

**IDENTIFIKASI KELAINAN PEMBULUH DARAH
PADA PENDERITA *DIABETIC RETINOPATHY***

SKRIPSI

oleh:
ASNGARI ZUBAIDAH
NIM. 07650029



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

**IDENTIFIKASI KELAINAN PEMBULUH DARAH
PADA PENDERITA *DIABETIC RETINOPATHY***

SKRIPSI

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer (S. Kom)

Oleh:
Asngari Zubaidah
NIM. 07650029

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

**LEMBAR PERSETUJUAN
IDENTIFIKASI KELAINAN PEMBULUH DARAH
PADA PENDERITA *DIABETIC RETINOPATHY***

SKRIPSI

oleh:
Nama : Asngari Zubaidah
NIM : 07650029
Jurusan : Teknik Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Malang, 4 Juli 2014

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Muhammad Faisal, M.T
NIP.197405102005011007

Dr. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 197312121998031001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Cahyo Crysdian, M.CS
NIP. 197404242009011008

**LEMBAR PENGESAHAN
IDENTIFIKASI KELAINAN PEMBULUH DARAH
PADA PENDERITA *DIABETIC RETINOPATHY***

SKRIPSI

Oleh:

Nama : Asngari Zubaidah
NIM : 07650029
Jurusan : Teknik Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi

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

Malang, 10 Juli 2014

Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
1. Penguji Utama : <u>Dr. Cahyo Crysdian</u> 19740424 200901 1 008	()
2. Ketua : <u>Dr. M. Amin Hariyadi, M. T</u> 19670118 200501 1 001	()
3. Sekretaris : <u>Dr. Muhammad Faisal, M. T</u> 19740510 200501 1 007	()
4. Anggota : <u>Dr. Ahmad Barizi, M. A</u> 19731212 199803 1 001	()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Cahyo Crysdian, M.CS
NIP. 197404242009011008

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Asngari Zubaidah

NIM : 07650029

Jurusan : Teknik Informatika

Judul Skripsi : Identifikasi Kelainan Pembuluh Darah Pada Penderita *Diabetic Retinopathy*

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di dalam isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 4 Juli 2014

Yang Menyatakan,

Asngari Zubaidah
NIM. 07650029

MOTTO

“Gunakanlah yang lima sebelum datang yang lima: Masa mudamu sebelum datang masa tuamu, masa sehatmu sebelum datang masa sakitmu, masa kayamu sebelum masa miskinmu, masa kosongmu sebelum datang masa sibukmu, dan masa hidupmu sebelum datang kematianmu”



Lembar Persembahan

Alhamdulillah, atas rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Karya sederhana ini ku persembahkan untuk:

- Kedua orang tuaku, Agus Sardjito dan Susminingsih
- Saudaraku, Muchlis Amirul Akbar
- Seluruh Keluarga Besar Mbah Soeradi (Alm)
- Kakanda, Ayunda, Imawan dan Imawati IMM UIN MMI Malang



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas segala rahmat dan limpahan hidayahnya Skripsi yang berjudul “*Identifikasi Kelainan Pembuluh Darah Pada Penderita Diabetic Retinopathy*” ini dapat diselesaikan.

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 *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Dr. Muhammad Faisal, M.T selaku Pembimbing I. Terima kasih atas kritik, saran, kemudahan, dan kepercayaan atas pengerjaan skripsi ini.
2. Dr. Ahmad Barizi, M.A selaku Pembimbing II. Terima kasih atas waktu, bimbingan dan pengarahan selama penulisan skripsi di bidang integrasi sains dan Al-Qur'an.
3. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si. selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
4. Dr. Bayyinatul Muchtaromah, drh. Msi selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. Cahyo Crysdian, M.CS selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Segenap bapak dan ibu dosen Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mendidik dan mengamalkan ilmunya kepada penulis.

7. Bapak, Ibu, Adik dan seluruh keluarga. Terima kasih atas cinta, kasih sayang, doa, dukungan dan semangat yang telah diberikan.
8. Mukhlis Pribadi, M.T. selaku Direktur CV. Citiplan Konsultan Kontruksi dan Kontraktor, yang telah memberi kesempatan untuk berkarir dalam pengembangan ilmu.
9. Taufiqurrahman, S.Hum, selaku Direktur CV. Fastco Group, yang telah memberikan kesempatan untuk berkarya dalam bidang Pengembang Perumahan.
10. Sahabat-sahabat jurusan Teknik Informatika 2007 yang telah bersama-sama dalam menuntut ilmu, memberikan support dan berbagi ilmu selama proses pembuatan skripsi ini.
11. Sahabat – sahabat kontrakan trubus dan kosan 465. terimakasih telah memberikan doa, support juga godaan selama proses pembuatan skripsi ini.
12. Dan kepada seluruh pihak yang mendukung penulisan skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Semoga apa yang mereka berikan kepada penulis, mendapatkan pahala dan balasan yang baik dari Allah SWT. Penulis sadari bahwa dalam menyusun skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat menghargai saran dan kritik yang sifatnya membangun demi perbaikan penulisan dan kualitas skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif serta bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, 4 Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
MOTTO	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DARTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	8
1.3. Batasan Masalah	8
1.4. Tujuan Penelitian	9
1.5. Manfaat Penelitian	9
1.6. Metode Penelitian	9
1.7. Sistematika Penulisan	10
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. Penelitian Mengenai Program <i>Diabetic Retinopathy</i>	11
2.2. Kesehatan Di Dalam Islam	14
2.3. Struktur Mata	19
2.4. Diabetes Retina	20
2.5. Pengolahan Citra Digital.....	21
2.6. Algoritma <i>K-Means</i>	24
2.7. Metode Otsu.....	28

BAB III : ANALISIS DAN PERANCANGAN APLIKASI	29
3.1. Lingkungan Perancangan Perangkat Keras	29
3.2. Lingkungan Perancangan Perangkat Lunak	30
3.3. Deskripsi Aplikasi	31
3.4. Desain Aplikasi.....	31
3.4.1. Desain Data Aplikasi.....	32
3.4.1.1. Data Masukan Aplikasi	32
3.4.1.2. Data Proses.....	32
3.4.1.3. Data Keluaran.....	32
3.4.2. Desain Proses Aplikasi.....	33
3.4.2.1. Input Citra	34
3.4.2.2. Proses <i>Preprocessing</i>	34
3.4.2.3. Ekstraksi Fitur	38
3.4.2.4. Klasifikasi Fitur <i>Diabetic Retinopathy</i>	42
3.4.3. Perancangan Antar Muka	43
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Penjelasan Aplikasi.....	45
4.1.1. Proses Menampilkan Halaman Utama	45
4.1.2. Proses Input Data.....	47
4.1.3. Proses <i>Preprocessing</i>	48
4.1.4. Proses Ekstraksi Fitur.....	49
4.1.5. Proses Klasifikasi Fitur <i>Diabetic Retinopathy</i>	53
4.2. Uji Coba.....	56
BAB V : Penutup.....	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	60

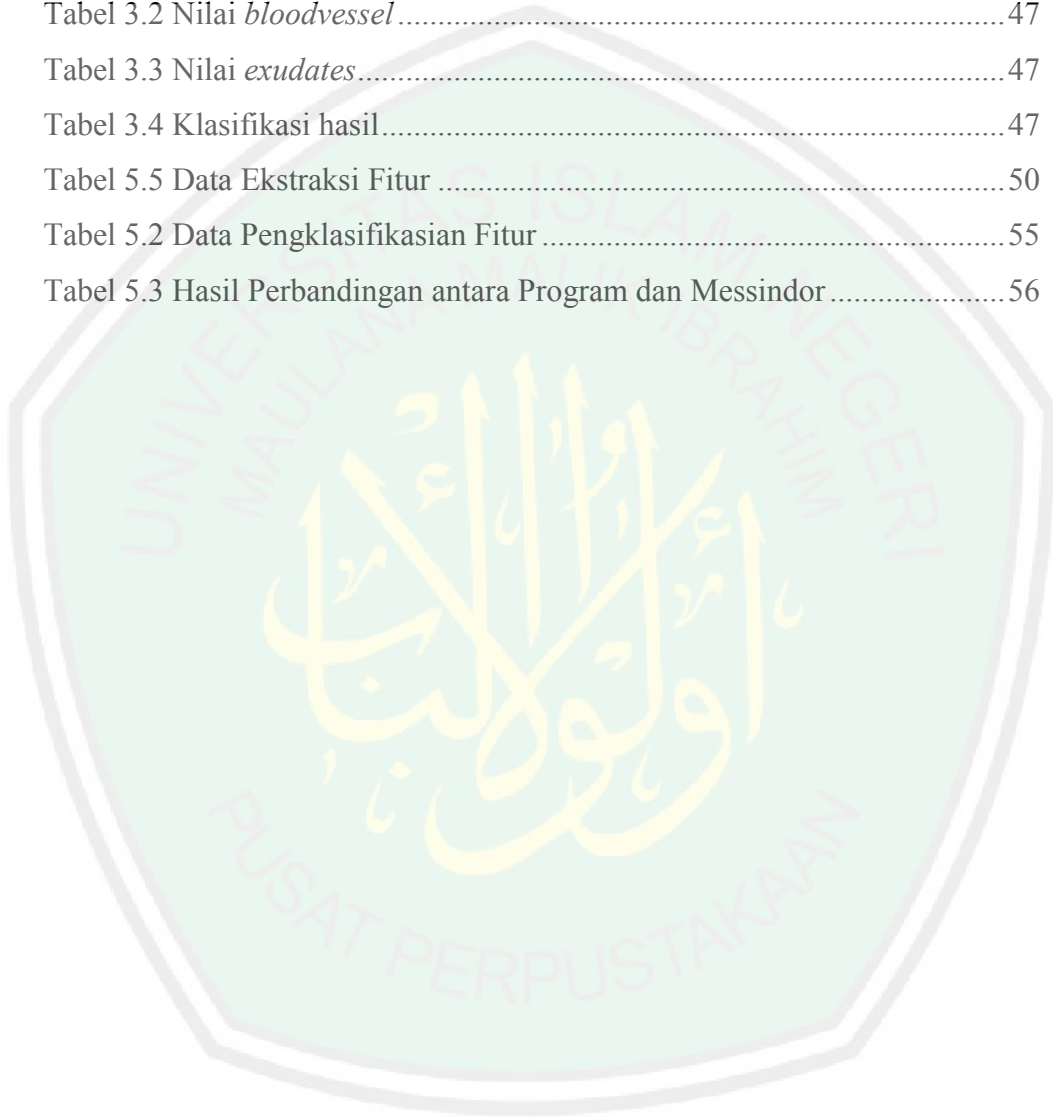
DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Anatomi Mata.....	19
Gambar 3.1 Diagram Proses Aplikasi.....	33
Gambar 3.2 Citra Digital Fundus	34
Gambar 3.3 Diagram Proses <i>Preprocessing</i>	35
Gambar 3.4 Citra RGB menjadi HIS	34
Gambar 3.5 Skema pendeteksi <i>microaneurysms</i>	39
Gambar 3.6 Flowchart Pendeteksi <i>microaneurysms</i>	39
Gambar 3.7 Skema Penghitung jumlah micro	40
Gambar 3.8 Flowchart Penghitung jumlah micro	41
Gambar 3.9 Skema Pendeteksi <i>bloodvessel</i>	42
Gambar 3.10 Flowchart Pendeteksi <i>bloodvessel</i>	42
Gambar 3.11 Skema pendeteksi <i>exudates</i>	44
Gambar 3.12 Diagram alir <i>k-means</i>	45
Gambar 3.13 Flowchart identifikasi <i>diabetic retinopathy</i>	46
Gambar 3.14 Desain <i>Interface</i> Aplikasi.....	48
Gambar 4.1 Tampilan Halaman Utama	46
Gambar 4.2 Proses <i>input data</i>	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai <i>microaneurysms</i>	47
Tabel 3.2 Nilai <i>bloodvessel</i>	47
Tabel 3.3 Nilai <i>exudates</i>	47
Tabel 3.4 Klasifikasi hasil	47
Tabel 5.5 Data Ekstraksi Fitur	50
Tabel 5.2 Data Pengklasifikasian Fitur	55
Tabel 5.3 Hasil Perbandingan antara Program dan Messindor	56



ABSTRAK

Zubaidah, Asngari. 2014. *Identifikasi Kelainan Pembuluh Darah Pada Penderita Diabetic Retinopathy*. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Skripsi. Dibimbing oleh Dr. Muhammad Faisal, M.T dan Dr. Ahmad Barizi, M.A

Kata kunci : clustering, *diabetic retinopathy*, *fuzzy k-means*.

Diabetes mellitus adalah istilah kedokteran untuk sebutan penyakit yang dikenal dengan penyakit gula. Penyakit ini diketahui dapat menimbulkan berbagai komplikasi pada mata dan yang paling sering adalah *diabetic retinopathy*. Gejala yang dapat ditemui oleh orang yang terkena penyakit ini adalah kesulitan dalam membaca, penglihatan kabur, penglihatan tiba-tiba menurun pada satu mata, melihat lingkaran-lingkaran cahaya, melihat bintik gelap, dan cahaya berkedip. Hal ini terjadi karena ada rembesan darah yang mengenai lensa mata.

Penelitian dilakukan untuk membuat suatu aplikasi yang dapat menampilkan hasil identifikasi *diabetic retinopathy* sesuai dengan tingkat stadiumnya yaitu normal dan tidak normal. Proses identifikasi dari *diabetic retinopathy*, meliputi empat tahap utama yaitu *preprocessing*, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Pada *preprocessing* aplikasi akan mengubah gambar warna menjadi hitam putih kemudian gambar warna menjadi *greyscale*. Sedangkan pada ekstraksi fitur pengambilan nilai ekstraksi fitur dengan menghitung area dari masing-masing objek. Kemudian langkah terakhir yaitu proses klasifikasi menggunakan metode *fuzzy k-means* sehingga *diabetic retinopathy* dapat dideteksi.

Hasil dari penelitian ini adalah terciptanya aplikasi yang mampu mengidentifikasi kelainan pembuluh darah pada penderita *diabetic retinopathy*. Dengan mengambil gambar fundus mata pada penderita, kemudian diolah aplikasi sehingga dapat menampilkan mata penderita terserang penyakit atau tidak. Aplikasi ini telah diuji cobakan dengan mengambil contoh gambar mata dengan presentase keberhasilan 96,18% dari jumlah seluruh gambar.

ABSTRAK

Zubaidah, Asngari. 2014. *Identification Of Abnormalities Of The Blood Vessels Of The Retina In Diabetics*. Informatics Engineering Department, Faculty of Science and Technology, Islamic State University Maulana Malik Ibrahim Malang. Essay Preceptor Dr. Muhammad Faisal, M.T dan Dr. Ahmad Barizi, M.A.

Keyword : clustering, *diabetic retinopathy*, *fuzzy k-means*.

Diabetes mellitus is a medical term for the disease known as diabetes. The disease is known to cause a variety of complications on the eyes and the most common is diabetic retinopathy. Symptoms that can be seen by the people affected by these diseases is the difficulty in reading, blurred vision, sudden decreased vision in one eye, look at the circles of light, see dark spots, and the light flashes. This occurs because there is a seepage of blood on the lens of the eye.

Research is underway to create an application that can display the results of the identification of diabetic retinopathy according to the level of stadiumnya that is normal and not normal. The process of identification of diabetic retinopathy, covers four main stages: preprocessing, classification, and feature extraction. In the preprocessing application will change color pictures to black and white and color pictures to greyscale. Whereas, in the extraction of feature extraction of feature value retrieval by calculating the area of each object. Then the last step is the process of classification using fuzzy k-means method so that the diabetic retinopathy can be detected.

The results of this research is the creation of applications that are able to identify abnormalities of blood vessels in people with diabetic retinopathy. Eye fundus image by taking on the patient, then processed the application so that it can display eye patients stricken with illness or not. This application has been tested with cobakan take eye with picture examples of the success percentage of the 96,18% of the total number of images.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kehilangan kemampuan untuk melihat pasti tidak diharapkan siapapun karena hal tersebut tentu akan merubah kualitas kehidupan seseorang secara drastis. Seiring dengan pembangunan dan kemakmuran yang terjadi, gaya hidup pun turut berubah. Semakin bertambahnya usia seseorang, semakin banyak orang yang menderita gangguan pada penglihatan bahkan hingga kebutaan. Sebagian menimpa kaum berusia 40 tahun keatas. Hampir semua penyakit mata tersebut masih mungkin untuk dicegah. 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*. *Diabetic retinopathy* atau penyakit mata diabetes adalah salah satu komplikasi penyakit diabetes yang berupa kerusakan pada bagian retina mata. *Diabetic retinopathy* merupakan penyebab utama kebutaan pada penderita diabetes di seluruh dunia, disusul katarak. Bila kerusakan retina sangat berat, seorang penderita diabetes dapat menjadi buta permanen sekalipun dilakukan usaha pengobatan. Salah satu tanda awal adanya *diabetic retinopathy* adalah munculnya *microaneurysm*. *Microneurysm* muncul karena melemahnya dinding

terkecil dari *vessel*. Luka yang terjadi pada *vessel* menyebabkan terbentuknya *exudates* yaitu suatu titik yang terlihat berwarna kekuning-kuningan disekitar retina. Gejala yang dapat ditemui dapat berupa: kesulitan membaca, penglihatan kabur, penglihatan tiba-tiba menurun pada satu mata, melihat lingkaran-lingkaran cahaya, melihat bintik gelap dan cahaya berkedip. Gejala ini terjadi karena ada rembesan darah retina yang mengenai lensa mata.

Pembuluh darah pada retina dapat memberikan informasi tentang ketidaknormalan atau gangguan pada mata. Beberapa ketidak normalan ditandai oleh gangguan pada pembuluh darah pada mata yang diakibatkan oleh penyakit tertentu. Ketidaknormalan pada pembuluh mata dapat diketahui secara cepat dan tepat melalui pendeteksian lebih awal. Sehingga dari deteksi dini ini dapat memberikan penanganan yang sesuai pada penyakit mata. Pendeteksian awal dapat dilakukan dengan melihat pembuluh darah yang membesar, percabangan yang tidak normal pada pembuluh darah, dan sebagainya. Untuk mencari pembuluh darah retina dari citra retina dapat dilakukan dengan segmentasi pembuluh darah retina.

Segmentasi pembuluh darah retina juga mempunyai manfaat lain, misalnya untuk mengukur penyempitan pembuluh darah retina, yang merupakan karakteristik dalam penderita hipertensi. Segmentasi untuk pembuluh darah retina juga penting untuk mendeteksi retinopathies diabetes non-proliferasi, seperti venous beading, dan *neovascularizations*. Pembuluh darah bifurcations juga dapat digunakan sebagai control dalam registrasi citra dan proses perbandingan. Oleh sebab itu, segmentasi terhadap pembuluh darah retina dapat menyediakan sebuah

pemetaan dari pembuluh darah di retina yang dapat memudahkan penilaian karakteristik pembuluh darah tersebut. Pendeteksian manual terhadap pembuluh darah ini sulit dilakukan karena penampakan dari pembuluh darah pada citra retina cukup kompleks dan muncul dalam kontras yang rendah.

