

**KLASIFIKASI DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS DENGAN
NAÏVE BAYES**

SKRIPSI

**Oleh:
KUNAIFI ABDILLAH
NIM. 08650020**



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

**KLASIFIKASI DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS DENGAN
NAÏVE BAYES**

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:
KUNAIFI ABDILLAH
NIM. 08650020

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

LEMBAR PERSETUJUAN**KLASIFIKASI DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS DENGAN NAÏVE BAYES****SKRIPSI****Oleh :**

Nama : Kunaifi Abdillah
NIM : 08650020
Jurusan : Teknik Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah Disetujui, 17 Januari 2014

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Muhammad Faisal, M. T
NIP. 197405102005011007

Dr. Ahmad Baridzi, MA
NIP. 197312121998031001

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

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 197404242009011008

HALAMAN PENGESAHAN**KLASIFIKASI DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS DENGAN NAÏVE BAYES****SKRIPSI**

Oleh:
Kunaifi Abdillah
NIM. 08650020

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

Tanggal, 28 Februari 2014

Susunan Dewan Penguji :**Tanda Tangan**

- | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|----------|----------|
| 1. Penguji Utama | : M. Amin Hariyadi, M.T | (|) |
| | NIP. 196701182005011001 | | |
| 2. Ketua Penguji | : Dr. Cahyo Crysdian | (|) |
| | NIP. 197404242009011008 | | |
| 3. Sekretaris Penguji | : Muhammad Faisal, M.T | (|) |
| | NIP. 197405102005011007 | | |
| 4. Anggota Penguji | : Dr. Ahmad Baridzi | (|) |
| | NIP. 197312121998031001 | | |

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

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 197404242009011008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kunaifi Abdillah

NIM : 08650020

Jurusan : Teknik Informatika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : KLASIFIKASI DIABETIC RETINOPATHY
MENGUNAKAN PRINCIPAL COMPONENT
ANALYSIS DENGAN NAÏVE BAYES

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, 17 Januari 2014

Kunaifi Abdillah
NIM. 08650020

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-Insyirohi: 6-8)

*“After the difficulty sure there must be easy,
so don’t be easy to despair”*

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah, kupersempahkan sebuah karya
kecilku untuk orang-orang yang kusayangi :*

*Abah dan Ibu (Sampuri dan Istiqomah) tercinta dan Adik-dikku
(Refa Zain A dan Ihza Syahniar A) tersayang, yang telah memberikan segalanya,
kasih sayang, perhatian, motivasi, nasihat, dan semuanya yang tidak dapat
disebutkan satu persatu.*

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 Diabetic Retinopathy Menggunakan Principal Component Analysis dengan Naïve Bayes”** sebagai salah satu syarat dalam meraih gelar Sarjana di Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri 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 kepada :

1. Dr. M. Faisal M.T selaku dosen pembimbing I, yang telah membimbing, memotivasi dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Dr. Ahmad Baridzi, MA. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing, mengarahkan dalam penyusunan skripsi.
3. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Hj. Bayyinatul M., drh., M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Ririen Kusumawati, M.Kom., selaku dosen wali yang telah memberikan arahan selama penulis menuntut ilmu di Fakultas Saintek.
6. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang telah memberikan segala bentuk dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. 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, 17 Januari 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.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
 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
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 7
2.1 Mata dan Konsep Penglihatan dalam Islam	7
2.2 Citra Fundus.....	13
2.3 Diabetic Retinopathy.....	14
2.4 Dasar Pengolahan Citra Digital	17
2.4.1 Citra RGB	20
2.4.2 Model Aras Kebuan	21
2.4.3 Konversi Citra RGB Menjadi Aras Abuan.....	22

2.5 Principal Component Analysis	23
2.6 Naïve Bayesian.....	30
2.7 Penelitian Terkait.....	32
2.8 Identifikasi DR menurut pandangan Islam.....	33
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	36
3.1 Lingkungan Perancangan Perangkat Keras.....	36
3.2 Deskripsi Sistem	36
3.2.1 Proses Pelatihan	39
3.2.2 Proses Pengujian	40
3.2.3 Input Image.....	40
3.2.4 Preprocessing	41
3.2.5 Ekstraksi Fitur.....	46
3.2.6 Klasifikasi dengan Niave Bayes	53
3.3 Desain Interface	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Lingkungan Implementasi.....	59
4.2 Penjelasan Program.....	60
4.2.1 Proses Menampilkan Halaman Utama	60
4.2.2 Proses Input Citra.....	61
4.2.3 Proses Tampil Hasil	62
4.3 Uji Coba	63
4.3.1 Pelatihan	63
4.3.2 Pengujian	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Anatomi Mata.....	11
Gambar 2.2 Funduskopi dan Foto Digital Fundus Retina	14
Gambar 2.3 Microaneurysm.....	17
Gambar 2.4 Haemorrhage	17
Gambar 2.5 Hard Exudates	17
Gambar 2.6 Soft Exudates.....	17
Gambar 2.7 Cotton Wool	17
Gambar 2.8 Representasi Citra bentuk Matrik	19
Gambar 2.9 Pengaturan RGB dalam setiap Pixel.....	21
Gambar 2.10 Contoh Citra Aras Keabuan	22
Gambar 2.11 Proses pengubahan RGB ke Citra Aras Keabuan.....	22
Gambar 2.12 Basgan Proses PCA	25
Gambar 3.1 Blok Diagram Proses Klasifikasi DR	38
Gambar 3.2 Skema Proses Pelatihan	39
Gambar 3.3 Skema Proses Pengujian	40
Gambar 3.4 Citra Digital Fundus Mata Berwarna.....	41
Gambar 3.5 Citra Hasil dari ‘imadjust’	42
Gambar 3.6 Ilustrasi gambar sebelum dan sesudah operasi closing.....	43
Gambar 3.7 Deteksi dan Penghilangan Optik Disk	43
Gambar 3.8 Penghilangan Batas Lingkar.....	45
Gambar 3.9 Diagram Proses PCA	47
Gambar 3.10 Proses Deteksi Microaneurysms.....	48
Gambar 3.11 Deteksi Microaneurysms.....	49
Gambar 3.12 Blood Vessels	50
Gambar 3.13 Desain Interface	58
Gambar 4.1 Tampilan Halaman Utama	60
Gambar 4.2 Tampilan Input Citra.....	61
Gambar 4.3 Tampilan Hasil	62

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Training 54

Tabel 3.2 Tabel Mean dan Standart Deviasi 55

Tabel 3.3 Tabel Testing 55

Tabel 3.4 Hasil..... 57

Tabel 4.1 Tabel Training..... 64

Tabel 4.2 Tabel Data Test 65

Tabel 4.3 Hasil Data Tes Normal 66

Tabel 4.4 Hasil Data Tes PDR 66

Tabel 4.5 Hasil Data Tes MildNPDR 67

Tabel 4.6 Hasil Data Tes ModerateNPDR..... 67

Tabel 4.7 Hasil Uji Coba..... 69

ABSTRAK

Abdillah, Kunaifi. 2014. *Klasifikasi Diabetic Retinopathy Menggunakan Principal Component Analysis dengan Naïve Bayes*. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Pembimbing: (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T. (II) Dr. Ahmad Barizi, M.A.

Kata kunci : *diabetic retinopathy, principal componenet analysis, naïve bayes*

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-Proliférate Diabetic Retinopathy (Mild NPDR)*, *Moderate Non-Proliférate Diabetic Retinopathy (Moderate NPDR)* dan *Proliférate Diabetic Retinopathy (PDR)*. Penelitian ini menggunakan pengolahan citra digital untuk mengekstrasi ciri dengan metode *principal component analysis* dan *naïve bayessian* untuk mengklasifikasi ciri.

Hasil pengujian aplikasi menunjukkan bahwa tingkat keakurasian metode *principal component analysis* dalam mengklasifikasi DR berdasarkan tingkatannya, *normal*, *MildNPDR*, *ModerateNPDR* dan *PDR* mencapai 88.75 %.

ABSTRACT

Abdillah, Kunaifi. 2014. *Classification Diabetic Retinopathy Using Principal Component Analysis and Naïve bayes*. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang, (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T (II) Dr. Ahmad Barizi, M.A.

Keywords: *diabetic retinopathy, principal componenet analysis, naïve bayes*

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 identification 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 extract the features by principal componenet analysis method and clasify the features by naïve bayessian.

The application test results shows that level accuracy of principal component analysis method in classify the DR based levels, normal, MildNPDR, ModerateNPDR dan PDR getting to 88.75%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mata adalah salah satu alat indra yang berguna untuk melihat serta berperan utama dalam segala hal aktifitas manusia. Jika mata mengalami sedikit gangguan, maka akan sangat mengganggu aktivitas seluruh tubuh.

Mata manusia tidak selalu sehat jika tidak dirawat dengan benar, salah satu penyakit mata adalah diabetic retinopathy. 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% diantaranya terancam mengalami kebutaan. The DiabCare 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% diantaranya merupakan DR proliferasif (Ratna Sitompul, 2011).

Diabetic Retinopathy digolongkan menjadi empat jenis : yaitu (1) *Normal*, (2) *Mild Non-Proliferasif Diabetic Retinopathy* (Mild NPDR), (3) *Moderate Non-Proliferasif Diabetic Retinopathy* (Moderate NPDR) dan (4) *Proliferasif Diabetic Retinopathy* (PDR). Tahap normal, arteri di retina masih baik, belum terjadi kebocoran, dan pembengkakan. Tahap NPDR arteri di retina melemah dan mengalami kebocoran kecil, mendorong terjadinya pembengkakan atau eudema retina dan mengurangi ketajaman penglihatan. Tahapan ini, dibagi atas dua tingkatan Mild NPDR (Ringan) dan Moderate NPDR (Sedang). Tahap PDR, adanya masalah sirkulasi kekurangan oksigen atau ischemic, untuk menjaga peredaran oksigen di retina, vessels menjadi besar. 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).

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode Principal Component Analysis (PCA) sebagai ekstraksi fitur dan untuk mengklasifikasikan penyakit *diabetic retinopathy* menggunakan Naïve Bayes berdasarkan tingkat stadiumnya. Analisis Komponen Utama atau lebih dikenal dengan PCA (Principal Components Analysis) adalah suatu metode ekstraksi ciri atau pengkompresian data yang mampu mengidentifikasi ciri tertentu yang merupakan karakteristik suatu citra. PCA bertujuan mentransformasikan sejumlah besar variable yang berkorelasi menjadi beberapa variabel yang tidak berkorelasi tanpa menghilangkan informasi penting di dalamnya.

PCA pertama kali ditemukan oleh (Turk, 1991) yang digunakan untuk pengenalan citra wajah. Sampai saat ini ekstraksi fitur citra masih menjadi topik yang sangat penting dan menarik untuk dikaji. Beberapa penelitian sebelumnya, yaitu pengenalan citra wajah dengan mengurangi ruang dimensi secara signifikan (Arif Dkk., 2008)

Teknik transformasi PCA juga telah diteliti oleh Abdurrazak⁴⁾ dengan data Landsat-5 TM untuk mempelajari profil awan dan asap kebakaran di daerah Kalimantan Timur. Penelitian ini menghasilkan tiga komponen utama yang mampu menyerap keragaman 98.6%. Ketiga komponen utama tersebut berhubungan dengan 3 dimensi fundamental spektral citra Landsat-5 TM yaitu *brightness* (kecerahan), *greenness* (kehijauan), dan *wetness* (kelembaban)

PCA juga biasa dipergunakan untuk mereduksi jumlah dimensi dari features yang kita punya. Metode ini juga banyak sekali dipergunakan dalam *face recognition*. PCA sering disebut sebagai eigen citra (eigenvector yang digunakan

pada citra), hal ini disebabkan fitur ciri yang digunakan untuk mencirikan citra merupakan hasil proses persamaan karakteristik yaitu *eigenvector*.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang dapat dirumuskan, Bagaimana mengklasifikasi penderita *diabetic retinopathy* dengan menggunakan metode *PCA* dengan *naïve bayessian*?

1.3. Batasan Masalah

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

- a. Citra yang digunakan adalah citra fundus mata.
- b. Format file citra Tagged Image Format File (.tif).
- c. Penyakit mata yang diidentifikasi adalah Diabetic Retinopathy.
- d. Identifikasi yang akan dilakukan berdasarkan tingkat stadiumnya yaitu Normal, Mild NPDR, Moderate NPDR dan PDR.
- e. Objek yang diidentifikasi tidak tergantung pada umur manusia, tetapi tergantung kepada kerusakan mata manusia.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu aplikasi untuk menampilkan klasifikasi grade *diabetic retinopathy* dengan menggunakan metode

Naïve Bayes dalam pengklasifikasiannya yang berbasis reduksi dimensi *Principal Component Analysis* (PCA).

1.5. Manfaat Penelitian

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

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

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

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, dan metode PCA. Teori yang dijabarkan akan menjadi acuan dalam melakukan perancangan sistem yang dibahas di bab III.

BAB III Analisa dan Perancangan Sistem

Bab ini menjelaskan tentang analisa perancangan sistem untuk membuat aplikasi yang dapat mengidentifikasi 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 identifikasi Diabetic Retinopathy menggunakan PCA.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Menjelaskan tentang pengujian aplikasi untuk mengidentifikasi Diabetic Retinopathy. Perancangan dan desain aplikasi. Uji coba dan evaluasi dilakukan terhadap tahapan aplikasi.

BAB V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan pembuatan aplikasi untuk mengidentifikasi Diabetic Retinopathy menggunakan PCA.

1.7. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode *PCA* dengan *Naïve Bayes* untuk mengklasifikasi penyakit *diabetic retinopathy*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mata dan Konsep Penglihatan dalam Alquran

Tiga alat yang seringkali disinggung dalam Alquran dimana manusia dimungkinkan untuk mengetahui alam sekitarnya (pendengaran dan penglihatan) dan alam-alam yang lebih tinggi yang dapat diketahui lewat hati (*qalb*). Dengan penglihatan kita bisa mengetahui keradaan dari hampir semua benda-benda fisik, dari mulai langit dan alam semesta yang luas, sampai kepada makhluk-makhluk kecil yang ada di hadapannya.

وَاللَّهُ أَخْرَجَكُمْ مِنْ بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَرَ وَالْأَفْئِدَةَ
لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿٧٨﴾

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/16 : 78).

Maksud ayat ini adalah Allah mengajari apa yang sebelumnya tidak diketahui, yaitu sesudah Allah mengeluarkan manusia dari rahim ibunya tanpa memahami dan mengetahui sesuatu apa pun. Akal yang dikaruniakan kepada manusia untuk memahami dan membedakan antara yang baik dan yang buruk. Mata untuk melihat apa yang tidak bisa dilihat sebelumnya, dan telinga untuk mendengar suara-suara

sehingga dapat memahami segala perbincangan, serta mata berguna untuk melihat berbagai sosok, sehingga dapat saling mengenal dan membedakan.

Lafadz **لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ** ‘‘agar kamu bersyukur’’, maksud dari ayat tersebut adalah perintah untuk bersyukur kepada Allah atas hal-hal yang telah dikaruniakan, bukan bersyukur kepada tuhan-tuhan dan tandingannya.

Ayat ini menurut *Tafsir Al Maraghi* (Mustafa, 2010:118) mengandung penjelasan bahwa setelah Allah melahirkan manusia dari perut sang ibu, maka Dia menjadikan manusia dapat mengetahui segala sesuatu yang sebelumnya tidak diketahui. Allah telah memberikan beberapa macam anugerah, yaitu :

- 1 Akal; sebagai alat untuk memahami sesuatu, terutama akal dapat membedakan antara yang baik dan yang jelek, antara yang lurus dan yang sesat, antara yang benar dan yang salah.
- 2 Pendengaran; sebagai alat untuk mendengarkan suara, terutama dengan pendengaran maka dapat memahami percakapan.
- 3 Penglihatan; sebagai alat untuk melihat segala sesuatu, terutama dengan penglihatan maka dapat saling mengenal diantara sesama makhluk.
- 4 Perangkat hidup yang lain; sehingga dapat mengetahui jalan untuk mencari rizki dan materi lainnya yang dibutuhkan, bahkan dapat pula memilih mana yang terbaik dan meninggalkan yang jelek.

