](#_Toc454252593)

[3.3.3 Tahap Ekstraksi Fitur 29](#_Toc454252594)

[3.3.4 Tahap Klasifikasi 30](#_Toc454252595)

[3.4 Perancangan Antarmuka Perangkat Lunak 31](#_Toc454252596)

[4 BAB IV 35](#_Toc454252597)

[4.1 Lingkungan Implementasi 35](#_Toc454252598)

[4.2 Implementasi 35](#_Toc454252599)

[4.2.1 Implementasi Preprocessing 35](#_Toc454252600)

[4.2.2 Implementasi Segmentasi 37](#_Toc454252601)

[4.2.3 Implementasi Ekstraksi Fitur 41](#_Toc454252602)

[4.2.4 Implementasi Klasifikasi 44](#_Toc454252603)

[4.2.5 Implementasi User Interface 45](#_Toc454252604)

[5 BAB V 49](#_Toc454252605)

[5.1 Lingkungan Uji Coba 49](#_Toc454252606)

[5.2 Data Uji Coba 50](#_Toc454252607)

[5.3 Uji Coba Sistem 50](#_Toc454252608)

[5.4 Skenario Uji Coba 54](#_Toc454252609)

[5.4.1 Skenario Uji Coba 1 54](#_Toc454252610)

[5.4.2 Skenario Uji Coba 2 56](#_Toc454252611)

[5.4.3 Skenario Uji Coba 3 58](#_Toc454252612)

[5.5 Evaluasi 60](#_Toc454252613)

[6 BAB VI 65](#_Toc454252614)

[6.1 Kesimpulan 65](#_Toc454252615)

[6.2 Saran 65](#_Toc454252616)

[7 Daftar Pustaka 67](#_Toc454252617)

[BIODATA PENULIS 69](#_Toc454252618)

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 2.1 *Masks* yang digunakan untuk mendapatkan luasan di daerah a Superior; b Temporal; c Inferior; dan d Nasal dari optic disc 7](#_Toc454251811)

[Gambar 2.2 Contoh alternatif hyperplane 11](#_Toc454251812)

[Gambar 2.3 Fungsi Φ Memetakan Data ke Ruang Vektor Lebih Tinggi sehingga Kedua Kelas Dapat Dipisahkan Secara Linier oleh Sebuah *Hyperplane* [8]*.* 14](#_Toc454251813)

[Gambar 3.1 Citra Retina Mata Glaukoma 20](#_Toc454251814)

[Gambar 3.2 Contoh hasil segmentasi (a) optic cup, (b) optic disk, (c) pembuluh darah di daerah optic disc 21](#_Toc454251815)

[Gambar 3.3 Diagram Alir Model Sistem 22](#_Toc454251816)

[Gambar 3.4 Diagram Alir Preprocessing Optic Cup dan Optic Disk 23](#_Toc454251817)

[Gambar 3.5 Diagram Blood Preprocessing 25](#_Toc454251818)

[Gambar 3.6 Diagram Alur Segmentasi Optic Cup 26](#_Toc454251819)

[Gambar 3.7 Diagram Alur Segmentasi Optic Disk 27](#_Toc454251820)

[Gambar 3.8 Diagram Alur Segmentasi Pembuluh Darah 28](#_Toc454251821)

[Gambar 3.9 Diagram Alur Neuro Retinal Rim 29](#_Toc454251822)

[Gambar 3.10 Diagram Alur Klasifikasi 31](#_Toc454251823)

[Gambar 3.11 Tatap muka utama 32](#_Toc454251824)

[Gambar 3.12 Tatap muka setelah berkas selesai dipilih 32](#_Toc454251825)

[Gambar 3.13 Tampilan akhir aplikasi 33](#_Toc454251826)

[Gambar 5.1 Citra masukan sistem 50](#_Toc454251827)

[Gambar 5.2 Hasil *preprocessing* *optic disk* 51](#_Toc454251828)

[Gambar 5.3 Hasil *preprocessing* *optic cup* 51](#_Toc454251829)

[Gambar 5.4 Hasil *preprocessing* pembuluh darah 52](#_Toc454251830)

[Gambar 5.5 Hasil segmentasi *optic disk* 52](#_Toc454251831)

[Gambar 5.6 Hasil segmentasi *optic cup* 53](#_Toc454251832)

[Gambar 5.7 Hasil segmentasi pembuluh darah 53](#_Toc454251833)

[Gambar 5.8 Degradasi pada segmentasi optic cup. 61](#_Toc454251834)

[Gambar 5.9 Kesalahan pada segmentasi optic cup. 62](#_Toc454251835)

[Gambar 5.10 Gambaran dari (a) histogram dari preprocessed image dan (b) smoothed histogram dari (a) 62](#_Toc454251836)

# DAFTAR TABEL

[Tabel 2.1 Jenis *Kernel* yang Umum Digunakan dalam SVM 15](#_Toc454252029)

[Tabel 2.2 *Confusion* *Matrix* Dua Kelas 16](#_Toc454252030)

[Tabel 5.1 Hasil skenario 1 dengan Histogram Smoothing 55](#_Toc454252031)

[Tabel 5.2 Hasil skenario 1 tanpa Histogram Smoothing 55](#_Toc454252032)

[Tabel 5.3 Hasil skenario 2 dengan metode SMO 56](#_Toc454252033)

[Tabel 5.4 Hasil skenario 2 dengan metode LS 57](#_Toc454252034)

[Tabel 5.5 Hasil skenario 2 dengan metode QP 57](#_Toc454252035)

[Tabel 5.6 Hasil skenario 3 dengan fungsi kernel *linear* 58](#_Toc454252036)

[Tabel 5.7 Hasil skenario 3 dengan fungsi kernel *quadratic* 59](#_Toc454252037)

[Tabel 5.8 Hasil skenario 3 dengan fungsi kernel *polynomial orde 3* 59](#_Toc454252038)

[Tabel 5.9 Hasil skenario 3 dengan fungsi kernel RBF 60](#_Toc454252039)

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***

# BAB I

**PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai garis besar tugas akhir yang meliputi latar belakang, tujuan, rumusan dan batasan permasalahan, metodologi pembuatan tugas akhir, dan sistematika penulisan.

## Latar Belakang

Glaukoma adalah penyebab kebutaan kedua terbanyak setelah katarak di seluruh dunia. Berbeda dengan katarak, kebutaan yang disebabkan oleh glaukoma bersifat permanen. Berdasarkan data WHO 2010, diperkirakan sebanyak 3.2 juta orang mengalami kebutaan akibat glaukoma [1]. Disamping itu, perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang pesat harusnya bisa dimanfaatkan untuk mempermudah tenaga kesehatan untuk melaksanakan tugasnya. Manfaat itulah yang diharapkan dari tugas akhir ini, yaitu mempermudah tenaga kesehatan untuk mendeteksi penyakit glaukoma dari citra retina mata pasien.

Dalam tugas akhir ini, fitur yang akan digunakan untuk deteksi glaukoma adalah CDR (Cup to Disc Ratio), luas NRR (Neuro Retinal Rim), dan luas pembuluh darah di daerah optic disc dalam ISNT [2]. Metode yang akan digunakan untuk segmentasi optic disc dan optic cup adalah adaptive thresholding, sedangkan untuk klasifikasi digunakan metode support vector machine.

Hasil yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebuah aplikasi yang mampu mengklasifikasi apakah masukan yang berupa citra retina mata menderita glaukoma atau tidak. Aplikasi ini juga diharapkan dapat mempermudah tenaga medis dalam mendiagnosis penyakit glaukoma pada pasien.

## Rumusan Masalah

Berikut beberapa hal yang menjadi rumusan masalah dalam tugas akhir ini :

1. Bagaimana melakukan segmentasi optic cup, optic disc, dan pembuluh darah dari citra retina mata?
2. Bagaimana sistem dapat mendeteksi penderita glaukoma dari citra retina mata?

## Batasan Masalah

Berikut beberapa hal yang menjadi batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini:

1. Kelas retina mata yang dapat diklasifikasi adalah kelas mata normal dan kelas mata glaukoma.
2. Implementasi program yang dilakukan pada lingkungan komputer desktop.

## Tujuan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membuat aplikasi yang bisa melakukan segmentasi optic cup, optic disc, dan pembuluh darah dari citra retina mata.
2. Merancang dan membuat aplikasi yang bisa mendeteksi penderita glaukoma dari citra retina mata.

## Metodologi

Tahap yang dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

* + - 1. **Penyusunan Proposal Tugas Akhir**

Penulisan proposal ini merupakan tahap awal dalam pengerjaan tugas akhir. Pada proposal ini, penulis mengajukan gagasan pendeteksian penyakit glaukoma pada citra fundus retina mata menggunakan metode *adaptive thresholding* dan *support vector machine*.

* + - 1. **Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan pencarian informasi dan studi literatur sejumlah referensi tentang deteksi penderita glaukoma dengan masukan citra retina mata. Informasi dan studi literatur tersebut didapat dari buku, internet, dan materi-materi kuliah yang berhubungan dengan metode yang digunakan.

* + - 1. **Implementasi**

Pada tahap ini dibangun perangkat lunak sesuai dengan rancangan yang diajukan pada proposal. Pembangunan perangkat lunak diimplementasikan sesuai dengan konsep yang telah didapatkan saat studi literatur.

* + - 1. **Pengujian dan Evaluasi**

Pada tahapan ini dilakukan uji coba terhadap perangkat lunak yang telah dibuat. Pengujian dan evaluasi akan dilakukan dengan melihat kesesuaian dengan perencanaan. Tahap ini dimaksudkan juga untuk mengevaluasi jalannya sistem, mencari masalah yang mungkin timbul dan mengadakan perbaikan jika terdapat kesalahan.

* + - 1. **Penyusunan Buku Tugas Akhir**

Tahap ini merupakan tahap dokumentasi dari tugas akhir. Buku tugas akhir berisi dasar teori, perancangan, implementasi, serta hasil uji coba dan evaluasi dari aplikasi yang dibangun.

## Sistematika Penulisan

Buku tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. Bab I. Pendahuluan

Bab pendahuluan berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan tugas akhir.

1. Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab tinjauan pustakan berisi penjelasan mengenai dasar teori yang mendukung pengerjaan tugas akhir.

1. Bab III. Analisis dan Perancangan

Bab analisis dan perancangan berisi penjelasan mengenai analisis kebutuhan, perancangan sistem dan perangkat yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir serta urutan pelaksanaan proses.

1. Bab IV. Implementasi

Bab implementasi berisi pembangunan aplikasi pendeteksi penyakit glaukoma dari citra retina mata menggunakan matlab.

1. Bab V. Uji Coba dan Evaluasi

Bab ini berisi hasil evaluasi aplikasi dengan menggunakan aplikasi yang dibangun. Juga disertakan analisis dari hasil evaluasi perangkat lunak.

1. Bab VI. Kesimpulan dan Saran

Bab kesimpulan dan saran berisi kesimpulan hasil penelitian. Selain itu, bagian ini berisi saran untuk pengerjaan lebih lanjut atau permasalahan yang dialami dalam proses pengerjaan tugas akhir.

