

**PENERAPAN ALGORITMA *FUZZY C-MEANS CLUSTERING*
UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS *DIABETIC
RETINOPATHY* PADA CITRA FUNDUS MATA**

SKRIPSI



Disusun Oleh :
Ibnu Sadam Husen
09.18.107

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

**PENERAPAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS CLUSTERING
UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS DIABETIC
RETINOPATHY PADA CITRA FUNDUS MATA**

SKRIPSI



Disusun Oleh :

Ibnu Sadam Husen

09.18.107

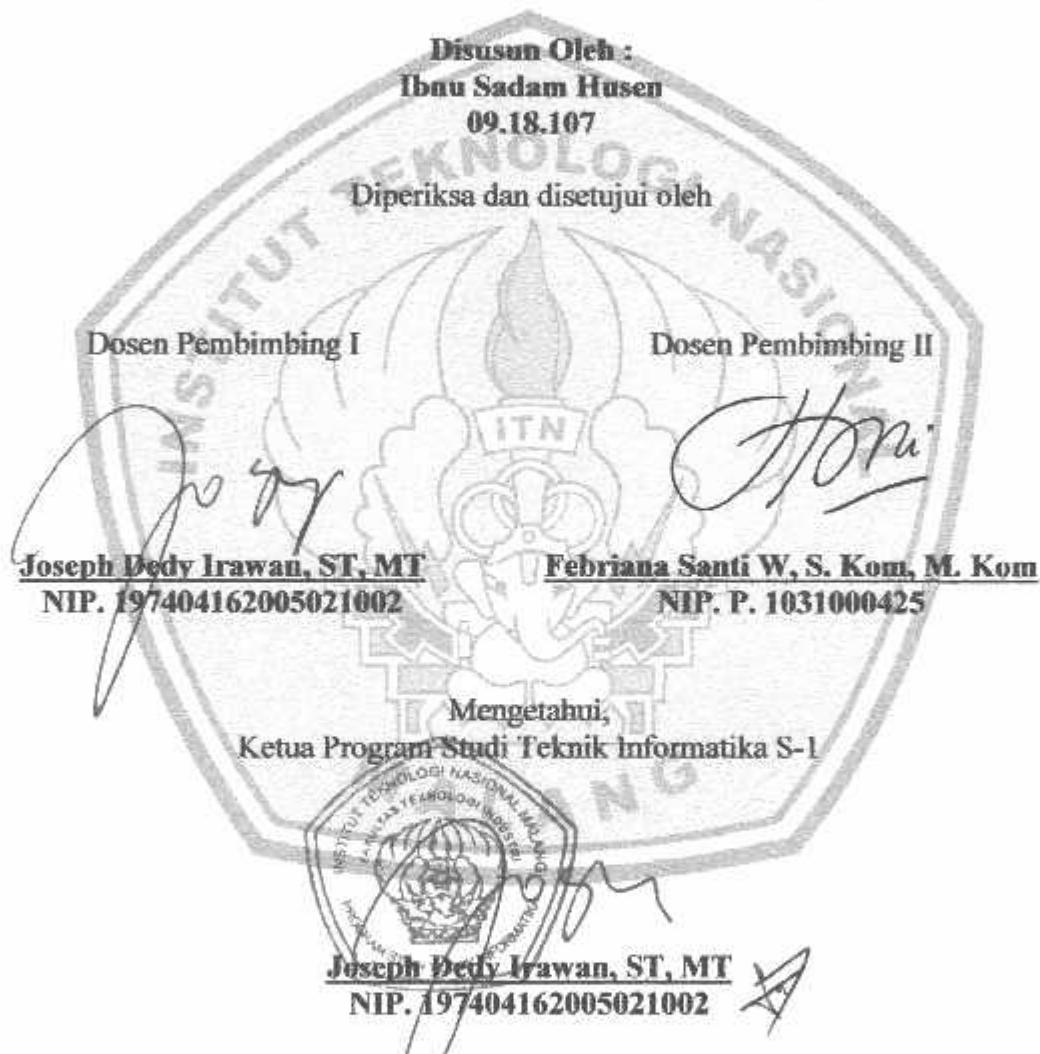
**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENERAPAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS CLUSTERING
UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS DIABETIC
RETINOPATHY PADA CITRA FUNDUS MATA**

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Informatika Strata Satu (S-1)*



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ibnu Sadam Husen
NIM : 09.18.107
Program Studi : Teknik Informatika S-1
Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul :

“ PENERAPAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS CLUSTERING UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS DIABETIC RETINOPATHY PADA CITRA FUNDUS MATA”

adalah Skripsi saya sendiri bukan duplikat serta mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain kecuali dari sumber aslinya.

Malang, 15 Agustus 2013

Yang membuat pernyataan



Ibnu Sadam Husen

*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada
Ayah dan Ibu tercinta*

PENERAPAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS CLUSTERING UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS DIABETIC RETINOPATHY PADA CITRA FUNDUS MATA

Ibnu Sadam Husen (0918107)
Jurusan Teknik Informatika S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Jln. Raya Karanglo Km 2 Malang
e-mail: ibnusadamhusen@gmail.com

Abstrak

Diabetic retinopathy merupakan salah satu komplikasi diabetes melitus (DM) pada mata yang paling banyak menyebabkan kebutaan menetap, terjadinya seiring dengan lamanya menderita diabetes melitus. Retinopati diabetes ditandai dengan adanya beberapa kelainan pada retina yaitu *microaneurysms*, perdarahan retina, *hard exudate*, *soft exudates (cotton wool)* dan *blood vessels* (gangguan pembuluh darah di retina berupa kebocoran, sumbatan dan timbul pembuluh darah tidak normal yang sangat rapuh dan mudah menimbulkan pendarahan). Untuk itu diperlukan suatu algoritma yang dapat mendekripsi *diabetic retinopathy* secara cepat dan otomatis. *Dataset* yang akan digunakan adalah data berupa citra retina dari MESSIDOR sebanyak 100 citra fundus mata. Algoritma *Fuzzy C-Means Clustering* mampu melakukan deteksi dan klasifikasi *diabetic retinopathy* secara otomatis. Proses pertama dilakukan *training* untuk mendapatkan jumlah citra dan nilai masing-masing tanda pada setiap citra. Proses kedua adalah proses deteksi, diawali *preprocessing* (*resize*, *grayscale* dan *adjust*). Selanjutnya proses segmentasi, segmentasi *blood vessels* menggunakan metode CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*) dan segmentasi *exudates*, *cotton wool* dan *microaneurysms* menggunakan metode *mathematical morphology*. Terakhir data *training* dan citra uji dilakukan klasifikasi menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, terbukti algoritma *fuzzy c-means clustering* mampu mendekripsi *diabetic retinopathy* dengan baik dan memiliki akurasi yang tinggi, mencapai 93 %. Terbukti dari 100 citra uji yang dilakukan uji coba didapatkan 93 citra uji mempunyai hasil yang sama dengan hasil deteksi dan klasifikasi secara manual dari Hospital Lariboisiere. Dengan rata-rata hasil akurasi yang mencapai 93 %, maka sistem deteksi otomatis penyakit *diabetic retinopathy* pada citra fundus mata menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* dikatakan tepat mendekati hasil manual oleh para ahli yang mungkin terjadi banyak kesalahan.

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

Abstract

Diabetic retinopathy is a complication of diabetes mellitus (DM) in the eyes of the most cause permanent blindness, along with the duration of diabetes mellitus. Diabetic retinopathy is characterized by several abnormalities in the retina that is microaneurysms, retinal hemorrhage, hard exudate, soft exudates (cotton wool) and blood vessels (blood vessels in retinal disorders such as leakage, blockage and abnormal blood vessels arise very fragile and easy to cause bleeding). For that we need an algorithm that can detect diabetic retinopathy quickly and automatically. Dataset that will be used is a piece of data from the retinal image MESSIDOR 100 eye fundus images. Algorithm Fuzzy C-Means Clustering is able to detect and classify diabetic retinopathy automatically. The first process is conducted training to get the number of images and the value of each mark on each image. The second process is the process of detection, preprocessing begins (resize, grayscale and adjust). Furthermore, the process of segmentation, segmentation of blood vessels using CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) and segmentation of exudates, cotton wool and microaneurysms using mathematical morphology methods. Recent training data and test images is done using a classification algorithm fuzzy c-means clustering.

From the results of tests performed, proven algorithm fuzzy c-means clustering is able to detect diabetic retinopathy well and has a high accuracy, at 93%. Proved from 100 test images were obtained 93 trials test images have the same results with the results of the detection and classification of Hospital Lariboisiere manually. With an average accuracy results reach 93%, then the automatic detection system disease diabetic retinopathy in the eye fundus image using fuzzy c-means algorithm is said to be proper clustering approach results manually by experts that may occur many mistakes.

Keywords : *diabetic retinopathy, messidor, fuzzy c-means clustering.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas karunia, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul "**PENERAPAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS CLUSTERING UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS DIABETIC RETINOPATHY PADA CITRA FUNDUS MATA**". Skripsi ini dapat terselesaikan tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Soeparmo Djwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. H. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Joseph Dedy Irawan, ST, MT selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Joseph Dedy Irawan, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan saran dan bimbingannya dalam penyusunan laporan ini.
5. Ibu Febriana Santi W, S. Kom, M. Kom selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan saran dan bimbingannya dalam penyusunan laporan ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen yang telah mengajar penulis selama studi di Institut Teknologi Nasional Malang.
7. Rekan-rekan Teknik Informatika Institut Teknologi Nasional Malang serta berbagai pihak yang turut membantu dalam penyelesaian laporan ini.
8. Untuk Orang Tua dan Keluarga yang telah mendukung penulis sampai sekarang.

Semoga apa yang telah disajikan dapat memberikan manfaat dan pengetahuan bagi para pembaca. Segala kritik dan saran yang bersifat membangun, diterima dengan senang hati sebagai tambahan ilmu pengetahuan.

Malang, 15 Agustus 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Persetujuan dan Pengesahan	ii
Lembar Keaslian	iii
Lembar Persembahan	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
Bab II Landasan Teori	6
2.1 <i>Diabetic Retinopathy</i>	6
2.1.1 Definisi <i>Diabetic Retinopathy</i>	6
2.1.2 Klasifikasi <i>Diabetic Retinopathy</i>	9
2.1.2.1 <i>Non-Proliferative Diabetic Retinopathy</i>	9
2.1.2.2 <i>Proliferative Diabetic Retinopathy</i>	12
2.1.3 Pencegahan dan Pengobatan	14
2.2 Citra Digital	15
2.2.1 Definisi Citra	15
2.2.1.1 Definisi Citra Analog	15
2.2.1.2 Definisi Citra Digital	16
2.2.2 Representasi Citra Digital	16
2.2.3 Jenis Citra Digital	17
2.2.3.1 Citra Biner (Monokrom)	17
2.2.3.2 Citra Grayscale (Skala Keabuan)	17
2.2.3.3 Citra Warna (<i>True Color</i>)	18
2.2.4 Elemen Citra Digital	19
2.2.5 Format <i>File</i> Citra	20
2.2.5.1 Format <i>File</i> Citra Bitmap	20
2.2.5.2 Format <i>File</i> Citra Vektor	22
2.3 Pengolahan Citra Digital	22
2.3.1 Definisi Pengolahan Citra Digital	22
2.3.2 Hubungan Dengan Bidang Lain	23
2.3.3 Tingkat Komputasi	24
2.3.4 Langkah-langkah Pengolahan Citra	26
2.4 Logika <i>Fuzzy</i>	28
2.5 <i>Fuzzy C-Means Clustering</i>	29
2.6 MESSIDOR Dataset	31
2.7 Kamera Fundus	32
2.8 Matlab	33

Bab III Perancangan Sistem	35
3.1 Analisis Sistem	35
3.1.1 Deskripsi Sistem	35
3.1.2 Analisis Data	35
3.1.3 Kebutuhan Sistem	36
3.1.3.1 <i>Software</i>	36
3.1.3.2 <i>Hardware</i>	36
3.2 Arsitektur Sistem	36
3.2.1 <i>Block Diagram</i>	36
3.2.1.1 <i>Block Diagram</i> Proses Training	37
3.2.1.2 <i>Block Diagram</i> Proses Deteksi	38
3.2.2 <i>Flowchart</i>	40
3.2.2.1 <i>Flowchart</i> Aplikasi	41
3.2.2.2 <i>Flowchart</i> Fuzzy C-Means Clustering	43
3.3 Perancangan Menu	45
3.4 Perancangan <i>User Interface</i>	47
3.4.1 Perancangan Halaman Utama	47
3.4.2 Perancangan Halaman Pengertian	49
3.4.3 Perancangan Halaman Klasifikasi	49
3.4.4 Perancangan Halaman Contoh	51
3.4.5 Perancangan Halaman Deteksi	52
3.4.6 Perancangan Halaman Deteksi Detail	54
3.4.7 Perancangan Halaman Tentang Kami	55
Bab IV Implementasi dan Pengujian	57
4.1 Kebutuhan Sistem	57
4.1.1 <i>Software</i>	57
4.1.2 <i>Hardware</i>	57
4.2 Implementasi	57
4.2.1 Implementasi <i>User Interface</i>	58
4.2.1.1 Implementasi Halaman Utama	58
4.2.1.2 Implementasi Halaman Pengertian	59
4.2.1.3 Implementasi Halaman Klasifikasi	59
4.2.1.4 Implementasi Halaman Contoh	61
4.2.1.5 Implementasi Halaman Deteksi	61
4.2.1.6 Implementasi Halaman Deteksi Detail	62
4.2.1.7 Implementasi Halaman Tentang Kami	63
4.2.2 Implementasi Program	64
4.2.2.1 Implementasi Proses Buka Citra	64
4.2.2.2 Implementasi Proses Deteksi	65
4.2.2.3 Implementasi Proses Simpan	68
4.3 Pengujian	70
Bab V Penutup	93
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran	93
Daftar Pustaka	95
Lampiran	96

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	2
<i>Crisp cluster</i>	
<i>Soft cluster</i>	
Gambar 2.1 Perbedaan retina mata normal dengan retina mata penderita <i>diabetic retinopathy</i>	6
Gambar 2.2 <i>Mild NPDR</i>	11
Gambar 2.3 <i>Moderate NPDR</i>	11
Gambar 2.4 <i>Severe NPDR</i>	12
Gambar 2.5 <i>Very Severe NPDR</i>	12
Gambar 2.6 <i>Early PDR</i>	13
Gambar 2.7 <i>High-risk PDR</i>	14
Gambar 2.8 Citra <i>grayscale</i> ukuran 150 x 150 piksel	16
Gambar 2.9 Citra biner	17
Gambar 2.10 Citra <i>grayscale</i>	18
Gambar 2.11 Citra warna	19
Gambar 2.12 Komputasi pengolahan citra digital tingkat titik	25
Gambar 2.13 Komputasi pengolahan citra digital tingkat lokal	25
Gambar 2.14 Komputasi pengolahan citra digital tingkat global	25
Gambar 2.15 Langkah-langkah pengolahan citra digital	26
Gambar 2.16 Contoh citra fundus mata dari MESSIDOR	32
Gambar 2.17 Kamera fundus	32
Gambar 2.18 Tampilan awal dari MATLAB R2008b	34
Gambar 3.1 <i>Block diagram</i> proses <i>training</i> sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	37
Gambar 3.2 <i>Block diagram</i> proses deteksi sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	39
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> aplikasi pada sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	42
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> algoritma <i>fuzzy c-means clustering</i>	44
Gambar 3.5 Rancangan menu sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i> ...	46
Gambar 3.6 Rancangan halaman utama	48
Gambar 3.7 Rancangan halaman pengertian <i>diabetic retinopathy</i> ...	49
Gambar 3.8 Rancangan halaman klasifikasi <i>diabetic retinopathy</i> ...	50
Gambar 3.9 Rancangan halaman penjelasan <i>diabetic retinopathy</i> ...	51
Gambar 3.10 Rancangan halaman contoh <i>diabetic retinopathy</i>	52
Gambar 3.11 Rancangan halaman deteksi	53
Gambar 3.12 Rancangan halaman deteksi detail	54
Gambar 3.13 Rancangan halaman tentang kami	55
Gambar 4.1 Halaman utama sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	58
Gambar 4.2 Halaman pengertian sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	59
Gambar 4.3 Halaman klasifikasi sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	60
Gambar 4.4 Halaman penjelasan klasifikasi sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	60
Gambar 4.5 Halaman contoh sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	61

Gambar 4.6	Halaman deteksi sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	62
Gambar 4.7	Halaman deteksi detail sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	63
Gambar 4.8	Halaman tentang kami sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	63
Gambar 4.9	Submenu buka citra pada halaman deteksi	64
Gambar 4.10	Proses buka citra	65
Gambar 4.11	Tampilan proses buka citra	65
Gambar 4.12	Submenu deteksi pada halaman deteksi	66
Gambar 4.13	Hasil proses deteksi pada halaman deteksi	67
Gambar 4.14	Hasil setiap tahapan proses deteksi pada halaman deteksi detail	67
Gambar 4.15	Submenu simpan pada halaman deteksi	68
Gambar 4.16	Proses simpan citra hasil	69
Gambar 4.17	Proses simpan data	69
Gambar 4.18	Data hasil deteksi	70
Gambar 4.19	Nilai <i>blood vessels</i> , <i>exudates</i> , <i>cotton wool</i> dan <i>microaneurysms</i>	72
Gambar 4.20	Matriks partisi	73
Gambar 4.21	Pusat <i>cluster</i>	73
Gambar 4.22	Hasil klasifikasi	74

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbedaan gejala antara NPDR dengan PDR	9
Tabel 2.2 Format <i>file</i> citra bitmap	21
Tabel 2.3 Format <i>file</i> citra vektor	22
Tabel 3.1 Komponen halaman utama	48
Tabel 3.2 Komponen halaman pengertian <i>diabetic retinopathy</i>	49
Tabel 3.3 Komponen halaman klasifikasi <i>diabetic retinopathy</i>	50
Tabel 3.4 Komponen halaman penjelasan <i>diabetic retinopathy</i>	51
Tabel 3.5 Komponen halaman contoh <i>diabetic retinopathy</i>	52
Tabel 3.6 Komponen halaman deteksi	53
Tabel 3.7 Komponen halaman deteksi detail	55
Tabel 3.8 Komponen halaman tentang kami	56
Tabel 4.1 Jumlah data setiap klasifikasi <i>diabetic retinopathy hospital lariboisiere</i>	71
Tabel 4.2 Hasil Pengujian	74

BAB I

PENDAHULUAN

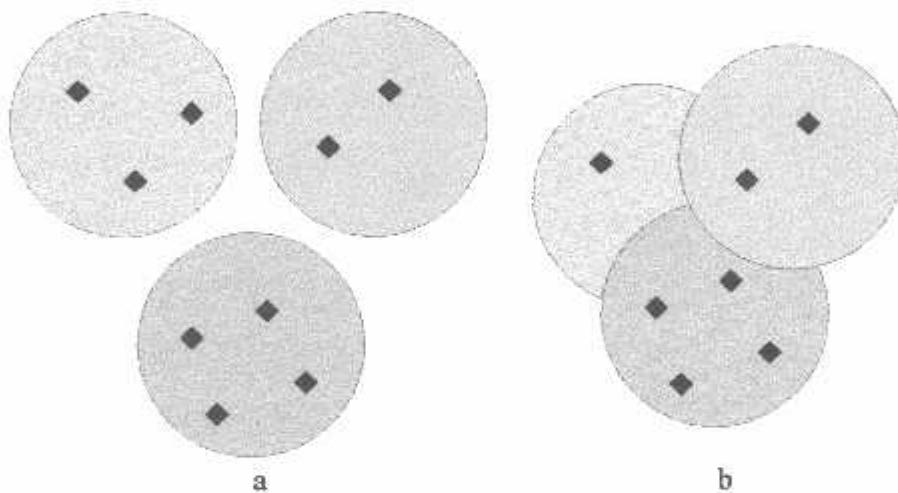
1.1 Latar Belakang

Penelitian dan pengembangan aplikasi dengan berbagai metode dalam pencitraan medis telah berkembang sangat luas. Salah satu penelitian dalam pencitraan medis adalah klasifikasi citra retina untuk deteksi penyakit. Pada citra retina dapat dianalisa untuk mendapatkan informasi penting seperti informasi tentang tingkat resiko penyakit Retinopati Diabetes (*Diabetic Retinopathy*).

Retinopati diabetes merupakan salah satu komplikasi Diabetes Melitus (DM) pada mata yang paling banyak menyebabkan kebutaan menetap, terjadinya seiring dengan lamanya menderita diabetes melitus. Semakin lama diabetes melitus diderita semakin tinggi kemungkinan terjadinya retinopati. Retinopati diabetes ditandai dengan adanya beberapa kelainan pada retina yaitu *microaneurysms*, perdarahan retina, *hard exudate*, *soft exudates (cotton wool)* dan *blood vessels* (gangguan pembuluh darah di retina berupa kebocoran, sumbatan dan timbul pembuluh darah tidak normal yang sangat rapuh dan mudah menimbulkan pendarahan).

Retinopati diabetes tidak bisa dideteksi langsung secara kasat mata karena tanda-tandanya berada di bagian syaraf retina yang hanya dapat dilihat menggunakan foto fundus tetapi memerlukan waktu yang relatif lama. Pada umumnya dokter spesialis mata mendeteksi tanda tersebut dengan mengamati langsung dari citra retina yang diambil dengan menggunakan kamera fundus, cara ini kurang efektif karena membutuhkan waktu yang lama dan memungkinkan terjadi kesalahan dalam pengamatan. Hal ini menyulitkan dokter spesialis mata untuk menentukan dengan cepat terapi apa yang tepat diberikan pada pasien. Untuk mengatasi hal ini pengolahan citra digital untuk mendeteksi tanda-tanda kelainan retinopati diabetes bisa dikembangkan, di mana suatu citra retina penderita retinopati diabetes diolah, nantinya dari citra tersebut diketahui tanda-tanda kelainan apa saja yang terkandung didalamnya, namun proses pendekripsi tanda tersebut tidaklah mudah, karena kompleksnya struktur retina mata.

Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan membangun sebuah sistem yang dapat mendeteksi tingkat resiko retinopati diabetes dan melakukan klasifikasi jenis retinopati diabetes dengan waktu yang relatif cepat sehingga nantinya citra yang dihasilkan dapat digunakan untuk membantu proses pendekripsi penyakit tersebut. Beberapa algoritma klasifikasi yang banyak dikembangkan dan digunakan adalah algoritma *clustering*. Terdapat dua jenis cluster yang dapat dibentuk, yaitu yang bersifat *crisp (hard clustering)* dan yang bersifat *fuzzy (fuzzy clustering)*. Pada pengelompokan yang *crisp*, setiap objek hanya dapat menjadi anggota dari sebuah *cluster* saja, dengan derajat keanggotaan sama dengan 1. *Hard clustering* menghasilkan sejumlah *cluster* dengan batasan yang jelas antar *cluster*, seperti yang terlihat pada Gambar 1.1 a. Sedangkan, *fuzzy clustering*, atau disebut juga *soft clustering*, menganggap bahwa setiap cluster tidak sepenuhnya terpisah, seperti pada Gambar 1.1 b, dan setiap objek memiliki derajat keanggotaan antara 0 dan 1 terhadap setiap *cluster*.



