

**DETEKSI DIABETIC RETINOPATHY PADA CITRA DIGITAL  
FUNDUS MATA MENGGUNAKAN METODE *STATISTICAL  
REGION MERGING* (SRM)**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**AGUNG RIYADI**  
NIM. 07650035



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM**

**MALANG**

**2014**

**DETEKSI DIABETIC RETINOPATHY PADA CITRA DIGITAL  
FUNDUS MATA MENGGUNAKAN METODE *STATISTICAL  
REGION MERGING* (SRM)**

**SKRIPSI**

Diajukan Kepada :  
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang  
Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh:

**AGUNG RIYADI  
NIM. 07650035**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2014**

**DETEKSI DIABETIC RETINOPATHY PADA CITRA DIGITAL  
FUNDUS MATA MENGGUNAKAN METODE *STATISTICAL  
REGION MERGING* (SRM)**

**SKRIPSI**

Oleh:

**AGUNG RIYADI  
NIM. 07650035**

Telah Disetujui  
Malang, 16 Juli 2014

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Muhammad Faisal, M. T  
NIP. 197405102005011007**

**Dr. Munirul Abidin, M. Ag  
NIP. 197204202002121003**

Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Teknik Informatika**

**Dr. Cahyo Crysdiyan, M. CS  
NIP. 197404242009011008**

**DETEKSI DIABETIC RETINOPATHY PADA CITRA DIGITAL  
FUNDUS MATA MENGGUNAKAN METODE *STATISTICAL  
REGION MERGING* (SRM)**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**AGUNG RIYADI  
NIM. 07650035**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Tanggal, 14 Juli 2014

**Susunan Dewan Penguji:**

**Tanda Tangan**

- |                        |   |   |   |   |
|------------------------|---|---|---|---|
| 1. Penguji Utama       | : | <b><u>Dr.Cahyo Crysdian, M.CS</u></b>   | ( | ) |
|                        |   | NIP. 197404242009011008                 |   |   |
| 2. Ketua Penguji       | : | <b><u>Fatchurrochman, M.Kom</u></b>     | ( | ) |
|                        |   | NIP. 197007312005011002                 |   |   |
| 3. Sekretaris Penguji: |   | <b><u>Muhammad Faisal, M. T</u></b>     | ( | ) |
|                        |   | NIP. 197405102005011007                 |   |   |
| 4. Anggota Penguji     | : | <b><u>Dr. Munirul Abidin, M. Ag</u></b> | ( | ) |
|                        |   | NIP. 197204202002121003                 |   |   |

Mengetahui dan Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika

**Dr.Cahyo Crysdian, M.CS**  
NIP. 197404242009011008

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agung Riyadi  
NIM : 07650035  
Fakultas / Jurusan : Sains Dan Teknologi / Teknik Informatika  
Judul Penelitian : Deteksi Diabetic Retinopathy Pada Citra Digital Fundus Mata Menggunakan Metode *Statistical Region Merging* (SRM )

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 3 Juli 2014

Yang Menyatakan,

Agung Riyadi  
NIM. 07650035

## **Motto**

**“No Pain , No Gain”**

*Tanpa Usaha , Tidak Dapat Apa Apa*



## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Atas Karunia dan Limpahan cinta-Nya kami dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar dan selamat. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW yang membawa umatnya dari kesesatan menuju jalan terang*

*Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang-orang yang selalu melimpahkan cinta dan kasih sayangnya pada ku:*

***Ibuku Tercinta Musiyah, Ayahku Tercinta Duriyanto  
dan Kakakku Aris Widodo***

*Sebagai bukti kasih sayang dan tanggung jawab yang telah diberikan kepadaku. Dan ku ucapkan terrima kasih atas segala pengorbanan dan kasih sayang yang tidak bisa ditukar dengan apapun.*

***Kepada keluarga besarku***

*Selalu membimbing dan memberikan masukan, motivasi dan nasehat dalam hidup agar menjadi pribadi yang lebih baik.*

***Para Sahabatku***

*Terima kasih atas semua yang telah diberikan dan menjadi bagian dalam setiap suka dan duka. Semoga persahabatan kita tetap utuh dan takkan pernah lekang oleh waktu*

***Para teman-teman Teknik Informatika 2007***

*Tetap semangat dan terus berkarya karena jalan masih panjang semoga selalu dalam bimbingan-Nya menuju kesuksesan yang bermanfaat*

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah rabbil 'alamin.* Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas segala rahmat dan limpahan hidayahnya Skripsi yang berjudul “Deteksi Diabetic Retinopathy Pada Citra Digital Fundus Mata Menggunakan Metode *Statistical Region Merging (SRM)*” ini dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun dan diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik Informatika jenjang Strata-1 Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Dan semoga Allah melimpahkan rahmat atas Nabi Muhammad SAW yang senantiasa memberikan cahaya petunjuk kepada kita.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullahahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga khususnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Cahyo Crysdiyan, M.CS selaku ketua jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Muhammad Faisal, M.T dan Dr. Munirul Abidin, M.Ag selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah banyak memberikan bimbingan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengajar penulis selama empat tahun lamanya, dan memberikan dukungan untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Seluruh keluarga yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan dorongan dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Teman-teman Teknik Informatika angkatan 2007, terima kasih atas segala bantuan, dukungan, motivasi, dan kebersamaannya selama ini. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas jasa dan bantuan yang telah diberikan.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Telah disadari bahwa pengerjaan tugas akhir ini tak luput dari kekurangan. Untuk itu dalam kesempatan ini pula, ingin disampaikan permohonan maaf atas segala ketidaksempurnaan yang ada. Kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kedepannya. Mudah-mudahan Tugas Akhir ini dapat menjadi sebuah referensi yang bermanfaat.

Malang, Juli 2014

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 .Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 .Rumusan Masalah.....	3
1.3 .Batasan Masalah.....	3
1.4 .Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1. Tujuan Penelitian.....	4
1.4.2. Manfaat Penelitian.....	4
1.5 .Metologi Penelitian.....	4
1.5.1. Lokasi Penelitian.....	4
1.5.2. Sumber Data.....	5
1.5.3. Metode Pengumpulan Data.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Pengertian Citra Digital .....	7
2.1.1. Elemen-elemen Citra Digital.....	8
2.1.2. Format Citra.....	9
a.Citra Biner.....	10
b.Citra Skala Keabuan.....	10
c.Citra Warna .....	10
d.Citra Warna Berindeks.....	11
2.2 Sekilas Pengolahan Citra .....	11
2.3 Dasar Pengolahan Citra .....	13
2.3.1.Mengubah Citra berwarna Menjadi Gray-scale.....	14
2.3.2.Image Thresolding.....	15
2.3.3.Konversi ke Citra Biner.....	16
2.3.4.Histogram.....	17
2.3.5.Inversi Citra.....	18
2.3.6.Brigtnees.....	18
2.3.7.Mengubah Kontras.....	19
2.3.8.Histogram Equalization.....	19
2.4 Mata.....	19
2.4.1.Pengertian Diabetic Retinopathy.....	20
2.5 Matlab.....	26

2.5.1.Mengenal Matlab.....	26
2.6 Flowchart.....	32
2.7 Statistical Region Merging (SRM).....	34
2.8 Menjaga Kesehatan Dalam Islam.....	36
<b>BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM</b>	
3.1 Perancangan Perangkat Keras .....	39
3.2 Perancangan Perangkat Lunak .....	40
3.3 Deskripsi Sistem.....	41
3.4 Desain Sistem .....	43
3.4.1 Desain Data Sistem.....	43
3.4.2 Desain Proses Sistem.....	44
3.4.3 Perancangan Antar Muka.....	56
<b>BAB IV IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Penjelasan Program .....	57
4.1.1 Proses Menampilkan Halaman Utama .....	57
4.1.2 Proses Input Citra .....	59
4.1.3 Proses Preprocessing .....	61
4.1.4 Statistical Region Merging .....	65
4.1.5 Klasifikasi Menggunakan LVQ.....	67
4.2 Uji Coba.....	68
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	79
5.2 Saran.....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>80</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Diagram Pengolahan Citra.....	13
Gambar 2.2 Bagian-bagian Matlab.....	28
Gambar 2.3 Editor Matlab.....	30
Gambar 3.1 Flowchart alur sistem secara keseluruhan.....	15
Gambar 3.2 Citra digital fundus mata berwarna.....	45
Gambar 3.3 Diagram alur proses <i>preprocessing</i> .....	46
Gambar 3.4 Diagram alur SRM.....	52
Gambar 3.5 Arsitektur Jaringan LVQ.....	54
Gambar 3.6 Diagram alur LVQ.....	55
Gambar 3.7 Antarmuka perangkat lunak.....	56
Gambar 4.1 Tampilan form Halaman Utama.....	58
Gambar 4.2 Proses Input Citra.....	59
Gambar 4.3 Source code proses input citra.....	60
Gambar 4.4 Source code proses konversi RGB ke HSI.....	62
Gambar 4.5 Hasil konversi RGB ke HSI.....	62
Gambar 4.6 Source code deteksi Microaneurysms.....	63
Gambar 4.7 Hasil deteksi microaneurysms.....	63
Gambar 4.8 Source code deteksi Blood vessels.....	64
Gambar 4.9 Hasil deteksi blood vessels.....	64
Gambar 4.10 Source code deteksi exudates.....	64
Gambar 4.11 Citra hasil deteksi exudates.....	65
Gambar 4.12 Source code SRM.....	66
Gambar 4.13 Source code LVQ.....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.2 Format citra.....	10
Tabel 4.1 Hasil Klasifikasi oleh pakar Messidor.....	68
Tabel 4.2 Hasil Klasifikasi Dengan Program.....	70
Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Klasifikasi.....	73



## ABSTRAK

Riyadi, Agung. 2014. **Deteksi Diabetic Retinopathy Pada Citra Digital Fundus Menggunakan Metode Statistical Region Merging**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing: (I) Dr. Muhammad Faisal, M. T. (II) Dr. H. Munirul Abidin, M. Ag.

---

**Kata Kunci:** *Diabetic Retinopathy, Statistical Region Merging*

*Diabetic Retinopathy* adalah penyumbatan pembuluh darah mata, gejala yang ditemui oleh orang yang terkena penyakit ini ialah kesulitan membaca, penglihatan kabur.

Penggunaan metode *Statistical Region Merging* untuk mendeteksi obyek pada citra digital terbukti lebih sesuai terhadap beragam skala. Diawali dengan segmentasi pada citra, pada setiap region diambil sebagai input untuk proses selanjutnya.

Dalam proses pendeteksian objek tersebut, penelitian ini menggunakan metode *Statistical Region Merging* dengan mencocokkan nilai rata-rata dari masing-masing citra, dan selanjutnya penentuan letak pembuluh darah.

Dari hasil ujicoba yang dilakukan menggunakan 40 citra, yang terdiri dari 24 citra normal, 11 citra NPDR, 5 citra PDR. Aplikasi dapat mendeteksi diabetic retinopathy berdasarkan tingkatannya, sehingga mendapatkan nilai sebesar 97,5% dari seluruh citra yang telah diujikan.

## ABSTRACT

Riyadi, Agung. 2014. **Detection Diabetic Retinopathy Using Statistical Region Merging Method**. Theses. Informatic Engineering Programme Faculty of Science and Technology The State of Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang.

Supervisor: (I) Dr. Muhammad Faisal, M. T. (II) Dr. H. Munirul Abidin, M. Ag

---

**Keywords:** *Diabetic Retinopathy, Statistical Region Merging*

*Diabetic Retinopathy* is a blockage of eye blood vessels. Symptoms that can be encountered by people affected by this disease are difficulty in reading, blurred vision.

The use of *Statistical Region Merging* methods to detect objects in the digital image of the evidently more diverse scale. Begins with the segmentation of the image, each region taken as input for the next process.

The object detection process in this research is using *Statistical Region Merging* method by get a mean value of every each image then get a location of bifurcation point.

The result from trial use 40 image, which 24 are normal image, 11 NPDR (*Non-Proliferate Diabetic Retinopathy*) image, and 5 are PDR (*Proliferate Diabetic Retinopathy*) image. Application can detection *Diabetic Retinopathy* based levels. And get the biggest value is 97,5% of all images has trained.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1. 1 Latar Belakang


 الْيَوْمَ خَتَمْنَا عَلَىٰ أَفْوَاهِهِمْ وَتَكَلَّمْنَا بِأَيْدِيهِمْ وَتَشْهَدُ أَرْجُلُهُمْ بِمَا كَانُوا يَكْسِبُونَ

Artinya: "Pada hari ini Kami tutup mulut mereka; dan berkatalah kepada Kami tangan mereka dan memberi kesaksianlah kaki mereka terhadap apa yang dahulu mereka usahakan".(QS.Yasin:65)

Pada ayat tersebut diungkapkan bahwa setiap umat manusia harus mengingat akan datangnya hari akhir atau hari kiamat. Karena pada hari tersebut mulut manusia akan ditutup, sedangkan yang berbicara adalah setiap organ tubuh mereka yang akan bersaksi atas apa yang telah diperbuat semasa hidupnya.

Kelak anggota tubuh kita akan memberikan kesaksian atas apa yang diperbuatnya selama di dunia. Tangan, kaki, dan anggota badan lain akan berbicara sehingga mulut tidak bisa membantah dan berbohong. Oleh karena itu kesehatan sangat penting seperti kesehatan pada mata yang merupakan organ yang penting untuk melihat gejala penyakit. Karena dengan mata bisa di deteksi penyakit seseorang.

Kesehatan bisa menjadi kenikmatan, namun bisa pula menjadi musibah.

Allah berfirman:


 أَفَحَسِبْتُمْ أَنَّمَا خَلَقْنَاكُمْ عَبَثًا وَأَنَّكُمْ إِلَيْنَا لَا تُرْجَعُونَ

Artinya:” Maka Apakah kamu mengira, bahwa Sesungguhnya Kami menciptakan kamu secara main-main (saja), dan bahwa kamu tidak akan dikembalikan kepada kami”. (QS. Al-Mukminuun:115)

أَحْسَبُ الْإِنْسَانَ أَن يُتْرَكَ سُدًى

Artinya: “Apakah manusia mengira, bahwa ia akan dibiarkan begitu saja (tanpa pertanggung jawaban)” (QS. Al-Qiyamah:36)

Dari ayat diatas dapat diambil hikmah bahwa :

- a. Kesehatan merupakan nikmat dari Allah yang selalu diperbaharui. Seorang hamba akan dihisab atas nikmat ini, yaitu dari sisi mana ia mensyukurinya, bagaimana ia menggunakannya dalam ketaatan kepada Allah, serta apakah ia tidak menggunakannya dalam kemaksiatan kepada Allah.
- b. Mensyukuri nikmat kesehatan dapat dilakukan dengan hati, lisan, dan anggota badan. Syukur hati dapat dilakukan dengan cara meyakini bahwa Allah adalah satu-satunya Dzat yang member kesehatan. Syukur lisan dilakukan dengan cara mengakui kenikmatan tersebut dan melafalkannya. Adapun Syukur dengan anggota badan dilakukan dengan mempergunakan kesehatan itu dalam ketaatan dan menghindarkannya dari kemaksiatan.

(Fatullah Wasim,2004:24)

Mata adalah organ penglihatan yang mendeteksi cahaya. Yang dilakukan mata yang paling sederhana tak lain hanya mengetahui apakah lingkungan sekitarnya adalah terang atau gelap. Mata yang lebih kompleks dipergunakan untuk memberikan pengertian visual. Bagian-bagian pada organ mata bekerjasama mengantarkan cahaya dari sumbernya menuju ke otak untuk dapat dicerna oleh

sistem saraf manusia. Bagian-bagian tersebut adalah: Kornea, Sklera, Pupil dan iris, Lensa mata, Retina atau Selaput Jala, Saraf optik.

Lapisan tembus cahaya di bagian depan mata adalah kornea, tepat dibelakangnya terdapat iris, selain member warna pada mata iris juga dapat merubah ukurannya secara otomatis sesuai kekuatan cahaya yang masuk, dengan bantuan otot yang melekat padanya. Misalnya ketika berada di tempat gelap iris akan membesar untuk memasukkan cahaya sebanyak mungkin. Ketika kekuatan cahaya bertambah, iris akan mengecil untuk mengurangi cahaya yang masuk ke mata.

Beberapa penyakit mata dapat diatasi dengan diagnosa awal yang tepat sehingga akan memudahkan proses penyembuhannya. Identifikasi dari beberapa bagian anatomi retina merupakan sebuah persyaratan dari diagnosa awal beberapa penyakit retina. Beberapa citra fundus mata digunakan untuk pendeteksian awal dari beberapa retinopathologies atau penyakit retina seperti jaringan syaraf retina, disk optik, dan fovea.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari latar belakang yang telah diungkapkan di atas, maka penelitian ini difokuskan untuk melakukan deteksi tanda penyakit *diabetic retinopathy* pada citra digital fundus mata.

## 1.3 BATASAN MASALAH

Agar penelitian lebih sistematis dan terarah, ditentukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Citra yang digunakan adalah citra digital fundus mata.
2. Pre-processing diarahkan untuk mengubah gambar menjadi HSI, menampilkan microaneurysms, menampilkan blood vessel ,menampilkan exudates.

## 1.4 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

### 1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan suatu sistem yang mampu mengidentifikasi penyakit diabetic retinopathy pada citra digital fundus mata.

