

**KLASIFIKASI FITUR *DIABETIC RETINOPATHY*
MENGUNAKAN *LEARNING VECTOR*
*QUANTIZATION (LVQ)***

SKRIPSI

Oleh:

IRAWAN

NIM. 09650133



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

**KLASIFIKASI FITUR *DIABETIC RETINOPATHY*
MENGUNAKAN *LEARNING VECTOR*
*QUANTIZATION (LVQ)***

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:
IRAWAN
NIM. 09650133**

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

LEMBAR PERSETUJUAN**KLASIFIKASI FITUR *DIABETIC RETINOPATHY* MENGGUNAKAN
*LEARNING VECTOR QUANTIZATION (LVQ)*****SKRIPSI****Oleh :**

Nama : Irawan
NIM : 09650133
Jurusan : Teknik Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah Disetujui, 3 April 2014

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Muhammad Faisal, M. T
NIP. 197405102005011007

Ririen Kusumawati.M.Kom
NIP. 197203092005012002

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

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 197404242009011008

HALAMAN PENGESAHAN

KLASIFIKASI FITUR *DIABETIC RETINOPATHY* MENGGUNAKAN *LEARNING VECTOR QUANTIZATION (LVQ)*

SKRIPSI

Oleh:
Irawan
NIM. 09650133

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

Susunan Dewan Penguji :

Tanda Tangan

- | | | | | |
|--------------------|---|--|---|---|
| 1. Penguji Utama | : | <u>Dr. Cahyo Crysdian</u>
NIP. 19740424 200901 1 008 | (|) |
| 2. Ketua Penguji | : | <u>Irwan Budi Santoso, M.Kom</u>
NIP. 19770103 201101 1 004 | (|) |
| 3. Sekretaris | : | <u>Dr. Muhammad Faisal, M.T</u>
NIP. 19740510 200501 1 007 | (|) |
| 4. Anggota Penguji | : | <u>Ririen Kusumawati, M.Kom</u>
NIP. 19720309 200501 2 002 | (|) |

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irawan

NIM : 09650133

Jurusan : Teknik Informatika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : KLASIFIKASI FITUR *DIABETIC RETINOPATHY*
MENGGUNAKAN *LEARNING VECTOR QUANTIZATION*
(LVQ)

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 3 April 2014

Irawan
NIM. 09650133

MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ۚ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَب ۚ

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap ”
(Q.S. Al-Insyiroh: 6-8)

“Jadilah orang yang sabar karena kesabaranmu itu akan membuatmu sukses”

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala Puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam,
 Semoga Shalawat dan Salam senantiasa tercurahkan kepada Baginda
 Rosullulloh Saw dan Para Generasi Penerusnya,
 kupersembahkan sebuah karya sederhana untuk orang-orang yang
 paling kusayangi dan aku banggakan
 Ayah dan Ibu
 Ismail AR dan Tia
 Kakak dan Adikku yang Kusayangi
 Gunawan, acu, maya, nasi dan nando
 • Buat Sahabatku
 Mahfuz, Karven, Rahmat akbar, Radi, dhani Ade,
 ince akram, koang, fakhri, ansari, wahyu, Agung T.
 yang selalu membuatku bersemangat berjuang
 Buat orang Special
 Nickend Puji astuti suparta Putri
 Yang telah membantuku dan memberiku semangat
 Serta Seluruh keluarga besarku
 osi, papa ya, bibi ani, bibi caima, dua ati & ina ati
 Semoga Allah SWT melindungi dan menjaga mereka semua.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, segala puja dan puji syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Klasifikasi Fitur Diabetic Retinopathy Menggunakan Learning Vector Quantization (LVQ)”** sebagai salah satu syarat dalam meraih gelar Sarjana di Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Untuk itu, iringan doa dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan terutama kepada Dr. M. Faisal M.T selaku dosen pembimbing I, yang telah membimbing, memotivasi dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi; Ririen kusumawati.M.kom. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing, mengarahkan dalam penyusunan skripsi; Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang; Dr. Hj. Bayyinatul M., drh., M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang; Syahidun Zaman,M.kom, selaku dosen wali yang telah memberikan arahan selama penulis menuntut ilmu di Fakultas Saintek; Ayahanda dan Ibunda tercinta yang telah memberikan segala bentuk dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir ini; Program Messidor selaku mitra program riset Diabetic Retinopathy dengan alamat <http://messidor.crihan.fr>.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk penyempurnaan karya-karya yang akan datang. Harapan dari penulis, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang menggunakannya.

Malang, 3 April 2014

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
1.7 Metode Penelitian.....	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 8
2.1 Learning Vector Quantization(LVQ).....	8
2.2 Penelitian Terkait.....	9
2.3 Matlab.....	11
2.4 Struktur Mata.....	12
2.5 Diabetic Retinopathy.....	16
2.6 Pengolahan Citra.....	20
2.6.1 Dasar Pengolahan Citra.....	22

2.6.2 Operasi Morfologi.....	25
2.6.3 Analisa Texture	26
2.7 Klasifikasi DR menurut pandangan Islam	28

BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN APLIKASI.....32

3.1 Lingkungan Perancangan Perangkat Keras.....	32
3.2 Lingkungan Perancangan Perangkat Lunak.....	32
3.3 Deskripsi Aplikasi.....	33
3.4 Desain Aplikasi	36
3.4.1 Desain Data Aplikasi	36
3.4.1.1 Data Masukkan Aplikasi.....	36
3.4.1.2 Data Proses.....	37
3.4.1.3 Data Keluaran.	37
3.4.2 Akuisisi Citra.....	38
3.4.3 Preprocessing.....	38
3.4.4 Ekstraksi Ciri.....	41
3.4.5 Perancangan Learning Vector Quantization(LVQ)	46
3.4.6 Contoh Perhitungan Dengan LVQ.....	54
3.4.7 Perancangan desain system data	63
3.4.7.1 Perancangan Data Training.....	64
3.4.7.1.1 Input Data Training.....	64
3.4.7.1.2 Preprocessing Data Training	65
3.4.7.1.3 Ekstraksi Ciri Data Training	65
3.4.7.2 perancangan Data testing	67
3.4.7.2.1 Input Data Testing.....	68
3.4.7.2.2 Preprocessing Data Testing.....	68
3.4.7.2.3 Ekstraksi ciri Data Testing.....	69
3.4.7.2.4 Pengujian Data Testing	69
3.4.8 Struktur Data Training	70
3.4.9 Klasifikasi Fitur DR.....	71
3.4.10 Perancangan Antar Muka.....	74

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	76
4.1 Penjelasan Aplikasi	76
4.1.1 Proses Menampilkan Halaman Utama	76
4.1.2 Proses Input Citra	78
4.1.3 Proses Preprocessing	80
4.1.4 Proses Ekstraksi Fitur	82
4.1.5 Proses Klasifikasi Fitur DR	86
4.1.6 Proses Tampil Hasil	94
4.2 Uji Coba	98
4.3 Integrasi Metode Learning Vector Quantization dengan Islam	105
BAB V PENUTUP	109
5.1 Kesimpulan	109
5.2 Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Anatomi Mata	11
Gambar 2.2 Alat Funduskopi	14
Gambar 2.3 Foto Digital <i>Fundus</i> Retina Normal	15
Gambar 2.4 Microaneurysm	16
Gambar 2.5 Haemorrhage.....	17
Gambar 2.6 Soft Exudates	18
Gambar 2.7 Hard Exudates.....	18
Gambar 2.8 Cotton Wool	19
Gambar 2.9 Hasil Operasi Morfologi	25
Gambar 3.1 Blok Diagram Proses Klasifikasi DR	34
Gambar 3.2 Citra Digital Fundus Mata	37
Gambar 3.3 Tahapan Preprocessing	37
Gambar 3.4 Hasil Citra Inputan.....	38
Gambar 3.5 Blok proses preprocessing	38
Gambar 3.6 Operasi Closing	41
Gambar 3.7 Source Code Nilai <i>Bloodvessel</i>	42
Gambar 3.8 Citra asli dan <i>Bloodvessel</i>	42
Gambar 3.9 Blok Deteksi <i>Bloodvessel</i>	42
Gambar 3.10 Source Code Nilai <i>Exudates</i>	43
Gambar 3.11 Citra asli dan <i>Exudates</i>	43
Gambar 3.12 Blok Pendetektasian <i>Exudates</i>	44
Gambar 3.13 Citra Asli dan Deteksi <i>Microaneurysms</i>	44
Gambar 3.14 Blok Deteksi Microaneurysms	45
Gambar 3.15 Source Code Nilai Microaneurysms	46
Gambar 3.16 Arsitektur LVQ.....	46
Gambar 3.17 Diagram Alir pelatihan LVQ	51
Gambar 3.18 Diagram Alir Pengujian LVQ.....	52
Gambar 3.19 Hasil command window	63
Gambar 3.20 Desain Sistem data.....	63
Gambar 3.21 Desain Data Training	64

Gambar 3.22 Blok Input Data Training.....	64
Gambar 3.23 Blok Preprocessing Data Training.....	65
Gambar 3.24 Ekstraksi Data Training.....	66
Gambar 3.25 Citra Retina kelas Normal	66
Gambar 3.26 Citra Retina Kelas NPDR.....	66
Gambar 3.27 Citra Retina Kelas PDR.....	67
Gambar 3.28 Proses Desain Data Testing.....	67
Gambar 3.29 Proses Input Data Testing.....	68
Gambar 3.30 Preprocessing Data Testing.....	68
Gambar 3.31 Ekstraksi Data Testing.....	69
Gambar 3.32 Proses Pengujian Data Testing.....	69
Gambar 3.33 2_20051019_38557_0100_PP.tif.....	71
Gambar 3.34 Source Code Proses Klasifikasi LVQ.....	73
Gambar 3.35 Blok Diagram Proses pengujian.....	74
Gambar 3.36 Tampilan Halaman Utama.....	75
Gambar 4.1 Tampilan Form Halaman Utama.....	77
Gambar 4.2 Proses Input Citra	78
Gambar 4.3 Source Code Untuk Menginput Citra.....	79
Gambar 4.4 Source Code Untuk Menampilkan Citra.....	79
Gambar 4.5 Source Code Untuk Citra Asli.....	80
Gambar 4.6 Source Code RGB ke HSI.....	81
Gambar 4.7 Citra Input RGB dan HSI.....	81
Gambar 4.8 Source Code RGB ke Grayscale.....	82
Gambar 4.9 Proses Imfill(Microaneurysm).....	83
Gambar 4.10 Source Code Proses Imfill Dan Imorade.....	83
Gambar 4.11 Source Code nilai area Microaneursysm.....	83
Gambar 4.12 Hasil Deteksi Exudate.....	84
Gambar 4.13 Source Code nilai area Exudates.....	85
Gambar 4.14 Hasil Deteksi Bloodvessel.....	86
Gambar 4.15 Source Code nilai area Blood Vessel.....	86
Gambar 4.16 Source Code Proses Pelatihan LVQ.....	90
Gambar 4.17 Source Code Proses Pengujian Data Pelatihan LVQ.....	90

Gambar 4.18 Source Code Proses Pengujian Data Uji coba LVQ.....	91
Gambar 4.19 Tampilan Hasil.....	94
Gambar 4.20 Source Code Proses Klasifikasi dengan LVQ	95
Gambar 4.21 Source Code Halaman Utama.....	97



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Data Matrik Input Gambar.....	54
Tabel 3.2 Tabel Data Bobot.....	54
Tabel 3.3 Tabel Data Latih.....	54
Tabel 3.4 Tabel Struktur Data Training.....	70
Tabel 3.5 Tabel Nilai Ekstraksi Citra	71
Table 3.6 Tabel Standar Devisiasi.....	72
Tabel 4.1 Tabel Data Pelatihan.....	87
Tabel 4.2 Tabel Lanjutan Data Pelatihan	88
Tabel 4.3 Tabel Learning Rate dan Epoch	91
Tabel 4.4 Tabel Lanjutan Learning Rate dan Epoch.....	92
Tabel 4.5 Tabel Lanjutan Learning Rate dan Epoch.....	93
Tabel 4.6 Tabel Parameter Proses Pengujian	98
Tabel 4.7 Tabel Hasil Klasifikasi DR oleh Messidor.....	100
Tabel 4.8 Tabel Lanjutan Hasil Klasifikasi DR oleh Messidor.....	101
Tabel 4.9 Tabel Lanjutan Hasil Klasifikasi DR oleh Messidor.....	102
Tabel 4.10 Tabel Hasil Klasifikasi DR oleh Program.....	102
Tebel 4.11 Tabel Lanjutan Hasil Klasifikasi DR oleh Program.....	103
Tabel 4.12 Tabel Hasil Perbandingan Klasifikasi DR.....	103
Tabel 4.13 Tabel Lanjutan Perbandingan Klasifikasi DR.....	104

ABSTRAK

Irawan. 2014. **Klasifikasi Fitur *Diabetic Retinopathy* Menggunakan *Learning Vector Quantization (LVQ)***. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang, Pembimbing: (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T. (II) Ririen kusumawati.M.kom.

Kata kunci: *Diabetic Retinopathy, Learning Vector Quantization (LVQ)*

Salah satu dampak dari penyakit *Diabetic Mellitus(DM)* adalah penyumbatan pembuluh darah mata, dikenal sebagai penyakit *Diabetic Retinopathy (DR)*. 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 klasifikasi *Diabetic Retinopathy* sesuai dengan tingkat stadiumnya yaitu *normal*, *Mild Non-Proliferate Diabetic Retinopathy (Mild NPDR)*, *Moderate Non-Proliferate Diabetic Retinopathy (Moderate NPDR)* dan *Proliferate Diabetic Retinopathy (PDR)*. Penelitian ini menggunakan pengolahan citra digital dengan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)* untuk mengklasifikasi ciri.

Hasil pengujian aplikasi menunjukkan bahwa tingkat keakurasian metode *Learning Vector Quantization (LVQ)* dalam mengklasifikasi DR berdasarkan tingkatannya, normal, MildNPDR, Moderate NPDR dan PDR mencapai 96 %.

ABSTRACT

Irawan. 2014. *Feature Classification of Diabetic Retinopathy Using Learning vector Quantization (LVQ)*. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, State Islamic University (UIN) of Maulana Malik Ibrahim Malang, (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T (II) Ririen kusumawati, M.kom.

Keywords: *Diabetic retinopathy, Learning Vector Quantization (LVQ)*

One of the effects of the Diabetic Mellitus (DM) disease is a blockage of eye blood vessels, known as the Diabetic retinopathy (DR) disease. Symptoms that can be encountered by people affected by this disease are difficulty in reading, blurred vision, sudden decreased vision in one eye, seeing halos, seeing dark spots, and a flashing light. This happens because there is seepage of blood on the lens of the eye.

The research was conducted to create an application that can display the results of the classification diabetic retinopathy according to the stage that is *normal, Mild Non-Proliferate Diabetic Retinopathy (Mild NPDR), Moderate Non-Proliferate Diabetic Retinopathy (Moderate NPDR), and Proliferate Diabetic Retinopathy (PDR)*. The research use digital image processing to clasifiy the features by *Learning Vector Quantization (LVQ)* method.

The application test results shows that level accuracy of *Learning Vector Quantization (LVQ)* method in classify the DR based levels, normal, MildNPDR, Moderate NPDR dan PDR getting to 96%.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Retinopati diabetes merupakan komplikasi mikro vaskuler yang dapat terjadi pada penderita diabetes dan menyerang fungsi penglihatan. Gejala klinis dari penyakit ini adalah munculnya mikroaneurisma yang merupakan pembengkakan pembuluh darah berukuran mikro dan dapat terlihat sebagai titik-titik kemerahan pada retina (I Ketut Gede Darma Putra dkk,2010). Mata adalah salah satu alat indra yang paling penting bagi kita, karena mata berguna untuk melihat dan berperan utama segala aktifitas manusia. Walaupun terdapat sedikit gangguan pada mata kita, itu akan sangat mengganggu aktivitas kita.

Penyakit mata *diabetic retinopathy* (DR) 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*. *Microaneurysm* 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 titik mata, melihat lingkaran-

lingkaran cahaya, melihat bintik gelap dan cahaya berkedip (iqbal dkk, 2006). Gejala ini terjadi karena ada rembesan darah retina yang mengenai lensa mata.

Penelitian epidemiologis di Amerika, Australia, Eropa, dan Asia melaporkan bahwa jumlah penderita DR akan meningkat dari 100,8 juta pada tahun 2010 menjadi 154,9 juta pada tahun 2030 dengan 30% di antaranya terancam mengalami kebutaan. *The Diab Care Asia 2008 Study* melibatkan 1785 penderita DM pada 18 pusat kesehatan primer dan sekunder di Indonesia melaporkan bahwa 42% penderita DM mengalami komplikasi *retinopathy*, dan 6,4% di antaranya merupakan DR *proliferative* (Ratna Sitompul, 2011).

Diabetic Retinopathy digolongkan menjadi tiga jenis: yaitu (1) *Background Diabetic Retinopathy* (BDR), (2) *Proliférate Diabetic Retinopathy* (PDR) and (3) *Severe Diabetic Retinopathy* (SDR). Tahap *Background Diabetic Retinopathy* arteri di retina melemah dan mengalami kebocoran kecil, seperti titik *haemorrhages*. Bocornya *vessel* mendorong terjadinya pembengkakan atau *eudema* retina dan mengurangi ketajaman penglihatan. Tahap *Proliférate Diabetic Retinopathy*, adanya masalah sirkulasi peredaran kekurangan oksigen atau *ischemic*. *vessels* membesar untuk menjaga peredaran oksigen di retina. Peristiwa ini disebut *neovascularisation* dan selanjutnya akan terlihat exudates mulai *soft exudates* sampai *hard exudates*. Tahap *Severe Diabetic Retinopathy* berlanjutnya pertumbuhan *vessel* secara abnormal sehingga menyebabkan permasalahan serius seperti retina *detachment*, glaukoma dan penglihatan berangsur-angsur menjadi buram. Pada tahapan inilah mulai terlihat bercak-bercak putih pada mata yaitu *cotton wool* (Iqbal dkk,2006).

Berdasarkan data di atas, penyakit DR yang akan menimbulkan kebutaan menjadi masalah kesehatan yang diwaspadai di dunia karena kebutaan akan menurunkan kualitas hidup dan produktivitas penderita, yang akhirnya menimbulkan beban sosial masyarakat. Masalah utama dalam penanganan DR adalah keterlambatan diagnosis pada tahap awal. Keterlambatan dalam diagnosis ini seharusnya dapat kita minimalisir sehingga upaya untuk mempertahankan kehidupan dan memelihara kesehatan dapat kita lakukan.

Masalah utama dalam penanganan DR adalah keterlambatan diagnosis pada tahap awal, keterlambatan dalam diagnosis ini seharusnya dapat kita minimalisir sehingga upaya untuk mempertahankan kehidupan dan memelihara kesehatan dapat kita lakukan, dimana al-Quran juga menegaskan dalam surah al-Maidah ayat 32 menjelaskan:

...وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا النَّاسَ جَمِيعاً ...

“...Barang siapa yang menghidupkan seseorang, maka dia bagaikan menghidupkan manusia semuanya...” (QS Al-Maidah [5]: 32).

"Menghidupkan" bukan saja yang berarti "memelihara kehidupan", tetapi juga dapat mencakup upaya "memperpanjang harapan hidup" khususnya dalam penanganan penyakit DR. Penulis akan berupaya untuk mengindetifikasi penyakit DR menggunakan proses komputerisasi. Sehingga keterlambatan diagnosis pada tahap awal dapat diminimalisir

Dalam penelitian ini di usulkan suatu metode *Learning Vector Quantization* (LVQ) untuk mengklasifikasikan fitur *diabetic retinopathy* berdasarkan tingkat keparahannya (stadium).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini antara lain :

1. Bagaimanakah Mengklasifikasi penyakit *diabetic retinopathy* sesuai dengan tingkat stadiumnya dengan menggunakan Metode *Learning Vector Quantization (LVQ)*.
2. Seberapa baik performa metode *Learning Vector Quantization* dalam mengklasifikasi penyakit *Diabetic Retinopathy*.

1.3 Batasan Masalah

Supaya penelitian ini berjalan lancar dan terarah, maka ditentukan batasan masalahnya sebagai berikut :

1. Citra yang digunakan adalah citra retina fundus mata.
2. Proses pengklafikasian di implementasikan dengan MATLAB.
3. Penyakit mata yang di Klasifikasikan adalah *diabetic retinopathy*.
4. Format citra yang digunakan adalah TIFF

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. menampilkan klasifikasi (grade) *diabetic retinopathy* menggunakan metode *Learning Vector Quantization(LVQ)*.
2. Menghitung prosentase keakuarasian metode *Learning Vector Quantization* dalam mengklasifikasi *Diabetic Retinopathy*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi bagi perkembangan pengolahan citra digital medis khususnya klasifikasi citra pada *diabetic retinopathy*.
2. Membantu ahli ophthalmologist dalam mengklasifikasi fitur citra *fundus mata* sesuai dengan jenis kerusakan pada *diabetic retinopathy*.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1.6.1. BAB I Pendahuluan

Pendahuluan, membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penyusunan laporan tugas akhir. Uraian di bab pendahuluan ini memberikan gambaran kepada pembaca terkait maksud dan tujuan dalam penelitian klasifikasi *Diabetic Retinopathy* menggunakan LVQ.

1.6.2 BAB II Landasan Teori

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang mendasari dalam penyusunan tugas akhir ini. Adapun yang dibahas dalam bab ini adalah teori yang berkaitan dengan pengenalan struktur mata, penyakit *Diabetic Retinopathy*, dasar pengolahan citra, dan metode LVQ. Teori yang dijabarkan akan menjadi acuan dalam melakukan perancangan Aplikasi yang dibahas di bab III.

1.6.3 BAB III Analisa dan Perancangan Aplikasi

Bab ini menjelaskan tentang analisa perancangan sistem untuk membuat aplikasi yang dapat mengklasifikasi *Diabetic Retinopathy*. Perancangan aplikasi terdiri atas perancangan proses-proses utama dan desain aplikasi yang terdiri atas desain input, desain output, desain proses dan desain antar muka. Terdapat beberapa proses utama yaitu: akuisisi citra, *preprocessing*, ekstraksi fitur, dan klasifikasi *Diabetic Retinopathy* menggunakan LVQ.

1.6.4 BAB IV Hasil dan Pembahasan

Menjelaskan tentang pengujian aplikasi untuk mengklasifikasi *Diabetic Retinopathy*. Perancangan dan desain aplikasi diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Matlab R2012b. Uji coba dan evaluasi dilakukan terhadap tahapan aplikasi.

1.6.5 BAB V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan pembuatan aplikasi untuk megklasifikasi *Diabetic Retinopathy* menggunakan LVQ.

1.7 Metode Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang telah dirumuskan, maka metode penelitian yang dilakukan dalam penulisan skripsi adalah *library research*, merupakan suatu metode penelitian dengan cara melakukan pengumpulan data secara teoritis dari buku-buku, artikel-artikel, jurnal-jurnal, dan berbagai literatur untuk mendukung

penyusunan skripsi. Pengumpulan data juga dilakukan dengan uji coba aplikasi dengan membandingkan klasifikasi *Diabetic Retinopathy* hasil riset pakar *messidor* dengan program.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Allah SWT berfirman di dalam Alqur'an surat An-Nahl/16 ayat 78 yang berbunyi :

وَاللَّهُ أَخْرَجَكُمْ مِنْ بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ وَالْأَفْئِدَةَ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

Artinya: “Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun, dan dia memberi kamu pendengaran, penglihatan dan hati, agar kamu bersyukur” (Qs. An-Nahl: 78).

Secara tersirat ayat tersebut menyebutkan bahwa Allah SWT menciptakan manusia lengkap dengan alat indra yang dimiliki. Penglihatan, sebagai alat untuk melihat segala sesuatu, terutama dengan penglihatan itu manusia dapat saling mengenal diantara manusia dan bisa menikmati segala sesuatu yang Allah SWT telah ciptakan dimuka bumi ini agar kita bisa mengamati, mencermati, dan belajar lebih banyak dengan alat indra tersebut. Adapun alat indra yang Allah SWT ciptakan untuk melihat adalah mata.

2.1 Learning Vector Quantization (LVQ)

Learning Vektor Quantization (LVQ) merupakan suatu metode neural network untuk melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi. Suatu lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor input. Kelas-kelas yang didapatkan sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini hanya tergantung pada jarak antara vektor-vektor input. Jika dua

vektor input memiliki nilai yang mendekati atau hampir sama, maka dalam lapisan kompetitif akan mengenali kedua vektor input tersebut ke dalam kelas yang sama. Jadi LVQ adalah metode untuk mengklasifikasi (Pengelompokkan) pola dan memiliki output yang mewakili dari kelas tertentu. (Fradika Indrawan,2010).

Dalam hal ini sehimpunan pola yang klasifikasinya di ketahui di berikan bersama distribusi awal vector referensi. Setelah pelatihan jaringan LVQ mengklasifikasikan vektor masukkan dalam kelas yang sama dengan unit keluaranyang memiliki bobot (referensi) yang paling dekat dengan vektor masukkan (Thomas sri widodo, 2005).

2.2 Penelitian Terkait

Yee Foo Ming, (2009). *Identification of Diabetic Retinopathy Stages Using Digital Fundus Images Using Imaging. SIM University in Partial Fulfillment of The Requirements for The Degree of Bachelor of Engineering*. Penelitian yang mengidentifikasi penyakit *DR* berdasarkan tingkat keparahan *Higher* (parah), *Mild* (ringan atau sedang), dan normal. Metode yang digunakan adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan persentase sensitivitas 80% dan spesifisitas 20%.

Ahmad Fazri, (2013). Dalam penelitiannya yang berjudul “Klasifikasi Fitur *Diabetic Retinopathy* Menggunakan *Fuzzy C-Means*”. Dari hasil uji coba dan perhitungan yang telah dilakukan tersebut, Aplikasi dapat mendeteksi ada atau tidaknya *diabetic retinopathy* dalam citra fundus yang diujikan dengan persentase keberhasilan sebesar 93 % dari seluruh citra yang diujikan.

(Viranee Thongnuch dkk, 2006) 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, penapisan menggunakan filter perata-rata, 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%.

Niyalatul Muna, (2013) Identifikasi Diabetic Retinopathy yang dideteksi menggunakan program di lakukan tiga kali pengujian dengan melakukan pelatihan sebanyak 40 data dan uji coba sebanyak 20 data. Untuk uji coba selanjutnya menggunakan 30 sampel citra fundus Diabetic Retinopathy yang berbeda dengan membandingkan hasil dari identifikasi secara manual. Berdasarkan pembahasan dan uraian pada aplikasi yang telah dibuat beserta uji coba yang telah dilakukan. Aplikasi dapat mendeteksi Diabetic Retinopathy berdasarkan stadiumnya yaitu normal, NPDR, dan PDR dalam citra fundus yang diujikan dengan persentase keberhasilan sebesar 90 % dari seluruh citra yang diujikan.

Dalam penelitian (Akara Sopharakdkk, 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.