Gambar 1.1 a. *Crisp cluster* b. *Soft cluster*

Algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM) merupakan salah satu metode dari algoritma *fuzzy clustering* atau suatu teknik peng-*cluster-an* data yang mana keberadaan tiap-tiap data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh nilai keanggotaan. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. Algoritma *fuzzy c-means* mempunyai karakteristik yang sederhana, mudah dipahami dan diimplementasikan dalam sebuah program serta dianggap

merupakan salah satu metode yang baik untuk melakukan klasifikasi *unsupervised*. Hal tersebut dikarenakan *fuzzy c-means* masih memperhatikan piksel pada ruang keabuan sehingga pada saat ini *fuzzy c-means* banyak diterapkan dalam pengambilan sebuah keputusan. Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat *cluster* yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*. Pada kondisi awal, pusat *cluster* ini masih belum akurat. Tiap-tiap data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap *cluster*. Dengan cara memperbaiki pusat *cluster* dan nilai keanggotaan tiap-tiap data secara berulang, maka dapat dilihat bahwa pusat *cluster* akan menuju lokasi yang ‘tepat’. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi obyektif.

Oleh karena itu di dalam penulisan skripsi ini akan diimplementasikan algoritma *fuzzy c-means clustering* untuk deteksi retinopati diabetes pada citra fundus mata. Dengan menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* diharapkan dapat menyelesaikan komputasi kompleks dengan cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan letak dan nilai *microaneuysms*, *exudates*, *cottonwool* dan *blood vessels* pada citra fundus mata.
2. Bagaimana penerapan algoritma *fuzzy c-means clustering* pada sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*.
3. Bagaimana membuat sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy* menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan ini adalah membuat sistem yang dapat mendeteksi *diabetic retinopathy* secara otomatis menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* melalui media citra fundus mata sehingga dapat membantu dokter spesialis mata (*ophthalmologist*) dalam proses pemeriksaan dan pendekstrian *diabetic retinopathy* dengan lebih cepat dan mudah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pembahasan yang diambil agar sesuai dengan tujuan dan tidak terjadi penyimpangan maksud dan tujuan utama, maka ditentukan ruang lingkup pembahasan sebagai berikut:

1. Jenis penyakit yang dideteksi adalah penyakit *diabetic retinopathy*.
2. Klasifikasi *diabetic retinopathy* berjumlah 7 (tujuh) kelas, yaitu : Normal, *Mild NPDR*, *Moderate NPDR*, *Severe NPDR*, *Very Severe NPDR*, *Early PDR* dan *High-risk PDR*.
3. Citra fundus mata yang digunakan adalah citra dengan format TIFF (.tif).
4. Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem adalah MATLAB versi 7.7.0.471 (R2008b).
5. Data yang digunakan adalah dataset citra retina MESSIDOR (<http://messidor.crihan.fr/>), merupakan program penelitian penyakit *diabetic retinopathy* di Perancis.
6. Sistem klasifikasi hasil deteksi menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan untuk penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pencarian informasi dan studi literatur. Informasi dan studi literatur diperlukan untuk mengumpulkan data dan desain sistem. Informasi didapatkan dari berbagai sumber yang berhubungan dengan algoritma *fuzzy c-means clustering* dan *diabetic retinopathy*. Informasi tersebut biasanya didapat dari internet maupun buku acuan.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem adalah suatu tahapan yang digunakan untuk pembuatan alur proses yang tergambar dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) dan pembuatan rancangan antarmuka (*user interface*) sistem.

3. Implementasi

Mengimplementasikan suatu simulasi sistem yang telah terdisain ke dalam

program komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB 7.7.0.471 (R2008b).

4. Uji Coba dan Evaluasi

Pada tahap ini dilakukan uji coba aplikasi deteksi *diabetic retinopathy* dengan menggunakan bermacam-macam variasi citra masukan. Uji coba dilakukan untuk melihat apakah implementasi algoritma *fuzzy c-means clustering* telah sesuai dengan rancangan dan desain yang dibuat. Selain itu uji coba dilakukan untuk mengetahui keberhasilan program yang dibuat berdasarkan teori-teori yang ada.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dan memahami pembahasan pada penulisan skripsi ini, maka sistematika penulisan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : Landasan Teori

Berisi landasan teori yang merupakan tinjauan pustaka mengenai teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini.

BAB III : Perancangan Sistem

Berisi rancangan diagram alir (*flowchart*) dan antarmuka (*user interface*) sistem deteksi *diabetic retinopathy* yang akan dibuat.

BAB IV : Implementasi dan Pengujian

Berisi implementasi dari rancangan sistem dan algoritma yang digunakan pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* mulai dari awal hingga akhir, serta melakukan pengujian terhadap sistem tersebut.

BAB V : Penutup

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan dan saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

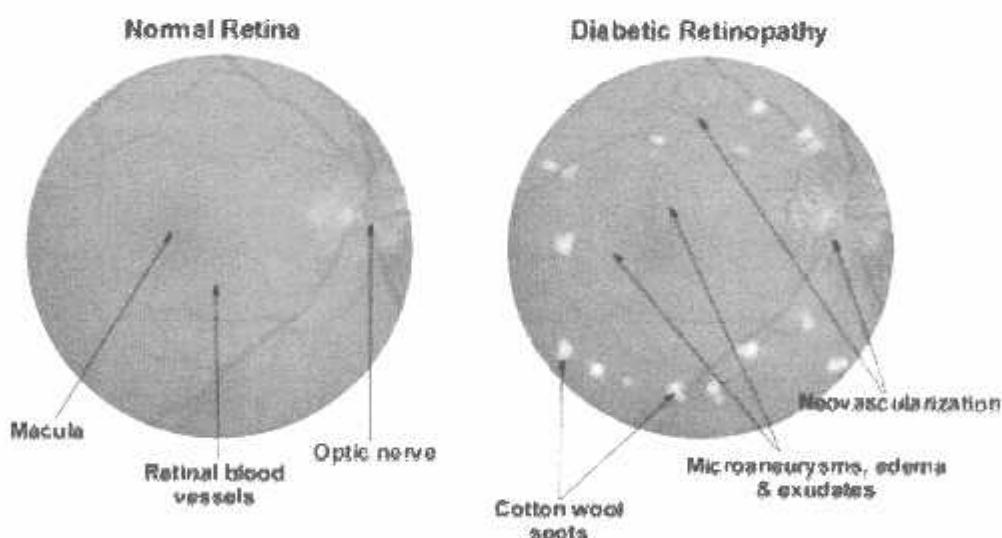
LANDASAN TEORI

2.1 *Diabetic Retinopathy*

Di bawah ini akan diuraikan mengenai definisi, klasifikasi, pencegahan dan pengobatan penyakit *diabetic retinopathy*.

2.1.1 Definisi *Diabetic Retinopathy*

Menurut Ilyas S dan Yulianti SR (2011) Retinopati Diabetes (*Diabetic Retinopathy*) adalah suatu kelainan pada pembuluh darah retina mata (retinopati) yang disebabkan akibat komplikasi kronis dari penyakit diabetes melitus. Retinopati akibat diabetes melitus lama berupa mikroaneurisma, melebarnya vena, perdarahan dan eksudat lemak. Retinopati diabetes merupakan penyakit penyakit diabetes yang paling penting. Hal ini disebabkan karena insidennya cukup tinggi yaitu mencapai 40-50% penderita diabetes dan prognosisnya yang kurang baik terutama bagi penglihatan. Gambar 2.1 menunjukkan perbedaan retina mata normal dengan retina mata penderita *diabetic retinopathy*.



Gambar 2.1 Perbedaan retina mata normal dengan retina mata penderita *diabetic retinopathy*.

Jika hal ini berlangsung lama tanpa adanya kontrol dengan dokter mata secara intensif, maka hal ini dapat menyebabkan kebutaan pada penderita. Salah

satunya adalah gangguan pembuluh darah kapiler pada retina mata. Gangguan tersebut berupa melemahnya dinding pembuluh kapiler. Selanjutnya, dinding pembuluh akan menggembung membentuk suatu struktur yang disebut mikroaneurisma. Lama kelamaan, pembentukan mikroaneurisma akan diiringi dengan penyumbatan pada pembuluh kapiler. Penyumbatan kapiler akan merangsang tubuh untuk membuat pembuluh darah baru, tujuannya agar kebutuhan nutrisi retina tetap dapat terpenuhi. Karena pembuluh baru ini sangat rapuh, saat pembuluh pecah, maka akan terjadi perdarahan yang dapat menimbulkan keaburuan penglihatan, bahkan kebutaan.

Di Amerika Serikat terdapat kebutaan 5.000 orang pertahun akibat retinopati diabetes, sedangkan di Inggris retinopati diabetes merupakan penyebab kebutaan nomor empat dari seluruh penyebab kebutaan. Retinopati merupakan gejala diabetes melitus utama pada mata, dimana ditemukan pada retina seperti, antara lain :

1. *Microaneurysms*

Mikroaneurisma (*Microaneurysms*) merupakan penonjolan dinding kapiler, terutama daerah vena dengan bentuk berupa bintik merah kecil yang terletak dekat pembuluh darah terutama polus posterior. Kadang-kadang pembuluh daerah ini demikian kecilnya sehingga tidak terlihat sedang dengan bantuan angiografi fluoresein lebih mudah dipertunjukkan adanya mikroaneurisma ini.

2. Perdarahan dapat dalam bentuk titik, garis dan bercak yang biasanya terletak dekat mikroaneurisma di polus posterior. Bentuk perdarahan ini merupakan prognosis penyakit dimana perdarahan yang luas memberikan prognosis lebih buruk dibanding kecil. Perdarahan terjadi akibat gangguan permeabilitas pada mikroaneurisma, atau karena pecahnya kapiler.
3. Dilatasi pembuluh darah balik dengan lumennya irregular dan berkelok-kelok, bentuk ini seakan-akan dapat memberikan perdarahan tapi hal ini tidaklah demikian. Hal ini terjadi akibat kelainan sirkulasi dan kadang-kadang disertai kelainan endotel dan eksudasi plasma.
4. *Hard exudate*

Hard exudate merupakan inflasi lipid ke dalam retina. Gambarannya khusus yaitu irregular, kekuning-kuningan. Pada permukaan eksudat pungtata

membesar dan bergabung. Eksudat ini dapat muncul dan hilang dalam beberapa minggu. Pada mulanya tampak pada gambaran angiografi fluorescin sebagai kebocoran fluorescin di luar pembuluh darah, kelainan ini terutama terdiri atas bahan-bahan lipid dan terutama banyak ditemukan pada keadaan hiperlipoproteinemia.

5. *Soft exudate*

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

6. Neovaskularisasi

Neovaskularisasi adalah pembuluh darah baru pada retina biasanya terletak di permukaan jaringan. Neovaskularisasi terjadi akibat poliferasi sel endotel pembuluh darah. Tampak sebagai pembuluh yang berkelok-kelok, dalam kelompok-kelompok dan berbentuk irregular. Hal ini merupakan awal penyakit yang berat pada retinopati diabetes. Mula-mula terletak di dalam jaringan retina, kemudian berkembang ke daerah preretinal ke badan kaca. Pecahnya neovaskularisasi pada daerah-daerah ini dapat menimbulkan perdarahan retina, perdarahan subhialoid (preretinal), maupun perdarahan badan kaca. Proliferasi preretinal dari suatu neovaskularisasi biasanya diikuti proliferasi jaringan ganglia dan perdarahan.

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

8. Hiperlipidimia

Suatu keadaan yang sangat jarang, tanda ini akan segera hilang bila diberikan pengobatan.

Keadaan-keadaan yang dapat memperberat retinopati diabetes adalah sebagai berikut :

1. Pada diabetes juvenilis yang insulin dependent dan kehamilan dapat merangsang timbulnya perdarahan dan proliferasi.
2. Arteriosklerosis dan proses menua pembuluh-pembuluh darah memperburuk prognosis.

3. Hiperlipoproteinemi diduga mempercepat perjalanan dan progresifitas kelainan dengan cara mempengaruhi arteriosklerosis dan kelainan hemobiologik.
4. Hipertensi arteri. Memperburuk prognosis terutama pada penderita usia tua.
5. Hipoglikemia atau trauma dapat menimbulkan perdarahan retina yang mendadak.

2.1.2 Klasifikasi *Diabetic Retinopathy*

Secara klinis retinopati diabetes diklasifikasikan kedalam dua tingkatan umum yaitu Retinopati Diabetes Non-Proliferatif (*Non-Proliferative Diabetic Retinopathy / NPDR*) dan Retinopati Diabetes Proliferative (*Proliferative Diabetic Retinopathy / PDR*). Dimana NPDR terbagi menjadi 4 (empat) tingkatan sedangkan PDR terbagi menjadi 2 (dua) tingkatan. Tabel 2.1 menunjukkan perbedaan gejala antara NPDR dengan PDR.

Tabel 2.1 Perbedaan gejala antara NPDR dengan PDR

Tingkat	NPDR	PDR
Gejala	Mikroanerisma Perdarahan retina Exudate Kelainan vena	Neovaskularisasi

2.1.2.1 *Non-Proliferative Diabetic Retinopathy*

Non-Proliferative Diabetic Retinopathy (NPDR) memiliki karakteristik mikroangiopati intraretinal yang ditandai oleh degenerasi perisit intramural dari kapiler retina, mikroaneurisma, oklusi dan dilatasi kapiler, meningkatnya permeabilitas sehingga terjadi kebocoran plasma dan edema retina (*hard exudates*) serta perdarahan titik dan bercak. Retinopati diabetes merupakan cerminan klinik dari hipermeabilitas dan inkompetens pembuluh yang terkena. Kapiler membentuk kantung-kantung kecil menonjol seperti titik-titik yang disebut mikroaneurisma, sedangkan vena-vena mengalami dilatasi dan berkelok-kelok. Dapat terjadi perdarahan disemua lapisan retina. Perdarahan akan berbentuk seperti nyala api karena lokasinya di dalam sel saraf yang berorientasi

horizontal sedangkan perdarahan berbentuk titik atau bercak terletak dilapisan retina yang lebih dalam, tempat sel-sel dan akson berorientasi vertikal.

Edema macula adalah penyebab tersering gangguan penglihatan pada pasien retinopati diabetes nonproliferatif. Edema terutama disebabkan oleh rusaknya sawar retina darah bagian dalam pada tingkat endotel kapiler retina sehingga terjadi kebocoran cairan dan konstituen plasma ke dalam retina di sekitarnya. Edema dapat bersifat local atau difus dan secara klinis tampak sebagai retina yang menebal dan keruh disertai mikroaneurisme dan eksudat intra retina. Dapat berbentuk zona-zona eksudat dan kuning kaya-lemak berbentuk bundar disertai kumpulan mikroaneurisme dan paling sering berpusat di bagian temporal macula. Walaupun prevalensi macula adalah 10% pada populasi diabetes sebagai suatu keseluruhan, terdapat peningkatan mencolok prevalensi tersebut pada mata yang mengalami retinopati berat.

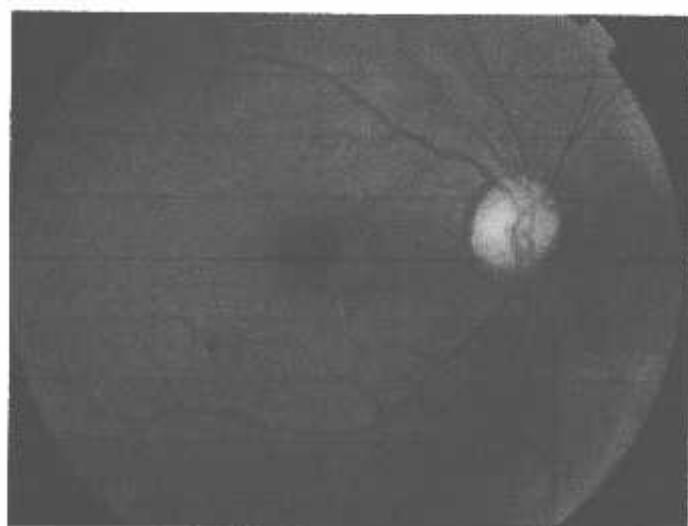
Pada sumbatan mikrovaskuler progresif dapat timbul tanda-tanda peningkatan iskemia pada gambaran retinopati yang menjadi latar belakangnya dan menghasilkan gambaran klinis retinopati diabetes praproliferatif. Temuan yang paling khas adalah bercak-bercak *cotton wool*, timbulnya gambaran manik-manik pada vena retina dan pelebaran segmental irregular jaring kapiler retina (kelainan mikrovaskuler intraretinal). Penutupan kapiler-kapiler retina yang mengelilingi zona fovea yang avaskuler dapat menyebabkan iskemia bermakna yang secara klinis bermanifestasi sebagai perdarahan macula halus mirip benang. Disfungsi penglihatan dan elektrofisiologik yang berkaitan dengan diabetes mungkin terjadi sebagai akibat kelainan vaskuler *local* dan efek *metabolic* sistemik penyakit yang mengenai retina.

Lesi pada retina pada stadium ini adalah dalam lingkungan retina dan termasuk mikroaneurisma, perdarahan kecil ‘dot dan blot’, perdarahan ‘splinter’ abnormalitas intraretinal mikrovaskuler (IRMA) dan bercak *cotton wool*. Pembagian NPDR berdasarkan laporan dari penelitian terhadap penatalaksanaan retinopati diabetes dini (*Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Report*) adalah sebagai berikut :

1. *Mild NPDR*

Mild NPDR atau NPDR ringan ditandai dengan adanya mikroaneurisma dan

pendarahan yang disebabkan kerusakan pembuluh darah pada retina. Pada tahap ini pasien disarankan menemui dokter ahli mata secara rutin, setidaknya 1 tahun sekali.



Gambar 2.2 *Mild NPDR*

2. *Moderate NPDR*

Moderate NPDR yang disebut juga NPDR sedang tidak hanya terdiri dari mikroaneurisma saja tetapi juga *soft exudates*, pelebaran vena dan abnormalitas mirovaskular intraretinal. Jumlah mikroaneurisma lebih banyak dibandingkan dengan tingkat *mild NPDR*.

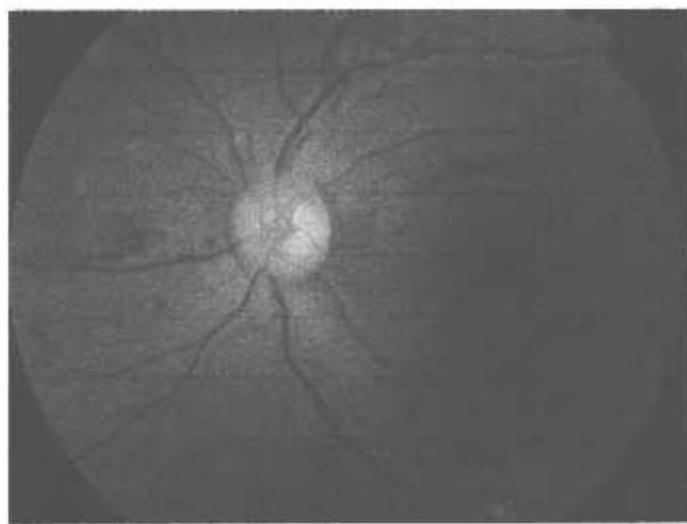


Gambar 2.3 *Moderate NPDR*

3. *Severe NPDR*

Severe NPDR / NPDR berat terjadi jika perdarahan atau mikroaneurisma

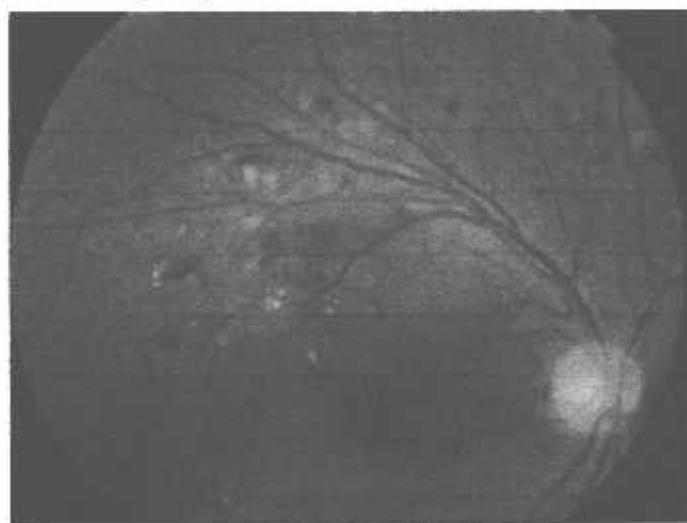
terjadi pada seluruh 4 kuadran retina, pelebaran vena dua atau lebih kuadran serta abnormalitas mikrovaskular intraretinal pada sedikitnya satu kuadrant.



Gambar 2.4 Severe NPDR

4. *Very Severe NPDR*

NPDR sangat berat terjadi jika ditemukan dua atau lebih poin di atas.



Gambar 2.5 Very Severe NPDR

2.1.2.2 *Proliferative Diabetic Retinopathy*

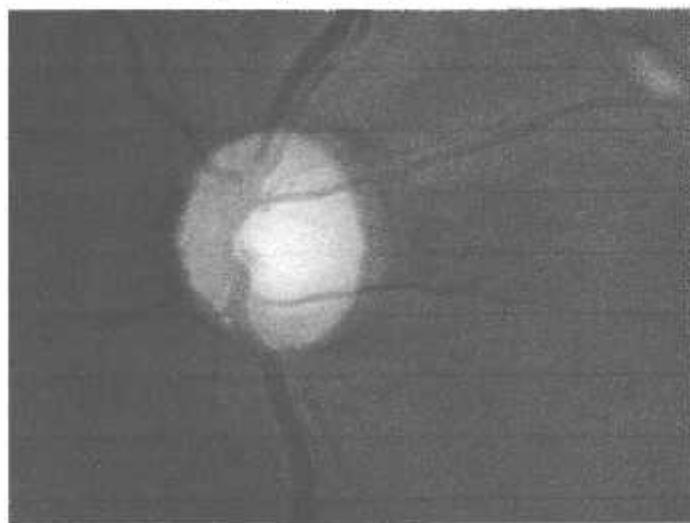
Proliferative Diabetic Retinopathy (PDR) ditandai oleh adanya neovaskularisasi, perdarahan vitreus, proliferasi fibrovaskuler dan dapat juga terjadi komplikasi ablasio retina. Retinopati diabetes *proliferative* merupakan penyulit yang paling parah. Iskemia retina yang progresif akhirnya merangsang pembentukan pembuluh-pembuluh halus baru yang menyebabkan kebocoran

protein-protein serum dalam jumlah besar. Neovaskularisasi sering terletak di permukaan diskus dan di tepi posterior zona perifer nonperfusi. Pembuluh-pembuluh rapuh yang berproliferasi ke permukaan posterior korpus vitreum akan menjadi meninggi apabila korpus vitreum mulai berkontraksi menjauhi retina. Apabila darah keluar dari pembuluh tersebut perdarahan korpus vitreum massif dan dapat timbul penurunan penglihatan mendadak.