### 1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah membantu bidang kedokteran dalam mendeteksi suatu kerusakan pada *pembuluh darah mata* yang menandakan adanya ketidaknormalan yang disebabkan *diabetic retinopathy* dengan memperhatikan fiturnya yang terdapat pada citra digital fundus mata.

## 1.5 METOLOGI PENELITIAN

### 1.5.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang diambil adalah pembuatan aplikasi di kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

### 1.5.2 Sumber Data

Data masukan yang digunakan dalam pembuatan aplikasi ini adalah data citra fundus retina beresolusi yang tinggi (2240 x 1488 pixel) dengan format tiff.

Data citra fundus didapat dari database Messidor dengan alamat <http://messidor.crihan.fr>. Messidor merupakan program riset yang didanai oleh TECHNO-VISI Kementerian Riset dan Pertahanan Perancis tahun 2004 yang berkonsentrasi pada penelitian tentang diabetic retinopathy. Database Messidor dibentuk untuk memfasilitasi studi pada ilmu komputer untuk membantu mengembangkan teknologi diagnosis diabetic retinopathy.

### **1.5.3 Metode Pengumpulan Data**

Pada tahap ini dilakukan berbagai pengumpulan informasi terkait beberapa hal berikut:

1. Pengumpulan informasi tentang bagaimana cara mengolah data-data yang telah dikumpulkan dengan metode yang telah ditentukan.
2. Pengumpulan informasi mengenai apa saja yang diperlukan dalam pembuatan aplikasi ini.
3. Pencarian informasi mengenai implementasi metode yang diambil dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

## **1.6 SISTEMATIKA PENULISAN**

Untuk memberikan gambaran dan kerangka yang jelas mengenai pokok bahasan dalam setiap bab dalam penelitian ini maka diperlukan sistematika pembahasan. Berikut gambaran sistematika pembahasan pada masing-masing bab:

**BAB I: PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan.

## **BAB II: LANDASAN TEORI**

Bab dua menjelaskan tentang teori yang berhubungan dengan permasalahan penelitian.

## **BAB III: ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM**

Pada bab ini akan dibahas tentang langkah dan pembuatan perangkat lunak serta rancangan program.

## **BAB IV: IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN**

Meliputi hasil yang dicapai dari perancangan sistem dan implementasi program. Sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan.

## **BAB V: PENUTUP**

Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil yang telah dicapai sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pihak-pihak yang berkepentingan serta kemungkinan pengembangannya.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 PENGERTIAN CITRA DIGITAL**

Citra (image) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (continuu) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi objek-objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, scanner, dan sebagainya. Sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam. (Ahmad,Usman. 2005: 14).

Meskipun citra kaya informasi, namun seringkali citra tersebut mengalami penurunan mutu (degradasi), misalnya mengandung cacat atau derau (noise), warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur (blurring), dan sebagainya. Sehingga citra semacam ini akan menjadi lebih sulit diinterpretasi karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang. Agar citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi (baik oleh manusia maupun mesin), maka citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik. Bidang study yang menyangkut hal ini adalah pengolahan citra (image processing).

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik. Operasi-operasi pengolahan citra diterapkan pada citra apabila. (Rinaldi Munir, 2004: 3).

### 2.1.1 Elemen-elemen Citra Digital

Citra digital mengandung sejumlah elemen-elemen dasar. Elemen-elemen dasar inilah yang dimanipulasi dalam pengolahan citra. Elemen-elemen dasar yang penting diantaranya adalah sebagai berikut :

- Kecerahan (*brightness*)

Kecerahan disebut juga sebagai intensitas cahaya. Kecerahan pada suatu titik (piksel) di dalam suatu citra sebenarnya adalah intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya.

- Kontras (*contrast*)

Kontras menyatakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) dalam suatu citra. Citra dengan kontras rendah dicirikan oleh sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap. Citra dengan kontras yang baik, komposisi gelap dan terangnya tersebar secara merata.

- Kontur (*contour*)

Kontur adalah keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada pixel-pixel yang bertetangga. Karena adanya perubahan intensitas inilah, maka tepi-tepi (edge) objek pada citra dapat dideteksi.

- Warna (*color*)

Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang ( $\lambda$ ) yang berbeda-beda.

Warna yang diterima oleh sistem visual manusia (mata) merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Kombinasi

warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah red (R), green(G), dan blue(B).

- Bentuk (*shape*)

Bentuk adalah properti intrinsik dari objek tiga dimensi. Bentuk merupakan properti intrinsik utama untuk sistem visual manusia karena manusia lebih sering menginterpretasikan suatu objek berdasarkan bentuknya daripada elemen lainnya.

- Tekstur (*texture*)

Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan pixel-pixel yang bertetangga. Sehingga, tekstur tidak dapat didefinisikan untuk sebuah pixel. Tekstur merupakan karakteristik untuk menganalisa permukaan berbagai jenis citra objek.

### 2.1.2 Format Citra

Komputer dapat mengolah isyarat-isyarat elektronik digital yang merupakan kumpulan sinyal biner (bernilai 0 dan 1). Untuk itu, citra digital harus mempunyai format tertentu yang sesuai sehingga dapat merepresentasikan obyek pencitraan dalam bentuk kombinasi data biner. Format citra yang banyak dipakai adalah citra biner, skala keabuan, warna, dan warna berindeks. (Ahmad Balza, 2005: 8).

Tabel 2.1.2 Format citra

Skala Keabuan	Rentang Nilai Keabuan	Piksel Depth
$2^1$ (2 nilai)	0, 1	1 bit
$2^2$ (4 nilai)	0 sampai 7	2 bit
$2^3$ (16 nilai)	0 sampai 15	3 bit
$2^8$ (256 nilai)	0 sampai 225	8 bit

#### a. Citra Biner

Pada citra biner, setiap nilai bernilai 0 atau 1, masing-masing merepresentasikan warna tertentu. Contoh yang paling lazim adalah hitam bernilai 0 dan putih bernilai 1.

#### b. Citra Skala Keabuan

Disebut skala keabuan karena pada umumnya warna yang dipakai adalah antara hitam sebagai warna minimal dan putih sebagai warna maksimal, sehingga warna di antara keduanya adalah abu-abu. Namun dalam prakteknya warna yang dipakai tidak terbatas pada warna abu-abu sebagai contoh dipilih warna minimalnya adalah putih dan warna maksimalnya adalah merah, maka semakin besar nilainya semakin besar pula intensitas warna merahnya.

#### c. Citra Warna

Pada citra warna, setiap titik mempunyai warna spesifik yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu merah, hijau dan biru.

Format citra ini sering disebut citra RGB. Setiap warna dasar mempunyai intensitas sendiri dengan nilai maksimum 255 (8 bit). Jumlah kombinasi warna yang mungkin untuk format citra ini adalah 224 atau lebih dari 16 juta warna,

dengan demikian bisa dianggap mencakup semua warna yang ada. Oleh karena itu, dinamakan true color.

#### **d. Citra Warna Berindeks**

Jumlah memory yang dibutuhkan untuk format citra warna true color adalah tiga kali jumlah titik yang ada dalam citra yang ditinjau. Di lain pihak, jumlah warna yang ada dalam suatu citra terkadang sangat terbatas, karena banyaknya warna dalam citra tidak mungkin melebihi banyaknya titik dalam citra itu sendiri. Dengan kasus seperti ini disediakan format citra warna berindeks. Pada format ini informasi setiap titik merupakan indeks dari suatu table yang berisi informasi warna yang tersedia yang disebut palet warna atau color map. (Ahmad Balza, 2005: 11).

## **2.2 SEKILAS PENGOLAHAN CITRA**

Pengolahan citra (*image processing*) merupakan suatu sistem di mana proses dilakukan dengan masukan berupa citra (*image*) dan hasilnya juga berupa citra (*image*). Pada awalnya pengolahancitra ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra, namun dengan berkembangnya dunia komputasi yang ditandai dengan semakin meningkatnya kapasitas dan kecepatan proses komputer, serta munculnya ilmu-ilmu komputasi yang memungkinkan manusia dapat mengambil informasi dari suatu citra, maka *image processing* tidak dapat dilepaskan dengan bidang *computer vision*.

Sesuai dengan perkembangan computer vision itu sendiri, pengolahan citra mempunyai dua tujuan utama, yakni sebagai berikut.

(1). Memperbaiki kualitas citra, di mana citra yang dihasilkan dapat menampilkan informasi secara jelas atau dengan kata lain manusia dapat melihat

informasi yang diharapkan dengan menginterpretasikan citra yang ada. Dalam hal ini interpretasi terhadap informasi yang ada tetap dilakukan oleh manusia (*human perception*).

(2). Mengekstraksi informasi ciri yang menonjol pada suatu citra, di mana hasilnya adalah informasi citra di mana manusia mendapatkan informasi ciri dari citra secara numeric atau dengan kata lain komputer (mesin) melakukan interpretasi terhadap informasi yang ada pada citra melalui besaran-besaran data yang dapat dibedakan secara jelas (besaran-besaran ini berupa besaran numerik).

Dalam perkembangan lebih lanjut *image processing* dan *computer vision* digunakan sebagai pengganti mata manusia, dengan perangkat input image capture seperti kamera dan scanner dijadikan sebagai mata dan mesin komputer (dengan program komputasinya) dijadikan sebagai otak yang mengolah informasi. Sehingga muncul beberapa pecahan bidang yang menjadi penting dalam *computer vision* antara lain: pattern recognition (pengenalan pola), biometric (pengenalan identifikasi manusia berdasarkan ciri-ciri biologis yang tampak pada badan manusia), content based image and video retrieval (mendapat kembali citra atau video dengan informasi tertentu), video editing, dan lain-lain.

Salah satu bidang yang menggunakan pengolahan citra yang saat ini banyak dikembangkan orang adalah *biometric*, yaitu bidang yang mempelajari bagaimana dapat mengidentifikasi seseorang dengan ciri yang unik yang ada dalam tubuh manusia. Salah satunya adalah identifikasi sidik jari, yang merupakan ciri unik yang dapat membedakan orang yang satu dengan yang lainnya. Untuk melakukan identifikasi sidik jari diperlukan pengolahan citra untuk melakukan capture (penangkapan citra sidik jari), sampai pada ekstraksi ciri, yaitu

mengekstrak besaran-besaran numerik yang dapat dijadikan suatu ciri sidik jari seperti core (pusat sidik jari) dan minusi (percabangan yang ada pada sidik jari), yang pada akhirnya dilakukan proses pembelajaran agar komputer dapat secara tepat mengidentifikasi sidik jari.

Dalam perkembangan lebih lanjut dari ilmu komputasi yang memanfaatkan pengolahan citra, ternyata untuk mengidentifikasi seseorang tidak hanya dengan sidik jari, tetapi dapat juga dilakukan dengan pengenalan wajah (*face recognition*) atau pengenalan iris pada mata (*iris recognition*).

Dalam model pengenalan wajah dan pengenalan iris, proses pengolahan citra yang dilakukan menjadi tidak sederhana, baik dari sisi capture atau pengambilan citra, sampai ekstraksi cirinya. Pada pengenalan wajah proses capture ini sangat menentukan tingkat kesulitan dalam komputasinya, salah satunya bahwa dalam setiap proses capture ternyata cahaya, warna, posisi, skala dan kemiringan menjadi suatu masalah yang perlu diperhatikan.

(BasukiAhmad,2005:1-3)

### 2.3 DASAR PENGOLAHAN CITRA

*Image processing* atau sering disebut pengolahan citra digital merupakan suatu proses filter gambar asli menjadi gambar lain sesuai dengan keinginan kita. Misalnya, kita mendapat gambar yang terlalu gelap. Dengan image processing, kita dapat memprosesnya agar mendapatkan gambar yang jelas. Secara garis besar, kita bisa digambarkan seperti pada gambar berikut:



**Gambar 2.1** Blok Diagram Pengolahan Citra

(Sigit Riyanto, 2005:1).

Pengolahan citra pada dasarnya dilakukan dengan cara memodifikasi setiap titik dalam citra tersebut sesuai keperluan. Secara garis besar, modifikasi tersebut dikelompokkan menjadi:

1. Operasi titik, di mana setiap titik diolah secara tidak menempel terhadap titik-titik yang lain
2. Operasi global, di mana karakteristik global (biasanya berupa sifat statistic) dari citra digunakan untuk memodifikasi nilai setiap titik.
3. Operasi temporal/berbasis bingkai, di mana citra diolah dengan cara dikombinasikan dengan citra lain.
4. Operasi geometri, yaitu operasi pengolah citra yang berhubungan dengan perubahan bentuk geometri citra, baik bentuk, ukuran, atau orientasinya. Beberapa contoh pada operasi geometri, di antaranya: pencerminan (*flipping*), rotasi/ pemutaran (*rotating*), penskalaan (*scaling/zooming*), pemotongan (*cropping*), dan pendoyongan (*skew*)
5. Operasi banyak titik bertetangga, di mana data dari titik-titik yang bersebelahan (bertetangga) dengan titik yang ditinjau ikut berperan dalam mengubah nilai.
6. Operasi morfologi, yaitu operasi yang berdasarkan segmen atau bagian dalam citra yang menjadi perhatian. (Ahmad Balza, 2005: 5)

### **2.3.1 Mengubah Citra Berwarna Menjadi Gray-Scale**

Proses awal yang banyak dilakukan dalam *image processing* adalah mengubah citra berwarna menjadi citra gray-scale. Hal ini digunakan untuk menyederhanakan model citra. Citra berwarna terdiri dari 3 layer matrik, yaitu R-

layer, G-layer, dan B-layer sehingga untuk melakukan proses-proses selanjutnya tetap di perhatikan tiga layer di atas.

Bila setiap proses perhitungan dilakukan menggunakan tiga layer, berarti dilakukan tiga perhitungan yang sama. Dengan demikian, konsep itu diubah dengan mengubah 3 layer di atas menjadi 1 layer matrik gray-scale. Dalam citra ini tidak lagi warna, yang ada adalah derajat keabuan.

Untuk mengubah citra berwarna yang mempunyai nilai matrik masing-masing  $r$ ,  $g$ , dan  $b$  menjadi gray-scale dengan nilai  $s$ , maka konversi dapat dilakukan dengan mengambil rata-rata dari nilai  $r$ ,  $g$ , dan  $b$ , sehingga dapat dituliskan menjadi:

$$S = \frac{r + g + b}{3}$$

### 2.3.2 Image Thresholding

Pengembangan gambar (*Image thresholding*) digunakan untuk mengubah citra dengan format skala keabuan (grayscale), yang mempunyai kemungkinan nilai lebih dari 2 ke citra biner yang hanya memiliki 2 buah nilai (0 dan 1). Tujuan dari thresholding adalah proses untuk memisahkan *foreground* (latar depan) dengan *background* (latar belakang) dari suatu citra.

Proses *thresholding* dilakukan dengan cara melihat perbedaan intensitas warna dari suatu citra. Input untuk proses thresholding ialah citra abu-abu (*grayscale image*) atau citra warna (*color image*). Output dari proses ini ialah

binary image, yang mana piksel hitam mewakili foreground dan piksel putih mewakili background, atau sebaliknya.

*Binary image* adalah suatu image yang mana pikselnya hanya memiliki dua nilai intensitas. Nilai intensitas yang sering digunakan yaitu 0 untuk piksel hitam, 1 atau 255 untuk piksel putih. Dalam image thresholding ini, ditentukan nilai T setelah melihat grey level dari citra tersebut. T adalah nilai minimum di antara 2 nilai maksimal yang ada pada nilai gray level citra tersebut.

Proses selanjutnya adalah mengganti setiap intensitas warna yang ada dalam citra tersebut. Jika intensitas warnanya lebih kecil atau sama dengan T maka intensitasnya diganti '0'. Tetapi jika intensitas warnanya lebih besar atau sama dengan T maka intensitasnya diganti '1'. Secara matematis memiliki model sebagai berikut:

$$G_2(x,y) = \begin{cases} 0, & \text{jika } g_1(x,y) \\ 1, & \text{jika } g_2(x,y) \end{cases}$$

Dari proses thresholding di atas maka akan didapat hasilnya apabila jumlah warna piksel mempunyai kedalaman warna yang kurang dari nilai thresholding maka warna piksel tersebut akan menjadi 0 (hitam) dan juga sebaliknya.

(Ahmad Balza. 2005: 72)

### 2.3.3 Koversi ke Citra Biner

Citra biner (hitam-putih) merupakan citra yang banyak dimanfaatkan untuk keperluan *pattern recognition* yang sederhana seperti pengenalan angka atau pengenalan huruf. Untuk mengubah suatu citra *gray-scale* menjadi citra biner, sebetulnya prosesnya sama dengan *threshold* yaitu mengubah kuantitas

citra. Untuk citra dengan derajat keabuan 256, maka nilai tengahnya adalah 128 sehingga untuk mengubah menjadi citra biner dapat dituliskan:

$$\text{Jika } x < 128 \text{ maka } x=0, \text{ jika tidak maka } x=255$$

Apabila hasil dari biner tampak kurang sempurna. Hal ini disebabkan distribusi nilai derajat keabuan tidak simetri antara yang di bawah 128 dan yang di atas 128. Untuk itu diperlukan jaminan simetri untuk dapat menghasilkan nilai biner yang baik, untuk digunakan nilai rata-rata. Sebelumnya dihitung dulu nilai rata-rata derajat keabuan dan kemudian ditentukan thresholdingnya.