Selain dari dalam ilmu kedokteran, dalam agama penyakit juga merupakan suatu musibah atau ujian yang diberikan kepada manusia agar selalu memegang teguh perintah dan larangan. Disebutkan dalam hadist berikut :

“ حَدَّثَنِي أَبُو الطَّاهِرِ أَحْمَدُ بْنُ عَمْرٍو وَحَرَمَلَةُ بْنُ يَحْيَى قَالَا أَخْبَرَنَا ابْنُ وَهْبٍ أَخْبَرَنِي يُونُسُ عَنْ ابْنِ شِهَابٍ أَخْبَرَنِي عَامِرُ بْنُ سَعْدٍ عَنْ أُسَامَةَ بْنِ زَيْدٍ عَنْ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ أَنَّهُ قَالَ إِنَّ هَذَا الْوَجَعَ أَوْ السَّقَمَ رَجَزٌ عَذَّبَ بِهِ بَعْضُ الْأُمَّمِ قَبْلَكُمْ ثُمَّ بَقِيَ بَعْدَ بِالْأَرْضِ فَيَذْهَبُ الْمَرَّةَ وَيَأْتِي الْأُخْرَى فَمَنْ سَمِعَ بِهِ بِأَرْضٍ فَلَا يَقْدَمَنَّ عَلَيْهِ وَمَنْ وَقَعَ بِأَرْضٍ وَهُوَ بِهَا فَلَا يُخْرِجَنَّه الْفِرَارُ مِنْهُ وَ حَدَّثَنَا أَبُو كَامِلٍ الْجَحْدَرِيُّ حَدَّثَنَا عَبْدُ الْوَاحِدِ يَعْنِي ابْنَ زِيَادٍ حَدَّثَنَا مَعْمَرٌ عَنِ الزُّهْرِيِّ بِإِسْنَادِ يُونُسَ نَحْوَ حَدِيثِهِ “

“ Telah menceritakan kepadaku Abu Ath Thahir Ahmad bin 'Amru dan Harmalah bin Yahya keduanya berkata; Telah mengabarkan kepada kami Ibnu Wahb; Telah mengabarkan kepadaku Yunus dari Ibnu Syihab; Telah mengabarkan kepadaku 'Amir bin Sa'd dari Usamah bin Zaid dari Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam beliau bersabda: "Wabah penyakit ini adalah sebuah adzab, yang dengannya Allah membinasakan sebagian ummat sebelum kalian dan sisanya masih ada dimuka bumi, terkadang datang dan terkadang pergi. Bila terdengar ada di suatu tempat maka janganlah kalian mendatanginya. Dan bila terjadi di suatu tempat sedangkan dia ada di situ maka janganlah kalian menyuruhnya keluar dari tempat itu." Dan telah menceritakannya kepada kami Abu Kamil Al Jahdari; Telah menceritakan kepada kami 'Abdul Wahid yaitu Ibnu Ziyad; Telah menceritakan kepada kami Ma'mar dari Az Zuhri melalui jalur Yunus dengan Hadits yang serupa ” (HR. Muslim)

Dari hadits tersebut kita dapat mengambil kesimpulan bahwa ada beberapa hal yang perlu kita pahami. Salah satunya larangan keras terhadap orang yang lari

dari daerah yang terserang wabah thaun dan memasuki daerah tersebut. Ibnu Qayyim al-Jauziyah dalam kitabnya Zaadul Ma'ad berkata, Tha'un adalah sejenis wabah penyakit. Menurut ahli medis, thaun adalah pembengkakan kronis dan ganas, sangat panas dan nyeri hingga melewati batas pembengkakan sehingga kulit yang ada di sekitarnya bisa berubah menjadi hitam, hijau, atau berwarna buram dan cepat bernanah. Biasanya pembengkakan ini muncul di tiga tempat ketiak, belakang telinga, puncak hidung dan disekitar daging lunak. Ia juga berkata, Nanah, bengkak dan luka tersebut adalah efek penyakit thaun, bukan penyakit itu sendiri. Namun para ahli medis tidak dapat mendeteksi thaun kecuali hanya efeknya saja, lantas mereka menyebut efek tersebut dengan penyakit thoun.

Penyakit tha'un diungkapkan dengan tiga hal: Pertama, pengaruh yang tampak. Inilah yang disebutkan oleh para medis. Kedua, yang menyebabkan kematian. Ketiga, penyebab aktif timbulnya penyakit ini. Dalam sebuah hadits shahih tercantum, Tha'un adalah sisa siksaan yang telah dikirimkan Allah kepada Bani Israel. Dalam hadits tersebut tercantum, tha'un adalah tusukan jin, Juga tercantum bahwa thoun ini terjangkit karena do'a seorang nabi.

Tidak ada ahli medis yang mampu menolak penyebab-penyebab munculnya penyakit ini dan mereka juga tidak mampu memberikan bukti yang menunjukkan indikatornya. Para rasul mengabarkan tentang perkara ghaib serta pengaruh yang mereka ketahui tentang penyakit tha'un. Mereka juga tidak dapat menafikan munculnya penyakit ini melalui perantaraan jiwa. Allah SWT menjadikan jiwa dapat mengatur tubuh anak ada ketika beredar wabah penyakit dan terjadinya polusi. Jiwa juga memiliki pengaruh terhadap beberapa zat beracun yang dapat

menimbulkan efek buruk terhadap diri seseorang. Terutama ketika terjadi gejalak darah dan empedu serta ketika gejalak sperma berlangsung. Sesungguhnya kekuatan ruh syaitan lebih berhasil mempengaruhi orang yang sedang mengalami gejalak seperti ini daripada orang yang tidak mengalaminya.

Selama orang tersebut tidak menolaknya dengan kekuatan yang melebihi gejalak tersebut seperti dzikir, do'a, dan memohon dengan sepenuh hati, merendahkan diri, bersedekah dan membaca qur'an, maka hal itu akan mengundang turunnya ruh-ruh dan para malaikat yang dapat mengalahkan pengaruh ruh-ruh yang jahat, membasmi kejahatan dan menolak pengaruhnya. Hanya Allah sajalah yang dapat menghitungnya. Menurut hemat kami, memanggil ruh-ruh yang bait itu dan mendekatinya akan memberikan pengaruh yang sangat besar dalam menguatkan mental dan menolak pengaruh-pengaruh buruk. Hal itu bila pengaruh-pengaruh tersebut belum menguasai dan bersemayam dalam jiwa. Sebab bila sudah demikian ia tidak akan mau beranjak.

Barangsiapa yang diberi taufik oleh Allah maka ia bersegera apabila merasakan pengaruh-pengaruh buruk itu untuk mengamalkan sebab-sebab yang dapat menolaknya. Itu merupakan obat yang paling bermanfaat baginya. Dan apabila Allah berkehendak melaksanakan ketetapan dan takdir-Nya maka Dia akan membuat hati seorang hamba lalu dari mengenalnya, menggambarkannya dan menghendakinya, maka ia tidak merasakannya dan tidak menginginkannya sehingga Allah menetapkan perkara yang pasti terjadi. Ibnu Qayyim berkata, Rasulullah saw. telah melarang umatnya memasuki daerah yang terkena wabah tha'un dan melarang orang yang sedang berada di daerah tersebut keluar darinya.

Ini merupakan tindakan preventif dari belia. Sebab memasuki daerah yang terjangkiti wabah berarti tindakan menentang mara bahaya. Tidak memasukinya merupakan pencegahan agar tidak mewabah di daerahnya dan penjagaan seorang insan terhadap dirinya. Dan memasuki daerah wabah merupakan tindakan yang bertentangan dengan syari'at dan akal.

Adapun larangan keluar dari daerah itu mempunyai dua makna. Menjaga diri tetap yakin terhadap Allah dan bertawakal kepada-Nya, sabar atas takdir-Nya dan ridha terhadap ketetapan-Nya. Sebagaimana yang dikatakan oleh pakar medis, Bagi mereka yang ingin menjaga diri dari wabah penyakit maka ia harus mengeluarkan dari badannya cairan yang berlebih misalnya keringat dan mengurangi makan serta melakukan aktivitas apa saja yang dapat mengeringkan cairan tersebut, hanya saja ia tidak boleh berolah raga dan mandi. Keduanya termasuk pantangan yang harus dihindari. Sebab tubuh tidak bisa terlepas dari sisa buruk yang terdapat dalam tubuh. Olah raga dan mandi dapat membangkitkannya dan mencampur aduknya dengan zat yang baik, dan hal itu akan menyebabkan penyakitnya bertambah parah. Bahkan ketika wabah penyakit tha'un menyerang, wajib bersikap diam dan tenang serta menenangkan diri dari gerakan-gerakan yang dapat membuat gejalak campuran itu. Tidak mungkin keluar dan pergi meninggalkan daerah yang terserang wabah tanpa melakukan gerakan yang berat dan ini dapat membahayakan badan.

Ini merupakan pernyataan dari ahli medis terbaik pada abad ini. Dengan demikian jelaslah makna kesehatan yang mengandung pengobatan dan kemaslahatan hati dan badan sekaligus. Jika ada yang mengatakan, Pada sabda

Nabi saw, Janganlah kalian lari keluar dari daerah tersebut adalah pernyataan yang membatalkan makna yang telah kalian sebutkan tadi. Hadits ini tidak melarang keluar disebabkan adanya hal yang mendadak dan tidak pula melarang seorang musafir melkaukan perjalanannya. Dijawab, perkataan ini tidak pernah diucapkan oleh medis dan lainnya, bahwa ketika wabah menyerang manusia harus meninggalkan gerakan dan tinggal di rumahnya seperti benda mati. Tetapi seharusnya mereka berusaha untuk meminimalkan semua gerakan. Menghindari penyakit itu tidak harus melakukan gerakan kecuali untuk menghindar, sementara tetap diam dan tenang dapat lebih bermanfaat untuk hati dan tubuh, lebih bertawakal kepada Allah Ta'ala dan berserah diri pada ketentuan Allah. Adapun sesuatu yang harus dilakukan dengan gerakan seperti buruh, pegawai, musafir, kurir dan lain-lain tidak bisa dikatakan kepada mereka. Kalian jangan bergerak sama sekali.

Jadi yang disuruh untuk ditinggalkan adalah gerakan-gerakan yang tidak diperlukan, seperti seorang yang sedang berlari menghindar dari penyakit. Allahu a'lam. Dilarangnya masuk ke daerah yang sedang terjangkit wabah memiliki beberapa hikmah. Pertama, menghindar dan menjauhkan diri dari sebab-sebab yang membahayakan. Kedua, menjaga kesehatan yang merupakan unsur hidup di dunia dan akhirat. Ketiga, jangan sampai ia menghirup udara yang tercemar dengan penyakit sehingga mengakibatkan ia sakit. Keempat, jangan sampai ia mendekati orang-orang yang sudah terserang penyakit. Sebab mendekati mereka dapat menyebabkan ia tertular penyakit mereka. Kelima, menghindarkan diri dari ramalan-ramalan buruk dan dari penularan penyakit, sebab dua hal itu dapat

mempengaruhi jiwa. Dan bagi yang memberikan ramalan jelek maka ia akan terkena kejelekan.

Larangan masuk ke daerah yang sudah terjangkit penyakit merupakan perintah untuk menjaga dan membentengi diri dan larangan untuk mendatangi perkara yang dapat mengakibatkan kebinasaan. Adapun larang keluar dari daerah tersebut merupakan perintah untuk bersikap tawakal, menyerah dan pasrah terhadap ketentuan Allah. Larangan masuk dan keluar dari daerah yang terserang wabah penyakit thau'un masih berlaku hingga saat ini dan teorinya masih dipakai disemua rumah sakit yang dikenal dengan ruang isolasi. Semua orang dilarang keluar masuk ke ruangan tersebut kecuali dokter dan perawat. Fungsinya untuk menghindari tersebarnya penyakit. Bab ini menunjukkan mukjizat dan kebenaran apa yang dibawa Nabi saw. Sebab cara pengobatan nabi tidak melalui penelitian.

1.2 Rumusan masalah

Adapun masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi kelainan pembuluh darah pada penderita *diabetic retinopathy*.

1.3 Batasan masalah

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

1. Citra yang digunakan adalah citra digital fundus.
2. Penelitian ini hanya difokuskan pada pembuluh darah pada citra digital fundus.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan suatu sistem yang mampu mengidentifikasi kelainan pembuluh darah normal dan tidak normal pada penderita *diabetic retinopathy*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah membantu bidang kedokteran dalam mendeteksi adanya gangguan pembuluh darah pada penderita *diabetic retinopathy*.

1.6 Metode Penelitian

Metodologi Penelitian yang digunakan untuk membangun aplikasi ini adalah:

1. Studi Kepustakaan

Metode ini dilakukan dengan mencari referensi melalui perpustakaan maupun di internet yang berkaitan dengan aplikasi yang akan dibangun. Pada studi kepustakaan ini juga mencari penelitian terkait sehingga akan membantu dalam pengembangan aplikasi yang akan dibuat.

2. Analisis dan Perancangan Sistem

Setelah semua data terkumpul, selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap aplikasi yang akan dibangun nanti seperti apa kemudian membuat flowchart dan algoritma sistem.

3. Implementasi Sistem

Pada tahapan ini dilakukan pengembangan dari flowchart dan algoritma yang telah dibuat dengan cara mengimplementasikan kedalam komputer.

4. Evaluasi dan Uji Coba

Pada tahap ini dilakukan uji coba terhadap aplikasi yang telah dibuat kemudian dievaluasi untuk melihat kekurangan dan kesalahan yang ada. Selanjutnya dilakukan perbaikan jika masih ada kesalahan.

1.7 Sistematik Penulisan

Penulisan penelitian ini dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN, terdiri dari latar belakang pemilihan judul, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA, membahas landasan teori yang mendasari penelitian serta membahas penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

BAB III. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM, membahas langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN, memaparkan hasil pendeteksian exudate yang telah dilakukan serta menganalisanya.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN, berisi kesimpulan serta saran untuk penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Menenai Program *Diabetic Retinopathy*

Viranee Thongnuch dalam penelitiannya menggunakan transformasi *Hough* lingkaran untuk mendeteksi *optic disk* pada citra fundus dengan kontras rendah. Penelitian ini berhasil mendeteksi *optic disk* dengan akurasi 81,7% dibandingkan dengan deteksi manual oleh ahli mata. Pada penelitian kedua (Viranee Thongnuch dkk, 2007) diaplikasikan metode yang lain untuk kasus yang sama. Pre-processing dilakukan dengan penyamaan histogram dan penghilangan pembuluh darah menggunakan operasi morfologi *closing*. Lokalisasi *optic disk* dengan mengoptimalkan operasi *mathematical* morfologi dan *connected labelling*. Dari penelitian ini dihasilkan akurasi 87,0%. (Viranee Thongnuch dkk, 2006)

Thomas Walter mendeteksi *optic disk* dengan memperkirakan posisinya, kemudian mendapatkan kontur pastinya dengan transformasi *watershed*. (Thomas Walter dkk, 2001)

Akara Sopharak dalam penelitiannya tentang *exudate* mengaplikasikan filter median pada kanal I dari citra HSI. Selanjutnya mengaplikasikan *Contrast-limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) sebelum *Thresholding* Otsu, kemudian menghilangkan *optic disk*. Dalam penelitian (Akara Sopharak dkk, 2008) diterapkan pre-processing pada citra HSI. *Optic disk* berbeda dengan fitur lain dari retina karena teksturnya yang halus. Untuk membedakannya dihitung entropi dari fungsi massa probabilitas intensitas piksel-piksel pada area lokal dari

citra. Di sekitar piksel dengan tekstur yang kompleks entropinya tinggi, sedangkan untuk tekstur yang halus entropinya rendah. Selanjutnya dipilih komponen terkoneksi yang paling luas dan berbentuk lingkaran. (Akara Sopharak dkk, 2008)

Sementara itu Philip King menerapkan pengklasteran *fuzzy* untuk mendapatkan kontur awal *optic disk*, kemudian mendapatkan kontur final dari *optic disk* menggunakan *active contour*. (Philip King, 2004).

Muhammad mendapatkan kandidat *optic disk* dengan penapisan menggunakan filter median kemudian operasi morfologi *closing* diikuti *opening* untuk menghilangkan pembuluh darah. Kemudian untuk mempertegas tampilan pembuluh darah, memperbaiki kontras gambar dilakukan dengan cara *Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE). Teknik ini bekerja dengan baik dalam bagian-bagian kecil pada gambar. Setiap bagian kecil kontras ditingkatkan dengan menggunakan pemetaan histogram (Muhammad Faisal, 2012).