# BAB II

**TINJAUAN PUSTAKA**

Bab tinjauan pustaka berisi penjelasan teori yang berkaitan dengan implementasi perangkat lunak. Penjelasan tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai sistem yang akan dibangun dan berguna sebagai penunjang dalam pengembangan perangkat lunak.

## Glaukoma

Glaukoma merupakan penyebab kebutaan kedua terbanyak setelah katarak di seluruh dunia. Berbeda dengan katarak, kebutaan yang diakibatkan glaukoma bersifat permanen, atau tidak dapat disembuhkan. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam upaya pencegahan dan penanganan kasus glaukoma. Berdasarkan data WHO 2010, diperkirakan sebanyak 3.2 juta orang mengalami kebutaan akibat glaukoma.

Glaukoma adalah penyakit mata dimana terjadi kerusakan saraf optik yang diikuti gangguan pada lapang pandangan yang khas. Kondisi ini utamanya diakibatkan oleh tekanan bola mata yang meninggi yang biasanya disebabkan oleh hambatan pengeluaran cairan bola mata (humour aquous). Penyebab lain kerusakan saraf optic, antara lain gangguan suplai darah ke saraf optic dan kelemahan /masalah saraf optiknya sendiri.

Glaukoma dapat diklasifikasikan menjadi glaukoma primer, glaukoma sekunder, dan glaukoma kengenital. Glaukoma primer adalah glaukoma yang tidak diketahui penyebabnya. Glaukoma primer sudut terbuka biasanya merupakan glaukoma kronis, sedangkan glaukoma primer sudut tertutup bisa berupa glaukoma sudut tertutup akut atau kronis. Glaukoma sekunder adalah glaukoma yang timbul sebagai akibat dari penyakit mata lain, trauma, pembedahan, penggunaan kortikosteroid yang berlebihan atau penyakit sistemik lainnya. Glaukoma kongenital adalah glaukoma yang ditemukan sejak dilahirkan dan biasanya disebabkan oleh sistem saluran pembuangan di dalam mata tidak berfungsi dengan baik sehingga menyebabkan pembesaran mata bayi. Di samping itu glaukoma dengan kebutaan total disebut juga sebagai glaukoma absolut. [1]

## *Optic Disc* dan *Optic Cup*

*Optic disc* didefinisikan sebagai bagian dari saraf optik yang membentang dari bagian mielin saraf tepat dibelakang sklera sampai permukaan retina. Umumnya berbentuk sedikit oval dengan diameter vertikal sekitar 9% lebih besar dari diameter horizontal. Rata – rata pada orang normal, diameter vertikalnya mendekati 1500 mikrometer [2].

Sedangkan *optic cup* adalah sebuah lekukan berbentuk mangkok yang dibentuk oleh invaginasi dari gelembung optik yang berkembang menjadi lapisan sensorik dan berpigmen dari retina [3].

Pada umumnya *optic disc* merupakan daerah yang paling terang dalam citra retina, sedangkan *optic cup* merupakan daerah paling terang di daerah *optic disc*.[paper utama]

## Aturan ISNT

ISNT adalah sebuah aturan yang menitikberatkan pada 4 daerah pada optic disc, yaitu Inferior, Superior, Nasal, dan Temporal. Keempat daerah inilah yang memiliki peran dalam membedakan mata yang normal dan yang tidak [4], baik itu jika dinilai dari keberadaan pembuluh darah maupun optic cup di masing-masing daerah [5]. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai ISNT. [6]

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.1)** |



Gambar 2.1 *Masks* yang digunakan untuk mendapatkan luasan di daerah a Superior; b Temporal; c Inferior; dan d Nasal dari optic disc

## *Cup to Disc Ratio*

*Cup to Disc Ratio* (CDR) adalah perbandingan dari *optic cup* dan *optic disc* baik dari segi diameter vertikal, diameter horizontal, ataupun luas. CDR adalah salah satu fitur yang populer digunakan dalam pengevaluasian glaukoma [5]. Dalam tugas akhir ini, CDR yang digunakan adalah rasio jejari dari optic cup dan optic disk yang didapatkan dengan rumus sebagai berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.2)** |

## Neuro Retinal Rim

Neuro Retinal Rim (NRR) adalah daerah yang tersisa jika daerah optic cup dihapus dari optic disc. Bentuk dari NRR dapat digunakan untuk mengukur kerusakan pada optic disc [5].

## *Histogram Smoothing*

*Histogram smoothing* adalah sebuah metode untuk memperhalus histogram dari sebuah image dengan filter tertentu. Dalam tugas akhir ini filter yang digunakan adalah filter gaussian dengan rerata 50, standar deviasi 6, dan ukuran window 1x100.

## Bottom Hat Transormation

*Bottom hat transformation* adalah sebuah operasi morfologi yang dapat digunakan untuk mendapatkan objek yang gelap pada background yang terang. Berikut persamaan dari *bottom hat transformation*.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.3)** |

dimana adalah operasi dilasi dan adalah operasi erosi. [6]

## Otsu Thresholding

Dalam *image processing,* metode otsu digunakan untuk melakukan *thresholding* berbasis *clustering* sehingga didapatkan batas yang dapat dijadikan acuan untuk melakukan segmentasi pada suatu citra. Dalam metode ini jumlah kelas yang dapat ditangani hanya ada 2, yaitu objek dan latar belakang. Konsep utama dari metode ini adalah dengan memilih nilai batas yang menghasilkan kelas dengan varian intra kelasnya terkecil dan varian antar kelasnya terbesar. Rumus untuk menghitung varian antar kelas adalah sebagai berikut. [7]

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.4)** |

dimana **(2.5)** dan **(2.6)**

serta **(2.7)** dan **(2.8)**

dengan **(2.9)**

Berikut ini algoritma dari metode otsu.

* Hitung histogram dan peluang dari setiap level intensitas
* Inisialisasi nilai awal
* For t = 1 to 256
  + Update
  + Hitung
* Pilih t dengan nilai maksimum

## Median Filtering

*Median filtering* adalah sebuah metode *filtering* yang pada umumnya digunakan untuk menghilangkan *noise.* Berikut pseudocode dari median filtering dua dimensi.

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | **MedianFiltering(I,size)** |
| 2 | foreach p = pixels in I |
| 3 | p = median(part(I(position(p).x – size, position(p).y + size)) |
| 4 | end foreach |
| 5 | return I |

## Morfologi Erosi dan Dilasi

Operasi morfologi erosi dan dilasi adalah metode yang biasa dipakai dalam image processing dengan tujuan – tujuan tertentu. Dalam tugas akhir ini, operasi morfologi erosi dan dilasi digunakan untuk menutup gap yang dihasilkan oleh pembuluh darah pada saat melakukan segmentasi optic disc dan optic cup.

Operasi morfologi erosi dan dilasi membutuhkan elemen struktur yang berbeda-beda sesuai kebutuhan. Elemen struktur yang digunakan pada tugas akhir ini adalah elemen struktur berbentuk disk dengan ukuran 50.

## *Support Vector Machine*

*Support Vector Machine (SVM)* dikembangkan oleh oser, Guyon, Vapnik dan pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992. Prinsip dasar SVM adalah *linear classifier*, dan selanjutnya dikembangkan agar dapat bekerja pada *problem non-linear* dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang kerja berdimensi tinggi.

Konsep dasar SVM dapat dijelaskan secara sederhana sebagai usaha mencari *hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua kelas pada *input space*. Gambar 2.2 merupakan beberapa contoh dari kemungkinan *hyperplane* yang digunakan untuk memisahkan kelas satu dengan lainnya [8].

*Hyperplane* pemisah terbaik antara kedua kelas dapat ditemukan dengan mengukur *margin hyperplane* dan mencari titik maksimalnya. *Margin* adalah jarak antara *hyperplane* dengan data terdekat dari masing-masing kelas. Data yang paling dekat dengan *hyperplane* disebut sebagai *support vectors*.



Sumber gambar : [www.sine.ni.com](http://www.sine.ni.com)

Gambar 2.2 Contoh alternatif hyperplane

Diberikan data masukan dan masing-masing kelas dinotasikan untuk dimana *n* adalah banyaknya data. Fungsi *hyperplane* dibuat dengan persamaan

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.10)** |

Data yang termasuk kelas -1 dapat dirumuskan sebagai data yang memenuhi pertidaksamaan

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.11)** |

sedangkan data yang termasuk kelas +1 dirumuskan sebagai data yang memenuhi pertidaksamaan

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.12)** |

*Margin* terbesar dapat ditemukan dengan memaksimalkan nilai jarak antara *hyperplane* dan titik terdekatnya dengan rumus

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.13)** |

Hal tersebut dapat diselesaikan dengan mencari titik minimal persamaan dengan memperhatikan *constraint* berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.14)** |
|  | **(2.15)** |

Masalah ini dapat dipecahkan dengan berbagai teknik komputasi di antaranya *Lagrange Multiplier*.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.16)** |

dimana adalah *Lagrange multipliers*, yang bernilai nol atau positif . Nilai optimal dari persamaan (2.16) dapat dihitung dengan meminimalkan *L* terhadap dan *b*, dan memaksimalkan *L* terhadap . Dengan memperhatikan bahwa pada titik optimal *L=0*, persamaan (2.16) dapat dimodifikasi sebagai maksimalisasi *problem* yang hanya mengandung saja, sebagaimana persamaan (2.17) dan (2.18)

*maximize:*

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.17)** |

*Subject to:*

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.18)** |

Hasil dari perhitungan ini diperoleh yang kebanyakan bernilai positif. Data yang berkorelasi dengan yang positif inilah yang disebut sebagai *support vector*.



### Soft Margin

Pada umumnya, dua buah kelas pada *input space* tidak dapat dipisahkan secara sempurna. Hal ini menyebabkan *constraint* pada persamaan (2.15) tidak dapat terpenuhi, sehingga optimasi tidak dapat dilakukan. Untuk mengatasi masalah ini, SVM dirumuskan ulang dengan memperkenalkan teknik *soft margin*. Dalam *soft margin*, persamaan (2.15) dimodifikasi dengan memasukkan variabel *slack* () sehingga menjadi persamaan berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.19)** |

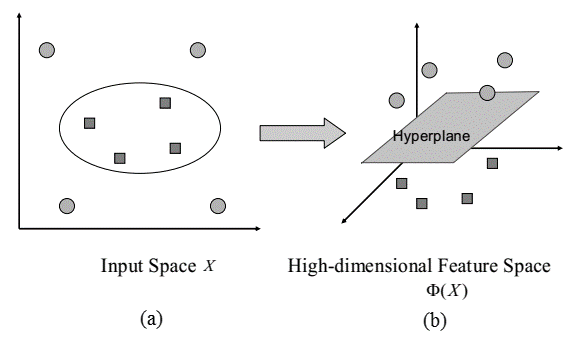
Dengan demikian persamaan (2.13) diubah menjadi persamaan berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.20)** |

Parameter *C* dipilih untuk mengontrol *tradeoff* antara *margin* dan *error* klasifikasi . Nilai *C* yang besar akan memberikan penalty yang lebih besar terhadap *error* klasifikasi [8].