(Ahmad Basuki,2005:34)

#### 2.3.4 Histogram

Banyak sekali proses pengolahan citra yang melibatkan distribusi data, seperti pada konversi biner. Bahkan dalam *image enhancement* (perbaikan citra), distribusi dari nilai derajat keabuan pada citra menjadi suatu acuan dasar. Untuk menyatakan distribusi data dari nilai derajat keabuan ini dapat digunakan nilai histogram. Histogram adalah suatu fungsi yang menyatakan jumlah kemunculan dari setiap nilai. Misalkan diketahui data sebagai berikut:

$$X = 1 \ 3 \ 2 \ 5 \ 3 \ 0 \ 2 \ 1 \ 2 \ 4 \ 2 \ 3$$

Maka histogramnya adalah munculnya setiap nilai, yaitu nilai 0 muncul 1 kali, nilai 1 muncul 2 kali, nilai 2 muncul 4 kali, nilai 3 muncul 3 kali, nilai 4 muncul 1 kali dan nilai 5 muncul 1 kali. Karena citra mempunyai derajat keabuan 256 yaitu (0-255) maka histogram menyatakan jumlah kemunculan setiap nilai 255.( Ahmad Basuki,2005:37)

### 2.3.5 Inversi citra

Inversi citra adalah proses negative pada citra, misalkan pada photo, dimana setiap nilai citra dibalik dengan acuan threshold yang diberikan. Proses ini banyak digunakan pada citra-citra medis seperti USG dan X-Ray. Untuk citra dengan derajat keabuan 256, proses inverse citra didefinisikan dengan:

$$x_n = 255 - x$$

Histogram inverse adalah kebalikan secara horisontal (horisontal flip) dari histogram dari citra. Proses inverse ini merupakan salah satu proses dasar dalam image enhancement dengan menggunakan histogram.

### 2.3.6 Brightnees

Brightnees adalah proses penambahan kecerahan dari nilai derajat keabuan. Proses brightnees ini dilakukan dengan menambahkan nilai derajat keabuan dengan suatu nilai penambah.

$$x_b = x + b$$

di mana  $x$  = adalah nilai derajat keabuan

$b$  = nilai penambah

$x_b$  = hasil brightnees

Dari hasil perhitungan tersebut akan terlihat bahwa brightnees adalah suatu pergeseran histogram ke kiri dan ke kanan untuk menurunkan atau menaikkan tingkat kecerahan pada citra. Pergeseran ke kanan akan menyebabkan citra lebih putih dan pergeseran ke kiri akan menyebabkan citra lebih gelap.

(Ahmad Basuki,2005:43)

### 2.3.7 Mengubah Kontras

Mengubah kontras dari suatu citra adalah proses pengaturan nilai range interval pada setiap nilai derajat keabuan, dan didefinisikan dengan:

$$x_k = k \cdot x$$

di mana  $x$  = nilai derajat keabuan

$k$  = nilai kontras

$x_k$  = nilai setelah pengaturan kontras

Dengan kata lain kontras adalah mengubah range pada histogram, atau melebarkan atau menyempitkan range histogram. (Ahmad Basuki, 2005:48)

### 2.3.8 Histogram Equalization

Histogram Equalization adalah suatu proses peratan histogram, di mana distribusi nilai derajat keabuan pada suatu citra dibuat rata. Untuk dapat melakukan histogram equalization ini diperlukan suatu fungsi distribusi kumulatif yang merupakan kumulatif dari histogram. (Ahmad Basuki, 2005:52)

## 2.4 Mata

Mata adalah organ penglihatan yang mendeteksi cahaya. Yang dilakukan mata yang paling sederhana tak lain hanya mengetahui apakah lingkungan sekitarnya adalah terang atau gelap. Mata yang lebih kompleks dipergunakan untuk memberikan pengertian visual. Bagian-bagian pada organ mata bekerjasama mengantarkan cahaya dari sumbernya menuju ke otak untuk dapat dicerna oleh sistem saraf manusia. Bagian-bagian tersebut adalah: Kornea, Sklera, Pupil dan iris, Lensa mata, Retina atau Selaput Jala, Saraf optik.

Lapisan tembus cahaya di bagian depan mata adalah kornea, tepat dibelakangnya terdapat iris, selain member warna pada mata iris juga dapat

merubah ukurannya secara otomatis sesuai kekuatan cahaya yang masuk, dengan bantuan otot yang melekat padanya. Misalnya ketika berada di tempat gelap iris akan membesar untuk memasukkan cahaya sebanyak mungkin. Ketika kekuatan cahaya bertambah, iris akan mengecil untuk mengurangi cahaya yang masuk ke mata.

Mata adalah organ yang terkait dengan penglihatan, terletak pada suatu rongga yang disebut orbit dan terlindungi dari kontak langsung dengan udara luar oleh kelopak mata.

Mata manusia mirip dengan sebuah kamera. Cahaya yang datang melalui iris difokuskan di retina oleh lensa mata. Selanjutnya informasi visual ini dikirimkan ke otak melalui syaraf mata

#### **2.4.1 Pengertian Diabetic Retinopathy**

*Diabetic retinopathy* adalah kelainan retina (*retinopathy*) yang ditemukan pada penderita diabetes mellitus. Retinopathy akibat diabetes mellitus lama berupa aneurismata, melebarnya vena, pendarahan dan eksudat lemak. Diabetic Retinopathy merupakan penyulitan diabetes yang paling penting. Hal ini disebabkan karena insidennya yang cukup tinggi yaitu mencapai 40-50% penderita diabetes dan prognosinya yang kurang baik terutama bagi penglihatan.

Di Amerika Serikat terdapat kebutaan 5.000 orang pertahun akibat retinopati diabetes ,sedangkan di Inggris retinopati diabetes merupakan penyebab kebutaan nomor 4 dari seluruh penyebab kebutaan. Retinopathy merupakan gejala diabetes mellitus utama pada mata, dimana ditemukan pada retina:

1. Mikroaneurismata, merupakan penonjolan dinding kapiler, terutama daerah vena dengan bentuk bintik merah kecil yang terletak dekat pembuluh darah

terutama polus posterior. Kadang-kadang pembuluh darah ini demikian kecilnya sehingga tidak terlihat sedang dengan bantuan angiografi fluoresein lebih mudah dipertunjukkan adanya mikroaneurismata ini, Mikroaneurismata merupakan kelainan diabetes mellitus dini pada mata.

2. Perdarahan dapat dalam bentuk titik, garis, dan bercak yang biasanya terletak dekat Mikroaneurismata di polus posterior. Bentuk perdarahan ini merupakan prognosis penyakit dimana perdarahan yang luas memberikan prognosis lebih buruk dibanding kecil. Perdarahan terjadi akibat gangguan permeabilitas pada Mikroaneurismata.

3. Dilatasi pembuluh darah balik dengan lumennya irregular dan berkelok-kelok, bentuk ini seakan-akan dapat memberi perdarahan tapi hal ini tidak demikian. Hal ini terjadi akibat kelainan sirkulasi dan kadang-kadang disertai kelainan endotel dan eksudasi plasma.

4. Hard exudates merupakan infiltrasi lipid kedalam retina. Gambarannya khusus yaitu irregular, kekuning-kuningan. Pada permulaan eksudat punggata membesar dan bergabung. Eksudat ini dapat muncul dan hilang dalam beberapa minggu. Pada mulanya tampak pada gambaran angiografis fluoresein sebagai kebocoran fluoresein diluar pembuluh darah. Kelainan ini terutama terdiri atas bahan-bahan lipid dan terutama banyak ditemukan pada keadaan hiperlipoproteinemia.

5. Soft exudate yang sering disebut cotton wool patches merupakan iskemia retina. Pada pemeriksaan oftalmoskopi akan terlihat bercak berwarna kuning bersifat difus dan berwarna putih. Biasanya terletak di bagian tepi daerah nonirigasi dan dihubungkan dengan iskemia retina.

6. Pembuluh darah baru pada retina biasanya terletak dipermukaan jaringan. Neovaskurisasi terjadi akibat proliferasi sel endotel pembuluh kelompok, dan bentuknya irregular. Hal ini merupakan awal penyakit yang berat pada retinopathy diabetic. Mula-mula terletak di dalam jaringan retina, kemudian berkembang ke daerah preretinal, ke badan kaca. Pecahnya Neovaskurisasi pada daerah-daerah ini dapat menimbulkan perdarahan retina, perdarahan subhialoid (preretinal), maupun perdarahan badan kaca. Proliferasi preretinal dari suatu Neovaskurisasi biasanya diikuti proliferasi jaringan ganglia dan perdarahan.

7. Edema retina dengan tanda hilangnya gambaran retina terutama daerah macula sehingga sangat mengganggu tajam penglihatan pasien.

8. Hiperlipidemia suatu keadaan yang sangat jarang, tanda ini akan segera hilang bila diberikan pengobatan.

Retinopathy diabetic biasanya ditemukan bilateral, simetris dan progresif, dengan 3 bentuk:

1. Background: mikroaneurismata perdarahan bercak dan titik, serta adema sirsinata.
2. Makulopati: edema retina dan gangguan fungsi macula.
3. Proliferasi: vaskularisasi retina dan badan kaca.

(Ilyas Sidarta, 2006: 219-220)

Klasifikasi diabetic retinopathy menurut Bagian Mata Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia/ Rumah Sakit Dr.Cipto Mangunkusumo.

Grade I. Terdapat mikroaneurisma dengan atau tanpa *fatty eksudate* lemak pada fundus okuli.

Derajat II. Terdapat mikroaneurisma, pendarahan bintik dan bercak dengan atau tanpa *fatty eksudate* pada fundus okuli.

Derajat III. Terdapat mikroaneurisma, pendarahan bintik dan bercak terdapat neovaskularisasi dan prliferasi pada fundus okuli.

Jika gambaran fundus mata kiri tidak sama beratnya dengan mata kanan maka digolongkan pada grade yang lebih berat.

Gejala subyektif:

Bergantung kepada luas tempat kelainan dan beratnya kelainan.

Umumnya berupa penurunan tajam penglihatan yang berlangsung berlahan-lahan.

Gejala obyektif:

Fundus dapat ditemui kelainan-kelainan seperti diatas berupa:

1. Mikroaneurisma
2. Perdarahan retina
3. Exudate
4. Neovaskularisasi retina
5. Jaringan prliferasi di retina atau badan kaca.

(Ilyas Sidarta,2003:121-123).

Pada penderita dengan diabetes mellitus dapat terjadi kelainan retina yang disebut sebagai diabetic retinopathy. Diabetic retinopathy merupakan penyulitan penyakit sistemik yang paling penting pada mata. Diabetic retinopathy akan mengakibatkan gangguan pada tajam penglihatan. Insiden diabetic retinopathy tinggi dan mencapai 40-50% dari penderita diabetes. Insiden bertambah akibat banyaknya dipakai insulin, sehingga mengakibatkan bertambahnya usia penderita

diabetes mellitus. Insiden retinopathy proliferative juga bertambah dengan nyata. Pada diabetes juvenile jarang ditemukan retinopathy pada usia lebih muda dari 17 tahun.

Pada usia lanjut sering terlihat diabetic retinopathy sebelum penderita menyadari adanya diabetes mellitus. Walaupun perjalanan penyakit perlahan dan berlanjut, kadang-kadang masih terlihat tanda-tanda remisi dan kambuh.

Kelainan pada retina yang dapat terjadi akibat diabetes mellitus adalah:

(Sidarta Ilyas, 2005:167).

#### **Diabetic Retinopathy Terdiri Dari 2 Jenis Yaitu:**

- **Retinopati nonproliferatif.**

Merupakan stadium awal dari proses penyakit ini. Selama menderita diabetes, keadaan ini menyebabkan dinding pembuluh darah kecil pada mata melemah. Timbul tonjolan kecil pada pembuluh darah tersebut (mikroaneurisma) yang dapat pecah sehingga membocorkan cairan dan protein ke dalam retina. Menurunnya aliran darah ke retina menyebabkan pembentukan bercak berbentuk “cotton wool” berwarna abu-abu atau putih. Endapan lemak protein yang berwarna putih kuning (eksudat yang keras) juga terbentuk pada retina. Perubahan ini mungkin tidak mempengaruhi penglihatan kecuali cairan dan protein dari pembuluh darah yang rusak menyebabkan pembengkakan pada pusat retina (macula). Keadaan ini yang disebut makula edema, yang dapat memperparah pusat penglihatan seseorang.

- **Retinopati proliferatif.**

Retinopati nonproliferatif dapat berkembang menjadi retinopati proliferatif yaitu stadium yang lebih berat pada penyakit retinopati diabetik. Bentuk utama

dari retinopati proliferasif adalah pertumbuhan (proliferasi) dari pembuluh darah yang rapuh pada permukaan retina. Pembuluh darah yang abnormal ini mudah pecah, terjadi perdarahan pada pertengahan bola mata sehingga menghalangi penglihatan. Juga akan terbentuk jaringan parut yang dapat menarik retina sehingga retina terlepas dari tempatnya. Jika tidak diobati, retinopati proliferasif dapat merusak retina secara permanen serta bagian-bagian lain dari mata sehingga mengakibatkan kehilangan penglihatan yang berat atau kebutaan.

Lebih jelasnya Diabetic retinopathy merupakan komplikasi penyakit diabetes mellitus yang timbul pada mata, yakni terjadi perubahan dalam penglihatan. Penglihatan yang mendadak menjadi buram atau terasa seperti berkabut sehingga sering mengganti kaca mata merupakan keluhan yang paling sering ditemui. Keadaan di atas sebenarnya disebabkan oleh kadar gula darah yang tinggi yang menyebabkan sembab pada lensa mata. Bila sudah mendapat pengobatan yang cukup dan kadar gula darah sudah terkontrol maka penglihatan akan menjadi normal kembali. Kekeruhan pada lensa mata (*katarak*) juga sering terjadi pada penderita, di samping gangguan saraf mata, perdarahan bola mata, dan berbagai kelainan pada mata akibat kadar gula darah tinggi.

Retinopati diabetik adalah komplikasi kronis akibat penyakit diabetes mellitus yang tidak terkontrol dan telah diderita sejak lama yang akhirnya mengakibatkan kerusakan selaput jala (*retina*). Dengan memakai alat khusus yang disebut *oftalmoskop* dapat dilihat kelainan retina mata yang mungkin sudah terjadi. Misalnya saja perdarahan, eksudat, sembab (*edema*) retina, mikroaneurisma, pembentukan pembuluh darah baru, dan sebagainya. Beberapa kerusakan mata ini dapat diobati dengan menggunakan sinar laser. Di samping

hipertensi, konon merokok pun dapat memperberat kelainan yang terjadi pada retina ini. Kebutaan yang sering terjadi pada penderita diabetes mellitus adalah akibat retinopati diabetic ini.

(Dalimartha, 2007:44-45)

Berikut ini individu yang termasuk kelompok dengan resiko tinggi (*high risk group*) menderita penyakit diabetes mellitus.

- Kelompok usia dewasa tua ( > 45 tahun)
- Kegemukan (  $BB[kg] > 120\%$  BB ideal atau  $IMT > 27[kg/m^2]$  )
- Dalam keluarga ada yang menderita Diabetes Mellitus
- Menderita Diabetes Mellitus sewaktu hamil
- Ibu yang melahirkan bayi dengan berat badan > 4.000g
- Tekanan darah tinggi ( > 140/90 mm Hg.)
- Dislipidemia (  $HDL < 35$  mg/dl dan atau Trigliserida > 250 mg/dl )
- Pernah Toleransi Glukosa Terganggu (TGT)
- Pernah Glukosa Darah Puasa Terganggu (GDPT)

(Dalimartha, 2007:8)

## 2.5 MATLAB

Matlab adalah suatu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang diperuntukkan untuk komputasi teknis. Matlab mengintegrasikan aspek komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam suatu lingkungan yang mudah dilakukan.

### 2.5.1 Mengenal MATLAB

Matlab bisa dipergunakan untuk aplikasi:

- Pemodelan, Simulasi dan pembuatan prototype

- Komputasi dan matematika
- Data analisis, explorasi, visualisasi
- Pembuatan grafik scientific dan engineering
- Pembuatan *graphical user interface* (GUI) yang memudahkan pemakaian bagi kalangan yang awam dengan komputasi.

Banyak masalah yang bisa diselesaikan dengan bantuan Matlab terutama yang bisa diformulasikan dalam bentuk matriks dan vector. Dalam hal penulisan program, dengan Matlab kita bisa menghemat banyak waktu jika dibanding penulisan dalam C atau Fortran.

Matlab juga memungkinkan interface dengan C, C++ dan Fortran untuk mempercepat proses komputasi. Nama MATLAB merupakan singkatan dari *matrix laboratory*. Di banyak universitas di luar negeri Matlab telah menjadi tool standart untuk kuliah matematika, teknik dan sains.