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

(J. David *et.al.*2008) mendapatkan kandidat *optic disk* dengan penapisan menggunakan filter median kemudian operasi morfologi *closing* diikuti *opening* untuk menghilangkan pembuluh darah.

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

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 kekuning-kuningan, dalam citra dalam format *gray-level*

2.3 Matlab

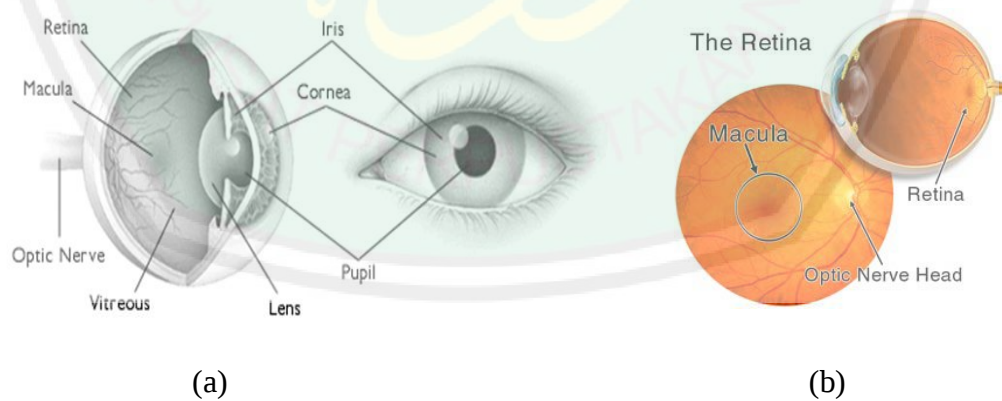
Matlab adalah suatu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang di peruntukkan untuk komputasi teknis. Matlab mengintegrasikan aspek komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam suatu lingkungan yang mudah di lakukan. Matlab bisa di pergunkan untuk aplikasi seperti pemodelan, simulasi, komputasi,

matematika, data analisis, eksplorasi, visualisasi, pembuatan grafik ilmiah dan engineering, pembuatan graphical user interface (Budi santoso, 2007). Matlab merupakan perangkat lunak yang cocok di pakai sebagai alat komputasi yang melibatkan penggunaan matriks dan vector. Fungsi-fungsi dalam toolbox Matlab dibuat untuk memudahkan perhitungan tersebut. Sebagai contoh, matlab dapat dengan mudah di pakai untuk menyelesaikan permasalahan system persamaan linear, program linear dengan simpleks, hingga system yang kompleks seperti peramalan runtun waktu(time series), pengolahan citra, dan lain-lain (Jong Jek Siang, 2009).

2.4 Struktur Mata

Bagian-bagian pada organ mata saling bekerjasama menghantarkan cahaya dari sumbernya menuju ke otak untuk dapat dicerna oleh system saraf manusia.

Berikut gambar mata manusia :



Gambar 2.1 (a) Anatomi Mata (Aung Kyaw Thet, 2010) dan (b) Retina mata (Iqbal dkk, 2006)

Bagian-bagian pada organ mata saling bekerja sama menghantarkan cahaya dari sumbernya menuju ke otak untuk dapat dicerna oleh system saraf manusia. Berikut adalah anatomi bagian-bagian mata :

a. *Kornea*

Kornea Merupakan bagian depan transparan dari mata yang menutupi iris dan pupil. Bersama dengan lensa, kornea membias cahaya, dan sebagai hasilnya membantu mata untuk fokus.

b. *Sclera*

Sclera Merupakan lapisan pelindung berwarna putih yang melapisi bola mata. Sclera berfungsi untuk melindungi bola mata dari serangan apapun baik dari sisi luar atau dalam mata.

c. *Pupil*

Pupil terletak di pusat dari iris dan bertugas mengontrol jumlah cahaya yang memasuki mata.

d. *Iris*

Iris berfungsi Jaringan mengontrol tingkat cahaya di dalam mata, mirip dengan aperture pada kamera dengan pelebaran atau kontraksi. pada saat terang, iris akan menyempit untuk membatasi agar cahaya yang masuk ke dalam mata tidak terlalu banyak. Sebaliknya, iris akan melebar pada saat keadaan gelap.

e. *Lensa*

Lensa mata memiliki bentuk transparan cembung ganda. Bersama dengan kornea, lensa membantu mata membiaskan cahaya agar dapat

difokuskan ke retina. Tidak seperti kornea, kelengkungan lensa mata tidak tetap dan bervariasi, tergantung dari jarak fokus objek.

f. Retina

Retina berbentuk tipis dan sensitif terhadap cahaya, terletak di bagian belakang mata yang bertindak seperti film di kamera. Cahaya yang masuk ke mata harus benar-benar fokus ke retina, dan permukaan retina harus rata, halus, dan dalam keadaan baik agar menghasilkan gambar yang jelas. Dalam proyek ini penulis akan lebih memfokuskan penelitian pada bagian retina mata.

g. Vitreous

Vitreous adalah gel bening yang mengisi ruang antara lensa dan retina dari bola mata manusia dan membantu menjaga retina dalam situasi apapun.

h. Koroid

Koroid terletak antara retina dan sclera. Koroid terdiri dari lapisan pembuluh darah yang memberi nutrisi di bagian belakang mata dan memasok darah ke retina.

i. Saraf optik

Saraf optik adalah saraf yang bertugas untuk mentransmisikan informasi visual dari retina ke otak.

j. Makula

Makula terletak kira-kira di tengah retina. Makula berbentuk kecil dan menjadi bagian yang sangat sensitif dari retina serta bertanggung jawab untuk merespon penglihatan secara detail. (Alvian Nasukhi, 2012)

Permukaan mata pada bagian dalam biasanya disebut *fundus*, ini terletak bertentangan dengan lensa dari ophtamoloskop. *Fundus* tersebut terdiri dari beberapa bagian yaitu *retina*, *macula*, *fovea*, *optic disk* dan *posterior pole*. Berikut adalah sebuah gambar dari ophtamoloskop.

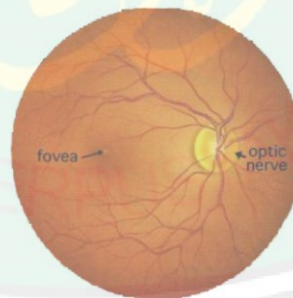


Gambar 2.2 Alat Funduscopi *Topcon TRC NW6 non-mydratic retinograph* (Ahmad Fazri, 2013)

Desain optic dari kamera fundus ini didasarkan pada prinsip oftalmoskopi langsung. Sebuah kamera fundus memberikan gambar fundus tegak lurus diperbesar, sebuah kamera biasanya melihat 30 sampai 50 derajat dari daerah retina, dengan perbesaran 2.5 kali, dan memungkinkan pemodifikasian melalui zoom atau lensa tambahan 15 derajat yang memberikan 5 kali perbesaran sampai 140 derajat dengan lensa sudut lebar setengah dari gambar. Pengambilan gambar fundus mata dilakukan dengan kamera yang mirip seperti optalmoskop, sketika tombol untuk pengambilan gambar ditekan, bayangan memotong jalur pada

system pencahayaan yang mengizinkan cahaya dari lampu flash untuk masuk kedalam mata. Secara serempak bayangan jatuh didepan teleskop observasi, yang mengarahkan cahaya ke media penangkapan bayangan, apakah itu film atau CCD digital. Karena kecenderungan mata untuk menampung bayangan selama melihat melalui telescope, hal ini sangat penting bahwa vegence keluar sejajar dalam rangka untuk memfokuskan gambar yang akan dibentuk pada media penangkapan (Ahmad fazri, 2013).

Fundus adalah permukaan dalam mata, yang terletak bertentangan dengan lensa. Boleh dilihat dengan menggunakan oftalmoskop. *Px fundus* disebut *oftalmoskopi / funduskopi*. Terdiri dari retina, makula, fovea, optic disc dan posterior pole (retina yang terletak antara macula dan ptic disc). Gambar di bawah ini menunjukkan bentuk visual mata normal dengan pembuluh darah mata (*retinal vasculature*) dan pembuluh darah kecil yang sempurna.



Gambar 2.3 Foto Digital *Fundus* Retina Normal (Tomi Kauppi, 2006)

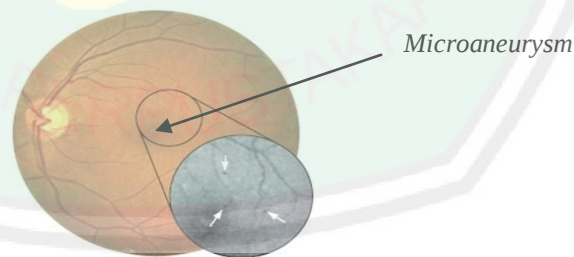
2.5 Diabetic Retinopathy

Diabetic Retinopathy adalah komplikasi mikrovaskular yang dapat terjadi pada pasien diabetes yang tidak ditangani dengan baik. Penyakit tersebut dapat mengganggu penglihatan, sehingga pada suatu saat dapat menyebabkan kebutaan.

Penyakit ini cukup banyak terjadi di Indonesia, oleh karena itu penelitian di bidang diagnosis retinopati diabetes menarik untuk dibahas. Pada penderita retinopati diabetes terdapat beberapa tanda-tanda kelainan pada retina salah satunya yaitu mikroneurisma (Darma putra dkk, 2010).

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.

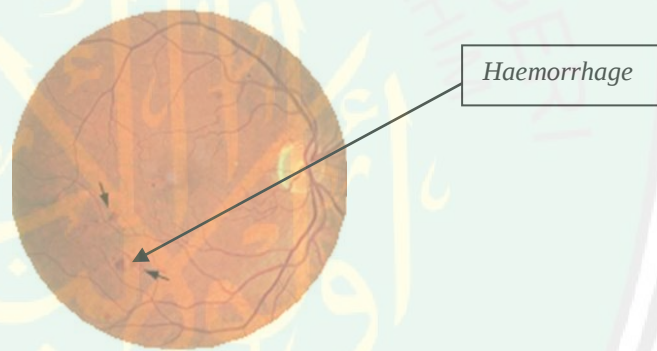
Pembuluh darah kapiler merupakan pembuluh darah yang sangat kecil, berbentuk seperti tabung yang sempit dengan diameter sekitar 5-10 μm . Pembuluh darah ini memungkinkan terjadinya sirkulasi mikro yang melibatkan beberapa substansi termasuk air, oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), zat makanan, dan residu zat kimia antara pembuluh darah dan jaringan lunak di sekitarnya (Ahmad fazri, 2013).



Gambar 2.4 *Microneurysm* pada penderita *Diabetic Retinopathy* (tanda panah)
(Tomi Kauppi, 2006)

Microaneurysm merupakan titik merah kecil di antara pembuluh darah retina. Hal ini terjadi karena dinding pembuluh darah terkecil (*Microneurysm*) melemah kemudian pecah. Dalam beberapa kasus *microaneurysm* ini meledak menyebabkan haemorrhage. Seiring dengan kebocoran darah, lemak dan protein

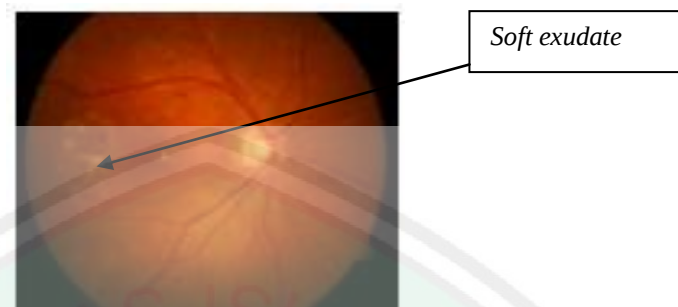
juga ikut keluar dari pembuluh darah titik terang kecil yang dinamakan *exudate*. Selanjutnya beberapa bagian dari retina menjadi isemik (kekurangan darah). Area isemik ini tampak pada retina sebagai gumpalan bulu halus berwarna putih yang dinamakan noda *cotton wool*. Sebagai tanggapan atas daerah isemik 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 menganalisis karakteristiknya pada retina.



Gambar 2.5. *Haemorrhage* pada penderita *diabetic retinopathy* (tanda panah)
(Tomi Kauppi, 2006)

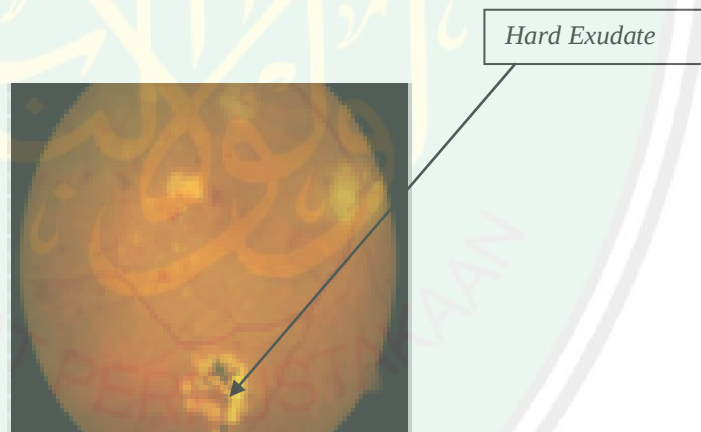
Haemorrhage (gambar 2.5) merupakan kerusakan akibat *diabetic retinopathy* berupa bercak-bercak merah darah akibat pecahnya *microneurysm*, kerusakan ini terus berlanjut dan semakin meluas bila tidak segera ditangani secara baik bisa mengakibatkan *exudates*.

Dari pemeriksaan visual, *exudates* tampak dengan bentuk yang berbeda dengan warna putih atau kekuning-kuningan dengan ukuran yang bermacam-macam. *Exudate* sering terlihat seperti lapisan dalam struktur besar mengelilingi cluster *microaneurysms*. Sebagian terlihat dalam berbagai ukuran, letak dan bentuk seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.



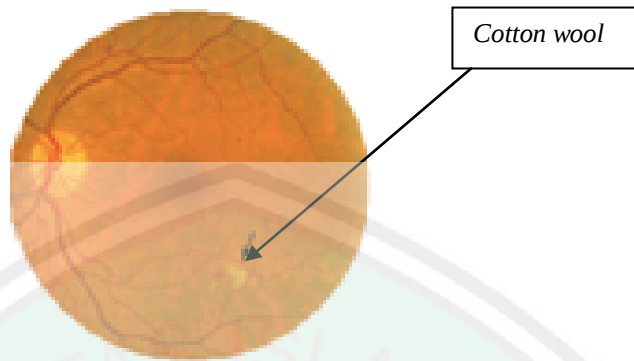
Gambar 2.6 *Soft Exudate* pada penderita *diabetic retinopathy* (tanda panah)
(Tommi Kauppi, 2006).

Soft exudates (lihat Gambar 2.6) merupakan kerusakan akibat *diabetic retinopathy* berupa bercak-bercak putih kecil kekuning-kuningan, kerusakan ini terus berlanjut dan semakin meluas bila tidak segera ditangani secara baik bisa mengakibatkan *hard exudates*.



Gambar 2.7 *Hard Exudate* pada penderita *diabetic retinopathy*
(Tomi Kauppi, 2006)

Hard exudate (lihat Gambar 2.7) merupakan kerusakan akibat *diabetic retinopathy* yang terlihat melebar dan membesar, kerusakan ini terus berlanjut bila tidak segera ditangani secara baik dan bisa mengakibatkan kondisi mata semakin parah dan bisa mengakitatnya muncul bercak-bercak putih seperti kapas yang disebut sebagai *cotton wool*.



Gambar 2.8 Retina yang terkena *cotton wool* (Tomi Kauppi, 2006)

Cotton wool (lihat Gambar 2.8) merupakan kerusakan akibat *diabetic retinopathy* yang terlihat berupa bercak-bercak putih seperti kapas, kerusakan ini terus berlanjut bila tidak ditangani secara baik dan bisa mengakibatkan kondisi mata semakin parah dan bisa mengakibatkan kebutaan.

2.6 Pengolahan Citra

Ada dua prinsip daerah aplikasi pengolahan citra digital: peningkatan informasi pictorial untuk interpretasi manusia; dan pengolahan data citra untuk penyimpanan, transmisi dan representasi bagi peralatan persepsi (perception).

Sebuah citra didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitudo dari f pada sembarang pasangan koordinat (x,y) disebut *intensity* (intensitas) atau *graylevel* (level keabuan) dari citra pada titik tersebut. Ketika x,y dan nilai intensitas dari f adalah semua terbatas, discrete quantities, kita sebut citra tersebut *digital image* (citra digital). Citra digital terdiri dari sejumlah elemen tertentu, setiap elemen mempunyai lokasi dan nilai tertentu. Elemen-elemen ini disebut *picture elements*, *image*

elements, pels, dan pixel. Piksel adalah istilah yang sudah di gunakan secara luas untuk menyatakan elemen citra digital.

Penglihatan adalah indra yang paling peka sehingga tidak mengejutkan bila citra memainkan peran paling penting dalam persepsi manusia. Bagaimanapun, tidak seperti manusia yang terbatas dalam band penglihatan spektrum elektromagnetik (EM), mesin pencitraan mencakup hampir semua spektrum EM, dengan jangkauan mulai dari sinar gamma sampai gelombang radio. Mesin tersebut dapat mengoperasikan citra yang di hasilkan oleh sumber yang manusia tidak biasa hubungkan dengan citra, termasuk ultrasound, electron microcopy dan komputer pembuat citra. Karena itu, pengolahan citra digital meliputi daerah aplikasi yang luas dan bermacam-macam (Eko prasetyo, 2011).

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

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya 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. Sebagian harus digabung dengan citra lain. (Munir, 2004).

2.6.1 Dasar Pengolahan Citra Digital

Secara umum, langkah-langkah dalam pengolahan citra digital dapat dijabarkan sebagai berikut ini:

1. Akuisisi Citra

Akuisisi citra adalah tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Tujuan Akuisisi citra adalah untuk menentukan data yang diperlukan dan memilih metode perekaman citra digital. Pada penelitian data ini digunakan pengambilan citra *fundus*.

2. Preprocessing

Tahapan ini akan diperlukan dalam penelitian untuk menjamin kelancaran pada proses berikutnya . Hal-hal penting yang akan dilakukan pada tingkatan ini di antaranya adalah (T. Sutoyo dkk, 2009):

- a. Peningkatan kualitas citra (kontras, *brightness*, dan lain-lain)
- b. Menghilangkan noise
- c. Perbaikan citra (*image restoration*)
- d. Transformasi (*image transformation*)
- e. Menentukan bagian citra yang akan diobservasi

Peningkatan kualitas citra dapat dibagi menjadi dalam dua kategori, yaitu metode domain spasial (ruang atau waktu) dan metode domain frekuensi. Teknik pemrosesan metode domain spasial berdasarkan

manipulasi langsung dari piksel di dalam citra. Sedangkan teknik pemrosesan metode domain frekuensi adalah berdasarkan perubahan transformasi fourier pada citra (T.Sutoyo dkk, 2009).

3. Kompresi citra (image compression)

Jenis operasi ini dilakukan agar citra dapat direpresentasikan dalam bentuk yang lebih kompak sehingga memerlukan memori yang lebih sedikit. Hal penting yang harus diperhatikan dalam kompresi citra adalah citra yang telah dikompresikan harus tetap mempunyai kualitas gambar yang bagus. Contoh metode kompresi citra adalah metode JPEG. Misalkan citra kapal yang berukuran 258 kb. Hasil kompresi citra dengan metode JPEG dapat mereduksi ukuran citra semula sehingga menjadi 49kb saja.

4. Segmentasi citra (image segmentation)

Segmentasi citra merupakan suatu proses pengelompokkan citra menjadi beberapa region berdasarkan kriteria tertentu. Berdasarkan pengertiannya, segmentasi memiliki tujuan menemukan karakteristik khusus yang dimiliki suatu citra. Oleh karena itulah, 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 antara lain :

- a. Teknik threshold, yaitu pengelompokan citra sesuai dengan distribusi properti pixel penyusun citra.

- b. Teknik region-based, yaitu pengelompokkan citra kedalam region-region tertentu secara langsung berdasar persamaan karakteristik suatu area citranya.
- c. edge-based methods, yaitu pengelompokkan citra kedalam wilayah berbeda yang terpisahkan karena adanya perbedaan
- d. perubahan warna tepi dan warna dasar citra yang 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)

Jenis operasi ini bertujuan menghitung besaran kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsinya. Teknik analisis citra mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam identifikasi objek. Proses segmentasi kadangkala diperlukan untuk melokalisasi objek yang diinginkan dari sekelilingnya. Contoh operasi analisis citra:

- a. Pendeteksian tepi objek (edge detection)
- b. Ekstraksi batas (boundary)
- c. Representasi daerah (region)

6. Rekonstruksi citra (image reconstruction)

Jenis operasi ini bertujuan untuk membentuk ulang objek dari beberapa citra hasil proyeksi. Operasi rekonstruksi citra banyak digunakan

dalam bidang medis. Misalnya beberapa foto rontgen dengan cinar X digunakan untuk membentuk ulang gambar organ tubuh.

2.6.2 Operasi Morfologi

Teknik morfologi di gunakan untuk pre atau postprocessing, seperti morfologi filtering, thinning dan pruning. Operasi dasar dalam morfologi adalah dilasi dan erosi, yang kemudian di kembangkan menjadi opening dan closing (Eko prasetyo, 2011).

Operasi morfologi adalah seperangkat operasi pengolahan citra yang menganalisis bentuk dalam gambar. Hal ini berlaku untuk penataan elemen gambar dan menampilkan gambar dengan ukuran yang sama. Nilai output dari setiap pixel ditentukan oleh pixel terdekatnya dengan pixel yang sesuai gambar masukan. Ukuran dan bentuk elemen penataan mempengaruhi jumlah piksel yang ditambahkan atau dihapus dari objek dalam gambar. Operasi morfologi yang paling dasar yang digunakan adalah dilatasi dan erosi. Erosi menghilangkan piksel pada batas-batas objek dalam gambar dengan mengubah ke pixel *background*, *shrinks* objek dan memecah satu objek. Pelebaran pada sisi lain, menambahkan piksel dengan batas-batas objek dengan mengubah pixel *background* sekitarnya. Hal ini akan memperbesar objek dan beberapa objek bisa bergabung menjadi satu (Image Processing Toolbox, diakses: 2012).

Opening atau *closing* adalah fungsi tunggal dengan kombinasi pelebaran dan erosi. Dalam *opening*, gambar akan menjalani erosi diikuti dengan pelebaran. Ini menghapus piksel objek yang kecil sebelum memperluas sambil tetap dalam operasi *closing*, gambar akan menjalani pelebaran diikuti oleh erosi. Ini

menghilangkan piksel *backgraound* yang kecil sebelum memperbesar sisanya. Dengan cara ini, kontur objek diperhalus dan objek kecil yang merenggang menyatu. Fungsi-fungsi ini membantu untuk menangani *noise* pada gambar atau menyesuaikannya.



Gambar 2.9 Hasil dari Operasi Morfologi: (a) *Original Image*, (b) *Erosion*, (c) *Dilation*, (d) *Opening*, (e) *Closing* (Sumber: Steven, W.Smith: 2012)

2.6.3 Analisa Texture

Istilah tekstur pada kehidupan sehari-hari adalah berkaitan dengan sifat permukaan benda yaitu kasar, halus atau bergelombang saat tersentuh indera peraba kita. Sebuah tekstur dikatakan kasar jika perbedaan tinggi-rendah antara titik-titik pada permukaan obyek besar, namun jika sebaliknya perbedaan tinggi rendah pada masing-masing titik pada permukaan obyek rendah, maka tekstur tersebut dikatakan halus. Pada tekstur citra digital juga berlaku sama, tetapi bukan dengan mengukur tinggi rendah titik-titik pada permukaan obyek dengan jari melainkan dengan menganalisa tingkat keabuan citra tersebut (Cucun Very Angkoso, 2011).

Pada umumnya menentukan tekstur sebuah citra digital adalah dengan mengukur perbedaan tingkat keabuan (kontras) dengan melakukan *windowing*.

Citra digital memiliki beberapa elemen-elemen dasar seperti yang disebutkan berikut ini (Munir, 2004):

a. Kecerahan (*brightness*)

Kecerahan disebut juga intensitas cahaya. Kecerahan pada sebuah titik (piksel) di dalam citra bukanlah intensitas yang riil, tetapi sebenarnya adalah intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya.

b. Kontras (*contrast*)

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

c. Kontur (*contour*)

Kontur adalah keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada piksel-piksel yang bertetangga. Karena adanya perubahan intensitas mata manusia dapat mendeteksi tepi-tepi (*edge*) obyek di dalam citra.

d. Warna (*colour*)

Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem *visual* manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh obyek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang (λ). Warna warna yang diterima oleh mata merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang berbeda. Kombinasi warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah *red* (R) merah, *green* (G) hijau, *blue* (B) biru.

e. Bentuk (*shape*)

Shape adalah *property intrinsic* dari obyek tiga dimensi, dengan pengertian bahwa *shape* merupakan *property intrinsic* utama untuk sistem *visual* manusia. Pada umumnya citra yang dibentuk oleh mata merupakan citra dwimatra (2 dimensi), sedangkan obyek yang dilihat umumnya berbentuk trimatra (3 dimensi). Informasi bentuk dari obyek yang sedang diteliti dapat diekstraksi dari citra pada saat proses *preprocessing* dan segmentasi citra.

f. Tekstur (*texture*)

Tekstur diartikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetangga. Jadi tekstur tidak dapat didefinisikan untuk sebuah piksel. Sistem *visual* manusia menerima informasi citra sebagai suatu kesatuan. Resolusi citra yang diamati ditentukan oleh skala pada mana tekstur tersebut dipersepsi. Analisis tekstur merupakan topik penting dalam dunia *machine vision*. Kinerja algoritma pada sistem ketika menganalisis berbagai tekstur akan dievaluasi ataupun dibandingkan terhadap kinerja sistem *visual* manusia yaitu saat melakukan tugas yang sama. Sehingga nantinya sebuah sistem akan dikatakan baik jika mampu melakukan kerja sebaik seperti sistem *visual* manusia atau bahkan melebihinya.

2.7 Klasifikasi Fitur *Diabetic Retinopathy* Menurut Pandangan Islam

Klasifikasi pada citra *Diabetic Retinopathy* merupakan salah satu upaya pendeteksian dini tingkat keparahan penderita penyakit *Diabetes Melitus*.

Sehingga, diharapkan dapat membantu dokter dalam melakukan diagnosis dan menentukan tindakan prepektif yang akan dilakukan kepada pasien dan cara pengobatannya.

Dikalangan medis terkenal semboyan “Mencegah lebih baik dari pada mengobati”. Oleh karena itu, manusia disuruh berusaha untuk mencari pengetahuan dan mencari alternatif pengobatan agar bisa melakukan mencegah terhadap segala bentuk penyakit. Untuk itulah dalam proses untuk mengdiagnosis penyakit *Diabetic Retinopathy* diawal, penulis membutuhkan ilmu pengetahuan yang dapat membantu dalam melakukan klasifikasi diawal pada penyakit *Diabetic Retinopathy* ini untuk dapat membantu penelitian, Allah SWT telah menjanjikan dalam salah satu ayat Al Qur'an, bahwa akan mengangkat derajat orang- orang mukmin yang tunduk kepada perintah-Nya dan Rosul-Nya. Dan secara khusus Allah menyebut janji itu untuk orang- orang yang berilmu diantara orang- orang yang beriman itu. Janji Allah SWT secara nyata menandakan penghargaan Islam kepada ilmu dan orang yang berilmu.