### Kernel Trick

Pada umumnya masalah dalam dunia nyata jarang yang bersifat *linear separable*, kebanyakan bersifat *non-linear.* Untuk menyelesaikan masalah *non-linear*, SVM dimodifikasi dengan memasukkan fungsi *kernel* [8].



Gambar 2.3 Fungsi Φ Memetakan Data ke Ruang Vektor Lebih Tinggi sehingga Kedua Kelas Dapat Dipisahkan Secara Linier oleh Sebuah *Hyperplane* [8]*.*

Dalam *non-linear* SVM, pertama-tama data *x* dipetakan oleh fungsi ke ruang vektor yang berdimensi lebih tinggi. Pada ruang vektor yang baru ini, *hyperplane* yang memisahkan kedua kelas tersebut dapat dikonstruksikan. Pada Gambar 2.3 (a) diperlihatkan data pada kelas +1 yang direpresentasikan dalam bentuk lingkaran dan kelas -1 yang direpresentasikan dalam bentuk persegi berada pada *input space* berdimensi dua tidak dapat dipisahkan secara linier. Selanjutnya Gambar 2.3 (b) menunjukkan bahwa fungsi memetakan tiap data pada *input space* tersebut ke ruang vektor baru yang berdimensi lebih tinggi (dimensi 3), dimana kedua kelas dapat dipisahkan secara linier oleh sebuah *hyperplane*. Notasi matematika dari pemetaan ini adalah sebagai berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.21)** |

Pemetaan ini dilakukan dengan menjaga topologi data, dalam artian dua data yang berjarak dekat pada *input space* akan berjarak dekat juga pada *feature space* begitupun data yang berjarak jauh pada *input space* akan berjarak jauh pada *featur space*.

Selanjutnya proses pembelajaran pada SVM dalam menemukan titik-titik *support vector,* hanya bergantung pada *dot product* dari data yang sudah ditransformasikan pada ruang baru yang berdimensi lebih tinggi yaitu .

Karena umumnya transformasi ini tidak diketahui, dan sangat sulit untuk dipahami, maka perhitungan *dot product* tersebut dapat digantikan dengan fungsi *kernel* yang mendefinisikan secara implisit transformasi . Hal ini disebut sebagai *kernel trick* yang dirumuskan berdasarkan persamaan berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.22)** |

*Kernel trick* memberikan berbagai kemudahan, karena dalam proses pembelajaran SVM, untuk menentukan *support vector*, kita hanya cukup mengtahui fungsi *kernel* yang dipakai, dan tidak perlu mengetahui wujud dari fungsi *non-linear* .Jenis-jenis *kernel* yang umum digunakan dalam SVM dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jenis *Kernel* yang Umum Digunakan dalam SVM

|  |  |
| --- | --- |
| Jenis kernel | Definisi |
| Polynomial |  |
| Gaussian |  |

Selanjutnya hasil klasifikasi dari data diperoleh dari persamaan berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.23)** |
|  | **(2.24)** |
|  | **(2.25)** |

*SV* pada persamaan (2.24) dan (2.25) dimaksudkan dengan subset dari data *training* yang terpilih sebagai *support vectors*, dengan kata lain data yang berkorespondensi pada .

## Confusion Matrix

*Confusion matrix* adalah suatu metode yang biasa digunakan untuk melakukan penghitungan performa suatu algoritma pada konsep data *mining*. *Confusion matrix* memiliki informasi hasil prediksi dan aktual pada data yang telah diklasifikasi. Tabel 2.2 menunjukkan *confusion matrix* untuk dataset yang memiliki dua kelas.

Tabel 2.2 *Confusion* *Matrix* Dua Kelas

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Prediksi | 1 | 0 |
| Aktual |  |
| 1 | | TP | FN |
| 0 | | FP | TN |

Nilai performa yang bisa dihitung menggunakan *confusion matrix* antara lain: akurasi, sensitivitas, dan presisi. Akurasi adalah hasil bagi dari jumlah prediksi yang terklasisfikasi secara benar dibagi total data yang diklasifikasi seperti pada persamaan berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.26)** |

Presisiadalah perbandingan dari jumlah data TP dengan total data TP dan FP seperti pada persamaan berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.27)** |

Sensitivitas atau *recall* adalah perbandingan dari jumlah data TP dengan total data TP dan FN seperti pada persamaan berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **(2.28)** |

## *k-Fold Cross Validation*

*Cross Validation* adalah sebuah metode evaluasi dimana data yang digunakan untuk *testing* berbeda dengan data yang digunakan untuk *training. k-Fold Cross Validation* adalah variasi dari metode *cross validation* dimana keseluruhan data yang ada dipisah menjadi k *subset*. Masing-masing *subset* kemudian secara bergantian digunakan sebagai data *testing* dengan k-1 *subset* yang lain digunakan sebagai data *training*. Performa akhir didapat dari rata-rata performa dari semua k percobaan. [9]

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***

# BAB III

**DESAIN DAN PERANCANGAN**

Pada Bab 3 akan dijelaskan mengenai perancangan sistem perangkat lunak untuk mencapai tujuan dari tugas akhir. Perancangan yang akan dijelaskan pada bab ini meliputi perancangan data, perancangan proses dan perancangan antar muka. Selain itu akan dijelaskan juga desain metode secara umum pada sistem.

## Perancangan Data

Perancangan data merupakan bagian yang terpenting dalam pengoperasian perangkat lunak karena diperlukan data yang tepat agar perangkat lunak dapat beroperasi dengan benar. Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai perancangan data yang dibutuhkan untuk membangun perangkat lunak pendeteksi penyakit glaukoma dari citra fundus retina mata. Data yang diperlukan dalam pengoperasian perangkat lunak adalah data masukan (*input*) dan data keluaran (*output*) yang memberikan hasil proses pengoperasian perangkat lunak untuk pengguna.

### Data Masukan

Data masukan adalah data awal yang akan diproses pada sistem pendeteksi penyakit glaukoma dari citra fundus retina mata. Data yang diproses berupa data citra yang direpresentasikan oleh tiga buah matriks dua dimensi (*channel* *red, green,* dan *blue*) dengan ukuran yang variatif ( tidak ada batasan dalam ukuran citra).

Dalam tugas akhir ini, digunakan dataset citra retina mata yang didapat dari *database* RIM-ONE revisi 2 yang dapat diunduh langsung dari [*http://medimrg.webs.ull.es/research/retinal-imaging/rim-one/*](http://medimrg.webs.ull.es/research/retinal-imaging/rim-one/). Dataset berisi citra retina mata yang sudah dipotong sehingga citra hanya terfokus pada daerah yang terdapat optic disk yang hendak dievaluasi. Label kelas pada dataset terdiri dari dua macam, yaitu normal dan glaukoma. Berikut contoh citra inputan yang digunakan.



Gambar 3.1 Citra Retina Mata Glaukoma

### Data Luaran

Data luaran dari sistem ini adalah hasil klasifikasi dari data masukan dengan label glaukoma untuk kelas 1 dan label normal untuk kelas 0. Selain itu, didapat juga hasil segmentasi optic disk, optic cup, dan pembuluh darah dari citra masukan.



Gambar 3.2 Contoh hasil segmentasi (a) optic cup, (b) optic disk, (c) pembuluh darah di daerah optic disc

Gambar 3.2 menunjukkan contoh tampilan hasil segmentasi optic cup, optic disk, dan pembuluh darah dari citra retina mata pada gambar 3.1.

## Desain Metode Secara Umum

Pada tugas akhir ini akan dibangun suatu sistem untuk mendeteksi penyakit glaukoma dari citra masukan dengan menggunakan metode segmentasi *adaptive thresholding* dan metode klasifikasi *support vector machine*. Tahap pertama yang dilakukan opleh sistem adalah tahap *preprocessing.* Pada tahap ini dilakukan proses standarisasi, morfologi erosi dan dilasi pada segmentasi optic cup dan optic disk, serta bottom hat filtering, morfologi erosi dan dilasi pada segmentasi pembuluh darah. Tahap kedua adalah tahap segmentasi dengan menggunakan metode otsu. Tahap ketiga adalah tahap ekstraksi fitur. Fitur yang digunakan pada tugas akhir ini adalah CDR, ISNT pembuluh darah, dan ISNT NRR. Tahap yang terakhir adalah tahap klasifikasi dengan menggunakan pengklasifikasi *support vector machine*.

Bagan dari sistem yang dibangun ditunjukkan oleh Gambar 3.3.

F:\5112100100\Semester 8\Tugas Akhir\Program\tugasAkhir\Bismillah Buku TA\Alur sistem.png

Gambar 3.3 Diagram Alir Model Sistem

## Perancangan Proses

Berikut ini adalah rancangan dari sistem pendeteksi penyakit glaukoma dari citra fundus retina mata:

### Tahap Preprocessing

Pada tahap ini, dilakukan proses awal sebelum masuk tahap segmentasi. Tahap ini dipecah menjadi dua proses yaitu preprocessing optic cup dan optic disk serta preprocessing pembuluh darah.

#### Preprocessing Optic Cup dan Optic Disk

Pada tahap ini terbagi menjadi dua proses yaitu, proses morfologi dan standarisasi. Berikut diagram alur dari tahap ini.

F:\5112100100\Semester 8\Tugas Akhir\Program\tugasAkhir\Bismillah Buku TA\preprocessing cupdisk.png

Gambar 3.4 Diagram Alir Preprocessing Optic Cup dan Optic Disk

##### **Operasi Morfologi**

Pada proses ini dilakukan operasi morfologi erosi dan dilasi dengan menggunakan elemen struktur berbentuk disk dengan ukuran 25 untuk menutup gap pembuluh darah pada *red channel*.

##### **Standarisasi Citra**

Pada tahap ini, dilakukan proses standarisasi citra dengan pseudocode sebagai berikut.

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | **Standarize(I,tipe)** |
| 2 | MEAN = mean(I) |
| 3 | Std = StandardDeviation(I) |
| 4 | if tipe == ‘disk’ |
| 5 | I = I – MEAN |
| 6 | Iter = 5 |
| 7 | else |
| 8 | I = I – (MEAN+Std) |
| 9 | Iter = 7 |
| 10 | end if |
| 11 | for x = 1 to iter |
| 12 | temp = nonzero(I) |
| 13 | I = I – minimum(temp) |
| 14 | end for |
| 15 | **return** I |

#### Preprocessing Pembuluh Darah

Pada tahap ini, proses yang paling penting adalah proses *bottom hat transformation*. Hal ini dikarenakan pembuluh dara pada umumnya merupakan daerah tergelap pada citra retina mata, sehingga proses bottom hat transformation akan dapat mendeteksi daerah yang merupakan pembuluh darah.

Keluaran dari tahap ini akan menjadi masukan pada tahap segmentasi pembuluh darah. Berikut alur proses dari tahap *preprocessing* pembuluh darah.