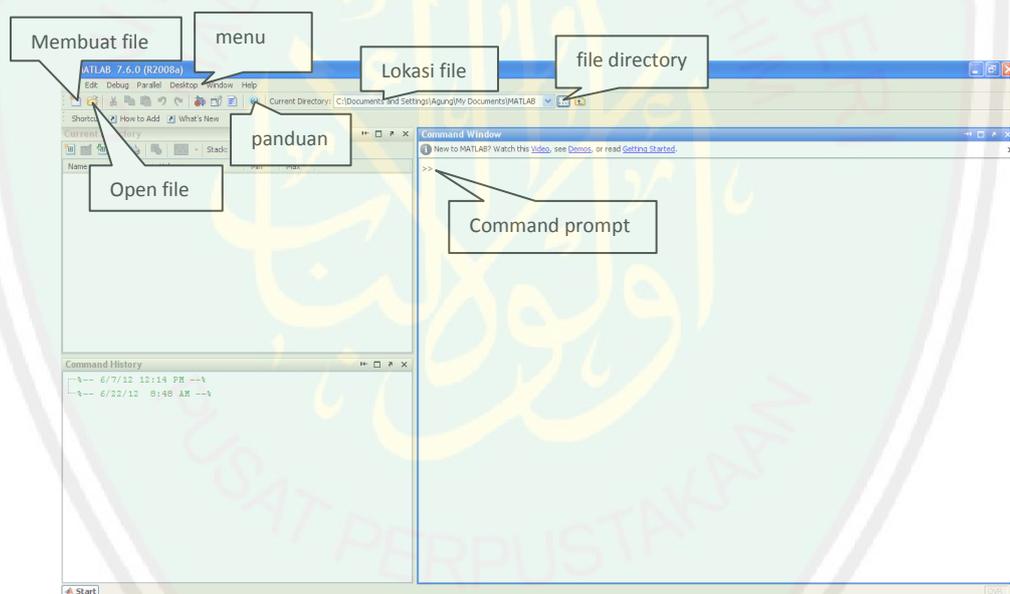
Yang perlu dicatat bagi para pemakai MATLAB, dalam MATLAB ada banyak toolbox. Toolbox memungkinkan kita mempelajari dan mengaplikasikan teknologi tertentu. Toolbox adalah kumpulan *fungsi* dalam MATLAB ( *M-file* ) yang komprehensif yang digunakan untuk menyelesaikan kelas problem di bidang tertentu. Berbagai toolbox dalam Matlab antara lain:

- *Signal processing*
- *Control systems*
- *Neural networks*
- *Fuzzy logic*
- *Wavelets*
- *Simulation*

- *Statistics*
- *Optimization*
- *Bioinformatics*
- *Genetic algorithm*, dan lain-lain.

(Santosa Budi, 2007:1-2)

Matlab bisa dipakai dalam berbagai operating system seperti Unix, Windows, atau Macintos. Dalam Windows, berikut ini adalah tampilan yang akan muncul apabila memilih shortcut Matlab.



**Gambar 2. 2 Bagian-bagian Matlab**

## Menu

Menu pada Matlab memiliki kegunaan seperti menu pada aplikasi windows lainnya, semua yang ada berhubungan dengan Matlab dapat dilakukan dari menu. contohnya: memanggil atau menyimpan program, menjalankan program, dan sebagainya.

## Toolbar

Toolbar berisi kumpulan tombol sebagai pengganti beberapa item menu yang sering digunakan. Dengan kata lain, setiap tombol pada toolbar menggantikan salah satu item menu. Sebagai contoh, tombol kiri atas adalah pengganti menu File | New, tombol disebelah kanannya adalah pengganti menu File | Open, dan seterusnya.

## Help

Help atau menu bantuan, ialah panduan cara-cara menggunakan Matlab mulai dari instalasi sampai penggunaan kode program, dan sebagainya.

## Command Windows

Suatu Form pada Matlab yang menampilkan *command line*, *script* atau *function*.

## New M-File

Tool untuk memulai atau membuat file baru untuk memprogram pada Matlab, serta untuk mengedit, menjalankan *script*.

## GUIDE

Tool untuk membuat suatu Form/ GUI yang memudahkan pemakai dalam membuat suatu desain program.

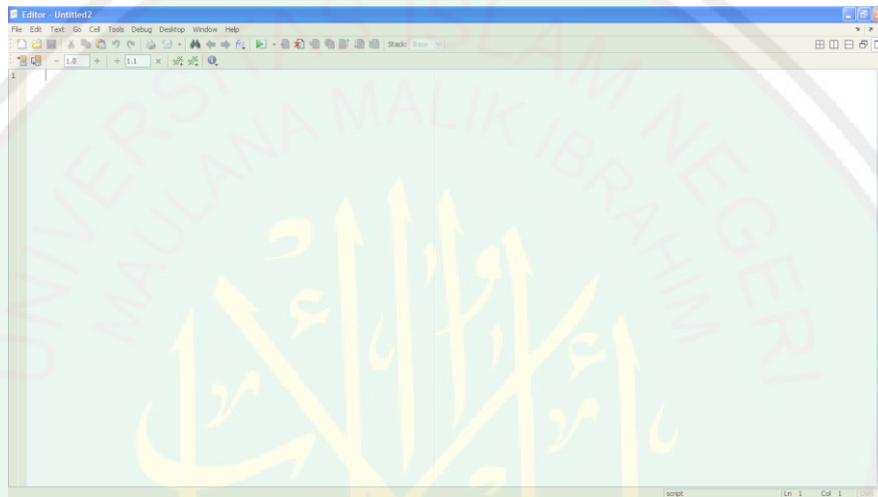
## Start

Tombol yang terdapat pada kiri bawah itu merupakan tombol yang banyak kegunaannya yaitu untuk memilih menu atau fitur yang terdapat pada Matlab secara langsung.

Untuk melakukan pekerjaan perhitungan sederhana atau pemanggilan *program/ script* atau *function* dilakukan di dalam *command windows*. Setelah

muncul perintah *command prompt* `>>` , perintah untuk melakukan operasi pada Matlab bisa dilakukan.

Untuk menulis *script* atau *function* bisa menggunakan *Editor Matlab* dengan cara mengklik shortcut bergambar kertas putih di pojok kiri desktop Matlab, maka akan tampil gambar sebagai berikut:



**Gambar 2.3** *Editor Matlab*

Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum memulai memakai Matlab.

Berikut ini hal-hal penting yang perlu diketahui :

- % Semua text sesudah tanda ini tidak akan dieksekusi atau dengan kata lain semua text akan dianggap komentar saja. Dalam pemrograman, komentar sangat penting misalnya untuk memberi tahu apa maksud suatu baris command atau member keterangan untuk apa suatu program ditulis. Sesudah berganti baris kalau ingin member komentar harus diawali lagi dengan tanda %.
- >> Ini adalah default Matlab prompt. Semua perintah yang akan dieksekusi di dalam Command windows ditulis sesudah prompt ini.

- ; Tanda semicolon diakhir baris perintah ini digunakan untuk mencegah Matlab untuk tidak menampilkan hasilnya di command windows.
- ... Tanda titik tiga di akhir baris member tahu Matlab bahwa suatu perintah dilanjutkan dibaris berikutnya.
- ^C Kontrol C adalah perintah untuk menghentikan eksekusi Matlab dan kembali lagi ke command prompt >>.

Selain itu, ada beberapa hal lain yang perlu diketahui, yaitu:

- Matlab adalah *case sensitive*. Pemberian nama variable atau fungsi dengan huruf kecil dan huruf besar perlu diperhatikan. Jadi x berbeda dengan X dalam Matlab.
- Matlab tidak perlu *definisi tipe* atau pernyataan *demensi* untuk menuliskan suatu variabel.
- Nama variable harus dimulai dengan huruf dan tidak lebih dari 31 karakter termasuk huruf, angka dan *underscore*.
- Matlab mempunyai *built-in nama variabel* atau fungsi. Hindari untuk menggunakan nama yang sama ketika menciptakan suatu fungsi atau variabel baru.
- Notasi *angka scientific* diekspresikan dengan huruf *e*, sebagai contoh 10e03.

(Santosa Budi, 2007:4)

## 2.6 FLOWCHART

Flowchart adalah suatu diagram alur yang menggambarkan logika atau urutan-instruksi program dari suatu permasalahan. Pada diagram alur, dapat dilihat secara jelas arus pengendalian algoritma, yakni bagaimana rangkaian pelaksanaan kegiatan program tersebut. Suatu diagram alur akan memberi gambaran dua dimensi berupa simbol-simbol yang masing-masing simbol tersebut telah ditetapkan lebih dahulu fungsi dan artinya.

Dalam pembuatan flowchart tidak ada rumus atau patokan yang bersifat mutlak. Karena flowchart merupakan gambaran hasil pemikiran dalam menganalisa suatu masalah dengan komputer. Sehingga flowchart yang dihasilkan dapat bervariasi antara satu pemrogram dengan yang lainnya.

Namun secara garis besar setiap pengolahan selalu terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

- ✓ Input,
- ✓ Proses pengolahan dan
- ✓ Output

Walaupun tidak ada kaidah-kaidah yang baku dalam penyusunan flowchart, namun ada beberapa anjuran:

- Hindari pengulangan proses yang tidak perlu dan logika yang berbelit sehingga jalannya proses menjadi singkat.
- Jalannya proses digambarkan dari atas ke bawah dan diberikan tanda panah untuk memperjelas.
- Sebuah flowchart diawali dari satu titik START dan diakhiri dengan END

Berikut ini seperangkat simbol diagram alur beserta fungsi dan manfaatnya yang digunakan dalam pembuatan langkah algoritma pemrograman, yaitu:



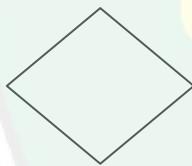
**Process/Proses**, satu atau beberapa himpunan penugasan yang akan dilaksanakan secara berurutan.



**Input**, data yang akan dibaca dan dimasukkan ke dalam memori komputer dari suatu alat input atau data dan harus melewati memori untuk dikeluarkan dari alat-alat output.



**Terminal**, berfungsi sebagai awal (berisi Start) dan juga sebagai akhir (berisi End) dari suatu proses alur.



**Decision**, atau kotak keputusan berfungsi untuk memutuskan arah atau percabangan yang diambil sesuai dengan kondisi yang dipenuhi, yakni benar atau salah.



**Output/Print**, berfungsi untuk mencetak (dan/atau menyimpan) hasil output/ keluaran.



**Conector/penghubung**, sebagai penghubung bila diagram alur terputus disebabkan misalnya oleh pergantian halaman (misal diagram tidak cukup dalam satu halaman).



**Flowline**, menunjukkan bagian arah instruksi dijalankan



Selain simbol-simbol diatas masih banyak lagi simbol-simbol lain yang kesemuanya dapat dilihat atau tergambar pada template, yaitu alat penggaris khusus untuk menggambarkan simbol dan kotak diagram.

## 2.7 STATISTICAL REGION MERGING (SRM)

Segmentasi adalah proses membagi citra menjadi daerah-daerah yang terpisah, dimana piksel dalam satu region memiliki nilai yang homogen. Misalkan  $I$  merupakan citra dan  $H$  mendefinisikan predikat keseragaman. Segmentasi dari  $I$  adalah partisi  $P$  dari  $I$  menjadi sejumlah  $N$  set region  $R_1, R_2, \dots, R_N$ .

Metode segmentasi terbaru yang lebih cepat dan mengurangi biaya komputasi, yang dikembangkan untuk segmentasi citra berwarna yaitu Statistical Region Merging (SRM). Metode ini sejenis dengan teknik region growing and mergin. Pada region growing, region adalah kumpulan piksel yang homogen dan secara iterasi merupakan hasil gabungan dari region yang lebih kecil. Notasi  $| \cdot |$  menandakan kardinalitas. Citra yang diobservasi  $I$ , berisi  $|I|$  piksel, yang masing-masing berisi nilai Red-Green-Blue (RGB), masing-masing dari tiga nilai tersebut memiliki nilai  $\{1,2,3,\dots,g\}$ , pada prakteknya  $g$  bernilai 256.  $I$  adalah observasi dari scene utuh  $I^*$  yang belum diketahui piksel mana yang sebenarnya direpresentasikan oleh anggota distribusi, dari masing-masing channel warna yang dicoba. Pada masing-masing piksel  $I^*$ , setiap color-channel diganti nilainya dengan nilai random sejumlah  $Q$ . Nilai random tersebut merupakan nilai positif yang diambil pada domain dengan batas  $g/Q$ , yang termasuk dalam  $\{1,2,\dots,g\}$ . Dalam *statistical region* bisa

saja terdapat nilai piksel yang berbeda dengan syarat piksel tersebut masih memenuhi *homogeneity property*. Biasanya dipilih  $Q=1$  tetapi tidak fleksibel untuk region yang kecil. Karena  $Q$  setara dengan kompleksitas segmentasi yang dihasilkan maka  $Q$  dapat digunakan untuk mengatur kompleksitas segmentasi.

*Homogeneity Property :*

- *Inside a region, the statistical pixels have the same expectation for every color channel.*
- *Different regions have different expectations for at least one color channel.*

Dari Homogeneity Property tersebut Nielsen dan Nock mendapatkan *merging predicate* (penggabungan) berikut :

$$P(R, R') \begin{cases} \text{true if } |\bar{R}_a - \bar{R}'_a| \leq \sqrt{b^2(R) + b^2(R')} \\ \text{false - otherwise} \end{cases}$$

$$b(R) = g \sqrt{(1/2Q |R|) \ln(|R_{|R|}|/\delta)}$$

$\bar{R}_a$  menandakan nilai rata-rata channel warna  $a$  dalam region  $R$  sedangkan  $|R|$  jumlah region yang memiliki  $l$  piksel. Urutan dimana tes penggabungan dilakukan mengikuti invarian sederhana  $A$  :

- Ketika ada dua true region yang didapatkan, itu berarti semua tes di dalam masing-masing region sebelumnya sudah dilakukan. Pada uji coba,  $A$  diwakili oleh algoritma sederhana yang berbasis pada gradien piksel yang bertetangga. Dalam keterangannya Nielsen dan Nock menggunakan fungsi  $f$  yang didefinisikan sebagai berikut :

$$f(p, p') = \max_{a \in R, G, B} \hat{f}_a(p, p')$$

Fungsi sederhana untuk  $f_a$  adalah berikut ini :

$$\hat{f}_a(p, p') = |p_a - p'_a|$$

Fungsi yang lebih kompleks dengan menambahkan deteksi tepi klasik kernel konvolusi bisa digunakan untuk mendefinisikan  $f_a$ .

## 2.8 MENJAGA KESEHATAN DALAM ISLAM

Kesehatan merupakan salah satu rahmat dan karunia Allah yang sangat besar yang diberikan kepada umat manusia, karena kesehatan adalah modal pertama dan utama dalam kehidupan manusia. Tanpa kesehatan manusia tidak dapat melakukan kegiatan yang menjadi tugas serta kewajibannya yang menyangkut kepentingan diri sendiri, keluarga dan masyarakat mapun tugas dan kewajiban melaksanakan ibadah kepada Allah Swt.

Selain merupakan rahmat dan karunia Allah Swt kesehatan merupakan amanah yang wajib kita syukuri dengan cara menjaga, memelihara, merawat dan harus dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk hal-hal yang diridhoi Allah Swt.

﴿ وَأَيُّوبَ إِذْ نَادَى رَبَّهُ أَنِّي مَسَّنِيَ الضُّرُّ وَأَنْتَ أَرْحَمُ الرَّاحِمِينَ ﴾

Artinya: "Dan (ingatlah kisah) Ayub, ketika ia menyeru Tuhannya: "(Ya Tuhanku), Sesungguhnya aku telah ditimpa penyakit dan Engkau adalah Tuhan yang Maha Penyayang di antara semua Penyayang". (QS. An-Anbiya : 83)

Dari ayat diatas dapat diambil hikmah bahwa ketika kita sakit maka yang pertama kali yang bisa menolong kita adalah Allah, dan hanya dengan kehendaknyalah kita akan sembuh. Tapi manusia juga harus berusaha untuk

mencari kesembuhan dengan berobat dengan bantuan medis serta bertawakal kepada Allah.

Dalam sebuah hadits riwayat Muslim, Rasulullah saw. bersabda:

المؤمن القوي خير وأحب إلى الله من المؤمن الضعيف (رواه مسلم)

Artinya: “Mukmin yang kuat lebih baik dan lebih dicintai Allah daripada mukmin yang lemah”.(HR.Muslim)

Kata al-qawi (kekuatan) memiliki banyak arti. Di dalam al-Qur’an ditemukan beberapa makna al-qawi, di antaranya: Kekuatan fisik, seperti disebutkan dalam( QS. Ar-Rum 30: 54)

﴿اللَّهُ الَّذِي خَلَقَكُمْ مِنْ ضَعْفٍ ثُمَّ جَعَلَ مِنْ بَعْدِ ضَعْفٍ قُوَّةً ثُمَّ جَعَلَ مِنْ بَعْدِ

قُوَّةٍ ضَعْفًا وَشَيْبَةً يَخْلُقُ مَا يَشَاءُ وَهُوَ الْعَلِيمُ الْقَدِيرُ ﴿٥٤﴾

Artinya: “Allah, Dialah yang menciptakan kamu dari Keadaan lemah, kemudian Dia menjadikan (kamu) sesudah Keadaan lemah itu menjadi kuat, kemudian Dia menjadikan (kamu) sesudah kuat itu lemah (kembali) dan beruban. Dia menciptakan apa yang dikehendaki-Nya dan Dialah yang Maha mengetahui lagi Maha Kuasa”.