Pembagian PDR berdasarkan laporan dari penelitian terhadap penatalaksanaan diabetes dini (*Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Report*) adalah sebagai berikut :

1. *Early PDR*

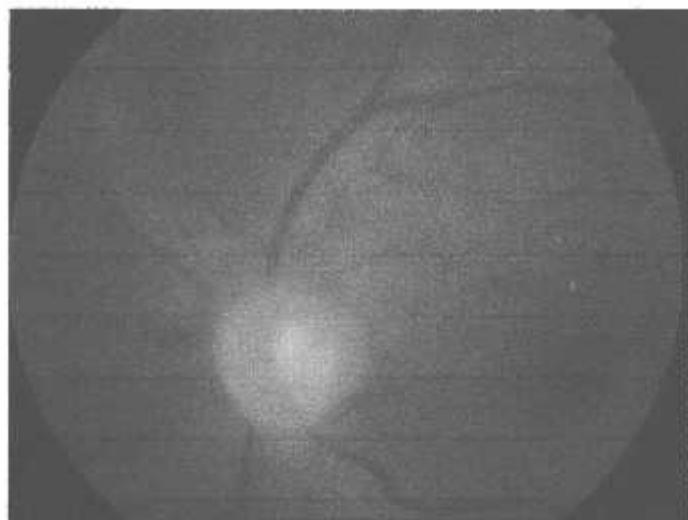
Early PDR atau PDR dini terjadi jika hanya ditemukan neovaskularisasi.



Gambar 2.6 *Early PDR*

2. *High-risk*

PDR resiko tinggi (*High-risk PDR*) terjadi jika ditemukan neovaskularisasi pada lebih 1/3-1/2 diskus, atau neovaskularisasi pada diskus dan perdarahan vitreus atau preretina, atau neovaskularisasi diluar *disc* yang disertai perdarahan vitreus atau preretina.



Gambar 2.7 *High-risk PDR*

Pada tipe proliferatif terjadi neovaskularisasi terutama di daerah dekat lempeng optik (*neovascularisation of the disc* [NVD]) atau pada pembuluh retina utama selebar tiga lempeng optik (*neovascularisation elsewhere* [NVE]). Selain itu terdapat perdarahan preretina atau vitreous, perdarahan preretina umumnya terjadi di antara retina dengan permukaan hyaloid posterior. Ketika darah berkumpul di daerah ini, kenampakannya menyerupai perahu boat. Sedangkan perdarahan vitreous dapat muncul sebagai kabut difus atau berupa gumpalan darah dalam gel.

2.1.3 Pencegahan dan Pengobatan

Pencegahan dan pengobatan retinopati diabetes merupakan upaya yang harus dilakukan bersama untuk mencegah atau menunda timbulnya retinopati dan juga untuk memperlambat perburukan retinopati. Tujuan utama pengobatan retinopati diabetes ialah untuk mencegah terjadinya kebutaan permanen. Metode pencegahan dan pengobatan retinopati diabetes saat ini meliputi :

1. Kontrol glukosa darah.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, pengontrolan kadar glukosa darah yang baik secara signifikan menurunkan resiko perkembangan retinopati diabetes dan juga progresivitasnya.

2. Kontrol tekanan darah.
3. Ablasi kelenjar hipofisis melalui pembedahan atau radiasi.

4. Laser koagulasi.

Perkembangan laser fotokoagulasi retina secara dramatis telah mengubah penanganan retinopati diabetes. Penggunaan cahaya yang terfokus untuk mengauter retina telah dipraktiskan sejak beberapa tahun dan hasilnya telah dikonfirmasi melalui percobaan klinikal yang ekstensif untuk kedua penyakit NPDR dan PDR dan juga untuk beberapa tipe makulopati.

Mekanisme kerja yang jelas tidak diketahui tapi telah dicadangkan bahwa fotokoagulasi lokasi sistemik mencegah pembebasan sesuatu yang belum diidentifikasi, faktor vasoformatif pada penyakit *proliferative*. Penanganan ini harus dilakukan pada stadium awal. Foto koagulasi untuk NPDR dengan macula udem yang signifikan secara klinis disebut fotokoagulasi macula, manakala fotokoagulasi luas untuk PDR disebut fotokoagulas panp-retinal.

2.2 Citra Digital

Berikut ini merupakan uraian mengenai definisi, representasi, jenis, elemen dan format dari citra digital.

2.2.1 Definisi Citra

Citra adalah representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal *video* seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan (Sutoyo, 2009).

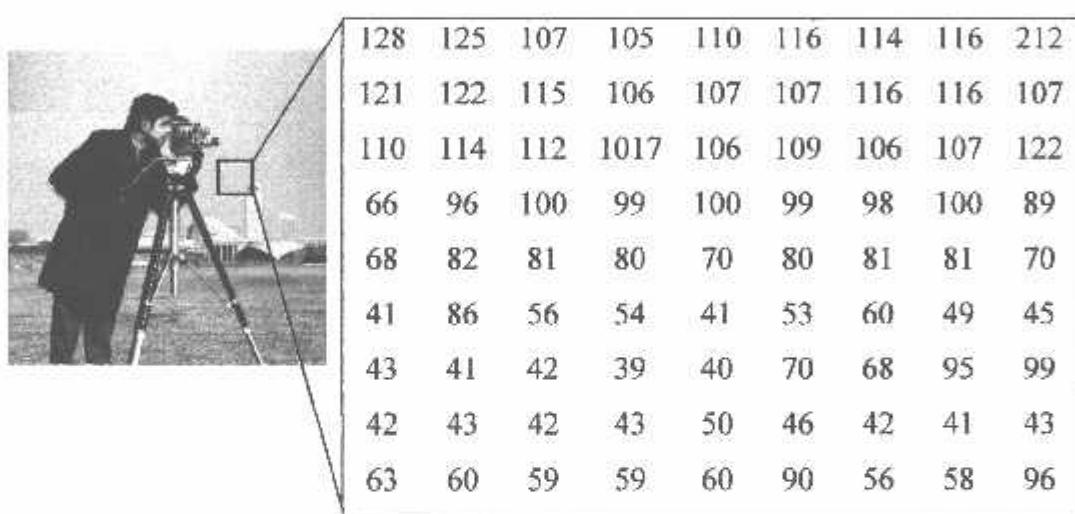
2.2.1.1 Definisi Citra Analog

Citra analog adalah citra yang bersifat kontinyu, seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar-x. Foto yang tercetak di kertas foto, lukisan, pamandangan alam, hasil CT *scan*, gambar-gambar yang terekam pada pita kaset, dan lain sebagainya. Citra analog tidak dapat merepresentasikan dalam komputer sehingga tidak bisa diproses di komputer secara langsung. Oleh sebab itu, agar citra ini dapat diproses di komputer, proses konversi analog ke digital harus dilakukan terlebih dahulu. Citra analog dihasilkan dari alat-alat analog, seperti

video kamera analog, kamera foto analog, *WebCam*, *CT scan*, sensor *ultrasonic* pada sistem USG dan lain-lain (Sutoyo, 2009).

2.2.1.2 Definisi Citra Digital

Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer. Perhatikan Gambar 2.8. Sebuah citra *grayscale* ukuran 150x150 piksel (elemen terkecil dari sebuah citra) diambil sebagian (kotak kecil) berukuran 9x9 piksel. Maka, monitor akan menampilkan sebuah kotak kecil. Namun, yang disimpan dalam memori komputer hanyalah angka-angka yang menunjukkan besar intensitas pada masing-masing piksel tersebut (Sutoyo, 2009).



Gambar 2.8 Citra *grayscale* ukuran 150 x 150 piksel

2.2.2 Representasi Citra Digital

Sebuah citra digital dapat diwakili oleh sebuah matriks yang terdiri dari M kolom dan N baris, di mana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel, yaitu elemen terkecil dari sebuah citra. Piksel mempunyai dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas atau warna. Nilai yang terdapat pada koordinat (x,y) adalah $f(x,y)$, yaitu besar intensitas atau warna dari piksel di titik itu. Oleh sebab itu, sebuah citra digital dapat ditulis dalam bentuk matriks berikut.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & \cdots & \cdots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \cdots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix} \dots\dots (2-1)$$

2.2.3 Jenis Citra Digital

Ada banyak cara untuk menyimpan citra digital di dalam memori. Cara penyimpanan menentukan jenis citra digital yang terbentuk. Beberapa jenis citra digital yang sering digunakan adalah citra biner, citra *grayscale* dan citra warna.

2.2.3.1 Citra Biner (Monokrom)

Hanya terdiri dari 2 (dua) warna, yaitu hitam dan putih. Dibutuhkan 1 bit di memori untuk menyimpan kedua warna tersebut. Contoh citra biner ditunjukkan pada Gambar 2.9.



bit 0 = warna hitam

bit 1 = warna putih



Gambar 2.9 Citra biner

2.2.3.2 Citra Grayscale (Skala Keabuan)

Banyaknya warna tergantung pada bit yang disediakan di memori untuk menampung kebutuhan warna ini.

Citra 2 bit mewakili 4 warna dengan gradasi warna berikut :



Citra 3 bit mewakili 8 warna dengan gradasi warna berikut :



Semakin besar jumlah bit warna yang disediakan di memori, semakin halus gradasi warna yang terbentuk. Gambar 2.10 merupakan contoh citra *grayscale* dengan 8 bit.



Gambar 2.10 Citra *grayscale*

2.2.3.3 Citra Warna (*True Color*)

Setiap piksel pada citra warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar ($RGB = Red\ Green\ Blue$). Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 byte, yang berarti setiap warna mempunyai gradasi sebanyak 255 warna. Berarti setiap piksel mempunyai kombinasi warna sebanyak 16 juta warna lebih. Itulah sebabnya format ini dinamakan *true color* karena mempunyai jumlah warna yang cukup besar sehingga bisa dikatakan hampir mencakup semua warna di alam.

Penyimpanan citra *true color* di dalam memori berbeda dengan citra *grayscale*. Setiap piksel dari citra *grayscale* 256 gradasi warna diwakili oleh 1 byte. Sedangkan 1 piksel citra *true color* diwakili oleh 3 byte, dimana masing-masing byte mempresentasikan warna merah (*Red*), hijau (*Green*), dan biru (*Blue*). Gambar 2.11 merupakan contoh citra warna.



Gambar 2.11 Citra warna

2.2.4 Elemen Citra Digital

Citra digital mengandung sejumlah elemen-elemen dasar. Elemen-elemen dasar inilah yang dimanipulasi dalam pengolahan citra. Elemen-elemen dasar yang penting menurut Sutoyo (2009) diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Kecerahan (*brightness*)

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

2. Kontras (*contrast*)

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

3. Kontur (*contour*)

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

4. Warna (*color*)

Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang yang berbeda-beda. Warna yang diterima oleh

sistem visual manusia (mata) merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Kombinasi warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah *red* (R), *green* (G), dan *blue* (B).

5. Bentuk (*shape*)

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

6. Tekstur (*texture*)

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

2.2.5 Format File Citra

Di bawah ini merupakan perbedaan antara format file citra bitmap dengan format file citra digital.

2.2.5.1 Format File Citra Bitmap

Citra Bitmap sering disebut juga dengan citra raster. Citra bitmap menyimpan kode citra secara digital dan lengkap (cara penyimpanannya per piksel). Citra bitmap dipresentasikan dalam bentuk matriks atau dipetakan dengan menggunakan bilangan biner atau sistem bilangan lain. Citra ini memiliki kelebihan untuk memanipulasi warna, tetapi untuk mengubah objek lebih sulit. Tampilan bitmap mampu menunjukkan kehalusan gradasi bayangan dan warna dari sebuah gambar. Oleh karena itu, bitmap merupakan media elektronik yang paling tepat untuk gambar-gambar dengan perpaduan gradasi warna yang rumit, seperti foto, *capture* dan lain-lain. Namun kelemahan citra bitmap adalah jika citra diperbesar maka tampilan akan tampak pecah-pecah (kualitas menurun). Beberapa format yang umum digunakan dalam pemrograman pengolahan citra disajikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Format file citra bitmap

Nama Format	Ekstensi	Kegunaan
Microsoft Windows Bitmap Format	BMP	Format umum untuk menyimpan citra bitmap yang dikembangkan oleh Microsoft
<i>Joint Photographic Experts Group</i>	JPEG	Format umum yang digunakan untuk menyimpan gambar-gambar dengan ukuran lebih kecil
Compuserve Graphics Interchange Format	GIFF	Format umum citra yang dirancang untuk keperluan transmisi melalui modem
Aldus Tagged Image File Format	TIF	Format kompleks dan multiguna yang dikembangkan oleh Aldus bersama Microsoft
Word Perfect Graphics Format	WPG	Format vektor yang juga mendukung format bitmap
GEM Image Format	IMG	Format bitmap yang dikembangkan untuk keperluan riset digital dilingkungan GEM
Zsofr Pengolahan Citra Paintbrush Format	PCX	Dirancang untuk menyimpan citra layar dan merupakan format bitmap yang didukung luas
Microsoft Paint Bitmap Format	MSP	Secara fungsional mirip dengan IMG dan PCX, tapi kurang populer
AT & T Targa Format	TGA	Format untuk 16-bit dan 24-bit citra warna penuh diciptakan untuk sistem Truevision
Apple Macpaint Format	PNTG	Format asli dari Macintosh Macpaint program
Sun Microsystem Raster Format	RAS	Format bitmap asli yang digunakan pada Sun SPARCS
X Windows X-11 Bitmap Format	XBM	Format umum untuk menyimpan citra bitmap yang dikembangkan untuk X Windows

2.2.5.2 Format File Citra Vektor

Citra vektor dihasilkan dari perhitungan matematis dan tidak berdasarkan piksel, yaitu data tersimpan dalam bentuk vektor posisi, di mana yang tersimpan hanya informasi vektor posisi dengan bentuk sebuah fungsi. Pada citra vektor, mengubah warna lebih sulit dilakukan, tetapi membentuk objek dengan cara mengubah nilai lebih mudah. Oleh karena itu, bila citra diperbesar atau diperkecil, kualitas citra relatif tetap baik dan tidak berubah (tidak pecah-pecah). Citra vektor biasanya dibuat dengan menggunakan aplikasi-aplikasi vektor, seperti *CorelDRAW*, *Autocad*, *Adobe Illustrator*, *Macromedia Freehand* dan lain-lain. Beberapa format yang termasuk dalam citra vektor disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Format file citra vektor

Nama Format	Ekstensi
AutoCAD Drawing Format	DWG
AutoCAD Drawing Exchange Format	QXF
Microstation Drawing Format	DGN
Scalable Vector Graphics	SVG

2.3 Pengolahan Citra Digital

Berikut ini akan dijelaskan mengenai definisi, hubungan dengan bidang lain, tingkat komputasi dan langkah-langkah dari pengolahan citra digital.

2.3.1 Definisi Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik), melakukan pemilihan citra ciri (*feature images*) yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi objek atau pengenalan objek yang terkandung pada citra, melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data. Input dari pengolahan citra adalah citra, sedangkan outputnya adalah citra hasil pengolahan (Sutoyo, 2009).

Beberapa contoh aplikasi pengolahan citra digital dalam kehidupan sehari-hari :

1. Pengolahan citra dalam dunia perfileman

Dalam dunia perfileman pengolahan citra digunakan untuk menghaluskan gambar, menajamkan gambar, memberi efek gelap dan terang, memberi kesan timbul, memberi efek *morphing* dan lain-lain.

2. Pengolahan citra dalam dunia fotografi

Dalam dunia fotografi pengolahan citra digunakan sebagai kamera filter. Filter kamera digunakan untuk membuat film hitam putih, memberi efek berkabut, menghilangkan *noise* dan lain-lain.

3. Pengolahan citra dalam dunia kedokteran

Dalam dunia kedokteran pengolahan citra biasa digunakan untuk memperjelas hasil x-ray organ tubuh manusia, pengolahan citra hasil CT-*scan* dan lain-lain.

4. Pengolahan citra dalam dunia komunikasi

Dalam bidang ini, pengolahan citra digunakan untuk memperjelas foto permukaan bumi yang dihasilkan dari satelit cuaca atau memperjelas foto planet-planet yang dihasilkan dari satelit penyelidik. Selain itu, pengolahan citra bermanfaat juga pada proses transmisi data

5. Pengolahan citra dalam keamanan data dan proteksi hak cipta

Sering kali data yang dikirim dari satu tempat ke tempat yang lain merupakan data rahasia sehingga keamanannya perlu dijamin. Teknik keamanan data dan proteksi hak cipta yang biasa digunakan adalah *Steganografi* dan *Watermark*.

6. Pengolahan citra dalam pengenalan pola

Pengolahan citra yang termasuk dalam bidang ini adalah pengenalan pola huruf, pola wajah, pola sidik jari, pola iris mata dan sebagainya.

2.3.2 Hubungan Dengan Bidang Lain

Pengolahan citra merupakan disiplin ilmu yang bersifat multidisiplin, yang terdiri dari banyak aspek, antara lain matematika, fisika, elektronika, fotografi, seni dan teknologi komputer. Disiplin ilmu pengolahan citra digital berkaitan dengan disiplin ilmu grafika komputer dan komputer vision sehingga ketiganya hampir tidak jelas.

1. Grafika komputer

Grafika komputer adalah disiplin ilmu yang mempelajari proses menciptakan suatu gambar berdasarkan deskripsi objek maupun latar belakang yang terkandung pada gambar tersebut. Hal ini tentu meliputi teknik-teknik untuk membuat gambar objek sesuai dengan objek tersebut di alam nyata (*realism*). Grafika komputer mencoba memvisualisasikan suatu informasi menjadi citra. Jadi, *input* dari grafika komputer adalah informasi mengenai citra yang akan digambar, sedangkan *output*-nya berupa citra.

2. Komputer vision

Komputer vision adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari proses menyusun deskripsi tentang objek yang terkandung pada suatu gambar atau mengenali objek yang ada pada gambar. Komputer vision berusaha menerjemahkan citra menjadi deskripsi atau suatu informasi yang mempresentasikan citra tersebut. Jadi *input*-nya berupa citra, sedangkan *output*-nya berupa informasi.

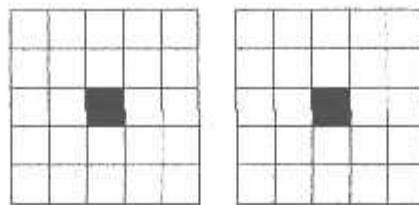
2.3.3 Tingkat Komputasi

Citra digital umumnya mempunyai jumlah data yang cukup besar sehingga memerlukan daya komputasi yang cukup besar pula. Daya komputasi ini sangat menentukan kompleksitas algoritma yang akan digunakan. Berkaitan dengan daya komputasi atau kompleksitas algoritma, karakteristik operasi dalam pengolahan citra dapat dibedakan menjadi 4 (empat) macam, yaitu :

1. Operasi tingkat titik

Pada operasi tingkat titik, hasil proses suatu titik (piksel) tidak tergantung pada titik-titik tetangganya sehingga hanya tergantung pada kondisi titik itu sendiri. Atau, bisa juga dikatakan, nilai *output* pada koordinat tertentu hanya bergantung pada nilai *input* pada koordinat tersebut. Penggambaran operasi tingkat titik ditunjukkan pada Gambar 2.12.

Contoh operasi tingkat titik adalah kecerahan (*brightness*), peningkatan kontras, negasi, konversi citra warna ke citra *grayscale* dan *thresholding*.

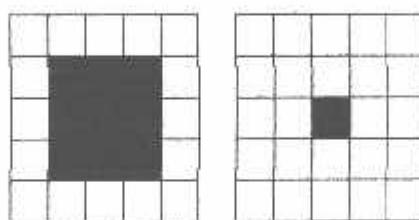


Gambar 2.12 Komputasi pengolahan citra digital tingkat titik

2. Operasi tingkat lokal

Pada operasi ini hasil proses suatu titik (piksel) tergantung pada titik-titik tetangganya dan titik itu sendiri. Atau, bisa juga dikatakan, nilai *output* pada koordinat tertentu tergantung dari nilai *input* tetangganya. Penggambaran operasi tingkat lokal ditunjukkan pada Gambar 2.13.

Contoh operasi tingkat lokal adalah konvolusi, deteksi tepi, penghalusan citra, penajaman citra, eleminasi *noise* dan efek embos.

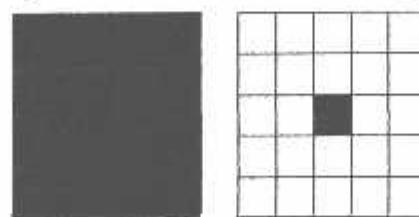


Gambar 2.13 Komputasi pengolahan citra digital tingkat lokal

3. Operasi tingkat global

Pada operasi tingkat global seluruh bagian citra diperhitungkan sehingga hasilnya akan tergantung pada keadaan citra secara keseluruhan. Atau, bisa juga dikatakan, nilai *output* pada koordinat tertentu tergantung pada seluruh nilai *input* citra. Untuk citra yang sama tapi kualitas berbeda (misal citra A, kemudian citra ini kecerahannya dikurangi hingga menjadi citra A yang agak gelap) akan menghasilkan hasil yang berbeda. Penggambaran operasi tingkat global ditunjukkan pada Gambar 2.14.

Contoh operasi tingkat global adalah ekualisasi histogram.