F:\5112100100\Semester 8\Tugas Akhir\Program\tugasAkhir\Bismillah Buku TA\bloodpre.png

Gambar 3.5 Diagram Blood Preprocessing

### Tahap Segmentasi

Pada tahap ini terbagi menjadi tiga bagian, yaitu segmentasi pembuluh darah, segmentasi optik disk, dan segmentasi optic cup.

1. **Segmentasi Optic Cup**

Pada tahap ini, dilakukan proses segmentasi optic cup dari citra yang telah melalui tahap preprocessing. Berikut diagram alurnya.

F:\5112100100\Semester 8\Tugas Akhir\Program\tugasAkhir\Bismillah Buku TA\cupsegmen.png

Gambar 3.6 Diagram Alur Segmentasi Optic Cup

1. **Segmentasi Optic Disk**

Pada tahap ini, dilakukan proses segmentasi optic disk dari citra yang telah melalui tahap preprocessing. Berikut diagram alurnya.

F:\5112100100\Semester 8\Tugas Akhir\Program\tugasAkhir\Bismillah Buku TA\diskSegmen.png

Gambar 3.7 Diagram Alur Segmentasi Optic Disk

1. **Segmentasi Pembuluh Darah**

Pada tahap ini dilakukan segmentasi pembuluh darah dari citra yang telah melalui tahap preprocessing. Berikut diagram alur dari tahap ini.

F:\5112100100\Semester 8\Tugas Akhir\Program\tugasAkhir\Bismillah Buku TA\BloodSegmen.png

Gambar 3.8 Diagram Alur Segmentasi Pembuluh Darah

### Tahap Ekstraksi Fitur

Pada tahap ini akan dilakukan proses ekstraksi fitur yang akan dipakai pada tahap klasifikasi. Fitur-fitur yang akan dipakai adalah *cup to disk ratio*, ISNT *neuro retinal rim*, ISNT pembuluh darah.

#### Cup to Disk Ratio

Untuk mendapatkan fitur *Cup to Disk Ratio* (CDR) adalah dengan menggunakan persamaan 2.2 dimana luas *optic cup* adalah luas dari daerah yang berhasil tersegmentasi pada proses segmentasi optic cup dan luas *optic disk* adalah luas dari daerah yang berhasil tersegmentasi pada tahap segmentasi *optic disk*.

#### ISNT Neuro Retinal Rim

*Neuro retinal rim* (NRR) adalah daerah di dalam *optic disk* yang bukan merupakan *optic cup*. Berikut ini adalah diagram alur untuk mendapatkan daerah NRR.

F:\5112100100\Semester 8\Tugas Akhir\Program\tugasAkhir\Bismillah Buku TA\NRR.png

Gambar 3.9 Diagram Alur Neuro Retinal Rim

Setelah NRR didapatkan, maka penghitungan ISNT dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1.

#### ISNT Pembuluh Darah

Pada tahap ini, pembuluh darah yang berhasil tersegmentasi dihitung ISNT-nya dengan menggunakan persamaan 2.1.

### Tahap Klasifikasi

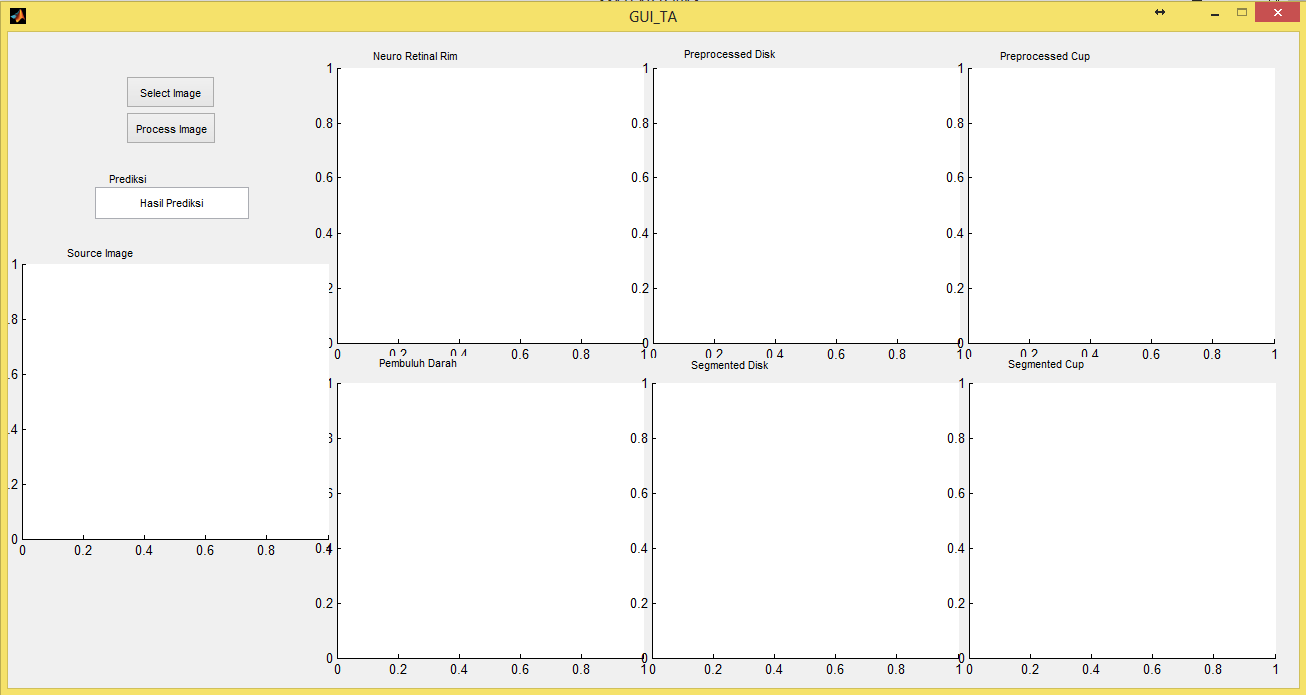
Fitur CDR, ISNT NRR, dan ISNT pembuluh darah hasil dari tahap ekstraksi fitur menjadi masukan pada tahap klasifikasi. Sebelum dilakukan proses klasifikasi, ketiga fitur tersebut dibagikan menjadi data training dan data testing. Data training adalah data yang digunakan untuk membuat model klasifikasi yang digunakan. Sedangkan data testing digunakan untuk proses uji coba model klasifikasi yang telah dibuat. Metode klasifikasi yang digunakan adalah support vector machine. Hasil dari tahap klasifikasi ini adalah kelas glaukoma yang merepresentasikan angka 1, dan kelas normal yang merepresentasikan angka 0 untuk tiap data masukan. Berikut diagram alur dari tahap ini.

F:\5112100100\Semester 8\Tugas Akhir\Program\tugasAkhir\Bismillah Buku TA\Klasifikasi.png

Gambar 3.10 Diagram Alur Klasifikasi

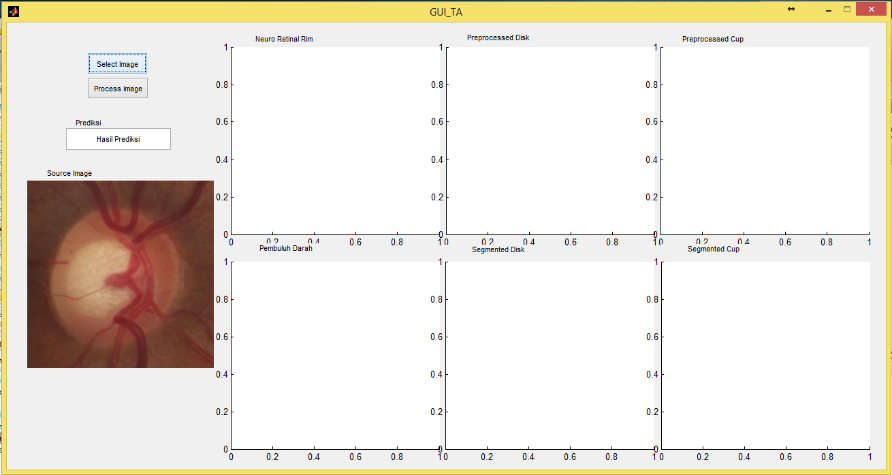
## Perancangan Antarmuka Perangkat Lunak

Perancangan antarmuka perangkat lunak merupakan penggambaran halaman antarmuka yang akan digunakan pengguna ketika berinteraksi dengan aplikasi. Gambar 3.11 menunjukkan rancangan tatap muka perangkat lunak dalam tugas akhir ini.



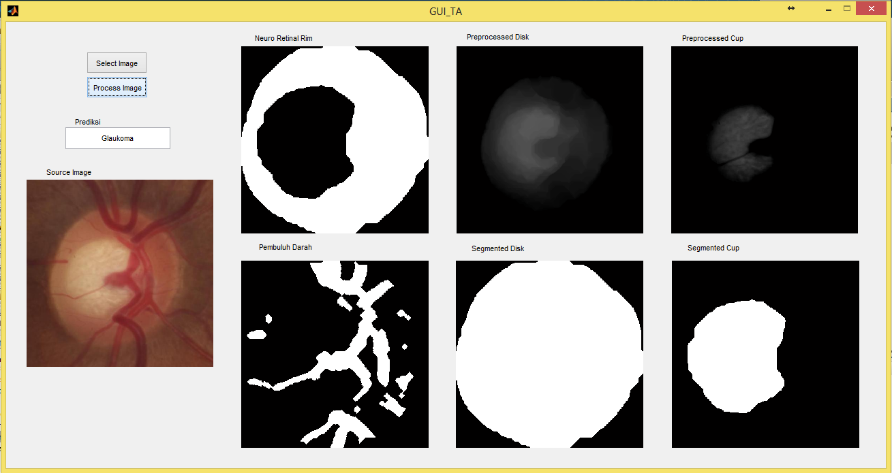
Gambar 3.11 Tatap muka utama

Tombol *Select Image* digunakan untuk memilih citra retina sebagai masukan. Ketika tombol ini diklik akan muncul kotak dialog buka yang bertujuan untuk memilih berkas yang akan diproses. Setelah berkas selesai dipilih, maka akan ditampilkan di *axes* (*image holder* pada matlab) *Source Image*. Berikut tampilan setelah berkas berhasil dipilih.



Gambar 3.12 Tatap muka setelah berkas selesai dipilih

Setelah berkas berhasil dipilih, maka selanjutnya tombol *Process Image* ditekan. Tombol ini berfungsi untuk menjalankan semua proses pendeteksian mulai dari *preprocessing*, segmentasi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Hasil *preprocessing* dan segmentasi dari *optic disk* akan ditampilkan pada *axes Preprocessed Disk* dan *Segmented Disk.* Sedangkan hasil *preprocessing* dan segmentasi dari *optic cup* akan ditampilkan pada *axes Preprocessed Cup* dan *Segmented Cup.* Selain itu, hasil segmentasi pembuluh darah akan ditampilkan pada *axes* Pembuluh Darah. Untuk hasil klasifikasi akan ditampilkan pada *text holder* Hasil Prediksi. Berikut tampilan aplikasi setelah tombol *Process Image* ditekan.