Dalam ayat di atas, kata kuat berarti kekuatan fisik. Sehingga, berdasarkan hadits di atas seorang mukmin yang kuat secara fisik lebih baik dan lebih dicintai Allah daripada mukmin yang lemah secara fisik. Sebab, seorang mukmin yang fisiknya lebih kuat, tentu bisa melakukan berbagai macam aktifitas secara baik

dan sempurna dibandingkan seorang mukmin yang lemah fisiknya. Oleh karena itu menjaga kesehatan sangat penting.

(Abidin Ja'far, M.Noor Fuady,"Hadist Nabawi":2006)

Meskipun masalah mata umumnya berhubungan dengan kerusakan atau penuaan, masalah mata juga dapat disebabkan oleh kebiasaan buruk. Berfokus pada jarak yang tetap dalam waktu lama, seperti menatap layar komputer atau membaca selama berjam-jam, adalah salah satunya. Otot-otot mata Anda akan terkunci pada posisi yang tetap sehingga kehilangan fleksibilitas, benda-benda yang sangat dekat atau sangat jauh menjadi terlihat kabur.

Oleh sebab itu sangatlah penting untuk menjaga kesehatan mata dengan cara mencegah mulai dini menggunakan sistem deteksi tersebut agar dapat diketahui gejala-gejala penyakit pada mata sebelum semakin parah.

## BAB III

### ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Pada suatu sistem tentu terdapat banyak metode dan desain yang dirancang agar sistem tersebut berjalan dengan sempurna. Pada bab ini akan diuraikan mengenai metode penelitian untuk mendeteksi *Diabetic Retinopathy* pada citra digital fundus mata. Dalam metode penelitian ini akan membahas mengenai perancangan perangkat lunak, perancangan perangkat keras, deskripsi sistem, desain sistem, desain data sistem, desain proses sistem, dan perancangan antarmuka. Penjabaran dan penjelasannya akan dibahas sebagai berikut ini:

#### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

Untuk merancang dan membuat program deteksi *Diabetic Retinopathy* pada citra digital fundus mata menggunakan metode *statistical region merging* menggunakan perangkat komputer dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Processor Intel®Core™2 Duo-E4500 2.2 GHz
2. VGA Intel(R) Graphics Media Accelerator
3. RAM 1 GB
4. Harddisk 160 GB
5. Perangkat output monitor LED 16"
6. Keyboard dan mouse.

### 3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Untuk merancang dan membuat program deteksi *Diabetic Retinopathy* pada citra digital fundus mata menggunakan metode *statistical region merging* menggunakan beberapa perangkat lunak yaitu:

1. Sistem Operasi Windows 7 Ultimate

Sistem operasi windows 7 digunakan sebagai susunan arahan yang dapat difahami oleh komputer. Dibuat untuk mengarahkan komputer melaksanakan, mengawal, menjadwalkan, dan menyelaraskan sesuatu operasi computer dan membantu pemrosesan suatu program.

2. Matlab 2008a

Matlab adalah suatu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang diperuntukkan untuk komputasi teknis. Matlab mengintegrasikan aspek komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam suatu lingkungan yang mudah dilakukan.

Matlab merupakan sebuah lingkungan komputasi numerical dan bahasa pemrograman komputer yang memungkinkan manipulasi matriks, implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna dan pengantarmukaan program dengan bahasa lainnya. Matlab ini digunakan sebagai tool dalam melakukan pemrograman dan pembangunan sistem ini.

3. Microsoft Office 2007

Microsoft office adalah sebuah paket aplikasi yang digunakan untuk pembuatan dan penyimpanan dokumen yang berjalan di bawah sistem operasi windows dan Mac OS X. Microsoft office dalam

perancangan sistem ini digunakan untuk melakukan perancangan dan pembuatan laporan dari penelitian ini.

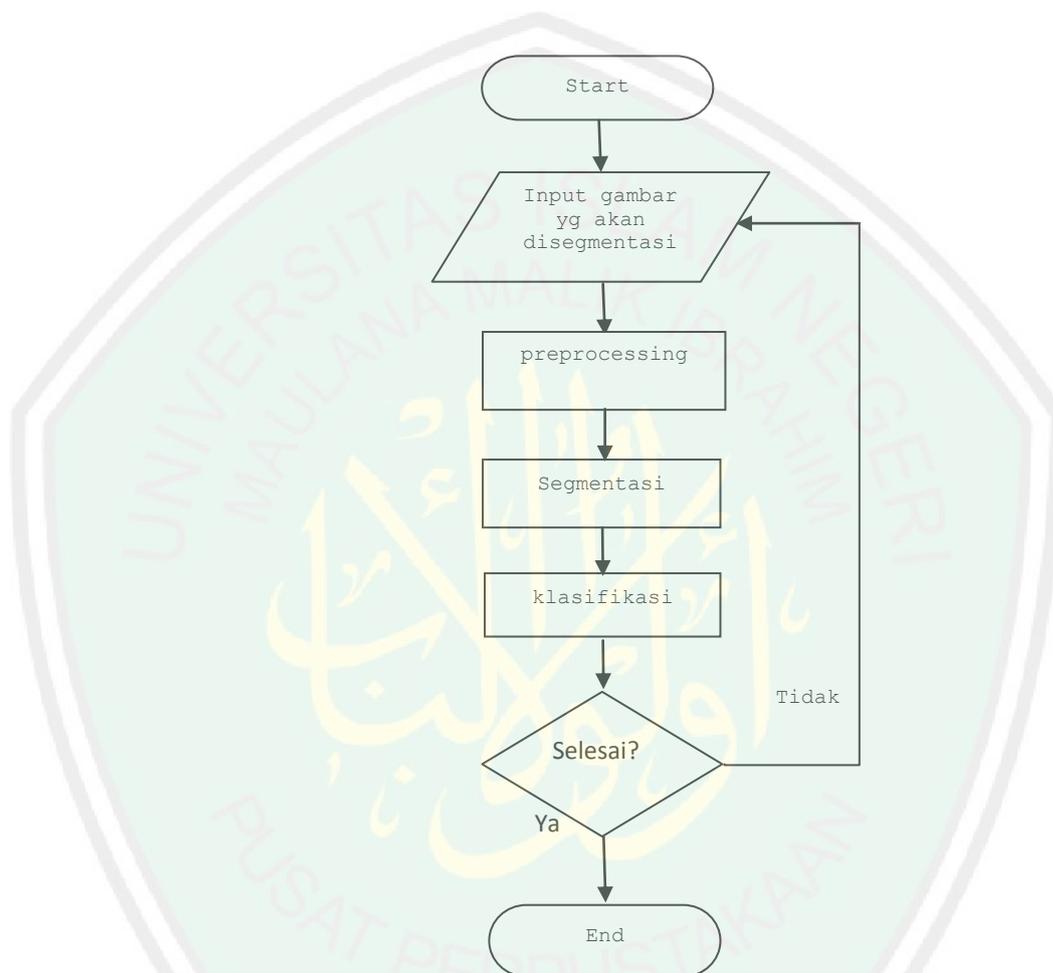
### 3.3 Deskripsi Sistem

Pada subbab ini akan membahas mengenai deskripsi dari sistem yang akan dikerjakan pada penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu sistem atau aplikasi yang dapat mendeteksi *Diabetic Retinopathy* pada citra digital fundus mata secara otomatis. Gambaran sistem ini yaitu pada langkah awal seorang pengguna memasukkan citra digital fundus mata pada input gambar kemudian aplikasi akan mencari citra retina pada drive komputer. Setelah pengguna membuka file citra retina, maka akan dilakukan proses selanjutnya yaitu pre-processing sebelum citra di segmentasi untuk mendapatkan area pembuluh darah supaya mendapatkan hasil yang maksimal.

Dalam proses preprocessing citra retina yang awalnya dalam bentuk RGB akan diubah ke dalam bentuk HSI (Hue, Saturation, Intensitas). Dari bentuk HSI tersebut, citra akan diproses untuk pre-processing tahap pertama yaitu mencari nilai microaneurysms pada citra. Selanjutnya dilakukan proses deteksi tepi untuk menampilkan pembuluh darah atau *blood vessel*, lalu dilakukan proses pre-processing tahap selanjutnya yaitu mencari nilai *exudates* untuk mengetahui pembuluh darah yang terkena penyakit diabetic retinopathy.

Proses selanjutnya citra di olah dengan menggunakan metode *statistical region merging*, untuk mengetahui perbedaaan nilai hasil ekstraksi dari berbagai cara sebelumnya. Proses dengan metode *statistical region merging* yang berfungsi menggabungkan region-region pada citra digital serta memberi garis batas atau

tepi daerah pembuluh darah pada citra digital fundus mata akan ditandai oleh garis. Berikut alur proses sistem secara keseluruhan.



Gambar 3.1 Flowchart alur sistem secara keseluruhan

Gambar di atas merupakan alur proses segmentasi secara garis besar dalam penelitian ini.

Keterangan:

- Input gambar adalah mengambil citra retina dari drive komputer untuk di load dalam aplikasi sebelum proses segmentasi.

- Preprocessing merupakan proses penyiapan gambar sebelum di segmentasi yang mempunyai beberapa tahapan yang akan dijelaskan pada pembahasan selanjutnya.
- Citra digital fundus mata yang sudah diproses dalam preprocessing selanjutnya akan disegmentasi menggunakan algoritma statistical region merging.

### 3.4 Desain Sistem

Pada subbab ini akan dijelaskan tentang desain dari sistem untuk proses mendeteksi *diabetic retinopathy* pada citra digital fundus. Desain ini meliputi desain data, desain proses serta desain tampilan dari sistem ini. Desain data berisi penjelasan yang meliputi desain data masukan, data proses dan data keluaran dari sistem ini.

Pada desain proses berisikan penjelasan mengenai rencana berjalannya sistem ini seperti proses pre-processing dan deteksi *diabetic retinopathy*. Dari rencana semua proses diharapkan akan mendapatkan hasil yang sesuai. Desain interface berisikan mengenai penjelasan bagaimana bentuk interface yang direncanakan dalam aplikasi ini.

#### 3.4.1 Desain Data Sistem

Data yang digunakan dalam pembuatan aplikasi ini adalah berupa citra digital fundus mata. Data dibagi menjadi dua, data masukan dan data keluaran. Data-data tersebut adalah:

- **Data masukan sistem**

Pada pembuatan aplikasi ini datanya berupa data citra digital fundus mata. Data citra masukan ini berupa citra RGB dengan format file citra *Tagged Image Format File* (.tiff) dengan ukuran 2240 x 1488 piksel. Data citra fundus didapat dari database Messidor dengan alamat <http://messidor.crihan.fr>. Messidor merupakan program riset yang didanai oleh TECHNO-VISI Kementerian Riset dan Pertahanan Perancis tahun 2004 yang berkonsentrasi pada penelitian tentang diabetic retinopathy.

- **Data keluaran**

Data keluaran adalah berupa data citra yang didapatkan dari hasil proses segmentasi tersebut.

### 3.4.2 Desain Proses Sistem

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai desain proses dari sistem untuk mendeteksi diabetic retinopathy pada citra digital fundus mata. Desain ini digunakan untuk mengetahui proses apa saja yang ada pada sistem tersebut.

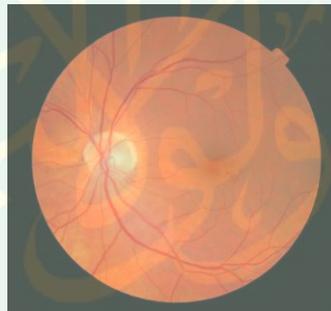
#### 1. Gambaran umum Proses Sistem

Gambaran umum perangkat lunak adalah gambaran yang menunjukkan alur dari proses sistem secara sederhana sehingga dapat dilihat gambaran secara jelas dari sistem. Perangkat lunak ini dimulai dengan proses membuka gambar sekaligus membaca spesifikasi citra yang dibuka kemudian masuk tahap *pre-processing*, dan kemudian dilakukan proses deteksi diabetic

retinopathy dengan cara mengekstraksi untuk mendapatkan nilai masing-masing citra.

## 2. Input Image

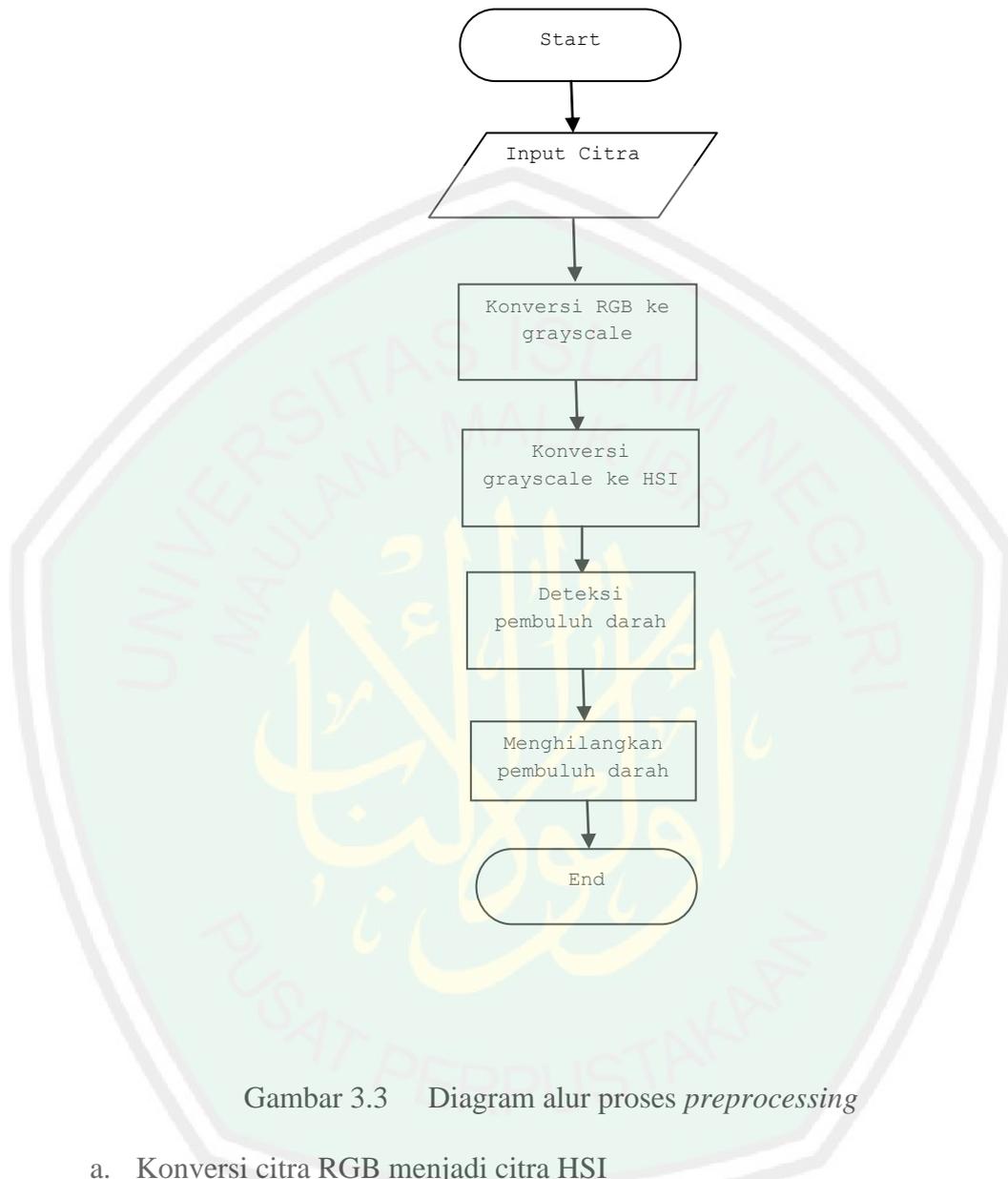
Input Image merupakan proses yang pertama kali dilakukan untuk memasukkan data masukan berupa citra digital fundus mata sebelum diproses selanjutnya. Citra yang diinputkan nantinya akan di masukan ke axes pertama sebelum di eksekusi pada proses selanjutnya. Citra masukan masih berupa gambar yang berformat RGB seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.2 Citra digital fundus mata berwarna

## 3. Pre-processing

Sebelum citra masukan diproses lebih lanjut, perlu dilakukan proses awal (*preprocessing*) terlebih dahulu, yaitu pengolahan citra (*image*) dengan tujuan agar mendapatkan hasil yang maksimal disaat proses ekstraksi untuk dapat menghasilkan ekstraksi yang terbaik. Gambar di bawah ini menunjukkan tahapan-tahapan yang ada pada proses preprocessing ini.



Gambar 3.3 Diagram alur proses *preprocessing*

a. Konversi citra RGB menjadi citra HSI

Tahap awal proses *preprocessing* adalah konversi citra retina dari citra RGB menjadi citra HSI (Hue, Saturation, Intensitas). Citra masukan masih berupa citra RGB atau citra berwarna sehingga masih perlu dikonversi menjadi citra HSI. Karena warna HSI merupakan bentuk lain yang bisa digunakan untuk menginterpretasi karakteristik dari warna alami.

(Prasetyo, 2011:184)

Dalam pengubahan atau konversi dari citra RGB menjadi HSI (Hue Saturation Intensity) ini menggunakan persamaan atau langkah-langkah berikut ini.