Gagnon mendapatkan area global *optic disk* dengan analisis *multi-scale* menggunakan transformasi Haar-wavelet. Bagian paling terang dari citra diasumsikan sebagai bagian dari *optic disk*. Area global digunakan sebagai awal untuk pendeteksian yang lebih akurat dengan *matching* menggunakan pengukuran jarak Hausdorff pada citra biner setelah deteksi tepi '*Canny*'. (Gagnon dkk, 2001)

Jelinek menerapkan pengurangan warna pada kanal merah menggunakan *interpolasi bilinier*. Selanjutnya citra dinormalisasi menggunakan filter lolos atas Butterworth orde 0,5 dan lebar $D_0 = 10$. Proses ini berlangsung dalam domain

Fourier. Filter deviasi standar intensitas lokal digunakan untuk menentukan letak optic disk sebagai area dengan variasi terbanyak. Filter ini mendefinisikan ketetanggaan di sekitar piksel dan menghitung deviasi standar ketetanggaan tersebut untuk menentukan nilai piksel *output*. Berikutnya menghilangkan pembuluh darah dengan operasi *closing*, dilanjutkan dengan deteksi tepi '*canny*' dengan nilai threshold rendah 0,4 dan nilai threshold tinggi 0,1 dan deviasi standar *Gaussian* 4. Operasi morfologi *closing* diterapkan untuk menutup tepi *optic disk* yang terputus. Area *optic disk* diisi dengan operasi *filling*, dan operasi morfologi *opening* menghapus semua area yang kurang dari 1200 piksel. Dilasi digunakan untuk menipiskan garis-garis yang tidak perlu dan menyempitkannya ke garis tepi. (Jelinek dkk,2008)

Akara Sopharak dalam penelitiannya terbatas melakukan penelitian tentang deteksi otomatis exudates dengan metode klasifikasi *Naive Bayes Classifier* tanpa meneliti tentang *cotton wool*. (Akara Sopharak dkk, 2008)

Amr Ahmed Sabry Abdel Rahman Ghoneim terbatas juga melakukan penelitian pada *exudates* menggunakan algoritma *watershed* dan pemisahan antara *exudates* dan *cotton wool* juga belum dimunculkan. Salah satu permasalahan utama sehingga terjadinya kesalahan-kesalahan pendeteksian yang disebutkan dalam penelitian tersebut adalah terdapatnya kesamaan pola antara *cotton wool* dan *exudates* dimana ada kesamaan pola dari beberapa fitur lainnya, seperti suatu titik yang terlihat berwarna kekuningkuningan, dalam citra dalam format *gray-level*. (Amr Ahmed Sabry Abdel Rahman Ghoneim, 2008)

2.2. Kesehatan Di Dalam Islam

Dalam hal kesehatan Rasulullah SAW bersabda :

“إِعْتَنِمِ خَمْسًا قَبْلَ خَمْسٍ : شَبَابِكَ قَبْلَ هَرَمِكَ وَ صِحَّتِكَ قَبْلَ سَقَمِكَ وَ غِنَاكَ قَبْلَ فُقْرِكَ وَ فَرَاغِكَ قَبْلَ شُغْلِكَ وَ حَيَاتِكَ قَبْلَ مَوْتِكَ”

“Gunakanlah yang lima sebelum datang yang lima: Masa mudamu sebelum datang masa tuamu, masa sehatmu sebelum datang masa sakitmu, masa kayamu sebelum masa miskinmu, masa kosongmu sebelum datang masa sibukmu, dan masa hidupmu sebelum datang kematianmu.”(HR Al-Hakim)

Hadis Nabi tentang "lima perkara sebelum lima perkara" itu memiliki maksud supaya kita mempergunakan waktu dan kesempatan dengan sebaik-baiknya, sebelum hilangnya kesempatan tersebut. Hadits tersebut diriwayatkan Imam Hakim dalam kitab Al Mustadrok.

Lima perkara tersebut adalah "Masa Muda Engkau Sebelum Datangnya Hari Tua". Masa muda hendaklah dipergunakan sebaik-baiknya untuk mencapai kebaikan, kesuksesan, dan keberhasilan, karena masa mudalah kita mempunyai ambisi, keinginan dan cita-cita yang ingin kita raih, bukan berarti masa tua menghalangi kita untuk tetap berusaha mencapai keinginan kita, tapi tentulah usaha masa tua akan berbeda halnya dengan usaha saat kita masih muda. Maka dari itu masa muda hendaklah diisi dengan berbagai kegiatan yang bermanfaat hingga tidak menyesal di kemudian hari. "Masa Sehat Engkau Sebelum Dilanda Sakit". Hal ini juga anjuran agar kita senantiasa waspada pada segala kemungkinan yang sifatnya diluar prediksi manusia, seperti halnya sakit. Sakit disini bukan sebatas sakit jasmani, tapi juga sakit rohani. Maka ketika kita sehat jasmani-rohani, hendaknya kita senantiasa mempergukannya untuk hal-hal yang

bermanfaat tanpa mengulur-ngulur waktu. "Masa Kaya Engkau Sebelum Masa Miskinmu". Tidak terlalu jauh berbeda dari penjelasan di atas, ketika kekayaan ada pada kita, baik itu berupa materi atau lainnya, maka hendaknya kita memanfaatkannya sebaik-baiknya, jangan menghambur-hamburkan. "Masa Luang Engkau Sebelum Datangnya Waktu Sibuk". Disini kita dianjurkan untuk menghargai waktu, agar bisa diisi dengan hal-hal yang bermanfaat baik untuk diri sendiri maupun orang lain. Misalnya, menengok saudara ketika ada kesempatan sebelum kesibukan menghampiri kita, hingga tidak sempat lagi untuk sekedar mengunjungi kerabat. "Masa Hidup Engkau Sebelum Datangnya Saat Kematian". Yang terakhir ini merupakan cakupan dari empat hal diatas. Ketika kita diberi kehidupan maka hidup yang diberikan pada kita itu sebenarnya merupakan kesempatan yang tiada duanya. Karena kesempatan hidup tidak akan datang untuk kedua kalinya. Kehidupan harus dijalani sesuai tuntutan kemaslahatannya.

Sehat dan kesehatan merupakan dua hal yang hampir sama tapi berbeda. Konsep sehat menurut Parkins (1938) adalah suatu keadaan seimbang yang dinamis antara bentuk dan fungsi tubuh dan berbagai faktor yang berusaha mempengaruhinya. Sementara menurut White (1977), sehat adalah suatu keadaan di mana seseorang pada waktu diperiksa tidak mempunyai keluhan ataupun tidak terdapat tanda-tanda suatu penyakit dan kelainan.

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pun mengembangkan defenisi tentang sehat. Pada sebuah publikasi WHO tahun 1957, konsep sehat didefenisikan sebagai suatu keadaan dan kualitas dari organ tubuh yang berfungsi

secara wajar dengan segala faktor keturunan dan lingkungan yang dimiliki. Sementara konsep WHO tahun 1974, menyebutkan Sehat adalah keadaan sempurna dari fisik, mental, sosial, tidak hanya bebas dari penyakit atau kelemahan. Sementara Majelis Ulama Indonesia (MUI) dalam musyawarah Nasional Ulama tahun 1983 merumuskan kesehatan sebagai ketahanan “jasmaniah, ruhaniyah dan sosial” yang dimiliki manusia sebagai karunia Allah yang wajib disyukuri dengan mengamalkan tuntunan-Nya, dan memelihara serta mengembangkannya.

Dalam kesehatan ditemukan sekian banyak petunjuk kitab suci dan sunnah Nabi SAW, dan pada dasarnya mengarah pada pencegahannya. Salah satu sifat manusia yang secara tegas dicintai Allah adalah orang yang menjaga kebersihan. Firman Allah SWT dalam hal ini

وَتِيَابَكَ فَطَهِّرْ ﴿٤﴾ وَالرُّجْزَ فَاهْجُرْ ﴿٥﴾

“Artinya : dan pakaianmu bersihkanlah, dan perbuatan dosa tinggalkanlah.”
(QS. Al Mudattsir / 74:4)

Oleh karena itu kesehatan identik dengan kebersihan dan suci di mana dalam islam manusia diajarkan untuk membersihkan diri dan juga dalam ilmu kesehatan manusia diharuskan untuk membersihkan diri agar dijauhkan dari segala penyakit. Di dalam firmanNya, Allah SWT juga menjelaskan tentang pentingnya kebersihan

إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ التَّوَّابِينَ وَيُحِبُّ الْمُتَطَهِّرِينَ ﴿٢٢٢﴾

“Artinya : Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertaubat dan menyukai orang-orang yang mensucikan diri.” (QS. Al Baqarah / 2:222)

Di dalam hadist dari shahabat Abu Hurairah bahwa Rasulullah SAW bersabda “*Dari Abi Rafi’, ia berkata, bahwa Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam pada suatu malam berkeliling mengunjungi beberap istrinya (untuk menunakan hajatnya), maka beliau mandi setiap keluar dari rumah istri-istrinya. Maka Abu Rofi’ bertanya, ‘Ya, Rasulullah, tidakkah mandi sekali saja?’ Maka jawab Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam, ‘Ini lebih suci dan lebih bersih.’*” (Ibnu Majah dan Abu Daud, derajat haditsnya hasan) .

Ayat dan Hadist diatas menyuruh kepada kita merealisasikan kebersihan secara global baik bersih fisik maupun bersih spiritual . Sebagaimana disinggung al-Quran dan Sunnah banyak menggunakan istilah-istilah yang berkaitan dengan kebersihan atau kesucian. Dalam al-Quran ada istilah thaharah sebanyak 31 kata dan tazkiyah 59 kata. Jadi kebersihan jasmani secara konkrit dalah kebersihan dari kotoran atau sesuatu yang dinilai kotor. Kotoran yang melekat pada badan, pakaian, tempat tinggal, dan lain sebagainya yang mengakibatkan seseorang tak nyaman dengan kotoran tersebut. Umpamanya, badan yang terkena tanah atau kotoran tertentu, maka dinilai kotor secara jasmaniah, tidak selamanya tidak suci. Jadi, ada perbedaan antara bersih dan suci.

Di dalam pandangan agama Islam, sehat dan sakit adalah anugerah dan takdir Allah. Pada sisi lain, sakit juga pada hakikatnya merupakan ujian dari-Nya. Setiap orang yang diuji misalnya dengan sakit atau musibah harus mampu bersabar dan tawakal. Ujian itu jika dihayati secara mendalam, sesungguhnya karena Allah mencintai hambanya yang diujinya itu. Thurmudzi dan Ibn Majah meriwayatkan sebuah hadist.

“Sesungguhnya jika Allah Ta’ala mencintai suatu kaum, diujinya dengan berbagai macam cobaan. Maka barang siapa dengan ridha menerima ujian itu, niscaya ia akan mendapatkan keridhaan Allah. Dan siapa yang berkeluh kesah dalam menerima ujian itu, dia akan memperoleh kemurkaan Allah”

Karena itu setiap orang yang mendapat cobaan baik berupa sakit atau musibah sepatutnya ia tawakal, dan tidak berputus asa. Ditekankan juga peringatan bahwa perut merupakan sumber utama penyakit dan oleh karena itu ditemukan banyak sekali tuntutan baik dalam Al Qur’an maupun hadist Nabi Saw yang berkaitan dengan makanan, jenis maupun kadarnya. (Rummi, 2010)

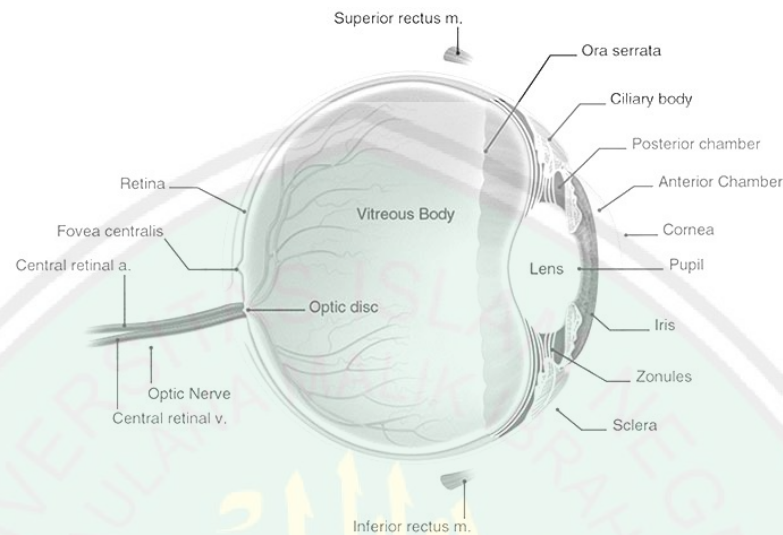
Di dalam Islam tidak hanya dibahas mengenai pandangan tentang penyakit dan pengertian-pengertiannya, namun juga dibahas mengenai pengobatan dan cara penanganannya supaya dijadikan manfaat oleh umat islam. Al Qur’an sebagai penawar atau obat suatu penyakit dijelaskan dalam ayat berikut:

وَنُزِّلُ مِنَ الْقُرْآنِ مَا هُوَ شِفَاءٌ وَرَحْمَةٌ لِّلْمُؤْمِنِينَ وَلَا يَزِيدُ الظَّالِمِينَ إِلَّا خَسَارًا

“Artinya : dan Kami turunkan dari Al Quran suatu yang menjadi penawar dan rahmat bagi orang-orang yang beriman dan Al Quran itu tidaklah menambah kepada orang-orang yang zalim selain kerugian.” (QS. Al-Isrâ / 17:82)

Indikasi secara *implisit* yang terdapat dalam ayat di atas menyebutkan bahwa Al-Qur’an dapat dipergunakan sebagai petunjuk untuk penyembuhan atau penawar atau obat dan rahmat. Ayat suci Al-Qur’an, dalam surat Al-Isrâ di atas dapat ditafsirkan dengan beberapa ayat dalam surat lain, dan diluar itu kemudian dijelaskan oleh Rasulullah SAW. Al-Qur’an sebagai penyembuh penyakit rohani, yakni jika isinya diaplikasikan dalam kehidupan. Al-Qur’an memberikan petunjuk dengan metode yang rasional bagaimana menyembuhkan penyakit yang terdapat dalam kalbu, yakni harus mempercayai Al-Qur’an, mengambil manfaat, membaca dan menerimanya.

2.3. Struktur Mata



Gambar 2.1 Anatomi 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 atau organon visus secara anatomis terdiri dari *Oculus* dan alat tambahan (otot-otot) di sekitarnya. *Oculus* terdiri dari *Nervus Opticus* dan *Bulbus Oculi* yang terdiri dari Tunika dan Isi. Tunika atau selubung terdiri dari: 1. *Tunika Fibrosa* (lapisan luar), terdiri dari kornea dan sclera 2. *Tunika Vasculosa* (lapisan tengah) yang mengandung pembuluh darah, terdiri dari *chorioidea*, *corpus ciliaris* dan iris.

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. Dalam penelitian ini bagian terpenting adalah retina karena *optic disc* terletak pada retina. *Optic disc* disebut juga sebagai *blind spot* karena bagian ini tidak sensitif terhadap cahaya.

2.4. Diabetes Retina

Diabetic retinopathy merupakan komplikasi pembuluh darah mikro pada penderita diabetes. *Diabetic retinopathy* ditandai dengan perubahan pada retina, meliputi perubahan diameter pembuluh darah, *microaneurysm*, *hard exudate*, *cotton wool*, *haemorrhage* dan tumbuhnya pembuluh darah baru. Pembuluh darah kapiler merupakan pembuluh darah yang sangat kecil, berbentuk seperti tabung yang sempit dengan diameter sekitar 5-10 μm . Pembuluh darah ini memungkinkan terjadinya sirkulasi mikro yang melibatkan beberapa substansi termasuk air, oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), zat makanan, dan residu zat kimia antara pembuluh darah dan jaringan lunak di sekitarnya.

Microaneurysm merupakan titik merah kecil di antara pembuluh darah retina. Hal ini terjadi karena dinding pembuluh darah terkecil (kapiler) melemah kemudian pecah. Dalam beberapa kasus *microaneurysm* ini meledak menyebabkan *haemorrhage*. Seiring dengan kebocoran darah, lemak dan protein juga ikut keluar dari pembuluh darah titik terang kecil yang dinamakan *exudate*. Selanjutnya beberapa bagian dari retina menjadi isemik (kekurangan darah). Area isemik ini tampak pada retina sebagai gumpalan bulu halus berwarna putih yang dinamakan noda *cottonwool*. Sebagai tanggapan atas daerah isemik ini, muncullah pembuluh darah baru untuk menyuplai lebih banyak oksigen ke retina. Pembuluh darah baru ini dinamakan *neovascularisation*, beresiko lebih besar untuk pecah dan menyebabkan *haemorrhage* yang lebih luas. Keberadaan *Diabetic retinopathy* dapat dideteksi dengan menganalisa karakteristiknya pada retina.

2.5. Pengolahan Citra Digital

Secara harfiah, citra (*image*) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Jika dilihat dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continuous*) 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 lain sebagainya. Sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam (Usman, 2005:14).

Pengertian pengolahan citra ialah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang memiliki kualitas yang lebih baik. Perbaikan atau modifikasi citra perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung di dalam citra. Elemen di dalam citra perlu dikelompokkan, dicocokkan, atau diukur. Sedangkan sebagian harus dibangun dengan citra lainnya (Munir, 2004:3).

Operasi yang dilakukan dalam pengolahan citra banyak ragamnya. Akan tetapi, secara umum pada pengolahan citra terdapat enam jenis operasi pengolahan, sebagai berikut:

1. Peningkatan kualitas citra

Peningkatan kualitas citra bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dengan cara memanipulasi parameter citra. Dengan jenis operasi ini, ciri-ciri khusus yang terdapat di dalam citra lebih ditonjolkan. Contoh dari operasi peningkatan kualitas citra, sebagai berikut:

- a. Perbaikan kontras/gelap
 - b. Perbaikan tepian objek (edge enhancement)
 - c. Penajaman (sharpening)
 - d. Perbaikan warna semu (pseudocoloring)
 - e. Pengurangan derau/sinyal gangguan (noise filtering)
2. Restorasi citra (image restoration)

Restorasi citra bertujuan untuk menghilangkan atau meminimumkan cacat pada citra. Tujuan dari restorasi citra hampir sama dengan operasi peningkatan kualitas citra. Tetapi bedanya, pada restorasi citra penyebab degradasi gambar diketahui. Contoh dari restorasi citra, sebagai berikut:

- a. Penghilangan kesamaran (deblurring)
 - b. Penghilangan derau/sinyal gangguan (noise)
3. Kompresi citra (*image compression*)

Kompresi citra adalah untuk mengecilkan sebuah ukuran file citra dengan mengurangi jumlah bit pada representasi citra digital dengan tujuan mengefisienkan penggunaan citra digital. Hal penting yang harus diperhatikan dalam kompresi citra adalah citra yang dikompresikan harus tetap mempunyai kualitas gambar yang bagus. Contoh metode kompresi citra adalah metode JPEG. Misalnya citra kapal yang berukuran 258Kb, hasil kompresi citra dengan metode JPEG dapat mereduksi ukuran citra semula sehingga hanya menjadi 49Kb saja.

4. Segmentasi citra (*image segmentation*)

Segmentasi citra merupakan proses pengelompokan citra menjadi beberapa region berdasarkan kriteria tertentu. Segmentasi citra bertujuan untuk menemukan karakteristik khusus yang dimiliki suatu citra. Oleh karena itu, segmentasi sangat diperlukan pada proses pengenalan pola. Semakin baik kualitas segmentasi maka semakin baik pula kualitas pengenalan polanya. Secara umum ada beberapa pendekatan yang banyak digunakan dalam proses segmentasi, sebagai berikut:

- a. Teknik *threshold*, yaitu pengelompokan citra sesuai dengan distribusi properti pixel penyusun citra.
- b. Teknik *region-based*, yaitu pengelompokan citra kedalam region-region tertentu secara langsung berdasarkan persamaan karakteristik suatu area citranya.
- c. Teknik *edge-based*, yaitu pengelompokan citra kedalam wilayah berbeda yang terpisahkan karena adanya perbedaan.
- d. Perubahan warna tepi dan warna dasar citra secara mendadak.

Pendekatan pertama dan kedua merupakan contoh kategori pemisahan image berdasarkan kemiripan area citra, sedangkan pendekatan ketiga merupakan salah satu contoh pemisahan daerah berdasarkan perubahan intensitas yang cepat terhadap suatu daerah.