مَنْ أَرَادَ الدُّنْيَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ وَمَنْ أَرَادَ هُمَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ (رواه الطبراني)

Artinya : ”Barangsiapa yang menginginkan kehidupan dunia, maka ia harus memiliki ilmu, dan barang siapa yang menginginkan kehidupan akhirat maka itupun harus dengan ilmu, dan barang siapa yang menginginkan keduanya maka itupun harus ada ilmu” (HR. Thabrani).

Dari hadits tersebut diatas, manusia haruslah senantiasa haus akan ilmu dan pengetahuan dalam bidang apapun. Seperti halnya dalam penyakit DR, dimana di dalam pengobatan penyakit ini tentunya harus menggunakan ilmu pengetahuan yang banyak.

Dalam pandangan 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 di uji. Thurmudzi dan Ibn Majah meriwayatkan 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, tidak berputus asa. (Sumber : Basri Iba Asghary, 1994: 4-5). Untuk itu manusia harus tetap berusaha sebaik mungkin untuk penyembuhan dari sakit ataupun mencegah rasa sakit.

Di riwayatkan juga dari Usamah bin Syuraik RA. Dari rosulullah SAW bahwa beliau bersabda:

Berobatlah wahai hamba Allah SWT karena sesungguhnya Allah SWT tidak membuat penyakit kecuali Dia membuat obat untuknya kecuali satu penyakit, yaitu penyakit usia tua. Pikun.”(HR. Ahmad dan al-Arba’ah)

Melalui hadist ini, Rasulullah memerintahkan umatnya untuk berobat, apabila terindikasi gejala-gejala menderita suatu penyakit, termasuk gejala-gejala penyakit diabetes. Semakin cepat dan dini penyakit diabetes terdeteksi, semakin ringan diabetes dapat disembuhkan. Rasulullah juga menegaskan bahwa tidak ada penyakit yang tidak ada obatnya karena Allah tak akan menciptakan suatu

penyakit tanpa menciptakan obat nya, dan semua penyakit pasti bisa disembuhkan kecuali penyakit pikun.

Semua ini merupakan dorongan bagi para dokter dan ilmuwan muslim untuk terus meningkatkan pengetahuan, wawasan dan keahlian mereka dalam bidang kedokteran dan kaidah-kaidah agar pengobatan yang dilakukan terhadap suatu penyakit benar-benar tepat.

Hal ini tentunya sejalan dengan usaha para ilmuwan dan dokter yang sampai saat ini terus berusaha untuk mencari metode pengobatan baru atau menyempurnakan pengobatan yang sudah ada, sehingga teknologi di ruang lingkup medis dapat lebih efektif dan maju untuk menangani penyakit, salah satunya mengobati penderita DR.

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN APLIKASI

Pada bab ini akan diuraikan mengenai metode penelitian untuk mengklasifikasi penyakit *Diabetic Retinopathy* pada citra digital fundus mata. Dalam metode penelitian ini akan membahas 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 ini:

3.1 Lingkungan Perancangan Perangkat Keras

Untuk merancang dan membuat program klasifikasi fitur *diabetic retinopathy* pada citra digital fundus mata menggunakan metode Learning Vector Quantization (LVQ) menggunakan perangkat computer dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Processor Intel® Core i3 CPU M350 2.27 GHz
2. VGA Intel(R) HD Graphics
3. RAM 2048 MB
4. Harddisk 320 GB
5. Perangkat output monitor LED 14"
6. Keyboard dan mouse.

3.2 Lingkungan Perancangan Perangkat Lunak

Untuk merancang dan membuat program Klasifikasi fitur *Diabetic Retinopathy* menggunakan metode *Learning Vector Quantization*, penulis menggunakan beberapa perangkat lunak yaitu:

1. Sistem Operasi 7 Ultimate

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

2. Matlab R2012b

Matlab merupakan perangkat lunak yang cocok di pakai sebagai alat komputasi yang melibatkan penggunaan matriks dan vector. Fungsi-fungsi dalam toolbox Matlab dibuat untuk memudahkan perhitungan tersebut. sebagai contoh, matlab dapat dengan mudah di pakai untuk menyelesaikan permasalahan system persamaan linear, program linear dengan simpleks, hingga system yang kompleks seperti peramalan runtun waktu (time series), pengolahan citra, dan lain-lain (Jong Jek Siang, 2009).

3. Microsoft Office 2007

Microsoft office adalah sebuah paket aplikasi yang digunakan untuk pembuatan dan penyimpanan dokumen yang berjalan di bawah system operasi windows. Microsoft office dalam perancangan sistem digunakan untuk melakukan perancangan dan pembuatan laporan dari penelitian ini.

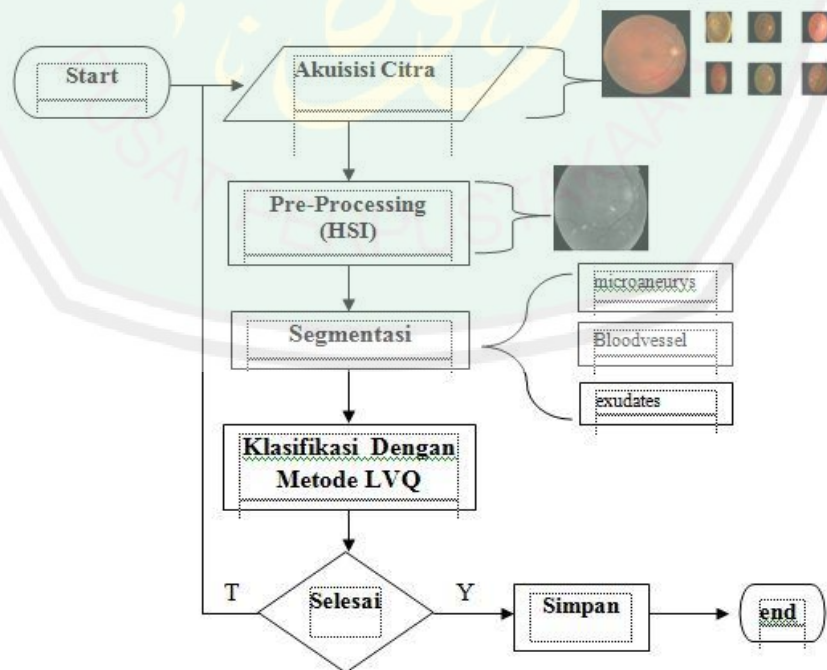
3.3 Deskripsi Aplikasi

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai deskripsi aplikasi yang dikerjakan pada skripsi ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat suatu program yang mampu mengklasifikasi *Diabetic Retinopathy* sesuai tingkat stadiumnya dengan menggunakan metode Learning Vector Quantization (LVQ).

Pada awalnya pengguna memasukkan input data berupa citra *fundus Diabetic Retinopathy*. Proses awal yang harus dilakukan sebelum aplikasi melakukan proses klasifikasi, terlebih dahulu aplikasi melakukan proses *preprocessing* guna mendapatkan hasil klasifikasi yang maksimal.

Preprocessing yang dilakukan antara lain meliputi konversi citra berwarna menjadi HSI, penajaman citra, menghilangkan *optic disk*, mendeteksi *microaneurysms*, *Bloodvessel*, dan *exudates*.

Setelah *preprocessing* selesai, proses selanjutnya ialah klasifikasi dengan menggunakan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)*, sehingga nantinya akan diperoleh hasil akhir berupa citra *fundus* yang telah terkena penyakit *Diabetic Retinopathy* berdasarkan tingkat stadiumnya (normal, NPDR, dan PDR). Dibawah ini adalah alur proses klasifikasi fitur *diabetic retinopathy*.



Gambar 3.1 Blok Proses Klasifikasi fitur *Diabetic Retinopathy*

Gambar diatas merupakan alur proses klasifikasi secara garis besar dalam penelitian ini. Keterangan :

a. Akuisi citra

Menginputkan citra fundus yang dibaca oleh MATLAB sebagai citra RGB yang tidak banyak mewakili nilai brightness sebagai informasi terpenting dari sebuah citra.

b. Pre-processing

Preprocessing merupakan proses penyiapan gambar sebelum di klasifikasi yang mempunyai beberapa tahapan yang akan dijelaskan pada pembahasan selanjutnya.

c. Segmentasi

Segmentasi merupakan tahapan ekstraksi ciri dari microaneurysm, bloodvessel, dan exudates yang nantinya untuk mendapatkan hasil klasifikasi berdasarkan tingkat keparahanya

d. Klasifikasi *fitur Diabetic Retinopathy* merupakan proses untuk megklasifikasi tingkatan penyakit *Diabetic Retinopathy* berdasarkan 3 jenis klasifikasi yaitu normal, *NPDR*, *PDR* dengan menggunakan metode *Learning Vector Quantization*.

e. Proses dapat berhenti di sini atau dapat diulang dengan klasifikasi selanjutnya menggunakan citra atau objek yang berbeda.

f. Menyimpan hasil klasifikasi ke dalam database excel.

g. selesai

3.4 Desain Aplikasi

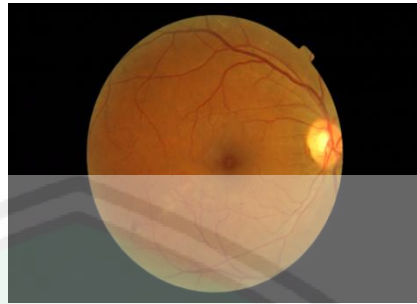
Pada tahap ini akan dijelaskan desain aplikasi untuk menerapkan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)* dalam proses klasifikasi fitur *Diabetic Retinopathy*. Desain Aplikasi ini meliputi desain data, desain proses, desain *interface*. Desain data akan menjelaskan tentang data masukan, data *training*, dan data keluaran dari aplikasi yang dibuat. Desain proses akan menjelaskan bagaimana proses pertama kali aplikasi dijalankan, selanjutnya *preprocessing* sampai dengan proses akhir klasifikasi. Berikut penjelasannya :

3.4.1 Desain Data Aplikasi

Desain data aplikasi adalah data yang akan 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

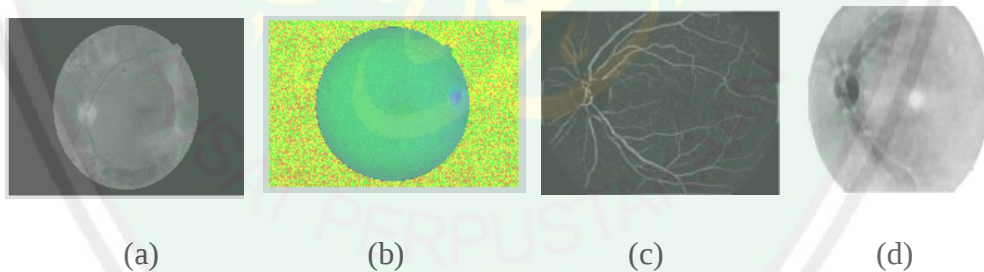
Data masukan pada pembuatan aplikasi ini adalah menggunakan citra RGB dengan format file *Tagged Image Format File (TIFF)* dengan ukuran 2240x1488 piksel. Data masukan ini penulis dapatkan dari database Messidor dengan alamat <http://messidor.crihan.fr>. Messidor merupakan lembaga riset yang didanai oleh TECHNO-VISI Kementerian Riset dan Pertahanan Perancis tahun 2004 yang berkonsentrasi pada penelitian mengenai *Diabetic Retinopathy*.



Gambar 3.2 Citra fundus mata

3.4.1.2 Data Proses

Data proses yang digunakan dalam aplikasi ini adalah data *fundus* mata. Pada tahap ini citra RGB akan di konversi menjadi citra HSI (*hue saturation intensity*), kemudian dilakukan penghilangan *blood vessel* dan *optic disk* dari citra *fundus* tersebut. Penghilangan *optic disk* dan *blood vessel* ini bertujuan untuk menyederhanakan gambar *fundus*. Kemudian akan dilakukan proses klasifikasi *Diabetic Retinopathy* menggunakan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)*.



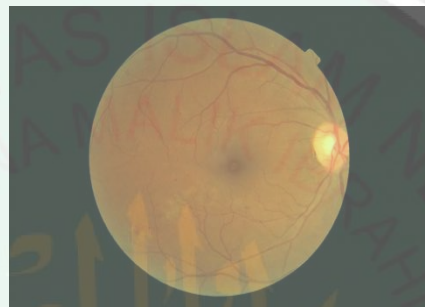
Gambar 3.3 Tahapan *preprocessing* (a) konversi citra ke *grayscale*, (b) konversi citra ke HSI, (c) menghilangkan *optic disk*, (d) menghilangkan *blood vessel*

3.4.1.3 Data Keluaran

Data keluaran adalah berupa data citra yang didapatkan dari hasil proses klasifikasi fitur *diabetic retinopathy*. Format file citra pada data keluaran adalah file yang berekstensi *.tif.

3.4.2 Akuisisi Citra

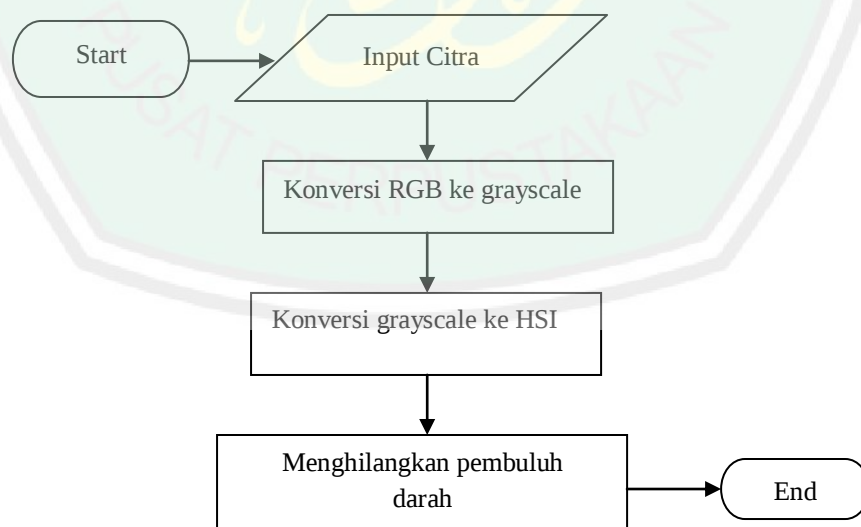
Menginputkan citra *fundus* mata dari komputer untuk di masukkan dalam program. Citra yang akan dimasukkan nantinya akan masuk ke axes 1 sebelum di lakukan analisis citra. Berikut adalah contoh citra masukkan



Gambar 3.4 citra masukkan

3.4.3 Preprocessing

Pada tahapan ini dilakukan untuk memperoleh hasil yang maksimal saat proses klasifikasi berlangsung. Adapun tahapan yang akan dilakukan adalah:



Gambar 3.5 Blok proses preprocessing

- Konversi citra RGB ke citra *Grayscale*, *huesaturation* (HSI)

Pertama kali yang akan dilakukan pada proses ini adalah konversi. Dalam tahap ini proses konversi yang dilakukan adalah konversi dari citra RGB ke *grayscale*, dan *hue saturation*.

Pada konversi citra grayscale nantinya akan digunakan untuk pendeteksian *exudates*. Pada tahap pendeteksian ini cukup hanya menggunakan citra dengan tingkat warna keabuan untuk menyederhanakan model citra. Untuk mendeteksi *microaneurysms* menggunakan citra hasil konversi *hue saturation intensity*, karena pada proses ini memerlukan refleksi cahaya yang baik sehingga dapat menghasilkan informasi yang signifikan pada proses pendeteksian (Wahyudi Setiawan, 2012).

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

Hitung θ

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

- Hitung H (Hue)

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

- Hitung S (Saturation)

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

- Hitung I (Intensity)

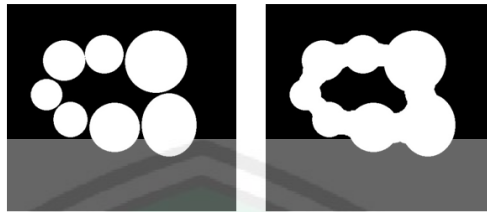
$$I = \frac{1}{3}(R+G+B)$$

Dengan asumsi bahwa nilai RGB adalah nilai yang dinormalisasi pada range [0,1], dan sudut θ diukur dengan derajat terhadap sumbu red dari HSI 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].

- Penghilangan pembuluh darah

Untuk melakukan proses penghilangan pembuluh darah akan digunakan operasi morfologi yaitu operasi *closing*. Operasi *closing* merupakan penggabungan dua operasi yaitu operasi *erosi* dan *dilasi*. Fungsi *dilasi* berfungsi untuk memperluas area *optic disk* sedangkan fungsi *erosi* berfungsi untuk menghilangkan pembuluh darah. Operasi *closing* dari himpunan A oleh *strel* B dinyatakan oleh $A \bullet B$ dapat didefinisikan sebagai : $A \bullet B = (A \oplus B) \ominus |B$

Dapat dikatakan bahwa *closing* A oleh B adalah *dilasi* A oleh B, diikuti oleh *erosi* hasilnya oleh B (Alvian Nasukhi, 2012). Untuk ilustrasi proses operasi *closing* adalah :



Gambar 3.6 Ilustrasi gambar sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) proses *closing*

3.4.4 Ekstraksi Fitur

Pada proses ini akan dilakukan pengambilan *feature*/ciri-ciri yang akan dilakukan sebagai cauan parameter dalam pelatihan (data *training*) dan uji. Fitur yang diekstraksi dalam penelitian ini adalah nilai pixel dari *blood vessel*, *exudates*, *microaneurysm*..

a. *Blood Vessel*

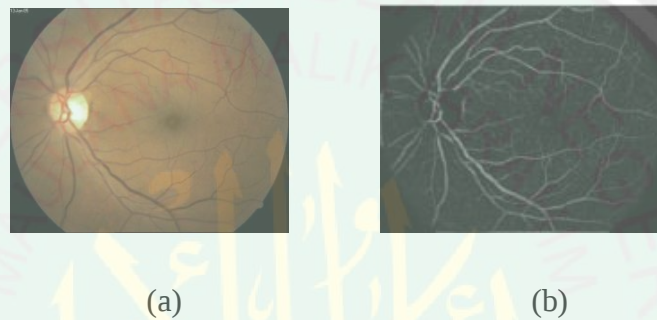
Blood vessel adalah pembuluh darah yang Nampak seperti akar pada fundus mata. Pendeteksian *blood vessel* menggunakan operasi morfologi yaitu operasi *closing* operasi closing merupakan penggabungan antara operasi *erosi* dan *dilasi*. Hanya saja operasi *dilasi* dilakukan terlebih dahulu. Kemudian diikuti dengan proses *erosi* (Alvian, Nasukhi, 2012). Pendeteksian pembuluh darah dilakukan pada saat *preprocessing*, yaitu pada penghilangan pembuluh darah. Sebelum pembuluh darah dihilangkan, akan dihitung terlebih dahulu jumlah pixel terang yang muncul. Berikut contoh *sourcecode* untuk menghitung pixel terang dan hasil gambar:

```

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

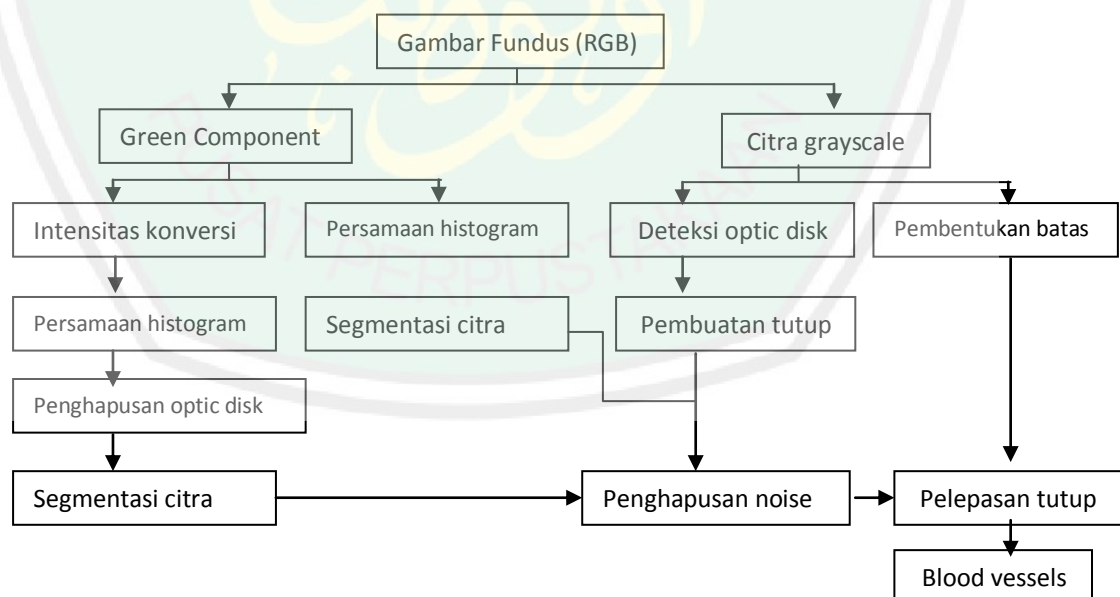
```

Gambar 3.7 *source code* untuk mendapatkan nilai *Bloodvessel*



Gambar 3.8 (a) citra asli, (b) citra *Blood vessel*

Berikut adalah blok diagram dari proses *blood vessel* :



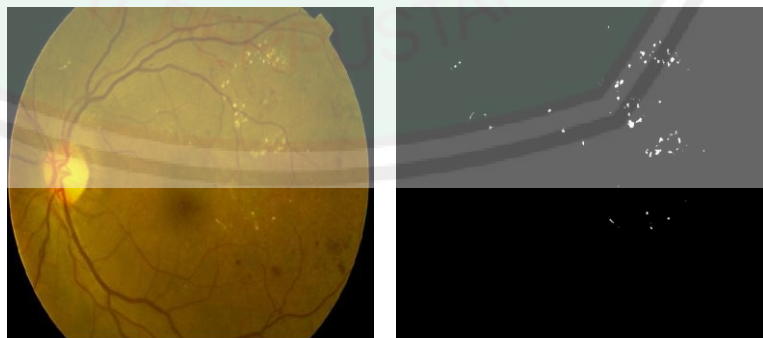
Gambar 3.9 Diagram blok untuk pendeteksian *blood vessel*

b. *Exudates*

Exudates muncul sebagai bercak kuning terang-putih pada retina karena kebocoran darah dari pembuluh yang abnormal. Bentuk dan ukuran akan bervariasi dengan *retinopathy* yang berbeda dan bertahap. Pendeteksian *exudates* diawali dengan proses akuisisi citra RGB yang dikonversi menjadi citra *grayscale*, selanjutnya operasi morfologi yang diterapkan untuk menghilangkan pembuluh darah dalam sama seperti pada *blood vessel*. *Exudates* akan terdeteksi setelah menghapus perbatasan retina, *optical disk* dan daerah non-*exudates*. Berikut adalah program untuk menghitung *exudates* dan gambar *exudates*.

```
area_exudates = 0;
for x = 1:576 for y = 1:720
    if exudates(x,y) == 1
        area_exudates = area_exudates+1;
```

Gambar 3.10 Kode untuk mendapatkan nilai *Exudates*

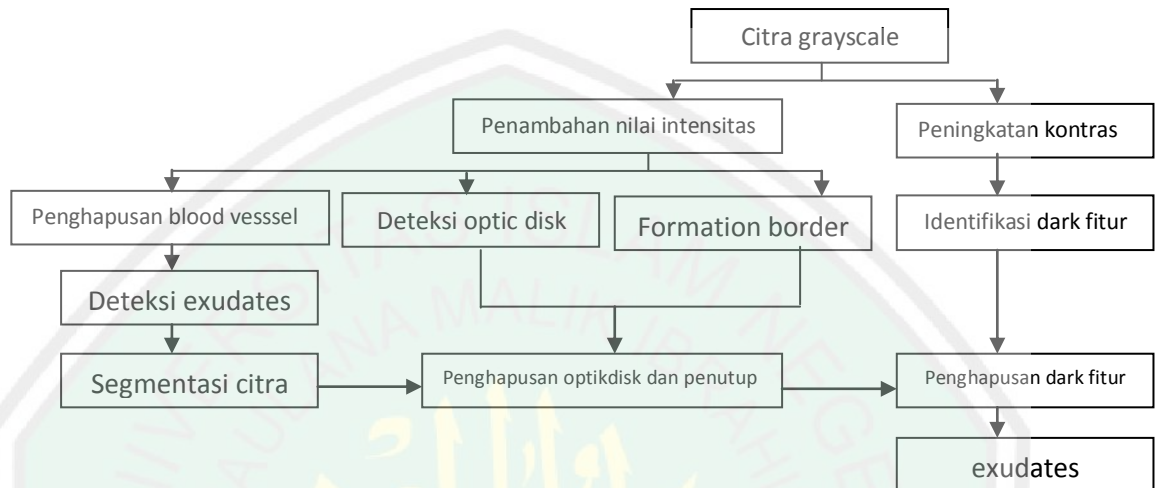


(a)

(b)

Gambar 3.11 (a) Citra asli, (b) citra *exudates*

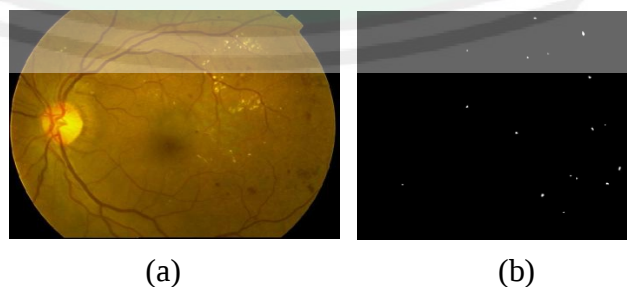
Ciri-ciri yang diambil dari *exudates* adalah jumlah piksel terang yang muncul. Berikut ini adalah blok diagram untuk menghitung *exudates*.