- Hitung  $\theta$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{(R-G)+(R-B)}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\}$$

- Hitung H (Hue)

$$\begin{cases} \theta & \text{jika } B \leq G, \\ 360 - \theta & \text{jika } B > G \end{cases}$$

- Hitung S (Saturation)

$$S = 1 - 3 \frac{\min(R,G,B)}{(R+G+B)}$$

- Hitung I (Intensity)

$$I = \frac{1}{3} (R+G+B)$$

Dengan asumsi bahwa nilai RGB adalah nilai yang dinormalisasi pada range [0,1], dan sudut  $\theta$  diukur dengan derajat terhadap sumbu red dari HSI space. Hue dapat dinormalisasikan dalam range [0,1] dengan pembagian oleh  $360^\circ$  semua nilai yang dihasilkan dari persamaan hue di atas. Dua komponen HSI yang lain sudah didapatkan dalam range ini jika nilai RGB yang diberikan dalam interval [0,1]. (Gonzales *et al*, 2004:209)

#### b. Deteksi microaneurysms

Deteksi microaneurysms adalah proses mengurangi noise atau bintik-bintik yang ada pada gambar sehingga di dapatkan gambar yang lebih bersih

dan bagus kualitasnya. Proses ini menggunakan teknik medfilt atau median filtering yaitu suatu teknik yang menitikberatkan pada nilai median atau nilai tengah dari jumlah total nilai keseluruhan piksel yang ada di sekelilingnya. Teknik ini bekerja dengan cara mengisi nilai dari setiap piksel dengan nilai median tetangga.

Proses pemilihan median ini dimulai dengan mengurutkan nilai-nilai piksel tetangga baru dipilih nilai tengahnya. Dalam proses penghilangan derau atau noise menggunakan teknik median filtering ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$y [m,n] = \text{median} \{x [i, j] [i, j] \in w\}$$

dimana  $w$  merupakan lingkungan yang berpusat di sekitar lokasi  $m, n$  dalam citra.

c. Deteksi blood vessels

Deteksi blood vessels mempunyai tujuan yaitu memperhalus tampilan citra dan mendeteksi batas tepi citra tersebut, pada bagian pendeteksian tepi ini menggunakan algoritma *Canny edge detection* algoritma ini merupakan salah satu teknik edge detection yang populer penggunaannya dalam pengolahan citra. Salah satu alasannya adalah ketebalan *edge* yang bernilai satu piksel yang dimaksudkan untuk melokalisasi posisi *edge* pada citra secara sepresisi mungkin. Algoritma *canny edge detection* secara umum beroperasi sebagai berikut:

1. Penghalusan untuk mengurangi dampak *noise* terhadap pendeteksian *edge*.
2. Menghitung potensi gradient citra.
3. Non-maximal suppression dari gradient citra untuk melokalisasi *edge* secara presisi.
4. *Hysteresis thresholding* untuk melakukan klasifikasi akhir.

Sedangkan pada proses penghalusan citra menggunakan proses Gaussian blur, Gaussian blur ini akan menghasilkan citra untuk menentukan potensi gradient citra. Gradient sendiri merupakan operator yang paling mendekati definisi dari sebuah edge atau tepi. Proses Gaussian blur ini mempunyai persamaan sebagai berikut.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Di mana  $x$  adalah jarak dari titik asal pada sumbu horisontal,  $y$  adalah jarak dari titik asal pada sumbu vertical, dan  $\sigma$  adalah standar deviasi dari distribusi Gaussian. Rumus ini menghasilkan permukaan yang kontur adalah lingkaran konsentris dengan distribusi Gaussian dari titik pusat. Nilai dari distribusi ini digunakan untuk membangun konvolusi matriks yang diterapkan pada gambar asli. Nilai baru setiap piksel yang diatur ke rata-rata tertimbang dari lingkungan yang piksel. Secara teori, fungsi Gaussian di setiap titik pada gambar akan non-nol, yang berarti bahwa seluruh gambar akan perlu dimasukkan dalam perhitungan untuk setiap piksel.

#### d. Deteksi exudates

Untuk proses deteksi exudates, di sini menggunakan operasi morfologi. Jenis morfologi yang digunakan adalah operasi *closing*. Operasi *closing* merupakan penggabungan antara operasi erosi dan dilasi. Hanya saja operasi dilasi dilakukan terlebih dahulu. Kemudian baru diikuti dengan proses erosi. Fungsi dilasi berfungsi untuk memperluas area *exudates* sedangkan fungsi erosi berguna untuk menghilangkan pembuluh darah. Operasi *closing* dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C(A,B) = A \circ B = E(D(A, -B), -B)$$

Hasil operasi *closing* hampir mirip seperti hasil operasi dilasi yakni memperbesar batas luar dari objek *foreground* dan juga menutup lubang kecil yang terletak di tengah objek, namun hasil operasi *closing* tidak sebesar hasil dilasi. Hasil dilasi akan menyebabkan pembengkakan bentuk keseluruhan objek. Efek ini dapat dikurangi dengan menerapkan proses erosi setelah proses dilasi tersebut.

#### e. Deteksi menggunakan SRM

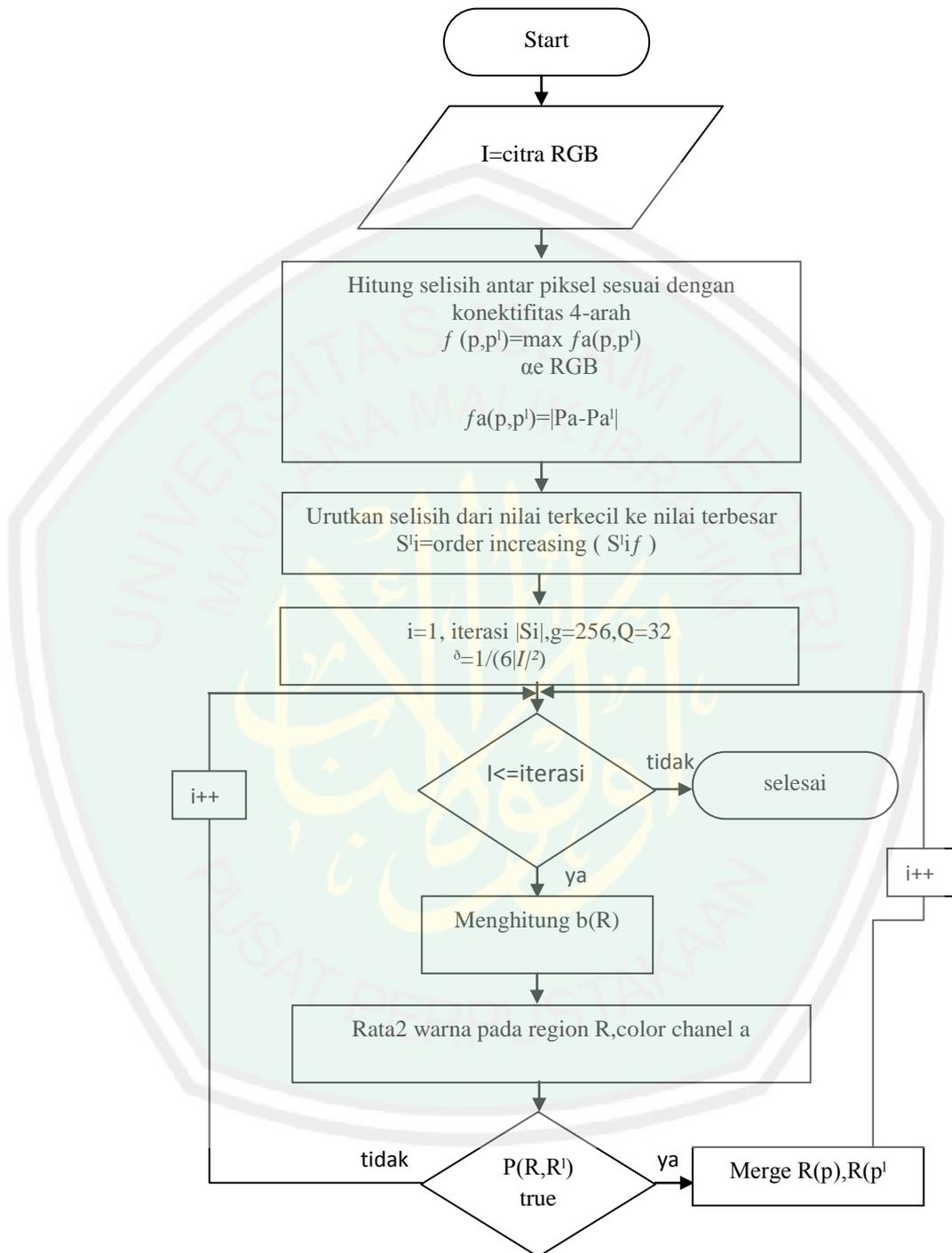
Proses ini adalah bagian inti dari aplikasi karena setelah proses ini dilakukan akan menghasilkan citra keluaran yang dimaksud. Maka dari itu dilakukan proses segmentasi. Segmentasi adalah proses membagi citra menjadi daerah-daerah yang terpisah, dimana piksel dalam satu region memiliki nilai yang homogen.

Metode segmentasi terbaru yang lebih cepat dan mengurangi biaya komputasi, yang dikembangkan untuk segmentasi citra berwarna yaitu *Statistical Region Merging* (SRM). Metode ini sejenis dengan teknik *region growing and merging*. Pada *region growing*, region adalah kumpulan piksel yang homogen dan secara iterasi merupakan hasil gabungan dari region yang lebih kecil. Notasi  $| \cdot |$  menandakan kardinalitas. Citra yang diobservasi  $I$ , berisi  $|I|$  piksel, yang masing-masing berisi nilai Red-Green-Blue (RGB), masing-masing dari tiga nilai tersebut memiliki nilai  $\{1,2,3,\dots,g\}$ , pada prakteknya  $g$  bernilai 256.  $I$  adalah observasi dari scene utuh  $I^*$  yang belum diketahui piksel mana yang sebenarnya direpresentasikan oleh anggota distribusi, dari masing-masing channel warna yang dicoba.

Pada masing-masing piksel  $I^*$ , setiap color-channel diganti nilainya dengan nilai random sejumlah  $Q$ . Nilai random tersebut merupakan nilai positif yang diambil pada domain dengan batas  $g/Q$ , yang termasuk dalam  $\{1,2,\dots,g\}$ . Dalam *statistical region* bisa saja terdapat nilai piksel yang berbeda dengan syarat piksel tersebut masih memenuhi *homogeneity property*. Biasanya dipilih  $Q=1$  tetapi tidak fleksibel untuk region yang kecil. Karena  $Q$  setara dengan kompleksitas segmentasi yang dihasilkan maka  $Q$  dapat digunakan untuk mengatur kompleksitas segmentasi.

*Homogeneity Property :*

- *Inside a region, the statistical pixels have the same expectation for every color channel.*
- *Different regions have different expectations for at least one color channel.*



Gambar 3.4 Diagram alur SRM

Dari Homogeneity Property tersebut Nielsen dan Nock mendapatkan *merging predicate* (penggabungan) berikut :

$$P(R, R') \begin{cases} \text{true} & \text{if } |\bar{R}_a - \bar{R}'_a| \leq \sqrt{b^2(R) + b^2(R')} \\ \text{false} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$b(R) = g \sqrt{(1/2Q |R|) \ln(|R_{|R|}|/\delta)}$$

$\bar{R}_a$  menandakan nilai rata-rata channel warna  $a$  dalam region  $R$  sedangkan  $|R|$  jumlah region yang memiliki  $l$  piksel. Urutan dimana tes penggabungan dilakukan mengikuti invarian sederhana A :

- Ketika ada dua true region yang didapatkan, itu berarti semua tes di dalam masing-masing region sebelumnya sudah dilakukan. Pada uji coba, A diwakili oleh algoritma sederhana yang berbasis pada gradien piksel yang bertetangga. Dalam keterangannya Nielsen dan Nock menggunakan fungsi  $f$  yang didefinisikan sebagai berikut :

$$f(p, p') = \max_{a \in R, G, B} f_a(p, p')$$

Fungsi sederhana untuk  $f_a$  adalah berikut ini :

$$f_a(p, p') = |p_a - p'_a|$$

Fungsi yang lebih kompleks dengan menambahkan deteksi tepi klasik kernel konvolusi bisa digunakan untuk mendefinisikan  $f_a$ .

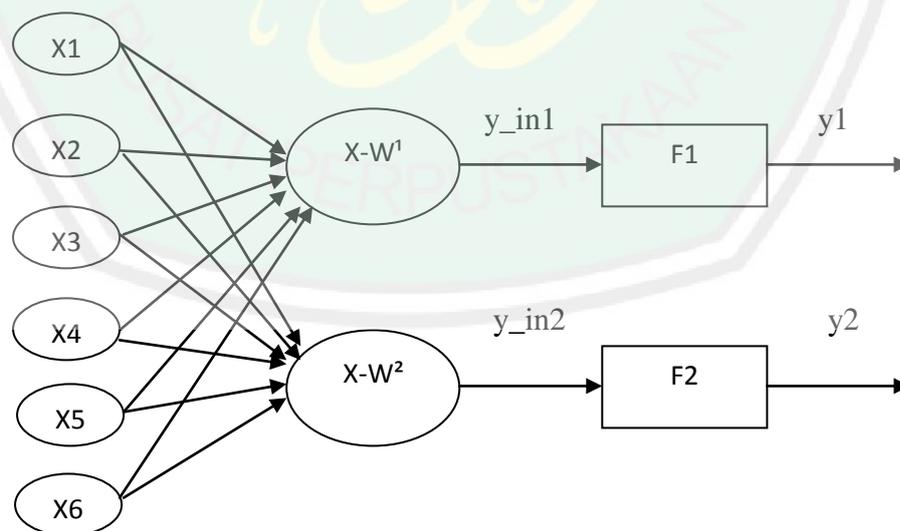
#### f. Klasifikasi Dengan Metode LVQ

LVQ (*Learning Vector Quantization*) merupakan metode untuk melakukan pelatihan terhadap lapisan-lapisan kompetitif yang terawasi. Lapisan kompetitif akan belajar secara otomatis untuk melakukan klasifikasi terhadap vector input yang diberikan. Apabila beberapa vector input memiliki

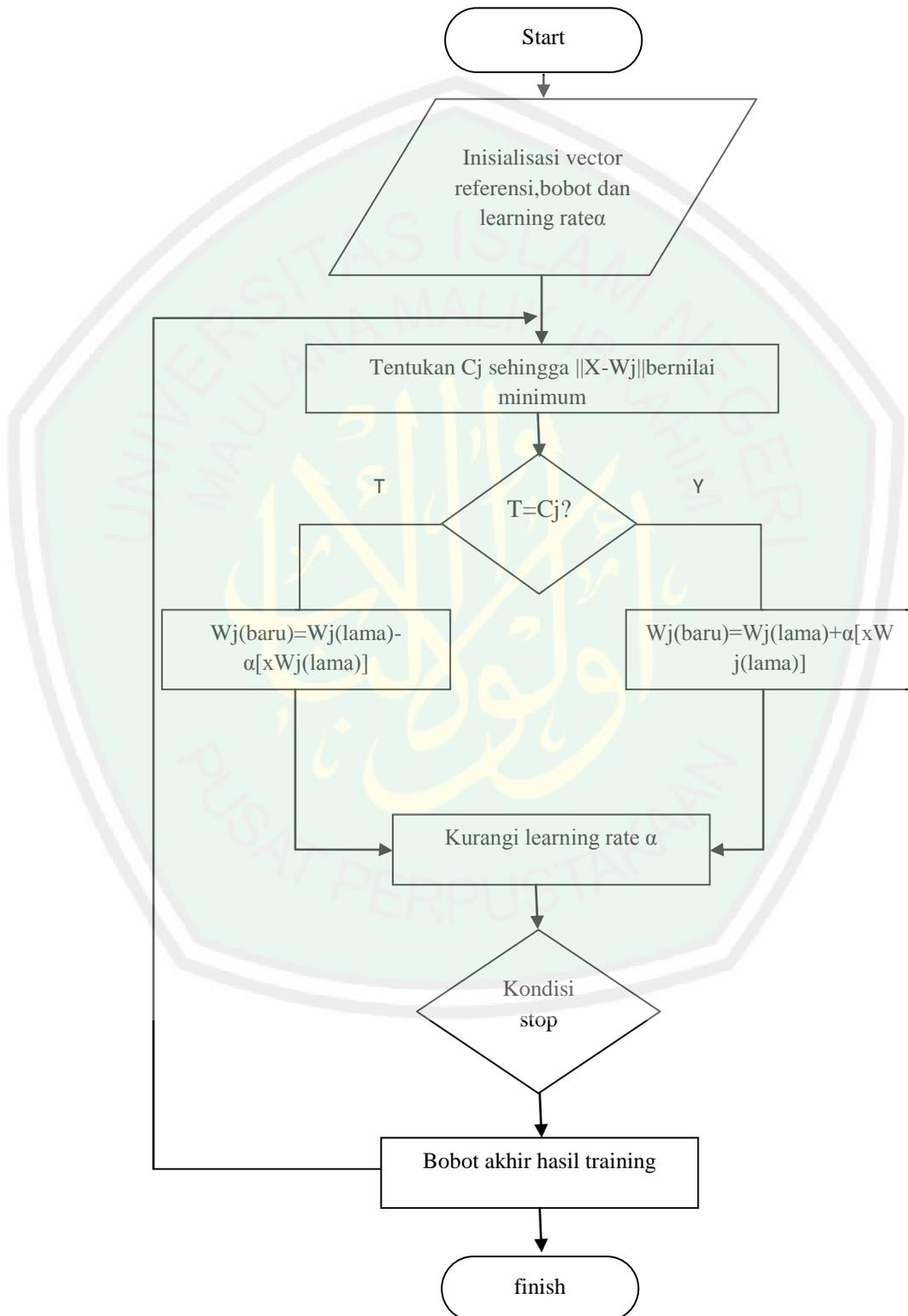
jarak yang sangat berdekatan, maka akan dikelompokkan dalam kelas yang sama.