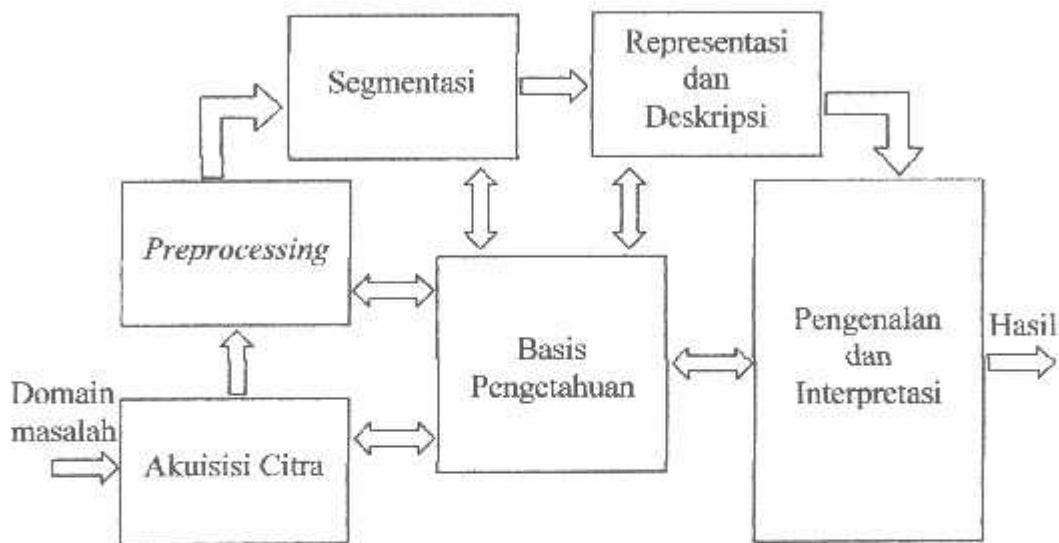
Gambar 2.14 Komputasi pengolahan citra digital tingkat global

4. Operasi tingkat objek

Pada operasi ini karakteristik citra, yaitu ukuran, bentuk dan intensitas rata-rata, harus dihitung karena karakteristik ini diperlukan untuk mengambil objek yang akan dianalisis.

2.3.4 Langkah-langkah Pengolahan Citra

Menurut Sutoyo (2009) langkah-langkah dalam pengolahan citra dapat dijabarkan menjadi beberapa tahap yang ditunjukkan oleh gambar 2.15.



Gambar 2.15 Langkah-langkah pengolahan citra digital

Berikut ini penjelasan dari langkah-langkah pengolahan citra digital, antara lain :

1. Akuisisi citra

Akuisisi citra adalah tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Tujuan akuisisi citra adalah untuk menentukan data yang diperlukan dan memilih metode perekaman citra digital. Tahap ini dimulai dari objek yang akan diambil gambarnya, persiapan alat-alat, sampai pada pencitraan. Pencitraan adalah kegiatan transformasi dari citra tampak (foto, gambar, lukisan, patung, pemandangan dan lain-lain) menjadi citra digital. Beberapa alat yang dapat digunakan untuk pencitraan adalah :

- Video* kamera.
- Kamera digital.

**PENERAPAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS CLUSTERING
UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS DIABETIC
RETINOPATHY PADA CITRA FUNDUS MATA**

SKRIPSI



Disusun Oleh :

Ibnu Sadam Husen

09.18.107

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

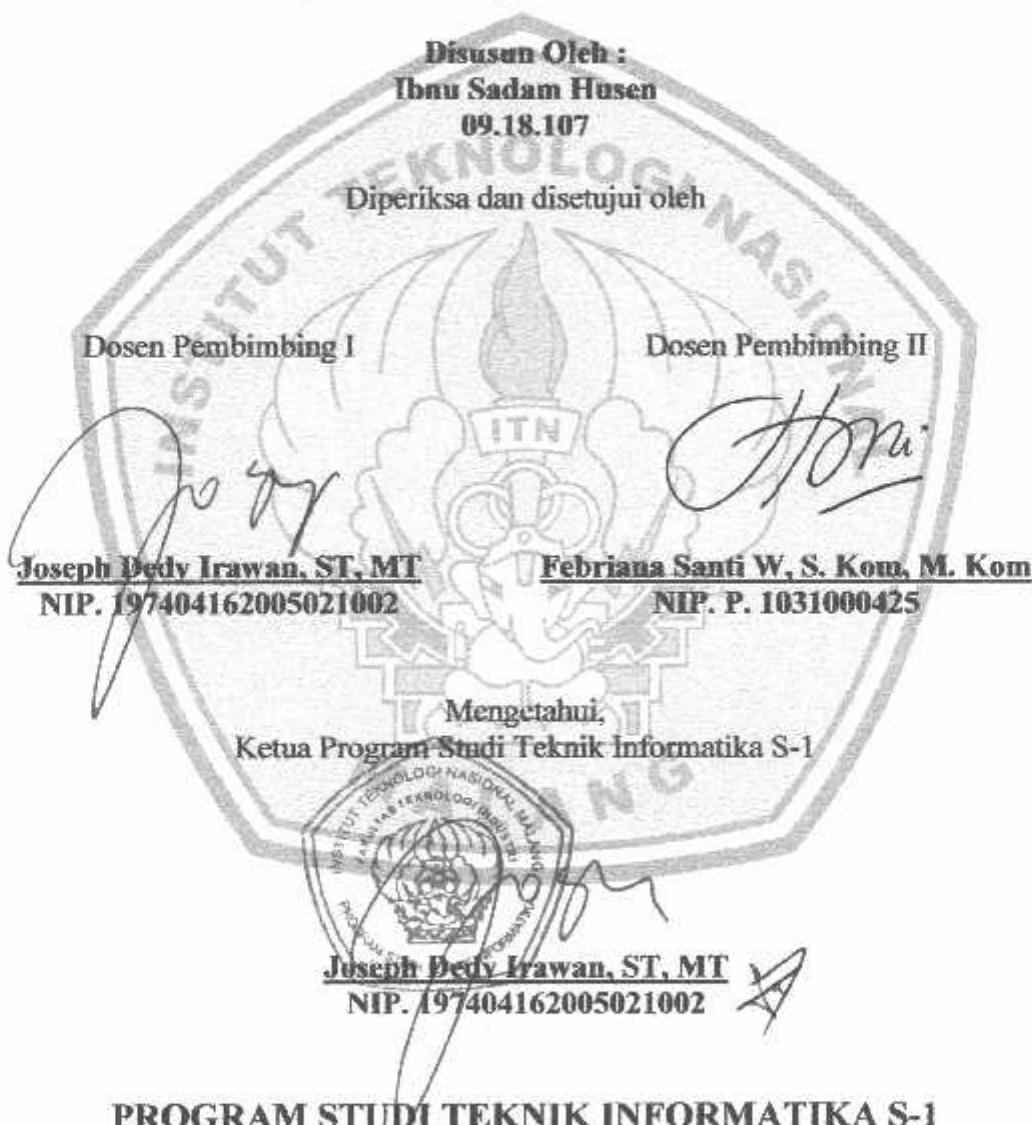
2013

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENERAPAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS CLUSTERING
UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS DIABETIC
RETINOPATHY PADA CITRA FUNDUS MATA**

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Informatika Strata Satu (S-1)*



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ibnu Sadam Husen
NIM : 09.18.107
Program Studi : Teknik Informatika S-1
Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul :

“PENERAPAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS CLUSTERING UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS DIABETIC RETINOPATHY PADA CITRA FUNDUS MATA”

adalah Skripsi saya sendiri bukan duplikat serta mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain kecuali dari sumber aslinya.

Malang, 15 Agustus 2013

Yang membuat pernyataan



Ibnu Sadam Husen

*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada
Ayah dan Ibu tercinta*

PENERAPAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS CLUSTERING UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS DIABETIC RETINOPATHY PADA CITRA FUNDUS MATA

Ibnu Sadam Husen (0918107)
Jurusan Teknik Informatika S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Jln. Raya Karanglo Km 2 Malang
e-mail: ibnusadamhusen@gmail.com

Abstrak

Diabetic retinopathy merupakan salah satu komplikasi diabetes melitus (DM) pada mata yang paling banyak menyebabkan kebutaan menetap, terjadinya seiring dengan lamanya menderita diabetes melitus. Retinopati diabetes ditandai dengan adanya beberapa kelainan pada retina yaitu *microaneurysms*, perdarahan retina, *hard exudates*, *soft exudates (cotton wool)* dan *blood vessels* (gangguan pembuluh darah di retina berupa kebocoran, sumbatan dan timbul pembuluh darah tidak normal yang sangat rapuh dan mudah menimbulkan pendarahan). Untuk itu diperlukan suatu algoritma yang dapat mendekripsi *diabetic retinopathy* secara cepat dan otomatis. *Dataset* yang akan digunakan adalah data berupa citra retina dari MESSIDOR sebanyak 100 citra fundus mata. Algoritma *Fuzzy C-Means Clustering* mampu melakukan deteksi dan klasifikasi *diabetic retinopathy* secara otomatis. Proses pertama dilakukan *training* untuk mendapatkan jumlah citra dan nilai masing-masing tanda pada setiap citra. Proses kedua adalah proses deteksi, diawali *preprocessing* (*resize*, *grayscale* dan *adjust*). Selanjutnya proses segmentasi, segmentasi *blood vessels* menggunakan metode CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*) dan segmentasi *exudates*, *cotton wool* dan *microaneurysms* menggunakan metode *mathematical morphology*. Terakhir data *training* dan citra uji dilakukan klasifikasi menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, terbukti algoritma *fuzzy c-means clustering* mampu mendekripsi *diabetic retinopathy* dengan baik dan memiliki akurasi yang tinggi, mencapai 93 %. Terbukti dari 100 citra uji yang dilakukan uji coba didapatkan 93 citra uji mempunyai hasil yang sama dengan hasil deteksi dan klasifikasi secara manual dari Hospital Lariboisiere. Dengan rata-rata hasil akurasi yang mencapai 93 %, maka sistem deteksi otomatis penyakit *diabetic retinopathy* pada citra fundus mata menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* dikatakan tepat mendekati hasil manual oleh para ahli yang mungkin terjadi banyak kesalahan.

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

Abstract

Diabetic retinopathy is a complication of diabetes mellitus (DM) in the eyes of the most cause permanent blindness, along with the duration of diabetes mellitus. Diabetic retinopathy is characterized by several abnormalities in the retina that is microaneurysms, retinal hemorrhage, hard exudate, soft exudates (cotton wool) and blood vessels (blood vessels in retinal disorders such as leakage, blockage and abnormal blood vessels arise very fragile and easy to cause bleeding). For that we need an algorithm that can detect diabetic retinopathy quickly and automatically. Dataset that will be used is a piece of data from the retinal image MESSIDOR 100 eye fundus images. Algorithm Fuzzy C-Means Clustering is able to detect and classify diabetic retinopathy automatically. The first process is conducted training to get the number of images and the value of each mark on each image. The second process is the process of detection, preprocessing begins (resize, grayscale and adjust). Furthermore, the process of segmentation, segmentation of blood vessels using CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) and segmentation of exudates, cotton wool and microaneurysms using mathematical morphology methods. Recent training data and test images is done using a classification algorithm fuzzy c-means clustering.

From the results of tests performed, proven algorithm fuzzy c-means clustering is able to detect diabetic retinopathy well and has a high accuracy, at 93%. Proved from 100 test images were obtained 93 trials test images have the same results with the results of the detection and classification of Hospital Lariboisiere manually. With an average accuracy results reach 93%, then the automatic detection system disease diabetic retinopathy in the eye fundus image using fuzzy c-means algorithm is said to be proper clustering approach results manually by experts that may occur many mistakes.

Keywords : *diabetic retinopathy, messidor, fuzzy c-means clustering.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas karunia, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul "**PENERAPAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS CLUSTERING UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS DIABETIC RETINOPATHY PADA CITRA FUNDUS MATA**". Skripsi ini dapat terselesaikan tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Soeparno Djivo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. H. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Joseph Dedy Irawan, ST, MT selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Joseph Dedy Irawan, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan saran dan bimbingannya dalam penyusunan laporan ini.
5. Ibu Febriana Santi W, S. Kom, M. Kom selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan saran dan bimbingannya dalam penyusunan laporan ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen yang telah mengajar penulis selama studi di Institut Teknologi Nasional Malang.
7. Rekan-rekan Teknik Informatika Institut Teknologi Nasional Malang serta berbagai pihak yang turut membantu dalam penyelesaian laporan ini.
8. Untuk Orang Tua dan Keluarga yang telah mendukung penulis sampai sekarang.

Semoga apa yang telah disajikan dapat memberikan manfaat dan pengetahuan bagi para pembaca. Segala kritik dan saran yang bersifat membangun, diterima dengan senang hati sebagai tambahan ilmu pengetahuan.

Malang, 15 Agustus 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Persetujuan dan Pengesahan	ii
Lembar Keaslian	iii
Lembar Persembahan	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
Bab II Landasan Teori	6
2.1 <i>Diabetic Retinopathy</i>	6
2.1.1 Definisi <i>Diabetic Retinopathy</i>	6
2.1.2 Klasifikasi <i>Diabetic Retinopathy</i>	9
2.1.2.1 <i>Non-Proliferative Diabetic Retinopathy</i>	9
2.1.2.2 <i>Proliferative Diabetic Retinopathy</i>	12
2.1.3 Pencegahan dan Pengobatan	14
2.2 Citra Digital	15
2.2.1 Definisi Citra	15
2.2.1.1 Definisi Citra Analog	15
2.2.1.2 Definisi Citra Digital	16
2.2.2 Representasi Citra Digital	16
2.2.3 Jenis Citra Digital	17
2.2.3.1 Citra Biner (Monokrom)	17
2.2.3.2 Citra Grayscale (Skala Keabuan)	17
2.2.3.3 Citra Warna (<i>True Color</i>)	18
2.2.4 Elemen Citra Digital	19
2.2.5 Format <i>File</i> Citra	20
2.2.5.1 Format <i>File</i> Citra Bitmap	20
2.2.5.2 Format <i>File</i> Citra Vektor	22
2.3 Pengolahan Citra Digital	22
2.3.1 Definisi Pengolahan Citra Digital	22
2.3.2 Hubungan Dengan Bidang Lain	23
2.3.3 Tingkat Komputasi	24
2.3.4 Langkah-langkah Pengolahan Citra	26
2.4 Logika <i>Fuzzy</i>	28
2.5 <i>Fuzzy C-Means Clustering</i>	29
2.6 MESSIDOR Dataset	31
2.7 Kamera Fundus	32
2.8 Matlab	33

Bab III Perancangan Sistem	35
3.1 Analisis Sistem	35
3.1.1 Deskripsi Sistem	35
3.1.2 Analisis Data	35
3.1.3 Kebutuhan Sistem	36
3.1.3.1 <i>Software</i>	36
3.1.3.2 <i>Hardware</i>	36
3.2 Arsitektur Sistem	36
3.2.1 <i>Block Diagram</i>	36
3.2.1.1 <i>Block Diagram</i> Proses Training	37
3.2.1.2 <i>Block Diagram</i> Proses Deteksi	38
3.2.2 <i>Flowchart</i>	40
3.2.2.1 <i>Flowchart</i> Aplikasi	41
3.2.2.2 <i>Flowchart</i> Fuzzy C-Means Clustering	43
3.3 Perancangan Menu	45
3.4 Perancangan <i>User Interface</i>	47
3.4.1 Perancangan Halaman Utama	47
3.4.2 Perancangan Halaman Pengertian	49
3.4.3 Perancangan Halaman Klasifikasi	49
3.4.4 Perancangan Halaman Contoh	51
3.4.5 Perancangan Halaman Deteksi	52
3.4.6 Perancangan Halaman Deteksi Detail	54
3.4.7 Perancangan Halaman Tentang Kami	55
Bab IV Implementasi dan Pengujian	57
4.1 Kebutuhan Sistem	57
4.1.1 <i>Software</i>	57
4.1.2 <i>Hardware</i>	57
4.2 Implementasi	57
4.2.1 Implementasi <i>User Interface</i>	58
4.2.1.1 Implementasi Halaman Utama	58
4.2.1.2 Implementasi Halaman Pengertian	59
4.2.1.3 Implementasi Halaman Klasifikasi	59
4.2.1.4 Implementasi Halaman Contoh	61
4.2.1.5 Implementasi Halaman Deteksi	61
4.2.1.6 Implementasi Halaman Deteksi Detail	62
4.2.1.7 Implementasi Halaman Tentang Kami	63
4.2.2 Implementasi Program	64
4.2.2.1 Implementasi Proses Buka Citra	64
4.2.2.2 Implementasi Proses Deteksi	65
4.2.2.3 Implementasi Proses Simpan	68
4.3 Pengujian	70
Bab V Penutup	93
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran	93
Daftar Pustaka	95
Lampiran	96

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	2
<i>Crisp cluster</i>	
<i>Soft cluster</i>	
Gambar 2.1	Perbedaan retina mata normal dengan retina mata penderita <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 2.2	<i>Mild NPDR</i>
Gambar 2.3	<i>Moderate NPDR</i>
Gambar 2.4	<i>Severe NPDR</i>
Gambar 2.5	<i>Very Severe NPDR</i>
Gambar 2.6	<i>Early PDR</i>
Gambar 2.7	<i>High-risk PDR</i>
Gambar 2.8	Citra <i>grayscale</i> ukuran 150 x 150 piksel
Gambar 2.9	Citra biner
Gambar 2.10	Citra <i>grayscale</i>
Gambar 2.11	Citra warna
Gambar 2.12	Komputasi pengolahan citra digital tingkat titik
Gambar 2.13	Komputasi pengolahan citra digital tingkat lokal
Gambar 2.14	Komputasi pengolahan citra digital tingkat global
Gambar 2.15	Langkah-langkah pengolahan citra digital
Gambar 2.16	Contoh citra fundus mata dari MESSIDOR
Gambar 2.17	Kamera fundus
Gambar 2.18	Tampilan awal dari MATLAB R2008b
Gambar 3.1	<i>Block diagram</i> proses <i>training</i> sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 3.2	<i>Block diagram</i> proses deteksi sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 3.3	<i>Flowchart</i> aplikasi pada sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 3.4	<i>Flowchart</i> algoritma <i>fuzzy c-means clustering</i>
Gambar 3.5	Rancangan menu sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i> ...
Gambar 3.6	Rancangan halaman utama
Gambar 3.7	Rancangan halaman pengertian <i>diabetic retinopathy</i> ...
Gambar 3.8	Rancangan halaman klasifikasi <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 3.9	Rancangan halaman penjelasan <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 3.10	Rancangan halaman contoh <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 3.11	Rancangan halaman deteksi
Gambar 3.12	Rancangan halaman deteksi detail
Gambar 3.13	Rancangan halaman tentang kami
Gambar 4.1	Halaman utama sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 4.2	Halaman pengertian sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 4.3	Halaman klasifikasi sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 4.4	Halaman penjelasan klasifikasi sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>
Gambar 4.5	Halaman contoh sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>

Gambar 4.6	Halaman deteksi sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	62
Gambar 4.7	Halaman deteksi detail sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	63
Gambar 4.8	Halaman tentang kami sistem deteksi <i>diabetic retinopathy</i>	63
Gambar 4.9	Submenu buka citra pada halaman deteksi	64
Gambar 4.10	Proses buka citra	65
Gambar 4.11	Tampilan proses buka citra	65
Gambar 4.12	Submenu deteksi pada halaman deteksi	66
Gambar 4.13	Hasil proses deteksi pada halaman deteksi	67
Gambar 4.14	Hasil setiap tahapan proses deteksi pada halaman deteksi detail	67
Gambar 4.15	Submenu simpan pada halaman deteksi	68
Gambar 4.16	Proses simpan citra hasil	69
Gambar 4.17	Proses simpan data	69
Gambar 4.18	Data hasil deteksi	70
Gambar 4.19	Nilai <i>blood vessels</i> , <i>exudates</i> , <i>cotton wool</i> dan <i>microaneurysms</i>	72
Gambar 4.20	Matriks partisi	73
Gambar 4.21	Pusat <i>cluster</i>	73
Gambar 4.22	Hasil klasifikasi	74

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbedaan gejala antara NPDR dengan PDR	9
Tabel 2.2 Format <i>file</i> citra bitmap	21
Tabel 2.3 Format <i>file</i> citra vektor	22
Tabel 3.1 Komponen halaman utama	48
Tabel 3.2 Komponen halaman pengertian <i>diabetic retinopathy</i>	49
Tabel 3.3 Komponen halaman klasifikasi <i>diabetic retinopathy</i>	50
Tabel 3.4 Komponen halaman penjelasan <i>diabetic retinopathy</i>	51
Tabel 3.5 Komponen halaman contoh <i>diabetic retinopathy</i>	52
Tabel 3.6 Komponen halaman deteksi	53
Tabel 3.7 Komponen halaman deteksi detail	55
Tabel 3.8 Komponen halaman tentang kami	56
Tabel 4.1 Jumlah data setiap klasifikasi <i>diabetic retinopathy</i> hospital <i>lariboisiere</i>	71
Tabel 4.2 Hasil Pengujian	74

BAB I

PENDAHULUAN

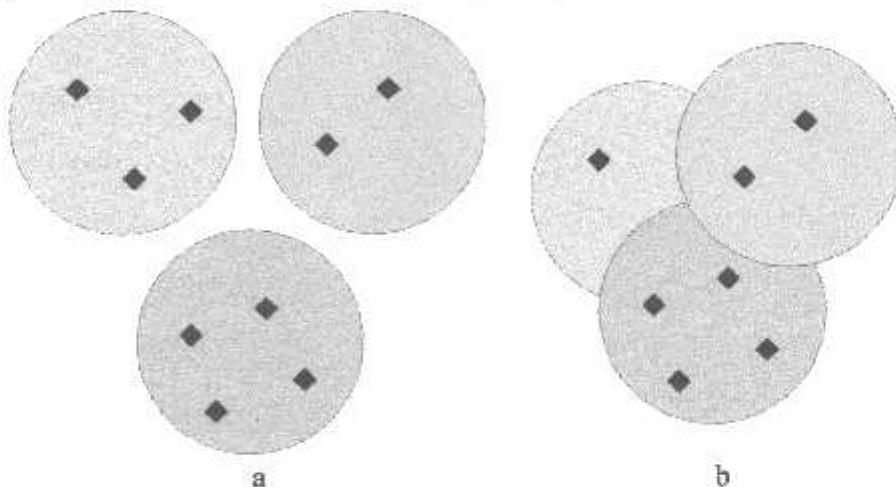
1.1 Latar Belakang

Penelitian dan pengembangan aplikasi dengan berbagai metode dalam pencitraan medis telah berkembang sangat luas. Salah satu penelitian dalam pencitraan medis adalah klasifikasi citra retina untuk deteksi penyakit. Pada citra retina dapat dianalisa untuk mendapatkan informasi penting seperti informasi tentang tingkat resiko penyakit Retinopati Diabetes (*Diabetic Retinopathy*).

Retinopati diabetes merupakan salah satu komplikasi Diabetes Melitus (DM) pada mata yang paling banyak menyebabkan kebutaan menetap, terjadinya seiring dengan lamanya menderita diabetes melitus. Semakin lama diabetes melitus diderita semakin tinggi kemungkinan terjadinya retinopati. Retinopati diabetes ditandai dengan adanya beberapa kelainan pada retina yaitu *microaneurysms*, perdarahan retina, *hard exudate*, *soft exudates (cotton wool)* dan *blood vessels* (gangguan pembuluh darah di retina berupa kebocoran, sumbatan dan timbul pembuluh darah tidak normal yang sangat rapuh dan mudah menimbulkan pendarahan).