Semua yang dianugerahkan oleh Allah tiada maksud lain kecuali supaya bersyukur, artinya gunakan semua anugerah dari Allah semata-mata untuk mencapai tujuan hidup yang sebenarnya, yaitu :

- 1 **يَسْتَعُونَ فَضْلًا مِنْ رَبِّهِمْ** : serta mereka inginkan dari Tuhan mereka, dengan mengeksplorasi sebanyak-banyaknya karunia Allah yang tersebar di seluruh belahan bumi demi kemaslaahatan hidup umat manusia.
- 2 **وَرِضْوَانًا** : dan meraih keridlaan-Nya, dengan keridlaan Allah manusia akan menjadi semakin bermartabat.

Ayat ini juga membuktikan suatu kuasa Allah dalam hal menghidupkan dan mematikan makhluk. Tidak ada sesuatu yang sulit bagi Allah untuk melakukan hal semacam itu.

Ayat tersebut juga berisi alat-alat pokok guna meraih pengetahuan. pada objek pengetahuan yang bersifat material, manusia dapat menggunakan mata. Adapun untuk objek yang bersifat ilmu pengetahuan yang sifatnya immaterial, manusia dapat menggunakan akal dan hatinya. Di masa teknologi modern ini Teknologi Informasi dan Komunikasi mengalami perkembangan yang pesat dan dimanfaatkan di semua sisi kehidupan, termasuk di bidang kesehatan. Banyak rumah sakit menggunakan sistem informasi untuk menangani transaksi yang berhubungan dengan karyawan, justru medis, dan pasien. Sebagai contoh, sistem informasi digunakan untuk mencatat rekaman medis pasien secara elektronik. Salah satu contoh teknologi untuk mengambil citra retina, yaitu Oftalmoskopi. Oftalmoskopi adalah pemeriksaan mata bagi dalam atau fundus mata. Alat yang dipakai untuk oftalmoskopi disebut oftalmoskop. Dengan oftalmoskop dapat dilihat kelainan fundus okuli atau jaringan bola mata bagian dalam. Karena itu pula oftalmoskopi disebut pula funduskopi.

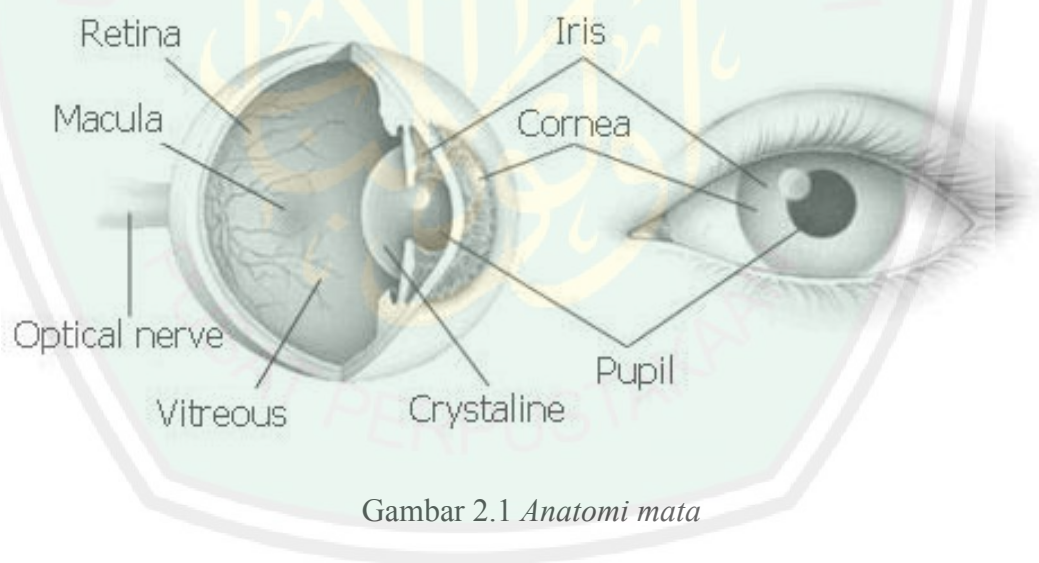
Manusia dilahirkan tanpa pengetahuan sedikitpun. Pengetahuan yang dimaksud adalah bersifat *kasbiy*, yakni pengetahuan yang diperoleh manusia melalui upaya manusiawinya. Meski demikian, manusia tetap membawa fitrah kesucian yang melekat pada dirinya sejak lahir, yakni fitrah yang menjadikannya ‘mengetahui’ bahwa Allah Maha Esa.

Allah SWT dengan kekuasaan-Nya mengeluarkan bayi manusia melalui proses kelahiran oleh ibu yang mengandungnya kurang lebih sembilan bulan. Bayi manusia lahir dengan lemah dan dalam keadaan tidak mengetahui sesuatu pun yang kelak disusui ibu, dirawat, dibesarkan, dan diberi pendidikan hingga menjadi kuat dan cerdas.

Mata dalam Alquran disebut dengan kata *Bashura yabshuru* mempunyai kata benda *al-Basharu*. Dalam kitab *Lisan al-Arab* (Ibnu Mandzur : 290) mendefinisikannya sebagai suatu ungkapan (*ibarah*) dari sifat yang digunakan untuk menyingkap sesuatu oleh kesempurnaan sifat-sifat penglihatan. Al-Laits bin Sa’ad bin Abdurahman al-Fahmi yang mendapat julukan Abu al-Harits adalah guru besar di Mesir, mengungkapkan bahwa maknanya adalah mata (*al-‘Ain*), hanya saja disebut dalam bentuk maskulin (*mudzakar*). Dikatakan juga artinya indera penglihatan. Sementara Ibnu Jauzi atau Abu al-Faraj ibn al-Jauzi (508 H-597 H) adalah seorang ahli fikih, sejarawan, ahli tata bahasa dan ahli tafsir dalam bukunya *Nuzhah al-A’yun al-Nadhoir* (Ibnu Jauzi, 1984:199) menerangkan bahwa ia adalah lawan kata (antonim) dari buta (*A’mā*). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa makna dari kata *bashura* adalah melihat dengan mata.

Mata adalah organ penglihatan yang mendeteksi cahaya. Yang dilakukan mata yang paling sederhana tak lain hanya mengetahui apakah lingkungan sekitarnya terang atau gelap. Mata yang lebih kompleks dipergunakan untuk memberikan pengertian visual.

Retina adalah selapis tipis sel yang terletak pada bagian belakang bola mata vertebrata dan sefalopoda. Retina merupakan bagian mata yang mengubah cahaya menjadi sinyal saraf. Struktur retina manusia adalah 72% seperti bola dengan diameter sekitar 22 mm. Pada bagian tengah retina terdapat cakram optik, yang dikenal sebagai "titik buta" (*blind spot*) karena tidak adanya fotoreseptor di daerah itu. Cakram optik terlihat sebagai area oval berwarna putih berukuran 3 mm².



Gambar 2.1 Anatomi mata

Bagian-bagian pada organ mata bekerjasama mengantarkan cahaya dari sumbernya menuju ke otak untuk dapat dicerna oleh sistem saraf manusia. Bagian-bagian tersebut adalah:

- Kornea

Merupakan bagian terluar dari bola mata yang menerima cahaya dari sumber cahaya.

- Pupil dan iris

Dari kornea, cahaya akan diteruskan ke pupil. Pupil menentukan kuantitas cahaya yang masuk ke bagian mata yang lebih dalam. Pupil mata akan melebar jika kondisi ruangan yang gelap, dan akan menyempit jika kondisi ruangan terang. Lebar pupil dipengaruhi oleh iris di sekelilingnya. Iris berfungsi sebagai diafragma. Iris inilah terlihat sebagai bagian yang berwarna pada mata.

- Lensa mata

Lensa mata menerima cahaya dari pupil dan meneruskannya pada retina. Fungsi lensa mata adalah mengatur fokus cahaya, sehingga cahaya jatuh tepat pada bintik kuning retina. Untuk melihat objek yang jauh (cahaya datang dari jauh), lensa mata akan menipis. Sedangkan untuk melihat objek yang dekat (cahaya datang dari dekat), lensa mata akan menebal.

- Retina

Retina adalah bagian mata yang paling peka terhadap cahaya, khususnya bagian retina yang disebut bintik kuning. Setelah retina, cahaya diteruskan ke saraf optik.

- Saraf optik

Saraf yang memasuki sel tali dan kerucut dalam retina, untuk menuju ke otak.

Hubungan dari retina mata kita dengan penyakit diabetes melitus akan dipaparkan sebagai berikut. Retinopati diabetika merupakan suatu komplikasi dari penyakit diabetes melitus (kencing manis) dimana terjadi kerusakan pembuluh darah di retina mata akibat diabetes, yang menyebabkan retina tidak dapat mengirimkan gambar penglihatan ke otak secara normal.

Pembuluh darah retina yang rusak akibat diabetes melitus bisa mengalami kebocoran yang menyebabkan pembengkakan retina. Pada keadaan lebih lanjut bisa terjadi pendarahan dan pertumbuhan jaringan ikat di dalam bola mata. Perubahan retina akibat kerusakan pembuluh darah ini menyebabkan gangguan penglihatan, bahkan dalam keadaan lebih lanjut akan menyebabkan kebutaan.

Makin lama seseorang menderita diabetes melitus, semakin tinggi kemungkinan ia akan menderita retinopati diabetika. Bila seseorang menderita diabetes melitus lebih dari 5 tahun biasanya akan timbul kerusakan pembuluh darah pada retinanya. Penderita diabetes melitus mempunyai risiko kebutaan 25x dibandingkan orang normal.

2.2 Citra Fundus

Teknologi Informasi banyak diaplikasikan di bidang medis. Banyak rumah sakit menggunakan sistem informasi untuk menangani transaksi yang berhubungan

dengan karyawan, justru medis, dan pasien. Sebagai contoh, sistem informasi digunakan untuk mencatat rekaman medis pasien secara elektronis, dalam hal ini diterapkan untuk mengetahui kesehatan mata melalui fundus. Fundus adalah permukaan dalam mata, yang terletak bertentangan dengan lensa. Fundus bisa dilihat dengan menggunakan oftalmoskop. Pemeriksaan fundus yang disebut oftalmoskopi/funduskopi, terdiri dari retina, makula, fovea, optic disc dan posterior pole (retina yang terletak antara makula dan optic disc). Gambar di bawah ini menunjukkan bentuk visual mata normal dengan pembuluh darah mata (retinal vasculature) dan pembuluh darah kecil yang sempurna.



Gambar 2.2. (a) Foto Digital Fundus Retina Normal (b) Oftalmoskopi / Funduskopi

2.3 Diabetic retinopathy

Diabetic retinopathy adalah salah satu dari komplikasi-komplikasi vaskular (berhubungan dengan pembuluh darah) yang berhubungan pada diabetes. Persoalan mata diabetes ini disebabkan oleh kerusakan dari pembuluh-pembuluh kecil dan disebut "microvascular complication". Penyakit ginjal dan kerusakan syaraf yang

disebabkan oleh diabetes juga adalah komplikasi-komplikasi microvascular. Kerusakan pembuluh darah besar (juga disebut komplikasi-komplikasi macrovascular) termasuk komplikasi-komplikasi seperti penyakit jantung dan stroke.

Komplikasi-komplikasi microvascular berhubungan dengan tingkat gula darah yang tinggi. Hal ini bisa diatasi dengan mengurangi risiko persoalan-persoalan mata pada komplikasi diabetes dengan memperbaiki kontrol gula darah.

Diabetic retinopathy adalah penyebab utama dari kebutaan yang tidak dapat disembuhkan. Durasi (lamanya) dari diabetes adalah risiko tunggal yang paling penting untuk mengembangkan retinopathy. Jadi jika lebih lama mempunyai diabetes, lebih besar risiko persoalan mata yang sangat serius ini. Jika retinopathy tidak ditemukan dini atau tidak dirawat, maka dapat menjurus pada kebutaan. Keberadaan Diabetic retinopathy dapat dideteksi dengan menganalisis karakteristiknya pada retina.

Microaneurysm (Gambar 2.3) merupakan titik merah kecil di antara pembuluh darah retina. Hal ini terjadi karena dinding pembuluh darah terkecil (*Microneurysm*) melemah kemudian pecah. 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.

Haemorrhage (Gambar 2.4) merupakan kerusakan akibat *diabetic retinopathy* berupa bercak-bercak merah darah akibat pecahnya *microneurysm*, kerusakan ini

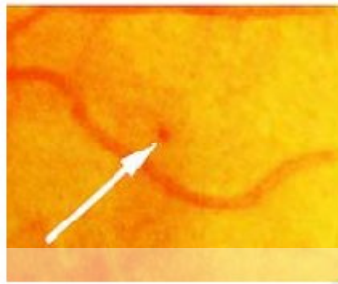
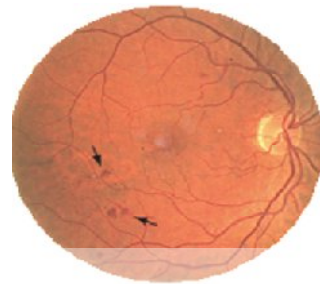
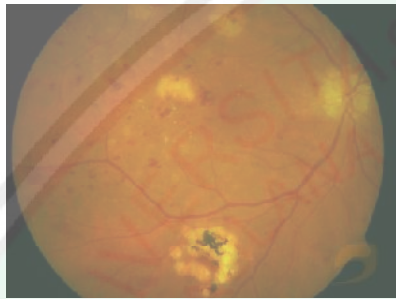
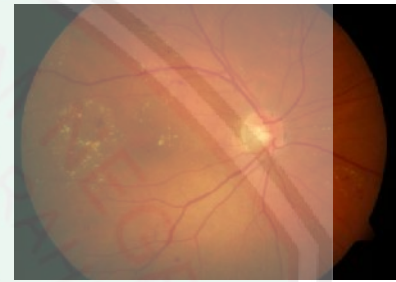
terus berlanjut dan semakin meluas bila tidak segera ditangani secara baik bisa mengakibatkan *exudates*.

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*.

Soft exudates (Gambar 2.5) 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*.

Hard exudate (Gambar 2.6) 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*.

Cotton wool (Gambar 2.7) 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.

Gambar 2.3 *Microaneurysm* (Tomi kauppi,2006)Gambar 2.4 *Haemorrhage* (Tomi kauppi,2006)Gambar 2.5 *Hard Exudates* (Tomi kauppi,2006)Gambar 2.6 *Soft Exudates* (Tomi kauppi,2006)Gambar 2.7 *Cotton wool* (Tomi kauppi,2006)

2.4 Dasar Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra atau *image processing* adalah setiap bentuk pengolahan sinyal yang masukannya berupa gambar, seperti foto, sedangkan keluaran dari pengolahan gambar dapat berupa gambar atau sejumlah karakteristik yang berkaitan dengan gambar. Istilah pengolahan citra digital secara umum didefinisikan sebagai pemrosesan citra dua dimensi dengan komputer karena citra

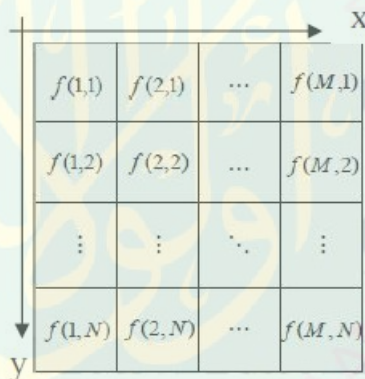
adalah gambar dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi yang kontinu menjadi gambar diskrit melalui proses *sampling*. *Sampling* adalah proses untuk menentukan warna pada piksel tertentu pada citra dari sebuah gambar yang kontinu. Pada proses *sampling* biasanya dicari warna rata-rata dari gambar analog yang kemudian dibulatkan. Proses *sampling* sering juga disebut proses digitisasi.

Dalam definisi yang lebih luas, pengolahan citra digital juga mencakup semua data dua dimensi. Pengolahan citra pada umumnya memiliki tujuan sebagai berikut :

- 1 Memodifikasi kualitas sebuah citra untuk meningkatkan visibilitas citra.
- 2 Mengklarifikasi, mencocokkan, dan mengukur bagian-bagian di dalam citra.
- 3 Memfasilitasi penyimpanan dan transmisi citra seperti menentukan metode penyimpanan citra yang efisien dalam suatu kamera digital sehingga mempercepat proses pengiriman citra dari jarak jauh.
- 4 Membagi bagian-bagian citra yang ingin dihilangkan atau digabung dengan cira yang lain.
- 5 Mengekstraksi informasi yang ada di dalam sebuah citra .