Gambar 3.12 diagram blok untuk pendeteksian *exudates*

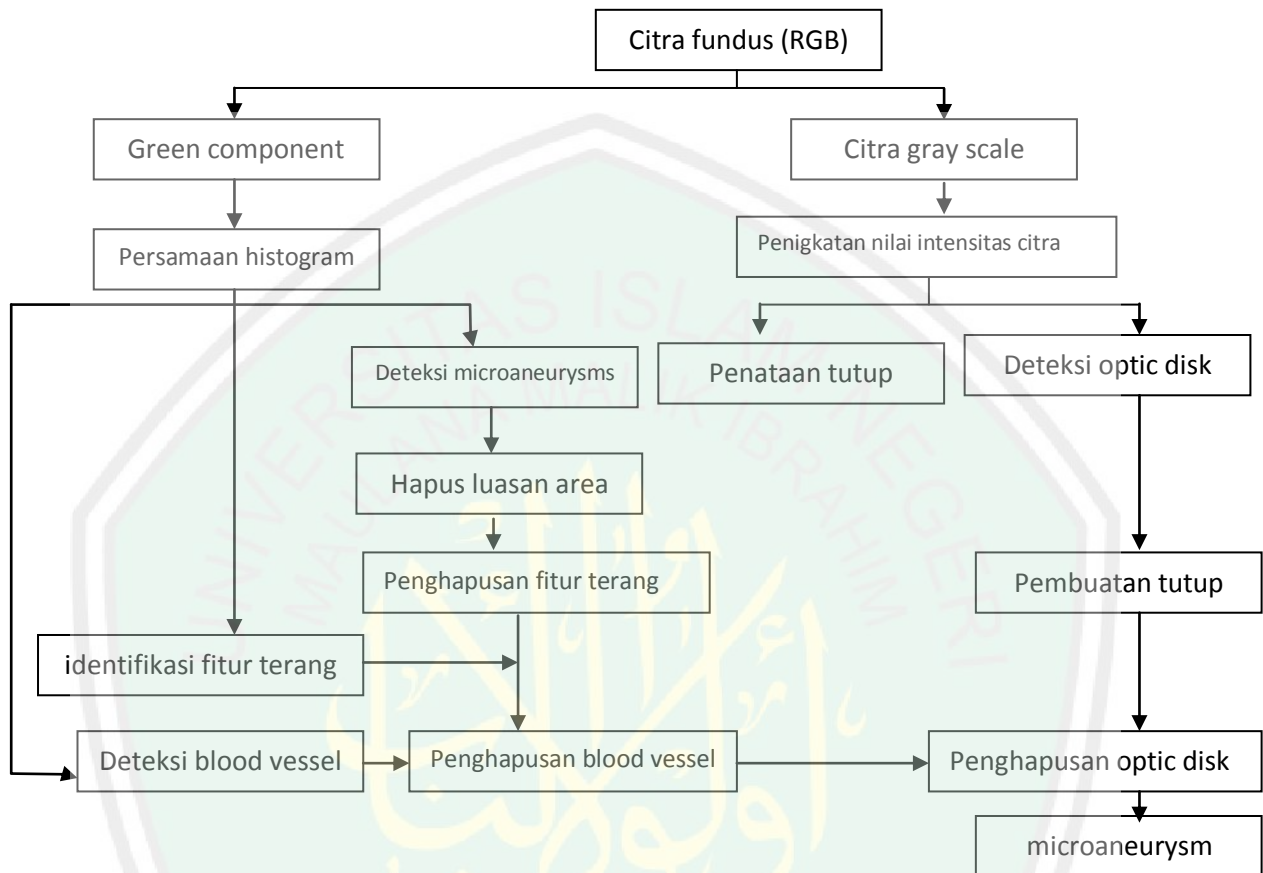
c. *Microneurysms*

Microaneurysms muncul sebagai titik bulat kecil gelap pada citra *fundus*. Untuk proses pendeteksian *microaneurysms* dan nilai *entropy* menggunakan citra hasil konversi ke *green channel*, karena pada proses ini memerlukan refleksi cahaya yang paling baik sehingga dapat dihasilkan informasi yang signifikan pada proses pendeteksiannya (Wahyudim Setiawan, 2012).



Gambar 3.13 (a) citra asli, (b) *microaneurysms*

Berikut adalah blok diagram deteksi *microaneurysms*.



Gambar. 3.14 Diagram blok untuk mendeteksi *micoaneurysms*

Gambar (3.14) menjelaskan bahwa citra RGB dikonversi ke *grayscale* dan *green channel*. Citra *grayscale* digunakan untuk pendeteksian perbatasan tepi pada retina dan *mask optical disk* (penutup *optic disk*). *Green channel* digunakan untuk menemukan garis tepi (*border*) untuk menghapus perbatasan melingkar untuk mengisi daerah kecil yang tertutup. Daerah yang lebih besar akan dihapus dan diterapkan logika AND untuk menghapus *exudates*. Karena tanda awal pada *microaneurysms* adalah berupa fitur gelap. Penghapusan *exudates* merupakan salah satu langkah untuk memisahkan fitur gelap dan terang. Pembuluh darah dan *optical disk*

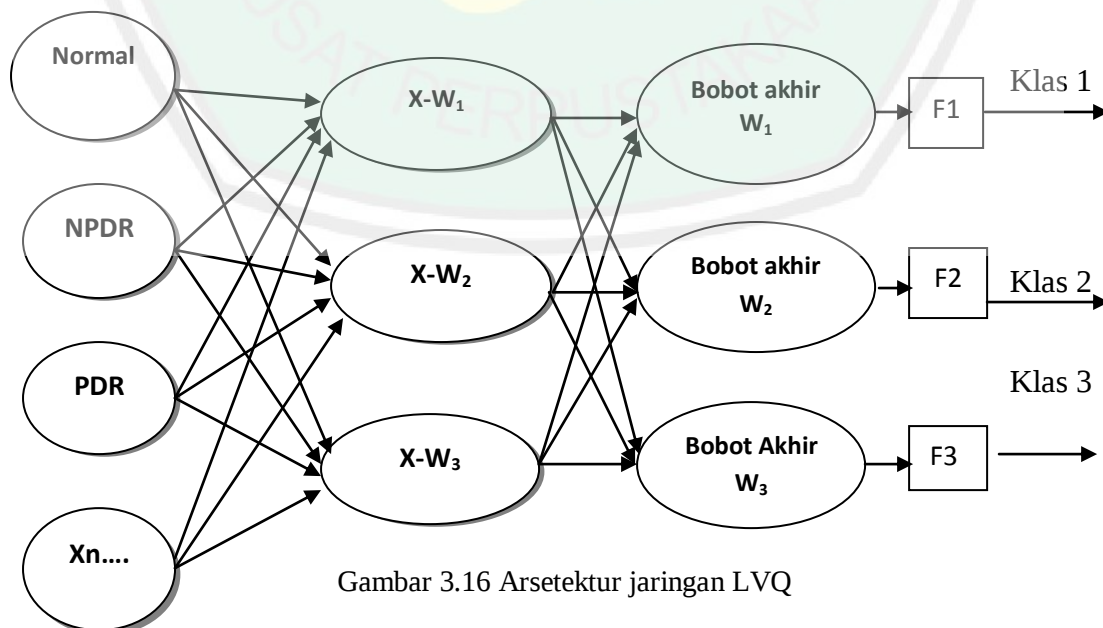
kemudian juga dihapus untuk mendapatkan *microaneurysms*. Adapun ciri yang diambil dari *microaneurysms* adalah jumlah piksel terang yang muncul. Berikut adalah *sourcecode microaneurysms*

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

Gambar 3.15 Kode untuk Mendapatkan nilai *microaneurysms*

3.4.5 Perancangan Learning Vector Quantization (LVQ)

LVQ merupakan suatu metode untuk melakukan pelatihan terhadap lapisan-lapisan kompetitif yang terawasi. Lapisan kompetitif akan belajar secara otomatis untuk melakukan klasifikasi terhadap vector input yang di berikan. Apabila beberapa vector input memiliki jarak yang sangat berdekatan, maka vector-vector input tersebut akan di kelompokkan dalam kelas yang sama.



Gambar 3.16 Arsetektur jaringan LVQ

Langkah-langkah pemrosesan LVQ :

1. Lapisan pertama adalah data inputan yang terdiri dari 3 yaitu Normal, NPDR, PDR.
2. lapisan kedua adalah Lapisan Hidden layer (lapisan tersembunyi) yang terdiri dari $|X_i - W_1|$, $|X_i - W_2|$, $|X_i - W_3|$, menghitung jarak terdekat bobot awal dari data input dengan menggunakan jarak Euclidean dengan rumus Euclidean

$$D = \sqrt{(X_i - W_i)^2} \text{ keterangan:}$$

X_i = Normal, NPDR, dan PDR

W_i = bobot awal Normal, Bobot awal NPDR, bobot awal PDR

T = target

D = jarak data

Hitungan:

- Data ke- 1 (Normal)

Jarak pada bobot ke 1

$$T = \sqrt{(Normal - W_1)^2}$$

Jarak pada bobot ke 2

$$T = \sqrt{(Normal - W_2)^2}$$

Jarak pada bobot ke 3

$$T = \sqrt{(Normal - W_3)^2}$$

Jarak terkecil ialah pada W ke W_i

Karena target data Normal = W ke W_i , maka W ke- 1 baru adalah

$$W_i(\text{baru}) = W_i(\text{lama}) + \alpha (X_i - W_i(\text{lama}))$$

- Data ke- 2 (NPDR)

Jarak pada bobot ke 1

$$T = \sqrt{(NPDR - W1)^2}$$

Jarak pada bobot ke 2

$$T = \sqrt{(NPDR - W2)^2}$$

Jarak pada bobot ke 3

$$T = \sqrt{(NPDR - W3)^2}$$

Jarak terkecil ialah pada W ke Wi

Karena target data Normal = W ke Wi, maka W ke- 1 baru adalah

$$Wi(\text{baru}) = Wi(\text{lama}) + \alpha (Xi - Wi(\text{lama}))$$

➤ Data ke- 3 (PDR)

Jarak pada bobot ke 1

$$T = \sqrt{(PDR - W1)^2}$$

Jarak pada bobot ke 2

$$T = \sqrt{(PDR - W2)^2}$$

Jarak pada bobot ke 3

$$T = \sqrt{(PDR - W3)^2}$$

Jarak terkecil ialah pada W ke Wi

Karena target data Normal = W ke Wi, maka W ke- 1 baru adalah

$$Wi(\text{baru}) = Wi(\text{lama}) + \alpha (Xi - Wi(\text{lama}))$$

3. Lapisan ketiga adalah lapisan output yang terdiri dari bobot akhir W1, bobot akhir W2, dan bobot akhir W3. Di lapisan output ini data input langsung mencari jarak terdekat dari ke tiga bobot akhir tersebut di mana bobot akhir W1 mewakili kelas Normal, bobot akhir W2 mewakili kelas NPDR, dan bobot akhir W3 mewakili kelas PDR dengan menggunakan jarak Euclidean. Rumus jarak Euclidean

$$D = \sqrt{(Xi - Wi)^2}$$

Hitung :

1. Data ke- 1 (Normal)

Jarak pada bobot akhir W1

$$T = \sqrt{(Normal - \text{bobot akhir } W1)^2}$$

Jarak pada bobot akhir W2

$$T = \sqrt{(Normal - \text{bobot akhir } W2)^2}$$

Jarak pada bobot akhir W3

$$T = \sqrt{(Normal - \text{bobot akhir } W3)^2}$$

Jarak terkecil pada bobot akhir ke Wi, sehingga data citra input tersebut termasuk ke kelas i dengan menggunakan Fungsi Aktivasi identitas dengan rumus ($f(x) = x$) contoh ($f(Normal) = Normal$)

2. Data ke- 2 (NPDR)

Jarak pada bobot akhir W1

$$T = \sqrt{(NPDR - \text{bobot akhir } W1)^2}$$

Jarak pada bobot akhir W2

$$T = \sqrt{(NPDR - \text{bobot akhir } W2)^2}$$

Jarak pada bobot akhir W3

$$T = \sqrt{(NPDR - \text{bobot akhir } W3)^2}$$

Jarak terkecil pada bobot akhir ke Wi, sehingga data citra input tersebut termasuk ke kelas i dengan menggunakan Fungsi Aktivasi identitas dengan rumus ($f(x) = x$) contoh ($f(Normal) = Normal$)

3. Data ke- 3 (PDR)

Jarak pada bobot akhir W1

$$T = \sqrt{(PDR - \text{bobot akhir } W1)^2}$$

Jarak pada bobot akhir W2

$$T = \sqrt{(PDR - \text{bobot akhir } W2)^2}$$

Jarak pada bobot akhir W_3

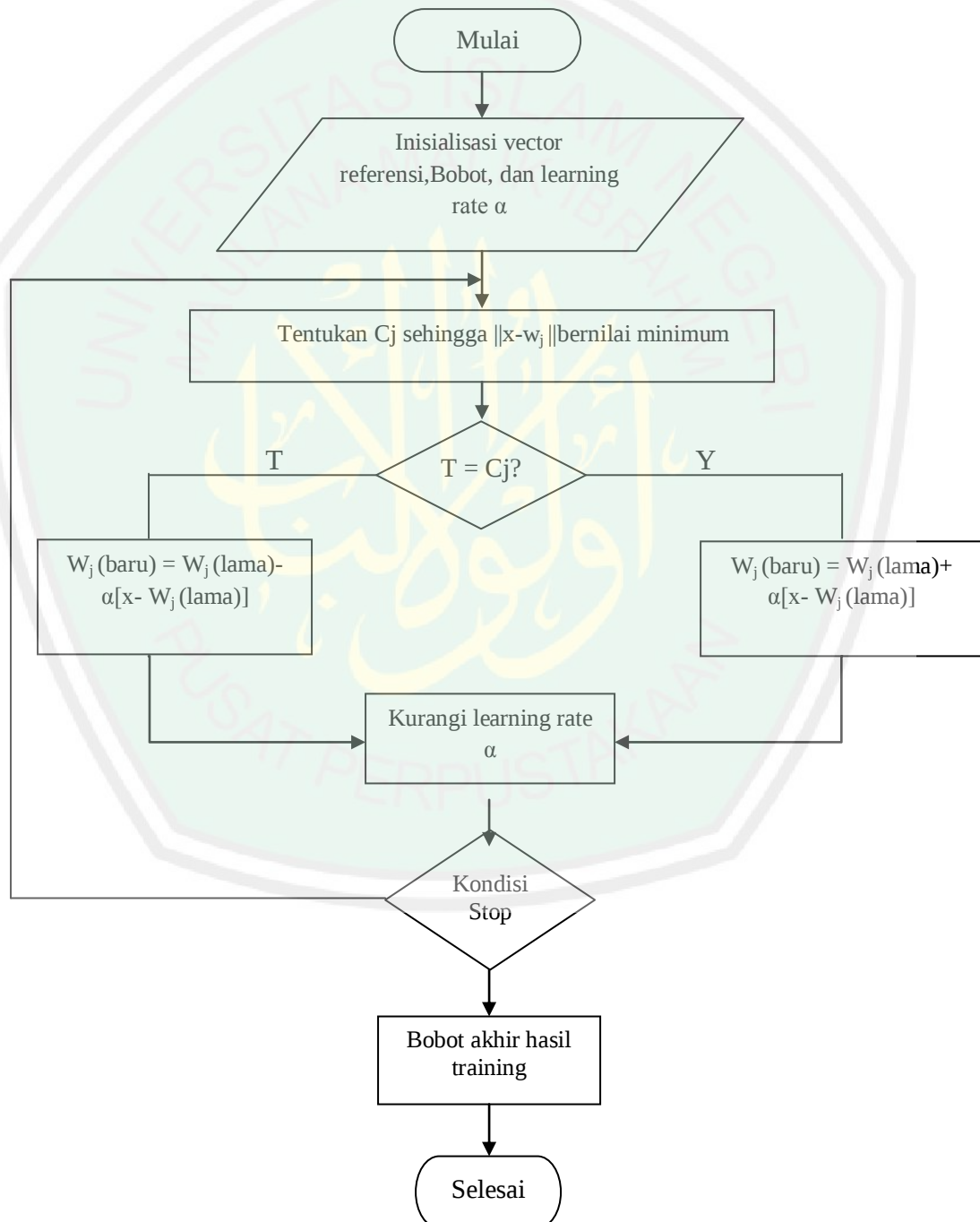
$$T = \sqrt{(PDR - \text{bobot akhir } W_3)^2}$$

Jarak terkecil pada bobot akhir ke W_i , sehingga data citra input tersebut termasuk ke kelas i dengan menggunakan Fungsi Aktivasi identitas dengan rumus ($f(x) = x$) contoh ($f(\text{Normal}) = \text{Normal}$)

Gambar (3.16) menunjukkan jaringan LVQ dengan 3 unit pada lapisan input, 3 neuron dilapisan tersembunyi (hidden layer), dan 3 unit (neuron) pada lapisan output. Pada lapisan input terdiri dari 3 inputan (Normal, NPDR, dan PDR), Kemudian lapisan tersembunyi (hidden layer) terdiri dari 3 lapisan (Normal- W_1 , NPDR- W_2 , PDR- W_3), Sedangkan lapisan output terdiri dari 3 lapisan (bobot akhir W_1 , bobot akhir W_2 , dan bobot akhir W_3). Pemrosesan yang terjadi pada setiap neuron adalah mencari jarak antara suatu vector input ke bobot yang bersangkutan (bobot akhir W_1 , bobot akhir W_2 , dan bobot akhir W_3) dengan menggunakan jarak Euclidean. Bobot akhir W_1 adalah vector bobot yang menghubungkan setiap neuron pada lapisan input ke neuron pertama pada lapisan output, Bobot akhir W_2 adalah vector bobot yang menghubungkan setiap neuron pada lapisan input ke neuron kedua pada lapisan output. Bobot akhir W_3 adalah vector bobot yang menghubungkan setiap neuron pada lapisan input ke neuron ke tiga pada lapisan output. Dengan menggunakan fungsi Aktivasi, dalam Fungsi Aktivasi ini menggunakan fungsi Aktivasi identitas ($f(x)=x$). Fungsi aktivasi F1 akan memetakan kelas 1 ke Kelas = 1 apabila |Bobot akhir W_1 |= kelas 1 (Normal), Fungsi aktivasi F2 akan memetakan kelas 2 ke Kelas = 2 apabila |Bobot akhir

W_2 = kelas 2 (NPDR), dan Fungsi aktivasi F3 akan memetakan kelas 3 ke Kelas
 =3 apabila |Bobot akhir W_3 | = kelas 3 (PDR).

Diagram Pelatihan LVQ



Gambar 3.17 Diagram Alir Pelatihan LVQ

Keterangan:

Algoritma Pelatihan :

0. Tetapkan:

- a. Inisialisasi vector referensi (Normal, NPDR, PDR.... X_n)
- b. Bobot awal variabel input ke-j menuju ke kelas(cluster) ke-i:
 W_{ij} , dengan $i=1,2,\dots,K$; dan $j=1,2,\dots,m$.
- c. Maksimum epoh: MaxEpoh.
- d. Parameter Learning rate. α .
- e. Pengurangan Learning rate. α . Dec α .
- f. Minimal learning rate yang di perolehkan: Min α

1. Masukkan:

- a. Data input: X_{ij} ;
Dengan $i=1,2,\dots,n$, dan $j=1,2,\dots,m$.
- b. Target berupa kelas: T_k ;
Dengan $k=1,2,\dots,n$

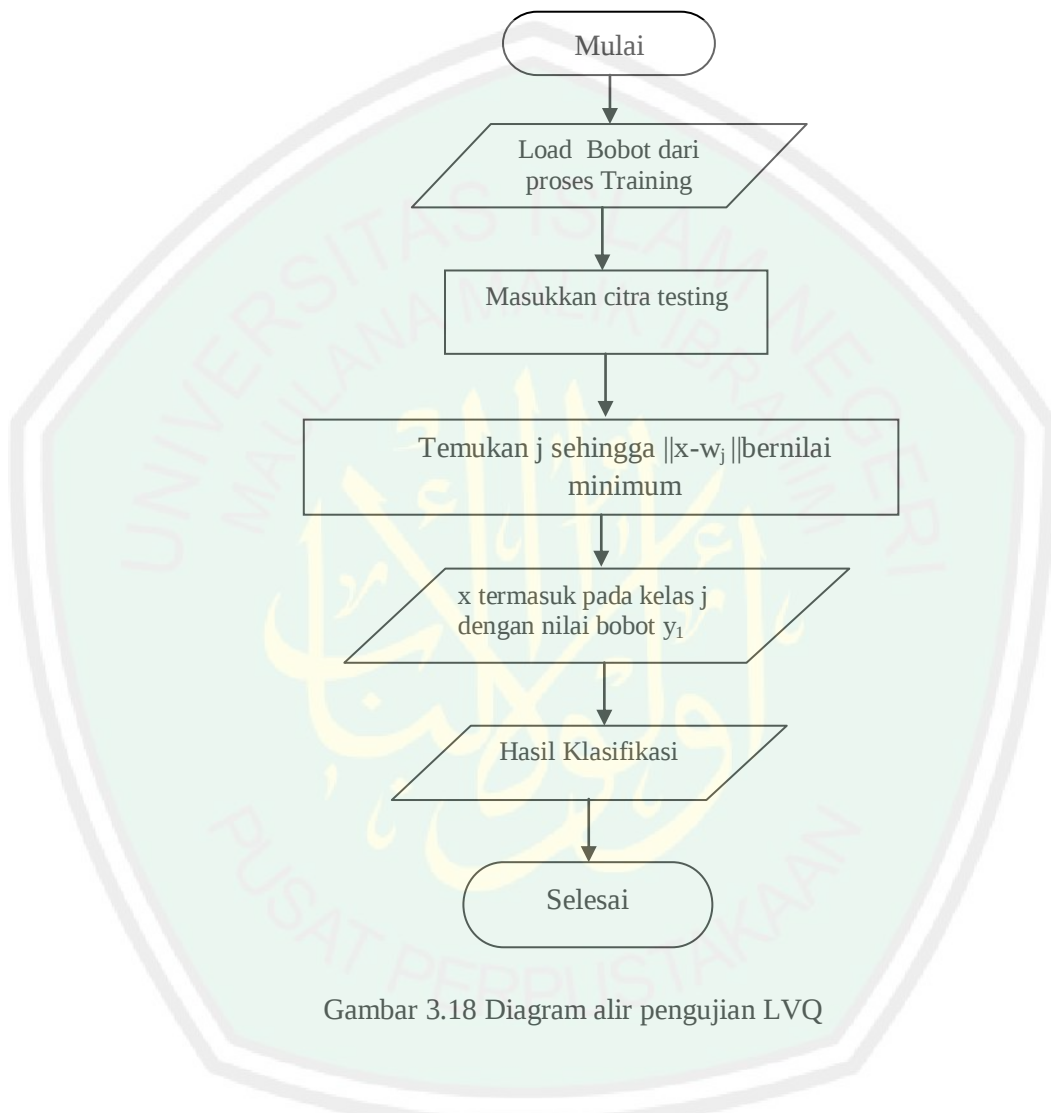
2. Tetapkan kondisi awal: epoh=0;

3. Kerjakan jika (epoh $\leq$ Maxepoh) dan ($\alpha \geq$ Min α)

- a. Epoh=epoh+1;
- b. Kerjakan untuk $i=1$ sampai n
 - i. Tentukan J sedemikian hingga $|X_i - W_j|$ minimum, dengan $j=1,2,\dots,K$.
 - ii. Perbaiki W_j dengan ketentuan:
 - Jika $T = C_j$ maka;
 $W_j = W_j + \alpha(X_i - W_j)$
 - Jika $T \neq C_j$ maka;
 $W_j = W_j - \alpha(X_i - W_j)$
- c. Kurangi nilai α .
(pengurangan α bila di lakukan dengan: $\alpha = \alpha - \text{Dec}\alpha$; atau dengan cara:
 $\alpha = \alpha * \text{Dec}\alpha$)

Setelah dilakukan pelatihan, akan diperoleh bobot-bobot akhir (W). Bobot-bobot ini selanjutnya digunakan untuk melakukan simulasi atau pengujian.

Diagram pengujian LVQ



Gambar 3.18 Diagram alir pengujian LVQ

Setelah di lakukan pelatihan, akan di peroleh bobot akhir (W). Bobot-bobot ini nantinya akan di gunakan untuk melakukan pengujian. Misalkan kita menguji np buah data.

Algoritma (pengujian):

1. Masukkan data yang akan di uji, misal: X_{ij} ; dengan $i=1,1,...,np$; dan $j=1,2,...,m$.
2. Kerjakan untuk $i=1$ sampai np

- Tentukan J sedemikian hingga $|X_i - W_j|$ minimum; dengan $j=1,2,...,K$.
- J adalah Kelas untuk X_i .