Retinopati diabetes tidak bisa dideteksi langsung secara kasat mata karena tanda-tandanya berada di bagian syaraf retina yang hanya dapat dilihat menggunakan foto fundus tetapi memerlukan waktu yang relatif lama. Pada umumnya dokter spesialis mata mendekripsi tanda tersebut dengan mengamati langsung dari citra retina yang diambil dengan menggunakan kamera fundus, cara ini kurang efektif karena membutuhkan waktu yang lama dan memungkinkan terjadi kesalahan dalam pengamatan. Hal ini menyulitkan dokter spesialis mata untuk menentukan dengan cepat terapi apa yang tepat diberikan pada pasien. Untuk mengatasi hal ini pengolahan citra digital untuk mendekripsi tanda-tanda kelainan retinopati diabetes bisa dikembangkan, di mana suatu citra retina penderita retinopati diabetes diolah, nantinya dari citra tersebut diketahui tanda-tanda kelainan apa saja yang terkandung didalamnya, namun proses pendekripsi tanda tersebut tidaklah mudah, karena kompleksnya struktur retina mata.

Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan membangun sebuah sistem yang dapat mendeteksi tingkat resiko retinopati diabetes dan melakukan klasifikasi jenis retinopati diabetes dengan waktu yang relatif cepat sehingga nantinya citra yang dihasilkan dapat digunakan untuk membantu proses pendekripsi penyakit tersebut. Beberapa algoritma klasifikasi yang banyak dikembangkan dan digunakan adalah algoritma *clustering*. Terdapat dua jenis cluster yang dapat dibentuk, yaitu yang bersifat *crisp (hard clustering)* dan yang bersifat *fuzzy (fuzzy clustering)*. Pada pengelompokan yang *crisp*, setiap objek hanya dapat menjadi anggota dari sebuah *cluster* saja, dengan derajat keanggotaan sama dengan 1. *Hard clustering* menghasilkan sejumlah *cluster* dengan batasan yang jelas antar *cluster*, seperti yang terlihat pada Gambar 1.1 a. Sedangkan, *fuzzy clustering*, atau disebut juga *soft clustering*, menganggap bahwa setiap cluster tidak sepenuhnya terpisah, seperti pada Gambar 1.1 b, dan setiap objek memiliki derajat keanggotaan antara 0 dan 1 terhadap setiap *cluster*.



Gambar 1.1 a. *Crisp cluster* b. *Soft cluster*

Algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM) merupakan salah satu metode dari algoritma *fuzzy clustering* atau suatu teknik peng-*cluster-an* data yang mana keberadaan tiap-tiap data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh nilai keanggotaan. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. Algoritma *fuzzy c-means* mempunyai karakteristik yang sederhana, mudah dipahami dan diimplementasikan dalam sebuah program serta dianggap

merupakan salah satu metode yang baik untuk melakukan klasifikasi *unsupervised*. Hal tersebut dikarenakan *fuzzy c-means* masih memperhatikan piksel pada ruang keabuan sehingga pada saat ini *fuzzy c-means* banyak diterapkan dalam pengambilan sebuah keputusan. Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat *cluster* yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*. Pada kondisi awal, pusat *cluster* ini masih belum akurat. Tiap-tiap data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap *cluster*. Dengan cara memperbaiki pusat *cluster* dan nilai keanggotaan tiap-tiap data secara berulang, maka dapat dilihat bahwa pusat *cluster* akan menuju lokasi yang ‘tepat’. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi obyektif.

Oleh karena itu di dalam penulisan skripsi ini akan diimplementasikan algoritma *fuzzy c-means clustering* untuk deteksi retinopati diabetes pada citra fundus mata. Dengan menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* diharapkan dapat menyelesaikan komputasi kompleks dengan cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan letak dan nilai *microaneuysms*, *exudates*, *cottonwool* dan *blood vessels* pada citra fundus mata.
2. Bagaimana penerapan algoritma *fuzzy c-means clustering* pada sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*.
3. Bagaimana membuat sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy* menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan ini adalah membuat sistem yang dapat mendeteksi *diabetic retinopathy* secara otomatis menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* melalui media citra fundus mata sehingga dapat membantu dokter spesialis mata (*ophthalmologist*) dalam proses pemeriksaan dan pendekstrian *diabetic retinopathy* dengan lebih cepat dan mudah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pembahasan yang diambil agar sesuai dengan tujuan dan tidak terjadi penyimpangan maksud dan tujuan utama, maka ditentukan ruang lingkup pembahasan sebagai berikut:

1. Jenis penyakit yang dideteksi adalah penyakit *diabetic retinopathy*.
2. Klasifikasi *diabetic retinopathy* berjumlah 7 (tujuh) kelas, yaitu : Normal, *Mild NPDR*, *Moderate NPDR*, *Severe NPDR*, *Very Severe NPDR*, *Early PDR* dan *High-risk PDR*.
3. Citra fundus mata yang digunakan adalah citra dengan format TIFF (.tif).
4. Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem adalah MATLAB versi 7.7.0.471 (R2008b).
5. Data yang digunakan adalah dataset citra retina MESSIDOR (<http://messidor.crihan.fr/>), merupakan program penelitian penyakit *diabetic retinopathy* di Perancis.
6. Sistem klasifikasi hasil deteksi menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan untuk penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pencarian informasi dan studi literatur. Informasi dan studi literatur diperlukan untuk mengumpulkan data dan desain sistem. Informasi didapatkan dari berbagai sumber yang berhubungan dengan algoritma *fuzzy c-means clustering* dan *diabetic retinopathy*. Informasi tersebut biasanya didapat dari internet maupun buku acuan.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem adalah suatu tahapan yang digunakan untuk pembuatan alur proses yang tergambar dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) dan pembuatan rancangan antarmuka (*user interface*) sistem.

3. Implementasi

Mengimplementasikan suatu simulasi sistem yang telah terdisain ke dalam

program komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB 7.7.0.471 (R2008b).

4. Uji Coba dan Evaluasi

Pada tahap ini dilakukan uji coba aplikasi deteksi *diabetic retinopathy* dengan menggunakan bermacam-macam variasi citra masukan. Uji coba dilakukan untuk melihat apakah implementasi algoritma *fuzzy c-means clustering* telah sesuai dengan rancangan dan desain yang dibuat. Selain itu uji coba dilakukan untuk mengetahui keberhasilan program yang dibuat berdasarkan teori-teori yang ada.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dan memahami pembahasan pada penulisan skripsi ini, maka sistematika penulisan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : Landasan Teori

Berisi landasan teori yang merupakan tinjauan pustaka mengenai teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini.

BAB III : Perancangan Sistem

Berisi rancangan diagram alir (*flowchart*) dan antarmuka (*user interface*) sistem deteksi *diabetic retinopathy* yang akan dibuat.

BAB IV : Implementasi dan Pengujian

Berisi implementasi dari rancangan sistem dan algoritma yang digunakan pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* mulai dari awal hingga akhir, serta melakukan pengujian terhadap sistem tersebut.

BAB V : Penutup

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan dan saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

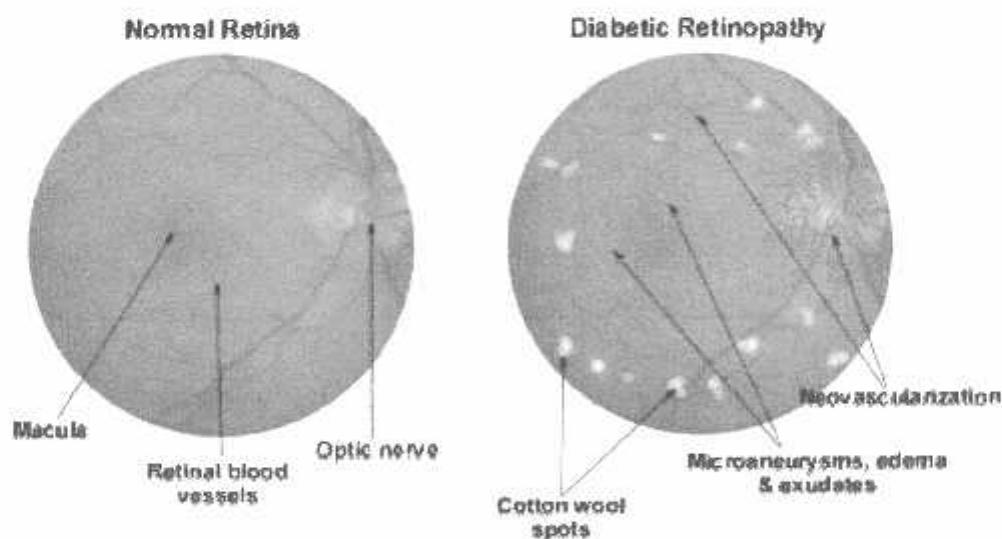
LANDASAN TEORI

2.1 *Diabetic Retinopathy*

Di bawah ini akan diuraikan mengenai definisi, klasifikasi, pencegahan dan pengobatan penyakit *diabetic retinopathy*.

2.1.1 Definisi *Diabetic Retinopathy*

Menurut Ilyas S dan Yulianti SR (2011) Retinopati Diabetes (*Diabetic Retinopathy*) adalah suatu kelainan pada pembuluh darah retina mata (retinopati) yang disebabkan akibat komplikasi kronis dari penyakit diabetes melitus. Retinopati akibat diabetes melitus lama berupa mikroaneurisma, melebarnya vena, perdarahan dan eksudat lemak. Retinopati diabetes merupakan penyakit penyulit penyakit diabetes yang paling penting. Hal ini disebabkan karena insidennya uang cukup tinggi yaitu mencapai 40-50% penderita diabetes dan prognosisnya yang kurang baik terutama bagi penglihatan. Gambar 2.1 menunjukkan perbedaan retina mata normal dengan retina mata penderita *diabetic retinopathy*.



Gambar 2.1 Perbedaan retina mata normal dengan retina mata penderita *diabetic retinopathy*.

Jika hal ini berlangsung lama tanpa adanya kontrol dengan dokter mata secara intensif, maka hal ini dapat menyebabkan kebutaan pada penderita. Salah

satunya adalah gangguan pembuluh darah kapiler pada retina mata. Gangguan tersebut berupa melemahnya dinding pembuluh kapiler. Selanjutnya, dinding pembuluh akan menggembung membentuk suatu struktur yang disebut mikroaneurisma. Lama kelamaan, pembentukan mikroaneurisma akan diiringi dengan penyumbatan pada pembuluh kapiler. Penyumbatan kapiler akan merangsang tubuh untuk membuat pembuluh darah baru, tujuannya agar kebutuhan nutrisi retina tetap dapat terpenuhi. Karena pembuluh baru ini sangat rapuh, saat pembuluh pecah, maka akan terjadi perdarahan yang dapat menimbulkan keaburuan penglihatan, bahkan kebutaan.

Di Amerika Serikat terdapat kebutaan 5.000 orang pertahun akibat retinopati diabetes, sedangkan di Inggris retinopati diabetes merupakan penyebab kebutaan nomor empat dari seluruh penyebab kebutaan. Retinopati merupakan gejala diabetes melitus utama pada mata, dimana ditemukan pada retina seperti, antara lain :

1. *Microaneurysms*

Mikroaneurisma (*Microaneurysms*) merupakan penonjolan dinding kapiler, terutama daerah vena dengan bentuk berupa bintik merah kecil yang terletak dekat pembuluh darah terutama polus posterior. Kadang-kadang pembuluh daerah ini demikian kecilnya sehingga tidak terlihat sedang dengan bantuan angiografi fluoresein lebih mudah dipertunjukkan adanya mikroaneurisma ini.

2. Perdarahan dapat dalam bentuk titik, garis dan bercak yang biasanya terletak dekat mikroaneurisma di polus posterior. Bentuk perdarahan ini merupakan prognosis penyakit dimana perdarahan yang luas memberikan prognosis lebih buruk dibanding kecil. Perdarahan terjadi akibat gangguan permeabilitas pada mikroaneurisma, atau karena pecahnya kapiler.
3. Dilatasi pembuluh darah balik dengan lumennya irregular dan berkelok-kelok, bentuk ini seakan-akan dapat memberikan perdarahan tapi hal ini tidaklah demikian. Hal ini terjadi akibat kelainan sirkulasi dan kadang-kadang disertai kelainan endotel dan eksudasi plasma.

4. *Hard exudate*

Hard exudate merupakan inflasi lipid ke dalam retina. Gambarannya khusus yaitu irregular, kekuning-kuningan. Pada permukaan eksudat pungtata

membesar dan bergabung. Eksudat ini dapat muncul dan hilang dalam beberapa minggu. Pada mulanya tampak pada gambaran angiografi fluorescin sebagai kebocoran fluorescin di luar pembuluh darah, kelainan ini terutama terdiri atas bahan-bahan lipid dan terutama banyak ditemukan pada keadaan hiperlipoproteinemia.

5. *Soft exudate*

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

6. Neovaskularisasi

Neovaskularisasi adalah pembuluh darah baru pada retina biasanya terletak di permukaan jaringan. Neovaskularisasi terjadi akibat poliferasi sel endotel pembuluh darah. Tampak sebagai pembuluh yang berkelok-kelok, dalam kelompok-kelompok dan berbentuk irregular. Hal ini merupakan awal penyakit yang berat pada retinopati diabetes. Mula-mula terletak di dalam jaringan retina, kemudian berkembang ke daerah preretinal ke badan kaca. Pecahnya neovaskularisasi pada daerah-daerah ini dapat menimbulkan perdarahan retina, perdarahan subhialoid (preretinal), maupun perdarahan badan kaca. Proliferasi preretinal dari suatu neovaskularisasi biasanya diikuti proliferasi jaringan ganglia dan perdarahan.

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

8. Hiperlipidemia

Suatu keadaan yang sangat jarang, tanda ini akan segera hilang bila diberikan pengobatan.

Keadaan-keadaan yang dapat memperberat retinopati diabetes adalah sebagai berikut :

1. Pada diabetes juvenilis yang insulin dependent dan kehamilan dapat merangsang timbulnya perdarahan dan proliferasi.
2. Arteriosklerosis dan proses menua pembuluh-pembuluh darah memperburuk prognosis.

3. Hiperlipoproteinemi diduga mempercepat perjalanan dan progresifitas kelainan dengan cara mempengaruhi arteriosklerosis dan kelainan hemobiologik.
4. Hipertensi arteri. Memperburuk prognosis terutama pada penderita usia tua.
5. Hipoglikemia atau trauma dapat menimbulkan perdarahan retina yang mendadak.

2.1.2 Klasifikasi *Diabetic Retinopathy*

Secara klinis retinopati diabetes diklasifikasikan kedalam dua tingkatan umum yaitu Retinopati Diabetes Non-Proliferatif (*Non-Proliferative Diabetic Retinopathy / NPDR*) dan Retinopati Diabetes Proliferative (*Proliferative Diabetic Retinopathy / PDR*). Dimana NPDR terbagi menjadi 4 (empat) tingkatan sedangkan PDR terbagi menjadi 2 (dua) tingkatan. Tabel 2.1 menunjukkan perbedaan gejala antara NPDR dengan PDR.

Tabel 2.1 Perbedaan gejala antara NPDR dengan PDR

Tingkat	NPDR	PDR
Gejala	Mikroanerisma Perdarahan retina Exudate Kelainan vena	Neovaskularisasi

2.1.2.1 *Non-Proliferative Diabetic Retinopathy*

Non-Proliferative Diabetic Retinopathy (NPDR) memiliki karakteristik mikroangiopati intraretinal yang ditandai oleh degenerasi perisit intramural dari kapiler retina, mikroaneurisma, oklusi dan dilatasi kapiler, meningkatnya permeabilitas sehingga terjadi kebocoran plasma dan edema retina (*hard exudates*) serta perdarahan titik dan bercak. Retinopati diabetes merupakan cerminan klinik dari hipermeabilitas dan inkompetens pembuluh yang terkena. Kapiler membentuk kantung-kantung kecil menonjol seperti titik-titik yang disebut mikroaneurisma, sedangkan vena-vena mengalami dilatasi dan berkelok-kelok. Dapat terjadi perdarahan disemua lapisan retina. Perdarahan akan berbentuk seperti nyala api karena lokasinya di dalam sel saraf yang berorientasi

horizontal sedangkan perdarahan berbentuk titik atau bercak terletak dilapisan retina yang lebih dalam, tempat sel-sel dan akson berorientasi vertikal.

Edema macula adalah penyebab tersering gangguan penglihatan pada pasien retinopati diabetes nonproliferatif. Edema terutama disebabkan oleh rusaknya sawar retina darah bagian dalam pada tingkat endotel kapiler retina sehingga terjadi kebocoran cairan dan konstituen plasma ke dalam retina di sekitarnya. Edema dapat bersifat local atau difus dan secara klinis tampak sebagai retina yang menebal dan keruh disertai mikroaneurisme dan eksudat intra retina. Dapat berbentuk zona-zona eksudat dan kuning kaya-lemak berbentuk bundar disertai kumpulan mikroaneurisme dan paling sering berpusat di bagian temporal macula. Walaupun prevalensi macula adalah 10% pada populasi diabetes sebagai suatu keseluruhan, terdapat peningkatan mencolok prevalensi tersebut pada mata yang mengalami retinopati berat.

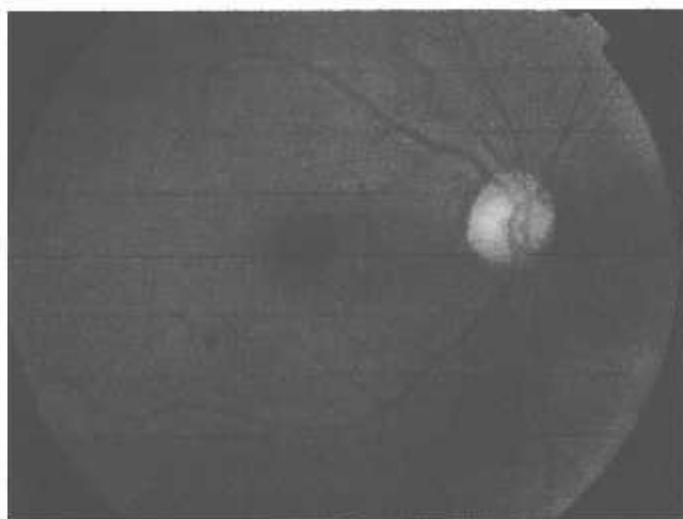
Pada sumbatan mikrovaskuler progresif dapat timbul tanda-tanda peningkatan iskemia pada gambaran retinopati yang menjadi latar belakangnya dan menghasilkan gambaran klinis retinopati diabetes praproliferatif. Temuan yang paling khas adalah bercak-bercak *cotton wool*, timbulnya gambaran manik-manik pada vena retina dan pelebaran segmental ireguler jaring kapiler retina (kelainan mikrovaskuler intraretinal). Penutupan kapiler-kapiler retina yang mengelilingi zona fovea yang avaskuler dapat menyebabkan iskemia bermakna yang secara klinis bermanifestasi sebagai perdarahan macula halus mirip benang. Disfungsi penglihatan dan elektrofisiologik yang berkaitan dengan diabetes mungkin terjadi sebagai akibat kelainan vaskuler *local* dan efek *metabolic* sistemik penyakit yang mengenai retina.

Lesi pada retina pada stadium ini adalah dalam lingkungan retina dan termasuk mikroaneurisma, perdarahan kecil ‘dot dan blot’, perdarahan ‘splinter’ abnormalitas intraretinal mikrovaskuler (IRMA) dan bercak *cotton wool*. Pembagian NPDR berdasarkan laporan dari penelitian terhadap penatalaksanaan retinopati diabetes dini (*Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Report*) adalah sebagai berikut :

1. *Mild* NPDR

Mild NPDR atau NPDR ringan ditandai dengan adanya mikroaneurisma dan

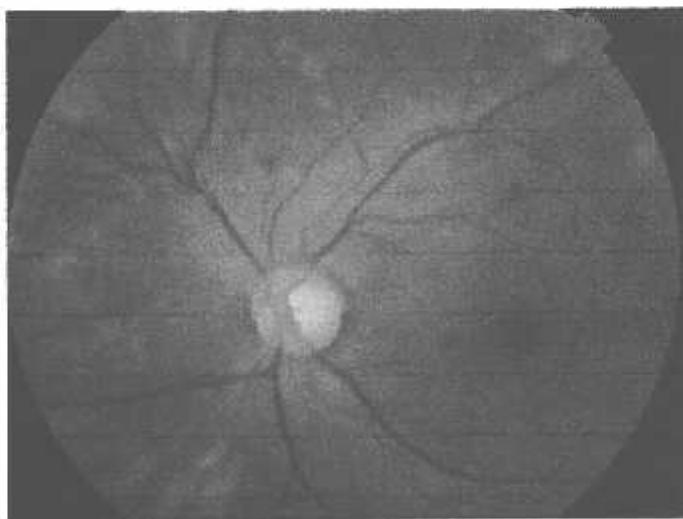
pendarahan yang disebabkan kerusakan pembuluh darah pada retina. Pada tahap ini pasien disarankan menemui dokter ahli mata secara rutin, setidaknya 1 tahun sekali.



Gambar 2.2 *Mild* NPDR

2. *Moderate* NPDR

Moderate NPDR yang disebut juga NPDR sedang tidak hanya terdiri dari mikroaneurisma saja tetapi juga *soft exudates*, pelebaran vena dan abnormalitas mirovaskular intraretinal. Jumlah mikroaneurisma lebih banyak dibandingkan dengan tingkat *mild* NPDR.