Citra digital adalah barisan bilangan nyata maupun kompleks yang diwakili oleh bit-bit tertentu. Di dalam komputer, citra digital disimpan sebagai suatu file dengan format tertentu. Format citra tersebut menunjukkan cara sebuah citra digital disimpan, misalnya apakah dengan suatu kompresi atau tidak. Contoh format citra

digital adalah .bmp, .jpg, .png, .tif dan sebagainya. Ukuran citra digital dinyatakan dalam piksel yang berasal dari akronim bahasa Inggris *picture element* yang disingkat menjadi *pixel* yang merupakan elemen terkecil dari suatu citra. Sebuah citra digital memiliki matriks yang elemen-elemennya berupa bilangan real. Citra dengan aras keabuan dapat dianggap sebagai sebuah fungsi dua dimensi $f(x,y)$ dengan nilai setiap titik (x,y) menyatakan tingkat kecerahan (derajat keabuan) citra. Citra digital dengan ukuran $M \times N$ piksel sebenarnya merupakan sebuah matriks dengan ukuran $M \times N$, M merupakan banyaknya baris dan N merupakan banyaknya kolom. Setiap titik juga memiliki nilai berupa angka digital yang merepresentasikan informasi yang diwakili oleh titik tersebut.



$f(1,1)$	$f(2,1)$	...	$f(M,1)$
$f(1,2)$	$f(2,2)$	...	$f(M,2)$
$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
$f(1,N)$	$f(2,N)$	...	$f(M,N)$

Gambar 2.8 Representasi citra dalam bentuk matriks

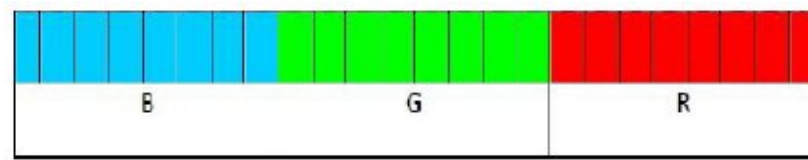
Format data citra digital berhubungan erat dengan warna. Pada kebanyakan kasus, terutama untuk keperluan penampilan secara visual, nilai data digital merepresentasikan warna dari citra yang diolah. Format citra digital yang banyak

dipakai adalah citra biner (monokrom), citra aras keabuan (*grayscale*), citra warna (*true color*), dan citra warna berindeks.

2.4.1 Citra RGB

Suatu citra bisaanya mengacu ke citra RGB. Sebenarnya bagaimana citra disimpan dan dimanipulasi dalam komputer diturunkan dari teknologi televisi, yang pertama kali mengaplikasikannya untuk tampilan grafis komputer. Jika dilihat dengan kaca pembesar, tampilan monitor komputer akan terdiri dari sejumlah triplet titik warna merah (*red*), hijau (*green*) dan biru (*blue*). Tergantung ada pabrik monitornya untuk menentukan apakah titik tersebut merupakan titik bulat atau kotak kecil, tetapi akan selalu terdiri dari 3 triplet *red*, *green* dan *blue*.

Citra dalam komputer tidak lebih dari sekumpulan sejumlah triplet yang masing-masing terdiri atas variasi tingkat keterangan (*brightness*) dari elemen *red*, *green* dan *blue*. Representasinya dalam citra, triplet akan terdiri dari 3 angka yang mengatur intensitas dari *Red* (R), *Green* (G) dan *Blue* (B) dari suatu triplet. Setiap triplet akan merepresentasikan 1 piksel. Suatu triplet dengan nilai 67, 228 dan 180 berarti akan mengeset nilai R ke nilai 67, G ke nilai 228 dan B ke nilai 180. Angka-angka RGB ini yang seringkali disebut dengan *color values*. Pada format .bmp citra setiap piksel pada citra direpresentasikan dengan dengan 24 bit, 8 bit untuk R, 8 bit untuk G dan 8 bit untuk B, dengan pengaturan seperti pada gambar di bawah ini:



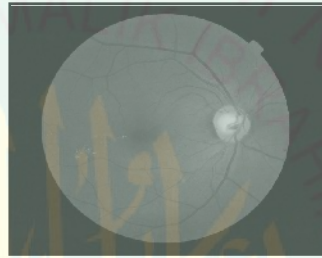
Gambar 2.9. *Pengaturan RGB dalam setiap piksel*

2.4.2 Citra Aras Keabuan

Citra aras keabuan merupakan sebuah hasil dari proses pengolahan citra karena dapat menyederhanakan proses yang harus dilakukan dibandingkan menggunakan citra berwarna. Dalam komputasi, suatu citra digital dengan aras keabuan adalah suatu citra yang nilai dari setiap pikselnya merupakan sampel tunggal. Citra yang ditampilkan dari citra jenis ini terdiri atas warna abu-abu, bervariasi pada warna hitam pada bagian yang intensitas terlemah dan warna putih pada intensitas terkuat. Dalam konsep yang lebih luas, citra aras keabuan adalah citra yang hanya menggunakan warna pada tingkatan warna abu-abu. Warna abu-abu adalah satu-satunya warna pada ruang RGB dengan komponen merah, hijau, dan biru mempunyai intensitas yang sama. Pada citra beraras keabuan hanya perlu menyatakan nilai intensitas untuk tiap piksel sebagai nilai tunggal, sedangkan pada citra berwarna perlu tiga nilai intensitas untuk tiap pikselnya. Pada citra aras keabuan warna bervariasi antara hitam dan putih, tetapi variasi warna diantaranya sangat banyak. Citra aras keabuan seringkali merupakan

perhitungan dari intensitas cahaya pada setiap piksel pada spektrum elektromagnetik *single band*.

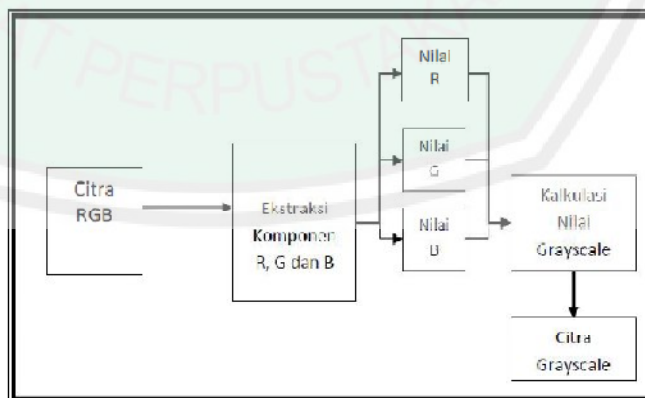
Citra aras keabuan disimpan dalam format 8 bit untuk setiap titik sampel, yang memungkinkan sebanyak 256 intensitas. Format ini sangat membantu dalam pemrograman karena manipulasi bit yang tidak terlalu banyak. Pada aplikasi lain seperti pada aplikasi *medical imaging* dan *remote sensing* bisa juga digunakan format 10,12 maupun 16 bit.



Gambar 2.10. Contoh citra dengan aras keabuan

2.4.3 Konversi Citra RGB Menjadi Citra Aras keabuan

Proses pengubahan citra RGB ke dalam citra aras keabuan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.11. Proses pengubahan citra RGB ke dalam citra aras keabuan

Proses pertama adalah mengambil nilai R, G dan B dari suatu citra bertipe RGB. Pada tipe .bmp citra direpresentasikan dalam 24 bit, sehingga diperlukan proses untuk mengambil masing-masing 3 kelompok 8 bit dari 24 bit tadi. Perhitungan yang digunakan untuk mengubah citra berwarna yang mempunyai nilai matriks masing-masing R, G, dan B menjadi citra aras keabuan pada Matlab dirumuskan dengan menggunakan penjumlahan dari perkalian masing-masing komponen R, G, dan B seperti pada persamaan dibawah.

$$0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B$$

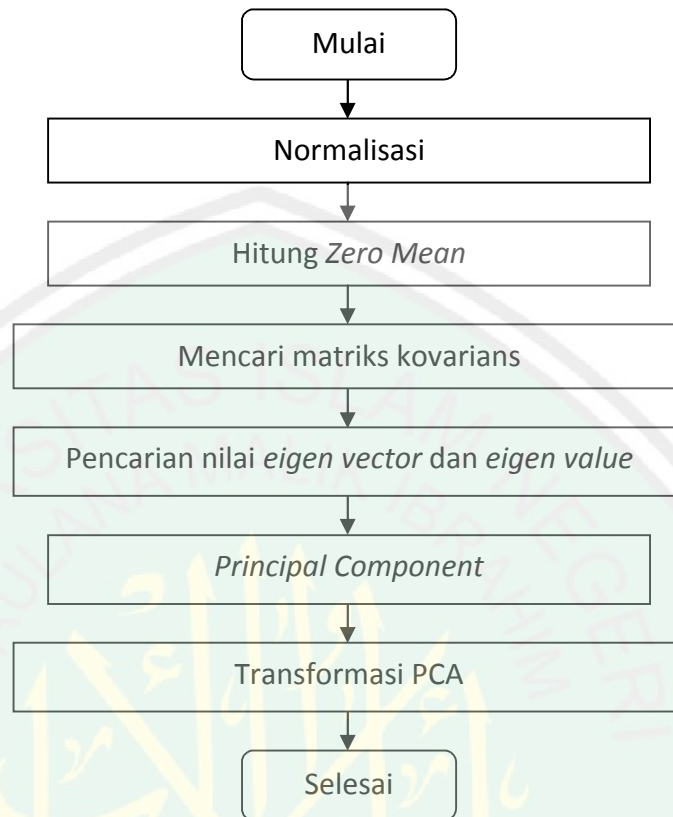
2.5 Principal Component Analysis (PCA)

Metode *Principal Component Analysis* (PCA) dibuat pertama kali oleh para ahli statistik. Metode ini pertama kali ditemukan oleh Karl Pearson pada tahun 1901. *Principal Component Analysis* merupakan suatu perhitungan standar modern yang digunakan untuk analisis data pada macam-macam *field* atau multi dimensi sekumpulan data (*dataset*) khususnya pada bidang komputer grafik, karena kemudahannya dengan tidak membutuhkan parameter khusus dalam ekstraksi informasi yang berhubungan terhadap sekumpulan data yang meragukan. Dengan usaha minimal PCA menyediakan alur bagaimana mengurangi kumpulan data yang kompleks ke dalam dimensi lebih kecil dengan mempertahankan variasi data yang ada.

Tujuan dari PCA adalah menghitung basis yang paling berarti untuk merepresentasikan kembali sekumpulan data yang mengandung derau. Harapannya adalah basis baru ini akan menyaring derau dan struktur yang tersembunyi dalam data tersebut.

Prosedur PCA pada dasarnya adalah bertujuan untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan cara menyusutkan (mereduksi) dimensinya. Hal ini dilakukan dengan cara menghilangkan korelasi diantara variabel bebas melalui transformasi variabel bebas asal ke variabel baru yang tidak berkorelasi sama sekali tanpa menghilangkan informasi penting yang ada di dalamnya atau yang biasa disebut dengan *principal component*. Sejumlah citra dua dimensi dari setiap objek tiga dimensi yang akan dikenali, dikumpulkan untuk mewakili objek tersebut sebagai citra acuan. Dari sekumpulan citra acuan tersebut, kemudian akan dilakukan ekstraksi ciri untuk memperoleh informasi karakteristik (ciri) dari objek tersebut. Hasil ekstraksi ciri digunakan untuk dalam proses pengenalan objek multiorientasi. *Principal Component Analysis* banyak digunakan untuk memproyeksikan atau mengubah suatu kumpulan data berukuran besar menjadi bentuk sajian data dengan ukuran yang lebih kecil. Transformasi PCA terhadap sebuah ruang data yang besar akan menghasilkan sejumlah vektor basis ortonormal dalam bentuk kumpulan eigen vektor dari suatu matrik kovarian tertentu yang dapat secara optimal menyajikan distribusi data.

Tahapan PCA akan di jelaskan pada sub-sub dibawah ini :



Gambar 2.12. Bagan proses PCA

1. Normalisasi

Dari sebuah *dataset* telapak tangan pelatihan misalkan terdapat m citra pelatihan

$= x_1, x_2, \dots, x_m$ yang ukuran dimensinya diasumsikan sebagai $n = (width * height)$ maka citra telapak tangan tersebut dapat dibentuk menjadi vektor

kolom dengan ukuran $(n * 1)$ sebagai berikut :

$$x = \begin{matrix} & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{matrix}$$

Keterangan :

x = Dataset citra pelatihan telapak tangan

x_{11} = Piksel citra ke-1 dari citra pelatihan dataset ke- 1

x_{1m} = Piksel citra ke-1 dari citra pelatihan dataset ke- m

x_{nm} = Piksel citra ke- n dari citra pelatihan ke- m

selanjutnya vektor kolom tersebut dilakukan normalisasi dengan menggunakan rumus:

$$= \frac{\dots}{\Sigma}$$

Keterangan:

x_k = Vektor kolom dari matriks x berordo $(n*m)$

m = Jumlah citra pelatihan

n = Dimensi dari ruang citra

2. Zero Mean

Setelah dilakukan normalisasi, dari matrik hasil tersebut dilanjutkan dengan menghitung rata-rata matrik untuk mendapatkan matrik *zero mean*.

$$= - \frac{\sum}{n} = - \frac{\begin{bmatrix} + & + & \dots & + \\ + & + & \dots & + \\ + & + & \dots & + \end{bmatrix}}{n} = \begin{bmatrix} \\ \\ \end{bmatrix}$$

Untuk mendapatkan matrik *ZeroMean*

$$= -$$

Keterangan :

= Matrik rata-rata tiap baris dataset

A = Matrik hasil *Zero Mean* berordo ($n*m$)

3. Matrik Kovarian

Matrik kovarian adalah matrik simetris yang memiliki ordo sama dan merupakan sebuah pengukuran yang tidak hanya variansi tetapi kovariansi dari vektor-vektor kolom. Matrik kovarian dihitung dengan rumus:

$$=$$

Keterangan :

C = Matrik kovarian berordo ($m*m$)

A = Matrik *Zero Mean* berordo ($n*m$)

A^T = Matriks *Zero Mean transpose*

4. Matrik *Eigen Vector* dan *Eigen Value*

Mencari *eigen vector* dan nilai *eigen* matriks kovarian, kemudian mengurutkan *eigen vector* berdasarkan nilai *eigen*, dari yang terbesar ke terkecil.

$$= \begin{bmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{bmatrix}$$

$$= [\dots > \dots]$$

Kemudian mereduksi *Eigen vector* yang bersesuaian dengan *eigen value*, dimana *eigen value* menjadi acuan untuk mereduksi *eigen vector*. *Eigen vector* yang *eigen valuenya* paling kecil dapat dihilangkan. Sebanyak kurang dari sama dengan $(m-c)$ dimana m adalah banyak data dan c adalah jumlah kelas.

5. *Principal Component* (PC)

Dapatkan vektor PCA dengan mengalikan Matrik *Zero Mean* dengan Matrik *Eigen Vector*.

$$P = A * \text{Eigen Vector}$$

P merupakan matrik dari hasil perkalian matrik dengan ordo $(n*m) * (m*m)$ maka akan menghasilkan matrik berordo $(n*m)$.

Vektor eigen yang didapatkan merupakan komponen-komponen utama untuk membentuk variabel baru. Variabel-variabel baru merupakan perkalian antara vektor eigen * dengan matriks X_a , yaitu matriks X yang telah dinormalisasi (adjusted).

6. Transformasi PCA

$$W_{pca} = PCAT * A$$

Matrik W_{pca} merupakan bobot dari hasil pelatihan PCA dengan ordo $(m*m)$. Hasil Transformasi ini merupakan citra yang telah direduksi menjadi beberapa variabel yang akan dijadikan sebagai input dari proses *Naïve Bayes*.