5. Analisis citra (*image analysis*)

Analisis citra bertujuan untuk menghitung besaran kuantitatif dari citra sehingga menghasilkan deskripsinya. Teknik analisis citra mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam identifikasi objek. Proses analisis citra kadangkala diperlukan untuk melokalisasi objek yang diinginkan dari sekelilingnya. Contoh operasi analisis citra, sebagai berikut:

- a. Pendeteksian tepi objek (*edge detection*)
 - b. Ekstraksi batas (*boundary*)
 - c. Representasi daerah (*region*)
- ## 6. Rekonstruksi citra (*image reconstruction*)

Rekonstruksi citra bertujuan untuk membentuk ulang objek dari beberapa citra hasil proyeksi. Operasi rekonstruksi citra banyak digunakan dalam bidang medis. Misalnya beberapa foto rontgen dengan sinar X digunakan untuk membentuk ulang gambar organ tubuh.

2.6. Algoritma *K-Means*

Data *clustering* merupakan salah satu metode data *mining* yang bersifat tanpa arahan (*unsupervised*). Ada dua jenis data clustering yang sering dipergunakan dalam proses pengelompokan data yaitu *hierarchical* (hirarki) data clustering dan *non-hierarchical* (non-hirarki) data clustering. *K-Means* merupakan salah satu metode data clustering non hirarki yang berusaha mempartisi data yang ada ke dalam bentuk satu atau lebih *cluster* / kelompok.

Metode ini mempartisi data ke dalam *cluster* / kelompok sehingga data yang memiliki karakteristik yang sama dikelompokkan ke dalam satu *cluster* yang sama dan data yang mempunyai karakteristik yang berbeda dikelompokkan ke dalam kelompok yang lain. Adapun tujuan dari data *clustering* ini adalah untuk meminimalisasikan *objective function* yang diset dalam proses *clustering*, yang pada umumnya berusaha meminimalisasikan variasi di dalam suatu *cluster* dan memaksimalkan variasi antar *cluster*.

Data *clustering* menggunakan metode *K-Means* ini secara umum dilakukan dengan algoritma dasar sebagai berikut :

1. Tentukan jumlah *cluster*
2. Alokasikan data ke dalam *cluster* secara random
3. Hitung *centroid* / rata-rata dari data yang ada di masing-masing *cluster*
4. Alokasikan masing-masing data ke *centroid* / rata-rata terdekat
5. Kembali ke Step 3, apabila masih ada data yang berpindah *cluster* atau apabila perubahan nilai *centroid*

Beberapa permasalahan yang sering muncul pada saat menggunakan metode *K-Means* untuk melakukan pengelompokan data adalah:

1. Ditemukannya beberapa model *clustering* yang berbeda
2. Pemilihan jumlah *cluster* yang paling tepat
3. Kegagalan untuk *converge*
4. Pendeteksian *outliers*
5. Bentuk masing-masing *cluster*
6. Masalah *overlapping*

Keenam permasalahan ini adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat menggunakan *K-Means* dalam mengelompokkan data. Permasalahan satu umumnya disebabkan oleh perbedaan proses inialisasi anggota masing-masing *cluster*. Proses inialisasi yang sering digunakan adalah proses inialisasi secara random. Dalam suatu studi perbandingan, proses inialisasi secara random mempunyai kecenderungan untuk memberikan hasil yang lebih baik dan *independent*, walaupun dari segi kecepatan untuk *converge* lebih lambat.

Permasalahan dua merupakan masalah laten dalam metode *K-Means*. Beberapa pendekatan telah digunakan dalam menentukan jumlah *cluster* yang paling tepat untuk suatu *dataset* yang dianalisa termasuk di antaranya *Partition Entropy* (PE) dan GAP Statistics. Satu hal yang patut diperhatikan mengenai metode-metode ini adalah pendekatan yang digunakan dalam mengembangkan metode-metode tersebut tidak sama dengan pendekatan yang digunakan oleh *K-Means* dalam mempartisi data items ke masing-masing *cluster*.

Permasalahan kegagalan untuk *converge*, kemungkinan ini akan semakin besar terjadi untuk metode *Hard K-Means*, karena setiap data di dalam dataset dialokasikan secara tegas (*hard*) untuk menjadi bagian dari suatu cluster tertentu. Perpindahan suatu data ke suatu *cluster* tertentu dapat mengubah karakteristik model clustering yang dapat menyebabkan data yang telah dipindahkan tersebut lebih sesuai untuk berada di *cluster* semula sebelum data tersebut dipindahkan. Demikian juga dengan keadaan sebaliknya. Kejadian seperti ini tentu akan mengakibatkan pemodelan tidak akan berhenti dan kegagalan untuk *converge* akan terjadi. Untuk *Fuzzy K-Means*, walaupun ada, kemungkinan permasalahan

ini untuk terjadi sangatlah kecil, karena setiap data diperlengkapi dengan *membership function (Fuzzy K-Means)* untuk menjadi anggota *cluster* yang ditemukan.

Permasalahan keempat merupakan permasalahan umum yang terjadi hampir di setiap metode yang melakukan pemodelan terhadap data. Khusus untuk metode *K-Means* hal ini memang menjadi permasalahan yang cukup menentukan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan pendeteksian *outliers* dalam proses pengelompokan data termasuk bagaimana menentukan apakah suatu data item merupakan *outliers* dari suatu *cluster* tertentu dan apakah data dalam jumlah kecil yang membentuk suatu *cluster* tersendiri dapat dianggap sebagai *outliers*. Proses ini memerlukan suatu pendekatan khusus yang berbeda dengan proses pendeteksian *outliers* di dalam suatu *dataset* yang hanya terdiri dari satu populasi yang *homogen*.

Permasalahan kelima adalah menyangkut bentuk *cluster* yang ditemukan. Tidak seperti metode data *clustering* lainnya termasuk *Mixture Modelling*, *K-Means* umumnya tidak menginginkan bentuk dari masing-masing *cluster* yang mendasari model yang terbentuk, walaupun secara natural masing-masing *cluster* umumnya berbentuk bundar. Untuk *dataset* yang diperkirakan mempunyai bentuk yang tidak biasa, beberapa pendekatan perlu untuk diterapkan.

Masalah *overlapping* sebagai permasalahan terakhir sering sekali diabaikan karena umumnya masalah ini sulit terdeteksi. Hal ini terjadi untuk metode *Hard K-Means* dan *Fuzzy K-Means*, karena secara teori metode ini tidak

diperengkapi fitur untuk mendeteksi apakah di dalam suatu *cluster* ada *cluster* lain yang kemungkinan tersembunyi.

2.7. Metode Otsu

Metode Otsu merupakan suatu metode dalam segmentasi yang menghitung nilai ambang T secara otomatis berdasarkan citra masukan. Pendekatan yang digunakan oleh metode Otsu adalah dengan melakukan analisis diskriminan yaitu menentukan suatu variabel yang dapat membedakan antara dua atau lebih kelompok yang muncul secara alami. Analisis Diskriminan akan memaksimalkan variabel tersebut agar dapat memisahkan objek dengan latar belakang.

Metode ini adalah metode yang paling populer diantara semua metode *thresholding* yang ada. Teknik Otsu ini memaksimalkan kecocokan dari sebuah *threshold* sehingga dapat memisahkan objek dengan latar belakangnya. Semua didapatkan dengan memilih nilai *threshold* yang memberikan pembagian kelas yang terbaik untuk semua piksel yang ada di dalam gambar. Dasarnya adalah dengan menggunakan histogram yang telah dinormalisasi dimana jumlah tiap poin pada setiap level dibagi dengan jumlah total poin pada gambar.

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN APLIKASI

Pada bab ini akan diuraikan mengenai metode penelitian untuk mengklasifikasikan penyakit *diabetic retinopathy* pada citra digital fundus mata. Dalam bab ini akan dibahas mengenai lingkungan perancangan perangkat keras, lingkungan perancangan perangkat lunak, deskripsi aplikasi, desain aplikasi, desain data aplikasi, desain proses aplikasi, dan perancangan antarmuka. Penjabaran dan penjelasannya akan diuraikan sebagai berikut:

3.1. Lingkungan Perancangan Perangkat Keras

Untuk merancang dan membuat program Identifikasi Pembuluh darah pada Penderita Diabetic Rethinopatya, perangkat komputer yang digunakan yaitu dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Processor Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU T6500 @ 2.10GHz (2 CPUs)
2. RAM 3072MB
3. Harddisk 320GB
4. VGA Mobile Intel (R) Graphics
5. Monitor LED 16"
6. Keybord dan mouse

3.2. Lingkungan Perancangan Perangkat Lunak

Untuk merancang dan membuat program Identifikasi Pembuluh darah pada Penderita Diabetic Rethinopatya, yaitu menggunakan beberapa perangkat lunak sebagai berikut:

1. Sistem Operasi Windows 7 Home Premium 32-bit

Sistem Operasi Windows 7 Home Premium 32-bit digunakan sebagai sistem operasi yang dapat dipahami oleh komputer. Digunakan untuk mengarahkan komputer mengawal, menjadwalkan, menyetel, menyelaraskan dan melaksanakan suatu sistem komputer.

2. Matlab R2008A

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

3. Microsoft Office 2007

Microsoft Office 2007 adalah sebuah paket aplikasi yang digunakan untuk pembuatan dan penyimpanan dokumen yang berjalan di bawah sistem operasi windows. Microsoft Office 2007 dalam perencanaan sistem digunakan untuk melakukan perancangan dan pembuatan laporan.

3.3. Deskripsi Aplikasi

Pada sub bab ini akan membahas tentang deskripsi aplikasi. Tujuan dari peneliti adalah untuk membuat program yang mampu mengidentifikasi pembuluh darah pada penderita *diabetic rethinopat*y sesuai dengan tingkat stadiumnya dengan menggunakan metode *fuzzy k-means*.

Langkah awal aplikasi ini yaitu dengan memasukkan input data berupa citra *fundus diabetic retinopathy*. Kemudian aplikasi akan menjalankan proses *preprocessing* untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang maksimal. *Preprocessing* yang dilakukan antara lain konversi citra berwarna menjadi HIS, penajaman citra, menghilangkan *optic disk*, mendeteksi *microaneurisym*s, jumlah *microaneurisym*s, *bloodvessel*, dan *exudate*. Setelah *preprocessing* selesai aplikasi akan mengidentifikasi menggunakan metode *k-means* sehingga akan dihasilkan citra digital fundus yang terjangkit penyakit *diabetic retinopathy* sesuai dengan tingkat stadiumnya.

3.4. Desain Aplikasi

Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai desain aplikasi untuk implementasi metode *k-means*. Desain aplikasi ini meliputi desain data, desain proses dalam sistem yang digambarkan dengan diagram alur (*flowchat*), dan desain *interface*. Desain data menjelaskan tentang data masukan, data proses dan data keluaran dari sistem yang dibuat. Desain proses antara lain menjelaskan tentang proses awal (*pre-processing*) sampai dengan proses akhir klasifikasi. Dari semua proses yang dibuat, diharapkan akan mendapatkan hasil yang sesuai dan juga maksimal.

3.4.1. Desain Data Aplikasi

Desain data aplikasi adalah data yang digunakan untuk kelangsungan dalam pembuatan program ini, data aplikasi yaitu berupa data citra digital fundus mata. Data dibagi menjadi data inputan, data training, dan data keluaran.

3.4.1.1. Data Masukan Aplikasi

Pada pembuatan aplikasi ini data yang digunakan berupa data citra digital fundus mata. Data citra masukan ini berupa citra RGB dengan format file *Tagged Image Format File* (.tiff) dengan ukuran 2240×1488 piksel. Data citra fundus mata ini diperoleh dari database Messidor dengan alamat <http://messidor.crihan.fr>. Messidor merupakan program riset yang didanai oleh TECHNO-VISI Kementrian Riset dan Pertahanan Perancis tahun 2004 yang berkonsentrasi pada penelitian tentang penyakit *diabetic retinopathy*. (Muhammad Faisal, 2013)

3.4.1.2. Data Proses

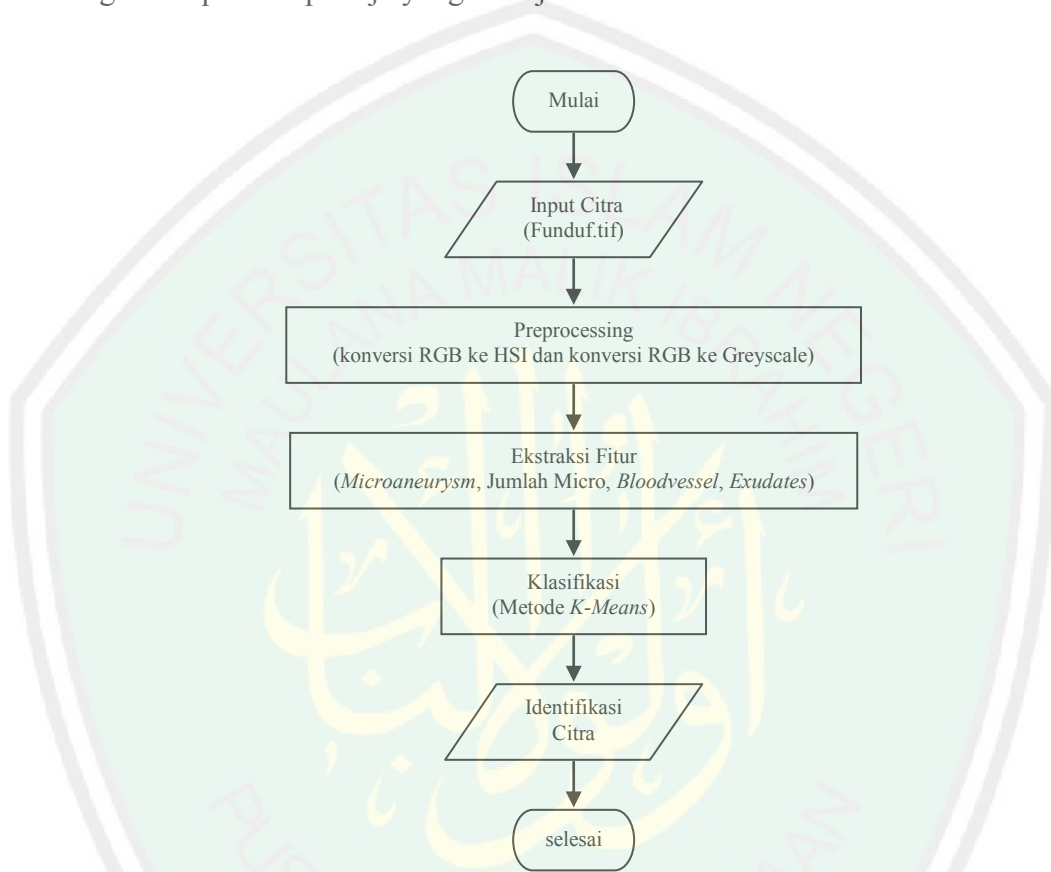
Pada bagian data proses berupa citra retina yang digunakan untuk proses klasifikasi penyakit pada retina. Pada tahapan pre-processing citra RGB akan diubah menjadi citra HSI. Selanjutnya dilakukan proses penghilangan *optic disk*, ini bertujuan untuk menyederhanakan citra retina. Langkah selanjutnya yaitu proses pengklasifikasian fitur *diabetic retinopathy* menggunakan metode *k-means*.

3.4.1.3. Data Keluaran

Data keluaran adalah berupa data citra yang didapatkan dari hasil proses klasifikasi fitur *diabetic retinopathy*. Format file citra yang dihasilkan dari data keluaran yaitu file yang berekstaksi *.tif dengan ukuran 512×512 piksel.

3.4.2. Desain Proses Aplikasi

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai desain proses dari sistem untuk mengetahui proses apa saja yang dikerjakan oleh sistem tersebut.



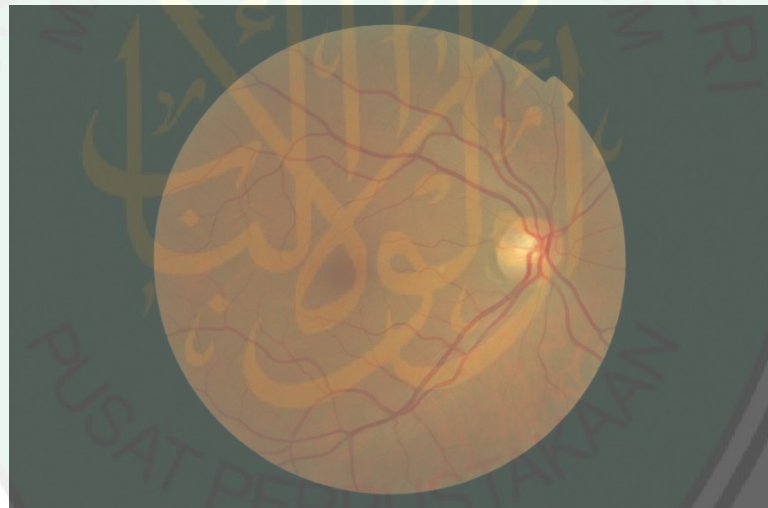
Gambar 3.1 Diagram Proses Aplikasi

Secara garis besar, desain proses dimulai dengan input citra. Selanjutnya sistem akan memproses citra tersebut dalam beberapa tahapan, yaitu pre-processing, klasifikasi dan hasil akhir yang berupa bentuk citra penyakit *diabetic retinopathy* yang telah terklasifikasi. *Diabetic retinopathy* merupakan penyakit komplikasi pembuluh darah mikro pada penderita penyakit diabetes yang memiliki ciri dengan adanya perubahan pada retina, meliputi perubahan diameter pembuluh darah, *microaneurysm*, *hard exudate*, *cotton wool*, *haemorrhage*, dan tumbuhnya pembuluh darah baru. Bentuk serta ukurannya pun akan berbeda-beda

antara satu citra dengan citra yang lainnya dan dengan tahap *retinopathy* yang berbeda. Di bawah ini akan menjelaskan tentang proses desain sistem yang akan dibahas satu per satu, sebagai berikut:

3.4.2.1. Input Citra

Input Citra merupakan proses yang pertama kali dilakukan untuk memasukkan data berupa citra digital fundus mata sebelum dilakukan proses selanjutnya. Citra masukan ini masih berupa gambar RGB dengan format file *Tagged Image Format File (.tiff)*, yaitu seperti pada gambar berikut:

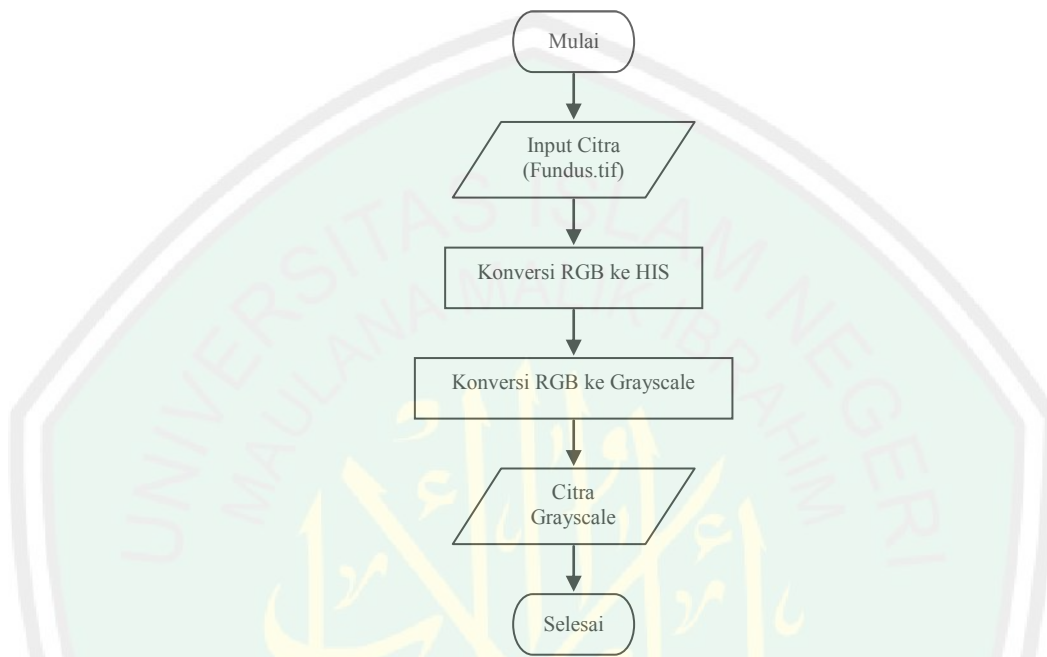


Gambar 3.2 Citra digital fundus
(sumber : <http://messidor.crihan.fr>)

3.4.2.2. Proses Preprocessing

Sebelum melakukan proses selanjutnya, citra terlebih dahulu melakukan proses awal (*preprocessing*), yaitu pengolahan citra dengan tujuan agar mendapatkan hasil secara maksimal disaat proses *clustering*, sehingga dapat

menghasilkan *clustering* yang terbaik. Dalam *preprocessing* ada beberapa tahapan, yaitu:



Gambar 3.3 Diagram Proses *Preprocessing*

1. Konversi citra RGB menjadi citra HSI

Awal dari tahapan *preprocessing* adalah dengan mengkonversi citra retina dari citra RGB ke HSI. RGB (*Red, Green, Blue*) merupakan kombinasi tiga warna dasar yang memiliki nilai komputasi masing-masing yaitu 255. HIS (*Hue, Saturation, Intensity*) merupakan kombinasi teknik pengolahan warna, biasanya warna ini digunakan sebagai segmentasi pengolahan citra digital. *Hue* ditentukan oleh dominan panjang gelombang. Warna yang dapat dilihat oleh mata memiliki panjang gelombang antara 400nm (*violet*) – 700nm (*red*) pada *spektrum electromagnetic*. *Saturation* ditentukan oleh tingkat kemurnian dan tergantung pada jumlah sinar putih yang tercampur

dengan *hue*. HIS sangat cocok untuk mendeskripsikan warna sedangkan RGB cocok untuk menghasilkan warna. Karena warna HSI merupakan bentuk lain yang bisa digunakan untuk menginterpretasi karakteristik dari warna alami (Prasetyo, 2011:184). Untuk mengubah atau konversi dari citra RGB menjadi HSI ini menggunakan persamaan atau langkah-langkah sebagai berikut:

- Hitung θ

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

- 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 mendominasi pada range [0,1], dan sudut θ diukur dengan derajat terhadap sumbu *red* dari HIS *space*. *Hue* dapat dinormalisasikan dalam range [0,1] dengan pembagian oleh 360° 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]. Di bawah ini adalah ilustrasi atau contoh gambar dari proses RGB menjadi HSI, yaitu:



Gambar 3.4 Citra RGB menjadi HSI

2. Konversi RGB ke Greyscale

GrayScale adalah suatu citra dimana nilai dari setiap pixel merupakan sampel tunggal. Citra yang ditampilkan terdiri atas warna abu-abu, bervariasi pada warna hitam pada bagian yang intensitasnya terlemah dan warna putih pada intensitas terkuat. Citra GrayScale berbeda dengan citra hitam putih, dimana pada konteks komputer citra hitam putih hanya terdiri atas dua warna saja yaitu hitam dan putih. GrayScale merupakan perhitungan dari intensitas cahaya pada setiap pixel pada spektrum elektromagnetik single band.

Merubah citra RGB menjadi citra grayscale adalah salah satu contoh proses pengolahan citra menggunakan operasi titik. Untuk mengubah citra RGB menjadi citra grayscale adalah dengan menghitung rata-rata nilai intensitas RGB dari setiap piksel penyusun citra tersebut. Rumus matematis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$f_0(x, y) = \frac{f_i^R(x, y) + f_i^G(x, y) + f_i^B(x, y)}{3}$$

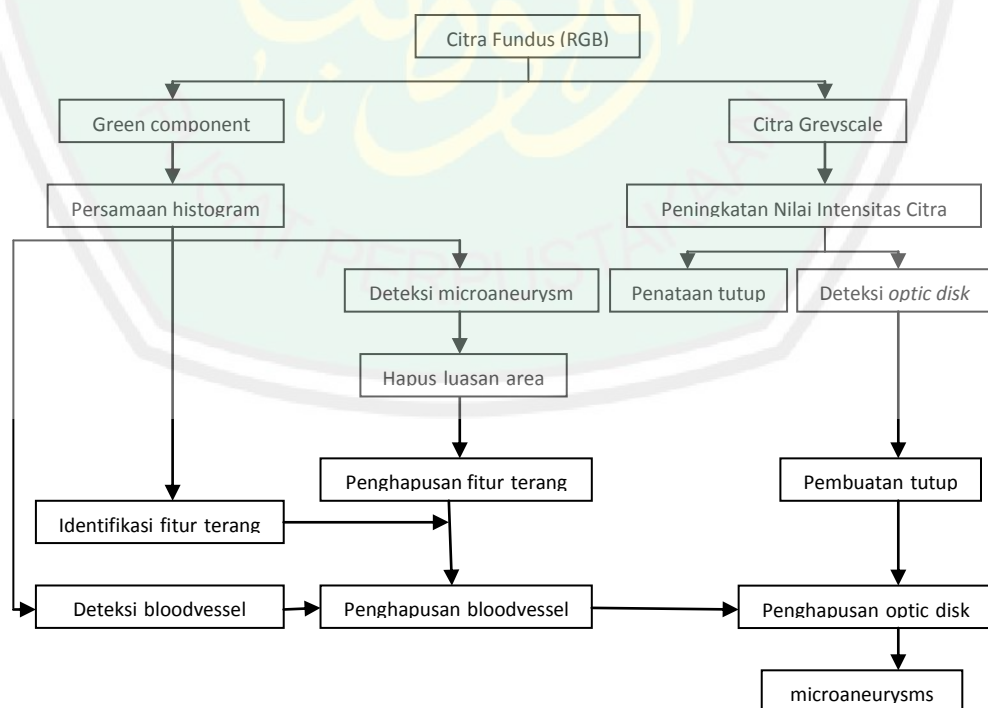
3.4.2.3. Ekstraksi Fitur

Pada proses ini akan dilakukan pengambilan ciri-ciri yang akan dilakukan sebagai acuan parameter dalam data pelatihan dan uji. Fitur yang diekstraksi dalam penelitian ini adalah nilai pixel dari *bloodvessel*, *microaneurysms*, dan *exudate*.

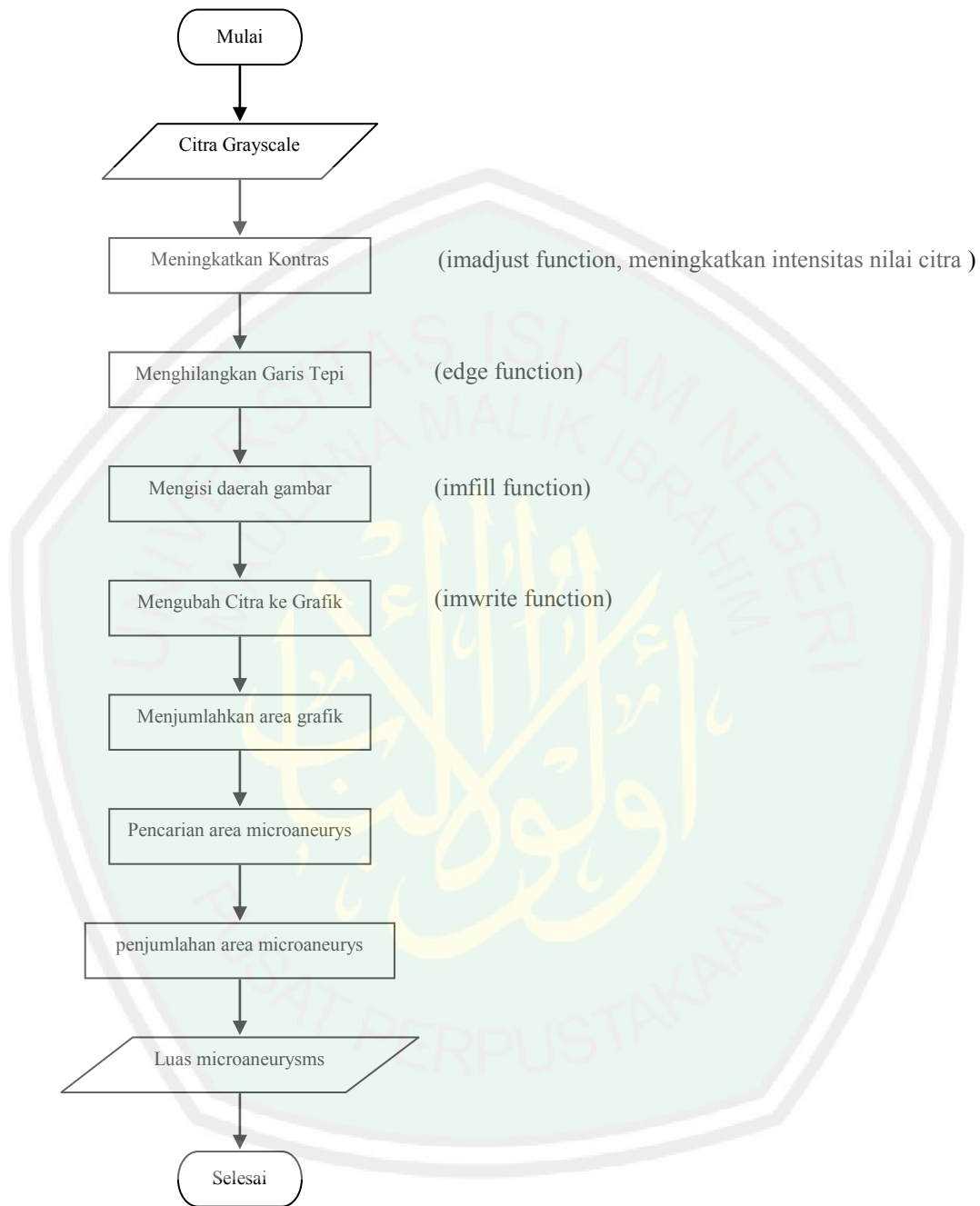
1. *Microaneurysms*

Microaneurysms muncul sebagai titik bulat kecil gelap pada citra fundus. Untuk proses pedeteksi ini menggunakan citra hasil konversi ke *green channel*, karena pada proses ini memerlukan refleksi cahaya yang paling baik sehingga dapat dihasilkan informasi yang jelas pada proses pendeteksiannya. (Wahyudin Setiawan, 2012)

Berikut proses dari pendeteksi *microaneurysms*



Gambar 3.5 Skema pendeteksi *microaneurysms*



Gambar 3.6 Flowchart pendeteksi *microaneurysms*

2. Jumlah Micro

Jumlah micro adalah jumlah titik bulat kecil gelap pada citra fundus, sehingga dapat mengetahui *microaneurysms* yang tersebar. Pencarian ini menggunakan metode *otsu*. Formulasi dari metode *otsu*

adalah, nilai ambang yang akan dicari dari suatu citra *gray level* dinyatakan dengan k . Nilai k berkisar antara 1 sampai dengan L , dengan nilai $L = 255$. Probabilitas setiap pixel pada level ke i dapat dinyatakan:

$$p_i = n_i / N$$

n_i = menyatakan jumlah pixel pada level ke i

N = menyatakan total jumlah pixel pada citra.

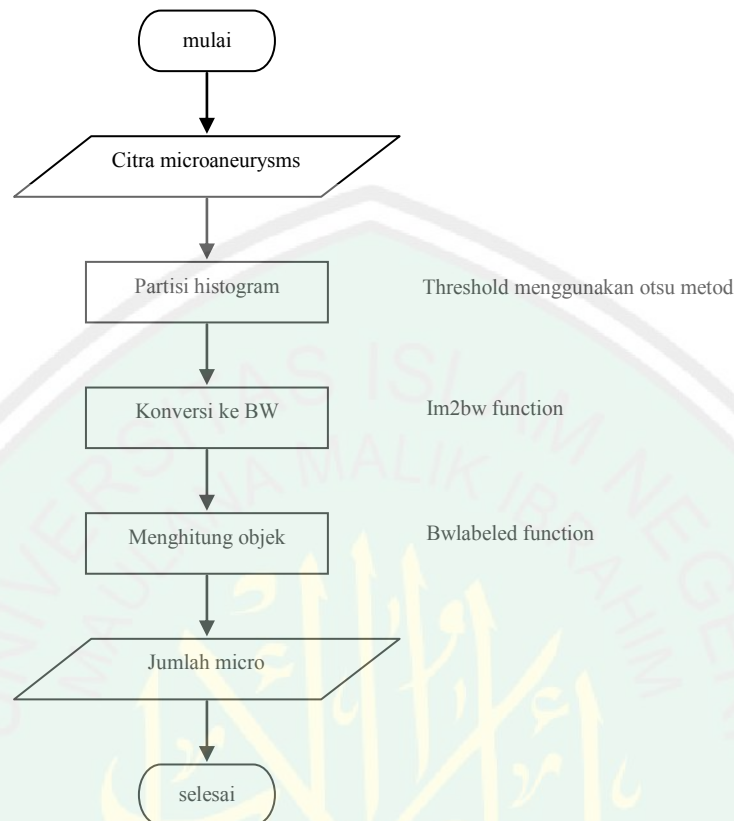
Nilai ambang k dapat ditentukan dengan memaksimumkan persamaan :

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_i \varpi(k) - \mu(k)]^2}{\varpi(k)[1 - \varpi(k)]}$$