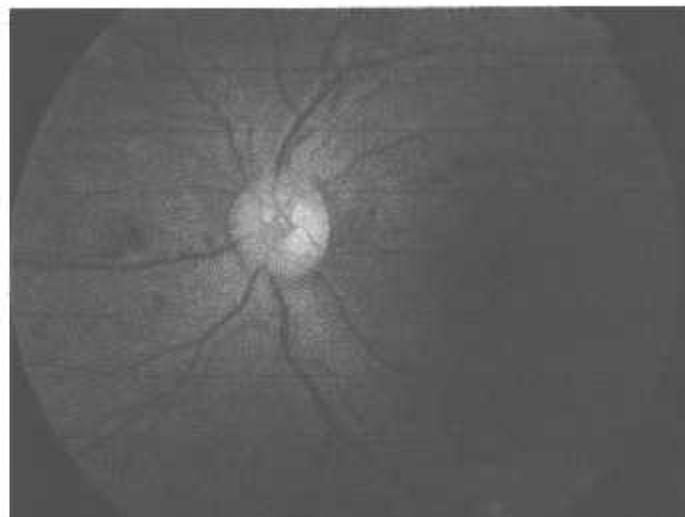


Gambar 2.3 *Moderate* NPDR

3. *Severe* NPDR

Severe NPDR / NPDR berat terjadi jika perdarahan atau mikroaneurisma

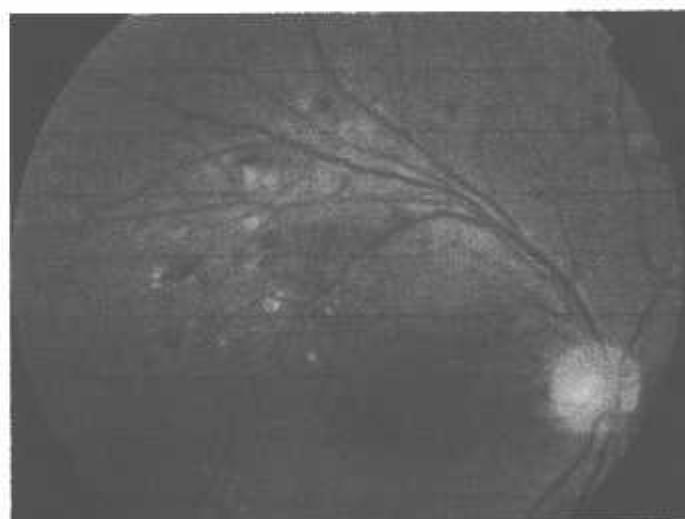
terjadi pada seluruh 4 kuadran retina, pelebaran vena dua atau lebih kuadran serta abnormalitas mikrovaskular intraretinal pada sedikitnya satu kuadrant.



Gambar 2.4 Severe NPDR

4. *Very Severe* NPDR

NPDR sangat berat terjadi jika ditemukan dua atau lebih poin di atas.



Gambar 2.5 Very Severe NPDR

2.1.2.2 *Proliferative Diabetic Retinopathy*

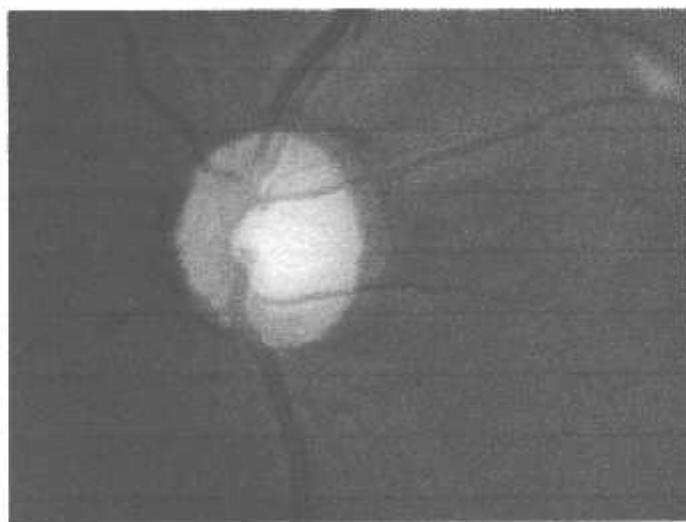
Proliferative Diabetic Retinopathy (PDR) ditandai oleh adanya neovaskularisasi, perdarahan vitreus, proliferasi fibrovaskuler dan dapat juga terjadi komplikasi ablasio retina. Retinopati diabetes *proliferative* merupakan penyulit yang paling parah. Iskemia retina yang progresif akhirnya merangsang pembentukan pembuluh-pembuluh halus baru yang menyebabkan kebocoran

protein-protein serum dalam jumlah besar. Neovaskularisasi sering terletak di permukaan diskus dan di tepi posterior zona perifer nonperfusi. Pembuluh-pembuluh rapuh yang berproliferasi ke permukaan posterior korpus vitreum akan menjadi meninggi apabila korpus vitreum mulai berkontraksi menjauhi retina. Apabila darah keluar dari pembuluh tersebut perdarahan korpus vitreum massif dan dapat timbul penurunan penglihatan mendadak.

Pembagian PDR berdasarkan laporan dari penelitian terhadap penatalaksanaan diabetes dini (*Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Report*) adalah sebagai berikut :

1. *Early PDR*

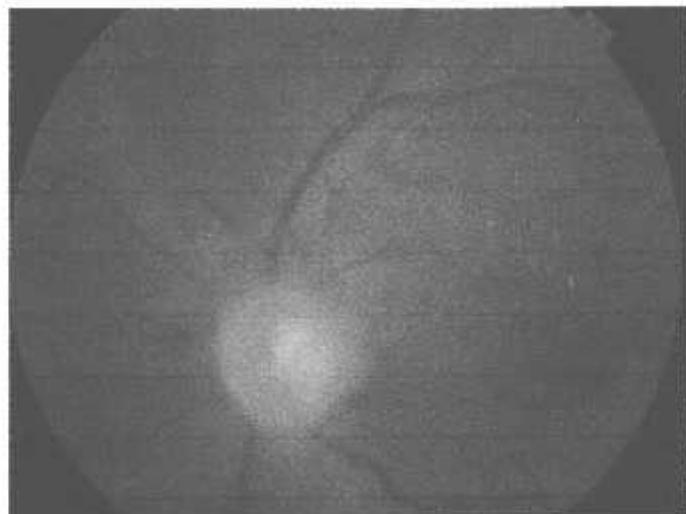
Early PDR atau PDR dini terjadi jika hanya ditemukan neovaskularisasi.



Gambar 2.6 *Early PDR*

2. *High-risk*

PDR resiko tinggi (*High-risk PDR*) terjadi jika ditemukan neovaskularisasi pada lebih 1/3-1/2 diskus, atau neovaskularisasi pada diskus dan perdarahan vitreus atau preretina, atau neovaskularisasi diluar *disc* yang disertai perdarahan vitreus atau preretina.



Gambar 2.7 *High-risk PDR*

Pada tipe proliferatif terjadi neovaskularisasi terutama di daerah dekat lempeng optik (*neovascularisation of the disc* [NVD]) atau pada pembuluh retina utama selebar tiga lempeng optik (*neovascularisation elsewhere* [NVE]). Selain itu terdapat perdarahan preretina atau vitreous, perdarahan preretina umumnya terjadi di antara retina dengan permukaan hyaloid posterior. Ketika darah berkumpul di daerah ini, kenampakannya menyerupai perahu boat. Sedangkan perdarahan vitreous dapat muncul sebagai kabut difus atau berupa gumpalan darah dalam gel.

2.1.3 Pencegahan dan Pengobatan

Pencegahan dan pengobatan retinopati diabetes merupakan upaya yang harus dilakukan bersama untuk mencegah atau menunda timbulnya retinopati dan juga untuk memperlambat perburuan retinopati. Tujuan utama pengobatan retinopati diabetes ialah untuk mencegah terjadinya kebutaan permanen. Metode pencegahan dan pengobatan retinopati diabetes saat ini meliputi :

1. Kontrol glukosa darah.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, pengontrolan kadar glukosa darah yang baik secara signifikan menurunkan resiko perkembangan retinopati diabetes dan juga progresivitasnya.

2. Kontrol tekanan darah.

3. Ablasi kelenjar hipofisis melalui pembedahan atau radiasi.

4. Laser koagulasi.

Perkembangan laser fotokoagulasi retina secara dramatis telah mengubah penanganan retinopati diabetes. Penggunaan cahaya yang terfokus untuk mengkauter retina telah dipraktiskan sejak beberapa tahun dan hasilnya telah dikonfirmasi melalui percobaan klinikal yang ekstensif untuk kedua penyakit NPDR dan PDR dan juga untuk beberapa tipe makulopati.

Mekanisme kerja yang jelas tidak diketahui tapi telah dicadangkan bahwa fotokoagulasi lokasi sistemik mencegah pembebasan sesuatu yang belum diidentifikasi, faktor vasoformatif pada penyakit *proliferative*. Penanganan ini harus dilakukan pada stadium awal. Foto koagulasi untuk NPDR dengan macula udem yang signifikan secara klinis disebut fotokoagulasi macula, manakala fotokoagulasi luas untuk PDR disebut fotokoagulasi panp-retinal.

2.2 Citra Digital

Berikut ini merupakan uraian mengenai definisi, representasi, jenis, elemen dan format dari citra digital.

2.2.1 Definisi Citra

Citra adalah representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal *video* seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan (Sutoyo, 2009).

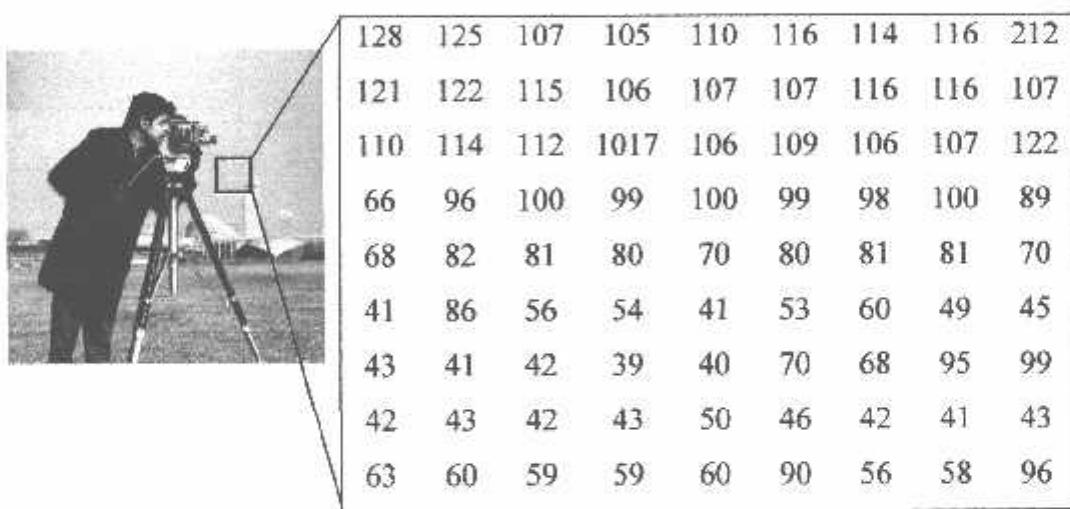
2.2.1.1 Definisi Citra Analog

Citra analog adalah citra yang bersifat kontinyu, seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar-x. Foto yang tercetak di kertas foto, lukisan, pemandangan alam, hasil CT *scan*, gambar-gambar yang terekam pada pita kaset, dan lain sebagainya. Citra analog tidak dapat merepresentasikan dalam komputer sehingga tidak bisa diproses di komputer secara langsung. Oleh sebab itu, agar citra ini dapat diproses di komputer, proses konversi analog ke digital harus dilakukan terlebih dahulu. Citra analog dihasilkan dari alat-alat analog, seperti

video kamera analog, kamera foto analog, *WebCam*, CT scan, sensor *ultrasonic* pada sistem USG dan lain-lain (Sutoyo, 2009).

2.2.1.2 Definisi Citra Digital

Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer. Perhatikan Gambar 2.8. Sebuah citra *grayscale* ukuran 150x150 piksel (elemen terkecil dari sebuah citra) diambil sebagian (kotak kecil) berukuran 9x9 piksel. Maka, monitor akan menampilkan sebuah kotak kecil. Namun, yang disimpan dalam memori komputer hanyalah angka-angka yang menunjukkan besar intensitas pada masing-masing piksel tersebut (Sutoyo, 2009).



Nilai intensitas suatu piksel

Gambar 2.8 Citra *grayscale* ukuran 150 x 150 piksel

2.2.2 Representasi Citra Digital

Sebuah citra digital dapat diwakili oleh sebuah matriks yang terdiri dari M kolom dan N baris, di mana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel, yaitu elemen terkecil dari sebuah citra. Piksel mempunyai dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas atau warna. Nilai yang terdapat pada koordinat (x,y) adalah $f(x,y)$, yaitu besar intensitas atau warna dari piksel di titik itu. Oleh sebab itu, sebuah citra digital dapat ditulis dalam bentuk matriks berikut.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & \cdots & \cdots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \cdots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix} \dots\dots (2-1)$$

2.2.3 Jenis Citra Digital

Ada banyak cara untuk menyimpan citra digital di dalam memori. Cara penyimpanan menentukan jenis citra digital yang terbentuk. Beberapa jenis citra digital yang sering digunakan adalah citra biner, citra *grayscale* dan citra warna.

2.2.3.1 Citra Biner (Monokrom)

Hanya terdiri dari 2 (dua) warna, yaitu hitam dan putih. Dibutuhkan 1 bit di memori untuk menyimpan kedua warna tersebut. Contoh citra biner ditunjukkan pada Gambar 2.9.



bit 0 = warna hitam

bit 1 = warna putih



Gambar 2.9 Citra biner

2.2.3.2 Citra Grayscale (Skala Keabuan)

Banyaknya warna tergantung pada bit yang disediakan di memori untuk menampung kebutuhan warna ini.

Citra 2 bit mewakili 4 warna dengan gradasi warna berikut :



Citra 3 bit mewakili 8 warna dengan gradasi warna berikut :



Semakin besar jumlah bit warna yang disediakan di memori, semakin halus gradasi warna yang terbentuk. Gambar 2.10 merupakan contoh citra *grayscale* dengan 8 bit.



Gambar 2.10 Citra *grayscale*

2.2.3.3 Citra Warna (*True Color*)

Setiap piksel pada citra warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar ($RGB = Red\ Green\ Blue$). Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 byte, yang berarti setiap warna mempunyai gradasi sebanyak 255 warna. Berarti setiap piksel mempunyai kombinasi warna sebanyak 16 juta warna lebih. Itulah sebabnya format ini dinamakan *true color* karena mempunyai jumlah warna yang cukup besar sehingga bisa dikatakan hampir mencakup semua warna di alam.

Penyimpanan citra *true color* di dalam memori berbeda dengan citra *grayscale*. Setiap piksel dari citra *grayscale* 256 gradasi warna diwakili oleh 1 byte. Sedangkan 1 piksel citra *true color* diwakili oleh 3 byte, dimana masing-masing byte mempresentasikan warna merah (*Red*), hijau (*Green*), dan biru (*Blue*). Gambar 2.11 merupakan contoh citra warna.



Gambar 2.11 Citra warna

2.2.4 Elemen Citra Digital

Citra digital mengandung sejumlah elemen-elemen dasar. Elemen-elemen dasar inilah yang dimanipulasi dalam pengolahan citra. Elemen-elemen dasar yang penting menurut Sutoyo (2009) diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Kecerahan (*brightness*)

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

2. Kontras (*contrast*)

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

3. Kontur (*contour*)

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

4. Warna (*color*)

Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang yang berbeda-beda. Warna yang diterima oleh

sistem visual manusia (mata) merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Kombinasi warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah *red* (R), *green* (G), dan *blue* (B).

5. Bentuk (*shape*)

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

6. Tekstur (*texture*)

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

2.2.5 Format File Citra

Di bawah ini merupakan perbedaan antara format file citra bitmap dengan format file citra digital.

2.2.5.1 Format File Citra Bitmap

Citra Bitmap sering disebut juga dengan citra raster. Citra bitmap menyimpan kode citra secara digital dan lengkap (cara penyimpanannya per piksel). Citra bitmap dipresentasikan dalam bentuk matriks atau dipetakan dengan menggunakan bilangan biner atau sistem bilangan lain. Citra ini memiliki kelebihan untuk memanipulasi warna, tetapi untuk mengubah objek lebih sulit. Tampilan bitmap mampu menunjukkan kehalusan gradasi bayangan dan warna dari sebuah gambar. Oleh karena itu, bitmap merupakan media elektronik yang paling tepat untuk gambar-gambar dengan perpaduan gradasi warna yang rumit, seperti foto, *capture* dan lain-lain. Namun kelemahan citra bitmap adalah jika citra diperbesar maka tampilan akan tampak pecah-pecah (kualitas menurun). Beberapa format yang umum digunakan dalam pemrograman pengolahan citra disajikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Format file citra bitmap

Nama Format	Ekstensi	Kegunaan
Microsoft Windows Bitmap Format	BMP	Format umum untuk menyimpan citra bitmap yang dikembangkan oleh Microsoft
<i>Joint Photographic Experts Group</i>	JPEG	Format umum yang digunakan untuk menyimpan gambar-gambar dengan ukuran lebih kecil
Compuserve Graphics Interchange Format	GIFF	Format umum citra yang dirancang untuk keperluan transmisi melalui modem
Aldus Tagged Image File Format	TIF	Format kompleks dan multiguna yang dikembangkan oleh Aldus bersama Microsoft
Word Perfect Graphics Format	WPG	Format vektor yang juga mendukung format bitmap
GEM Image Format	IMG	Format bitmap yang dikembangkan untuk keperluan riset digital dilingkungan GEM
Zsofr Pengolahan Citra Paintbrush Format	PCX	Dirancang untuk menyimpan citra layar dan merupakan format bitmap yang didukung luas
Microsoft Paint Bitmap Format	MSP	Secara fungsional mirip dengan IMG dan PCX, tapi kurang populer
AT & T Targa Format	TGA	Format untuk 16-bit dan 24-bit citra warna penuh diciptakan untuk sistem Truevision
Apple Macpaint Format	PNTG	Format asli dari Macintosh Macpaint program
Sun Microsystem Raster Format	RAS	Format bitmap asli yang digunakan pada Sun SPARCS
X Windows X-11 Bitmap Format	XBM	Format umum untuk menyimpan citra bitmap yang dikembangkan untuk X Windows

2.2.5.2 Format File Citra Vektor

Citra vektor dihasilkan dari perhitungan matematis dan tidak berdasarkan piksel, yaitu data tersimpan dalam bentuk vektor posisi, di mana yang tersimpan hanya informasi vektor posisi dengan bentuk sebuah fungsi. Pada citra vektor, mengubah warna lebih sulit dilakukan, tetapi membentuk objek dengan cara mengubah nilai lebih mudah. Oleh karena itu, bila citra diperbesar atau diperkecil, kualitas citra relatif tetap baik dan tidak berubah (tidak pecah-pecah). Citra vektor biasanya dibuat dengan menggunakan aplikasi-aplikasi vektor, seperti *CorelDRAW*, *Autocad*, *Adobe Illustrator*, *Macromedia Freehand* dan lain-lain. Beberapa format yang termasuk dalam citra vektor disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Format file citra vektor

Nama Format	Ekstensi
AutoCAD Drawing Format	DWG
AutoCAD Drawing Exchange Format	QXF
Microstation Drawing Format	DGN
Scalable Vector Graphics	SVG

2.3 Pengolahan Citra Digital

Berikut ini akan dijelaskan mengenai definisi, hubungan dengan bidang lain, tingkat komputasi dan langkah-langkah dari pengolahan citra digital.

2.3.1 Definisi Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik), melakukan pemilihan citra ciri (*feature images*) yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi objek atau pengenalan objek yang terkandung pada citra, melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data. Input dari pengolahan citra adalah citra, sedangkan outputnya adalah citra hasil pengolahan (Sutoyo, 2009).

Beberapa contoh aplikasi pengolahan citra digital dalam kehidupan sehari-hari :

1. Pengolahan citra dalam dunia perfileman

Dalam dunia perfileman pengolahan citra digunakan untuk menghaluskan gambar, menajamkan gambar, memberi efek gelap dan terang, memberi kesan timbul, memberi efek *morphing* dan lain-lain.

2. Pengolahan citra dalam dunia fotografi

Dalam dunia fotografi pengolahan citra digunakan sebagai kamera filter. Filter kamera digunakan untuk membuat film hitam putih, memberi efek berkabut, menghilangkan *noise* dan lain-lain.

3. Pengolahan citra dalam dunia kedokteran

Dalam dunia kedokteran pengolahan citra biasa digunakan untuk memperjelas hasil x-ray organ tubuh manusia, pengolahan citra hasil CT-scan dan lain-lain.

4. Pengolahan citra dalam dunia komunikasi

Dalam bidang ini, pengolahan citra digunakan untuk memperjelas foto permukaan bumi yang dihasilkan dari satelit cuaca atau memperjelas foto planet-planet yang dihasilkan dari satelit penyelidik. Selain itu, pengolahan citra bermanfaat juga pada proses transmisi data

5. Pengolahan citra dalam keamanan data dan proteksi hak cipta

Sering kali data yang dikirim dari satu tempat ke tempat yang lain merupakan data rahasia sehingga keamanannya perlu dijamin. Teknik keamanan data dan proteksi hak cipta yang biasa digunakan adalah *Steganografi* dan *Watermark*.

6. Pengolahan citra dalam pengenalan pola

Pengolahan citra yang termasuk dalam bidang ini adalah pengenalan pola huruf, pola wajah, pola sidik jari, pola iris mata dan sebagainya.

2.3.2 Hubungan Dengan Bidang Lain

Pengolahan citra merupakan disiplin ilmu yang bersifat multidisiplin, yang terdiri dari banyak aspek, antara lain matematika, fisika, elektronika, fotografi, seni dan teknologi komputer. Disiplin ilmu pengolahan citra digital berkaitan dengan disiplin ilmu grafika komputer dan komputer vision sehingga ketiganya hampir tidak jelas.

1. Grafika komputer

Grafika komputer adalah disiplin ilmu yang mempelajari proses menciptakan suatu gambar berdasarkan deskripsi objek maupun latar belakang yang terkandung pada gambar tersebut. Hal ini tentu meliputi teknik-teknik untuk membuat gambar objek sesuai dengan objek tersebut di alam nyata (*realism*). Grafika komputer mencoba memvisualisasikan suatu informasi menjadi citra. Jadi, *input* dari grafika komputer adalah informasi mengenai citra yang akan digambar, sedangkan *output*-nya berupa citra.

2. Komputer vision

Komputer vision adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari proses menyusun deskripsi tentang objek yang terkandung pada suatu gambar atau mengenali objek yang ada pada gambar. Komputer vision berusaha menerjemahkan citra menjadi deskripsi atau suatu informasi yang mempresentasikan citra tersebut. Jadi *input*-nya berupa citra, sedangkan *output*-nya berupa informasi.

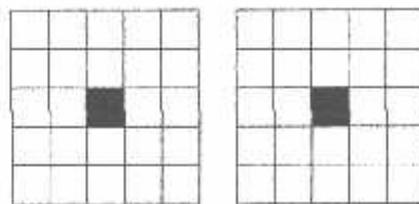
2.3.3 Tingkat Komputasi

Citra digital umumnya mempunyai jumlah data yang cukup besar sehingga memerlukan daya komputasi yang cukup besar pula. Daya komputasi ini sangat menentukan kompleksitas algoritma yang akan digunakan. Berkaitan dengan daya komputasi atau kompleksitas algoritma, karakteristik operasi dalam pengolahan citra dapat dibedakan menjadi 4 (empat) macam, yaitu :

1. Operasi tingkat titik

Pada operasi tingkat titik, hasil proses suatu titik (piksel) tidak tergantung pada titik-titik tetangganya sehingga hanya tergantung pada kondisi titik itu sendiri. Atau, bisa juga dikatakan, nilai *output* pada koordinat tertentu hanya bergantung pada nilai *input* pada koordinat tersebut. Penggambaran operasi tingkat titik ditunjukkan pada Gambar 2.12.