Keuntungan penggunaan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dibandingkan metode lain :

- a. Dapat menghilangkan korelasi secara bersih (korelasi = 0) sehingga masalah multikolinearitas dapat benar-benar teratasi secara bersih.
- b. Dapat digunakan untuk segala kondisi data/penelitian.
- c. Dapat dipergunakan tanpa mengurangi jumlah variabel asal.
- d. Walaupun metode Regresi dengan PCA ini memiliki tingkat kesulitan yang tinggi akan tetapi kesimpulan yang diberikan lebih akurat dibandingkan dengan penggunaan metode lain.

2.6 Naïve Bayessian

Naïve Bayes Kalsifikasi merupakan metode terbaru yang digunakan untuk memprediksi probabilitas. Algoritma ini memanfaatkan teori probabilitas yang dikemukakan oleh ilmuwan Inggris Thomas Bayes, yaitu memprediksi probabilitas di masa depan berdasarkan pengalaman di masa sebelumnya.

Penelitian ini sendiri melibatkan data yang bernilai kontinyu, sehingga dalam proses perhitungan *posterior probability*nya akan menggunakan distribusi *Gaussian*. Distribusi ini dikarakterisasi dengan dua parameter yaitu *mean* (μ) dan varian (σ^2), dinyatakan pada persamaan berikut :

$$P(X_i = x_i | Y = c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Dimana :

P : Peluang

X_i : Atribut ke i

x_i : Nilai atribut ke i

Y : Kelas yang dicari

μ : Rata-rata dari atribut $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ tiap karakteristik per kelas

σ^2 : Varian dari atribut $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$ tiap karakteristik per kelas

Teori keputusan *bayes* adalah pendekatan *statistic* yang fundamental dalam pengenalan pola (*pattern recognition*). Pendekatan ini didasarkan pada kuantitatif

antara berbagai keputusan klasifikasi dengan menggunakan probabilitas dan ongkos yang ditimbulkan dalam keputusan-keputusan tersebut.

Teorema bayes menyediakan cara untuk menghitung probabilitas posterior $P(c|x)$, dari Probabilitas prior kelas ($P(c)$), Probabilitas prior ciri ($P(x)$) dan Probabilitas likelihood ($P(x|c)$). naïve bayes classifier berasumsi bahwa efek dari nilai predictor (x) pada kelas tertentu (C) tidak tergantung pada nilai-nilai predictor lain. Asumsi ini disebut *conditional independence* (Ying, Yang. 2003).

$$P(c|x) = \frac{P(x|c) * P(c)}{P(x)}$$

Dimana,

$P(c|x)$ = probabilitas posterior (probabilitas awal) dari class target yang diberikan predictor (atribut)

$P(c)$ = probabilitas prior dari class

$P(x|c)$ = probabilitas likelihood (probabilitas predictor yang diberi class)

$P(x)$ = probabilitas prior dari predictor

Untuk menghitung parametes estimasi dapat menggunakan beberapa distribusi, diantaranya adalah distribusi normal, kernel, dan multinomial. Dalam hal ini penulis menggunakan distribusi normal (Gaussian) dengan rumus (George H John and Pat Langley. 1995).

$$P(x|c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

Dimana,

$f(x|c)$ = Probabilitas prior (untuk menghitung nilai estimasi tiap kelas)

σ = Standar deviasi (dari masing-masing kelas dan masing-masing ciri)

μ = *Mean* (nilai rata-rata dari masing-masing kelas dan masing-masing ciri)

x = Nilai parameter yang akan diuji

2.7 Penelitian Terkait

Adapun penelitian-penelitian yang terkait dengan penelitian ini adalah:

1. 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.
2. Arif Muntasa, Mauridhi hery Purnomo, (2010), *Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur*. Graha Ilmu, 2010. Dalam penelitian yang dikerjakan oleh peneliti, dilakukan ekstraksi fitur menggunakan metode PCA untuk pengenalan wajah.
3. 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%.

2.8 Identifikasi Diabetic Retinopathy Menurut Pandangan Islam

Identifikasi 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 preventif 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 pencegahan terhadap segala bentuk penyakit. Untuk itulah dalam proses untuk mengdiagnosis penyakit Diabetic Retinopathy diawal, penulis membutuhkan ilmu pengetahuan yang dapat membantu dalam melakukan identifikasi 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. Seperti halnya dalam penyakit DR, dimana didalam pengobatan penyakit ini tentunya harus menggunakan ilmu pengetahuan yang banyak. Dan dalam Alquran Allah berfirman dalam surat *Al-Mujaadilah* ayat 11 :

يَتَأْتِيهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ وَإِذَا قِيلَ ائْذِنُوا فَانْزِعُوا يُرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴿٥٨﴾

Artinya : Hai orang-orang beriman apabila kamu dikatakan kepadamu: "Berlapang-lapanglah dalam majlis", Maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu", Maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. dan Allah Maha mengetahui apa yang kamu kerjakan (QS. Al-Mujaadilah/58 : 11).

Karena itu setiap orang yang mendapat cobaan baik berupa sakit atau musibah sepatutnya ia tawakal, tidak berputus asa (Basri Iba Asghary, 1994: 4-5). Untuk itu manusia harus tetap berusaha sebaik mungkin untuk penyembuhan dari sakit ataupun mencegah rasa sakit.

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 obatnya, 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 SISTEM

Pada bab ini dibahas mengenai metode penelitian untuk mengklasifikasikan penyakit diabetes melitus melalui retina mata (citra digital fundus mata) dari basisdata Messidor. Dalam metode penelitian ini akan membahas mengenai lingkungan perancangan perangkat keras, lingkungan perancangan perangkat lunak, deskripsi sistem, desain sistem, desain data sistem, desain proses sistem, dan perancangan antarmuka. Penjabaran dan penjelasannya akan diuraikan sebagai berikut ini :

3.1 Lingkungan Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan untuk membuat dan menjalankan program adalah laptop (*notebook*) dengan spesifikasi sebagai berikut.

1. Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU T5750 @ 2.00GHz 2.00GHz
2. RAM 2.00 GB (1,87 GB usable)
3. HardDisk 300 GB

Perangkat lunak (*software*) dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab R2012b dan Messidor untuk keperluan basisdata.

3.2 Deskripsi Sistem

Sistem klasifikasi penyakit diabetes melitus yang dirancang dalam Tugas Akhir ini menggunakan sistem offline. Sistem dibuat agar dapat membaca citra

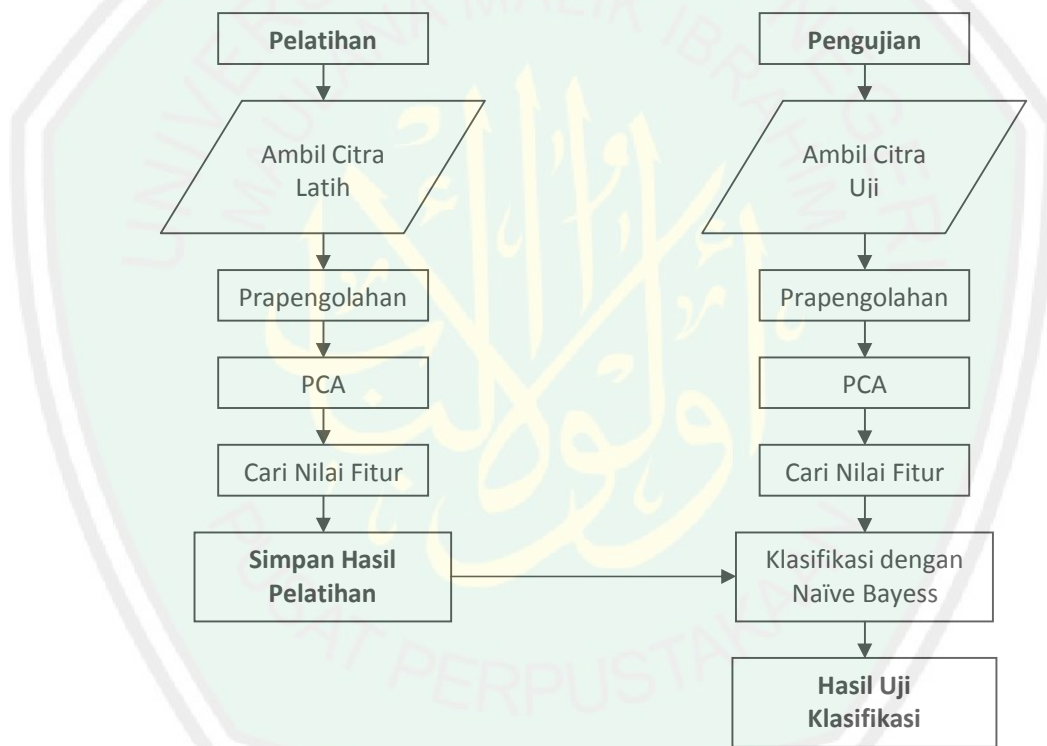
retina mata, mengubahnya menjadi citra aras keabuan, dapat mengekstraksi ciri, melakukan pelatihan, hingga sampai pada mengklasifikasi penyakit diabetes melitus.

Setelah pelatihan selesai, proses selanjutnya ialah klasifikasi menggunakan metode Principal Component Analysis dengan naïve bayes, sehingga nantinya akan diperoleh hasil akhir berupa citra fundus yang telah terkena penyakit Diabetic Retinopathy berdasarkan tingkat stadiumnya (normal, Mild NPDR, Moderate NPDR dan PDR).

Secara garis besar, proses-proses tersebut dikelompokkan pada tujuh proses utama yaitu :

1. Memilih citra masukan yang berupa citra retina mata.
2. Melakukan proses prapengolahan yaitu mengubah masukan menjadi citra aras keabuan agar memudahkan proses selanjutnya.
3. Melakukan ekstraksi ciri menggunakan pencirian PCA.
4. Memasukkan data hasil ekstraksi ciri yang akan dilatihkan ke basisdata.
5. Melakukan pelatihan data dari basisdata
6. Melakukan pengenalan kemudian pengklasifikasian dengan proses yang sama dengan proses pelatihan melalui prapengolahan, proses PCA dan kemudian didapatkan hasilnya berupa kelas citra.
7. Melakukan pengenalan dengan menggunakan data yang tidak dilatihkan atau data uji.

Pada subbab ini akan dijelaskan desain aplikasi untuk implementasi metode Principal Component Analysis dalam proses klasifikasi Diabetic Retinopathy. Desain aplikasi ini meliputi desain data, desain proses dalam sistem yang digambarkan dengan diagram alir, dan desain interface. Desain data menjelaskan tentang data masukan, data proses dan data keluaran dari sistem yang dibuat. Desain proses antara lain menjelaskan tentang proses awal (preprocessing) sampai dengan proses akhir klasifikasi. Berikut penjelasan dari desain system :



Gambar 3.1. Blok Diagram Proses Klasifikasi Diabetic Retinopathy

3.2.1 Proses Pelatihan

Pada proses ini sistem dilatih untuk menerima masukan berupa citra retina yang sudah dikelompokkan kemudian diubah mejadi citra keabuan agar lebih mudah diproses selanjutnya lalu akan diekstraksi ciri oleh PCA hasil ekstraksi ciri ini akan di proses dengan metode *naïve bayes* dan yang terakhir menjadi data latih. Gambar 3.2 di bawah ini adalah skema proses dari tahap pelatihan.

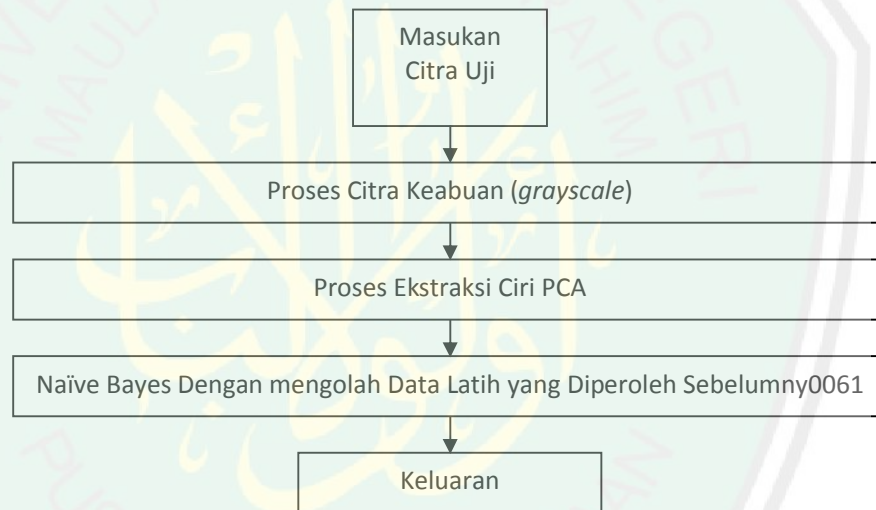


Gambar 3.2. Skema Proses Pelatihan

Untuk tahap pelatihan ini terdapat empat masukan yaitu citra normal, citra *MildNPDR*, citra *ModerateNPDR* dan citra *PDR*, target jaringan *naïve bayess* adalah 0, 1, 2, 3.

3.2.2 Proses Pengujian

Setelah proses pelatihan berlangsung untuk mengetahui hasil kelas dari citra yang diujikan kita masuk ke dalam proses pengujian. Dalam proses pengujian program dirancang agar dapat mengklasifikasikan citra ke dalam 4 kelas yang telah tersedia. Tahapan yang terjadi dalam proses pengujian adalah 1 masukan citra yang diuji akan diubah menjadi citra aras keabuan yang kemudian akan di proses oleh pengestraksi ciri dari PCA untuk dilakukan proses pengujian dari data latih yang didapat sebelumnya. Berikut Gambar 3.5 adalah skema dari proses pengujian.

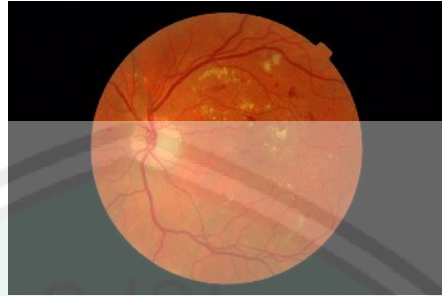


Gambar 3.3. Skema Proses Pengujian

3.2.3 Input Image

Input Image merupakan proses yang pertama kali dilakukan untuk memasukkan data masukan berupa citra digital fundus mata sebelum diproses selanjutnya. Citra yang diinputkan nantinya akan dimasukan ke

axes1 sebelum dieksekusi pada proses selanjutnya. Citra masukan masih berupa gambar yang berformat RGB seperti pada gambar berikut



Gambar 3.4 citra digital fundus mata berwarna

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

3.2.4 Preprocessing

Tujuan preprocessing yaitu untuk mendapatkan hasil yang maksimal saat proses identifikasi sehingga dapat menghasilkan identifikasi yang terbaik.

Tahapan yang ada pada proses *preprocessing* adalah

a. Konversi Citra.

Untuk proses pendeteksian *microaneurysms* dan *bloodvessels* menggunakan citra hasil konversi ke *grayscale* dan *green channel*, karena pada proses ini memerlukan refleksi cahaya yang paling baik sehingga dapat dihasilkan informasi yang signifikan pada proses pendeteksian (Wahyudi Setiawan, 2012). Sedangkan konversi ke *grayscale* digunakan untuk ekstraksi *principal component analysis*.

Kemudian dilakukan penyesuaian intensitas citra dengan menggunakan fungsi *imadjust* untuk memperjelas objek yang ada pada citra.