3.4.6 Contoh Perhitungan Dengan LVQ

Pada subbab ini tidak menggunakan perhitungan dengan data yang sebenarnya, namun memakai nilai yang sederhana sehingga mudah untuk dipahami maksud dari sistem kerja aplikasi ini. Misalkan diketahui 10 input vector dalam 2 kelas sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data Matrik input gambar

NO	Matriks input (X)						Kelas
1	1	0	0	0	1	0	1
2	0	0	1	0	0	1	1
3	0	0	1	0	1	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1
5	1	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	1	1	0	2
7	0	0	1	1	0	0	2
8	0	1	0	1	0	0	2
9	1	0	0	1	0	1	2
10	0	0	1	1	1	1	2

Dua inputan yang pertama akan diinisialisasi sebagai bobot :

Tabel 3.2 Data Bobot

NO	Matriks Bobot						Kelas
1	1	0	0	0	1	0	1
6	0	1	1	1	1	0	2

Sedangkan 8 inputan sisanya akan digunakan sebagai data yang akan dilatih :

Tabel 3.3 Data Latih

NO	Matriks Latih						Kelas
2	0	0	1	0	0	1	1
3	0	0	1	0	1	0	1

4	0	1	0	0	0	1	1
5	1	0	1	0	1	1	1
7	0	0	1	1	0	0	2
8	0	1	0	1	0	0	2
9	1	0	0	1	0	1	2
10	0	0	1	1	1	1	2

Sebagai Nilai awal dipilih *Learning Rate* (α) = 0.05, dengan pengurangan sebesar

$0.1 * \alpha$, dan maksimum *epoch* (*MaxEpoch*) = 100

Epoch ke-1 :

Data Ke-1 : (0, 0, 1, 0, 0, 1)

Jarak pada bobot ke – 1

$$= \sqrt{(0-1)^2 + (0-0)^2 + (1-0)^2 + (0-0)^2 + (0-1)^2 + (1-0)^2}$$

$$= 2$$

Jarak Pada bobot ke – 2

$$= \sqrt{(0-0)^2 + (0-1)^2 + (1-1)^2 + (0-1)^2 + (0-1)^2 + (1-0)^2}$$

$$= 2$$

Jarak Terkecil adalah pada w ke-1

Target data ke-1 adalah 1

Karena target data ke-1 = w ke-1, maka w ke-1 baru adalah :

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) + \alpha (X_i - W_j(\text{lama}))$$

$$= 1 + 0.05*(0-1) = 0.95$$

$$= 0 + 0.05*(0-0) = 0$$

$$= 0 + 0.05*(1-0) = 0.05$$

$$= 0 + 0.05*(0-0) = 0$$

$$= 1 + 0.05*(0-1) = 0.95$$

$$= 0 + 0.05*(1-0) = 0.05$$

$$W1(\text{baru}) = (0.95, 0, 0.05, 0, 0.95, 0.05)$$

Data Ke-2 : (0, 0, 1, 0, 1, 0)

Jarak pada bobot ke – 1

$$= \sqrt{(0 - 0.95)^2 + (0 - 0)^2 + (1 - 0.05)^2 + (0 - 0)^2 + (1 - 0.95)^2 + (1 - 0.05)^2}$$

$$= 1.345$$

Jarak Pada bobot ke – 2

$$= \sqrt{(0 - 0)^2 + (0 - 1)^2 + (1 - 1)^2 + (0 - 1)^2 + (1 - 1)^2 + (0 - 0)^2}$$

$$= 1.414$$

Jarak Terkecil adalah pada w ke-1

Target data ke-2 adalah 1

Karena target data ke-2 = w ke-1, maka w ke-1 baru adalah :

$$Wj(\text{baru}) = Wj(\text{lama}) + \alpha (X_i - Wj(\text{lama}))$$

$$= 0.95 + 0.05*(0-0.95) = 0.9025$$

$$= 0.00 + 0.05*(0-0.00) = 0$$

$$= 0.05 + 0.05*(1-0.05) = 0.0975$$

$$= 0.00 + 0.05*(0-0.00) = 0$$

$$= 0.95 + 0.05*(1-0.95) = 0.9525$$

$$= 0.05 + 0.05*(0-0.05) = 0.0475$$

$$W1(\text{baru}) = (0.9025, 0, 0.0975, 0, 0.9525, 0.0475)$$

Data Ke-3 : (0, 1, 0, 0, 0, 1)

Jarak pada bobot ke – 1

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(0 - 0.9025)^2 + (1 - 0)^2 + (0 - 0.0975)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - 0.9525)^2 + (1 - 0.0475)^2} \\
 &= 1.907
 \end{aligned}$$

Jarak Pada bobot ke – 2

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(0 - 0)^2 + (1 - 1)^2 + (0 - 1)^2 + (0 - 1)^2 + (0 - 1)^2 + (1 - 0)^2} \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

Jarak Terkecil adalah pada w ke-1

Target data ke-3 adalah 1

Karena target data ke-3 = w ke-1, maka w ke-1 baru adalah :

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) + \alpha (X_i - W_j(\text{lama}))$$

$$= 0.9025 + 0.05 \cdot (0 - 0.9025) = 0.8574$$

$$= 0.0000 + 0.05 \cdot (0 - 0.0000) = 0.0500$$

$$= 0.0975 + 0.05 \cdot (1 - 0.0975) = 0.0926$$

$$= 0.0000 + 0.05 \cdot (0 - 0.0000) = 0.0000$$

$$= 0.9525 + 0.05 \cdot (1 - 0.9525) = 0.9049$$

$$= 0.0475 + 0.05 \cdot (0 - 0.0475) = 0.0951$$

$$W1(\text{baru}) = (0.8574, 0.0500, 0.0926, 0.0000, 0.9049, 0.0951)$$

Data Ke-4 : (1, 0, 1, 0, 1, 1)

Jarak pada bobot ke – 1

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(1 - 0.8574)^2 + (0 - 0.0500)^2 + (1 - 0.0926)^2 + (0 - 0.0000)^2 + (1 - 0.9049)^2 + (1 - 0.0951)^2}
 \end{aligned}$$

$$= 1.293$$

Jarak Pada bobot ke – 2

$$= \sqrt{(1-0)^2 + (0-1)^2 + (1-1)^2 + (0-1)^2 + (1-1)^2 + (1-0)^2}$$

$$= 2$$

Jarak Terkecil adalah pada w ke-1

Target data ke-4 adalah 1

Karena target data ke-4 = w ke-1, maka w ke-1 baru adalah :

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) + \alpha (X_i - W_j(\text{lama}))$$

$$= 0.8574 + 0.05*(0-0.8574) = 0.8645$$

$$= 0.0500 + 0.05*(0-0.0500) = 0.0475$$

$$= 0.0926 + 0.05*(1-0.0975) = 0.1380$$

$$= 0.0000 + 0.05*(0-0.0000) = 0.0000$$

$$= 0.9049 + 0.05*(1-0.9049) = 0.9096$$

$$= 0.0951 + 0.05*(0-0.0951) = 0.1404$$

$$W1(\text{baru}) = (0.8645, 0.0475, 0.1380, 0.0000, 0.9096, 0.1404)$$

Data Ke-5 : (0, 0, 1, 1, 0, 0)

Jarak pada bobot ke – 1

$$= \sqrt{(1-0.8645)^2 + (0-0.0475)^2 + (1-0.1380)^2 + (0-0.0000)^2 + (1-0.9096)^2 + (1-0.1404)^2}$$

$$= 1.827$$

Jarak Pada bobot ke – 2

$$= \sqrt{(0-0)^2 + (0-1)^2 + (1-1)^2 + (1-1)^2 + (0-1)^2 + (0-0)^2}$$

$$= 1.414$$

Jarak Terkecil adalah pada w ke-2

Target data ke-5 adalah 2

Karena target data ke-5 = w ke-2, maka w ke-2 baru adalah :

$$\begin{aligned}
 W_j(\text{baru}) &= W_j(\text{lama}) + \alpha (X_i - W_j(\text{lama})) \\
 &= 0 + 0.05*(1-0) = 0.0000 \\
 &= 1 + 0.05*(0-1) = 0.9500 \\
 &= 1 + 0.05*(1-1) = 1.0000 \\
 &= 1 + 0.05*(0-1) = 1.0000 \\
 &= 1 + 0.05*(1-1) = 0.9500 \\
 &= 0 + 0.05*(1-0) = 0.0000 \\
 W_2(\text{baru}) &= (0.0000, 0.9500, 1.0000, 1.0000, 0.9500, 0.0000)
 \end{aligned}$$

Data Ke-6 : (0, 1, 0, 1, 0, 0)

Jarak pada bobot ke – 1

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(1-0.8645)^2 + (0-0.0475)^2 + (1-0.1380)^2 + (0-0.0000)^2 + (1-0.9096)^2 + (1-0.1404)^2} \\
 &= 1.876
 \end{aligned}$$

Jarak Pada bobot ke – 2

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(0-0)^2 + (1-0.95)^2 + (0-1)^2 + (1-1)^2 + (0-0.95)^2 + (0-0)^2} \\
 &= 1.380
 \end{aligned}$$

Jarak Terkecil adalah pada w ke-2

Target data ke-6 adalah 2

Karena target data ke-6 = w ke-2, maka w ke-2 baru adalah :

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) + \alpha (X_i - W_j(\text{lama}))$$

$$= 0.0000 + 0.05*(0-0.0000) = 0.0000$$

$$= 0.9500 + 0.05*(1-0.9500) = 0.9525$$

$$= 1.0000 + 0.05*(0-1.0000) = 0.9500$$

$$= 1.0000 + 0.05*(1-1.0000) = 1.0000$$

$$= 0.9500 + 0.05*(0-0.9500) = 0.9025$$

$$= 0.0000 + 0.05*(0-0.0000) = 0.0000$$

$$W2(\text{baru}) = (0.0000, 0.9525, 0.9500, 1.0000, 0.9025, 0.0000)$$

Data Ke-7 : (1, 0, 0, 1, 0, 1)

Jarak pada bobot ke – 1

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(1-0.8645)^2 + (0-0.0475)^2 + (1-0.1380)^2 + (0-0.0000)^2 + (1-0.9096)^2 + (1-0.1404)^2} \\ &= 1.614 \end{aligned}$$

Jarak Pada bobot ke – 2

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(1-0)^2 + (0-0.9525)^2 + (0-0.95)^2 + (1-1)^2 + (0-0.9025)^2 + (0-1)^2} \\ &= 2.150 \end{aligned}$$

Jarak Terkecil adalah pada w ke-2

Target data ke-7 adalah 2

Karena target data ke-7 $\neq$ w ke-1, maka w ke-1 baru adalah

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) + \alpha (X_i - W_j(\text{lama}))$$

$$= 0.8645 + 0.05*(0-0.8645) = 0.8577$$

$$= 0.0475 + 0.05*(1-0.0475) = 0.0499$$

$$= 0.1380 + 0.05*(0-0.1380) = 0.1449$$

$$= 0.0000 + 0.05*(1-0.0000) = -0.050$$

$$= 0.9096 + 0.05*(0-0.9096) = 0.9551$$

$$= 0.1404 + 0.05*(0-0.1404) = 0.0974$$

$$W1(\text{baru}) = (0.8577, 0.0499, 0.1449, -0.050, 0.9551, 0.0974)$$

Data Ke-8 : (0, 1, 1, 1, 1, 1)

Jarak pada bobot ke – 1

$$= \sqrt{(1-0.8577)^2 + (0-0.0499)^2 + (1-0.1449)^2 + (0+0.050)^2 + (1-0.9551)^2 + (1-0.0974)^2} = 2.071$$

Jarak Pada bobot ke – 2

$$= \sqrt{(0-0)^2 + (1-0.9525)^2 + (1-0.95)^2 + (1-1)^2 + (1-0.9025)^2 + (1-0)^2} = 1.002$$

Jarak Terkecil adalah pada w ke-2

Target data ke-8 adalah 2

Karena target data ke-8 $\neq$ w ke-2, maka w ke-2 baru adalah :

$$Wj(\text{baru}) = Wj(\text{lama}) + \alpha (X_i - Wj(\text{lama}))$$

$$= 0.0000 + 0.05*(0-0.0000) = 0.0000$$

$$= 0.9525 + 0.05*(1-0.9525) = 0.9549$$

$$= 0.9500 + 0.05*(0-0.9500) = 0.9525$$

$$= 1.0000 + 0.05*(1-1.0000) = 1.0000$$

$$= 0.9025 + 0.05*(0-0.9025) = 0.9074$$

$$= 0.0000 + 0.05*(0-0.0000) = 0.0500$$

$$W2(\text{baru}) = (0.0000, 0.9549, 0.9525, 1.0000, 0.9074, 0.0500)$$

$$\alpha = \alpha - 0.1 * \alpha = 0.05 - 0.1 * 0.05 = 0.045$$

Proses ini diteruskan untuk epoch ke-2 sampai dengan epoch ke 100. setelah mencapai epoch yang ke-100 diperoleh bobot akhir :

$$W1 = (0.3727 \ 0.2161 \ 0.6347 \ 0.2164 \ 0.7901 \ 0.4254)$$

$$W1 = (0.0000 \ 0.7969 \ 0.7900 \ 1.0000 \ 0.5869 \ 0.2171)$$

Maka jika kita mau menstimulasikan input (1, 0, 0, 0, 0, 1) maka kita cari terlebih dahulu jarak input tersebut terhadap kedua bobot. Nomor dari bobot dengan jarak terpendek akan menjadi kelasnya.

□ Jarak pada bobot ke- 1

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(1-0.3727)^2 + (0-0.2161)^2 + (1-0.6347)^2 + (0-0.2164)^2 + (0-0.7901)^2} \\ &\quad + (1-0.4254)^2 \\ &= 1.3581 \end{aligned}$$

□ Jarak Pada bobot ke- 2

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(1- 0.0000)^2 + (0 - 0.7969)^2 + (1 - 0.7900)^2 + (0 - 1.0000)^2 + (0 - 0.5869)^2} \\ &\quad + (1 - 0.2171)^2 = 2.0534 \end{aligned}$$

Jarak Terkecil pada bobot ke-1, Sehingga input tersebut termasuk pada kelas-1

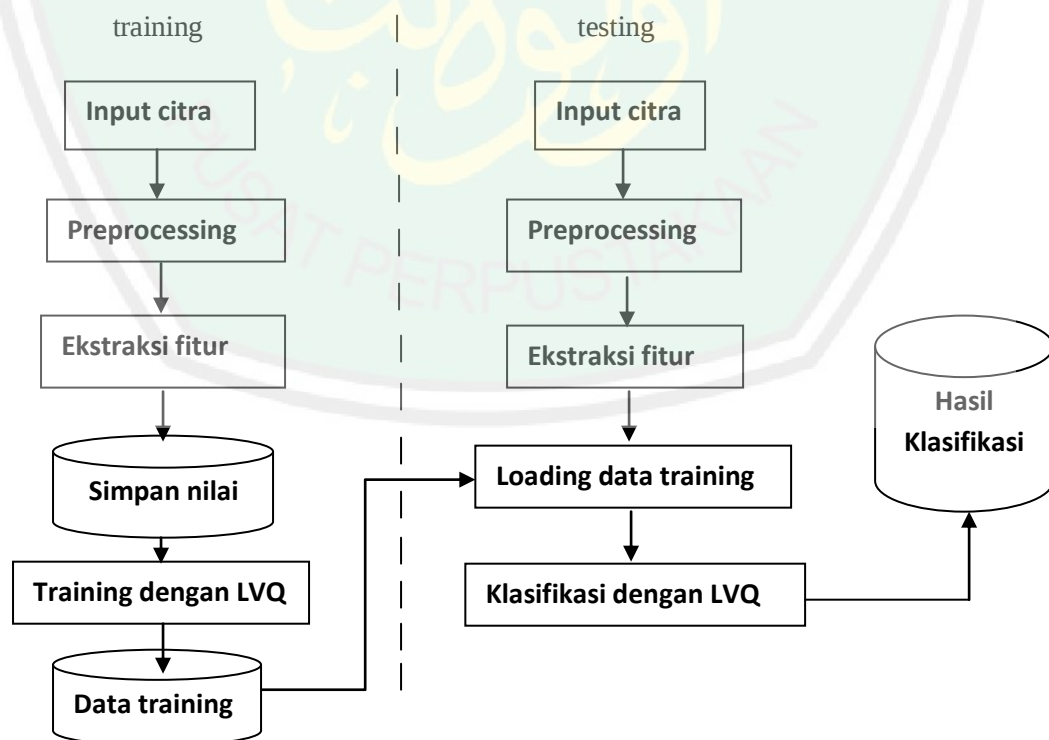
Dari perhitungan manual di atas akan dijalankan ke aplikasi matlab untuk membuktikan hasil perhitungan manual sama dengan hasil aplikasi yang menggunakan metode *learning vector quantization*. Berikut hasil data diatas yang di jalankan dari aplikasi:

Target	Hasil
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
2	2
2	2
2	2
2	2
2	2
2	2

Gambar 3.19 hasil LVQ di commad window

3.4.7 Perancangan Desain Sistem Data

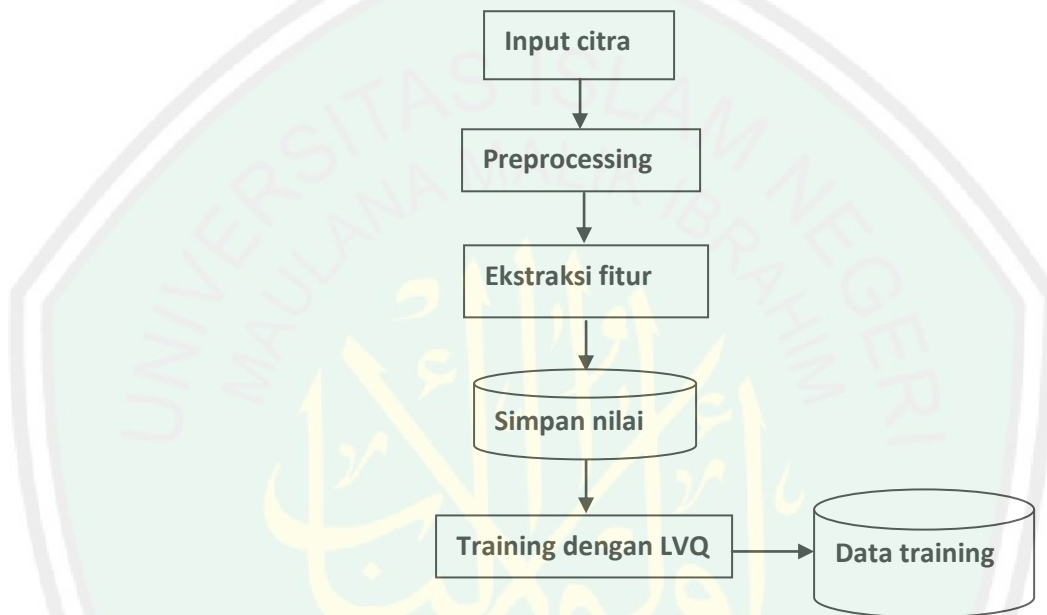
Dalam penelitian ini perancangan desain sistem data ada 2 yaitu desain sistem data training dan desain sistem data testing. Berikut desain sistem data :



Gambar 3.20 Desain sistem data

3.4.7.1 Perancangan Data Training

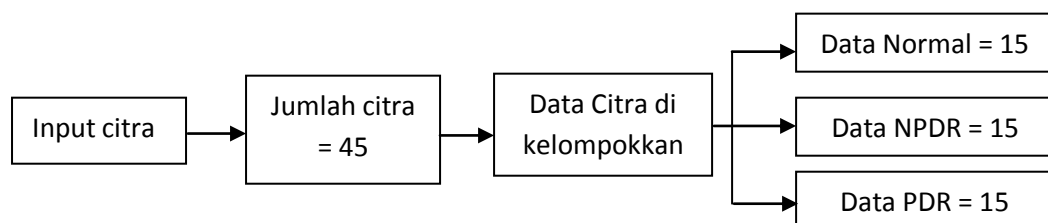
Dalam penelitian ini perancangan data training yang di dapat dari pakar Messidor dimana citra training telah diklasifikasi berdasarkan kelasnya, yaitu kelas normal, NPDR,dan PDR.



Gambar 3.21 desain data training

3.4.7.1.1 Input Citra Data Training

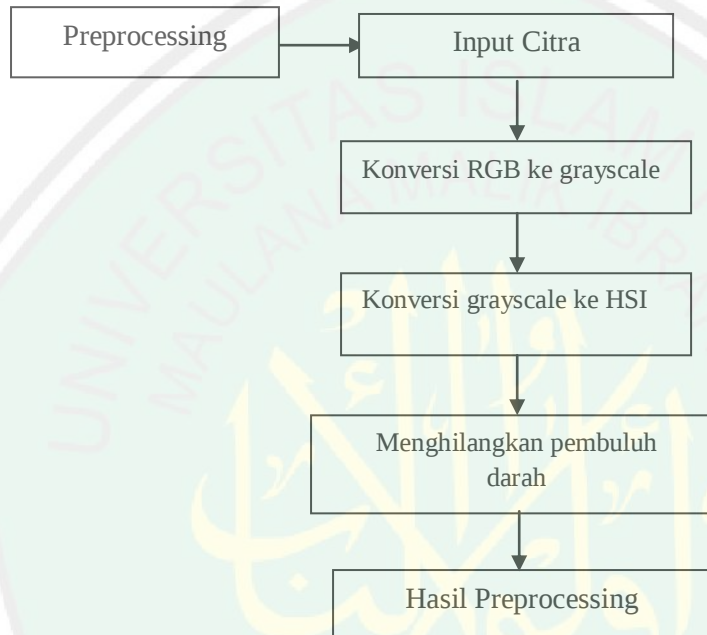
Citra fundus mata yang di gunakan untuk training sebanyak 45 data yang di kelompokkan dalam 3 kelas yaitu 15 untuk data Normal, 15 untuk data NPDR, dan 15 untuk data PDR. Berikut blok input citra



Gambar 3.22 blok input data

3.4.7.1.2 Preprocessing Data Training

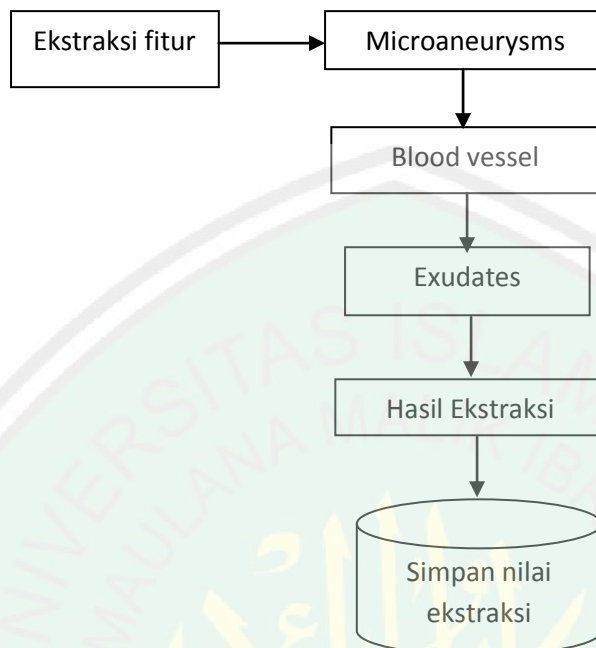
Pada tahapan ini dilakukan untuk memperoleh hasil yang maksimal saat proses training berlangsung. Adapun tahapan yang akan dilakukan adalah:



Gambar 3.23 blok diagram proses preprocessing data training

3.4.7.1.3 Ekstraksi Fitur Data Training

Pada proses ini akan dilakukan pengambilan *feature*/ciri-ciri yang akan dilakukan sebagai acuan parameter dalam pelatihan (*data training*). Fitur yang diekstraksi dalam penelitian ini adalah nilai pixel dari *blood vessel*, *exudates*, *microaneurysm*. Berikut Blok digram ekstraksi fitur dari data training:



Gambar 3.24 Blok proses ekstraksi fitur data training

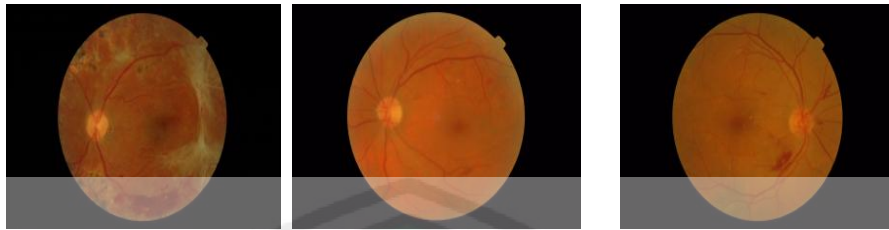
Berikut ini adalah sample citra yang digunakan untuk mentraining dengan metode Learning Vector Quantization. Berikut beberapa citra data training dari tiap kelasnya.



Gambar 3.25 Citra retina kelas normal



Gambar 3.26 Citra retina kelas NPDR



Gambar 3.27 Citra retina kelas PDR

3.4.7.2 Perancangan Data Testing

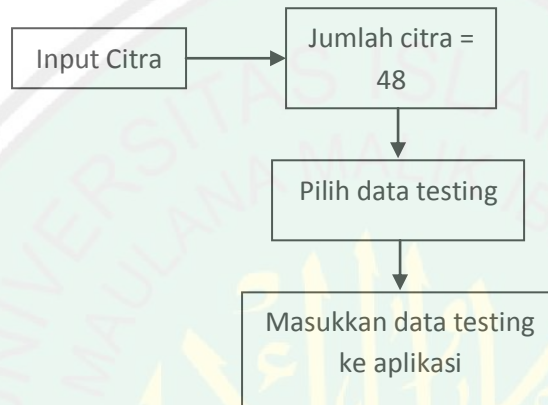
Dalam penelitian ini perancangan data testing yang di dapat dari pakar Messidor dimana citra testing yang telah diklasifikasi berdasarkan kelasnya, yaitu kelas normal, NPDR, dan PDR. Data testing tersebut akan di ujikan ke aplikasi dengan menggunakan metode Learning Vector Quantization kemudian akan di cocokkan dengan hasil penelitian pakar messidor.



Gambar 3. 28 Blok diagram proses data testing

3.4.7.2.1 Input Citra Data Testing

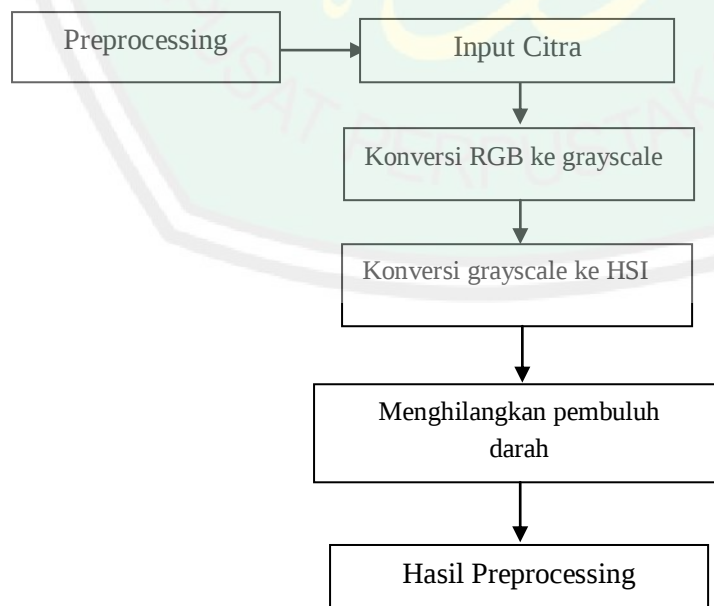
Citra fundus mata yang di gunakan untuk testing sebanyak 48 data citra yang berbeda. Citra fundus mata ini di ambil dari pakar messidor. Berikut blok input citra:



Gambar 3.29 blok diagram proses data input citra testing

3.4.7.2.2 Preprocessing Data Testing

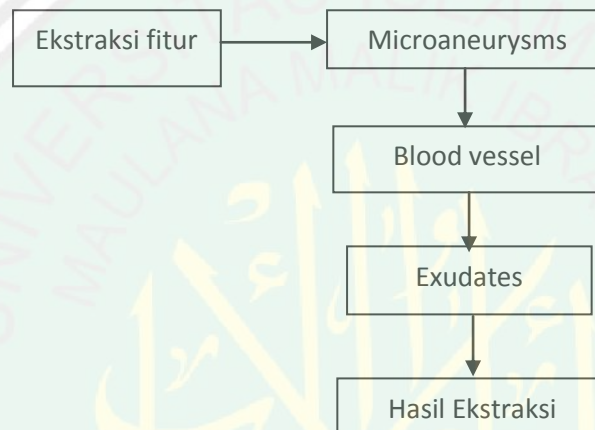
Pada tahapan ini dilakukan untuk memperoleh hasil yang maksimal saat proses testing berlangsung.