Gambar dibawah ini menunjukkan jaringan LVQ dengan 6 unit pada lapisan input, dan 2 unit (neuron) pada lapisan output. Pemrosesan yang terjadi pada setiap neuron adalah mencari jarak antara suatu vector input ke bobot yang bersangkutan ( $W^1$  dan  $W^2$ ).  $W^1$  adalah vector bobot yang menghubungkan setiap neuron pada lapisan input ke neuron pertama pada lapisan output, sedangkan  $W^2$  adalah vector bobot yang menghubungkan setiap neuron pada lapisan input ke neuron kedua pada lapisan output.

Fungsi aktivasi F1 akan memetakan  $y_{in1}$  ke  $y^1=1$  apabila  $|x-w^1| < |x-w^2|$ , dan  $y^1=0$  jika sebaliknya. Demikian pula dengan yang terjadi pada fungsi aktivasi F2, akan memetakan  $y_{in1}$  ke  $y=1$  apabila  $|x-w^2| < |x-w^1|$ , dan  $y^1=0$  jika sebaliknya. (Sri Kusumadewi, 2004)



Gambar 3.5 Arsitektur Jaringan LVQ



Gambar 3.6 Diagram alur LVQ

### 3.4.3 Perancangan Antar Muka

Untuk mempermudah pengguna, maka perlu dibuat form antarmuka atau interface. Berikut ini akan ditampilkan rancangan antarmuka aplikasi yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.7 Antarmuka perangkat lunak

Pada form terdapat tombol dan fungsinya sebagai berikut:

- ‘Open Image’ untuk mencari file yang akan menjadi citra masukan, file citra retina yang di buka akan ditampilkan pada *axes* 1. File citra retina yang dapat dibuka adalah hanya file yang berekstensi \*.tiff.
- Kemudian tombol ‘Preprocessing’ untuk menjalankan deteksi secara keseluruhan meliputi pre-processing dan segmentasi menggunakan metode statistical region merging.
- Setelah itu ditentukan nilainya dan klasifikasinya untuk menentukan ciri citra fundus yang normal atau yang sakit.

## BAB IV

### IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai rangkaian uji coba dan evaluasi terhadap penelitian yang telah dilakukan. Implementasi berupa fungsi-fungsi atau *source code* untuk proses deteksi *diabetic retinopathy* mulai dari tahap awal hingga akhir. Uji coba ditujukan untuk melihat sejauh mana keberhasilan dari implementasi perangkat lunak ini dan evaluasi dilakukan dengan melakukan analisa terhadap hasil dari uji coba dan juga untuk mendapatkan kesimpulan dan saran untuk pengembangan kedepan bagi implementasi aplikasi perangkat lunak ini.

#### 4.1 Penjelasan Program

Di dalam subbab penjelasan program ini dijelaskan mengenai alur pembuatan dan kegunaan program yang dibuat beserta tampilan desain dari program. Berikut ini tampilan-tampilan halaman dalam program yang dibuat.

##### 4.1.1 Proses Menampilkan Halaman Utama

Halaman Utama adalah halaman yang pertama kali diakses oleh pengguna. Melalui halaman ini pula semua tahapan segmentasi dilakukan, mulai dari input image, proses ekstraksi citra, hingga proses penyimpanan citra hasil ekstraksi dan tutup aplikasi. Tampilan form halaman utama ditunjukkan pada gambar berikut.

Gambar 4.1 Tampilan form Halaman Utama

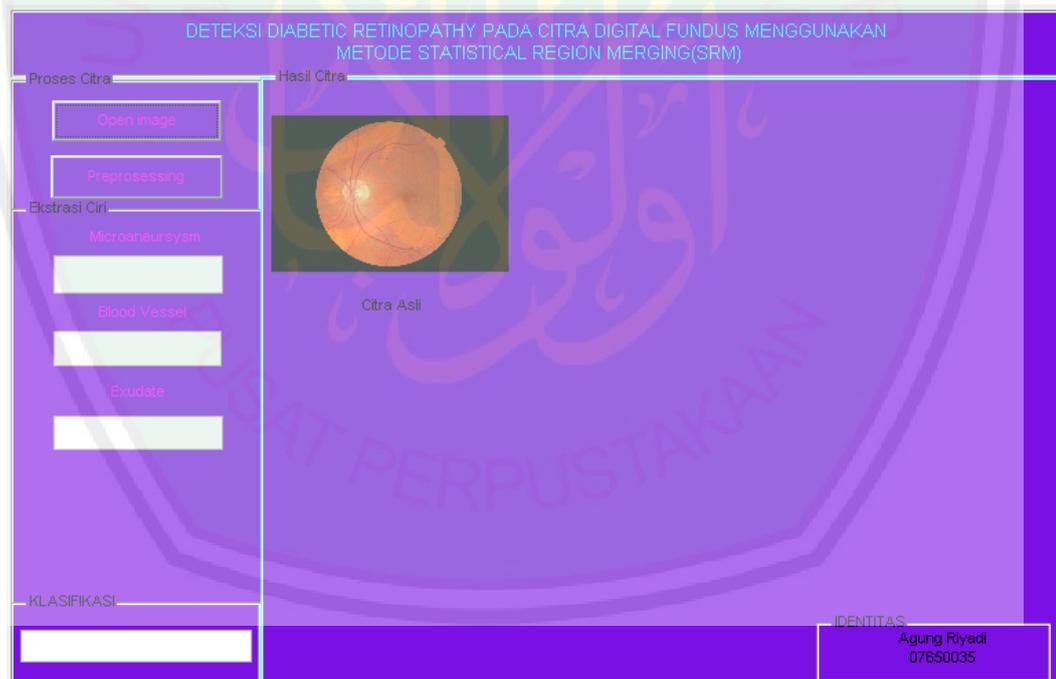
Di dalam tampilan form halaman utama tersebut pada bagian atas terdapat judul atau nama aplikasi yang dibuat, kemudian di bagian tengah atau di bawah judul terdapat 6 buah axes untuk menampilkan citra, axes yang pertama merupakan axes tempat menampilkan citra masukan yang akan disegmentasi kemudian axes yang kedua merupakan axes untuk menampilkan citra hasil segmentasi menjadi citra HIS (Hue-Saturation-Intensity), axes yang ketiga menampilkan citra microaneurysms, axes yang keempat menampilkan blood vessel (pembuluh darah), axes yang kelima menampilkan citra exudates sedangkan yang terakhir menampilkan citra hasil segmentasi menggunakan metode *statistical region merging* . Kemudian pada bagian kiri terdapat beberapa tombol yang digunakan dalam proses segmentasi citra antara lain:

- “Open Image” yang digunakan untuk membuka file citra dari drive komputer.

- “Preprocessing” yang digunakan untuk melakukan proses segmentasi pada citra yang telah diinputkan.

#### 4.1.2 Proses Input Citra

Sebelum melakukan proses ekstraksi dilakukan, hal yang dilakukan terlebih dahulu adalah input image, yaitu proses pengambilan file citra digital fundus mata dari drive komputer yang akan disegmentasi. Citra yang diinputkan akan dimasukkan ke axes yang pertama atau sebelah kiri yang selanjutnya akan diproses pada langkah berikutnya. Tampilan form input image dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.2 Proses Input Citra

Setelah halaman utama keluar seorang user dapat melakukan input citra yang akan disegmentasi dengan menekan tombol “Open Image”, kemudian file citra yang diinputkan akan muncul pada bagian axes yang pertama atau sebelah

kanan form utama. Di bawah ini merupakan sourcecode program pada proses membuka citra fundus mata.

```

% --- Executes on button press in openimage.
function openimage_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Membuka Image
[FileName, PathName] = uigetfile({'*.tif'; '*.jpg'; '*.jpeg';
 '*.bmp'; '*.gif'; '*.png'}, 'Pilih File Citra Asli');
if isequal(FileName,0)
    return;
end

axes(handles.axes1)
cla reset
axis off
set(handles.text5, 'string', '');
axes(handles.axes2)
cla reset
axis off
set(handles.text6, 'string', '');
axes(handles.axes3)
cla reset
axis off
set(handles.text7, 'string', '');
axes(handles.axes4)
cla reset
axis off
set(handles.text8, 'string', '');
axes(handles.axes5)
cla reset
axis off
set(handles.text9, 'string', '');
axes(handles.axes6)
cla reset
axis off
set(handles.text10, 'string', '');

I=imread([FilePath, FileName]);
guidata(hObject, handles);
set(proyek.figure1, 'CurrentAxes', proyek.axes1);
imshow(I);
set(proyek.axes1, 'Userdata', I);
set(handles.text5, 'string', 'Citra Asli');
set(proyek.figure1, 'Userdata', I);
setappdata(handles.figure1, 'img', I);

```

Gambar 4.3 Source code proses input citra

Pada *source code* tersebut mempunyai dua fungsi yaitu fungsi pemilihan citra atau masukan menggunakan perintah `uigetfile` (`{ '*.tif'; '*.jpg'; '*.jpeg' }`), yaitu mengambil gambar dari drive yang hanya mempunyai format `*.tif,*.jpg,*.jpeg`, selanjutnya adalah fungsi untuk menampilkan citra pada citra masukan atau pada bagian axes yang pertama.

#### 4.1.3 Proses Preprocessing

Setelah proses open image maka dilakukan proses selanjutnya yaitu masuk pada proses preprocessing. Pada tahap preprocessing ini mempunyai beberapa tahapan-tahapan antara lain konversi RGB menjadi HSI, hal ini dilakukan untuk mempersiapkan citra dalam pre-processing.

Setelah itu proses penghilangan derau atau noise, peningkatan kontras, dan tahap preprocessing yang terakhir adalah penghalusan dan deteksi tepi supaya citra tersebut lebih halus dan diketahui batas tepi citra fundus tersebut. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing tahapan proses preprocessing :

a. Konversi citra RGB menjadi HSI

Setelah file diinputkan, citra dikonversi menjadi citra HSI (Hue-Saturation-Intensity). Citra retina yang diterima adalah citra berwarna, sehingga terlebih dahulu perlu dilakukan proses konversi ke HSI. Di bawah ini kode pengkonversian citra RGB menjadi HSI.

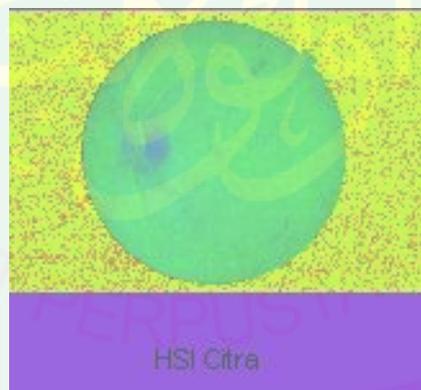
```

% ----- konversi RGB ke HSI -----
Grayscale = rgb2gray (I);
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);
set(proyek.figure1, 'CurrentAxes', proyek.axes2);
imshow(hsi);
axis tight
set(handles.text6, 'string', 'HSI Citra');
set(proyek.axes1, 'Userdata', I);
set(proyek.figure1, 'Userdata', I);

```

Gambar 4.4 Source code proses konversi RGB ke HSI

Penggunaan perintah “rgb2gray” pada kode diatas berfungsi untuk mengubah warna asli citra RGB untuk menggandakan presisi dan scaling data jika diperlukan. Sedangkan pada bagian R, G, B merupakan masing-masing dari komponen citra HSI. Hasil dari proses konversi RGB ke HSI dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.5 Hasil konversi RGB ke HSI

b. Mencari microaneurysms

Setelah file citra melewati proses konversi dari RGB menjadi HSI maka proses preprocessing selanjutnya adalah mencari microaneurysms. Sourcecode program dari proses tersebut dapat dilihat di bawah ini.

```

%% Deteksi Microaneurysms %%
set(handles.classtextbox,'string','Processing MIC..');
pause(0.1) %menampilkan text
[MIC_area MIC_image] = function_MIC (select_image);

axes(handles.axes3);
axis tight
imshow(MIC_image), zoom on;
set(handles.Micro,'string',MIC_area);
set(handles.text7,'string','Microaneurysms');

```

Gambar 4.6 Source code deteksi Microaneurysms

Penggunaan perintah 'imfill' yaitu perintah untuk menghilangkan pembuluh darah pada citra . Hasil dari proses dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.7 Hasil deteksi microaneurysms.

### c. Deteksi Blood Vessels

Tahap selanjutnya yaitu menampilkan pembuluh darah. Untuk menajamkan warna citra. Jika sebuah citra yang mempunyai nilai keabuan yang tidak terlalu berbeda untuk semua titik, dengan kurva histrogram. Hal ini disebabkan citra tersebut memiliki kurva histrogram yang sempit, dengan tepi kiri dan tepi kanan

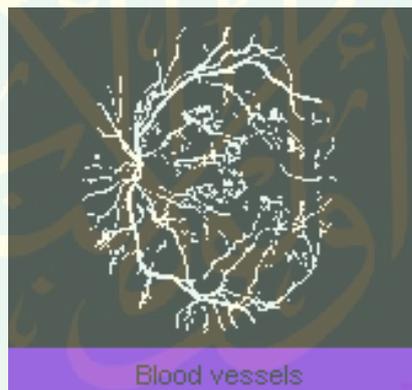
yang berdekatan, sehingga titik tergelap dalam citra tersebut tidak mencapai hitam pekat dan titik paling terang dalam citra itu tidak berwarna putih cemerlang.

Berikut ini adalah sourcecode dari proses menampilkan pembuluh darah.

```
%% Deteksi Blood vessels %%
set(handles.classtextbox,'string','Memproses BV..');
pause(0.1) %menampilkan text
[BV_area BV_image] = function_BV (select_image);
axes(handles.axes4);
imshow(BV_image), zoom on;
axis tight
set(handles.BVedit,'string',BV_area);
set(handles.text8,'string','Blood vessels');
```

Gambar 4.8 Source code deteksi Blood vessels

Gambar hasil dari proses menampilkan pembuluh darah sebagai berikut:



Gambar 4.9 Hasil deteksi blood vessels

#### d. Exudates

Pada tahap ini menggunakan fungsi “imclose” untuk menghilangkan pembuluh darah. Dibawah ini merupakan source code dari proses exudates.

```
%% Deteksi Exudates %%
set(handles.classtextbox,'string','Processing EX..');
pause(0.1) %menampilkan text
[EX_area EX_image] = function_EX (select_image);
axes(handles.axes5);
axis tight
imshow(EX_image), zoom on;
set(handles.Exudate,'string',EX_area);
set(handles.text9,'string','Exudates');
```

Gambar 4.10 Source code deteksi exudates

Hasil dari proses exudates dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.11 Citra hasil deteksi exudates

#### 4.1.4 Statistical Region Merging

Metode ini sejenis dengan teknik *region growing and merging*. Pada *region growing*, region adalah kumpulan piksel yang homogen dan secara iterasi merupakan hasil gabungan dari region yang lebih kecil. Notasi  $| \cdot |$  menandakan kardinalitas. Citra yang diobservasi  $I$ , berisi  $|I|$  piksel, yang masing-masing berisi nilai Red-Green-Blue (RGB), masing-masing dari tiga nilai tersebut memiliki nilai  $\{1,2,3,\dots,g\}$ , pada prakteknya  $g$  bernilai 256.  $I$  adalah observasi dari scene utuh  $I^*$  yang belum diketahui piksel mana yang sebenarnya direpresentasikan oleh anggota distribusi, dari masing-masing channel warna yang dicoba. Pada masing-masing piksel  $I^*$ , setiap color-channel diganti nilainya dengan nilai random sejumlah  $Q$ . Nilai random tersebut merupakan nilai positif yang diambil pada domain dengan batas  $g/Q$ , yang termasuk dalam  $\{1,2,\dots,g\}$ . Dalam *statistical region* bisa saja terdapat nilai piksel yang berbeda dengan syarat piksel tersebut masih memenuhi *homogeneity property*. Biasanya dipilih  $Q=1$  tetapi tidak fleksibel untuk region yang kecil. Karena  $Q$  setara dengan kompleksitas

segmentasi yang dihasilkan maka  $Q$  dapat digunakan untuk mengatur kompleksitas segmentasi. Berikut ini adalah listing programnya:

```
function [maps, images]=srm(image,Qlevels)

h=fspecial('gaussian',[3 3],1);
image=imfilter(image,h,'symmetric');
smallest_region_allowed=10;

size_image=size(image);
n_pixels=size_image(1)*size_image(2);
% Compute image gradient
[Ix,Iy]=srm_imgGrad(image(:,:,,:));
Ix=max(abs(Ix),[],3);
Iy=max(abs(Iy),[],3);
normgradient=sqrt(Ix.^2+Iy.^2);
Ix(:,end)=[];
Iy(end,:)=[];

[trash,index]=sort(abs([Iy(:);Ix(:)]));

n_levels=numel(Qlevels);
maps=cell(n_levels,1);
images=cell(n_levels,1);
im_final=zeros(size_image);

map=reshape(1:n_pixels,size_image(1:2));
% gaps=zeros(size(map)); % For future release
treerank=zeros(size_image(1:2));

size_segments=ones(size_image(1:2));
image_seg=image;

%Building pairs
n_pairs=numel(index);
idx2=reshape(map(:,1:end-1),[],1);
idx1=reshape(map(1:end-1,:),[],1);

pairs1=[ idx1;idx2 ];
pairs2=[ idx1+1;idx2+size_image(1) ];
for Q=Qlevels
    iter=find(Q==Qlevels);
    for i=1:n_pairs
        C1=pairs1(index(i));
        C2=pairs2(index(i));
        while (map(C1)~=C1 ); C1=map(C1); end
        while (map(C2)~=C2 ); C2=map(C2); end
```