Gambar 3.13 Tampilan akhir aplikasi

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB IV

**IMPLEMENTASI**

Bab implementasi berisi pembahasan mengenai implementasi perangkat lunak berdasarkan perancangan yang telah dibuat. Tahap perancangan merupakan tahap dasar dari implementasi perangkat lunak.

## Lingkungan Implementasi

Lingkungan implementasi yang akan digunakan untuk melakukan implementasi meliputi perangkat keras dan perangkat lunak yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Perangkat Keras
2. Processor: Intel® Core™ i3 CPU-3240 @ 3.40GHz
3. Memory (RAM) : 4096 MB
4. Tipe Sistem: 64-bit
5. Perangkat Lunak
6. Sistem operasi : *Window*s 8 Professional 64 bit.
7. Perangkat Pengembang : MatlabR2014a
8. Perangkat Pembantu : Microsoft Excel 2013

## Implementasi

Sub bab implmentasi ini menjelaskan tentang implementasi proses yang sudah dijelaskan pada bab perancangan perangkat lunak.

### Implementasi Preprocessing

#### Preprocessing Optic Disk dan Optic Cup

Tahap pertama pada proses ini adalah menentukan channel citra yang akan dipakai. *Optic disk* menggunakan *red channel* sedangkan *optic cup* menggunakan *green channel*. Setelah itu, jika *channel* yang terpilih adalah *red channel* maka akan dilakukan operasi morfologi dilasi dan erosi dengan elemen stuktur berbentuk disk dengan radius 25. Setelah itu dilakukan proses standarisasi untuk memperjelas objek *optic disk* dan *optic cup* pada *channel* terpilih. Berikut ini adalah kode program implementasi tahap *preprocessing optic cup* dan *optic disk*.

Kode sumber 4.1 Implementasi Tahap Preprocessing Optic Cup dan Optic Disk

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | function y = Preprocessing(x,tipe) |
| 2 | y = double(x); |
| 3 | y1 = double(x); |
| 4 | if(strcmp(tipe,'disk') == 1) |
| 5 | y = imdilate(y,strel('disk',25)); |
| 6 | y = imerode(y,strel('disk',25)); |
| 7 | end |
| 8 | tmp = y1(:); |
| 9 | xBar = mean(tmp) |
| 10 | xStd = std(tmp) |
| 11 | if(strcmp(tipe,'disk') == 1) |
| 12 | y1 = y1-(xBar); |
| 13 | y = y-(xBar); |
| 14 | elseif (strcmp(tipe,'cup') == 1) |
| 15 | y1 = y1-(xBar+xStd); |
| 16 | y = y-(xBar+xStd); |
| 17 | end |
| 18 | if(strcmp(tipe,'disk') == 1) |
| 19 | iter = 5; |
| 20 | else |
| 21 | iter = 7; |
| 22 | end |
| 23 | y = uint8(y); |
| 24 | x = y; |
| 25 | x(x==0) = max(max(y)); |
| 26 | for i = 1 : iter |
| 27 | y = uint8(y - min(min(x))); |
| 28 | end |
| 29 | end |

#### Preprocessing Pembuluh Darah

Pada tahap ini, *channel* yang digunakan adalah *green channel*. Ini dilakukan karena keberadaan pembuluh darah lebih terlihat pada *green channel*. Tahap selanjutnya adalah *median filtering* dengan ukuran *neighborhood* *window* 3x3. Setelah itu dilakukan operasi morfologi erosi dengan elemen struktur berbentuk disk dengan radius 5 dan dilasi dengan elemen struktur berbentuk disk dengan radius 3. Setelah itu dilakukan *bottom hat transformation* dengan elemen struktur berbentuk *diamond* dengan ukuran 20. Berikut ini adalah kode program implementasi tahap *preprocessing* pembuluh darah.

Kode sumber 4.2 Implementasi Tahap Preprocessing Pembuluh Darah

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | greenChan = medfilt2(greenChan); |
| 2 | greenChan = imerode(greenChan,strel('disk',5)); |
| 3 | greenChan = imdilate(greenChan,strel('disk',3)); |
| 4 | gr = BottomHat(greenChan,strel('diamond',20)); |

Kode sumber 4.3 Implementasi Bottom Hat Transformation

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | function I = BottomHat(green,SE) |
| 2 | I = imdilate(green,SE); |
| 3 | I = imerode(I,SE); |
| 4 | I = I-green; |
| 5 | end |

### Implementasi Segmentasi

Pada tahap ini, dilakukan implementasi segmentasi dari citra yang telah melalui tahap *preprocessing*. Tahap ini terbagi menjadi 3 bagian, yaitu segmentasi *optic cup*, *optic disk*, dan pembuluh darah.

#### Segmentasi Optic Cup

Langkah pertama dari tahap ini adalah melakukan *smoothing histogram* dari citra yang telah melalui tahap *preprocessing*. Filter yang digunakan adalah filter gaussian dengan rerata 50, standar deviasi 6, dan ukuran *window* 1x100. Setelah itu dilakukan thresholding dengan level yang diambil dari *smoothed histogram* dengan menggunakan metode otsu. Setelah itu dilakukan morfologi dilasi dan erosi menggunakan elemen struktur berbentuk disk dengan radius 50. *Optic cup* adalah objek yang memiliki area terluas dari objek-objek yang berhasil tersegmentasi. Berikut kode program implementasi segmentasi *optic cup.*

Kode sumber 4.4 Implementasi Segmentasi Optic Cup

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | function [cup,area,green] = SegmenCup(I) |
| 2 | green = I(:,:,2); |
| 3 | I = Preprocessing(green,'cup'); |
| 4 | level = HistogramSmoothing(I,'cup'); |
| 5 | iBw = im2bw(I,level); |
| 6 | iBw = imdilate(iBw,strel('disk',50)); |
| 7 | iBw = imerode(iBw,strel('disk',50)); |
| 8 | stats = regionprops(iBw,'basic'); |
| 9 | [b,idx] = sort([stats.Area],'ascend'); |
| 10 | l = double(int64((mean2(b)+b(1))/2)); |
| 11 | iBw = bwareaopen(iBw, l); |
| 12 | cup = iBw; |
| 13 | area = sum(sum(cup)); |
| 14 | end |

Kode sumber 4.5 Implementasi Fungsi Histogram Smoothing

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | function y = HistogramSmoothing(Image) |
| 2 | [p,val] = imhist(Image); |
| 3 | p = p./numel(Image); |
| 4 | mean = 50; |
| 5 | sigma = 6; |
| 6 | f = normpdf(0:100,mean,sigma); |
| 7 | p1 = conv(p,f); |
| 8 | y = otsu(p1); |
| 9 | End |

Kode sumber 4.6 Implementasi Metode Otsu

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | function level = otsu(I) |
| 2 | histogramCounts = imhist(I); |
| 3 | total = sum(histogramCounts); |
| 4 | sumB = 0; |
| 5 | wKelas1 = 0; |
| 6 | maximum = 0.0; |
| 7 | histogramCounts = histogramCounts/total; |
| 8 | sum1 = dot( (0:255), histogramCounts); |
| 9 | total = sum(histogramCounts); |
| 10 | for i=1:256 |
| 11 | wKelas1 = wKelas1 + histogramCounts(i); |
| 12 | if (wKelas1 == 0) |
| 13 | continue; |
| 14 | End |
| 15 | wKelas2 = total - wKelas1; |
| 16 | if (wKelas2 == 0) |
| 17 | break; |
| 18 | End |
| 19 | sumB = sumB + (i-1) \* histogramCounts(i); |
| 20 | meanKelas1 = sumB / wKelas1; |
| 21 | meanKelas2 = (sum1 - sumB) / wKelas2; |
| 22 | stdAntarKelas = wKelas1 \* wKelas2 \* (meanKelas1 - meanKelas2) \* (meanKelas1 - meanKelas2); |
| 23 | if ( stdAntarKelas >= maximum ) |
| 24 | level = i-1; |
| 25 | maximum = stdAntarKelas; |
| 26 | End |
| 27 | End |
| 28 | level = level/255; |
| 29 | End |

#### Segmentasi Optic Disk

Pada tahap ini, level untuk thresholding didapat dari jumlah nilai minimum dan rerata dari citra yang telah melalui tahap *preprocessing* dibagi 2. Setelah dilakukan operasi thresholding, dilakukan operasi morfologi erosi menggunakan elemen struktur berbentuk disk dengan radius 50. Setelah itu, objek yang memiliki area terbesar dipilih, dan kemudian dilakukan operasi morfologi dilasi dengan menggunakan elemen struktur berbentuk disk dengan radius 50. Berikut kode program dari tahap segmentasi *optic disk*.

Kode sumber 4.7 Implementasi Segmentasi Optic Disk

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | function [disk , index, area] = DiscSegmentation(I) |
| 2 | red = I(:,:,1); |
| 3 | pre = Preprocessing(red,'disk'); |
| 4 | level = pre(:); |
| 5 | level(level == 0) = max(level); |
| 6 | mini = min(level); |
| 7 | level = pre(:); |
| 8 | level(level == 0) = NaN; |
| 9 | rerata = nanmean(level); |
| 10 | rerata = (mini + rerata)/2; |
| 11 | iBw = pre>(mini + rerata)/2; |
| 12 | iBw = imerode(iBw,strel('disk',50)); |
| 13 | stats = regionprops(iBw,'basic'); |
| 14 | [b,idx] = sort([stats.Area],'descend') |
| 15 | index = stats(idx(1)).Centroid; |
| 16 | index = int32(index); |
| 17 | iBw = bwareaopen(iBw, b(1)); |
| 18 | iBw = imdilate(iBw,strel('disk',50)); |
| 19 | disk = iBw; |
| 20 | area = sum(sum(disk)); |
| 21 | End |

#### Segmentasi Pembuluh Darah

Pada tahap ini, dilakukan operasi thresholding dengan nilai level 2.7 kali standar deviasi dari citra yang sudah melalui tahap *preprocessing*. Setelah itu dilakukan operasi morfologi erosi dan dilasi dengan menggunakan elemen struktur berbentuk *diamond* dengan ukuran 5, kemudian dilakukan operasi morfologi dilasi dan erosi dengan elemen struktur yang sama. Setelah itu, dilakukan *masking* dengan *mask optic disk* untuk mendapatkan pembuluh darah yang hanya berada di daerah *optic disk*. Berikut ini adalah kode program dari tahap segmentasi pembuluh darah.

Kode sumber 4.8 Implementasi Segmentasi Pembuluh Darah

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | level = 2.7\*std(std(double(gr)))/255; |
| 2 | y = im2bw(gr,level); |
| 3 | y = imopen(y,strel('diamond',5)); |
| 4 | y = imclose(y,strel('diamond',5)); |
| 5 | y = y.\*disk; |

### Implementasi Ekstraksi Fitur

Pada tahap ini dilakukan implementasi ekstraksi fitur yang akan dipakai sebagai masukan pada tahap klasifikasi.

#### Cup to Disk Ratio

Berikut kode program untuk menghitung fitur *cup to disk ratio*.