Gambar 3.30 Blok proses preprocessing data testing

3.4.7.2.3 Ekstraksi Fitur Data Testing

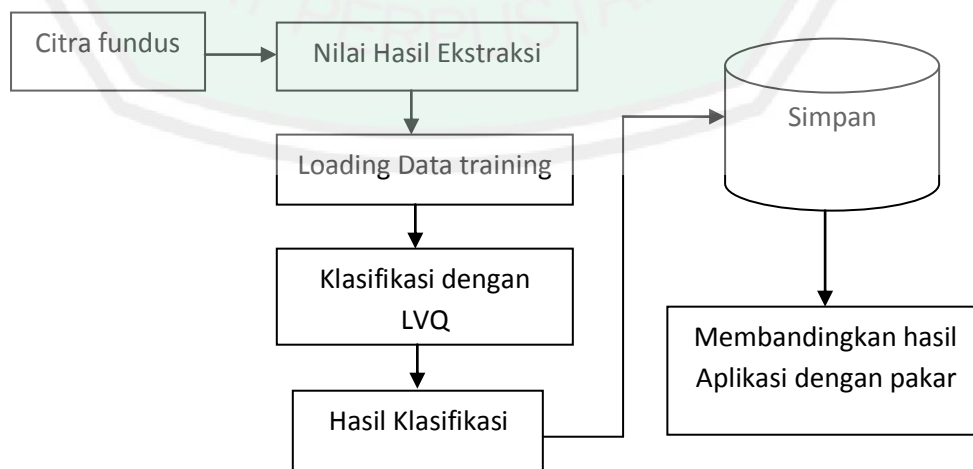
Pada proses ini akan dilakukan pengambilan *feature*/ciri-ciri yang akan dilakukan sebagai acuan parameter dalam pengujian (*data testing*). Fitur yang diekstraksi dalam penelitian ini adalah nilai pixel dari *blood vessel*, *exudates*, *microaneurysm*. Berikut Blok diagram ekstraksi fitur dari data testing:



Gambar 3.31 blok ekstraksi fitur data testing

3.4.7.2.4 Pengujian Data Testing

Pada tahap ini dilakukan pengujian data testing untuk membandingkan hasil pengujian aplikasi dengan pakar messidor. Berikut blok pengujian data testing



Gambar 3.32 Blok diagram proses pengujian data testing

3.4.8 Struktur Data Training

Pada tahap ini struktur data di lakukan karena untuk mempermudah dalam proses training untuk mengetahui parameter dan nilai pixel dari citra fundus mata. Berikut struktur data training:

Tabel 3.4 Struktur Data Training

N O	Nama Citra	Ekstraksi Fitur			Kelas
		MIC	EX	BV	
1	20051020_63269_0100_PP.tif	M1	E1	B1	1
2	20051020_57967_0100_PP.tif	M1	E1	B1	1
3	20051021_40180_0100_PP.tif	M1	E1	B1	1
4	20051021_40248_0100_PP.tif	M2	E2	B2	2
5	20051020_44901_0100_PP.tif	M2	E2	B2	2
6	20051020_62615_0100_PP.tif	M2	E2	B2	2
7	20051021_39719_0100_PP.tif	M3	E3	B3	3
8	20051020_45137_0100_PP.tif	M3	E3	B3	3
9	20051020_45110_0100_PP.tif	M3	E3	B3	3
10	Xn.....	Mn...	En...	Bn...	Kn...

Keterangan :

MIC = Microaneurysm

Xn = Nama Citra Selanjutnya

EX = Exudates

Mn= Nilai Pixel MIC selanjutnya

BV = Bloodvessel

En = Nilai Pixel EX selanjutnya

M1= Nilai pixel Microaneurysm Citra Normal

Bn = Nilai Pixel BV selanjutnya

E1= Nilai pixel Exudates Citra Normal

Kn = Kelas Selanjutnya

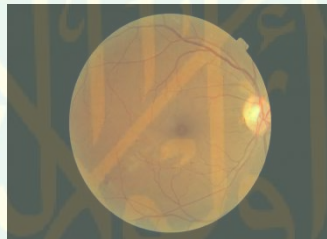
B1= Nilai Pixel Bloodvessel Citra Normal

3.4.9 Klasifikasi Fitur *Diabetic Retinopathy*

Pada proses ini akan dilakukan klasifikasi berdasarkan tingkat keparahan *diabetic retinopathy*, yaitu normal, *NPDR*, *PDR*. berikut contoh untuk menentukan klasifikasi berdasarkan tingkatan/*stadium diabetic retinopathy* berdasarkan nilai ciri (ekstraksi fitur) yang diperoleh dari citra *fundus* mata. Berikut adalah ciri yang diperoleh :

Langkah-langkah klasifikasi :

1. Masukkan data citra fundus. Disini peneliti memasukkan data yang diperoleh dari database *messidor* yang disimpan dalam *disk drive*,



Gambar 3.33 20051019_38557_0100_PP.tif

2. Mendapatkan nilai ekstraksi untuk masing-masing ciri (*feature*) dan didasarkan berdasarkan masing-masing kelas. Berikut adalah nilai ekstraksi citra *fundus* :

Tabel 3.5 Nilai ekstraksi dari citra *fundus*

NO	Citra	MIC	EX	BV	Kelas
1	20051020_63269_0100_PP.tif	0	12	13439	Normal
2	20051020_57967_0100_PP.tif	0	0	12632	Normal
3	20051021_40180_0100_PP.tif	7	0	11502	Normal
4	20051021_40248_0100_PP.tif	6	0	20401	NPDR
5	20051020_44901_0100_PP.tif	11	86	22409	NPDR
6	20051020_62615_0100_PP.tif	28	0	26133	NPDR

7	20051021_39719_0100_PP.tif	22	130	30694	PDR
8	20051020_45137_0100_PP.tif	105	1452	34378	PDR
9	20051020_45110_0100_PP.tif	185	37	35618	PDR

Dari data di atas akan dihitung standar deviasi dari masing-masing kelas sebagai parameter untuk klasifikasi. Berikut adalah tabel standar deviasi.

Tabel 3.5 Standar deviasi dan hasil keseluruhan test

Ciri (feature)	PDR	NPDR	Normal	P-value
Blood vessel ± std deviasi	35618 ± 28695	26133 ± 21809	13439 ± 5032	<0.11
Exudates ± std deviasi	1452 ± 83	86 ±55	12 ± 5	<0.17
Microaneurysms ± std deviasi	185 ± 240	28 ±57	7 ± 21	<0.5

Total subjek = 93

P-value = hasil kemungkinan.

- Melakukan *training* LVQ ini akan diberikan 3 masukan yaitu berupa citra *fundus* yang telah diklasifikasikan berdasarkan kelasnya yang terdiri dari *kelas normal*, kelas *NPDR*, dan kelas *PDR* dari masukan citra tersebut akan diambil citra yang menjadi inputan pelatihan Learning vector quantization.

Struktur Learning vector quantization dirancang dengan jumlah neuron pada lapisan masukan sesuai dengan nilai ekstraksi citra (*fundus*) dan jumlah neuron pada keluaran adalah tiga.

Dalam penelitian ini menggunakan fungsi aktivasi identitas ($f(x)=x$). Dari proses *training* ini menghasilkan nilai *lvq* yang akan diproses ke tahap pengujian.

4. Melakukan pengujian pada LVQ .

Hasil dari *training* yang disimpan dalam variabel *Lvq* akan diproses untuk tahap selanjutnya, LVQ akan mencari nilai yang sesuai dengan target yang telah ditentukan. Nilai *lvq* yang didapat dari pengolahan pada proses pengujian diolah menjadi *output*. Selanjutnya akan dikelaskan berdasarkan target yang telah ditentukan yaitu *Normal*, *NPDR*, *PDR*. nilai *lvq* beserta nilai hasil ekstraksi akan di deretkan dan di absolutkan untuk mempermudah pengklasifikasian. Berikut source code untuk proses klasifikasi:

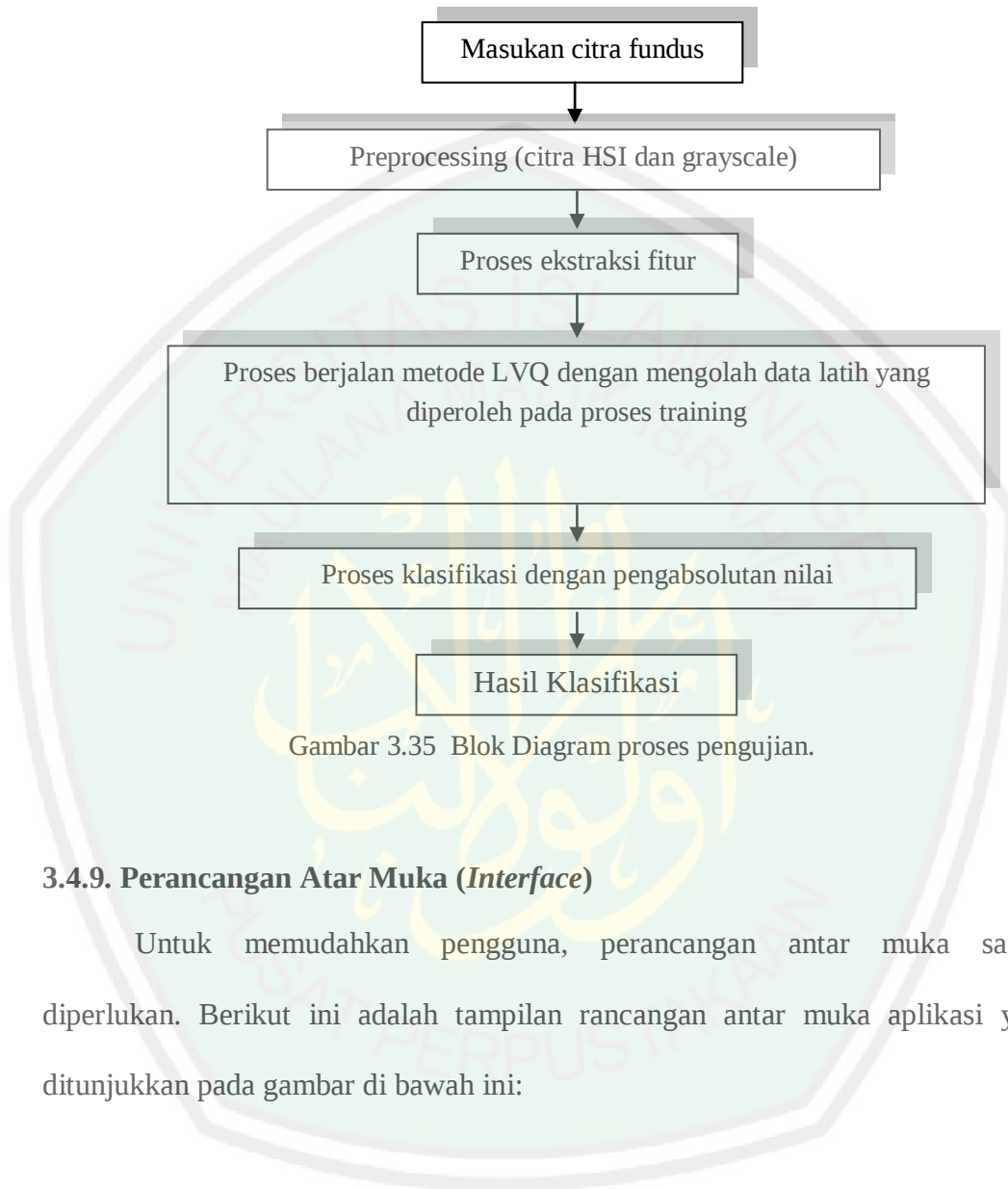
```
disp('Data hasil Klasifikasi')
target2hasil = H;
disp(target2hasil);

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

Gambar 3.34 Source klasifikasi

Untuk keseluruhan proses pengujian program dapat digambarkan dalam skema seperti di bawah ini:

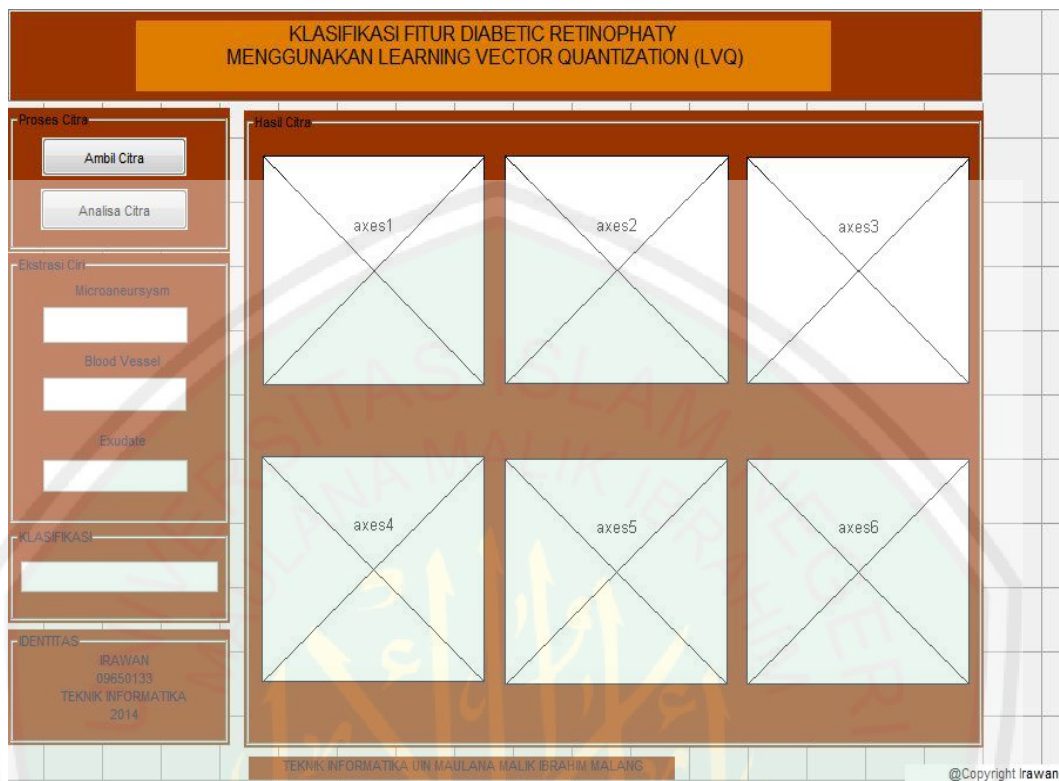
Berikut adalah gambar skema dari proses pengujian :



Gambar 3.35 Blok Diagram proses pengujian.

3.4.9. Perancangan Atar Muka (*Interface*)

Untuk memudahkan pengguna, perancangan antar muka sangat diperlukan. Berikut ini adalah tampilan rancangan antar muka aplikasi yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.36 Tampilan rancangan antar muka.

Pada Panel ‘proses citra’ di atas terdapat *button* ‘ambil citra’ dan ‘analisa citra’, tombol tersebut berguna untuk memasukan citra dan melakukan proses analisa sampai dengan pengklasifikasiannya. Selanjutnya pada panel sebelahnya terdapat ‘Hasil citra’ ini adalah tempat untuk menampilkan citra yang telah dilakukan ekstraksi berdasarkan fiturnya, terdapat 6 *axes* yang masing-masing memiliki tugas yaitu *Axes 1* untuk tempat citra pengguna (citra asli), *axes 2* untuk citra HSI, *axes 3* untuk *microaneurysms*, *axes 4* untuk *blood vessel*, *axes 5* untuk *exudates*, *axes 5* untuk citra gabungan. Pada panel “Ekstraksi Ciri” untuk menampilkan hasil segmentasi *microaneurysms*, *blood vessel* dan *exudates*. Sedangkan panel klasifikasi terdapat edit text yang berguna untuk menampilkan hasil klasifikasi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai rangkaian uji coba dan evaluasi terhadap penelitian yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya pada skripsi ini. Implementasi berupa fungsi-fungsi atau *source code* untuk proses klasifikasi penyakit *diabetic retinopathy* menggunakan metode *Leaning vector quantization* mulai awal hingga akhir.

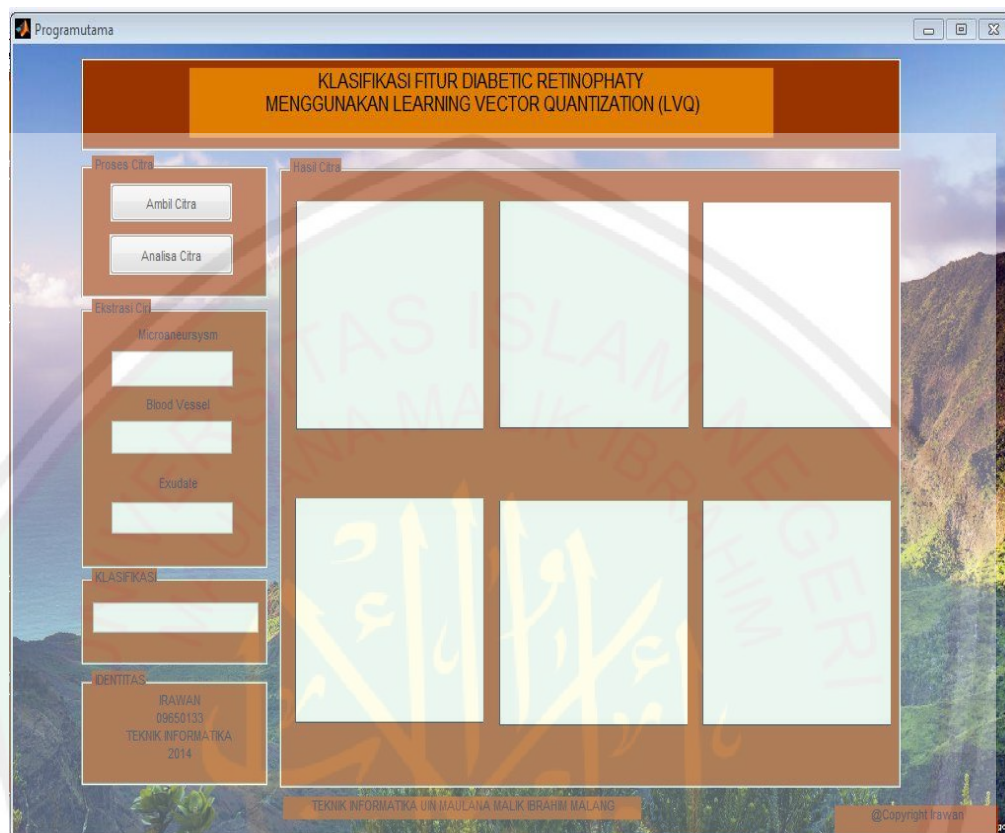
Uji coba dilakukan untuk mengetahui seberapa keberhasilan dari implementasi aplikasi, evaluasi dilakukan untuk mengetahui hasil uji coba dan untuk menarik kesimpulan.

4.1 Penjelasan Aplikasi

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

4.1.1 Proses Menampilkan Halaman Utama

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



Gambar 4.1 Tampilan form Halaman Utama

Di dalam tampilan form halaman utama tersebut pada bagian atas terdapat judul atau nama aplikasi yang dibuat. Pada Panel “proses citra” di atas terdapat *button* “ambil citra” dan “analisa citra”, tombol tersebut berguna untuk memasukkan citra dan melakukan proses analisa sampai dengan pengklasifikasiannya. Selanjutnya pada panel sebelahnya terdapat “Hasil citra” ini adalah tempat untuk menampilkan citra yang telah dilakukan ekstraksi berdasarkan fiturnya, terdapat 6 *axes* yang masing-masing memiliki tugas yaitu *Axes 1* untuk tempat citra pengguna (citra asli), *axes 2* untuk citra HSI, *axes 3* untuk *microaneurysms*, *axes 4* untuk *blood vessel*, *axes 5* untuk *exudates*, *axes 6* untuk citra gabung. Pada panel “Ekstraksi Ciri” untuk menampilkan hasil

segmentasi *microaneurysms*, *blood vessel* dan *exudates*. Sedangkan panel klasifikasi terdapat edit text yang berguna untuk menampilkan hasil klasifikasi.

4.1.2 Proses Input Citra

Sebelum melakukan proses ekstraksi dilakukan, hal yang dilakukan terlebih dahulu adalah akuisisi citra, yaitu proses pengambilan file citra digital fundus mata dari drive komputer yang akan diekstraksi. Citra yang diinputkan akan dimasukkan ke axes yang pertama atau sebelah kiri yang selanjutnya akan di proses pada langkah berikutnya. Tampilan form input image dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 4.2 Proses Input Citra

Setelah halaman utama keluar seorang user dapat melakukan input citra yang akan diklasifikasikan dengan menekan menu 'Input Citra', kemudian file citra yang diinputkan akan muncul pada bagian axes1 sebelah kiri form utama. Di bawah ini merupakan sourcecode aplikasi pada proses membuka citra retina.

```

proyek=guidata(gcbo);
[FileName, FilePath] = uigetfile({ '*.tif'; '*.jpg';
'*.jpeg'; '*.bmp'; '*.gif';
'*.png' }, 'Ambil Citra...');

if isequal(FileName,0)
    return;
end

axes(handles.axes1)
cla reset
axis off

```

Gambar 4.3 source code untuk menginputkan citra

Kemudian untuk menampilkan gambar ke axes berikutnya akan secara otomatis pada saat proses analisa citra berlangsung. Berikut *sourcode* untuk menampilkan citra ke axes selanjutnya.

```

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

```

Gambar 4.4 source code untuk menampilkan gambar

```

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

```

Gambar 4.5 *source code* menampilkan citra Asli

Pada *sourcode* tersebut mempunyai tiga fungsi yaitu fungsi pemilihan citra atau masukan menggunakan perintah `uigetfile {'*.tif'}`, yaitu mengambil gambar dari drive yang hanya mempunyai format `*.tif`, selanjutnya adalah fungsi untuk menampilkan citra pada citra masukan atau pada bagian *axes* yang pertama, dan yang ketiga adalah fungsi untuk membaca spesifikasi dari citra yang diinputkan tadi, spesifikasi yang dibaca antara lain adalah nama citra.

4.1.3 Proses *Preprocessing*

Setelah proses Ambil Citra maka dilakukan proses selanjutnya yaitu masuk pada proses *preprocessing*. Pada tahap *preprocessing* ini mempunyai beberapa tahapan-tahapan antara lain konversi RGB menjadi HSI dan grayscale hal ini dilakukan untuk mempersiapkan citra dalam *preprocessing*. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing tahapan proses *preprocessing*:

a. Konversi citra RGB menjadi HSI

Setelah file diinputkan, citra dikonversi menjadi citra HSI (Hue-Saturation-Intensity). Citra retina yang diterima adalah citra berwarna, sehingga terlebih dahulu perlu dilakukan proses konversi ke *HSI*. Berikut cuplikan *source code* nya:

```

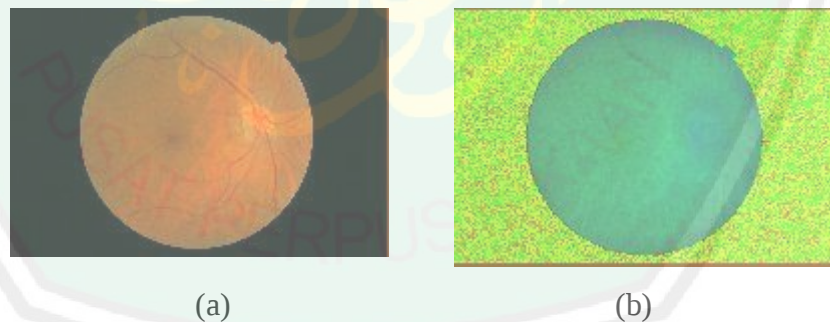
global selection_value;
proyek=guidata(gcbo);
proyek=guidata(gcbo);
I=get(proyek.axes1,'Userdata');

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);

```

Gambar 4.6 Kode konveksi citra RGB ke HSI

Hasil dari proses konversi RGB ke HSI dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut ini:



Gambar 4.7 Citra input RGB (a), dan HSI (b)

b. Konversi citra RGB menjadi Grayscale

Dalam proses ini citra akan diubah ke grayscale untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Berikut sourcodenya :

```

Grayscale = rgb2gray (I);%konversi citra fundus (RGB) ke
grayscale
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);
set(proyek.figure1,'CurrentAxes',proyek.axes2);

```

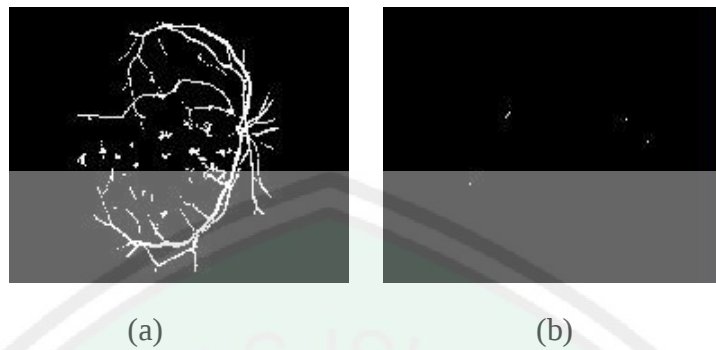
Gambar 4.8 *source code* Konveksi citra RGB ke Grayscale

4.1.4 Proses Eksraksi Fitur

Proses ekstraksi fitur dilakukan setelah tahapan *preprocessing*. Proses ini dibagi atas 3 bagian ekstraksi fitur yaitu: pendeteksian *microaneurysm*, *exudates*, dan *Bloodvessel*. Adapun pembahasan dari setiap proses akan dijelaskan dan ditampilkan hasilnya sebagai berikut:

a. Deteksi *Microaneurysms*

Bagian ini membahas secara lebih rinci dari ekstraksi mikroaneurisma. Citra *fundus* pertama kali diolah untuk standarisasi ukuran untuk 576x720 dan intensitas gambar grayscale kemudian disesuaikan. Kontras gambar itu ditarik dengan menerapkan pemerataan histogram adaptif sebelum menggunakan deteksi tepi untuk mendeteksi garis gambar. Perbatasan melingkar kemudian dihapus sebelum menerapkan fungsi "imfill" untuk mengisi daerah tertutup. *Microaneurysms* diperoleh dengan mengurangi menghilangkan citra tepi dan menghapus area yang lebih luas menggunakan Fungsi "imerode".



Gambar 4.9 (a) Fungsi “imfill” dan (b) penggunaan fungsi “imerode”

```
Grayscale_imfill = imfill(outline_border, 'holes');
se = strel('disk',6);
Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill, se);
%menurunkan ukuran citra
Grayscale_indilate= imdilate(Grayscale_imfill, se);
%meningkatkan ukuran citra
```

Gambar 4.10 (a) source code Fungsi “imfill” dan (b) Kode fungsi “imerode”

Berikut adalah potongan listing source code dari untuk deteksi *microaneurysms* yang menjalankan proses untuk mendapatkan nilai ekstraksi fitur.

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

Gambar 4.11 source code untuk Mendapatkan nilai *microaneurysms*

Dari potongan source diatas, merupakan proses untuk mendapatkan deteksi *microaneurysms* dari hasil function tersebut akan diproses ke proses selanjutnya.

b. Deteksi *Exudates*

Bagian ini membahas secara lebih rinci dari ekstraksi exudates. Citra fundus akan di olah mulai intensitas dari gambar *grayscale* kemudian disesuaikan. Operasi morfologi closing yang terdiri dari melebarkan diikuti oleh mengikis diterapkan untuk dihapus pembuluh darah. Fungsi melebarkan akan memperluas wilayah exudates untuk double-presisi nilai fungsi "colfilt" untuk menandai wilayah exudates sebelum gambar ini diubah kembali menjadi biner menggunakan fungsi "im2bw" dengan nilai ambang batas untuk menyaring *exudate*.



Gambar 4.12 Hasil Deteksi *Exudates*

Adapun potongan listing program dari proses deteksi *exudate* adalah sebagai berikut:

```

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

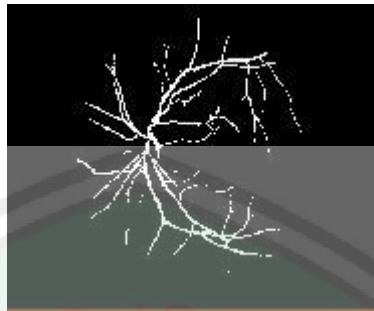
```

Gambar 4.13 *source code* untuk mendapatkan Nilai *exudates*

c. Blood vessel

Pendeteksian *blood vessel* pertama kali akan dilakukan setelah proses akuisisi citra selesai dengan standarisasi ukuran citra 576x720 dan intensitas citra *grayscale* disesuaikan. Dalam proyek ini pembuluh darah yang diekstrak (diambil gambarnya) digunakan untuk identifikasi diabetes retinopathy. Kontras pada gambar fundus cenderung terang di bagian tengah dan agak redup di pinggir, maka *pre processing* sangat penting untuk meminimalisir efek ini dan membuat gambar menjadi lebih seragam. Setelah itu, saluran hijau dari gambar yang diterapkan dengan pengolahan gambar morfologi digunakan untuk menghapus *optical disk*. Citra segmentasi kemudian digunakan untuk menyesuaikan intensitas kontras dan piksel kecil yang dianggap tidak perlu dihapus.

Citra *green channel* yang lain diproses dengan gambar segmentasi dan dikombinasikan dengan *mask layer*. Dua gambar tersebut dibandingkan dan perbedaannya dihapus. Gambar yang diperoleh tersebut akan mewakili pembuluh darah dari gambar asli.

Gambar 4.14 *Blood vessel*

Berikut adalah potongan *source code* untuk mendapatkan nilai *area blood vessel*:

```
%Area 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
```

Gambar 4.15 *source code* untuk mendapatkan nilai *bloodvessel*

4.1.5 Proses Klasifikasi Fitur *Diabetic Retinopathy*

Pengklasifikasian *Diabetic Retinopathy* adalah bagian inti dari penelitian ini. Pengklasifikasian ini dilakukan karena merupakan proses inti dari aplikasi yaitu pengklasifikasian fitur *DR* pada citra digital *fundus* mata. Proses ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Setelah nilai ekstraksi *fitur* diperoleh maka, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan proses pelatihan dengan beberapa data pelatihan. Pada penelitian ini digunakan 45 data pelatihan yang akan dilatihkan di *LVQ*. Data ini cuman satu pengelompokan data, "datatraining". Data ini akan diberi label sebagai pengelompokan kelas yang nantinya akan digunakan untuk proses *testing* sebagai hasil dari proses klasifikasi.

Berikut yang di ambil dari data pakar messidor yang akan di jadikan data untuk proses pelatihan dengan LVQ :

Tabel 4.1 data pelatihan

NO	Nama Citra	Mic	Exudate	BV	Kelas
1	20051020_61907_0100_PP.tif	0	7	17727	1
2	20051020_64653_0100_PP.tif	0	58	17236	1
3	20051020_64775_0100_PP.tif	0	393	13819	1
4	20051020_64836_0100_PP.tif	9	83	13497	1
5	20051020_63269_0100_PP.tif	0	0	13439	1
6	20051020_57967_0100_PP.tif	0	0	12632	1
7	20051021_40180_0100_PP.tif	7	0	11502	1
8	20051216_44066_0200_pp.tif	5	0	17363	1
9	20051020_44431_0100_PP.tif	21	0	16677	1
10	20051216_45076_0200_PP.tif	0	0	13752	1
11	20060523_50616_0100_PP.tif	0	0	10003	1
12	20060523_50631_0100_PP.tif	0	0	10455	1
13	20060529_56039_0100_PP.tif	0	0	14217	1
14	20060529_56592_0100_PP.tif	0	5	5032	1
15	20060529_57372_0100_PP.tif	0	0	15520	1
16	20051216_47668_0200_PP.tif	41	0	21809	2
17	20060522_45212_0100_PP.tif	18	0	25069	2
18	20060522_45248_0100_PP.tif	19	2	26963	2
19	20060522_45455_0100_PP.tif	0	0	25571	2
20	20060523_43038_0100_PP.tif	57	0	25917	2
21	20060523_50392_0100_PP.tif	0	55	24138	2
22	20051020_43906_0100_PP.tif	21	0	24997	2
23	20051020_44901_0100_PP.tif	11	86	22409	2
24	20051020_44923_0100_PP.tif	44	139	24125	2
25	20051020_62577_0100_PP.tif	7	0	24078	2
26	20051020_63711_0100_PP.tif	6	0	24341	2
27	20060523_50135_0100_PP.tif	0	0	24703	2
28	20051021_40248_0100_PP.tif	6	0	20401	2
29	20051020_62615_0100_PP.tif	28	0	26133	2
30	20060523_50730_0100_PP.tif	21	37	27078	2
31	20051021_39719_0100_PP.tif	22	130	30694	3
32	20060529_56834_0100_PP.tif	34	23	36079	3
33	20060407_44636_0200_PP.tif	67	37	29034	3
34	20060529_56853_0100_PP.tif	65	0	36305	3

Tabel 4.2 lanjutan data Pelatihan

NO	Nama Citra	MIC	Exudates	BV	Kelas
35	20051021_40377_0100_PP.tif	146	83	30491	3
36	20051020_45110_0100_PP.tif	185	37	35618	3
37	20051020_45137_0100_PP.tif	105	1452	34378	3
38	20060523_50003_0100_PP.tif	33	265	28943	3
39	20051021_40450_0100_PP.tif	240	7	29399	3
40	20051020_53178_0100_PP.tif	181	492	28977	3
41	20060523_50019_0100_PP.tif	80	67	32269	3
42	20060523_50707_0100_PP.tif	7	0	28695	3
43	20060529_56700_0100_PP.tif	40	0	31971	3
44	20060529_56730_0100_PP.tif	51	0	30174	3
45	20060530_53271_0100_PP.tif	89	0	30331	3

Berikut ini adalah listing program untuk proses pelatihan (*training*)

sebagai berikut: LVQtes.m

```

close all;
clear all;
clc;
xsource = [0      7      17727;
0      58      17236;
0      393      13819;
9      83      13497;
0      0      13439;
0      0      12632;
7      0      11502;
5      0      17363;
21     0      16677;
0      0      13752;
0      0      10003;
0      0      10455;
0      0      14217;
0      5      5032;
0      0      15520;
41     0      21809;
18     0      25069;
19     2      26963;
0      0      25571;
57     0      25917;
0      55      24138;
21     0      24997;
11     86      22409;
84     0      21466;
7      0      24078;

```

```

6 0 24341;
0 0 24703;
6 0 20401;
28 0 26133;
21 37 27078;
22 130 30694;
34 23 36079;
67 37 29034;
65 0 36305;
146 83 30491;
185 37 35618;
105 1452 34378;
33 265 28943;
240 7 29399;
181 492 28977;
80 67 32269;
7 0 28695;
40 0 31971;
51 0 30174;
89 0 30331];
P = xlsread('datatraining.xls','B:D');
T = xlsread('datatraining.xls','E:E');
w1 = P(1,:); %normal 1-10
w2 = P(16,:); %sedang 11-20
w3 = P(31,:); %berat 21-30
w=[w1; w2; w3];
[m, n] = size(P);
[m1, n1] = size(w);

%set parameter
alfa = 0.1; %learning rate
DecAlfa = 0.05; %penurunan learning rate
MinAlfa = 0.005; %Minimum learning rate
MaxEpoh = 500; %Maksimum epoch
%Mulai Iterasi
epoh=0;
while (epoh<=MaxEpoh) & (alfa>=MinAlfa),
    epoh=epoh+1;
    for k=1:m,
        for c=1:m1,
            D(c)=0;
            for i=1:n,
                D(c)=D(c)+(w(c,i)-P(k,i))^2;
            end;
            D(c)=sqrt(D(c));
        end;
        [Jmin, idx]= min(D);
        if idx==T(k),
            w(idx,:)=w(idx,:)+alfa*(P(k,:)-w(idx,:));
        else
            w(idx,:)=w(idx,:)-alfa*(P(k,:)-w(idx,:));
        end;
    end;
end;

```

```

        disp(strcat('Epoh Ke-',int2str(epoh),';alfa
        =',num2str(alfa)))
        alfa=alfa-DecAlfa*alfa;
    end;
    disp(strcat('Epoh Ke-',int2str(epoh),';alfa
    =',num2str(alfa)))
        alfa=alfa-DecAlfa*alfa;
    end;
    %Display Bobot akhir
    BobotAkhir = w

```

Gambar 4.16 Source code proses pelatihan LVQ

Pada proses ini akan menghasilkan nilai yaitu Bobot akhir dari LVQ, w (bobot akhir), T(target), dan H (nilai hasil) sebagai inputan yang akan digunakan untuk proses pencocokan. Berikut adalah listing program untuk pengujian data training:

```

%pengujian dengan data pelatihan
X=P;
H=[];

for k=1:size(X,1),
    for c=1:m1,
        D(c)=0;
        for i=1:n,
            D(c)=D(c)+(w(c,i)-X(k,i))^2;
        end;
        D(c)=sqrt(D(c));
    end;
    [Jmin, idx]=min(D);
    H=[H; idx];
end;
disp('Target Hasil')
target2hasil = [T H];
disp(target2hasil);

```

Gambar 4.17 sourcecode proses pengujian data training dengan LVQ

Berikut listing program untuk data yang akan di ujikan

```
%pengujian dengan data pelatihan
X=xsource;
H=[];

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

Gambar 4.18 source code proses pengujian data uji coba dengan LVQ

Pada tahap uji coba hasil pengklasifikasian akan keluar sesuai dengan nilai max dari masing-masing kelas. Adapun nilai hasil perhitungan data *training* nilai D sebesar [1.694407374406167e+04; 5.747560851679579e+03; 1.618494075100143e+03]. Hasil nilai tersebut akan digunakan untuk proses selanjutnya (pengujian/pencocokan data).

Tabel 4.3 Hasil Learning rate (α) dengan maksimal epoch LVQ

Epoch Ke-	Learning Rate (α)	Penurunan (a)	Maksimal Epoch
1	0.1	0.05	500
2	0.095	0.05	500
3	0.09025	0.05	500
4	0.08574	0.05	500
5	0.08145	0.05	500

Tabel 4.4 Lanjutan Hasil Learning rate (α) dengan maksimal epoch LVQ

Epoch Ke-	Learning Rate (α)	Penurunan (a)	Maksimal Epoch
6	0.07738	0.05	500
7	0.07351	0.05	500
8	0.06983	0.05	500
9	0.06634	0.05	500
10	0.06303	0.05	500
11	0.05987	0.05	500
12	0.05688	0.05	500
13	0.05404	0.05	500
14	0.05133	0.05	500
15	0.04877	0.05	500
16	0.04633	0.05	500
17	0.04401	0.05	500
18	0.04181	0.05	500
19	0.03972	0.05	500
20	0.03774	0.05	500
21	0.03585	0.05	500
22	0.03406	0.05	500
23	0.03235	0.05	500
24	0.03074	0.05	500
25	0.0292	0.05	500
26	0.02774	0.05	500
27	0.02635	0.05	500
28	0.02503	0.05	500
29	0.02378	0.05	500
30	0.02259	0.05	500
31	0.02146	0.05	500
32	0.02039	0.05	500
33	0.01937	0.05	500
34	0.0184	0.05	500
35	0.01748	0.05	500
36	0.01661	0.05	500
37	0.01578	0.05	500
38	0.01499	0.05	500
39	0.01424	0.05	500
40	0.01353	0.05	500

Tabel 4.5 Lanjutan Hasil Learning rate (α) dengan maksimal epoch LVQ

Epoch Ke-	Learning Rate (α)	Penurunan (a)	Maksimal Epoch
41	0.01285	0.05	500
42	0.01221	0.05	500
43	0.0116	0.05	500
44	0.01102	0.05	500
45	0.01047	0.05	500
46	0.00994	0.05	500
47	0.00945	0.05	500
48	0.00897	0.05	500
49	0.00853	0.05	500
50	0.0081	0.05	500
51	0.00769	0.05	500
52	0.00731	0.05	500
53	0.00694	0.05	500
54	0.0066	0.05	500
55	0.00627	0.05	500
56	0.00595	0.05	500
57	0.00566	0.05	500
58	0.00537	0.05	500
59	0.0051	0.05	500

Dari tabel 4.2 bahwa nilai bobot akhir dengan maksimal epoch 500 dan learning rate (α)=0.1 menemukan nilai bobot akhir sampai epoch ke 59 dengan nilai (a) = 0.0051047.

Nilai Bobot Akhir dari data pelatihan:

2.78596312203460 34.9144868079597 13467.8118734158

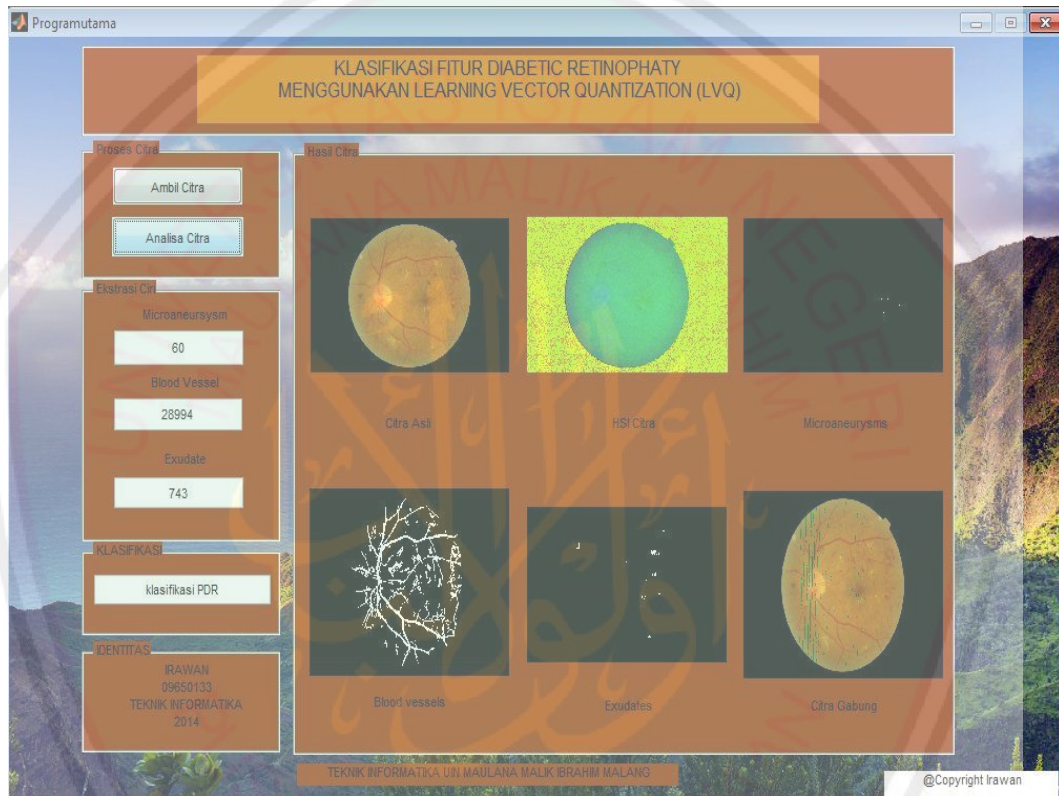
21.1427723361330 12.0745946277066 24337.7172920492

89.7168304382429 171.749744678737 31519.7645222151

Untuk proses uji coba (*testing*) dijelaskan pada proses tampil hasil.

4.1.6 Proses Tampil Hasil

Setelah citra melalui tahapan-tahapan proses klasifikasi, citra hasil akan ditampilkan pada form utama:



Gambar 4.19 Tampilan hasil pada form utama

Seperti yang terlihat dalam gambar 4.17, setelah citra melalui proses klasifikasi, hasil ekstraksi pada form tersebut dengan nilai ekstraksi *Microaneurysms* 60, nilai ekstraksi *bloodvessel* 28994, nilai ekstraksi *exudates* 743. Hasil klasifikasinya yaitu *Poliferatif diabetic retinopathy (PDR)*. Hasil proses klasifikasi akan ditampilkan pada edit text di bagian bawah pada panel klasifikasi. program utama memanggil fungsi_LVQ

Berikut ini adalah listing sourcecode klasifikasi:

```

kelasfinal = function_LVQ (MIC_area,EX_area,BV_area);

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

%pengujian dengan data pelatihan
X=xsource;
H=[];

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

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

```

Gambar 4.20 Source code proses klasifikasi dengan LVQ

Berikut ini adalah source code fungsi-fungsi pendukung lain dalam form utama aplikasi yang melengkapi tampilan form utama adalah sebagai berikut:

1. Source code Fungsi Tombol Analisa

```

global selection_value;
proyek=guidata(gcbo);
proyek=guidata(gcbo);
I=get(proyek.axes1,'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);

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

select_image = I;
=====
%% Microaneurysms %%
set(handles.classtextbox,'string','Processing MIC..');
pause(0.1) %buat tampilin text
[MIC_area MIC_image] = function_MIC (select_image);
axes(handles.axes3);
axis tight
imshow(MIC_image), zoom on;
set(handles.Micro,'string',MIC_area);
set(handles.text7,'string','Microaneurysms');

```

```

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

[EX_area EX_image] = function_EX (select_image);
axes(handles.axes5);
axis tight
imshow(EX_image),zoom on;
set(handles.Exudate,'string',EX_area);
set(handles.text9,'string','Exudates');
D=logical(EX_image);
gbr_asli_gabung = imresize(select_image, [576 720]);
gbr_asli_gabung(D)=0;
% --- utk simpan 3 ---
handles.hasil_tepi_gabung = gbr_asli_gabung;
handles.tampil_tepi_gabung = handles.hasil_tepi_gabung;
guidata(hObject,handles);

axes(handles.axes6);
imshow(gbr_asli_gabung);
set(handles.text10,'string','Citra Gabung');

Nlise_Microaneurysms = MIC_area;
Nlise_Bloodvessel = BV_area;
Nlise_Exudates = EX_area;%
%klasifikasi
=====
kelasfinal = function_LVQ (MIC_area,EX_area,BV_area);
set(handles.classtextbox,'string',kelasfinal);

```

Gambar 4.21 source code untuk Halaman Utama

4.3 Uji Coba

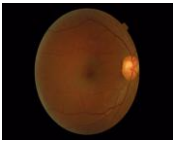
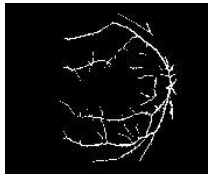
Pada proses uji coba ini terdiri dari dua tahap, yaitu tahap pelatihan dan tahap pengujian, selanjutnya hasil dari pengujian akan dibandingkan dengan hasil klasifikasi dari pakar, yaitu *Messidor*. *Messidor* merupakan suatu program riset yang didanai oleh TECHNO-VISI Kementerian Riset dan Pertahanan Prancis tahun 2004 yang berkonsentrasi pada penelitian tentang *Diabetic Retinopathy*.

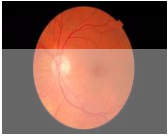
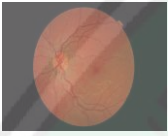
Pelatihan pada penelitian ini menggunakan 45 buah data yang telah diklasifikasi oleh *expert* tim *Messidor*. Berikut merupakan data pelatihan yang terdiri dari beberapa fitur hasil ekstraksi, berikut adalah pemaparannya :

- BV = fitur dari ekstraksi *Blood Vessel*
- EX = fitur dari ekstraksi *Exudates*
- MIC = fitur ekstraksi dari *Microaneurysms*
- Kelas = kelas klasifikasi terdiri dari 3 kelas yaitu, Normal, NPDR, dan PDR
- Jumlah data = 45 data
- Jumlah kelas Normal =15, Jumlah kelas NPDR = 15, Jumlah kelas PDR=

15

Tabel 4.6 Parameter Proses Pengujian (Hasil Ekstraksi Fitur)

Gambar	Microaneurysm	Exudate	Bloodvessel	kelas
	2.78596312203460 	34.9144868079597 	13467.8118734158 	1

	21.1427723361330	12.0745946277066	24337.7172920492	2
	89.7168304382429	171.749744678737	31519.7645222151	3

Tabel 4.3. Berisi data hasil perhitungan rata-rata nilai parameter kelas untuk proses uji coba dengan hasil bobot akhirnya. kelas menunjukkan pengelompokan yang diproses dengan metode LVQ. Nilai rata-rata dihitung agar penulis mengetahui perbandingan nilai dari setiap kelas yang akan diklasifikasikan.

Untuk proses uji coba adalah melakukan pengujian satu persatu terhadap citra *fundus* lain dan melakukan perbandingan dengan klasifikasi dari pakar *messidor* . Dari hasil klasifikasi akan didapatkan citra hasil proses klasifikasinya. Uji coba ini, menggunakan 48 data sampel yang berbeda .

Hasil Klasifikasinya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Klasifikasi *Diabetic Retinopathy* oleh pakar *messidor*

NO	Nama Citra	Ophthalmologic department	grade
1	20051214_57817_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
2	20060522_43643_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
3	20060522_45111_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
4	20060522_45583_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	PDR
5	20060522_46379_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
6	20060522_46400_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
7	20060523_43174_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	PDR
8	20060523_43248_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
9	20060523_45216_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	NPDR
10	20060523_45235_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	NPDR
11	20060523_45467_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
12	20060523_45524_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
13	20060523_45662_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	NPDR
14	20060523_49791_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	PDR
15	20060523_45697_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	NPDR
16	20060523_45787_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	NPDR
17	20060523_48005_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
18	20060523_48161_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
19	20060523_48182_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	PDR
20	20060523_48357_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
21	20060523_48406_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal

Tabel 4.8 Lanjutan Hasil Klasifikasi *Diabetic Retinopathy* oleh pakar *messidor*

NO	Nama Citra	Ophthalmologic department	grade
22	20060523_48477_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	NPDR
23	20060523_48572_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	NPDR
24	20060523_48591_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
25	20060523_48931_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
26	20060523_48990_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	NPDR
27	20060523_49010_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	NPDR
28	20060523_49100_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
29	20060523_49120_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
20	20060523_49176_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
31	20060523_49269_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	NPDR
32	20060523_49681_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
33	20060523_49726_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
34	20060523_49745_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
35	20060529_57430_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	PDR
36	20060523_49928_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	PDR
37	20060523_49942_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	PDR
38	20060530_53062_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
39	20060530_53132_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
40	20060530_53152_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
41	20060530_53742_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
42	20060530_53761_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal

Tabel 4.9 Lanjutan Hasil Klasifikasi *Diabetic Retinopathy* oleh pakar *messidor*

NO	Nama Citra	Ophthalmologic department	grade
43	20060530_53816_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
44	20060530_53836_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
45	20060530_53928_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
46	20060530_54332_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	PDR
47	20060530_53954_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal
48	20060530_54485_0100_PP.tif	Service Ophtalmologie Lariboisière	Normal

Tabel 4.10 Hasil Klasifikasi *Diabetic Retinopathy* pada program dengan menggunakan LVQ

NO	Nama Citra	Micro	Exudate	BV	Kelas
1	20051214_57817_0100_PP.tif	75	0	15672	Normal
2	20060522_43643_0100_PP.tif	69	0	17155	Normal
3	20060522_45111_0100_PP.tif	0	0	12911	Normal
4	20060522_45583_0100_PP.tif	60	743	28994	PDR
5	20060522_46379_0100_PP.tif	6	0	15953	Normal
6	20060522_46400_0100_PP.tif	0	60	15568	Normal
7	20060523_43174_0100_PP.tif	51	0	28469	PDR
8	20060523_43248_0100_PP.tif	0	0	17646	Normal
9	20060523_45216_0100_PP.tif	0	0	20168	NPDR
10	20060523_45235_0100_PP.tif	66	0	20069	NPDR
11	20060523_45467_0100_PP.tif	85	19	19193	Normal
12	20060523_45524_0100_PP.tif	14	30	18116	Normal
13	20060523_45662_0100_PP.tif	37	23	22000	NPDR
14	20060523_49791_0100_PP.tif	103	329	12273	Normal
15	20060523_45697_0100_PP.tif	14	140	23146	NPDR
16	20060523_45787_0100_PP.tif	41	0	24129	NPDR
17	20060523_48005_0100_PP.tif	0	0	18217	Normal
18	20060523_48161_0100_PP.tif	63	3	15334	Normal
19	20060523_48182_0100_PP.tif	62	0	31453	PDR
20	20060523_48357_0100_PP.tif	6	0	14347	Normal
21	20060523_48406_0100_PP.tif	0	0	16643	Normal
22	20060523_48477_0100_PP.tif	79	22	22994	NPDR
23	20060523_48572_0100_PP.tif	47	0	20648	NPDR
24	20060523_48591_0100_PP.tif	0	0	17579	Normal
25	20060523_48931_0100_PP.tif	0	0	17568	Normal

Tabel 4.11 Lanjutan Hasil Klasifikasi *Diabetic Retinopathy* pada program
dengan menggunakan LVQ

NO	Nama Citra	Micro	Exudate	BV	Kelas
26	20060523_48990_0100_PP.tif	53	0	24795	NPDR
27	20060523_49010_0100_PP.tif	31	0	25176	NPDR
28	20060523_49100_0100_PP.tif	0	0	13055	Normal
29	20060523_49120_0100_PP.tif	0	0	14366	Normal
20	20060523_49176_0100_PP.tif	96	0	6281	Normal
31	20060523_49269_0100_PP.tif	0	0	19166	NPDR
32	20060523_49681_0100_PP.tif	0	0	17995	Normal
33	20060523_49726_0100_PP.tif	0	0	18552	Normal
34	20060523_49745_0100_PP.tif	0	0	16938	Normal
35	20060529_57430_0100_PP.tif	108	1822	22152	NPDR
36	20060523_49928_0100_PP.tif	20	7	31453	PDR
37	20060523_49942_0100_PP.tif	46	0	29327	PDR
38	20060530_53062_0100_PP.tif	0	0	16492	Normal
39	20060530_53132_0100_PP.tif	0	0	19038	Normal
40	20060530_53152_0100_PP.tif	0	0	17150	Normal
41	20060530_53742_0100_PP.tif	0	0	9253	Normal
42	20060530_53761_0100_PP.tif	0	0	7280	Normal
43	20060530_53816_0100_PP.tif	0	0	16639	Normal
44	20060530_53836_0100_PP.tif	0	0	12115	Normal
45	20060530_53928_0100_PP.tif	0	0	11277	Normal
46	20060530_54332_0100_PP.tif	48	647	30341	PDR
47	20060530_53954_0100_PP.tif	0	0	10118	Normal
48	20060530_54485_0100_PP.tif	0	36	18396	Normal

Tabel 4.12 Hasil Perbandingan Klasifikasi *Diabetic Retinopathy* oleh pakar
Messidor dengan program menggunakan LVQ

NO	Nama Citra	Grade(Oleh pakar messidor)	grade(Program)
1	20051214_57817_0100_PP.tif	Normal	Normal
2	20060522_43643_0100_PP.tif	Normal	Normal
3	20060522_45111_0100_PP.tif	Normal	Normal
4	20060522_45583_0100_PP.tif	PDR	PDR
5	20060522_46379_0100_PP.tif	Normal	Normal
6	20060522_46400_0100_PP.tif	Normal	Normal
7	20060523_43174_0100_PP.tif	PDR	PDR
8	20060523_43248_0100_PP.tif	Normal	Normal
9	20060523_45216_0100_PP.tif	NPDR	NPDR

Tabel 4.13 Lanjutan Hasil Perbandingan Klasifikasi *Diabetic Retinopathy* oleh pakar Messidor dengan program menggunakan LVQ

NO	Nama Citra	Grade(Oleh pakar messidor)	grade(Program)
10	20060523_45235_0100_PP.tif	NPDR	NPDR
11	20060523_45467_0100_PP.tif	Normal	Normal
12	20060523_45524_0100_PP.tif	Normal	Normal
13	20060523_45662_0100_PP.tif	NPDR	NPDR
14	20060523_49791_0100_PP.tif	PDR	Normal
15	20060523_45697_0100_PP.tif	NPDR	NPDR
16	20060523_45787_0100_PP.tif	NPDR	NPDR
17	20060523_48005_0100_PP.tif	Normal	Normal
18	20060523_48161_0100_PP.tif	Normal	Normal
19	20060523_48182_0100_PP.tif	PDR	PDR
20	20060523_48357_0100_PP.tif	Normal	Normal
21	20060523_48406_0100_PP.tif	Normal	Normal
22	20060523_48477_0100_PP.tif	NPDR	NPDR
23	20060523_48572_0100_PP.tif	NPDR	NPDR
24	20060523_48591_0100_PP.tif	Normal	Normal
25	20060523_48931_0100_PP.tif	Normal	Normal
26	20060523_48990_0100_PP.tif	NPDR	NPDR
27	20060523_49010_0100_PP.tif	NPDR	NPDR
28	20060523_49100_0100_PP.tif	Normal	Normal
29	20060523_49120_0100_PP.tif	Normal	Normal
30	20060523_49176_0100_PP.tif	Normal	Normal
31	20060523_49269_0100_PP.tif	NPDR	NPDR
32	20060523_49681_0100_PP.tif	Normal	Normal
33	20060523_49726_0100_PP.tif	Normal	Normal
34	20060523_49745_0100_PP.tif	Normal	Normal
35	20060529_57430_0100_PP.tif	PDR	NPDR
36	20060523_49928_0100_PP.tif	PDR	PDR
37	20060523_49942_0100_PP.tif	PDR	PDR
38	20060530_53062_0100_PP.tif	Normal	Normal
39	20060530_53132_0100_PP.tif	Normal	Normal
40	20060530_53152_0100_PP.tif	Normal	Normal
41	20060530_53742_0100_PP.tif	Normal	Normal
42	20060530_53761_0100_PP.tif	Normal	Normal
43	20060530_53816_0100_PP.tif	Normal	Normal
44	20060530_53836_0100_PP.tif	Normal	Normal
45	20060530_53928_0100_PP.tif	Normal	Normal
46	20060530_54332_0100_PP.tif	PDR	PDR
47	20060530_53954_0100_PP.tif	Normal	Normal
48	20060530_54485_0100_PP.tif	Normal	Normal

Proses pengujian dengan menggunakan 48 data uji yang terdiri dari 30 data normal, 10 data *NPDR*, dan 8 data *PDR*. Hasil klasifikasi terdapat 2 data terklasifikasi dalam kelas lain dan 46 data terklasifikasi dengan benar. Untuk menghitung presentase aplikasi dapat di hitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}\text{Persentase} &= \frac{\text{data keberhasilan}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{46}{48} \times 100 = 96\%\end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan di atas merupakan hasil akhir dari presentase keberhasilan klasifikasi Fitur *Diabetic Retinopathy* dengan menggunakan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)* sebesar 96 %.