Gambar 3.5. (a) Citra RGB, (b) citra grayscale, (c) citra green channel, (d) hasil 'imadjust'

```
Function [Grayscale] = Gray(I)
GreenC=I(:, :, 2);
Grayscale = rgb2gray (GreenC);
```

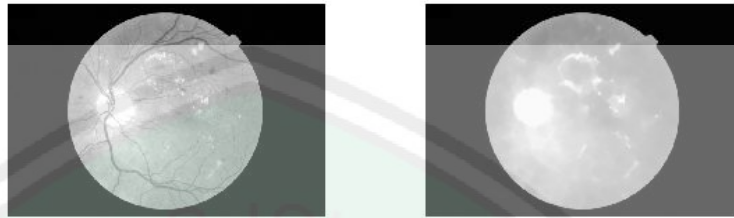
b. Penghilangan Pembuluh Darah

Untuk penghilangan pembuluh darah menggunakan operasi morfologi yaitu operasi *closing*, operasi ini cenderung menghaluskan garis-garis bentuk. Kemudian baru diikuti dengan proses *erosi*. Fungsi dilasi berfungsi untuk memperluas area *optic disc* sedangkan fungsi *erosi* berguna untuk menghilangkan pembuluh darah. Operasi *closing* dari citra A oleh *strel* B, dinyatakan oleh $A \bullet B$, di definisikan 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. *Strel* (*structuring element*) adalah refleksi dan translasi yang digunakan untuk menformulasikan operasi yang digunakan secara luas dalam morfologi. *Strel* yang digunakan dalam proses ini adalah *strel* bertipe '*disk*', dengan formula : $SE = strel$

(‘disk’,R,N). *Strel* ini memiliki bentuk *disk flat*, dimana R adalah radius. N harus 0, 4, 6 atau 8. Jika N tidak dimasukkan, maka *default*-nya adalah 4. Adapun ilustrasi dari proses operasi *closing* adalah :

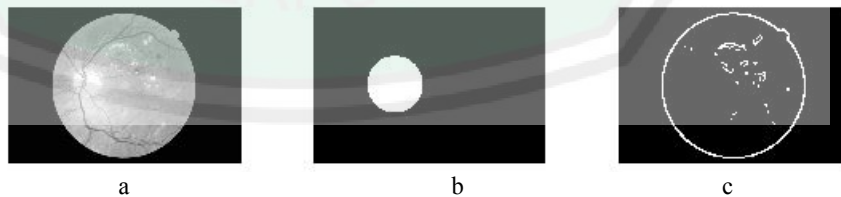


Gambar 3.6. Ilustrasi gambar sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) operasi *closing*

```
Gadpt_X2_bright_2 = ~im2bw(Gadpt_his_X2,0.3);
Gadpt_X2_bright_3 = bwareaopen(Gadpt_X2_bright_2,20);
%removing blood vessels area
microa_less_blood = microa_less_ex;
microa_less_blood(microa_less_ex & Gadpt_X2_bright_3)= 0;
```

c. Pendeteksian dan Penghilangan *Optik Disk*

Citra *grayscale* akan diproses untuk mencari nilai maksimum tiap kolom. Lokasi *optic disk* terdeteksi berupa titik terang pada citra *grayscale*. Untuk dapat diproses, dibutuhkan penutup lingkaran yang akan ditempelkan pada area *optic disk*. Dan tahap terakhir untuk menghilangkan *optic disk* adalah melakukan penghapusan pada objek lingkaran yang sudah ditutupi, dan *optic disk* akan hilang.



Gambar 3.7. Deteksi dan Penghilangan *Optik Disk*
(a) *grayscale*, (b) *mask* untuk *optic disk*, (c) *optic disk* dihilangkan

```

max_GB_column=max(Grayscale_brighten);
max_GB_single=max(max_GB_column);
[row,column] = find(Grayscale_brighten==max_GB_single);
median_row = floor(median(row));
median_column = floor(median(column));

```

d. Pendeteksian dan Penghilangan Batas Lingkar Retina

Pada tahap ini dilakukan pendeteksian terhadap batas lingkaran retina. Pembentukan perbatasan adalah untuk membersihkan *noise* pada tepi lingkaran retina sehingga nanti akan didapatkan hasil citra tanpa batas lingkaran.

Proses citra awal berupa citra *grayscale* akan dilakukan deteksi tepi (*edge detecting*). Sintak umum yang digunakan untuk fungsi ini adalah :

`[g, t] = edge (f, 'method', parameters)`

Dimana *f* adalah citra input, *method* adalah model pendekatan yang digunakan, *parameters* adalah parameter tambahan. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan dengan metode '*canny*'. Metode ini menggunakan dua *threshold* untuk mendeteksi tepi yang kuat dan lemah, dan memasukkan tepi lemah dalam output hanya jika tepi tersebut terhubung ke tepi yang kuat. Maka, metode ini lebih memungkinkan untuk mendeteksi tepi yang lemah dengan benar. Setelah itu dilakukan operasi morfologi *dilasi* dan *erosi*. Persamaan operasi *dilasi* didefinisikan dengan:

$$A \oplus B = \{z | (\tilde{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$$

Citra *B* adalah *strel*, sedangkan *A* citra (objek citra) yang terdilasi.

Proses dalam dilasi adalah “penumbuhan” atau “penebalan” citra biner.

Sedangkan Persamaan operasi *erosi*, jika A dan B himpunan dalam Z^2 , *erosi* A oleh B dinyatakan dengan $A \ominus B$, di definisikan sebagai :

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}$$

Persamaan operasi *erosi* menunjukkan bahwa *erosi* A oleh B adalah kumpulan semua titik dimana B di translasikan oleh z di dalam isi A. B disini adalah *strel*.

Dilasi digunakan untuk memperbesar objek lingkaran. Kemudian dibuat lagi lingkaran yang lebih kecil dengan melakukan operasi morfologi *erosi*. Perbatasan melingkar akan diperoleh dari hasil operasi aritmatika, yaitu pengurangan dari daerah lingkaran besar dengan daerah lingkaran yang lebih kecil. Formula operasi pengurangan:

$$g(x,y) = f(x,y) - h(x,y)$$

Pengurangan antara dua buah citra menghasilkan sebuah citra baru dimana pixel pada koordinat (x,y) dihasilkan dari pengurangan antara pixel pada lokasi yang sama dalam 2 buah citra yang dikurangi. Setelah batas retina terdeteksi, batas retina akan digunakan untuk penghilangan batas retina. Berikut adalah gambar dengan batas lingkaran yang sudah dihilangkan,



Gambar 3.8. *Penghilangan batas lingkaran*
(a) *Sebelum batas lingkaran dihilangkan* (b) *sesudah batas lingkaran dihilangkan*

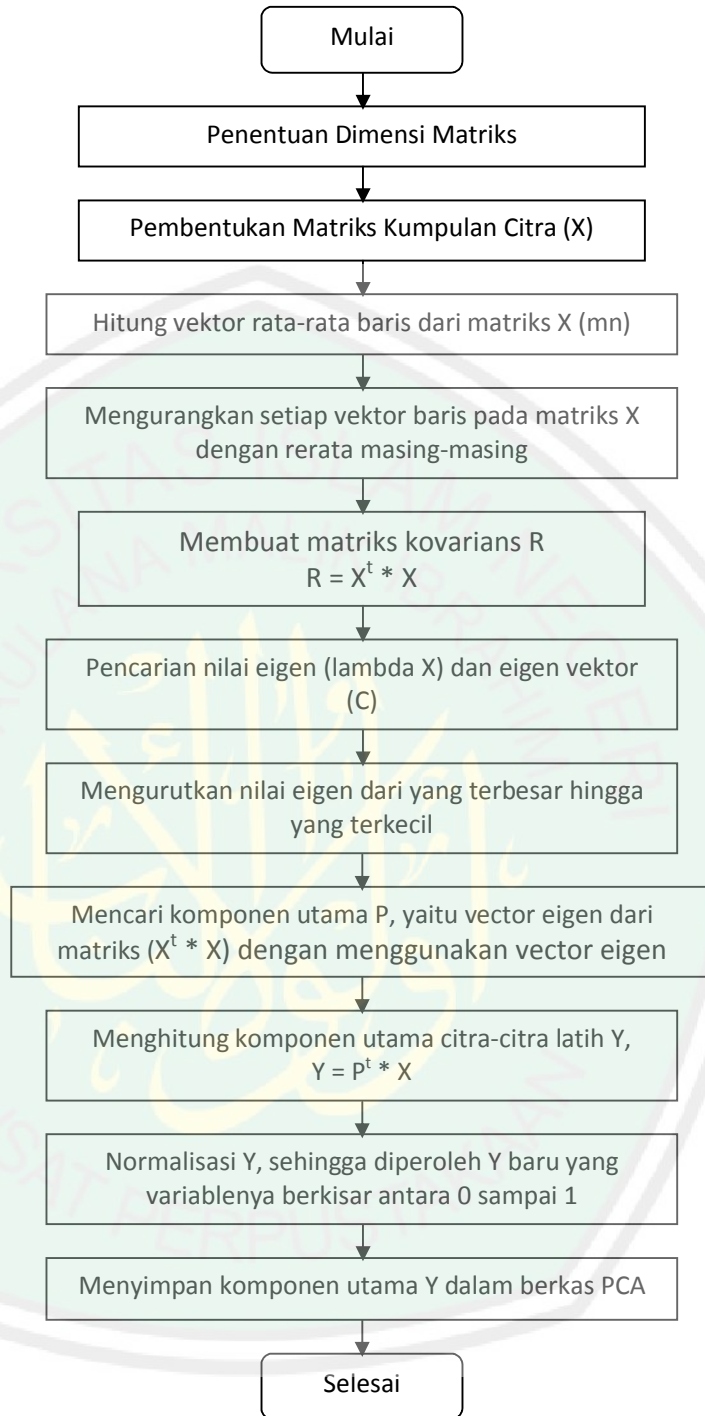
3.2.5 Ekstraksi Fitur

Fitur yang diekstraksi dalam hal ini adalah nilai microaneurysms, *Blood Vessel* dan principal component analysis. Selanjutnya akan digunakan sebagai parameter dalam pelatihan (data training) dan ujicoba.

a. Ektaksi Fitur PCA

Mempresentasikan suatu citra diruang spasial akan memerlukan biaya komputasi besar, terlebih lagi tingkat penentuan yang dihasilkanpun memiliki kemungkinan tingkat kesalahan yang tinggi. Hal ini dikarenakan pencocokan pola citra pada ruang spasial dilakukan piksel demi piksel. Oleh karena itu, diperlukan suatu bentuk representasi data yang memiliki dimensi yang lebih kecil.

Principal component analysis (PCA) merupakan teknik yang digunakan untuk mentransfer sejumlah data yang berdimensi besar ke suatu sub ruang yang berdimensi kecil. Representasi yang dihasilkan teknik ini dinamakan representasi ruang eigen. Perduksian dimensinya dilakukan dengan memilih vector-vektor eigen yang merupakan komponen utama (*principal component*) dari seluruh vector eigen.



Gambar 3.9. Diagram proses PCA

```

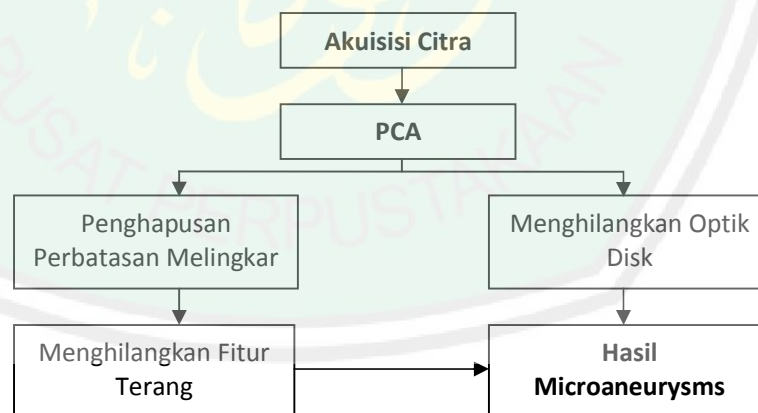
I=im2double(x);
I2=rgb2gray(I);
mn = mean(I2);
data = I2 - repmat(mn,1,N);
covariance = 1 / (N-1) * data * data';
if det(covariance) < 0
    [eigvector,eigvl] = eig(covariance);
    eigvl = diag(eigvl);
else
    [eigvector,eigvl] = eig(covariance);
    eigvl = diag(eigvl);
    [junk, rindices] = sort(-1*eigvl);
    eigvl = eigvl(rindices);
    eigvector = eigvector(:,rindices);
end
signals = eigvector' * data;

```

b. Microaneurysms

Mikroaneurysms muncul sebagai titik bulat kecil gelap pada citra fundus. Untuk proses pendeteksian microaneurysms 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 (Wahyudi Setiawan, 2012).

Berikut adalah blok diagram deteksi microaneurysms.



Gambar 3.10. Deteksi Microaneurysms

Gambar 3.10. menjelaskan bahwa citra RGB akan di dikonversi ke *grayscale* dan *green channel*. Citra *grayscale* digunakan untuk mendeteksi perbatasan tepi 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 dengan logika AND untuk menghapus *exudate*. Karena tanda awal pada *microaneurysms* adalah berupa *fitur* gelap. Penghapusan *exudate* merupakan salah satu cara pemisahan fitur terang dan gelap. Pembuluh darah dan *optical disk* kemudian juga dihapus untuk mendapatkan *microaneurysms*. Berikut adalah ilustrasi dari penghilangan fitur terang dan deteksi *microaneurysms*.



Gambar 3.11. Deteksi *Microaneurysms*
(a) *Fitur terang*, (b) *Microaneurysms*

Ciri yang diambil dari *microaneurysms* adalah jumlah pixel terang yang muncul.

```
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
```

b. *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 baru diikuti dengan proses erosi (Nasukhi, Alvian.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.



Gambar 3.12. *Bloodvessels*

```

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

```

c. *Minimum Distance*

Perhitungan jarak minimum dirasakan banyak diperlukan dalam berbagai bidang di antaranya pada tehnik *classification* atau pengelompokan yang digunakan pada sistem jaringan saraf (*neural network*), logika samar (*fuzzy logic*) dan pengolahan citra (*image processing*) untuk bidang kedokteran, pengolahan sumber bumi khususnya

dan sistim informasi geografi umumnya dan lain-lain. Contoh penghitungan *minimum distance* akan dijelaskan sebagai berikut.

Suatu bidang dapat dibentuk dari suatu titik pusat dan dua titik, masing-masing titik $\mathbf{b}_1(1,1,0)$ yang dinyatakan dalam bentuk vektor $\mathbf{b}_1^T = [1,1,0]$ dan titik $\mathbf{b}_2(1,0,1)$ yang dinyatakan dalam vektor $\mathbf{b}_2^T = [1,0,1]$. Kumpulan vektor-vektor $\mathbf{b}$ dapat dibentuk menjadi matriks B sebagai berikut

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Dapat ditentukan persamaan garis l_p , sebagai proyeksi dari l pada bidang P_2^3 dimana l adalah segmen garis dari titik pusat ke titik $\mathbf{a}(1,1,1)$ dengan menggunakan persamaan (1). Adapun titik $\mathbf{a}$ dapat dinyatakan dalam bentuk vektor $\mathbf{a}^T = [1,1,1]$. Dalam bentuk matrik titik $\mathbf{a}$ dapat dinyatakan sebagai berikut

$$l_p = \{ \mathbf{y} : \mathbf{y} = \lambda \mathbf{c} ; 0 \leq \lambda \leq 1 \} \quad (1)$$

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Persamaan garis l_p dapat dihitung dengan sebelumnya menentukan terlebih dahulu posisi titik yang merupakan proyeksi dari l pada bidang P_2^3 . Misalkan posisi titik yang merupakan proyeksi dari l pada bidang P_2^3 dinyatakan sebagai titik $\mathbf{c}$. Maka posisi titik $\mathbf{c}$ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) sebagai berikut

$$C = B (B^T B)^{-1} B^T a \quad (2)$$

$$B^T B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$(B^T B)^{-1} = \begin{pmatrix} 0.6667 & -0.3333 \\ -0.3333 & 0.6667 \end{pmatrix}$$

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.6667 & -0.3333 \\ -0.3333 & 0.6667 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.3333 \\ 0.6667 \\ 0.6667 \end{pmatrix}$$

Persamaan untuk proyeksi I_p adalah :

$$Y = \begin{pmatrix} 1.3333\lambda \\ 0.6667\lambda \\ 0.6667\lambda \end{pmatrix} \quad 0 \leq \lambda \leq 1$$

Jarak terdekat dari titik a terhadap bidang P_2^3 yang didefinisikan sebagai d yaitu jarak minimum dari titik a ke titik c dengan posisi $(1,3333,0.6667,0.6667)$, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$d = \left[(a - B (B^T B)^{-1} B^T a)^T (a - B (B^T B)^{-1} B^T a) \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$d = \left[\{(1,1,1) - (1.3333, 0.6667, 0.6667)\}^T \{(1,1,1) - (1.3333, 0.6667, 0.6667)\} \right]^{1/2}$$

$$d = \left[(-0.3333, 0.3333, 0.3333)^T (-0.3333, 0.3333, 0.3333) \right]^{1/2}$$

$$d = [0.3333]^{1/2}$$

Sehingga diperoleh jarak minimum dari titik a ke titik c , adalah :