Kode sumber 4.9 Implementasi Ekstraksi Fitur CDR

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | diskArea = sum(sum(disk)); |
| 2 | cupArea = sum(sum(cup)); |
| 3 | CupToDiskRatio = cupArea/diskArea; |
| 4 | CupToDiskRatio = sqrt(CupToDiskRatio); |

#### ISNT Neuro Retinal Rim

Untuk mendapatkan fitur ini, tahap pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan *cropping* pada *optic disk* dan *optic cup* untuk menyeragamkan ukuran NRR dan pembuluh darah. Berikut adalah kode program untuk melakukan *cropping*.

Kode sumber 4.10 Implementasi Proses Cropping

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | [row,col]=find(disk); |
| 2 | row\_t = min(row); |
| 3 | col\_t = min(col); |
| 4 | disk = imcrop(disk,[col\_t row\_t max(col)-col\_t max(row)-row\_t]); |
| 5 | cup = imcrop(cup,[col\_t row\_t max(col)-col\_t max(row)-row\_t]); |

Setelah itu dilakukan penghitungan fitur ISNT NRR dengan kode program sebagai berikut.

Kode sumber 4.11 Implementasi Ekstraksi Fitur ISNT NRR

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | function [imNrr,y] = NRR(imCup,imDisk) |
| 2 | mask = imread('mask.png'); |
| 3 | mask = im2bw(mask); |
| 4 | imNrr = logical(imDisk .\* (1-imCup)); |
| 5 | [h,w] = size(imNrr); |
| 6 | mask1 = imresize(mask,[h w]); |
| 7 | temporal = sum(sum(imNrr.\*mask1)); |
| 8 | mask = imrotate(mask,90); |
| 9 | mask1 = imresize(mask,[h w]); |
| 10 | superior = sum(sum(imNrr.\*mask1)); |
| 11 | mask = imrotate(mask,90); |
| 12 | mask1 = imresize(mask,[h w]); |
| 13 | nasal = sum(sum(imNrr.\*mask1)); |
| 14 | mask = imrotate(mask,90); |
| 15 | mask1 = imresize(mask,[h w]); |
| 16 | inferior = sum(sum(imNrr.\*mask1)); |
| 17 | y = (superior+inferior)/(nasal+temporal); |
| 18 | end |

#### ISNT Blood Vessel

Untuk mendapatkan fitur ini, tahap pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan *cropping* pada pembuluh darah untuk menyeragamkan ukuran dengan NRR. Berikut adalah kode program untuk melakukan *cropping*.

Kode sumber 4.12 Implementasi Cropping Pembuluh Darah

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | [row,col]=find(disk); |
| 2 | row\_t = min(row); |
| 3 | col\_t = min(col); |
| 4 | blood = imcrop(blood,[col\_t row\_t max(col)-col\_t max(row)-row\_t]); |

Setelah itu dilakukan penghitungan fitur ISNT pembuluh darah dengan kode program sebagai berikut.

Kode sumber 4.13 Implementasi Ekstraksi Fitur ISNT Pembuluh Darah

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | function y = ISNTBlood(imBlood) |
| 2 | mask = imread('mask.png'); |
| 3 | mask = im2bw(mask); |
| 4 | [h,w] = size(imBlood); |
| 5 | mask1 = imresize(mask,[h w]); |
| 6 | temporal = sum(sum(imBlood.\*mask1)); |
| 7 | mask = imrotate(mask,90); |
| 8 | mask1 = imresize(mask,[h w]); |
| 9 | superior = sum(sum(imBlood.\*mask1)); |
| 10 | mask = imrotate(mask,90); |
| 11 | mask1 = imresize(mask,[h w]); |
| 12 | nasal = sum(sum(imBlood.\*mask1)); |
| 13 | mask = imrotate(mask,90); |
| 14 | mask1 = imresize(mask,[h w]); |
| 15 | inferior = sum(sum(imBlood.\*mask1)); |
| 16 | y = (superior+inferior)/(nasal+temporal); |
| 17 | end |

### Implementasi Klasifikasi

Tahap setelah ekstraksi fitur adalah klasifikasi menggunakan metode *support vector machine*. Sebelum dilakukan klasifikasi, data masukan dibagi ke dalam 2 kategori yaitu data untuk *training* dan data untuk *testing.* Data dipisahkan menggunakaan metode *K-fold cross validation* dengan k = 10 menjadi data *training* dan data *testing*. Berikut adalah kode program implementasi klasifikasi menggunakan *support vector machine* dan *10-fold cross validation*.

Kode sumber 4.14 Implementasi Klasifikasi

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | k=10; |
| 2 | newDataset = Dataset; |
| 3 | newGroup = Group; |
| 4 | cvFolds = crossvalind('Kfold', newGroup, k); %# get indices of 10-fold CV |
| 5 | cp = classperf(newGroup); %# init performance tracker |
| 6 | dataset = newDataset; |
| 7 | metode = 'QP'; |
| 8 | tic; |
| 9 | for i = 1:k %# for each fold |
| 10 | testIdx = (cvFolds == i); %# get indices of test instances |
| 11 | trainIdx = ~testIdx; %# get indices training instances |
| 12 |  |
| 13 | %# train an SVM model over training instances |
| 14 | svmModel = svmtrain(dataset(trainIdx,:), newGroup(trainIdx), ... |
| 15 | 'Autoscale',true, 'Showplot',false, 'Method',metode, ... |
| 16 | 'BoxConstraint',2e-1, 'Kernel\_Function','rbf','rbf\_sigma',1); |
| 17 | %# test using test instances |
| 18 | pred = svmclassify(svmModel, dataset(testIdx,:), 'Showplot',false); |
| 19 | %# evaluate and update performance object |
| 20 | cp = classperf(cp, pred, testIdx); |
| 21 | end |
| 22 | %# get accuracy |
| 23 | akurasi = cp.CorrectRate |
| 24 | %# get confusion matrix |
| 25 | %# columns:actual, rows:predicted, last-row: unclassified instances |
| 26 | confusionMatriks = cp.CountingMatrix |

### Implementasi User Interface

Pada tahap ini, dilakukan implementasi *user interface* aplikasi pendeteksi penyakit glaukoma dari citra fundus retina mata. Berikut kode program dari tahap implementasi *user interface* aplikasi ini.

Kode sumber 4.15 Implementasi User Interface

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | function varargout = GUI\_TA(varargin) |
| 2 | gui\_Singleton = 1; |
| 3 | gui\_State = struct('gui\_Name', mfilename, ... |
| 4 | 'gui\_Singleton', gui\_Singleton, ... |
| 5 | 'gui\_OpeningFcn', @GUI\_TA\_OpeningFcn, ... |
| 6 | 'gui\_OutputFcn', @GUI\_TA\_OutputFcn, ... |
| 7 | 'gui\_LayoutFcn', [] , ... |
| 8 | 'gui\_Callback', []); |
| 9 | if nargin && ischar(varargin{1}) |
| 10 | gui\_State.gui\_Callback = str2func(varargin{1}); |
| 11 | end |
| 12 | if nargout |
| 13 | [varargout{1:nargout}] = gui\_mainfcn(gui\_State, varargin{:}); |
| 14 | else |
| 15 | gui\_mainfcn(gui\_State, varargin{:}); |
| 16 | end |
| 17 | function GUI\_TA\_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin) |
| 18 | handles.output = hObject; |
| 19 | guidata(hObject, handles); |
| 20 | function varargout = GUI\_TA\_OutputFcn(hObject, eventdata, handles) |
| 21 | varargout{1} = handles.output; |
| 22 | function pushbutton1\_Callback(hObject, eventdata, handles) |
| 23 | [filename, user\_canceled] = imgetfile; |
| 24 | if (user\_canceled == 0) |
| 25 | I = imread(filename); |
| 26 | handles.I = I; |
| 27 | guidata(hObject,handles); |
| 28 | axes(handles.axes1); |
| 29 | imshow(I); |
| 30 | end |
| 31 | function pushbutton2\_Callback(hObject, eventdata, handles) |
| 32 | I = handles.I; |
| 33 | %processing image |
| 34 | preprocessedDisk = Preprocessing(I(:,:,1),'disk'); |
| 35 | preprocessedCup = Preprocessing(I(:,:,2),'cup'); |
| 36 | [disk,index,diskArea] = DiscSegmentation(I); |
| 37 | [cup,cupArea] = SegmenCup(I); |
| 38 | blood = BloodVessel(I(:,:,2),disk); |
| 39 | %cropping |
| 40 | [row,col]=find(disk); |
| 41 | row\_t = min(row); |
| 42 | col\_t = min(col); |
| 43 | disk = imcrop(disk,[col\_t row\_t max(col)-col\_t max(row)-row\_t]); |
| 44 | cup = imcrop(cup,[col\_t row\_t max(col)-col\_t max(row)-row\_t]); |
| 45 | blood = imcrop(blood,[col\_t row\_t max(col)-col\_t max(row)-row\_t]); |
| 46 | %viewing image |
| 47 | axes(handles.axes2); |
| 48 | imshow(blood); |
| 49 | axes(handles.axes3); |
| 50 | imshow(preprocessedDisk); |
| 51 | axes(handles.axes4); |
| 52 | imshow(disk); |
| 53 | axes(handles.axes5); |
| 54 | imshow(preprocessedCup); |
| 55 | axes(handles.axes6); |
| 56 | imshow(cup); |
| 57 | %extracting feature |
| 58 | CupToDiskRatio = sqrt(cupArea/diskArea); |
| 59 | bloodISNT = ISNTBlood(blood); |
| 60 | [imNrr,nrrISNT] = NRR(cup,disk); |
| 61 | newData = csvread('newdataTA\_120.csv'); |
| 62 | newDataset = [newData(:,1) newData(:,2) newData(:,3)]; |
| 63 | newGroup = newData(:,4); |
| 64 | svmModel = svmtrain(newDataset, newGroup, ... |
| 65 | 'Autoscale',true, 'Showplot',false, 'Method','SMO', ... |
| 66 | 'BoxConstraint',2e-1, 'Kernel\_Function','linear'); |
| 67 | pred = svmclassify(svmModel, [CupToDiskRatio nrrISNT bloodISNT], 'Showplot',false); |
| 68 | if pred == 0 |
| 69 | set(handles.edit3,'string','Glaukoma'); |
| 70 | else |
| 71 | set(handles.edit3,'string','Normal'); |
| 72 | end |
| 73 | function edit3\_Callback(hObject, eventdata, handles) |
| 74 | function edit3\_CreateFcn(hObject, eventdata, handles) |
| 75 | if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor')) |
| 76 | set(hObject,'BackgroundColor','white'); |
| 77 | end |

# BAB V

**UJI COBA DAN EVALUASI**

Pada bab ini dijelaskan mengenai rangkaian uji coba perangkat lunak. Pada bab ini juga akan dibahas mengenai perhitungan akurasi dari perangkat lunak yang dibuat. Tujuan dari uji coba ini adalah untuk mengetahui apakah model yang telah dihasilkan sistem mampu mendeteksi penyakit glaukoma pada citra fundus retina mata dengan benar, mengetahui fungsi kernel pada *support vector machine* yang optimal, dan mengetahui metode yang dipakai untuk pencarian *hyperplane* pada *support vector machine* yang optimal untuk melakukan klasifikasi. Selain itu juga pada bab ini akan dipaparkan pembahasan yang meliputi lingkungan uji coba, data uji coba, skenario uji coba, hasil uji coba, dan evaluasi.