Berikut adalah alur dari pencarian jumlah *micro*



Gambar 3.7 Skema penghitung *micro*

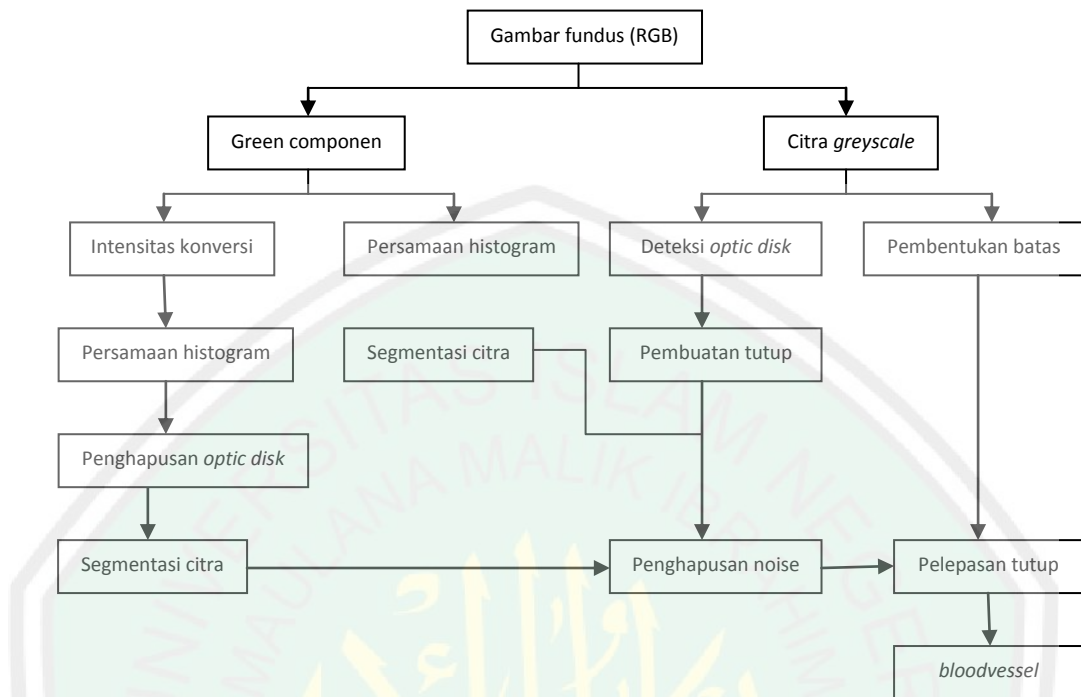


Gambar 3.8 Flowchart penghitung *micro*

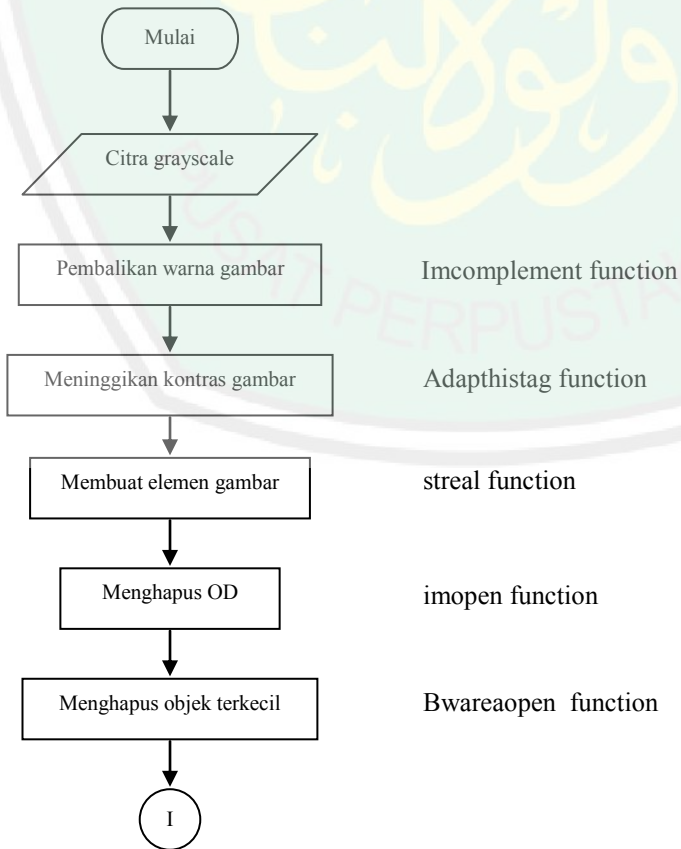
3. *Bloodvessel*

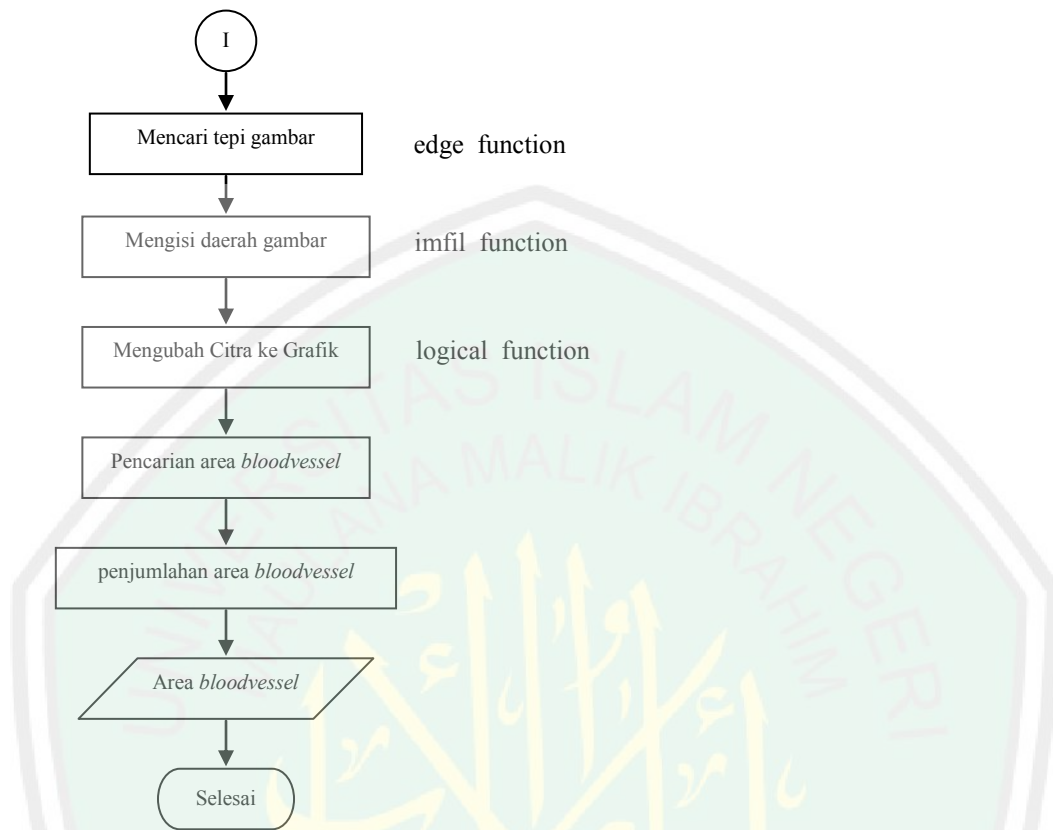
Bloodvessel adalah pembuluh darah yang nampak seperti akar pada fundus mata. Pendeteksian *bloodvessel* menggunakan operasi morfologi. Pendeteksian ini dilakukan pada saat *preprocessing* pada penghilang pembuluh darah. Sebelum pembuluh darah dihilangkan, akan dihitung terlebih dahulu jumlah pixel terang yang muncul. (Alvian Nashuki, 2012)

Berikut alur proses dari pendeteksi *bloodvessel* :



Gambar 3.9 Skema pendeteksi *bloodvessel*

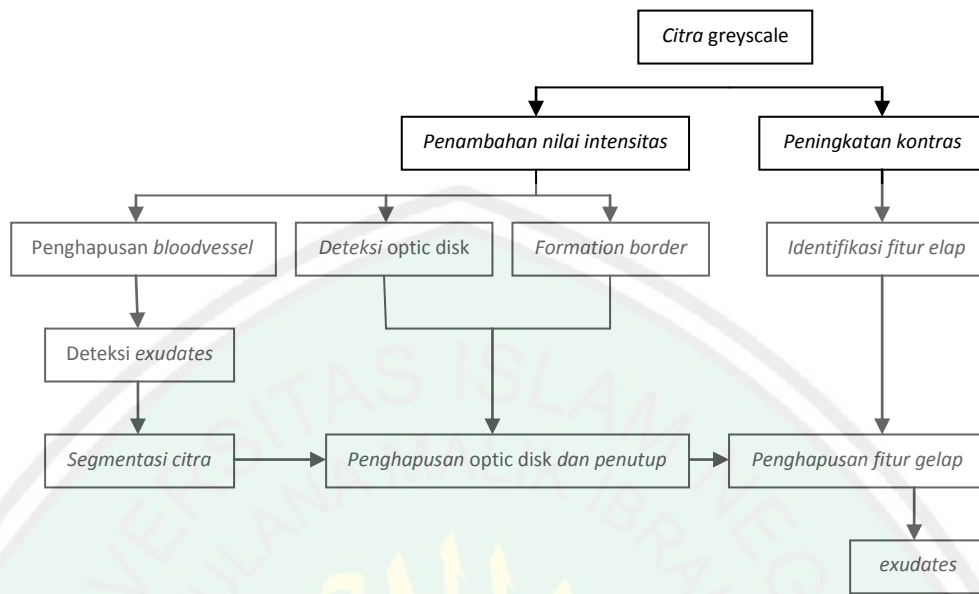




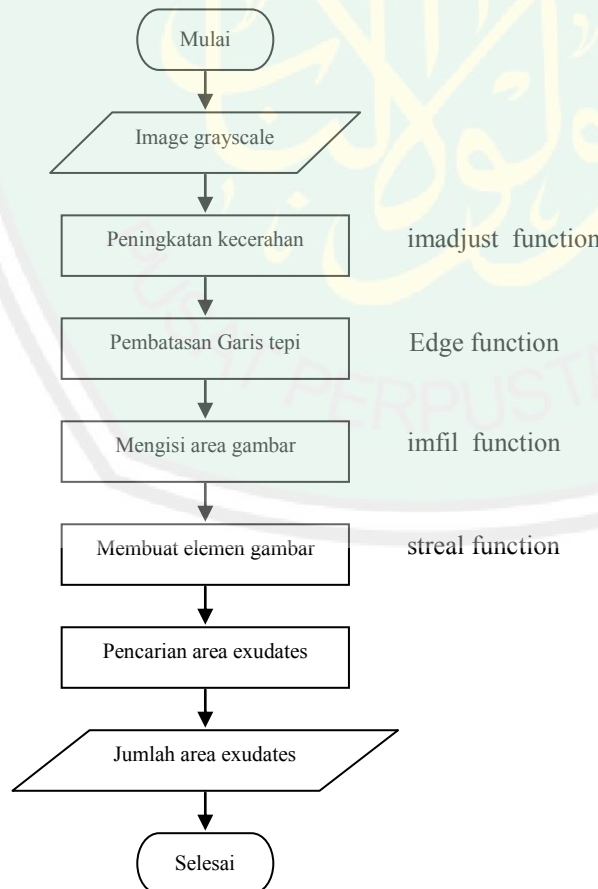
Gambar 3.10 Flowchart pendeteksi *bloodvessel*

4. *Exudates*

Exudates muncul sebagai bercak kuning pada retina karena ada kebocoran darah pada pembuluh yang tidak normal. Bentuk dan ukuran akan bervariasi dengan *retinopathy* yang berbeda dan bertahap. Pendeteksian *exudates* diawali dengan proses akuisisi citra RGB yang di konversikan menjadi citra *grayscale*, selanjutnya operasi morfologi yang di terapkan untuk menghilangkan pembuluh darah pada *bloodvessel*. *Exudates* akan terdeteksi setelah menghapus perbatasan retina, *optical disk*, dan daerah selain *exudates*. Berikut alur proses pendeteksi *exudates*



gambar 3.11 Skema pendeteksi *exudate*

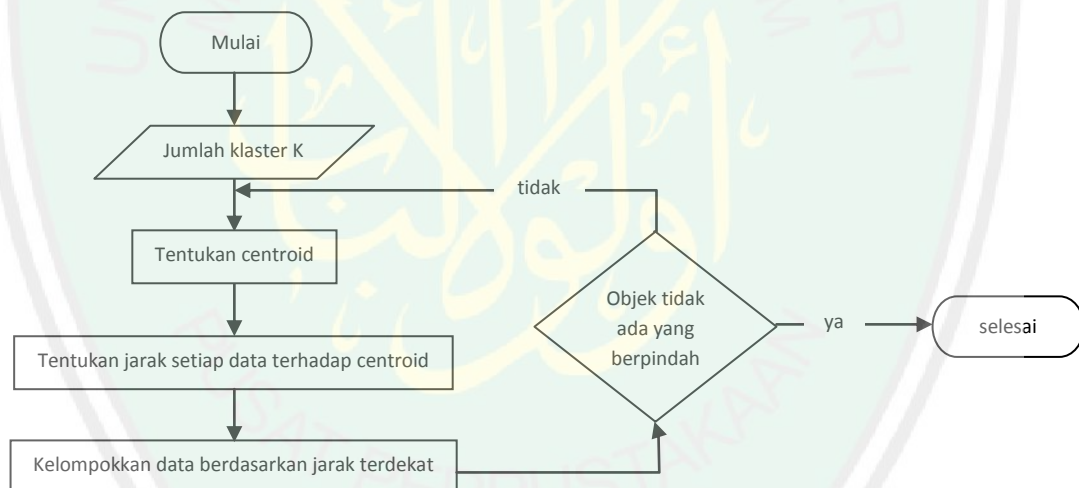


gambar 3.12 Diagram flowchart pendeteksi *exudate*

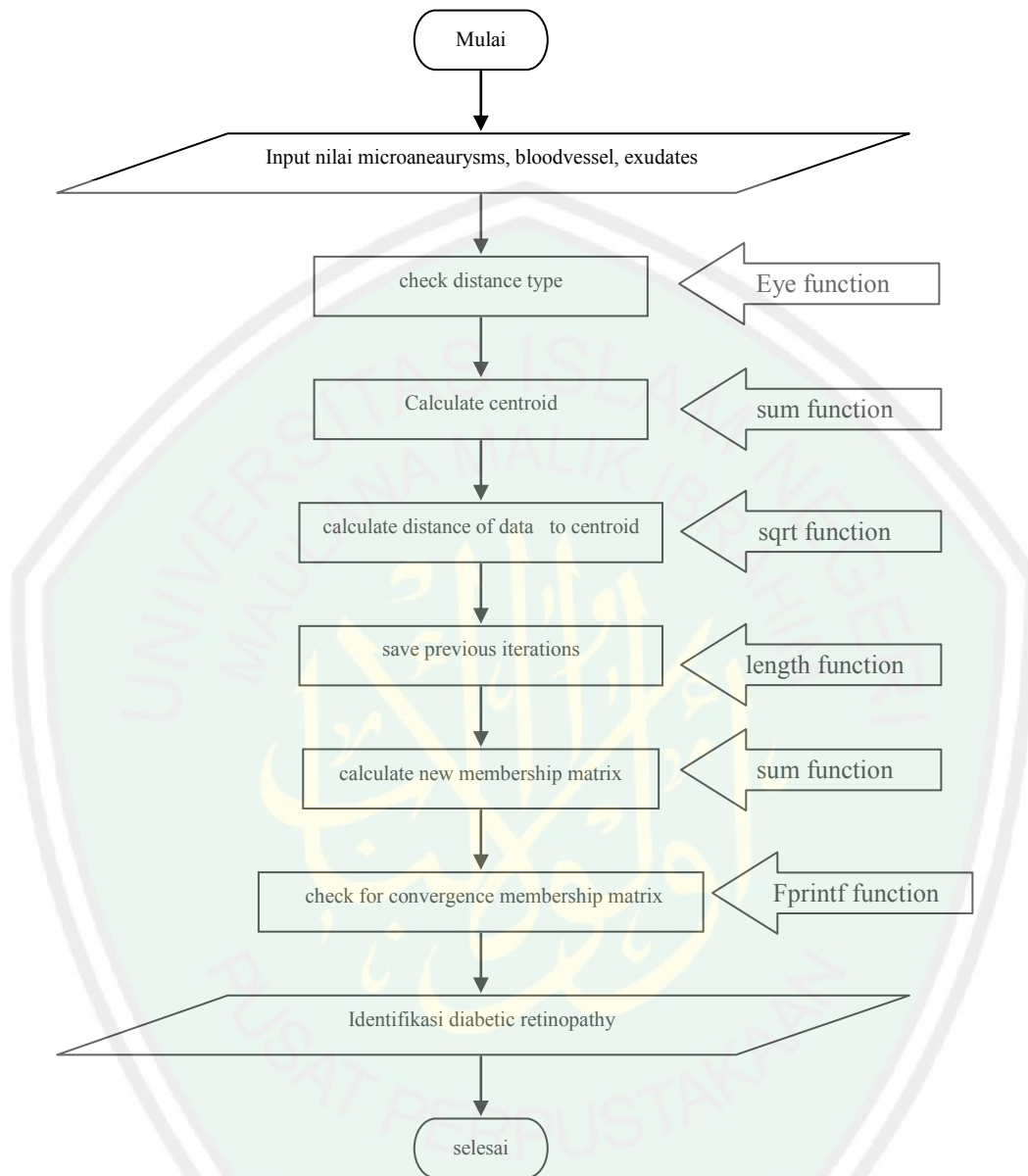
3.4.2.4. Klasifikasi Fitur Diabetic Retinopathy

Metode K-Means pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. Pengelompokan dengan mempertimbangkan tingkat keanggotaan yang mencakup himpunan fuzzy sebagai dasar pembobotan bagi pengelompokan disebut dengan fuzzy clustering. Metode fuzzy K-Means clustering merupakan pengembangan dari metode K-Means clustering untuk meminimalkan masalah kegagalan konvergen. Konvergen memiliki sifat mengumpulkan, serta bersifat menuju satu titik pertemuan dan bersifat memusat.

Berikut ini adalah langkah-langkah dari fuzzy K-Means, sebagai berikut:



Gambar 3.13 Diagram alir *k-means*



Gambar 3.14 flowchart identifikasi *diabetic retinopathy*

Inti dari aplikasi terdapat pada bagian ini dikarenakan setelah proses dilakukan akan menghasilkan citra keluaran yang telah diklasifikasi. Proses klasifikasi ini menggunakan citra hasil keluaran dari proses klasifikasi fitur sebagai masukan (*input*). Penentuan nilai klasifikasi seperti yang tertera pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Nilai *microaneurysms*

Klasifikasi	Nilai Minimal	Nilai Maximal
Normal	0	153
Tidak Normal	154	1966

Tabel 3.2 Nilai *bloodvessel*

Klasifikasi	Nilai Minimal	Nilai Maximal
Normal	4249	11477
Tidak Normal	12126	32639

Tabel 3.3 Nilai *exudates*

Klasifikasi	Nilai Minimal	Nilai Maximal
Normal	0	153
Tidak Normal	154	1452

Dari hasil tabel di atas dapat kita ambil klasifikasi sebagai berikut

Tabel 3.4 Klasifikasi hasil

Klasifikasi	Microaneurysms	Bloodvessel	Exudates
Normal	≤ 153	≤ 11477	≤ 153
Tidak Normal	> 153	> 11477	> 153

3.4.3. Perancangan Antar Muka

Untuk mempermudah pengguna, maka perlu dibuat *form* antarmuka (*interface*). *Interface* merupakan salah satu bagian terpenting dari sistem.

Interface memiliki arti, yaitu sistem yang dirancang untuk mengolah *input* dan *output* dari data. Semua *input* dan *output* tersebut dirancang sedemikian rupa sehingga menghasilkan hasil yang sederhana dan jelas, serta dapat dimanfaatkan langsung ataupun diolah kembali oleh pengguna. *Interface* juga harus bersifat *user friendly*, yang dimaksud dengan *user friendly* ialah *interface* atau aplikasi yang memiliki kemampuan mudah dioperasikan dan tidak boleh terlalu menyulitkan pengguna (*user*) dikarenakan fitur-fitur yang terlalu berlebihan. Selanjutnya akan ditampilkan rancangan antarmuka aplikasi, sebagai berikut:

The image shows a software interface for identifying blood vessels in diabetic retinopathy patients. The interface is titled "IDENTIFIKASI PEMBULUH DARAH PADA PENDERITA DIABETIC RETINOPATHY" and is attributed to "Asnagari Zubaidah (07680029)". It is divided into several sections:

- Proses Citra:** Contains two buttons: "Ambil Gambar" (Take Image) and "Pengolahan Gambar" (Process Image).
- Hasil Citra:** A section for displaying image results, currently showing four placeholder boxes labeled "tmp1gmbr1", "tmp1gmbr2", "tmp1gmbr3", and "tmp1gmbr4".
- Ekstrasi Fitur:** A section for feature extraction, containing four input fields: "Microaneurysms", "Jumlah Micro", "Bloodvessel", and "Exudates".
- Klasifikasi:** A section for classification, containing one input field labeled "Identifikasi".