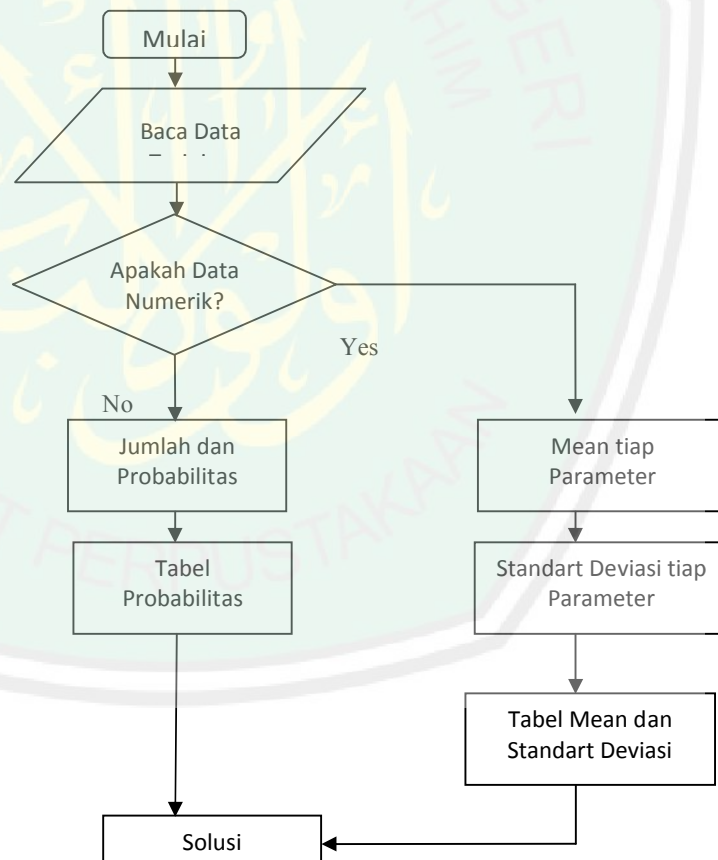
$$d = 0.58$$

```
alldata(2:size(signals,2)+1,:)=signals';
dist=pdist(alldata);

[a,b]=min(dist(:,1:size(signals,2)));
MIN = [b];
MIN = round(abs(MIN));
```

3.2.6 Klasifikasi dengan Naïve Bayessian

Naïve Bayessian Adalah metode classifier yang berdasarkan probabilitas dan Teorema Bayesian dengan asumsi bahwa setiap variabel X bersifat bebas (*independence*), Dengan kata lain, Naïve Bayesian Classifier mengansumsikan bahwa keberadaan sebuah atribut (variabel) tidak ada kaitannya dengan beradaan atribut (variabel) yang lain.



Gambar 3.13. Skema Naive Bayes

Pada proses ini dilakukan klasifikasi berdasarkan tingkat keparahan *diabetic retinopathy*, yaitu normal, Mild NPDR, Moderate NPDR dan PDR. Diabetic Retinopathy akan diklasifikasikan menjadi empat class, yaitu kelas 0(Normal), 1(Mild NPDR), 2(Moderate NPDR) dan 3(PDR).

Contoh perhitungan sederhana naïve bayes untuk predeksi tingkat penyakit diabetic retinopathy. Berikut data *training* yang digunakan.

Dari data (table 3.1) diperoleh nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi. Klasifikasi menggunakan distribusi Gaussian. Berikut tabel *mean* dan standar deviasi (table 3.2).

Tabel 3.1. *Training*

N O	NAMA GAMBAR	MIC	BV	Min_ Dist	HASIL
1	20051214_40529_0100_PP.tif	0	9715	201	Normal
2	20051213_62314_0100_PP.tif	0	6823	554	Normal
3	20051021_58316_0100_PP.tif	7	10296	187	Normal
4	20051021_59589_0100_PP.tif	0	4248	220	Normal
5	20051213_61802_0100_PP.tif	0	5699	554	Normal
6	20051020_63337_0100_PP.tif	0	7365	179	MildNPDR
7	20051213_62572_0100_PP.tif	0	6416	554	MildNPDR
8	20051020_55701_0100_PP.tif	20	7550	202	MildNPDR
9	20051020_64993_0100_PP.tif	33	7972	189	MildNPDR
10	20051020_62461_0100_PP.tif	9	10165	203	MildNPDR
11	20051214_41358_0100_PP.tif	17	9036	571	ModerateNPDR
12	20051021_58388_0100_PP.tif	6	6927	212	ModerateNPDR
13	20051020_62878_0100_PP.tif	8	7762	554	ModerateNPDR
14	20051020_44901_0100_PP.tif	26	5333	195	ModerateNPDR
15	20051214_52695_0100_PP.tif	25	7597	185	ModerateNPDR
16	20051021_58683_0100_PP.tif	46	5929	207	PDR
17	20051021_51625_0100_PP.tif	76	7924	554	PDR
18	20051214_51609_0100_PP.tif	61	7292	178	PDR
19	20051020_44843_0100_PP.tif	105	6923	172	PDR
20	20051213_62383_0100_PP.tif	85	4531	213	PDR

Tabel 3.2. mean dan standar deviasi

Hasil	Mean MIC	Std MIC	Mean BV	Std BV	Mean Min Dist	Std Min Dist
Normal	1.4	3.130495	7356.2	2593.158	343.2	192.7893
MildNPDR	12.4	14.15274	7893.6	1391.598	265.4	161.6363
ModerateNPDR	16.4	9.289779	7331	1352.661	343.4	200.3330
PDR	74.6	22.56768	6519.8	1326.180	264.8	162.6398

Berikut adalah data test yang harus diklasifikasikan,

Tabel 3.3. Testing

N O	NAMA GAMBAR	MIC	BV	Min_Dist	HASIL
1	20051020_62337_0100_PP.tif	91	7568	220	??

- $Posterior (normal) = p(normal) P(mic|normal) P(BV|normal) P(Min_Dist |normal)$
- $Posterior (MildNPDR) = p(MildNPDR) P(mic|MildNPDR) P(BV|MildNPDR) P(Min_Dist |MildNPDR)$
- $Posterior (ModerateNPDR) = p(ModerateNPDR) P(mic|ModerateNPDR) P(BV|ModerateNPDR) P(Min_Dist |ModerateNPDR)$
- $Posterior (PDR) = p(PDR) P(mic|PDR) P(BV|PDR) P(Min_Dist |PDR)$

Hitung probabilitas *posteriori* dengan rumus :

$$f(x|c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Menghitung fitur dari kelas Normal

$$\begin{aligned}
 K|MIC &= 1/(\text{sqrt}(2*\pi)*3.1304)*\exp(-(91-1.4)^2/(2*(3.1304)^2)) \\
 &= 1.6530e-179
 \end{aligned}$$

$$K|BV = 1/(\sqrt{2\pi}) * 2593.1 * \exp(-(7568-7356.2)^2 / (2 * (2593.1)^2))$$

$$= 1.5333e-04$$

$$K|Min_Dist = 1/(\sqrt{2\pi}) * 192.78 * \exp(-(220-343.2)^2 / (2 * (192.78)^2))$$

$$= 0.0017$$

Menghitung fitur dari kelas MildNPDR

$$K|MIC = 1/(\sqrt{2\pi}) * 14.15274 * \exp(-(91-12.4)^2 / (2 * (14.15274)^2))$$

$$= 5.6556e-09$$

$$K|BV = 1/(\sqrt{2\pi}) * 1391.59 * \exp(-(7568-7893.6)^2 / (2 * (1391.59)^2))$$

$$= 2.7894e-04$$

$$K|Min_Dist = 1/(\sqrt{2\pi}) * 161.63 * \exp(-(220-265.4)^2 / (2 * (161.63)^2))$$

$$= 0.0024$$

Menghitung fitur dari kelas ModerateNPDR

$$K|MIC = 1/(\sqrt{2\pi}) * 9.289 * \exp(-(91-16.4)^2 / (2 * (9.289)^2))$$

$$= 4.2648e-16$$

$$K|BV = 1/(\sqrt{2\pi}) * 1352.661 * \exp(-(7568-7331)^2 / (2 * (1352.661)^2))$$

$$= 2.9044e-04$$

$$K|Min_Dist = 1/(\sqrt{2\pi}) * 200.333 * \exp(-(220-343.4)^2 / (2 * (200.333)^2))$$

$$= 0.0016$$

Menghitung fitur dari kelas PDR

$$K|MIC = 1/(\sqrt{2\pi}) * 22.56768 * \exp(-(91-74.6)^2 / (2 * (22.56768)^2))$$

$$= 0.0136$$

$$K|BV = 1/(\sqrt{2\pi}) * 1326.18 * \exp(-(7568-6519.8)^2 / (2 * (1326.18)^2))$$

$$= 2.2012e-04$$

$$K| \text{Min_Dist} = 1/(\sqrt{2\pi}) * 162.639 * \exp(-(220-264.8)^2/(2*(162.639)^2))$$

$$= 0.0024$$

Hitung *Posterior* masing-masing fitur.

$$\text{Normal} = \text{norm_mic} * \text{norm_bv} * \text{norm_pca} * (5/20);$$

$$= 1.0691e-186$$

$$\text{Mild} = \text{mild_mic} * \text{mild_bv} * \text{mild_pca} * (5/20);$$

$$= 9.3577e-16$$

$$\text{Moderate} = \text{moderate_mic} * \text{moderate_bv} * \text{moderate_pca} * (5/20);$$

$$= 5.1011e-23$$

$$\text{Pdr} = \text{pdr_mic} * \text{pdr_bv} * \text{pdr_pca} * (5/20);$$

$$= 1.7642e-09$$

Dari hasil posterior dapat disimpulkan bahwa, (pdr > mild > moderate > normal). Maka data test yang telah di uji masuk kedalam kelas PDR.

Tabel 3.4. Hasil

N O	NAMA GAMBAR	MIC	BV	PCA	HASIL
1	20051020_62337_0100_PP.tif	91	7568	220	PDR

3.3 Desain Interface



Gambar 3.13. *Desain Interface*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai rangkaian uji coba dan evaluasi terhadap penelitian yang telah dilakukan. Implementasi berupa fungsi-fungsi atau *source code* untuk proses identifikasi *Diabetic Retinopathy* mulai dari tahap awal hingga akhir. Uji coba ditujukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari implementasi sistem dan evaluasi dilakukan untuk menganalisis hasil dari uji coba dan juga untuk mendapatkan kesimpulan dan saran untuk pengembangan kedepan bagi implementasi aplikasi perangkat lunak ini.

4.1. Lingkungan Implementasi

Implementasi merupakan proses penerapan desain sistem menjadi suatu aplikasi. Implementasi terdiri dari lingkungan perangkat keras dan lingkungan perangkat lunak yang akan mendukung kinerja sistem. Spesifikasi dari perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam uji coba ini antara lain adalah :

Tabel 4.1 *Lingkungan Uji Coba.*

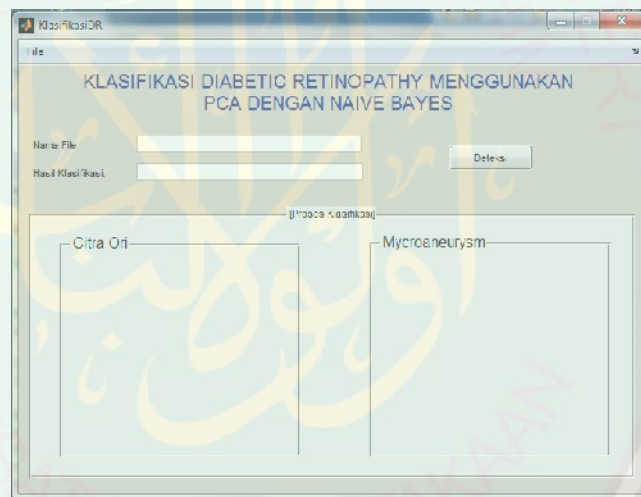
No	Jenis Perangkat	Spesifikasi
1	Toshiba L510	
2	Processor	Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU T5750 @ 2.00GHz 2.00GHz
3	Memory	RAM 2.00 GB (1,87 GB usable) HardDisk 300 GB
4	Sistem Operasi	Windows 7

4.2. Penjelasan Program

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

4.2.1. Proses Menampilkan Halaman Utama

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



Gambar 4.1. *Halaman Utama Program*

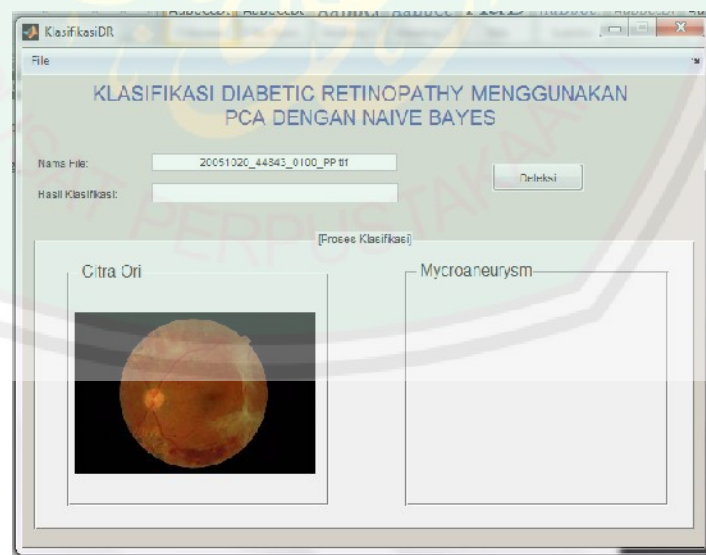
Di dalam halaman utama terdapat menu bar dan beberapa tombol, berikut fungsi-fungsinya :

1. Menu 'File' → 'Buka' berfungsi untuk mengambil *image* yang terdapat pada *drive* computer (mengambil gambar yang akan diidentifikasi).

2. Menu 'File' → 'Keluar' atau tombol 'Keluar' berfungsi untuk mengakhiri aplikasi (keluar dari aplikasi).
3. Tombol 'Deteksi' berfungsi untuk melakukan proses analisis. Hasil analisis akan ditampilkan pada axes-axes yang ada dibawahnya, sesuai dengan identifikasi.
4. Hasil klasifikasi akan ditampilkan pada kolom 'Hasil Klasifikasi'.

4.2.2. 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 berikut ini.



Gambar 4.2 Tampilan Input Citra

```

I=imread(x);
I2=imresize(I);
guidata(hObject,handles);
set(proyek.figure1,'CurrentAxes',proyek.Citra);
imshow(I2);

```

4.2.3. Proses Tampil Hasil

Berikut adalah tampilan dari hasil proses klasifikasi:



Gambar 4.3 Tampilan hasil

```

Uji = [a,b,c] ;
disp (Uji);
load 'train.matrix'
load 'grade.matrix'
training= train(1:100,:);
class_train = grade(1:100,:);
Latih =
NaiveBayes.fit(training,class_train,'Distribution','mn');
klasifikasi = Latih.predict(Uji);
disp (klasifikasi);

class = 0;
if klasifikasi==0;
    class = 'Normal';
elseif klasifikasi==1;

```

```

        class = 'Mild NPDR';
    elseif klasifikasi==2;
        class = 'Moderate NPDR';
    elseif klasifikasi==3;
        class = 'PDR';
    end

```

4.3. Uji Coba

Proses uji coba terdiri dari dua tahap, yaitu pelatihan dan pengujian. Untuk uji coba menggunakan 120 data yang diperoleh dari database Messidor yang telah diklasifikasikan. Data di peroleh di alamat <http://messidor.crihan.fr>. Messidor merupakan program riset yang didanai oleh TECHNO-VISI Kementerian Riset dan Pertahanan Perancis tahun 2004 yang berkonsentrasi pada penelitian tentang *Diabetic Retinopathy*.

4.3.1. Pelatihan

Data latih terdiri dari beberapa fitur dari hasil ekstrasi, yaitu :

MIC = fitur dari hasil penjumlahan piksel *microaneurysm*

BV = fitur dari hasil penjumlahan piksel *bloodvessels*

Min_Dist = jarak terdekat ekstraksi PCA.