## Lingkungan Uji Coba

Lingkungan uji coba yang akan digunakan untuk melakukan uji coba meliputi perangkat keras dan perangkat lunak yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Perangkat Keras
2. Processor: Intel® Core™ i3 CPU-3240 @ 3.40GHz
3. Memory (RAM) : 4096 MB
4. Tipe Sistem: 64-bit
5. Perangkat Lunak
6. Sistem operasi : *Window*s 8 Professional 64 bit.
7. Perangkat Pengembang : MatlabR2014a
8. Perangkat Pembantu : Microsoft Excel 2013

## Data Uji Coba

Data yang digunakan untuk uji coba adalah citra retina mata yang diambil dari database RIM-ONE v2 yang terdiri dari 56 retina mata yang normal dan 64 retina mata yang glaukoma.

Uji coba dilakukan dengan menggunakan skema 10-*fold cross validation* yang dilakukan sebanyak 5 kali untuk masing-masing skenario. Hasil uji coba pada bab ini adalah hasil rata-rata dari 5 kali percobaan 10-*fold cross validation*.

## Uji Coba Sistem

Pada bagian ini akan ditampilkan hasil dari masing-masing proses pada sistem pendeteksi penyakit glaukoma dari citra retina mata.

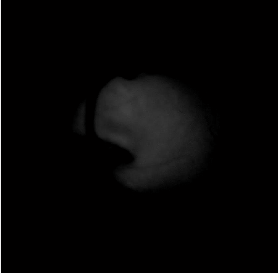


Gambar 5.1 Citra masukan sistem

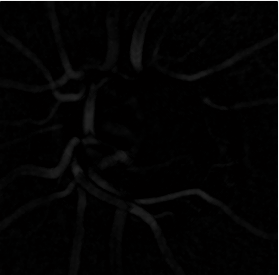
Tahap pertama yang dilalui citra masukan adalah tahap *preprocessing*. Gambar 5.2, 5.3, dan 5.4 secara berturut turut adalah hasil dari tahap *preprocessing optic disk*, *optic cup*, dan pembuluh darah.



Gambar 5.2 Hasil *preprocessing* *optic disk*

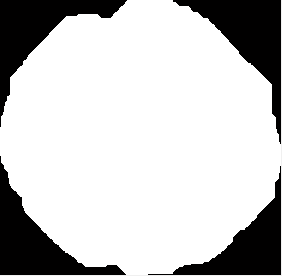


Gambar 5.3 Hasil *preprocessing* *optic cup*

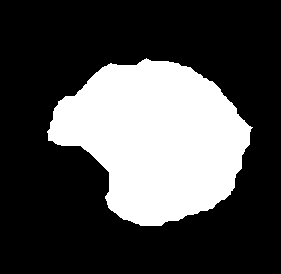


Gambar 5.4 Hasil *preprocessing* pembuluh darah

Setelah tahap ini, masing-masing citra keluaran akan masuk pada tahap segmentasi. Gambar 5.5, 5.6 dan 5.7 secara berturut turut adalah hasil dari tahap segmentasi *optic disk*, *optic cup*, dan pembuluh darah.



Gambar 5.5 Hasil segmentasi *optic disk*



Gambar 5.6 Hasil segmentasi *optic cup*



Gambar 5.7 Hasil segmentasi pembuluh darah

Setelah citra berhasil disegmentasi, maka akan dihitung nilai dari masing-masing fitur yang akan dipakai oleh sistem. Berikut ini hasil dari tahap ekstraksi fitur.

* Cup to Disk Ratio = 0.6245
* ISNT Neuro Retinal Rim = 0.9987
* ISNT Pembuluh Darah = 0.9195

Setelah fitur didapat, maka kelas dari citra masukan akan dihitung dengan menggunakan svm model yang sudah didapatkan saat training data. Hasil klasifikasi dari citra yang diuji cobakan ini adalah kelas glaukoma.

## Skenario Uji Coba

Sebelum melakukan uji coba, perlu ditentukan skenario yang akan digunakan dalam uji coba. Melalui skenario ini, perangkat akan diuji apakah sudah berjalan dengan benar dan bagaimana performa masing-masing skenario, serta membandingkan skenario manakah yang memiliki performa lebih baik. Terdapat dua skenario uji coba pada perangkat lunak ini, antara lain:

1. Penghitungan performa dengan dan tanpa menggunakan proses *smoothing* histogram pada proses segmentasi optic cup.
2. Penghitungan performa dengan mengubah metode pencarian *hyperplane* pada pengklasifikasi *support vector machine* pada proses klasifikasi. Metode yang digunakan antara lain *Sequential Minimal Optimization* (SMO), *Quadratic Programming* (QP), dan *Least Squares* (LS).
3. Penghitungan performa dengan mengubah fungsi kernel *support vector machine* pada proses klasifikasi. Fungsi kernel yang diujikan yaitu *linear, quadratic, polynomial orde 3,* dan RBF (*Gaussian Radial Basis Function*).

### Skenario Uji Coba 1

Skenario uji coba 1 adalah penggunaan metode *smoothing* histogram pada proses segmentasi *optic cup*. Akan dibandingkan performa hasil klasifikasi dengan dan tanpa menggunakan *smoothing* histogram pada proses segmentasi *optic cup*. Tabel 5.1 dan 5.2 secara berturut-turut menampilkan hasil uji coba dari sistem yang menggunakan proses histogram *smoothing* dan tanpa histogram *smoothing* menggunakan 10 *folds cross validation* sebanyak 5 kali percobaan.

Tabel 5.1 Hasil skenario 1 dengan Histogram Smoothing

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Percobaan | Akurasi | Time | Presisi | Recall |
| 1 | 79% | 0.076003 | 83% | 77% |
|
| 2 | 79% | 0.080427 | 81% | 80% |
|
| 3 | 81% | 0.117171 | 84% | 80% |
|
| 4 | 82% | 0.095897 | 85% | 80% |
|
| 5 | 79% | 0.079565 | 82% | 78% |
|
| Rata-rata | 80% | 0.089813 | 83% | 79% |
|

Tabel 5.2 Hasil skenario 1 tanpa Histogram Smoothing

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Percobaan | Akurasi | Time | Presisi | Recall |
| 1 | 77% | 0.089385 | 80% | 75% |
|
| 2 | 73% | 0.086302 | 81% | 66% |
|
| 3 | 77% | 0.105823 | 81% | 73% |
|
| 4 | 73% | 0.094761 | 77% | 72% |
|
| 5 | 74% | 0.11959 | 78% | 72% |
|
| Rata-rata | 75% | 0.099172 | 79% | 72% |
|

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada uji coba skenario 1, performa yang lebih bagus didapat ketika histogram *smoothing* digunakan pada proses segmentasi *optic cup* dengan akurasi sebesar 80%.

### Skenario Uji Coba 2

Skenario uji coba 1 adalah penggunaan metode pencarian *hyperplane* yang berbeda pada pengklasifikasi *support vector machine*. Tabel 5.3, 5.4, dan 5.5 secara berturut-turut menampilkan hasil dari 10 *folds cross validation* sebanyak 5 kali uji coba dari metode *Sequential Minimal Optimization* (SMO), *Least Squares* (LS), dan *Quadratic Programming* (QP).

Tabel 5.3 Hasil skenario 2 dengan metode SMO

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Percobaan | Akurasi | Time | Presisi | Recall |
| 1 | 79% | 0.076003 | 83% | 77% |
|
| 2 | 79% | 0.080427 | 81% | 80% |
|
| 3 | 81% | 0.117171 | 84% | 80% |
|
| 4 | 82% | 0.095897 | 85% | 80% |
|
| 5 | 79% | 0.079565 | 82% | 78% |
|
| Rata-rata | 80% | 0.089813 | 83% | 79% |
|

Tabel 5.4 Hasil skenario 2 dengan metode LS

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Percobaan | Akurasi | Time | Presisi | Recall |
| 1 | 78% | 0.042342 | 83% | 75% |
|
| 2 | 80% | 0.035718 | 84% | 77% |
|
| 3 | 80% | 0.037269 | 84% | 77% |
|
| 4 | 78% | 0.033161 | 83% | 75% |
|
| 5 | 79% | 0.034508 | 83% | 77% |
|
| Rata-rata | 79% | 0.0366 | 84% | 76% |
|

Tabel 5.5 Hasil skenario 2 dengan metode QP

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Percobaan | Akurasi | Time | Presisi | Recall |
| 1 | 80% | 0.243935 | 83% | 78% |
|
| 2 | 79% | 0.239451 | 83% | 77% |
|
| 3 | 80% | 0.275507 | 84% | 77% |
|
| 4 | 78% | 0.231506 | 83% | 75% |
|
| 5 | 81% | 0.232773 | 85% | 78% |
|
| Rata-rata | 80% | 0.244634 | 84% | 77% |
|

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada uji coba skenario 2, didapat bahwa nilai akurasi tertinggi adalah 80 % dengan metode SMO dan QP. Metode yang akan digunakan oleh sistem adalah metode SMO karena memiliki waktu dan nilai *recall* yang lebih baik dari QP.

### Skenario Uji Coba 3

Skenario uji coba 2 adalah penggunaan fungsi kernel yang berbeda dengan menggunakan metode penghitungan *hyperplane* SMO pada pengklasifikasi *support vector machine*. Tabel 5.6, 5.7, 5.8, dan 5.9 secara berturut-turut menampilkan hasil dari 10 *folds cross validation* sebanyak 5 kali uji coba dari fungsi kernel *linear, quadratic, polynomial orde 3,* dan RBF (*Gaussian Radial Basis Function*).