Gambar 4.12 Source code SRM

#### 4.1.5 Klasifikasi Menggunakan LVQ

Proses klasifikasi dilakukan untuk mengetahui pengelompokan data citra digital fundus mata agar mendapatkan hasil yang lebih akurat. Berikut listing program LVQ :

```

kelasfinal = function_LVQ (MIC_area,EX_area,BV_area);

set(handles.classtextbox,'string',kelasfinal);

X=xsource;
H=[];

for k=1:size(X,1),
    for c=1:m1,
        D(c)=0;
        for i=1:n,
            D(c)=D(c)+(w(c,i)-X(k,i))^2;
        end;
        D(c)=sqrt(D(c));
    end;
    [Jmin, idx]=min(D);
    H=[H; idx];
end;
disp('Data hasil Klasifikasi')
target2hasil = H;
disp(target2hasil);

if target2hasil == 1;
    klasifikasi_diabetes = 'klasifikasi normal';
elseif target2hasil == 2;
    klasifikasi_diabetes = 'klasifikasi NPDR';
elseif target2hasil == 3;
    klasifikasi_diabetes = 'klasifikasi PDR';
end

return

```

Gambar 4.13 Source code LVQ

## 4.2 Uji Coba

Pada subbab ini dijelaskan mengenai rangkaian ujicoba dan evaluasi yang telah dilakukan. Ujicoba ditujukan untuk melihat sejauh mana keberhasilan dari implementasi perangkat lunak ini dan evaluasi dilakukan dengan melakukan analisa terhadap hasil dari ujicoba dan juga untuk mendapatkan kesimpulan dan saran untuk pengembangan ke depan bagi implementasi aplikasi perangkat lunak ini. Data yang digunakan untuk uji coba berupa citra digital fundus mata. Jumlah data yang digunakan dalam uji coba ini adalah 40 buah citra retina.

Tabel 4.1 Hasil Klasifikasi oleh pakar *Messidor*

No	Nama Citra	Ophthalmologic department	Grade
1	20051214_57817_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
2	20060522_43643_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
3	20060522_45111_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
4	20060522_45583_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
5	20060522_46379_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
6	20060522_46400_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
7	20060523_43174_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	PDR
8	20060523_43248_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
9	20060523_45235_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR
10	20060523_45467_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR
11	20060523_45524_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
12	20060523_45662_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR
13	20060523_45697_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR

14	20060523_45787_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR
15	20060523_48005_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
16	20060523_48161_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
17	20060523_48182_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	PDR
18	20060523_48357_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
19	20060523_48406_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
20	20060523_48477_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR
21	20060523_48572_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR
22	20060523_48591_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
23	20060523_48931_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
24	20060523_48990_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR
25	20060523_49010_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR
26	20060523_49100_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
27	20060523_49120_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
28	20060523_49176_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
29	20060523_49269_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR
30	20060523_49942_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	PDR
31	20060529_57430_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	NPDR
32	20060523_49928_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	PDR
33	20060530_53062_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
34	20060530_53132_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
35	20060530_53152_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal

36	20060530_53742_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
37	20060530_53761_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
38	20060530_53816_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
39	20060530_53836_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	Normal
40	20060530_54332_0100_PP	Service Ophthalmologic Lariboisière	PDR

Tabel 4.2 Hasil Klasifikasi Dengan Program

No	Nama Citra	MC	BV	EX	Grade
1	20051214_57817_0100_PP	8	15666	0	Normal
2	20060522_43643_0100_PP	0	17155	0	Normal
3	20060522_45111_0100_PP	0	12903	0	Normal
4	20060522_45583_0100_PP	110	28994	737	Normal
5	20060522_46379_0100_PP	0	15912	0	Normal
6	20060522_46400_0100_PP	0	15574	60	Normal
7	20060523_43174_0100_PP	143	28465	0	PDR
8	20060523_43248_0100_PP	0	17641	0	Normal
9	20060523_45235_0100_PP	50	20057	0	NPDR
10	20060523_45467_0100_PP	86	19186	19	NPDR

11	20060523_45524_0100_PP	8	18103	30	Normal
12	20060523_45662_0100_PP	49	21991	23	NPDR
13	20060523_45697_0100_PP	46	23140	140	NPDR
14	20060523_45787_0100_PP	22	24130	0	NPDR
15	20060523_48005_0100_PP	0	18205	0	Normal
16	20060523_48161_0100_PP	7	15349	3	Normal
17	20060523_48182_0100_PP	163	31441	0	PDR
18	20060523_48357_0100_PP	0	14353	0	Normal
19	20060523_48406_0100_PP	22	16646	0	Normal
20	20060523_48477_0100_PP	84	23002	22	NPDR
21	20060523_48572_0100_PP	6	20652	0	NPDR
22	20060523_48591_0100_PP	0	17571	0	Normal
23	20060523_48931_0100_PP	34	17564	0	Normal
24	20060523_48990_0100_PP	7	24789	0	NPDR
25	20060523_49010_0100_PP	88	25190	0	NPDR
26	20060523_49100_0100_PP	0	13063	0	Normal

27	20060523_49120_0100_PP	0	14362	0	Normal
28	20060523_49176_0100_PP	57	6281	0	Normal
29	20060523_49269_0100_PP	7	19162	0	NPDR
30	20060523_49942_0100_PP	16	29314	0	PDR
31	20060529_57430_0100_PP	108	22152	1822	NPDR
32	20060523_49928_0100_PP	20	31453	7	PDR
33	20060530_53062_0100_PP	0	16492	0	Normal
34	20060530_53132_0100_PP	0	19038	0	Normal
35	20060530_53152_0100_PP	0	17150	0	Normal
36	20060530_53742_0100_PP	0	9253	0	Normal
37	20060530_53761_0100_PP	0	7280	0	Normal
38	20060530_53816_0100_PP	0	16639	0	Normal
39	20060530_53836_0100_PP	0	12115	0	Normal
40	20060530_54332_0100_PP	48	30341	647	PDR

Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Klasifikasi

No	Nama Citra	Hasil Grade Pakar messidor	Hasil Grade Program
1	20051214_57817_0100_PP	Normal	Normal
2	20060522_43643_0100_PP	Normal	Normal
3	20060522_45111_0100_PP	Normal	Normal
4	20060522_45583_0100_PP	Normal	Normal
5	20060522_46379_0100_PP	Normal	Normal
6	20060522_46400_0100_PP	Normal	Normal
7	20060523_43174_0100_PP	PDR	PDR
8	20060523_43248_0100_PP	Normal	Normal
9	20060523_45235_0100_PP	NPDR	NPDR
10	20060523_45467_0100_PP	NPDR	NPDR
11	20060523_45524_0100_PP	Normal	Normal
12	20060523_45662_0100_PP	NPDR	NPDR
13	20060523_45697_0100_PP	NPDR	NPDR
14	20060523_45787_0100_PP	NPDR	NPDR
15	20060523_48005_0100_PP	Normal	Normal
16	20060523_48161_0100_PP	Normal	Normal
17	20060523_48182_0100_PP	PDR	PDR
18	20060523_48357_0100_PP	Normal	Normal
19	20060523_48406_0100_PP	Normal	Normal
20	20060523_48477_0100_PP	NPDR	NPDR

21	20060523_48572_0100_PP	NPDR	NPDR
22	20060523_48591_0100_PP	Normal	Normal
23	20060523_48931_0100_PP	Normal	Normal
24	20060523_48990_0100_PP	NPDR	NPDR
25	20060523_49010_0100_PP	NPDR	NPDR
26	20060523_49100_0100_PP	Normal	Normal
27	20060523_49120_0100_PP	Normal	Normal
28	20060523_49176_0100_PP	Normal	Normal
29	20060523_49269_0100_PP	NPDR	NPDR
30	20060523_49942_0100_PP	PDR	PDR
31	20060529_57430_0100_PP	PDR	NPDR
32	20060523_49928_0100_PP	PDR	PDR
33	20060530_53062_0100_PP	Normal	Normal
34	20060530_53132_0100_PP	Normal	Normal
35	20060530_53152_0100_PP	Normal	Normal
36	20060530_53742_0100_PP	Normal	Normal
37	20060530_53761_0100_PP	Normal	Normal
38	20060530_53816_0100_PP	Normal	Normal
39	20060530_53836_0100_PP	Normal	Normal
40	20060530_54332_0100_PP	PDR	PDR

Pengujian menggunakan 40 data citra yang terdiri dari 24 data normal, 11 data NPDR, 5 data PDR. Untuk menghitung presentase aplikasi dapat di hitung dengan rumus:

$$\text{Presentasi} = \frac{\text{Data berhasil}}{\text{Jumlah data}} \times 100\%$$

$$= \frac{39}{40} \times 100 = 97,5\%$$

Hasil dari perhitungan di atas merupakan hasil dari presentase keberhasilan klasifikasi sebesar 97,5%.

#### 4.3 Deteksi Mata Dalam Sudut Pandang Islam

Pada hal mendeteksi mata, hendaknya memiliki ilmu yang khusus tentang mata itu sendiri. Ilmu yang mempelajari tentang mata dalam morfologi atau fisiologi. Setelah mengetahui bentuk mata, mungkin saja dapat digunakan untuk menentukan diagnosa pada mata itu sendiri. Diagnosa adalah penentuan jenis penyakit berdasarkan tanda dan gejala dengan menggunakan cara dan alat seperti laboratorium, foto, dan klinik.

Ilmu merupakan suatu fadilah dan kemuliaan yang diberikan kepada siapa saja yang dikehendaki oleh Allah SWT. Orang yang diberikan kesempatan oleh Allah SWT memiliki ilmu yang banyak maka dia sesungguhnya telah mendapatkan suatu anugrah dan manfaat yang besar sekali dengan ilmunya tersebut. Karena dengannya, dia dapat mengetahui dan memahami makna dari hidup ini secara benar dan hakiki.

Ilmu merupakan sebaik-baiknya perbuatan Amal shaleh, ia juga merupakan sebaik-baiknya amal ibadah, yaitu ibadah sunnah, karena ilmu merupakan bagian dari jihad di jalan Allah SWT. Dapat diketahui bahwa agama itu terdiri atas 2 unsur, yang pertama ilmu dan petunjuk, dan yang kedua perang dan jihad.

Tidak mungkin sekarang agama Allah SWT dapat berdiri dengan tegak kecuali harus terdapat 2 unsur tersebut, dan unsur yang pertama didahulukan dari unsur yang kedua. Maka dari ini Nabi SAW tidaklah mengubah suatu kaum sebelum menyampaikan dakwah untuk beribadah kepada Allah SWT, maka ilmu lebih didahulukan dari pada perang. Allah SWT berfirman :

Az Zumar ayat 9;

أَمَّنْ هُوَ قَنِتٌ ءَانَاءَ اللَّيْلِ سَاجِدًا وَقَائِمًا يَحْذَرُ الْآخِرَةَ وَيَرْجُوا رَحْمَةَ رَبِّهِ ۗ قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ ۗ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ أُولُو الْأَلْبَابِ ﴿٩﴾

Artinya : *(apakah kamu Hai orang musyrik yang lebih beruntung) ataukah orang yang beribadat di waktu-waktu malam dengan sujud dan berdiri, sedang ia takut kepada (azab) akhirat dan mengharapkan rahmat Tuhannya? Katakanlah: "Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui?" Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.*

Tidaklah sama perumpamaan orang yang mengetahui dengan yang tidak mengetahui, atau kata lainnya yaitu orang yang pintar dengan orang yang bodoh,

sebagaimana tidaklah sama orang yang hidup dengan orang yang mati. Ilmu merupakan cahaya dan petunjuk bagi manusia yang dapat mengeluarkannya dari kegelapan dan kesempitan dunia ini.

#### 4.4 Manfaat Proram Dari Sudut Pandang Islam

Adapun manfaat dari program deteksi diabetic retinopathy menggunakan metode statistical regional merging dalam tinjauannya dari sudut pandang islam adalah sebagai berikut;

- a. Memberikan keefisiensian, dengan menggunakan metode ini cenderung tidak memakan waktu, biaya, dan tenaga serta pikiran yang banyak. Adapun ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang ke-efisiensian dalam bertindak. Berikut ayatnya:

Al-Israa' ayat 27;

إِنَّ الْمُبَذِّرِينَ كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيْطَانِ ط وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ كَفُورًا

Artinya: *Sesungguhnya pemboros-pemboros itu adalah saudara-saudara syaitan, dan syaitan-syaitan itu sangat ingkar terhadapTuhannya.*

Dengan adanya ayat tersebut, maka dapat diambil kesimpulan bahwa kita mendapat larangan untuk berboros dalam hal waktu, tenaga dan sebagainya, karena pada dasarnya sikap mengerjakan hal yang sia-sia adalah dosa.

- b. Memberikan kemudahan bagi para pengguna untuk memahami cara kerja dari metode ini. Seperti yang telah dibahas dalam manfaat sebelumnya,

inilah alasan mengapa metode ini sangat efisien dalam penerapannya. Adapun ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang kemudahan, berikut suratnya;

Alam Nasyah ayat 5 – 6;

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٥﴾ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾

Artinya: *Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.*

Hal ini menjelaskan bahwa setelah berusaha mendapatkan informasi tentang metode ini, maka dengan hasil ini dapat digunakan untuk mencari kemudahan dalam pendeteksian diabetic retinopathy.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Klasifikasi *diabetic retinopathy* yang dideteksi menggunakan program dilakukan uji coba menggunakan 40 data sampel citra fundus *diabetic retinopathy* yang berbeda. Pengujian menggunakan 40 data citra yang terdiri dari 24 data normal, 11 data NPDR, 5 data PDR. dengan membandingkan hasil dari secara manual dan menggunakan aplikasi. Berdasarkan pembahasan dan uraian pada aplikasi yang telah dibuat beserta uji coba yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan. Bahwa, aplikasi dapat mendeteksi *diabetic retinopathy* berdasarkan klasifikasi tertentu, dengan persentase keberhasilan sebesar 97,5% dari seluruh citra yang telah diujikan.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh, sistem ini dapat lebih dikembangkan lagi. Bukan hanya merupakan sebuah aplikasi pendeteksian *diabetic retinopathy* pada digital fundus mata namun bisa ditambah atau menggunakan metode lain. Selain itu perlu pengembangan yang lebih pada aplikasi agar lebih akurat dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fatullah Wasim,2009 “ 40 wasiat Nabi tentang kesehatan”, Aqwamedika , Solo
- Sigit Riyanto,2005 “step by step Pengolahan Citra Digital” Andi Offset , Yogyakarta
- Basuki Achmad,2005 “pengolahan citra menggunakan visual basic” Graha ilmu, Yogyakarta
- Ilyas Sidarta. 2004. *Ilmu Perawatan Mata*. Jakarta: Sagung Seto
- Prasetyo, Eko. 2011. *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta : ANDI
- Ilyas Sidarta. 2006. *Ilmu Penyakit Mata*. Jakarta: FKUI
- Ahmad,Balza & Firdausy Kartika. 2005. *Teknik Pengolahan Citra menggunakan Delphi*. Yogyakarta: Ardi Publishing
- Ahmad,Usman. 2005. *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Dalimartha,Setiawan. 2007 “ *Ramuan Tradisional untuk Pengobatan Diabetes Mellitus*”,Penebar Swadaya, Jakarta
- Santosa,Budi, 2007 “ *Data mining terapan dengan Matlab*” Graha Ilmu, Yogyakarta
- Rinaldi,Munir, “*Pengolahan Citra Digital*”, 2004.
- Gonzalez Rafael C, Richard E.Woods dan Steven L. Eddins. 2004. *Digital Image Processing Using Matlab*. Unite States : Prentice Hall
- Irawan, 2014”*Klasifikasi fitur diabetic retinopathy menggunakan LVQ*”.Jurusan Teknik Informatika UIN Maliki Malang

Hastiana, Rummi. 2010. *Segmentasi Citra Digital Pembuluh Darah Mata Untuk Mendeteksi Tingkat Keparahan Diabetic Retinopathy*. Skripsi, Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang

Kusumadewi,Sri.2004.Membangun Jaringan Syaraf Tiruan (Menggunakan MATLAB&Excel Link. Yogyakarta:Penerbit Graha Ilmu