Kelas (K) terdiri dari 4 kelas, dimana K0 (Normal), K1 (SevereNPDR), K2 (ModerateNPDR), dan K3 (PDR)

Jumlah data = 100

Jumlah kelas 0 = 25

Jumlah kelas 1 = 25

Jumlah kelas 2 = 25

Jumlah kelas 3 = 25

Tabel 4.1. *table training*

NO	MIC	BV	Min Dist
1	76	7924	554
2	40	4035	195
3	20	3943	560
4	10	6029	189
5	0	8267	197
6	0	8279	552
7	33	9159	199
8	7	10296	187
9	0	9055	202
10	6	6927	212
11	46	5929	207
12	17	8304	191
13	41	8425	202
14	16	7151	553
15	17	7237	202
16	16	4409	553
17	0	4248	220
18	0	5699	554
19	0	5786	171
20	0	6823	554
21	85	4531	213
22	36	5693	225
23	35	6400	205
24	0	6416	554
25	0	3005	209
26	14	7093	550
27	33	3398	209
28	39	7009	183
29	0	7344	205
30	94	7447	216
31	61	11139	171
32	25	7597	185
33	0	4645	182
34	7	5123	203
35	0	8560	212
36	0	9552	191
37	0	6584	149
38	10	8249	551
39	0	7270	199
40	0	5879	216
41	0	6633	564
42	6	9868	197
43	21	5938	184
44	0	3612	204
45	0	6899	200
46	0	9042	204
47	0	5873	553
48	26	6488	225
49	0	6365	196
50	26	5333	195

NO	MIC	BV	Min Dist
51	16	3489	553
52	0	9460	214
53	0	7815	189
54	0	9715	201
55	0	9121	191
56	0	8501	193
57	0	8019	558
58	22	4073	527
59	0	10059	199
60	17	9036	571
61	16	10017	194
62	14	6722	207
63	0	5232	200
64	27	5004	185
65	0	7014	207
66	70	11633	557
67	0	10528	194
68	61	7795	560
69	6	7053	211
70	8	11492	553
71	11	9626	196
72	0	6288	199
73	61	7292	178
74	60	7247	207
75	43	9596	561
76	20	7550	202
77	53	2424	193
78	9	10165	203
79	8	7762	554
80	0	7365	179
81	0	7347	550
82	33	7972	189
83	0	9444	187
84	15	8020	206
85	20	8940	180
86	27	6693	206
87	11	6515	199
88	105	6923	172
89	12	8390	197
90	0	7027	208
91	42	8349	201
92	16	5756	220
93	25	9787	195
94	73	10073	184
95	0	6249	207
96	6	9270	196
97	0	9105	186
98	22	4799	190
99	91	7568	220
100	13	7153	177

4.3.2. Pengujian

Pengujian dimulai dengan melakukan pelatihan terhadap 100 buah data sampel (lihat data pelatihan). Dan pengujian menggunakan 15 data pada setiap kondisi. Berikut data uji coba.

Tabel 4.2. *table data test*

No	Mic	Bv	Mint_Dist	No	Mic	Bv	Mint_Dist
1	0	8863	210	31	0	7063	556
2	0	6150	187	32	5	8611	554
3	0	6403	197	33	0	8898	556
4	0	4248	220	34	8	7762	554
5	0	5699	554	35	0	7347	550
6	0	5786	171	36	7	4603	220
7	0	8128	195	37	15	5282	190
8	0	6823	554	38	0	4645	182
9	0	6771	200	39	14	7093	550
10	0	6491	203	40	14	6935	555
11	105	6923	172	41	53	2424	193
12	85	4531	213	42	8	9413	195
13	36	5693	225	43	60	8940	207
14	26	7447	176	44	22	4799	190
15	66	11986	196	45	27	7247	183
16	45	12036	550	46	22	4073	527
17	71	7336	553	47	8	8650	189
18	122	10345	197	48	105	5282	220
19	61	8769	182	49	8	6747	189
20	31	8507	191	50	39	7009	190
21	0	8787	178	51	33	3398	209
22	8	9413	195	52	20	7009	180
23	0	9526	191	53	33	6693	206
24	0	7540	191	54	8	7762	554
25	0	4712	552	55	39	6923	183
26	11	7506	175	56	7	4603	172
27	8	8650	189	57	15	9159	199
28	5	7178	195	58	85	4531	213
29	8	6747	189	59	14	7093	550
30	0	9444	187	60	46	5929	207

Label = Kelas, 0(Normal), 1(MildNPDR), 2(ModerateNPDR), 3(PDR)

Uji = Menggunakan tiga fitur (MIC, BV dan Min_Dist)

1. Pengujian Kelas Normal :

Tabel 4.3. *hasil tes data Normal*

No	Nama	Klasifikasi Expert	Klasifikasi Program
1	20060522_43758_0100_PP.tif	0	Normal
2	20060523_49681_0100_PP.tif	0	Normal
3	20060523_49726_0100_PP.tif	0	Normal
4	20051021_59589_0100_PP.tif	0	Normal
5	20051213_61802_0100_PP.tif	0	Normal
6	20051020_44431_0100_PP.tif	3	PDR
7	20060522_45777_0100_PP.tif	0	Normal
8	20051021_39845_0100_PP.tif	3	PDR
9	20051214_51178_0100_PP.tif	1	MildNPDR
10	20051213_62188_0100_PP.tif	0	Normal
11	20051214_52115_0100_PP.tif	0	Normal
12	20051021_58316_0100_PP.tif	1	MildNPDR
13	20051213_62314_0100_PP.tif	0	Normal
14	20060523_43248_0100_PP.tif	0	Normal
15	20060522_45402_0100_PP.tif	0	Normal

2. Pengujian Kelas PDR :

Tabel 4.4. *hasil tes data PDR*

No	Nama	Klasifikasi Expert	Klasifikasi Program
1	20051020_44843_0100_PP.tif	3	PDR
2	20051213_62383_0100_PP.tif	3	PDR
3	20051213_62437_0100_PP.tif	3	PDR
4	20051020_45068_0100_PP.tif	3	PDR
5	20051020_45110_0100_PP.tif	3	PDR
6	20051020_45137_0100_PP.tif	2	ModeratePDR
7	20051020_53178_0100_PP.tif	3	PDR
8	20051021_40377_0100_PP.tif	3	PDR
9	20051213_62705_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
10	20051020_55346_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
11	20051214_57230_0100_PP.tif	1	MildNPDR
12	20051020_52801_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
13	20051021_36097_0100_PP.tif	1	MildNPDR
14	20051021_40450_0100_PP.tif	3	PDR
15	20060523_48499_0100_PP.tif	3	PDR

3. Pengujian Kelas MildNPDR

Tabel 4.5. *hasil tes data MildNPDR*

No	Nama	Klasifikasi Expert	Klasifikasi Program
1	20060523_45316_0100_PP.tif	1	MildNPDR
2	20060522_45935_0100_PP.tif	1	MildNPDR
3	20060522_45967_0100_PP.tif	1	MildNPDR
4	20060523_43016_0100_PP.tif	0	Normal
5	20060523_48425_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
6	20060523_43038_0100_PP.tif	1	MildNPDR
7	20060523_45369_0100_PP.tif	1	MildNPDR
8	20060523_45662_0100_PP.tif	1	MildNPDR
9	20051021_36208_0100_PP.tif	1	MildNPDR
10	20051021_39661_0100_PP.tif	1	MildNPDR
11	20051020_44782_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
12	20051020_55701_0100_PP.tif	1	MildNPDR
13	20051020_62461_0100_PP.tif	1	MildNPDR
14	20060523_50408_0100_PP.tif	1	MildNPDR
15	20060530_54718_0100_PP.tif	1	MildNPDR

4. Pengujian Kelas ModerateNPDR :

Tabel 4.6. *hasil tes data ModerateNPDR*

No	Nama	Klasifikasi Expert	Klasifikasi Program
1	20051020_43832_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
2	20060522_45248_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
3	20060522_45455_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
4	20051020_44901_0100_PP.tif	3	PDR
5	20051020_44923_0100_PP.tif	0	Normal
6	20051021_40180_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
7	20051021_40248_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
8	20051214_53168_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
9	20051214_51840_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
10	20060523_45697_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
11	20051214_57404_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
12	20051020_62878_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
13	20051020_64007_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
14	20051020_63829_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR
15	20051021_40180_0100_PP.tif	2	ModerateNPDR

Pengujian menggunakan 60 data yang terdiri dari 15 data normal, 15 data dengan DR tingkat MildNPDR dan ModserateNPDR, dan 15 data dengan DR tingkat PDR. Dari hasil pengujian terdapat 45 data terklasifikasi dengan benar dan 15 data terklasifikasi dalam kelas lain, yaitu data normal sebanyak 4 data salah, data MildNPDR sebanyak 3 data salah, data ModeratNPDR sebanyak 2 data salah, dan data PDR sebanyak 6 data salah. Untuk menghitung prosentase efektifitas sistem dapat menggunakan *f-measures*:

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$PR = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Efektifitas = \frac{TPR \times PR}{\beta \times TPR + (1 - \beta) \times PR}$$

Dimana,

Keterangan Persamaan untuk Pengujian I :

- a. TP (True Positive) adalah menunjuk pada banyaknya citra *fundus* yang terkena DR dengan hasil test klasifikasi positif DR.
- b. FP (False Positif) adalah menunjuk pada banyaknya citra *fundus* yang tidak terkena DR tetapi menunjukkan hasil yang positif.
- c. FN (False Negatif) adalah menunjuk pada banyaknya citra *fundus* yang terkena DR tetapi hasil test klasifikasi negatif.
- d. TPR adalah singkatan dari True Positif Rate atau Laju Positif Sebenarnya.
- e. PR adalah singkatan dari Precision Rate atau Laju Ketepatan

- f. β adalah koefisien bobot relatif pada True Positif Rate dan Laju Ketepatan dengan rentang ($0 < \beta < 1$), dan pada tugas akhir ini ditentukan 0.5. (Sirait, Laurent Riara. 2011).

Tabel 4.7. Hasil Uji Coba

No	Expert	Program	No	Expert	Program	No	Expert	Program
1	-	-	21	+	+	41	+	+
2	-	-	22	+	+	42	+	+
3	-	-	23	+	+	43	+	+
4	-	-	24	+	+	44	+	+
5	-	-	25	+	+	45	+	+
6	-	+	26	+	+	46	+	+
7	-	-	27	+	+	47	+	+
8	-	+	28	+	+	48	+	+
9	-	+	29	+	+	49	+	+
10	-	-	30	+	+	50	+	-
11	-	-	31	+	+	51	+	+
12	-	+	32	+	+	52	+	+
13	-	-	33	+	+	53	+	+
14	-	-	34	+	-	54	+	+
15	-	-	35	+	+	55	+	+
16	+	+	36	+	+	56	+	+
17	+	+	37	+	+	57	+	+
18	+	+	38	+	+	58	+	+
19	+	+	39	+	+	59	+	+
20	+	+	40	+	+	60	+	+

Pada hasil ujicoba (tabel 4.7) dari 60 data diperoleh 11 data normal dan 49 data terkena DR. Data yang ber tanda (-) adalah normal, dan (+) adalah DR

Dari data hasil uji coba dapat dirincikan :

$$TR \text{ (True Positif)} = 54$$

$$FN \text{ (False Negatif)} = 2$$

$$FP \text{ (False Positif)} = 4$$

Berikut perhitungan nilai efektifitas program dengan koefisien $\beta = 0.5$,

$$\begin{aligned} &= \frac{54}{54 + 2} = 0.964 \\ &= \frac{54}{54 + 4} = 0.9 \\ &= \frac{1 \quad 0.9}{0.5 \quad 964 + (1 - 0.5) \quad 0.9} = \end{aligned}$$

Dari nilai *efektifitas*, maka presentase keakuratan sistem dalam mengidentifikasi citra *fundus* yang terkena DR sebesar 96%.

Berikut perhitungan nilai efektifitas program dalam klasifikasi Normal, MildNPDR, ModerateNPDR dan PDR.

Efektifitas Normal :

Data yang dikelani PDR (++) , ModerateNPDR (+-), MildNPDR (-+), normal (-)															
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Norm	-	-	-	-	-	++	-	++	-+	-	-	-+	-	-	-

$$TR \text{ (True Positif)} = 11$$

$$FN \text{ (False Negatif)} = 0$$

$$FP \text{ (False Positif)} = 4$$

$$= \frac{11}{11 + 0} = 1$$

$$= \frac{11}{11 + 4} = 0.733$$

$$= \frac{1 \cdot 0.733}{0.5 \cdot 1 + (1 - 0.5) \cdot 0.733} = \dots$$

Efektifitas MildNPDR :

Data yang dikelani PDR (++), ModerateNPDR (+-), MildNPDR (-+), normal (-)															
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Mild	-+	-+	-+	-	+ -	-+	-+	-+	-+	-+	+ -	-+	-+	-+	-+

TR (*True Positif*) = 12

FN (*False Negatif*) = 1

FP (*False Positif*) = 2

$$= \frac{12}{12 + 1} = 0.923$$

$$= \frac{12}{12 + 2} = 0.857$$

$$= \frac{1 \cdot 0.857}{0.5 \cdot 0.923 + (1 - 0.5) \cdot 0.857} = \dots$$

Efektifitas ModerateNPDR :

Data yang dikelani PDR (++), ModerateNPDR (+-), MildNPDR (-+), normal (-)															
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Modr	+ -	+ -	+ -	++	-	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -

TR (*True Positif*) = 13

FN (*False Negatif*) = 1

FP (*False Positif*) = 1

$$= \frac{13}{13 + 1} = 0.928$$

$$= \frac{13}{13 + 1} = 0.928$$

$$= \frac{1 \quad 0.928}{0.5 \quad 0.928 + (1 - 0.5) \quad 0.928} =$$

Efektifitas PDR :

Data yang dikelani PDR (++) , ModerateNPDR (+-), MildNPDR (-+), normal (-)															
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PDR	++	++	++	++	++	+-	++	++	+-	+-	-+	+-	-+	++	++

TR (*True Positif*) = 9

FN (*False Negatif*) = 0

FP (*False Positif*) = 6

$$= \frac{9}{9 + 0} = 1$$

$$= \frac{9}{9 + 6} = 0.6$$

$$= \frac{1 \quad 0.6}{0.5 \quad 1 + (1 - 0.5) \quad 0.6} =$$

Proses	Normal	MildNPDR	ModerateNPDR	PDR
Pengujian	0.845	0.962	1	0.75
Prosentase	84%	96%	100%	75%

Dari hasil nilai *efektifitas*, maka presentase keakuratan sistem dalam klasifikasi citra *fundus* secara keseluruhan prosentase sistem dalam mengklasifikasi DR sebesar 88.75%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian dan pembahasan adalah sebagai berikut :

1. Ketepatan dalam mengklasifikasi penyakit DR lebih akurat dengan melakukan reduksi sebelum mencari nilai parameter pada citra fundus.
2. Kombinasi metode PCA dan *naïve bayessian* cocok digunakan untuk klasifikasi penyakit Diabetes Melitus karena memiliki tingkat keberhasilan sebesar 88.75%.