Tabel 5.6 Hasil skenario 3 dengan fungsi kernel *linear*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Percobaan | Akurasi | Time | Presisi | Recall |
| 1 | 79% | 0.076003 | 83% | 77% |
|
| 2 | 79% | 0.080427 | 81% | 80% |
|
| 3 | 81% | 0.117171 | 84% | 80% |
|
| 4 | 82% | 0.095897 | 85% | 80% |
|
| 5 | 79% | 0.079565 | 82% | 78% |
|
| Rata-rata | 80% | 0.089813 | 83% | 79% |
|

Tabel 5.7 Hasil skenario 3 dengan fungsi kernel *quadratic*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Percobaan | Akurasi | Time | Presisi | Recall |
| 1 | 78% | 0.22826 | 80% | 77% |
|
| 2 | 77% | 0.220579 | 78% | 78% |
|
| 3 | 78% | 0.304377 | 80% | 80% |
|
| 4 | 76% | 0.17547 | 76% | 80% |
|
| 5 | 75% | 0.217376 | 78% | 73% |
|
| Rata-rata | 77% | 0.229212 | 79% | 78% |
|

Tabel 5.8 Hasil skenario 3 dengan fungsi kernel *polynomial orde 3*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Percobaan | Akurasi | Time | Presisi | Recall |
| 1 | 72% | 1.054431 | 74% | 72% |
|
| 2 | 76% | 0.653245 | 78% | 77% |
|
| 3 | 76% | 0.821697 | 78% | 77% |
|
| 4 | 72% | 0.702548 | 73% | 73% |
|
| 5 | 73% | 0.829963 | 77% | 72% |
|
| Rata-rata | 74% | 0.812377 | 76% | 74% |
|

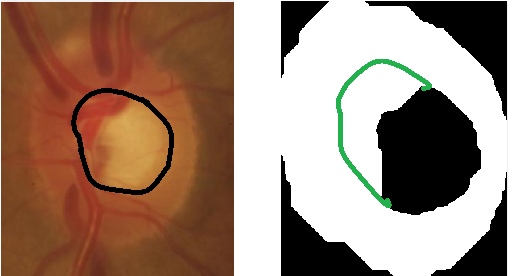
Tabel 5.9 Hasil skenario 3 dengan fungsi kernel RBF

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Percobaan | Akurasi | Time | Presisi | Recall |
| 1 | 76% | 0.079465 | 75% | 83% |
|
| 2 | 79% | 0.077998 | 76% | 89% |
|
| 3 | 80% | 0.118394 | 77% | 89% |
|
| 4 | 78% | 0.088523 | 76% | 86% |
|
| 5 | 78% | 0.078924 | 75% | 86% |
|
| Rata-rata | 78% | 0.088661 | 76% | 87% |
|

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada uji coba skenario 3, didapat bahwa nilai akurasi tertinggi adalah 80 % dengan fungsi kernel *linear*. Fungsi kernel *linear* kemudian akan digunakan oleh sistem untuk proses klasifikasi karena memiliki tingkat akurasi yang paling tinggi.

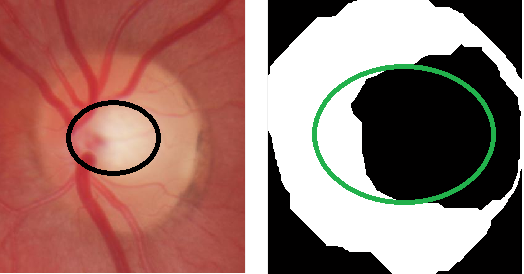
## Evaluasi

Keberadaan pembuluh darah juga mempengaruhi hasil segmentasi *optic cup*. Pada *channel hijau* dari citra retina mata, pembuluh darah terlihat sangat jelas. Bahkan pada beberapa citra, pembuluh darah terlihat menutupi sebagian area dari *optic cup* sehingga bentuk *optic cup* yang tersegmentasi akan mengalami degradasi daripada yang semestinya. Gambar 5.8 menunjukkan contoh degradasi yang terjadi pada segmentasi *optic cup* yang terjadi karena keberadaan pembuluh darah*.*



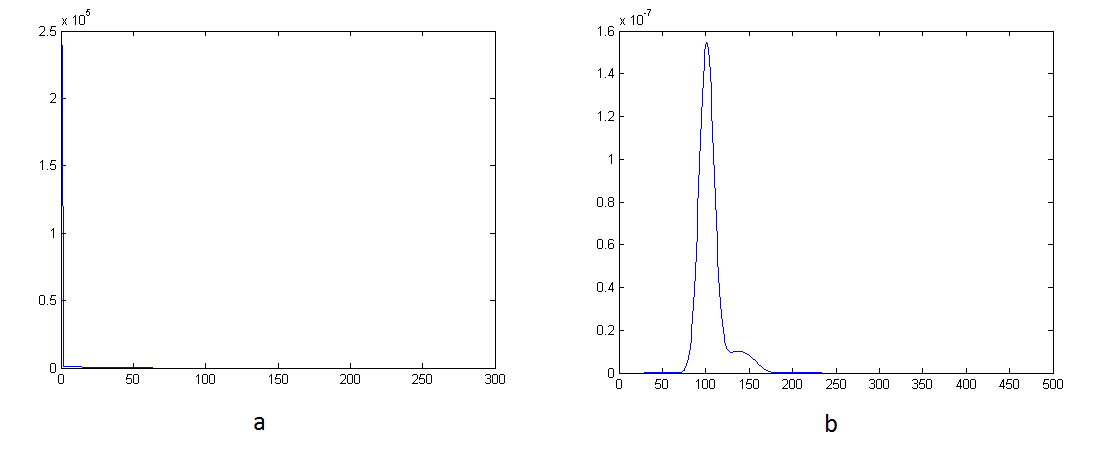
Gambar 5.8 Degradasi pada segmentasi optic cup.

Selain itu, adanya pantulan cahaya pada beberapa retina mata menyebabkan kesalahan segmentasi *optic cup* dan *optic disk*. Hal ini disebabkan karena daerah yang memantulkan cahaya terlihat lebih terang daripada yang seharusnya, sehingga daerah tersebut bisa terdeteksi sebagai *optic disk* ataupun *optic cup*. Dari dataset citra retina mata yang digunakan, kebanyakan pantulan cahaya lebih sering terjadi di daerah *optic* disk. Gambar 5.9 menunjukkan contoh kesalahan segmentasi *optic cup* yang terjadi karena adanya pantulan cahaya pada daerah *optic disk* yang terdeteksi sebagai *optic cup* dan keberadaan pembuluh darah.



Gambar 5.9 Kesalahan pada segmentasi optic cup.

Selain itu, hasil dari skenario uji coba 1 menunjukkan bahwa proses *histogram smoothing* pada segmentasi *optic cup* memberikan peningkatan performa yang cukup signifikan, yaitu sekitar 5%. Ini dapat dimaklumi karena dengan adanya *histogram smoothing*, penyebaran nilai piksel pada citra yang telah melalui tahap *preprocessing* menjadi lebih merata. Hal ini akan memudahkan dalam pencarian *threshold* pada metode otsu.



Gambar 5.10 Gambaran dari (a) histogram dari preprocessed image dan (b) smoothed histogram dari (a)

Hasil dari skenario uji coba 2 dan 3 menunjukkan metode dan fungsi kernel yang memberikan performa paling baik pada pengklasifikasi *support vector machine* adalah metode SMO dan fungsi kernel *linear*.

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***

# BAB VI

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan yang diambil selama pengerjaan tugas akhir serta saran-saran tentang pengembangan yang dapat dilakukan terhadap tugas akhir ini di masa yang akan datang.

## Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan uji coba dan evaluasi yang telah dilakukan antara lain :

1. Keberadaan pembuluh darah dan pantulan cahaya dapat mengganggu proses segmenrtasi *optic disk* dan *optic cup*.
2. Proses *smoothing histogram* dapat meningkatkan performa sistem sebesar 5%.
3. Metode pencarian *hyperplane* yang menghasilkan performa terbaik pada *support vector machine* adalah *sequential minimal optimization.*
4. Fungsi kernel yang menghasilkan performa terbaik pada *support vector machine* adalah fungsi kernel *linear*.

## Saran

Beberapa saran yang disampaikan terkait pengerjaan tugas akhir ini adalah :

* + 1. Perlu dikembangkan metode untuk menangani *noise* pantulan cahaya pada citra retina mata.
    2. Perlu dikembangkan metode penghilangan pembuluh darah yang lebih baik pada segmentasi *optic cup*.
    3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan fitur lain yang lebih baik daripada fitur yang digunakan dalam tugas akhir ini.

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***

# Daftar Pustaka

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, "InfoDATIN, Situasi dan Analisis Glaukoma," Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, Jakarta Selatan, 2015. |
| [2] | Gillan and Stewart, "Optic Disc Basic," Ninewells Hospital & Medical School, 12 2009. [Online]. Available: http://www.optic-disc.org/tutorials/optic\_disc\_basics/page12.html. [Accessed 10 12 2015]. |
| [3] | TheFreeDictionary, "Medical Online Dictionary," The American Heritage® Medical Dictionary, 2007. [Online]. Available: http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/optic+cup. [Accessed 10 12 2015]. |
| [4] | N. Harizman, C. Oliveira, A. Chiang, C. Tello, M. Marmor, R. Ritch and J. Liebmann, "The ISNT rule and differentiation of normal from glaucomatous eyes," *Arch Ophthalmol,* vol. 124, pp. 1579-1583, 2006. |
| [5] | A. Issac, P. M. Sarathi and M. K. Dutta, "An adaptive threshold based image processing technique for improved glaucoma detection and classification," *Computer Methods and Programs in Biomedicine,* vol. I, no. 22, pp. 229-244, 2015. |
| [6] | G. V. Tcheslavski, "Lamar University," 22 4 2010. [Online]. Available: http://www.ee.lamar.edu/gleb/dip/10-3%20-%20Morphological%20Image%20Processing.pdf. [Accessed 8 6 2016]. |
| [7] | World Heritage Encyclopedia, "Project Guttenberg Self-Publishing Press," [Online]. Available: http://www.gutenberg.us/articles/otsu's\_method. [Accessed 8 6 2016]. |
| [8] | A. S. Nugroho, A. B. Witarto and D. Handoko, "Support Vector Machine-Teori dan Aplikasinya dalam Bioinformatika," *IlmuKomputer.Com,* 2003. |
| [9] | J. Schneider, "Carnegie Mellon University School of Computer Science," Carnegie Mellon University, 7 February 1997. [Online]. Available: http://www.cs.cmu.edu/~schneide/tut5/node42.html. [Accessed 21 6 2016]. |
| [10] | J. Nayak, R. A. U., P. S. Bhat, N. Shetty and T.-C. Lim, "Automated Diagnosis of Glaucoma Using Digital Fundus Image," *J Med Syst,* no. 33, pp. 337-346, 2009. |

# BIODATA PENULIS

Ahmad Mustofa, penulis dari buku tugas akhir ini lahir di kabupaten Sumenep tanggal 3 Juli 1994. Penulis telah menempuh pendidikan di SD Negeri Pangarangan IV (2000-2006), SMP Negeri 1 Sumenep (2006-2009), SMA Negeri 1 Sumenep (2009-2012) dan Teknik Informatika ITS Surabaya (2012-2016). Selama masa perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten pada mata kuliah Interaksi Manusia dan Komputer, Basis Data Terapan PIKTI ITS, Pengembangan Game Multiplatform PIKTI ITS, dan Pemrograman Android PIKTI ITS. Penulis juga aktif sebagai anggota organisasi Keluarga Muslim Informatika (KMI), Himpunan Mahasiswa Teknik Computer-Informatika (HMTC) ITS dan Jamaah Masjid Manurul Ilmi (JMMI) ITS. Penulis memilih bidang minat Komputasi Cerdas dan Visi (KCV) dan tertarik pada topik *image processing*, *signal processing*, dan kecerdasan buatan. Penulis dapat dihubungi melalui email [mustofa.ahmad12@mhs.if.its.ac.id](mailto:mustofa.ahmad12@mhs.if.its.ac.id).