4.4 Integrasi Metode *Learning Vector Quantization* dengan Al-quran

Allah SWT berfirman dalam surah An-Naba ayat 18:

يَوْمَ يُنْفَخُ فِي الصُّورِ فَتَأْتُونَ أَفْوَاجًا ﴿١٨﴾

Artinya: “Yaitu hari (yang pada waktu itu) ditiup sangsakala lalu kamu datang berkelompok-kelompok”

Berdasarkan Q.S. An-Naba ayat 18, hari kiamat pada waktu itu ditiup sangkakala oleh malaikat Israfil yang menyebabkan seluruh makhluk akan dihidupkan kembali, bangkit dari kuburnya masing-masing dan berkumpul di padang Mahsyar dan tiap-tiap umat dipimpin oleh Rasuhnya, sehingga datang berkelompok-kelompok.

Allah SWT berfirman di dalam Alqur'an surat An Naml Ayat 83:

وَيَوْمَ نَحْشُرُ مِنْ كُلِّ أُمَّةٍ فَوْجًا مِمَّنْ يُكَذِّبُ بِعَايَتِنَا فَهُمْ يُوزَعُونَ ﴿٨٣﴾

Artinya : “dan (ingatlah) hari (ketika) Kami kumpulkan dari tiap-tiap umat segolongan orang-orang yang mendustakan ayat-ayat Kami, lalu mereka dibagi-bagi (dalam kelompok-kelompok)”.

Pada Q.S. An Naml ayat 83, dijelaskan bahwa Allah SWT menerangkan tingkah laku dan perbuatan orang-orang kafir yang mendustakan Allah dan Rasul-Nya ketika mereka menyaksikan sendiri datangnya hari Kiamat setelah menjelaskan tanda-tanda pendahuluannya. Pada hari itu Allah mengumpulkan dari tiap-tiap umat segolongan manusia yang besar sekali jumlahnya yang mendustakan ayat-ayat Allah, dan setelah mereka berkumpul semuanya di padang mahsyar untuk menerima cercaan dan penghinaan, mereka semuanya berdiri di hadirat Allah SWT untuk menghadapi berbagai-bagai pertanyaan dan pemeriksaan. Dari penjelasan Q.S. An-Naba: 18 dan Q.S. An-Naml: 83 dapat dikaitkan bahwasannya metode Learning Vector Quantization (LVQ) juga mengelompokkan tingkat penyakit *Diabetic Retinopathy* sesuai dengan kalsifikasinya. Dengan berdasarkan hasil nilai *ekstraksi ciri* dari masing-masing citra fundus mata dan di klasifikasi berdasarkan stadiumnya.

Allah SWT berfirman di dalam Alqur'an surat Al-baqarah Ayat 215:

سَآكِنِينَ وَابْنِ السَّبِيلِ ۖ وَمَا سَأَلْتَهُمْ مَاذَا يَنْفِقُونَ ۖ قُلْ مَا أَنْفَقْتُمْ مِنْ خَيْرٍ فَلِلَّهِ وَالْيَوْمِئَاتِ وَالتَّائِبِينَ وَالْمُتَّقِينَ ۚ تَفْعَلُوا مِنْ خَيْرٍ فَإِنَّ اللَّهَ بِهِ عَلِيمٌ

Artinya: “Mereka bertanya tentang apa yang mereka nafkahkan. Jawablah: "Apa saja harta yang kamu nafkahkan hendaklah diberikan kepada ibu-bapak, kaum kerabat, anak-anak yatim, orang-orang miskin dan orang-orang yang sedang

dalam perjalanan". Dan apa saja kebaikan yang kamu buat, maka sesungguhnya Allah Maha Mengetahuinya.

Dari Ayat di atas menjelaskan kelompok orang-orang yang berhak menerima sebagian harta yang di milikin oleh yang mampu. Maksudnya, mereka bertanya kepadamu tentang nafkah, dan ini mencakup pertanyaan tentang apa yang diinfakkan dan siapa yang akan diberikan infak. Allah menjawab mereka tentang hal itu maka firmanNya, *خَيْرٌ مِّن مَّا أَنْفَقْتُمْ قُلْ* “*Apa saja harta yang kamu nafkahkan*”, artinya, harta yang sedikit atau banyak maka orang yang paling utama menerima harta itu dan yang paling berhak untuk di dahulukan serta paling besar hak mereka atasmu adalah kedua orang tua yang diwajibkan atasmu berbakti kepadanya dan haram bagimu dari durhaka kepadanya. Di antara cara berbakti paling agung kepada mereka adalah memberi nafkah kepada keduanya dan di antara kedurhakaan yang paling besar adalah meninggalkan nafkah bagi keduanya. Karena itu, memberi nafkah kepada keduanya adalah wajib atas seorang anak yang berada dalam kondisi lapang. Setelah kedua orang tua adalah sanak keluarga menurut tingkatannya, yang terdekat lalu yang lebih dekat menurut kedekatannya dan kebutuhannya. Karena memberi nafkah kepada mereka adalah sebuah sedekah dan silaturahmi. Ayat di atas dapat dikaitkan bahwasannya metode Learning Vector Quantization (LVQ) juga mengelompokkan tingkat penyakit *Diabetic Retinopathy* sesuai dengan klasifikasinya. Learning Vector Quantization (LVQ) akan memasukin penyakit *diabetic retinopathy* berdasarkan hasil ekstraksi ciri dari *microaneurysms*, *exudates*, dan *blood vessel* pada tingkat kelasnya.

Kemudian Allah SWT berfirman di dalam Alqur'an surat ali imran ayat 122:

إِذْ هَمَّتْ طَائِفَتَانِ مِنْكُمْ أَنْ تَفْشَلَا وَاللَّهُ وَلِيُّهُمَا وَعَلَى اللَّهِ فَلْيَتَوَكَّلِ الْمُؤْمِنُونَ

Artinya: ketika dua golongan dari padamu ingin (mundur) karena takut, padahal Allah adalah penolong bagi kedua golongan itu. Karena itu hendaklah kepada Allah saja orang-orang mukmin bertawakkal.

Dari Ayat di atas menjelaskan bahwa ada dua golongan yang takut kepada Allah SWT yakni Bani salamah dari suku Khazraj dan Bani Harisah dari suku Aus, keduanya dari kaum muslimin. Ayat di atas dapat dikaitkan bahwasannya metode Learning Vector Quantization (LVQ) juga menggolongkan tingkat penyakit *Diabetic Retinopathy* dalam tiga kelas yaitu *Normal*, *NPDR*, dan *PDR* yang akan menjadi tingkat stadium dalam mengklasifikasi fitur *diabetic retinopathy*.

BAB V

PENUTUP

Pada bab ini akan diambil kesimpulan dari kegiatan-kegiatan yang telah dilakukan selama proses pengerjaan skripsi ini. Selain itu terdapat saran-saran untuk mengembangkan lebih lanjut yang dapat diberikan dari skripsi ini

5.1. Kesimpulan

Dari hasil implementasi dan uji coba yang telah peneliti lakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Klasifikasi penyakit *Diabetic Retinopathy* dengan menggunakan metode *Learning vector quantization* mampu mengklasifikasi penyakit *diabetic retinopathy* yang berbeda berdasarkan tingkat stadiumnya yaitu data Normal sebanyak 30, data *NPDR* sebanyak 10 ,dan data *PDR* sebanyak 8 data. Hanya 2 data yang tidak berhasil di klasifikasikan sesuai stadiumnya.
2. Performa *Learning Vector Quantization* sebagai metode pengklasifikasian dalam mengklasifikasi *Diabetic Retinopathy* dengan prosentase kinerja aplikasi yang digunakan untuk menguji citra *fundus* dengan jumlah sampel 48 yang berbeda, keberhasilannya sebesar 96 % dari seluruh citra yang diujikan.

5.2 Saran

Pembuatan program ini masih dapat dikembangkan, dengan menggunakan beberapa penambahan parameter nilai yang diambil untuk proses ekstraksi fitur, proses klasifikasi masih dapat dikembangkan dengan *function* yang lain. Untuk pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan dapat menggunakan metode pelatihan yang lainnya, seperti menggunakan pelatihan Adaline dan perceptron.



DAFTAR PUSTAKA

- Abu Ja'far Muhammad bin Jarir Ath-Thabari. 2009. *Tafsir Ath-Thabari*. Jakarta:Pustaka Azzam.
- Ming, Yee Foo. 2009. Identification of Diabetic Retinopathy Stages using Digital Fundus Images using Imaging, School of Science and Technology, Singapura.
- Jong Jek Siang. 2009. Jaringan Saraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB.Yogyakarta : Penerbit ANDI
- Muis,Saludin. 2006. Teknik Jaringan Syaraf Tiruan.Yogyakarta:Penerbit Graha Ilmu
- Widodo,Thomas Sri. 2005. Sistem Neuron Fuzzy untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan, dan kendali.Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu
- Santosa, Budi. 2007. Data Mining Terapan Dengan MATLAB.Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu
- Akara Sopharak, Khine Thet Nwe, (2008), Automatic Exudate Detection with a Naive Bayes Classifier, Asian Institute of Technology , Bangkok, Thailand.
- Akara Sopharak, Bunyarit Uyyanonvara, (2007.1), Automatic Exudates Detection From Diabetic Retinopathy Retinal Citra Using Fuzzy C-Means And Morphological Methods, Advances In Computer Science And Technology, Thailand.
- Basri Iba Asghari, (1994), Solusi Alquran Tentang Problema Sosial Politik dan Budaya, Rineka Cipta, Jakarta
- Iqbal, M.I, Aibinu, A.M, Gubbal, N.S, Khan, (2006), A, *Automatic Diagnosis of Diabetic Retinopathy using fundus Citras*, Blekinge Institute of Technology.
- Munir, R. 2004. *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika.
- Kusumadewi, Sri. 2004. Membangun Jaringan Syaraf Tiruan (Menggunakan MATLAB & Excel Link.Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu
- Santosa, Budi. 2007. Data Mining: Teknik Pemanfaatan Data Untuk keperluan Bisnis. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu

Cucun Very Angkoso, (2011), Klasifikasi Tumor dan Kista Pada Citra Panoramik Gigi Manusia Menggunakan Metode Support Vector Machine (SVM), Program Magister Bidang Keahlian Jaringan Cerdas Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Musthafa, Ahmad Al-Maraghi. 2010. *Tafsir Al-Maraghi Jilid 2*. Nedi Arwandi.

Muna, Niyalatul. 2013. Identifikasi Diabetic Retinopathy Menggunakan Support Vector Machine, Jurusan Teknik Informatika Uin Maliki Malang.

Prasetyo, Eko. 2011. Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab. Yogyakarta: Penerbit ANDI

Purnomo, Mauridhy Hery & Muntasa, Arif. 2010. *Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstrasi Fitur*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Ratna Sitompul, (2011), Retinopati Diabetik, Artikel Pengembangan Pendidikan Keprofesian Berkelanjutan, J Indon Med Assoc, Volum: 61, Nomor: 8.

Putra, darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI

Sutoyo dkk, 2009, *Teori Pengolahan Citra Digital*, ANDI, Yogyakarta.

Nasukhi, Alvian. 2012. *Segmentasi Exudate Pada Citra Digital Fundus Diabetic Retinopathy Menggunakan Metode Graph-Based*, Jurusan Teknik Informatika Uin Maliki Malang.

Fazri, Ahmad. 2013. Klasifikasi Fitur *Diabetic Retinopathy* Menggunakan *Fuzzy C-Means*. Jurusan Teknik Informatika UIN Maliki Malang.

Tomi Kauppi, Valentina Kalesnykiene, DIARETDB1 diabetic retinopathy database and evaluation protocol, University of Kuopio, Finland

Viranee Thongnuch dan Bunyarit Uyyanonvara, (2007), Automatic Optic Disk Detection from Low Contrast Retinal Images of ROP Infant Using Mathematical Morphology, Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Thailand.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Source code deteksi Microaneurysms

```
function [area_micro_a microa_image] = function_MIC (I)

    I2=imresize(I, [496 748]); %menetapkan ukuran citra
    GreenC=I2(:,:,2); %(baris, kolom, 2-->hijau)
    Grayscale = rgb2gray (I2);%konversi (RGB) ke grayscale
    Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);
    for x=1:30 for y=1:60
        Grayscale_brighten(x,y)=0; %255=putih, 0=hitam
        GreenC(x,y)=0; %255=putih, 0=hitam
    end
    end
    Gadpt_his_X1 = adapthisteq(GreenC); % enhances
    Gadpt_his_X2 = adapthisteq(Gadpt_his_X1); %
    outline_border=edge(Grayscale_brighten, 'canny',0.09);
    for x=2:5 for y=100:648 %untuk atas bar 4x520
        outline_border(x,y)=1; %1->untuk warna putih
    end
    end
    for x=492:495 for y=100:648 %untuk bawah bar 4x520
        outline_border(x,y)=1; %1->putih
    end
    end
    Grayscale_imfill = imfill(outline_border, 'holes');
    se = strel('disk',6);
    Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill, se);
    %mengurangi ukuran
    Grayscale_imdilate= imdilate(Grayscale_imfill, se);
    %meningkatkan ukuran
    Grayscale_C_border = Grayscale_imdilate - Grayscale_imerode;
    imwrite(Grayscale_C_border,'Grayscale_C_border.tif');
    ;
    Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border);

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

```

%area_baru_Cborder
end
edge_Gadpt_his_X1 = edge(Gadpt_his_X1, 'canny', 0.18);
edge_lessborder = edge_Gadpt_his_X1 - Grayscale_C_border_L;
%menghapus Cborder, date also removed
edge_imfill = imfill(edge_lessborder, 'holes');
image_holes = edge_imfill - edge_Gadpt_his_X1;
image_largerarea = bwareaopen(image_holes,70); %menghapus
image_microa = image_holes - image_largerarea; %area
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Gadpt_X2_bright = im2bw(Gadpt_his_X2,0.7); %konversi
microa_less_ex = image_microa; %mengatur ukuran
microa_less_ex (image_microa & Gadpt_X2_bright) = 0;
Gadpt_X2_bright_2 = ~im2bw(Gadpt_his_X2,0.3);
Gadpt_X2_bright_3 = bwareaopen(Gadpt_X2_bright_2,20);
microa_less_blood = microa_less_ex;
microa_less_blood (microa_less_ex & Gadpt_X2_bright_3) = 0;
max_GB_column=max(Grayscale_brighten);
max_GB_single=max(max_GB_column); %Get the largest value of
the columns
[row,column] = find(Grayscale_brighten==max_GB_single);
median_row = floor(median(row)); %median(a),find 50th
percentile (the middle) then
median_column = floor(median(column)); %use floor(a),round
towards minus infinity
%Drawing the mask =====
radius = 90; %size of the mask

[x,y] = meshgrid(1:748, 1:496); %row size 496, column size
748 (496x748)
mask = sqrt( (x - median_column).^2 + (y - median_row).^2 )<=
radius;
%Getting area of Microaneurysms
=====
microa_less_smallarea = bwareaopen (microa_less_blood,5);
%remove small area/ residue of reduction
microa_less_cborder = microa_less_smallarea -
Grayscale_C_border_L; %Remove cborder
microa_image = microa_less_cborder - mask;
%area calcuation =====
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
end

```

Lampiran 2 Source code deteksi Exudates

```
function [area_exudates EX_image] = function_EX (I)
%Exudates
I2=imresize(I, [496 748]); %mengubah ukuran citra
%figure, imshow(I2), title('Fig. 1:ukuran citra
496X748');
Grayscale = rgb2gray (I2);%mengubah citra fundus (RGB)
ke grayscale
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);

%=====
Border dengan ukuran persegi panjang
for x=1:30 for y=1:60
Grayscale_brighten(x,y)=0; %255=putih, 0=hitam
end
end
end
%=====
%border untuk persegi=====
for x=1:5 for y=1:748 %untuk atas bar
box_5pix(x,y)=1; %1->putih
end
end
for x=492:496 for y=1:748 %untuk bawah bar
box_5pix(x,y)=1; %1->putih
end
end
for x=1:496 for y=1:5 %untuk kiri bar
box_5pix(x,y)=1; %1->putih
end
end
for x=1:496 for y=733:748 %untuk kanan bar
box_5pix(x,y)=1; %1->putih
end
end
box_5pixel = logical(box_5pix);

Grayscale_imfill = imfill(outline_border, 'holes');

se = strel('disk',6);
Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill, se);
%menurunkan ukuran
Grayscaleimdilate= imdilate(Grayscale_imfill, se);
%meningkatkan ukuran

%Finding the circular border of the image
Grayscale_C_border = Grayscaleimdilate -
Grayscale_imerode;

Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border);
%Convert numeric values to logical
```

```

%Area Calculation for new Grayscale_C_border_L
area_new_Cborder = 0;
for x = 1:496 for y = 1:748
    if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
        area_new_Cborder = area_new_Cborder+1;
    end
end
end
%area_new_Cborder
end
se2 = strel('ball',10,10); %values use ard 8-12
G_imclose = imclose(Grayscale_brighten, se2);

%Detecting theExudates
=====
%Use of Column filter
=====
filter_db_G_imclose = double(G_imclose); %need type double
for colfilt
    filter_colfilt = colfilt(filter_db_G_imclose,[6
6],'sliding',@var); %6-8
    filter_uint8_colfilt = uint8(filter_colfilt); %convert back
    to uint8 0-255
%Image Segmentation
%=====
filter_image_seg = im2bw(filter_uint8_colfilt, 0.45); %0.35
to 0.7
%Finding          Optical          Disk          =
=====
max_GB_column=max(Grayscale_brighten); %Get the largest
value for each column (1-748) of image
element from each column.
max_GB_single=max(max_GB_column); %Get the largest value of
the columns
[row,column] = find(Grayscale_brighten==max_GB_single);
%find returns Row & Column indices of the image that match
the largest value
median_row = floor(median(row)); %median(a),find 50th
percentile (the middle) then
median_column = floor(median(column)); %use floor(a),round
towards minus infinity
%Drawing the mask =====
radius = 90; %size of the mask

[x,y]=meshgrid(1:748, 1:496); %row size 496, column size
748 (496x748)
o/p Y are copies of vector y
mask = sqrt( (x - median_column).^2 + (y - median_row).^2
)<= radius;
%Removing          optical          disk          portion
=====
image_optical_removed = filter_image_seg - mask;
%Removing          Circular          and          Rectangle          border
=====
. . . . .

```

```

        %Expanding the region
        =====
        image_ex_imclose = imclose (image_ex, se); %imdilate
        then imerode to increase the area

        %Non-exudates region
        =====
        Gadpt_his = adapthisteq(Grayscale_brighten); %enhances
        the contrast

        dark_region = im2bw(Gadpt_his,0.85);
        dark_features = ~dark_region; %inv, logical so can use ~
        instead of 1-IM or imcomplement(IM)

        %exudates area =====
        EX_image = image_ex_imclose;
        EX_image (image_ex_imclose & dark_features) = 0; %AND to
        get exudates regions, white white -> black0
        %imwrite(exudates,'EX.tiff');
        %figure, subplot(2,2,1), imshow(image_ex), title('Fig.
        15:Region with exudates');
        %         subplot(2,2,2), imshow(image_ex_imclose),
        title('Fig. 15A:Expanded Region');
        %         subplot(2,2,3), imshow(dark_features),
        title('Fig. 15B:Dark Features');
        %         subplot(2,2,4), imshow(EX_image), title('Fig.
        15C:Exudates after AND function');

        %figure,subplot(1,2,1),         imshow(dark_features),
        title('Fig. 16:Dark Features');
        %         subplot(1,2,2),imshow(EX_image), title('Fig.
        17:Exudates');

        %area caluation
        =====
        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
        %area_exudates
        %=====
        =====

```

Lampiran 3 Sourcecode deteksi Bloodvessel

```
function[area_bloodvessels_final bloodvessels_final]
= function_BV (I)
    I2=imresize(I, [576 720]); %resize image to
    stdize
    GreenC=I2(:,:,2); %(row, column, 2-->green)
    %remove date (upper left corner)
    for x=1:30 for y=1:60
        GreenC(x,y)=0; %255=white, 0=black
    end
end
Ginv2=imcomplement(GreenC); %black and white are
reversed
Gadpt_his3=adapthisteq(Ginv2);
se = strel('ball',8,8);
Gopen4=imopen(Gadpt_his3,se); %imerode then
imdilate
G_Odisk_R5=Gadpt_his3-Gopen4; %removing the
optical disk
G_BW6 = im2bw(G_Odisk_R5,0.105);
G_BWareaopen7 = bwareaopen(G_BW6,65);
bloodvessels_wnoise = G_BWareaopen7;
for x=1:5 for y=1:720 %for top bar
    box_5pix(x,y)=1; %1->white
end
end
for x=572:576 for y=1:720 %for bottom bar
    box_5pix(x,y)=1; %1->white
end
end
for x=1:576 for y=1:5 %for left bar
    box_5pix(x,y)=1; %1->white
end
end
for x=1:576 for y=715:720 %for right bar
    box_5pix(x,y)=1; %1->white
end
end
box_5pixel = logical(box_5pix);
Grayscale_8 = rgb2gray (I2);
Grayscale_brighten_9 = imadjust(Grayscale_8);
outline_border=edge(Grayscale_brighten_9,
'canny', 0.09);
area_Cborder = 0;
area_new_Cborder=0;
for x = 1:576 for y = 1:720
    if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
        area_Cborder = area_Cborder+1;
    end
end
end
end
```

```

        if area_Cborder > 50000
            clear Grayscale_C_border_L
            G_invert_G_B_9 = imcomplement(Grayscale_brighten_9);
            black_filled_10 = im2bw(G_invert_G_B_9, 0.94);
            se = strel('disk',6);
            black_imerode = imerode(black_filled_10, se);
            %reduce size
            black_imdilate= imdilate(black_filled_10, se);
            %increase size
            black_new_Cborder = black_imdilate - black_imerode;
            %New Circular Border is Created
            Grayscale_C_border_L = logical(black_new_Cborder);
            %Area Calculation for new Grayscale_C_border_L
            area_new_Cborder = 0;
            for x = 1:576 for y = 1:720
                if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
                    area_new_Cborder = area_new_Cborder+1;
                end
            end
            end
            end
            %Finding Optical Disk
            =====
            max_GB_column=max(Grayscale_brighten_9);
            max_GB_single=max(max_GB_column);
            [row,column] = find(Grayscale_brighten_9==max_GB_single);
            median_row = floor(median(row));
            median_column = floor(median(column)); \
            %Drawing the mask
            =====
            radius = 90; %size of the mask
            [x,y]=meshgrid(1:720, 1:576); \
            mask = sqrt( (x - median_column).^2 + (y - median_row).^2 ) <=
            radius;
            Gadpt_his_X1 = adapthisteq(GreenC);
            Gadpt_his_X2 = adapthisteq(Gadpt_his_X1);
            Gadpt_his_X3 = adapthisteq(Gadpt_his_X2);
            Gadpt_X2_bright_2 = ~im2bw(Gadpt_his_X3,0.3);
            Gadpt_X2_bright_3 = bwareaopen(Gadpt_X2_bright_2,100);
            Gadpt_X2_bright_4mask = Gadpt_X2_bright_3 + mask;
            finetune_blood = logical(GreenC * 0); finetune_blood
            (G_BWareaopen7 & Gadpt_X2_bright_4mask) = 1;
            bloodvessels_final = finetune_blood - box_5pixel -
            Grayscale_C_border_L;
            %caluating the area of blood vessels
            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
            end
            %area_bloodvessels_final

```