Contoh operasi tingkat titik adalah kecerahan (*brightness*), peningkatan kontras, negasi, konversi citra warna ke citra *grayscale* dan *thresholding*.

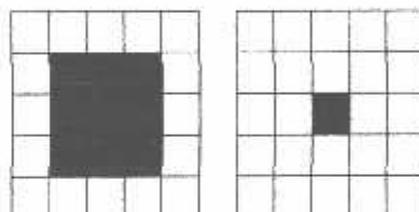


Gambar 2.12 Komputasi pengolahan citra digital tingkat titik

2. Operasi tingkat lokal

Pada operasi ini hasil proses suatu titik (piksel) tergantung pada titik-titik tetangganya dan titik itu sendiri. Atau, bisa juga dikatakan, nilai *output* pada koordinat tertentu tergantung dari nilai *input* tetangganya. Penggambaran operasi tingkat lokal ditunjukkan pada Gambar 2.13.

Contoh operasi tingkat lokal adalah konvolusi, deteksi tepi, penghalusan citra, penajaman citra, cleminasi *noise* dan efek embos.

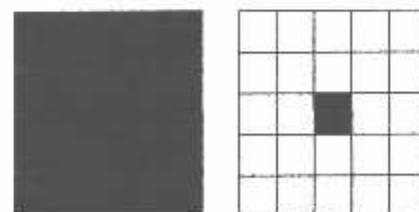


Gambar 2.13 Komputasi pengolahan citra digital tingkat lokal

3. Operasi tingkat global

Pada operasi tingkat global seluruh bagian citra diperhitungkan sehingga hasilnya akan tergantung pada keadaan citra secara keseluruhan. Atau, bisa juga dikatakan, nilai *output* pada koordinat tertentu tergantung pada seluruh nilai *input* citra. Untuk citra yang sama tapi kualitas berbeda (misal citra A, kemudian citra ini kecerahannya dikurangi hingga menjadi citra A yang agak gelap) akan menghasilkan hasil yang berbeda. Penggambaran operasi tingkat global ditunjukkan pada Gambar 2.14.

Contoh operasi tingkat global adalah ekualisasi histogram.



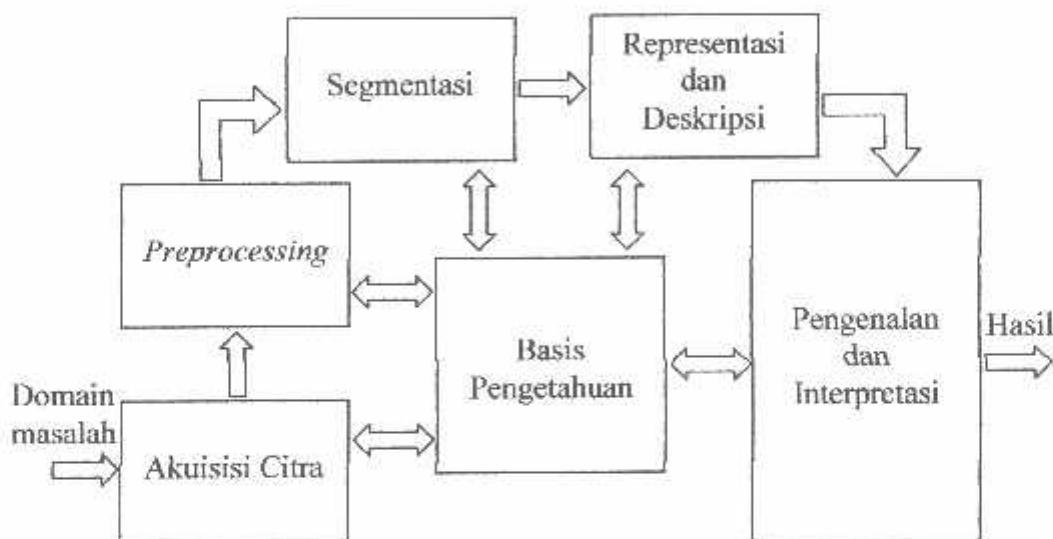
Gambar 2.14 Komputasi pengolahan citra digital tingkat global

4. Operasi tingkat objek

Pada operasi ini karakteristik citra, yaitu ukuran, bentuk dan intensitas rata-rata, harus dihitung karena karakteristik ini diperlukan untuk mengambil objek yang akan dianalisis.

2.3.4 Langkah-langkah Pengolahan Citra

Menurut Sutoyo (2009) langkah-langkah dalam pengolahan citra dapat dijabarkan menjadi beberapa tahap yang ditunjukkan oleh gambar 2.15.



Gambar 2.15 Langkah-langkah pengolahan citra digital

Berikut ini penjelasan dari langkah-langkah pengolahan citra digital, antara lain :

1. Akuisisi citra

Akuisisi citra adalah tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Tujuan akuisisi citra adalah untuk menentukan data yang diperlukan dan memilih metode perekaman citra digital. Tahap ini dimulai dari objek yang akan diambil gambarnya, persiapan alat-alat, sampai pada pencitraan. Pencitraan adalah kegiatan transformasi dari citra tampak (foto, gambar, lukisan, patung, pemandangan dan lain-lain) menjadi citra digital. Beberapa alat yang dapat digunakan untuk pencitraan adalah :

- Video* kamera.
- Kamera digital.

- c. Kamera konvensional dan konverter analog to digital.
- d. *Scanner*.
- e. *Photo sinar-x / sinar infra merah*.

Hasil dari akuisisi citra ini ditentukan oleh kemampuan sensor untuk mendigitalisasi sinyal yang terkumpul pada sensor tersebut. Kemampuan digitalisasi alat ditentukan oleh resolusi alat tersebut.

2. *Preprocessing*

Tahapan ini diperlukan untuk menjamin kelancaran pada proses berikutnya.

Hal-hal penting yang dilakukan pada tingkatan ini diantaranya adalah :

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

3. Segmentasi

Tahapan ini bertujuan untuk mempartisi citra menjadi bagian-bagian pokok yang mengandung informasi penting. Misalnya, memisahkan objek dari latar belakang.

4. Representasi dan deskripsi

Dalam hal ini representasi merupakan suatu proses untuk merepresentasikan suatu wilayah sebagai suatu daftar titik-titik koordinat dalam kurva yang tertutup, dengan deskripsi luasan atau perimeternya. Setelah suatu wilayah sudah direpresentasikan, proses selanjutnya adalah melakukan deskripsi citra dengan cara seleksi ciri dan ekstraksi fitur (*Feature Extraction and Selection*). Seleksi ciri bertujuan untuk memilih informasi kuantitatif dan ciri yang ada, yang dapat membedakan kelas-kelas objek secara baik, sedangkan ekstraksi ciri bertujuan untuk mengukur besaran kuantitatif ciri setiap piksel, misalnya rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, *Signal to Noise ratio* (SNR) dan lain-lain.

5. Pengenalan dan interpretasi

Tahap pengenalan bertujuan untuk memberi label pada sebuah objek yang informasinya disediakan oleh *descriptor*, sedangkan tahap interpretasi

bertujuan untuk memberi arti atau makna kepada kelompok objek-objek yang dikenali.

6. Basis pengetahuan

Basis pengetahuan sebagai basis data pengetahuan berguna untuk memandu operasi dari masing-masing modul proses dan mengontrol interaksi antara modul-modul tersebut. Selain itu, basis pengetahuan juga digunakan sebagai referensi pada proses template matching atau pada pengenalan pola.

2.4 Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Suatu nilai dapat bernilai besar atau salah secara bersamaan. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1(satu). Berbeda dengan himpunan *crisp* / tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak). Logika *Fuzzy* merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Dalam teori logika *fuzzy* suatu nilai bias bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai 1 atau 0. Logika *fuzzy* digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat dan sangat cepat. Dan logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika klasik (*crisp*) / tegas, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan.

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* kedalam suatu ruang *output*, mempunyai nilai kontinyu. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama (Kusumadewi, 2006).

Adapun beberapa alasan digunakannya logika *fuzzy*, adalah :

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Karena logika *fuzzy* menggunakan dasar teori himpunan, maka konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* tersebut cukup mudah untuk dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang cukup *homogeny*, dan kemudian ada beberapa data “eksklusif”, maka logika *fuzzy* memiliki kemampuan untuk menangani data eksklusif tersebut.
4. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam hal ini, sering dikenal dengan istilah *fuzzy expert* sistem menjadi bagian terpenting.
5. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin maupu teknik elektro.
6. Logika *fuzzy* didasari pada bahasa alami. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Kelebihan dari teori logika *fuzzy* adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (*linguistic reasoning*). Sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan dikendalikan.

2.5 Fuzzy C-Means Clustering

Menurut Sri Kusumadewi (2006) *Fuzzy clustering* adalah salah satu teknik untuk menentukan *cluster* optimal dalam suatu ruang vektor yang didasarkan pada bentuk normal *euclidian* untuk jarak antar vektor. *Fuzzy clustering* sangat berguna bagi pemodelan *fuzzy* terutama dalam mengidentifikasi aturan-aturan *fuzzy*. Metode *clustering* merupakan pengelompokan data beserta parameternya dalam kelompok-kelompok sesuai kecenderungan sifat dari masing-masing data tersebut (kesamaan sifat).

Fuzzy C-Means (FCM) *Clustering*, atau dikenal juga sebagai *Fuzzy ISODATA*, merupakan suatu teknik peng-*cluster-an* data dimana tiap-tiap data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaannya (salah satu metode

klastering yang merupakan bagian dari metode *Hard K-means*). FCM menggunakan model pengelompokan *fuzzy* sehingga data dapat menjadi anggota dari semua kelas atau *cluster* terbentuk dengan derajat atau tingkat keanggotaan yang berbeda antara 0 hingga 1. Tingkat keberadaan data dalam suatu kelas atau cluster ditentukan oleh derajat keanggotanya. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981.

Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat cluster yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*. Pada kondisi awal, pusat *cluster* ini masih belum akurat. Tiap-tiap data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap cluster. Dengan cara memperbaiki pusat cluster dan nilai keanggotaan tiap-tiap data secara berulang, maka dapat dilihat bahwa pusat cluster akan menuju lokasi yang ‘tepat’. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi obyektif. Fungsi obyektif yang digunakan pada FCM adalah :

$$J_w(U, V; X) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^w (d_{ik})^2 \quad \dots \quad (2-2)$$

Secara umum, algoritma FCM dapat diberikan sebagai berikut:

1. Inisialisasi.

- a. Matriks X berukuran $n \times m$, dengan n = jumlah data yang akan di-*cluster* dan m = jumlah *variable* (kriteria).

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad \dots \quad (2-3)$$

- b. Jumlah cluster yang akan dibentuk ($C \geq 2$).

- c. Pangkat pembobot ($w > 1$).

- d. Maksimum iterasi.

- e. Kriteria penghentian (ϵ = nilai positif yang sangat kecil).

- f. Iterasi awal, $t = 1$.

2. Bentuk matriks partisi awal U^0 (derajat keanggotaan dalam *cluster*) secara acak.

$$U^0 = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \cdots & \mu_{1n} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \cdots & \mu_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{C1} & \mu_{C2} & \cdots & \mu_{Cn} \end{bmatrix} \quad \dots \quad (2-4)$$

3. Hitung pusat *cluster* V untuk setiap *cluster*.

$$V_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^w \cdot X_{kj}}{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^w} \dots \quad (2-5)$$

4. Perbaiki derajat keanggotaan setiap data pada setiap *cluster* (perbaiki matriks partisi).

$$\mu_{ik} = \left[\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{\frac{2}{(w-1)}} \right]^{-1} \dots \quad (2-6)$$

dengan :

$$d_{ik} = d(X_k - V_i) = \left[\sum_{j=1}^m (X_{kj} - V_{ij})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots \quad (2-7)$$

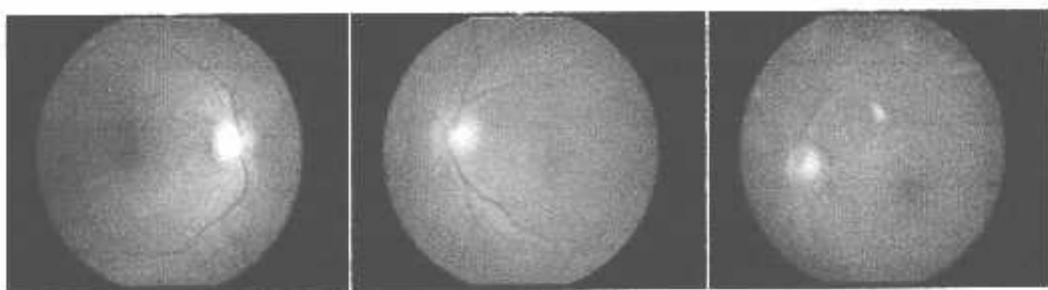
5. Tentukan kriteria penghentian iterasi, yaitu perubahan matriks partisi pada iterasi sekarang dan iterasi sebelumnya.

$$\Delta = \|U^t - U^{t-1}\| \dots \quad (2-8)$$

6. Apabila $\epsilon \geq \Delta$ maka iterasi dihentikan, jika tidak maka naikkan iterasi ($t = t+1$) dan kembali ke langkah 3.

2.6 MESSIDOR Dataset

MESSIDOR yang merupakan singkatan dari *Methods to Evaluate Segmentation and Indexing Techniques in The Field of Retinal Ophthalmology* adalah sebuah proyek *Techno Vision* yang didanai oleh Kementerian Penelitian dan Pertahanan Perancis pada tahun 2004. MESSIDOR didukung oleh 11 konsorsium yang terdiri dari beberapa universitas, laboratorium dan rumah sakit *ophthalmology* di Perancis. Bahan penelitian ini menggunakan dataset MESSIDOR yang diunduh melalui situs <http://messidor.crihan.fr/>. Dataset MESSIDOR yang digunakan pada penelitian ini berupa citra fundus mata dengan format *Tagged Image File Format (.tif)* sebanyak 100 citra dengan ukuran 2240×1488 piksel. Gambar 2.16 menunjukkan beberapa contoh dari MESSIDOR.



Gambar 2.16 Contoh citra fundus mata dari MESSIDOR

2.7 Kamera Fundus

Fundus *Camera* atau kamera fundus adalah sebuah kamera khusus yang digunakan untuk merekam gambar bagian dalam dari mata yang termasuk retina, *optic disc* dan lain-lain. Kamera fundus merupakan gabungan dari mikroskop skala rendah dan kamera yang tergabung didalamnya. Hasil dari kamera fundus biasa digunakan oleh dokter spesialis mata untuk mengetahui perkembangan dari suatu penyakit dan untuk mendiagnosis pasien. Hasil dari kamera fundus yang biasa disebut foto fundus bisa disimpan oleh pasien sebagai referensi di kemudian hari. Gambar 2.17 adalah contoh dari kamera fundus.



Gambar 2.17 Kamera fundus

Dengan kamera fundus, retina discan menggunakan sinar inframerah dengan intensitas rendah yang diproyeksikan melalui bagian belakang mata dan sampai ke retina. Sinar inframerah digunakan karena pembuluh-pembuluh darah pada retina menyerap sinar inframerah ringan lebih cepat daripada jaringan mata sekitarnya. Sinar inframerah yang mengandung pola-pola retina direfleksikan kembali ke kamera fundus dan mengubahnya menjadi data citra retina dalam bentuk file .jpg.

2.8 Matlab

MATLAB (*Matrix Laboratory*) adalah bahasa tingkat tinggi dan interaktif yang memungkinkan untuk melakukan komputasi secara intensif. MATLAB telah berkembang menjadi sebuah *environment* pemrograman yang canggih yang berisi fungsi-fungsi *built-in* untuk melakukan pengelolahan sinyal, aljabar linear dan kalkulasi matematis lainnya (Feriza Irawan, 2011).

MATLAB berisi *toolbox* yang berisi fungsi-fungsi tambahan untuk aplikasi khusus, yaitu :

1. *Image Processing* : ditujukan secara khusus untuk melakukan pengolahan citra.
2. *Signal Processing* : ditujukan untuk menangani pengolahan isyarat.
3. *Neural Network* : menyediakan berbagai fungsi yang terkait dengan jaringan syaraf tiruan.

Penggunaan MATLAB meliputi berbagai bidang, diantaranya : Matematika, komputasi, pembentukan algoritma, akuisi data, pemodelan, *prototype*, simulasi, analisis data, eksplorasi, visualisasi, grafik keilmuan dan bidang rekayasa.

MATLAB dikembangkan oleh The MathWorks, Inc, yang pada awalnya dibuat untuk memberikan kemudahan mengakses data matrik pada proyek LINPACK dan EISPACK. Saat ini matlab memiliki ratusan fungsi yang dapat digunakan sebagai problem solver mulai dari simple sampai masalah-masalah yang kompleks dari berbagai disiplin ilmu. Gambar 2.18 menunjukkan tampilan awal MATLAB R2008b.



Gambar 2.18 Tampilan awal dari MATLAB R2008b

Beberapa *window* yang terdapat pada tampilan awal MATLAB R2008b adalah sebagai berikut :

a. *Current Directory*

Window ini menampilkan isi dari direktori kerja saat menggunakan matlab. Kita dapat mengganti direktori ini sesuai dengan tempat direktori kerja yang diinginkan. *Default* dari alamat direktori berada dalam *folder works* tempat *program files* MATLAB berada.

b. *Command History*

Window ini berfungsi untuk menyimpan perintah-perintah apa saja yang sebelumnya dilakukan oleh pengguna terhadap MATLAB.

c. *Command Window*

Window ini adalah *window* utama dari MATLAB. Disini adalah tempat untuk menjalankan fungsi, mendeklarasikan *variable*, menjalankan proses-proses, serta melihat isi variabel-variabel.

d. *Workspace*

Workspace berfungsi untuk menampilkan seluruh variabel-variabel yang sedang aktif pada saat pemakaian MATLAB. MATLAB dapat menampilkan variabel tersebut dengan klik dua kali kemudian secara otomatis *window* "array editor" yang berisikan data pada setiap variabel akan terbuka.

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem yang digunakan dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian untuk mendeteksi *diabetic retinopathy* serta mengklasifikasikannya dengan menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*.

3.1 Analisis Sistem

Sebelum melakukan perancangan sistem yang akan dibuat terlebih dahulu melakukan analisis sistem, mengenai deskripsi sistem, data yang digunakan dan kebutuhan sistem. Hal ini dilakukan agar perancangan sistem yang dibuat sesuai dengan harapan dan tujuan utama.

3.1.1 Deskripsi Sistem

Sistem yang dibuat ini merupakan perangkat lunak yang dapat melakukan deteksi otomatis *diabetic retinopathy* melalui citra fundus mata. Algoritma yang digunakan untuk klasifikasi adalah algoritma *fuzzy c-means clustering*. Citra awal akan dilakukan proses *preprocessing* sebagai langkah awal untuk perbaikan kualitas citra. Kemudian dilanjutkan dengan segmentasi untuk mendapatkan nilai *blood vessels*, *exudates*, *cotton wool* dan *microaneurysms*. Langkah terakhir melakukan klasifikasi penyakit *diabetic retinopathy* dengan menerapkan algoritma *fuzzy c-means clustering*.

3.1.2 Analisis Data

Dataset yang akan digunakan adalah data berupa citra retina dari MESSIDOR (*Methods to Evaluate Segmentation and Indexing Techniques in The Field of Retinal Ophthalmology*). *Dataset* ini diperoleh dari situs MESSIDOR (<http://messidor.crihan.fr/>). Dari *database* tersebut diperoleh citra fundus mata dengan format *Tagged Image File Format (.tif)* sebanyak 100 citra dengan ukuran 2240×1488 piksel.

3.1.3 Kebutuhan Sistem

Kebutuhan sistem yang akan digunakan dalam pembuatan sistem deteksi *diabetic retinopathy* ini terbagi menjadi dua macam, yaitu *software* (perangkat lunak) dan *hardware* (perangkat keras), dimana keduanya saling mendukung satu sama lain.

3.1.3.1 *Software*

Adapun perangkat lunak yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem deteksi *diabetic retinopathy* meliputi:

1. MATLAB versi 7.7.0.471 (R2008b).
2. Notepad.

3.1.3.2 *Hardware*

Sedangkan perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan sistem deteksi *diabetic retinopathy* meliputi:

1. AMD Dual-Core Processor C-60 (1.0 GHz, Cache 1MB).
2. Memory RAM 2 GB DDR3 .
3. Kapasitas Harddisk 320 GB Serial ATA 5400 RPM.
4. VGA AMD® Radeon HD 6290.
5. Monitor 11.6" WXGA LED dengan resolusi 1366 x 768.
6. Sistem operasi sebagai penghubung perangkat lunak dan perangkat keras dalam pembuatan sistem deteksi *diabetic retinopathy*, menggunakan sistem operasi *Microsoft Windows Seven Starter*.

3.2 Arsitektur Sistem

Berikut ini adalah uraian tentang arsitektur sistem. Uraian mengenai arsitektur sistem dapat digambarkan dalam beberapa bentuk diagram, antara lain : *block diagram* (diagram blok) dan *flowchart* (diagram alir).