Gambar 3.14 desain *Interface* Aplikasi

Pada form di atas terdapat tombol ‘Ambil Gambar’ itu digunakan untuk mencari file yang akan menjadi citra masukan, file citra retina yang dibuka akan ditampilkan pada axes1 beserta nama dari file tersebut. File citra retina tersebut berformat *.tif. Selanjutnya tombol ‘Pengolahan Gambar’ yaitu untuk menjalankan klasifikasi fitur diabetic retinopathy secara keseluruhan. Setelah proses selesai, hasil citra keluaran akan ditampilkan pada beberapa axes beserta

deteksi penyakit, apakah citra retina itu normal atau terkena penyakit diabetic retinopathy. Pada bagian ekstraksi fitur terdapat pada axes2, axes3, dan axes4 yang berfungsi untuk menampilkan proses yang terjadi pada citra retina.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

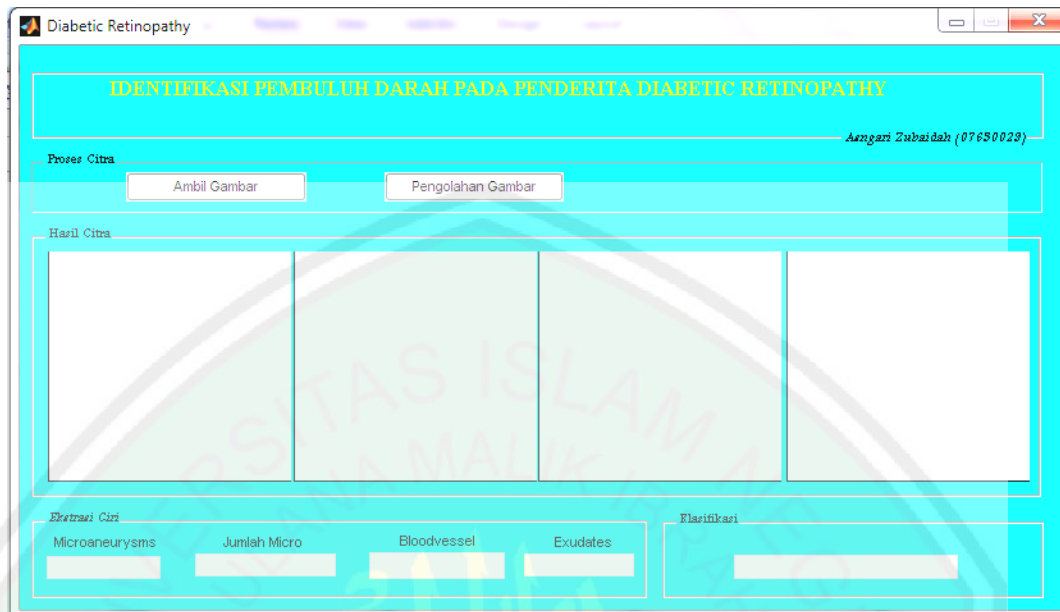
Pada bab ini dijelaskan mengenai rangkaian uji coba dan evaluasi terhadap penelitian yang telah dilakukan. Implementasi berupa fungsi-fungsi atau *sourcecode* untuk proses *clustering* fitur *diabetic retinopathy* mulai dari tahap awal hingga akhir. Uji coba ditujukan untuk melihat sejauh mana keberhasilan dari implementasi perangkat lunak (*software*) ini dan evaluasi dilakukan dengan cara analisa terhadap hasil dari uji coba serta untuk mendapatkan kesimpulan dan saran untuk pengembangan kedepannya bagi implementasi aplikasi perangkat lunak ini.

4.1. Penjelasan Aplikasi

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

4.1.1. Proses Menampilkan Halaman Utama

Halaman Utama adalah halaman yang pertama kali diakses oleh pengguna. Melalui halaman ini semua tahapan *clustering* dilakukan, mulai dari input image, proses *clustering* citra, hingga proses penyimpanan citra hasil klasifikasi. Tampilan form halaman utama ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1 Tampilan Halaman Utama

Pada tampilan form halaman utama ini pada bagian atas terdapat judul atau nama aplikasi yang dibuat. Pada *panel* “Proses Citra” terdapat *button* “Ambil Gambar” dan “Pengolahan Gambar”, *button* tersebut berfungsi untuk memasukkan data citra digital dan melakukan proses analisa sampai dengan pengklasifikasiannya. Selanjutnya pada *panel* di bawahnya terdapat “Hasil Citra”, ini adalah panel yang di dalamnya terdapat beberapa *axes* yang berfungsi untuk menampilkan dari *button* pengolahan gambar, *axes* tersebut adalah *axes1* untuk menampilkan citra asli, *axes2* untuk menampilkan *microaneurysms*, *axes3* untuk menampilkan *bloodvessel*, *axes4* untuk menampilkan *exudates*. Pada *panel* “Ekstraksi Ciri” terdapat beberapa *textedit* yang berfungsi untuk menampilkan hasil dari segmentasi *microaneurysms*, *bloodvessel*, *exudates*, dan jumlah micro. Sedangkan pada *panel* “Klasifikasi” terdapat sebuah *textedit* yang berfungsi untuk menampilkan hasil dari klasifikasi.

4.1.2. Proses Input Data

Sebelum proses ekstraksi dilakukan, hal pertama yang dilakukan adalah *input* data, yaitu proses pengambilan file citra digital fundus mata dari drive komputer yang akan diekstraksi. Citra yang di-input-kan akan dimasukkan ke *axes1* atau sebelah kiri yang selanjutnya akan di proses pada langkah berikutnya. Tampilan form input data dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 4.2 Proses input data

Setelah halaman utama keluar, seorang pengguna (*user*) dapat melakukan input citra yang akan diklasifikasi dengan cara menekan tombol ‘Ambil Gambar’, setelah itu file citra yang input akan muncul pada bagian *axes1*, pada bawah gambar input citra retina terdapat keterangan nama dari file citra yang diambil, itu berguna untuk mempermudah *user* untuk mengetahui file data apa yang sedang diproses. Berikut ini merupakan sourcecode program pada proses pengambilan input citra retina.

```
function butonAmbilGaambar_Callback(hObject, eventdata,
handles)
proyek=guidata(gcbo);
[FileName, FilePath] = uigetfile({ '*.tif'; '*.jpg'; '*.jpeg';
'*.bmp'; '*.gif';
'*.png' }, 'Ambil Citra...');
if isequal(FileName,0)
return;
end

set(handles.txtMic, 'string', '');
axes(handles.tmplgmb1)
cla reset
axis off
```

Kemudian untuk menampilkan gambar ke *axis1* akan secara otomatis pada saat proses analisa citra berlangsung, berikut *sourcecode* untuk menampilkannya:

```
I=imread([FilePath, FileName]);
guidata(hObject,handles);
set(proyek.figure1, 'CurrentAxes', proyek.tmplgmb1);
imshow(I);
set(proyek.tmplgmb1, 'Userdata', I);
set(proyek.figure1, 'Userdata', I);
setappdata(handles.figure1, 'img', I);
```

4.1.3. Proses *Preprocessing*

Setelah proses input citra atau ambil citra, selanjutnya yang dilakukan adalah proses pre-processing. Pada tahap pre-processing ini memiliki beberapa tahapan diantaranya konversi RGB menjadi HSI hal ini dilakukan untuk mempersiapkan citra. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing tahapan *preprocessing* beserta *sourcecode* program:

a. Konversi citra RGB menjadi HSI

```

global selection value;
proyek=guidata(gcbo);
I=get(proyek.templgmb1, 'Userdata');

F=im2double(I);
r=F(:,:,1);
g=F(:,:,2);
b=F(:,:,3);
th=acos((0.1*((r-g)+(r-b)))/(sqrt((r-g).^2+(r-b).*(g-
b))+eps)));
H=th;
H(b>g)=2*pi-H(b>g);
H=H/(2*pi);
S=1-3.*(min(min(r,g),b))./(r+g+b+eps));
A=(r+g+b)/3;
hsi=cat(3,H,S,A);

```

b. Konversi citra RGB menjadi HSI

```

Grayscale = rgb2gray (I);
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);
select_image = I;

```

4.1.4. Proses Ekstraksi Fitur

Pada proses ini dibagi menjadi 3 bagian ekstraksi fitur, yaitu : pendeteksi *microaneurysms*, jumlah *micro*, pendeteksi *bloodvessel*, pendeteksi *exudates*.

Berikut *sourcecode* dari masing-masing bagian:

a. Pendeteksi *microaneurysms*

```

area_micro_a = 0;
for x = 1:496 for y = 1:748
    if microa_image(x,y) == 1
        area_micro_a = area_micro_a+1;
    end
end
end

```

```

function [area_micro_a microa_image] = function_MIC (I)

I2=imresize(I, [496 748]); %resize
GreenC=I2(:,:,2); %(row, column, 2-->green)
%=====
%convert (RGB) to grayscale
Grayscale = rgb2gray (I2);
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);
%=====
%remove date (upper left corner)
for x=1:30 for y=1:60
Grayscale_brighten(x,y)=0; %255=white, 0=black
GreenC(x,y)=0; %255=white, 0=black
end
end
%=====
% enhances the contrast
Gadpt_his_X1 = adapthisteq(GreenC);
Gadpt_his_X2 = adapthisteq(Gadpt_his_X1);
%=====
%Circular border
outline_border=edge(Grayscale_brighten, 'canny', 0.09);
for x=2:5 for y=100:648 %for top bar 4x520
outline_border(x,y)=1; %1->white
end
end
for x=492:495 for y=100:648 %for bottom bar 4x520
outline_border(x,y)=1; %1->white
end
end
Grayscale_imfill = imfill(outline_border, 'holes');
se = strel('disk',6);
Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill, se);
Grayscale_imdilate= imdilate(Grayscale_imfill, se);
%Finding the circular border of the image
Grayscale_C_border = Grayscale_imdilate - Grayscale_imerode;
imwrite(Grayscale_C_border,'Grayscale_C_border.tif');
%Convert numeric values to logical
Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border);
%=====
%Area Calculation for Grayscale_C_border_L
area_Cborder = 0;
area_new_Cborder = 0;
for x = 1:496 for y = 1:748
    if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
        area_Cborder = area_Cborder+1;
    end
end
end
%area_Cborder

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if area_Cborder > 50000; %border detection is wrong
    %close figure 6
    %close figure 7
    clear Grayscale_C_border_L

    G_invert_G_B = imcomplement(Grayscale_brighten); %or use
255-Grayscale_brighten_9
    black_filled = im2bw(G_invert_G_B, 0.94); %image to B&W
using threshold, ideal 9.3-9.5

```

b. Jumlah *Micro*

```
level = graythresh(MIC_image);
bw = im2bw(MIC_image,level);
[labeled,numObjects] = bwlabel(bw,4);
isian = numObjects;
set(handles.txtJML,'string',isian);
```

c. Pendeteksi *bloodvessel*

```
area_bloodvessels_final = 0;
for x = 1:576 for y = 1:720
    if bloodvessels_final(x,y) == 1
        area_bloodvessels_final = area_bloodvessels_final+1;
    end
end
end
```

d. Pendeteksi *exudates*

```
area_exudates = 0;
for x = 1:496 for y = 1:748
    if EX_image(x,y) == 1
        area_exudates = area_exudates+1;
    end
end
end
```

Berikut adalah data hasil dari ekstraksi fitur

Tabel 5.1 Data Ekstraksi fitur

No	Image Name	Microaneurysms	Jumlah Micro	Blood Vessels	Exudates
1	20051019_38557_0100_PP.tif	126	0	20996	0
2	20051019_38557_0100_PP.tif	53	0	17554	12
3	20051020_43832_0100_PP.tif	57	0	17274	0
4	20051020_43882_0100_PP.tif	46	5	23257	0
5	20051020_43906_0100_PP.tif	55	7	22379	0
6	20051020_44261_0100_PP.tif	83	0	19419	77
7	20051020_44284_0100_PP.tif	55	9	19064	106
8	20051020_44338_0100_PP.tif	22	3	19798	0
9	20051020_44349_0100_PP.tif	104	7	19365	0
10	20051020_44400_0100_PP.tif	37	3	17315	0

No	Image Name	Microaneurysms	Jumlah Micro	Blood Vessels	Exudates
11	20051020_44431_0100_PP.tif	26	2	14862	0
12	20051020_44598_0100_PP.tif	35	5	14694	91
13	20051020_44636_0100_PP.tif	82	5	18256	0
14	20051020_44692_0100_PP.tif	30	3	8200	0
15	20051020_44714_0100_PP.tif	99	6	21140	0
16	20051020_44762_0100_PP.tif	15	1	20962	0
17	20051020_44782_0100_PP.tif	33	8	16211	0
18	20051020_44843_0100_PP.tif	276	9	15915	530
19	20051020_44901_0100_PP.tif	15	2	20261	86
20	20051020_44923_0100_PP.tif	85	7	21651	139
21	20051020_44982_0100_PP.tif	58	6	20475	0
22	20051020_45004_0100_PP.tif	36	8	19737	0
23	20051020_45050_0100_PP.tif	149	9	20306	262
24	20051020_45068_0100_PP.tif	262	3	18621	100
25	20051020_45110_0100_PP.tif	606	7	32639	37
26	20051020_45137_0100_PP.tif	267	8	31338	1452
27	20051020_52801_0100_PP.tif	122	2	24563	0
28	20051020_53062_0100_PP.tif	118	8	23958	490
29	20051020_53178_0100_PP.tif	131	6	26114	494
30	20051020_53997_0100_PP.tif	47	7	4588	67
31	20051020_54209_0100_PP.tif	173	1	22442	1168
32	20051020_55346_0100_PP.tif	218	1	19598	688
33	20051020_55701_0100_PP.tif	55	1	20828	2
34	20051020_56592_0100_PP.tif	89	5	18295	0
35	20051020_56791_0100_PP.tif	27	7	22907	0
36	20051020_57157_0100_PP.tif	25	6	23189	0
37	20051020_57566_0100_PP.tif	53	2	24714	205
38	20051020_57622_0100_PP.tif	214	8	25010	89
39	20051020_57761_0100_PP.tif	82	6	13590	11
40	20051020_57844_0100_PP.tif	79	7	10303	2
41	20051020_57967_0100_PP.tif	18	2	11477	0
42	20051020_58065_0100_PP.tif	23	1	14525	5
43	20051020_58214_0100_PP.tif	68	3	23923	71
44	20051020_58276_0100_PP.tif	111	7	25163	7
45	20051020_61557_0100_PP.tif	178	8	12634	9
46	20051020_61757_0100_PP.tif	162	9	19187	2
47	20051020_61804_0100_PP.tif	99	7	18797	0
48	20051020_61907_0100_PP.tif	204	8	15997	7
49	20051020_61998_0100_PP.tif	7	1	5681	0
50	20051020_62014_0100_PP.tif	45	5	6047	0
51	20051020_62337_0100_PP.tif	104	8	16596	95

No	Image Name	Microaneurysms	Jumlah Micro	Blood Vessels	Exudates
52	20051020_62385_0100_PP.tif	200	7	18198	80
53	20051020_62461_0100_PP.tif	53	5	22722	3
54	20051020_62510_0100_PP.tif	150	7	24116	0
55	20051020_62577_0100_PP.tif	24	5	21404	0
56	20051020_62615_0100_PP.tif	89	3	23263	0
57	20051020_62709_0100_PP.tif	239	7	20111	197
58	20051020_62802_0100_PP.tif	156	9	15968	65
59	20051020_62878_0100_PP.tif	65	3	18193	0
60	20051020_63045_0100_PP.tif	14	7	16245	0
61	20051020_63141_0100_PP.tif	40	8	13321	101
62	20051020_63269_0100_PP.tif	15	5	13382	0
63	20051020_63337_0100_PP.tif	41	9	17643	5
64	20051020_63711_0100_PP.tif	34	1	21968	0
65	20051020_63829_0100_PP.tif	49	3	23647	0
66	20051020_63936_0100_PP.tif	43	2	20470	100
67	20051020_64007_0100_PP.tif	139	7	21451	60
68	20051020_64249_0100_PP.tif	40	6	21600	0
69	20051020_64388_0100_PP.tif	109	3	21452	0
70	20051020_64518_0100_PP.tif	72	7	19728	0
71	20051020_64570_0100_PP.tif	86	3	18684	52
72	20051020_64653_0100_PP.tif	22	1	15772	58
73	20051020_64703_0100_PP.tif	71	8	16342	0
74	20051020_64775_0100_PP.tif	11	7	12594	393
75	20051020_64836_0100_PP.tif	19	6	12126	83
76	20051020_64945_0100_PP.tif	45	9	20620	0
77	20051020_64993_0100_PP.tif	77	2	16622	0
78	20051020_65166_0100_PP.tif	0	0	4249	0
79	20051020_65230_0100_PP.tif	40	7	6443	0
80	20051021_36097_0100_PP.tif	166	6	16439	14
81	20051021_36208_0100_PP.tif	175	9	17183	0
82	20051021_36380_0100_PP.tif	30	2	19659	0
83	20051021_36476_0100_PP.tif	74	8	22014	6
84	20051021_39222_0100_PP.tif	50	3	18983	903
85	20051021_39314_0100_PP.tif	81	7	18355	126
86	20051021_39482_0100_PP.tif	109	8	13220	0
87	20051021_39552_0100_PP.tif	117	6	14811	0
88	20051021_39661_0100_PP.tif	31	2	27548	57
89	20051021_39719_0100_PP.tif	113	7	27908	130
90	20051021_39845_0100_PP.tif	86	4	18547	0
91	20051021_39914_0100_PP.tif	50	2	19401	189
92	20051021_40018_0100_PP.tif	14	1	18072	0

No	Image Name	Microaneurysms	Jumlah Micro	Blood Vessels	Exudates
93	20051021_40074_0100_PP.tif	72	6	18901	0
94	20051021_40180_0100_PP.tif	56	4	10302	0
95	20051021_40248_0100_PP.tif	55	3	17920	0
96	20051021_40377_0100_PP.tif	215	9	27288	83
97	20051021_40450_0100_PP.tif	279	7	26837	7
98	20051021_51418_0100_PP.tif	36	1	16304	0
99	20051021_51476_0100_PP.tif	94	3	6420	48
100	20051021_51561_0100_PP.tif	65	2	21644	0

4.1.5. Proses Klasifikasi Fitur Diabetic Retinopathy

Pengklasifikasian ini dilakukan karena bagian inti dari aplikasi ini, berikut sourcecode bagian ini

```

Nlise_MIC = MIC_area;
Nlise_BV = BV_area;
Nlise_EX = EX_area;
Nlise_Jml = numObjects;

Nlise_selected = [Nlise_EX, Nlise_MIC, Nlise_BV];
load Nlise_Training;
Data = [Nlise_Training; Nlise_selected];

nclass=2;
phi=2;
maxiter=100;
toldif=0.0000001;
distype=1;
scatter=0.2;

ndata = size(Data, 1);
Uinit= initmember(scatter,nclass,ndata);
[U,centroid,dist,W,obj] =
fuzzykmeans(nclass,Data,Uinit,phi,maxiter,distype,toldif);
U=U';

[c,i]=sort(centroid(:,2));
[DT, II] = max(U);
f=[i];
outc=II(:,101);

```

```

function [U, centroid, dist, W, obj] =
fuzzykmeans (nclass,data,U,phi,maxiter,distype,toldif)
% fuzzy k means
printing=0;
if(phi<=1), phi=1.01, end;

ndata = size(data, 1);           % number of data
ndim = size(data, 2);           % number of dimension
centroid=zeros (nclass,ndim);
dist=zeros (ndata,nclass);

% check distance type
if(disttype==1) % euclidean distance
    W=eye (ndim);
elseif(disttype==2) % diagonal
    W=eye (ndim) .*cov (data);
elseif(disttype==3) % mahalanobis
    W=inv (cov (data));
end

obj=0;
uphi = U.^phi;

for i = 1:maxiter,

    % calculate centroid
    c1=uphi'*data;
    t1=sum (uphi)';
    t1=t1 (:,ones (ndim,1));
    centroid=c1./t1;

    % calculate distance of data to centroid
    if(disttype==1), % euclidean distance
        dist=euclidean (data, centroid);
    else,
        dist = sqrt (mahalanobis (data, centroid, W));
    end;

    % save previous iterations
    U_old=U;
    obj_old=obj;

    % calculate new membership matrix
    tmp = dist.^(-2/(phi-1));
    t1=sum (tmp)';
    t2=t1 (:,ones (nclass,1));
    U = tmp./t2;
    uphi = U.^phi;

    % calculate objective function
    o1=(dist.^2).*uphi;
    obj = sum (sum (o1));