5.2 Saran

Berikut saran yang dapat diajukan guna pengembangan-pembangunan sistem klasifikasi penyakit Diabetes Melitus berdasar citra retina menggunakan Principal Component Analysis dengan Naïve Bayes :

1. Perlu dilakukan pengujian dengan data latih yang memiliki tingkat pencahayaan yang sama tiap citranya (standar), yang berarti setiap citra yang dilatih dan diujikan memiliki tingkat pencahayaan yang sama agar pada saat prapengolahan didapatkan aras keabuan yang tepat.
2. Perlu dilakukan ekstraksi ciri dengan menggunakan metode lain untuk mengetahui perbandingan hasil klasifikasi dari metode Principal Component Analysis tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Ja'far Muhammad bin Jarir Ath-Thabari. 2009. *Tafsir Ath-Thabari*. Jakarta:Pustaka Azzam.
- Bamukrah, J.F. (2010). *Pengertian Pengolahan Citra (Image Processing)*. Universitas Gunadarma.
- Ibnu Jauzi. 1984. *Nuzhah al-A'yun al-Nadhoir* (Beirut: Muasassah al-Risalah).
- Ibnu Mandzur, *Lisan al-Arab* (Kairo: Dar Ma'arif, t.t.)
- Iqbal, M.I, Aibinu, A.M, Gubbal, N.S, Khan, (2006), A, *Automatic Diagnosis of Diabetic Retinopathy using fundus Citras*, Blekinge Institute of Technology.
- Jatra, M. (2007). *Identifikasi Iris Mata Menggunakan Metode Analisis Komponen Utama dan Perhitungan Jarak Euclidean*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Laili, Nur. (2013), *Klasifikasi Diabetic Retinopathy menggunakan Metode Naïve Bayess*, Jurusan Teknik Informatika Uin Maliki Malang.
- Munir, R. (2004). *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika.
- Musthafa, Ahmad Al-Maraghi. 2010. *Tafsir Al-Maraghi Jilid 2*. Nedi Arwandi.
- Niyalatul, Muna(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
- Putra, darma. 2010. *Pengolhan Citra Digital*.Yogyakarta: ANDI
- SIM_Aung Kyaw Thet_FYP SVM. (n.d.).
- Soemartini. (2008). *Principal Component Analysis (PCA) Sebagai Salah Satu Metode Untuk Mengatasi Masalah Multikolinearitas*. Universitas Padjajaran.
- Sutoyo dkk, (2009), *Teori Pengolahan Citra Digital*, ANDI, Yogyakarta.

LAMPIRAN

Fungsi Mencari Nilai Microaneurysms :

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

IR=imresize(I, [496 748]); %resize

GreenC=IR(:,:,2); %(row, column, 2-->green)
%=====
Grayscale_brighten = imadjust(signals);
%=====
%remove date (upper left corner)
for x=1:30 for y=1:60
Grayscale_brighten(x,y)=0; %255=white, 0=black
GreenC(x,y)=0; %255=white, 0=black
end
end

%=====
Gadpt_his_X1 = adapthisteq(GreenC); % enhances the contrast
%Circular border =====
%=====
outline_border=edge(Grayscale_brighten, 'canny', 0.09);
% figure, subplot(1,2,1), imshow(outline_border), title('Fig.
6:Edges of image for Cborder Detection');
% imwrite(outline_border,'Bor_canny.tif');
%2 lines to enclose circular region, image size is 496 X 748
for x=2:5 for y=100:648 %for top bar 4x520
outline_border(x,y)=1; %1->white
end
end
for x=492:495 for y=100:648 %for bottom bar 4x520
outline_border(x,y)=1; %1->white
end
end
% subplot(1,2,2), imshow(outline_border), title('Fig.
6A:Edges with 2 more bars');

Grayscale_imfill = imfill(outline_border, 'holes');
Grayscale_C_border = Grayscale_imdilate - Grayscale_imerode;
Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border); %Convert
numeric values to logical

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

```

end
end
%area_Cborder

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

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

    se = strel('disk',6);
    black_imerode = imerode(black_filled, se); %reduce size
    black_imdilate = imdilate(black_filled, se); %increase size

    %determining the new circular border of the image
    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 = 1:496 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
%=====

%Finding the Microaneurysms
=====
edge_Gadpt_his_X1 = edge(Gadpt_his_X1, 'canny', 0.18); %find the
outline/Edges of the features
edge_lessborder = edge_Gadpt_his_X1 - Grayscale_C_border_L;
%remove Cborder, date also removed
% figure,imshow(edge_lessborder), title('Fig. 10:Edges without
Cborder');
%   imwrite(edge_Gadpt_his_X1,'edge_Gadpt_his_X1.tif');
%   imwrite(edge_lessborder,'edge_lessborder.tif');
edge_imfill = imfill(edge_lessborder, 'holes'); %Imfilled on the
image without Cborder
image_holes = edge_imfill - edge_Gadpt_his_X1; %getting the area
filled with imfill
image_largerarea = bwareaopen(image_holes,70); %Remove all obj
smaller than pixels value
image_microa = image_holes - image_largerarea; %area of
microaneurysms with noise

```

```

microaneurysms with noise');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Gadpt_X2_bright = im2bw(Gadpt_his_X2,0.7); %convert to binary 0
for values lesser than threshold
%figure, imshow(Gadpt_X2_bright), title('Fig. 11:Bright image
after im2bw');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%removing exduates area =====
microa_less_ex = image_microa; %setting the size
microa_less_ex (image_microa & Gadpt_X2_bright) = 0; %AND to
remove exduates, white white -> black 0
%=====
Gadpt_X2_bright_2 = ~im2bw(Gadpt_his_X2,0.3);
%figure, imshow(Gadpt_X2_bright_2), title('Fig. 13: Blood vessels
and noise after im2bw');
Gadpt_X2_bright_3 = bwareaopen(Gadpt_X2_bright_2,20); %removed the
small areas, consider as noise
noise without small area');
%removing blood vessels area
=====
microa_less_blood = microa_less_ex;
microa_less_blood (microa_less_ex & Gadpt_X2_bright_3) = 0; %AND
to remove blood vessels & noise, white white -> black 0
%figure, imshow(microa_less_blood), title('Fig. 15:Area of
microaneurysms after removing blood vessels & noise');
% imwrite(microa_less_blood,'microa_less_blood.tif');

%Finding Optical Disk =====
max_GB_column=max(Grayscale_brighten); %Get the largest value for
each column (1-748) of image
%For matrices, max(a) is a row
vector containing
%the maximum 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)

```

```

mask = sqrt( (x - median_column).^2 + (y - median_row).^2 ) <=
radius;
%eqn for circle is --> R^2 = (X-h)^2 + (Y-k)^2
%where h and k is the offset, R is the radius of the circle and
.^2 for array power
%figure, imshow(mask), title('Fig. 17:Mask for optical disk,
Radius =90');

%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
% imwrite(microa_less_smallarea,'microa_less_smallarea.tif');
% imwrite(microa_less_cborder,'microa_less_cborder.tif');
microa_image = microa_less_cborder - mask;
% figure(1), imshow(microa_image), title('Fig.
18:Microaneurysms');
% figure, subplot(1,2,1), imshow(image_microa);
% subplot(1,2,2), imshow(microa_image);
% imwrite(microa_image,'microa_image.tif');
%area calculation =====
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

```

Fungsi Mencari Nilai Blood Vessels :

```
function [area_bloodvessels_final bloodvessels_final] =  
function_BV (signals, I)  
  
IR=imresize(I, [496 748]); %resize image to stdize  
  
GreenC=IR(:,:,2); %(row, column, 2-->green)  
%figure, imshow(GreenC), title('Fig. 2:Green Component Image');  
  
%=====  =====  
%remove date (upper left corner)  
for x=1:30 for y=1:60  
GreenC(x,y)=0; %255=white, 0=black  
end  
end  
%figure, imshow(GreenC), impixelinfo, title('Fig. 3:Patched  
Date');  
%=====   
Ginv2=imcomplement(GreenC); %black and white are reversed  
%figure, subplot(4,1,1:3), imshow(Ginv2), title('Fig. 4:Inversed  
image & Histogram');  
% subplot(4,1,4), imhist(Ginv2)  
  
Gadpt_his3=adapthisteq(Ginv2); %enhances the contrast of the  
intensity image by transforming the values  
% using contrast-limited adaptive histogram equalization (CLAHE),  
histeq --> too dark  
%figure, subplot(4,1,1:3), imshow(Gadpt_his3), title('Fig. 5:Image  
& Histogram after adaptive histeq');  
% subplot(4,1,4 ), imhist(Gadpt_his3)  
%=====   
se = strel('ball',8,8);  
Gopen4=imopen(Gadpt_his3,se); %imerode then imdilate  
%figure, imshow(Gopen4), title('Fig. 6:Image after Imerode &  
Imdilate');  
  
G_Odisk_R5=Gadpt_his3-Gopen4; %removing the optical disk  
%subtract the black part for the  
blood vessels  
%figure, imshow(G_Odisk_R5), title('Fig. 7:Removed optical disk');  
  
%=====   
%im2bw (I,LEVEL)  
%Convert image to binary image, based on threshold  
%change to binary, 1(white) for values greater than level set to  
0(black) for those lesser  
  
G_BW6 = im2bw(G_Odisk_R5,0.105); % convert to binary 0 for values  
lesser than threshold  
%0.15 lost many vessels details, 0.08 still noisy
```

```
G_BWareaopen7 = bwareaopen(G_BW6,65); %Remove all obj smaller than
pixels value
%200 lost many details, 50 still noisy, value around 55-75
```

```
%=====
%Blood Vessels with noise (Method 1)
%=====
bloodvessels_wnoise = G_BWareaopen7;
%figure, imshow(bloodvessels_wnoise), title('Fig. 9:Blood Vessels
with noise (Method 1)');
%=====
%=====
```

```
%=====
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Border formation to enclose the the image
%=====
for x=1:5 for y=1:748 %for top bar
box_5pix(x,y)=1; %1->white
end
end
for x=492:496 for y=1:748 %for bottom bar
box_5pix(x,y)=1; %1->white
end
end
for x=1:496 for y=1:5 %for left bar
box_5pix(x,y)=1; %1->white
end
end
for x=1:496 for y=733:748 %for right bar
box_5pix(x,y)=1; %1->white
end
end
box_5pixel = logical(box_5pix);
%=====
%Convert numeric values to logical
%returns an array that can be used for logical indexing or logical
tests
%5pixels would get 1.3427e+004 or 13427
%496 * 748 = 414748 %use bwarea to calculate
%=====
```

```
Grayscale_brighten_9 = imadjust(signals);
```

```
%Find edges (outline) of the objects in the grayscale image
%Determine the manitude of the gradient of intensity that is
larger than threshold
outline_border=edge(Grayscale_brighten_9, 'canny', 0.09);
%figure, subplot(1,2,1), imshow(outline_border), impixelinfo,
title('Fig. 11:Edges of the image');
```

```
%Drawing two lines to enclose the circular region as it would
affect the area calculation later
```

```

%image size is 496:748
for x=2:5 for y=100:748 %for top bar 4x520
outline_border(x,y)=1; %1->white
end
end
for x=492:495 for y=100:748 %for bottom bar 4x520
outline_border(x,y)=1; %1->white
end
end
%      subplot(1,2,2), imshow(outline_border), impixelinfo,
title('Fig. 11A:Image with 2bars');

%=====
%BW2 = imfill(BW,'holes') fills holes in the binary image BW.
%A hole is a set of background pixels that cannot be reached by
%filling in the background from the edge of the image
Grayscale_imfill_10 = imfill(outline_border, 'holes');
%figure, subplot(2,2,1),imshow(Grayscale_imfill_10), title('Fig.
12:Imfill on the image');

%structuring element, can only use disk and not ball as
%ball is nonflat and imerode cant perform dilate to a binary image
with it
se = strel('disk',6);

%cant use imopen in this case to replace imerode & imdilate
Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill_10, se); %reduce size
Grayscale_imdilate= imdilate(Grayscale_imfill_10, se); %increase
size
A = imclose(Grayscale_imfill_10, se);
%figure, subplot(2,2,1),imshow(A), title('A:Imclose');

%determining the circular border of the image
Grayscale_C_border = Grayscale_imdilate - Grayscale_imerode;

Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border); %Convert
numeric values to logical
%      subplot(2,2,4),imshow(Grayscale_C_border_L), title('Fig.
12C:Circular border');

%Area Calculation for Grayscale_C_border_L
area_Cborder = 0;
area_new_Cborder=0;
for x = 1:496 for y = 1:748
    if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
        area_Cborder = area_Cborder+1;
    end
end
end
%area_Cborder

if area_Cborder > 50000 %If more, border detection is wrong, need
to do another way
    %few reasons eg image brightness/contrast, addition image
border

```

```

%close all
clear Grayscale_C_border_L
G_invert_G_B_9 = imcomplement(Grayscale_brighten_9); %or use
255-Grayscale_brighten_9

black_filled_10 = im2bw(G_invert_G_B_9, 0.94); %image to black
and white using threshold
% level is 0 to 1, min is 0.9 to have gd B&W image, ideal
is 9.3-9.5
% refer to Grayscale_imfill_10 for similar function

se = strel('disk',6);
black_imerode = imerode(black_filled_10, se); %reduce size
black_imdilate= imdilate(black_filled_10, se); %increase size
%a = imclose(black_filled_10,se);
%imshow (a);

%determining the new circular border of the image
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 = 1:496 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
%=====

%to remove noisy background
%Finding Optical Disk =====
max_GB_column=max(Grayscale_brighten_9); %Get the largest value
for each column (1-748) of image
%For matrices, max(a) is a row
vector containing %the maximum element from each
column.
max_GB_single=max(max_GB_column); %Get the largest value of the
columns

[row,column] = find(Grayscale_brighten_9==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)

                                %[X,Y] = meshgrid(x,y)
                                %rows of o/p X are copies of vector
x,
                                %columns of o/p Y are copies of
vector y

mask = sqrt( (x - median_column).^2 + (y - median_row).^2 )<=
radius;
%eqn for circle is --> R^2 = (X-h)^2 + (Y-k)^2
%where h and k is the offset, R is the radius of the circle and
.^2 for array power
%figure (1), imshow(mask), title('Fig. 13:Mask for optical disk,
Radius =90');

%=====
=====
%AND logic (similar to Microaneurysms method) for blood vessels
detection
Gadpt_his_X1 = adapthisteq(GreenC); % enhances the contrast of the
intensity image by transforming the values
Gadpt_his_X2 = adapthisteq(Gadpt_his_X1); % enhances the contrast
of the intensity image by transforming the values
Gadpt_his_X3 = adapthisteq(Gadpt_his_X2); % enhances the contrast
of the intensity image by transforming the values
%figure(2), imshow(Gadpt_his_X3), title('Fig. 14: Blood vessels &
noise after Adpthistseq X3');

Gadpt_X2_bright_2 = ~im2bw(Gadpt_his_X3,0.3); %image segmentation
for blood vessels
%figure(3), imshow(Gadpt_X2_bright_2), title('Fig. 15: Blood
vessels & noise after im2bw');

Gadpt_X2_bright_3 = bwareaopen(Gadpt_X2_bright_2,100); %removed
the small areas, consider as noise
%figure(4), imshow(Gadpt_X2_bright_3), title('Fig. 16:Blood
vessels & noise without small area');

Gadpt_X2_bright_4mask = Gadpt_X2_bright_3 + mask; %this is to
avoid blood vessels at optical disk region from being removed
%figure(5), imshow(Gadpt_X2_bright_4mask), title('Fig. 17:Blood
vessels & noise with mask');

finetune_blood = logical(GreenC * 0); %to get a black box in
logical
finetune_blood (G_BWareaopen7 & Gadpt_X2_bright_4mask) = 1; %AND
to select the blood vessels area, white white -> white 1
%figure(6), imshow(finetune_blood), title('Fig. 18:Blood vessels
after AND function');

```

```

bloodvessels_final = finetune_blood - box_5pixel -
Grayscale_C_border_L; %remove the borders
% figure(8), imshow(bloodvessels_final), title('Fig. 20:Final
Blood Vessels image');
%imwrite(bloodvessels_final,'BV.tiff');
%calculating the area of blood vessels
area_bloodvessels_final = 0;
for x = 1:496 for y = 1:748
    if bloodvessels_final(x,y) == 1
        area_bloodvessels_final = area_bloodvessels_final+1;
    end
end
end
%area_bloodvessels_final
end

```

Fungsi PCA :

```

function [PCA signals]= function_PCA(I)

IR=imresize(I, [496 748]); %resize image to stdize
% %
% %
iMasukan=im2double(IR);
I2=rgb2gray(iMasukan);

[M,N]=size(I2);

mn = mean(I2,2);
data = I2 - repmat(mn,1,N);

covariance = 1 / (N-1) * data * data';

[eigvector,eigvl] = eig(covariance);

eigvl = diag(eigvl);

[junk, rindices] = sort(-1*eigvl);
eigvl = eigvl(rindices);
eigvector = eigvector(:,rindices);
% project the original data set
signals = eigvector' *data;

alldata(2:size(signals,2)+1,:)=signals';
dist=pdist(alldata);

[a,b]=min(dist(:,1:size(signals,2)));
pca = [b];
%pc = pca;
PCA = round(abs(pca));

```