```

Hasil dari pengklasifikasian fitur *diabetic retinopathy*

Tabel 5.2 Data Pengklasifikasian fitur

No	Image Name	Hasil	No	Image Name	Hasil
1	20051019_38557_0100_PP.tif	Sakit	51	20051020_62337_0100_PP.tif	Sakit
2	20051019_38557_0100_PP.tif	Sakit	52	20051020_62385_0100_PP.tif	Sakit
3	20051020_43832_0100_PP.tif	Sakit	53	20051020_62461_0100_PP.tif	Sakit
4	20051020_43882_0100_PP.tif	Sakit	54	20051020_62510_0100_PP.tif	Sakit
5	20051020_43906_0100_PP.tif	Sakit	55	20051020_62577_0100_PP.tif	Sakit
6	20051020_44261_0100_PP.tif	Sakit	56	20051020_62615_0100_PP.tif	Sakit
7	20051020_44284_0100_PP.tif	Sakit	57	20051020_62709_0100_PP.tif	Sakit
8	20051020_44338_0100_PP.tif	Sakit	58	20051020_62802_0100_PP.tif	Sakit
9	20051020_44349_0100_PP.tif	Sakit	59	20051020_62878_0100_PP.tif	Sakit
10	20051020_44400_0100_PP.tif	Sakit	60	20051020_63045_0100_PP.tif	Sakit
11	20051020_44431_0100_PP.tif	Sakit	61	20051020_63141_0100_PP.tif	Sakit
12	20051020_44598_0100_PP.tif	Sakit	62	20051020_63269_0100_PP.tif	Sakit
13	20051020_44636_0100_PP.tif	Sakit	63	20051020_63337_0100_PP.tif	Sakit
14	20051020_44692_0100_PP.tif	Sehat	64	20051020_63711_0100_PP.tif	Sakit
15	20051020_44714_0100_PP.tif	Sakit	65	20051020_63829_0100_PP.tif	Sakit
16	20051020_44762_0100_PP.tif	Sakit	66	20051020_63936_0100_PP.tif	Sakit
17	20051020_44782_0100_PP.tif	Sakit	67	20051020_64007_0100_PP.tif	Sakit
18	20051020_44843_0100_PP.tif	Sakit	68	20051020_64249_0100_PP.tif	Sakit
19	20051020_44901_0100_PP.tif	Sakit	69	20051020_64388_0100_PP.tif	Sakit
20	20051020_44923_0100_PP.tif	Sakit	70	20051020_64518_0100_PP.tif	Sakit
21	20051020_44982_0100_PP.tif	Sakit	71	20051020_64570_0100_PP.tif	Sakit
22	20051020_45004_0100_PP.tif	Sakit	72	20051020_64653_0100_PP.tif	Sakit
23	20051020_45050_0100_PP.tif	Sakit	73	20051020_64703_0100_PP.tif	Sakit
24	20051020_45068_0100_PP.tif	Sakit	74	20051020_64775_0100_PP.tif	Sakit
25	20051020_45110_0100_PP.tif	Sakit	75	20051020_64836_0100_PP.tif	Sakit
26	20051020_45137_0100_PP.tif	Sakit	76	20051020_64945_0100_PP.tif	Sakit
27	20051020_52801_0100_PP.tif	Sakit	77	20051020_64993_0100_PP.tif	Sakit
28	20051020_53062_0100_PP.tif	Sakit	78	20051020_65166_0100_PP.tif	Sehat
29	20051020_53178_0100_PP.tif	Sakit	79	20051020_65230_0100_PP.tif	Sehat
30	20051020_53997_0100_PP.tif	Sehat	80	20051021_36097_0100_PP.tif	Sakit
31	20051020_54209_0100_PP.tif	Sakit	81	20051021_36208_0100_PP.tif	Sakit
32	20051020_55346_0100_PP.tif	Sakit	82	20051021_36380_0100_PP.tif	Sakit
33	20051020_55701_0100_PP.tif	Sakit	83	20051021_36476_0100_PP.tif	Sakit
34	20051020_56592_0100_PP.tif	Sakit	84	20051021_39222_0100_PP.tif	Sakit
35	20051020_56791_0100_PP.tif	Sakit	85	20051021_39314_0100_PP.tif	Sakit
36	20051020_57157_0100_PP.tif	Sakit	86	20051021_39482_0100_PP.tif	Sakit

No	Image Name	Hasil	No	Image Name	Hasil
37	20051020_57566_0100_PP.tif	Sakit	87	20051021_39552_0100_PP.tif	Sakit
38	20051020_57622_0100_PP.tif	Sakit	88	20051021_39661_0100_PP.tif	Sakit
39	20051020_57761_0100_PP.tif	Sakit	89	20051021_39719_0100_PP.tif	Sakit
40	20051020_57844_0100_PP.tif	Sehat	90	20051021_39845_0100_PP.tif	Sakit
41	20051020_57967_0100_PP.tif	Sehat	91	20051021_39914_0100_PP.tif	Sakit
42	20051020_58065_0100_PP.tif	Sakit	92	20051021_40018_0100_PP.tif	Sakit
43	20051020_58214_0100_PP.tif	Sakit	93	20051021_40074_0100_PP.tif	Sakit
44	20051020_58276_0100_PP.tif	Sakit	94	20051021_40180_0100_PP.tif	Sehat
45	20051020_61557_0100_PP.tif	Sakit	95	20051021_40248_0100_PP.tif	Sakit
46	20051020_61757_0100_PP.tif	Sakit	96	20051021_40377_0100_PP.tif	Sakit
47	20051020_61804_0100_PP.tif	Sakit	97	20051021_40450_0100_PP.tif	Sakit
48	20051020_61907_0100_PP.tif	Sakit	98	20051021_51418_0100_PP.tif	Sakit
49	20051020_61998_0100_PP.tif	Sehat	99	20051021_51476_0100_PP.tif	Sehat
50	20051020_62014_0100_PP.tif	Sehat	100	20051021_51561_0100_PP.tif	Sakit

4.2. Uji coba

Proses pengujian aplikasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengklasifikasian pada citra *diabetic retinopathy* yang diperoleh dari hasil aplikasi ini dengan hasil klasifikasi dari Messidor, Messidor merupakan program riset dibawah naungan Kementerian Riset dan Pertahanan Prancis tahun 2004 yang berkonsentrasi pada *diabetic retinopathy*.

Tabel 5.3 Hasil perbandingan antara program dan Messidor

No	Image Name	Manual	Program	Hasil Perbandingan
1	20051019_38557_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
2	20051019_38557_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
3	20051020_43832_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
4	20051020_43882_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
5	20051020_43906_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
6	20051020_44261_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
7	20051020_44284_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
8	20051020_44338_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
9	20051020_44349_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
10	20051020_44400_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok

No	Image Name	Manual	Program	Hasil Perbandingan
11	20051020_44431_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
12	20051020_44598_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
13	20051020_44636_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
14	20051020_44692_0100_PP.tif	Sehat	Sehat	Cocok
15	20051020_44714_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
16	20051020_44762_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
17	20051020_44782_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
18	20051020_44843_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
19	20051020_44901_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
20	20051020_44923_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
21	20051020_44982_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
22	20051020_45004_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
23	20051020_45050_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
24	20051020_45068_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
25	20051020_45110_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
26	20051020_45137_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
27	20051020_52801_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
28	20051020_53062_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
29	20051020_53178_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
30	20051020_53997_0100_PP.tif	Sehat	Sehat	Cocok
31	20051020_54209_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
32	20051020_55346_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
33	20051020_55701_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
34	20051020_56592_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
35	20051020_56791_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
36	20051020_57157_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
37	20051020_57566_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
38	20051020_57622_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
39	20051020_57761_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
40	20051020_57844_0100_PP.tif	Sehat	Sehat	Cocok
41	20051020_57967_0100_PP.tif	Sehat	Sehat	Cocok
42	20051020_58065_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
43	20051020_58214_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
44	20051020_58276_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
45	20051020_61557_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
46	20051020_61757_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
47	20051020_61804_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
48	20051020_61907_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
49	20051020_61998_0100_PP.tif	Sehat	Sehat	Cocok

No	Image Name	Manual	Program	Hasil Perbandingan
50	20051020_62014_0100_PP.tif	Sehat	Sehat	Cocok
51	20051020_62337_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
52	20051020_62385_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
53	20051020_62461_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
54	20051020_62510_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
55	20051020_62577_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
56	20051020_62615_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
57	20051020_62709_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
58	20051020_62802_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
59	20051020_62878_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
60	20051020_63045_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
61	20051020_63141_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
62	20051020_63269_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
63	20051020_63337_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
64	20051020_63711_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
65	20051020_63829_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
66	20051020_63936_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
67	20051020_64007_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
68	20051020_64249_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
69	20051020_64388_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
70	20051020_64518_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
71	20051020_64570_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
72	20051020_64653_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
73	20051020_64703_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
74	20051020_64775_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
75	20051020_64836_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
76	20051020_64945_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
77	20051020_64993_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
78	20051020_65166_0100_PP.tif	Sehat	Sehat	Cocok
79	20051020_65230_0100_PP.tif	Sehat	Sehat	Cocok
80	20051021_36097_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
81	20051021_36208_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
82	20051021_36380_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
83	20051021_36476_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
84	20051021_39222_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
85	20051021_39314_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
86	20051021_39482_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
87	20051021_39552_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
88	20051021_39661_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok

No	Image Name	Manual	Program	Hasil Perbandingan
89	20051021_39719_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
90	20051021_39845_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
91	20051021_39914_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
92	20051021_40018_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
93	20051021_40074_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
94	20051021_40180_0100_PP.tif	Sehat	Sehat	Cocok
95	20051021_40248_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
96	20051021_40377_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
97	20051021_40450_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
98	20051021_51418_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok
99	20051021_51476_0100_PP.tif	Sehat	Sehat	Cocok
100	20051021_51561_0100_PP.tif	Sakit	Sakit	Cocok

Tabel 5.4 Hasil Dari Uji Coba

Image name	Microaneurysms	Jumlah Micro	Bloodvessels	Exudates	Identifikasi
20051020_44692_0100_PP.tif	0	0	9247	0	Normal
20051020_57967_0100_PP.tif	0	0	12642	0	Normal
20051020_58065_0100_PP.tif	5	1	16303	5	Normal
20051020_44431_0100_PP.tif	0	0	16674	0	Normal
20051020_44400_0100_PP.tif	0	0	19386	0	Tidak Normal
20051020_43808_0100_PP.tif	0	0	19718	12	Tidak Normal
20051020_44284_0100_PP.tif	14	2	21158	106	Tidak Normal
20051020_61757_0100_PP.tif	31	3	21547	2	Tidak Normal
20051020_44261_0100_PP.tif	34	2	21876	77	Tidak Normal
20051020_44338_0100_PP.tif	6	3	21987	0	Tidak Normal
20051020_44982_0100_PP.tif	49	2	22695	0	Tidak Normal
20051020_44762_0100_PP.tif	0	0	23308	0	Tidak Normal
20051020_44714_0100_PP.tif	35	1	23541	0	Tidak Normal
20051020_56791_0100_PP.tif	0	0	25208	0	Tidak Normal
20051020_57157_0100_PP.tif	6	1	26139	0	Tidak Normal
20051020_61998_0100_PP.tif	0	0	6559	0	Normal
20051020_44782_0100_PP.tif	0	0	18331	0	Tidak Normal
20051020_43832_0100_PP.tif	35	3	19289	0	Tidak Normal
20051020_56592_0100_PP.tif	25	2	20436	0	Tidak Normal
20051020_55701_0100_PP.tif	0	0	22935	2	Tidak Normal
20051020_62878_0100_PP.tif	22	2	20245	0	Tidak Normal
20051020_62577_0100_PP.tif	0	0	24041	0	Tidak Normal

Dari data tabel diatas dapat diperoleh data keberhasilan sebagai berikut:

$$\text{Presentasi} = \frac{\text{data keberhasilan}}{\text{jumlah data}} \times 100\%$$
$$\frac{126}{130} \times 100 = 96.92\%$$

Jadi dari hasil perhitungan di atas tingkat keberhasilan klasifikasi fitur *diabetic retinopathy* menggunakan metode *k-means* dengan persentase sebesar 96,92%.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Citra fundus mata yang diuji coba dengan menggunakan aplikasi identifikasi kelainan pembuluh darah berjumlah 130 data sampel citra yang berbeda dengan membandingkan hasil klasifikasi dari menggunakan aplikasi dan manual. Klasifikasi ini menggunakan metode *k-mean* dalam penentuannya dan berdasarkan pembahasan dan uraian pada aplikasi yang telah dibuat beserta uji coba yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kelainan pembuluh darah dapat diidentifikasi menggunakan aplikasi ini dengan presentase kebenaran 96,2%.

5.2. Saran

Aplikasi ini dapat dikembangkan lebih lanjut, parameter nilai yang diambil untuk proses ekstraksi fitur, dan proses pengidentifikasian dapat ditambahkan agar hasil klasifikasi lebih akurat. Metode pada proses *preprocessing* dapat diganti dengan metode lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, Yudi. 2007. *K-Means-Penerapan, Permasalahan dan Metode Terkait*. Jurnal Sistem dan Informatika 3:47-60.
- Akara Sopharak, Bunyarit Uyyanonvara, Sarah Barman dan Thomas H. Williamson. *Automatic Detection of Diabetic Retinopathy Exudates From Nondilated Retinal Images Using Mathematical Morphology Methods*. Comput Med Imaging Graph (2008), doi : 10.1016/j. compmedimag. 2008.08.009.
- Amr Ahmed Sabry Abdel-Rahman Ghoneim, 2008. *Optic Disc Detection From Normalized Digital Fundus Images by Means of a Vessels' Direction Matched Filter*. iee transactions on medical imaging, vol. 27, no. 1
- Anggarawati, Tjandrasa dan Yuniarti. 2012. *Segmentasi Area Makula pada Citra Fundus Retina dengan Operasi Morfologi*. Surabaya: Jurusan Teknik Informatika ITS.
- Bilous, Rudy. 2003. *Diabetes*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Dillak, Yefrenes dan Bintiri, Ganantowe. 2013. *Klasifikasi Citra Diabetic Retinopathy Menggunakan 3D-GLCM Projection*. NTT: Teknik Informatika Politeknik Negeri Kupang.
- Dinar, Febrina dan Sutikno. 2010. *Pengelompokkan Zona Musim (ZOM) dengan Fuzzy K-Means Clustering*. Suabaya: Jurusan Statistika FMIPA ITS.
- Faisal, Muhammad. 2013. *Klasifikasi Penderita Diabetic Retinopathy Menggunakan Support Vector Machines (SVM) Berbasis Fitur*
- Faisal, Purnama, Hariadi, dan Purnomo. 2012. *Retinal Blood Vessel Segmentation In Diabetic Retinopathy Image Using Maximum Tree*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Gagnon, M. Lalonde, M. Beaulieu dan M.-C. Boucher. *Procedure to Detect Anatomical Structures in Optical Fundus Images*. Proceedings of Conference Medical Imaging 2001 : Image Processing (SPIE #4322), San Diego, 19-22 Février 2001, p. 1218-1225. 2001.
- Jelinek, C. Depardieu, C. Lucas, D.J. Cornforth, W. Huang dan M.J. Cree. *Towards Vessel Characterisation in the Vicinity of the Optic Disc in Digital Retinal Images*.

- Kusumadewi dan Pramono. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. 2004. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi dan Rismawan. 2008. *Aplikasi K-Means untuk Pengelompokan Mahasiswa Berdasarkan Nilai Body Mass Index (BMI) & Ukuran Kerangka*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Informatika UII.
- Kusumadewi, Hartati, Harjoko, dan Wardoyo. 2006. *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lathifaturrahmah. 2010. *Perbandingan Hasil Penggerombolan Metode K-Means, Fuzzy K-Means, dan Two Step Cluster*. Bogor: Pasca Sarjana IPB.
- Muhammad, bid Abdullah. 2006. *Tafsir Ibnu Kasir*. Jakarta: Pustaka Imam Syafi'i.
- Munir, Rinaldi. 2003.
- Nurkamid, Mukhamad dan Sutejo. 2010. *Metode Kecerahan Citra Kontras Citra dan Penajaman Citra untuk Peningkatan Mutu Citra*. Kudus: Teknik Informatika.
- Prasetyo, Eko. 2011. *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- Philip S King. *An Investigation into The Design of An Automated Glaucoma Diagnostic System*. Thesis. Texas Tech University. 2004.
- Setiawan, Wahyudin. 2012. *Sistem Deteksi Retinopathy Diabetic Menggunakan Support Vector Machine*. Semarang: Pasca Sarjana Jurusan Sistem Informasi Universitas Diponegoro.
- Thomas Walter and Jean-Claude Klein. *Segmentation of Color Fundus Images of The Human Retina: Detection of The Optic Disc and The Vascular Tree Using Morphological Techniques*. Centre de Morphologie Mathematique Ecole nationale superieure des Mines de Paris.
- Umran, Munzir dan Abidin, Taufik Faudi. 2009. *Pengelompokan Dokumen Menggunakan K-Means dan Singular Value Decomposition Studi Kasus Menggunakan Data Blog*. Banda Aceh: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Syiah Kuala.
- Usman, Ahmad. 2005. *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Viranee Thongnuch dan Bunyarit Uyyanonvara. 2006. *Automatic Detection of Optic Disc from Fundus Images of ROP Infant Using 2D Circular Hough Transform*. Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Thailand.

Wakhidah, Nur. 2012. *Clustering Menggunakan K-Means Algorithm (K-Means Algorithm Clustering)*. Semarang: Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Semarang.

Yusuf, Ahmad Muhammad. 2009. *Ensiklopedi Tematis ayat Al-Quran dan Hadits*. Jakarta: Widya Cahaya.

Zahara, Rizal dan Usman. 2011. *Simulasi untuk Klasifikasi Retinopati Diabetes Nonproliferaatif Berdasarkan Mikroaneurisma dan Hemorrhages*. Institut Teknologi Telkom: Fakultas Elektro dan Komunikasi.

<http://messidor.crihan.fr>