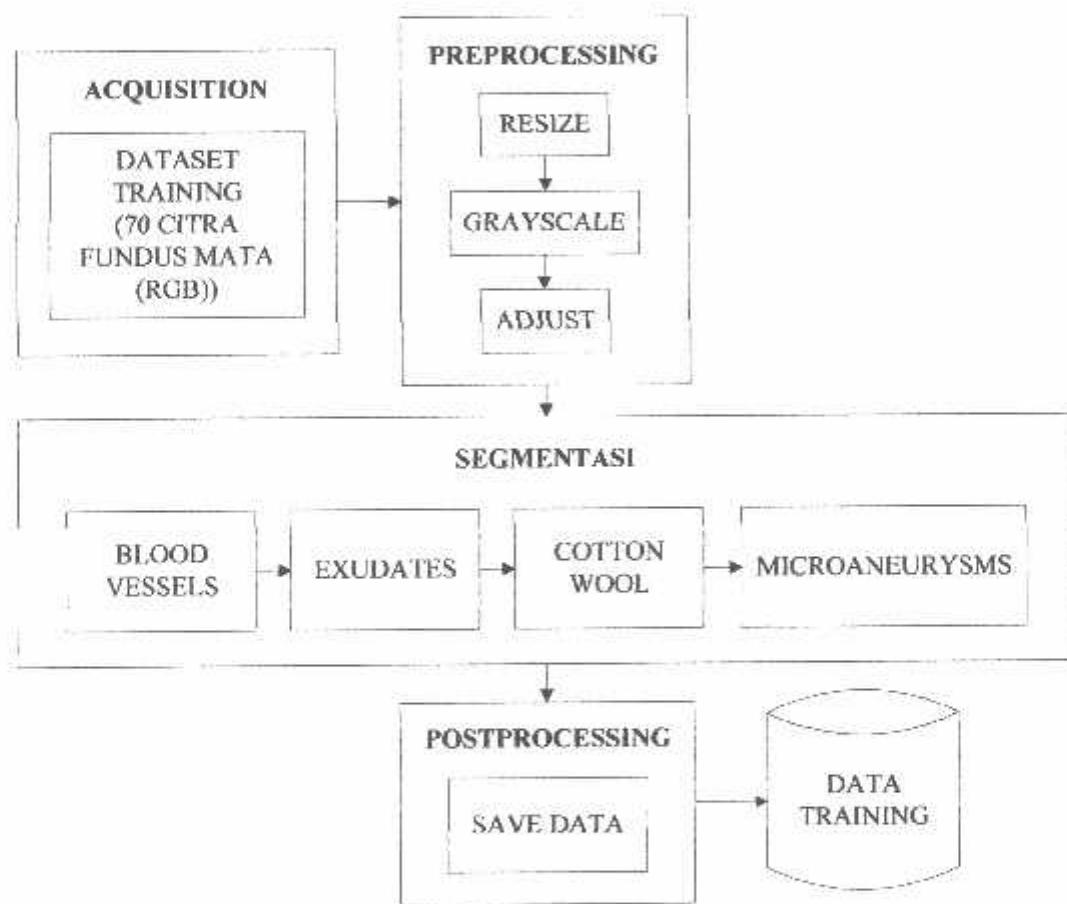
3.2.1 *Block Diagram*

Block Diagram adalah gambaran berupa sejumlah komponen yang berperan dalam suatu sistem, di mana bagian utama atau fungsi operasi matematis

yang diwakili oleh blok dihubungkan dengan garis-garis yang menunjukkan hubungan dari blok-blok tersebut.

3.2.1.1 Block Diagram Proses Training

Sistem deteksi *diabetic retinopathy* diawali dengan proses *training*, bertujuan untuk menyimpan jumlah citra dan nilai (nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool* dan nilai *microaneurysms*) dari masing-masing citra pada *dataset*. Gambar 3.1 menunjukkan *block diagram* proses *training* pada sistem deteksi *diabetic retinopathy*.



Gambar 3.1 *Block diagram* proses *training* sistem deteksi *diabetic retinopathy*

Diagram blok proses *training* sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. *Acquisition*

Menentukan data yang diperlukan atau digunakan dalam proses *training* sistem

deteksi *diabetic retinopathy*. Berupa 70 citra fundus mata dari *dataset* MESSIDOR.

2. *Preprocessing*

Proses awal yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra. Terdapat 3 (tiga) proses pada tahapan *preprocessing*, yaitu :

- a. *Resize*, adalah proses mengubah ukuran (panjang dan lebar) dari suatu citra.
- b. *Grayscale*, adalah proses konversi dari citra warna menjadi citra aras keabuan.
- c. *Adjust*, bertujuan untuk memperoleh citra warna yang lebih terang.

3. Segmentasi

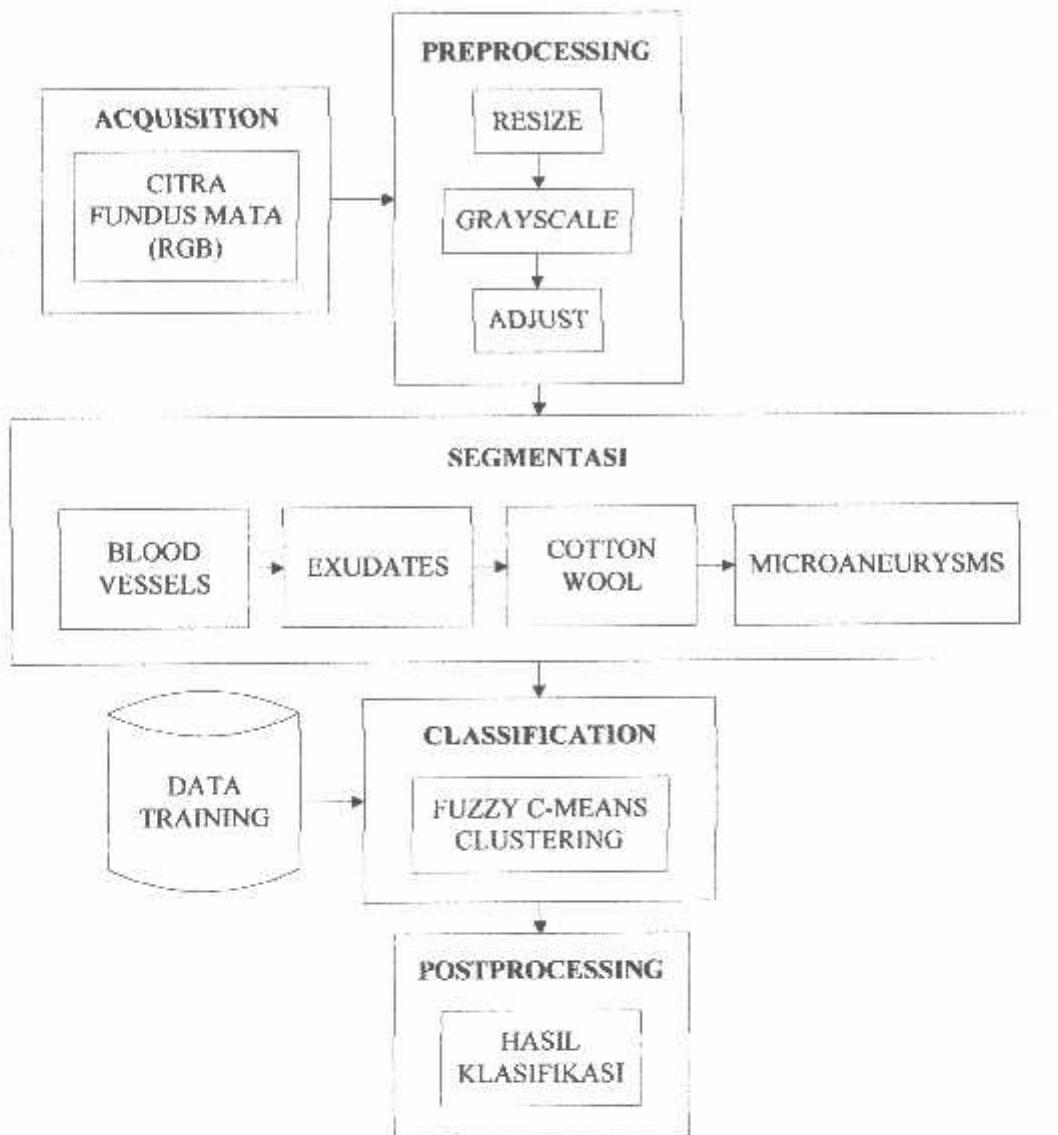
Proses mempartisi citra menjadi bagian-bagian pokok yang mengandung informasi penting. Proses segmentasi *blood vessels* menggunakan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan deteksi tepi *canny*. Sedangkan untuk segmentasi *exudates*, *cotton wool* dan *microaneurysms* menggunakan *mathematical morphology*.

4. *Postprocessing*

Pada tahapan *postprocessing* dilakukan penyimpanan jumlah citra dan nilai (nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool* dan nilai *microaneurysms*) dari masing-masing citra pada *dataset* (100 citra fundus mata).

3.2.1.2 *Block Diagram* Proses Deteksi

Setelah melakukan proses training maka didapatkan sebuah *file* hasil *training* yang berisi jumlah citra dan nilai (nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool* dan nilai *microaneurysms*) dari masing-masing citra pada *dataset*. *File* tersebut akan digunakan dalam sistem deteksi *diabetic retinopathy*. Gambar 3.2 menunjukkan *block diagram* proses deteksi pada sistem deteksi *diabetic retinopathy*.



Gambar 3.2 *Block diagram* proses deteksi sistem deteksi *diabetic retinopathy*

Diagram blok proses deteksi pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. *Acquisition*

Menentukan data yang diperlukan atau digunakan dalam proses *training* sistem deteksi *diabetic retinopathy*. Berupa 100 citra fundus mata dari *dataset* MESSIDOR.

2. *Preprocessing*

Proses awal yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra. Terdapat 3 (tiga) proses pada tahapan *preprocessing*, yaitu :

- a. *Resize*, adalah proses mengubah ukuran (panjang dan lebar) dari suatu citra.
 - b. *Grayscale*, adalah proses konversi dari citra warna menjadi citra aras keabuan.
 - c. *Adjust*, bertujuan untuk memperoleh citra warna yang lebih terang.
3. Segmentasi

Proses mempartisi citra menjadi bagian-bagian pokok yang mengandung informasi penting. Proses segmentasi *blood vessels* menggunakan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan deteksi tepi *canny*. Sedangkan untuk segmentasi *exudates*, *cotton wool* dan *microaneurysms* menggunakan *mathematical morphology*.

4. Classification

Tahapan klasifikasi pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*. Data yang digunakan dalam algoritma tersebut berasal dari data training dan data yang di-*input* oleh *user*.

5. Postprocessing

Pada tahapan *postprocessing* melakukan konversi hasil klasifikasi dari tahapan *classification*, hasil klasifikasi dinyatakan dalam beberapa *grade*, antara lain : *grade 1* adalah mata normal, *grade 2* adalah mata *mild NPDR*, *grade 3* adalah mata *moderate NPDR*, *grade 4* adalah mata *severe NPDR*, *grade 5* adalah mata *very severe NPDR*, *grade 6* adalah mata *early PDR* dan *grade 7* adalah mata *high-risk PDR*.

3.2.2 Flowchart

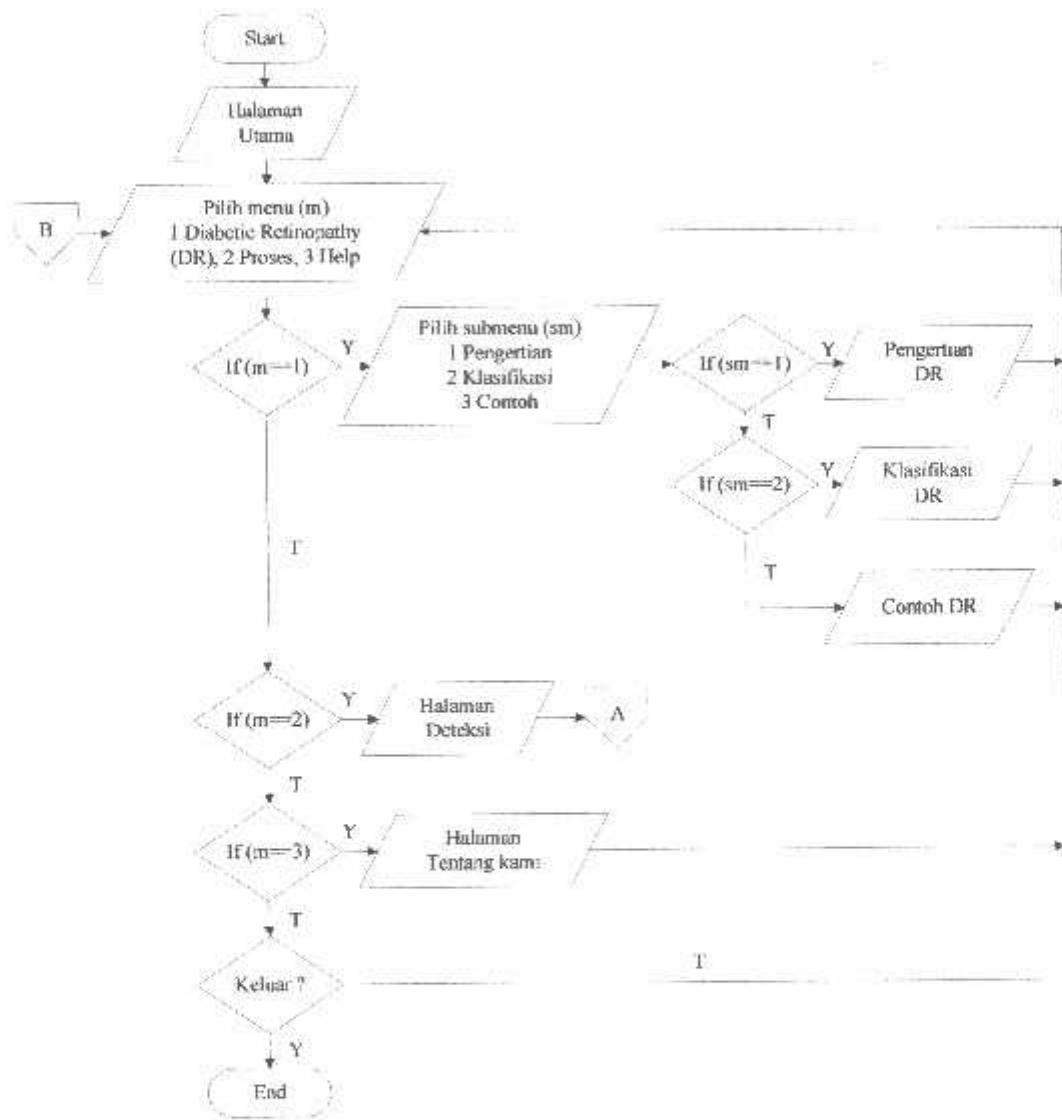
Flowchart adalah bagan-bagan yang mempunyai arus yang menggambarkan langkah-langkah penyelesaian suatu masalah. *Flowchart* merupakan cara penyajian dari suatu algoritma. Tujuan membuat *flowchart* antara lain :

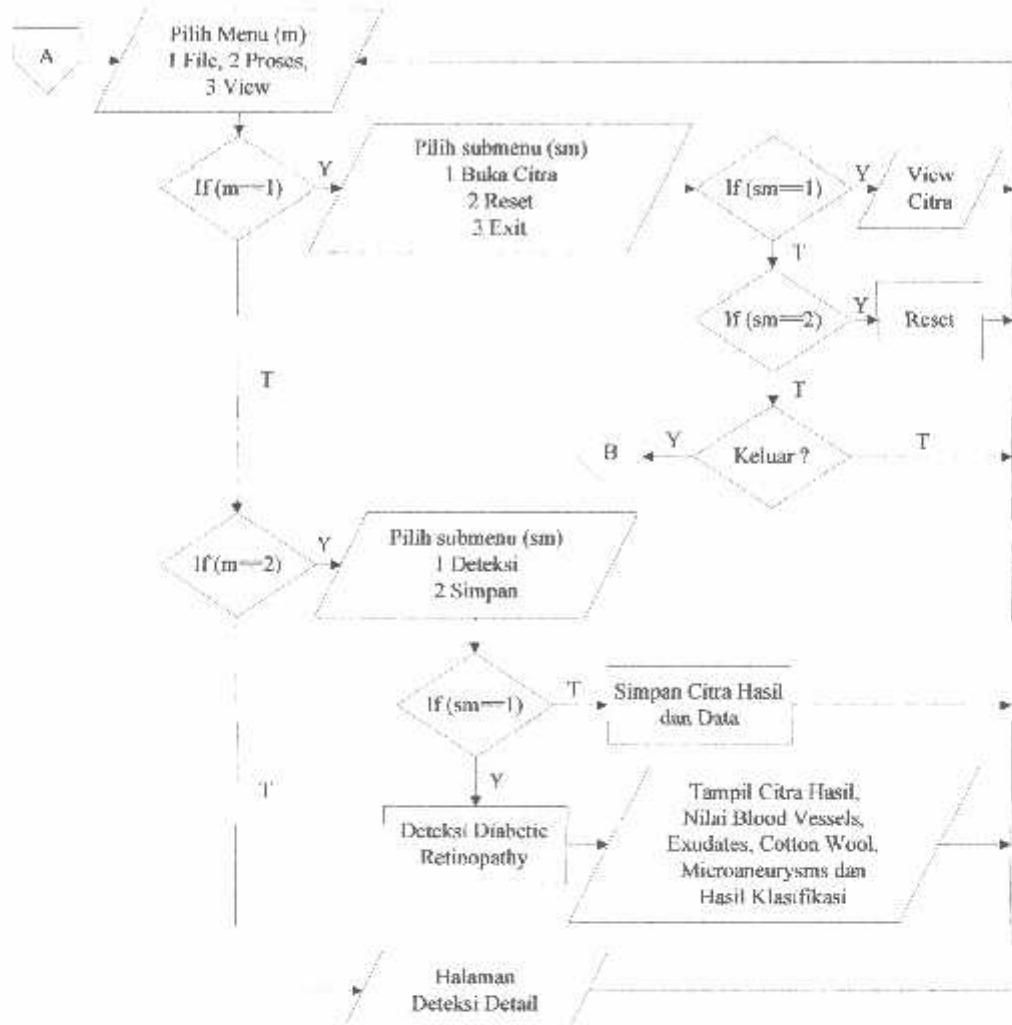
1. Menggambarkan suatu tahapan penyelesaian masalah.
2. Secara sederhana, terurai, rapi dan jelas.
3. Menggunakan simbol-simbol standar.

Berikut akan dijelaskan *flowchart* aplikasi dan *flowchart* algoritma *fuzzy c-means clustering* pada sistem deteksi *diabetic retinopathy*.

3.2.2.1 Flowchart Aplikasi

Flowchart aplikasi merupakan gambaran diagram alir aplikasi, mulai dari awal (halaman utama) hingga akhir (exit). Gambar 3.3 menunjukkan flowchart aplikasi pada sistem deteksi *diabetic retinopathy*.





Gambar 3.3 Flowchart aplikasi pada sistem deteksi *diabetic retinopathy*

Flowchart aplikasi pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dijelaskan sebagai berikut :

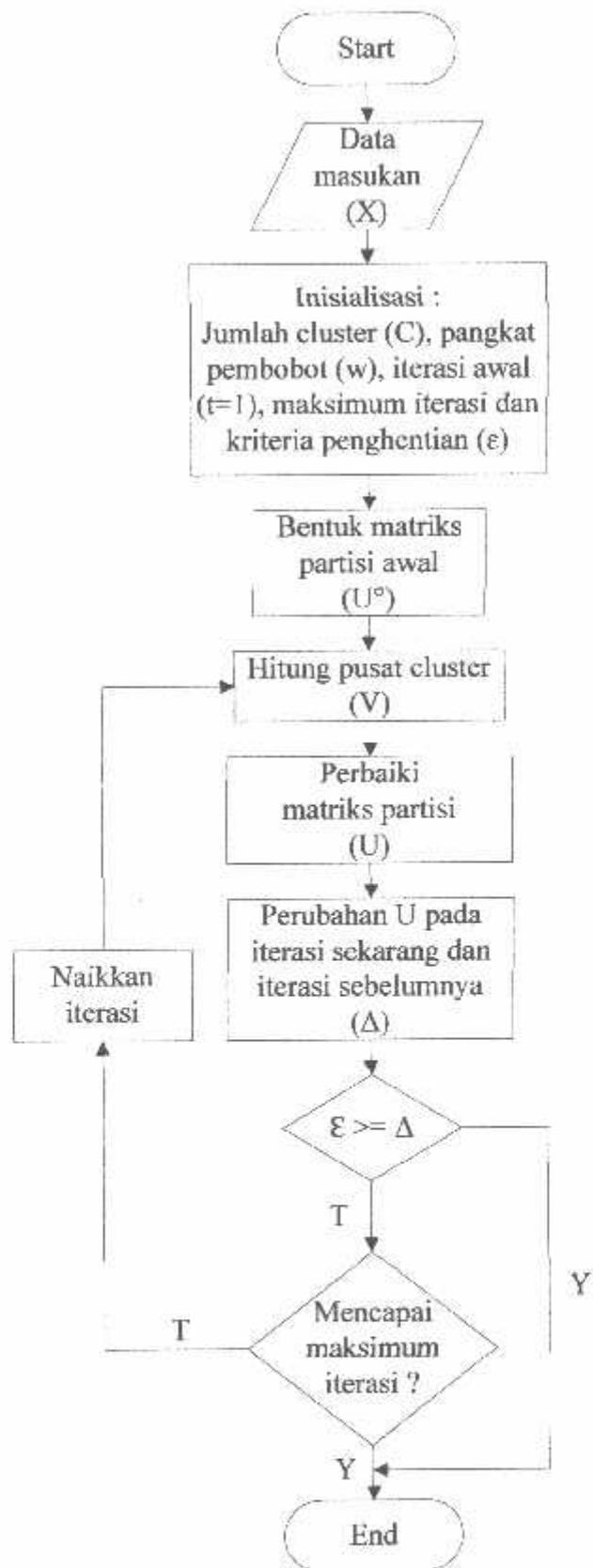
1. Sistem deteksi *diabetic retinopathy* dimulai dengan menampilkan halaman utama aplikasi.
2. Pada halaman utama aplikasi terdapat 4 (empat) pilihan menu utama, yaitu : menu *diabetic retinopathy*, menu proses, menu *help* dan menu *exit*.
3. Jika user memilih menu *diabetic retinopathy*, maka terdapat 3 (tiga) submenu, yaitu : menu pengertian, menu klasifikasi dan menu contoh. Jika user memilih menu pengertian, maka sistem akan menampilkan halaman pengertian *diabetic retinopathy*. Jika user memilih menu klasifikasi, maka sistem akan menampilkan halaman klasifikasi *diabetic retinopathy*. Dan jika

user memilih menu contoh, maka sistem akan menampilkan halaman contoh *diabetic retinopathy*.

4. Jika *user* memilih menu proses, maka sistem akan menampilkan halaman deteksi.
5. Jika *user* memilih menu *help*, maka sistem akan menampilkan halaman tentang kami.
6. Jika *user* memilih menu *exit*, maka sistem akan diakhiri (keluar dari aplikasi).
7. Pada halaman deteksi terdapat 3 (tiga) pilihan menu utama, yaitu : menu *file*, menu proses dan menu *view*.
8. Jika *user* memilih menu *file*, maka terdapat 3 (tiga) submenu, yaitu : menu buka citra, menu *reset* dan menu *exit*. Jika *user* memilih menu buka citra, maka sistem akan menampilkan direktori tempat penyimpanan gambar. Kemudian sistem akan menampilkan gambar yang telah dipilih oleh *user*. Jika *user* memilih menu *reset*, maka sistem akan menghapus semua objek yang tampil pada aplikasi (*reset* aplikasi). Dan jika *user* memilih menu *exit*, maka sistem akan mengakhiri halaman deteksi kemudian menampilkan halaman utama aplikasi.
9. Jika *user* memilih menu proses, maka terdapat 2 (dua) submenu, yaitu : menu deteksi dan menu simpan. Jika *user* memilih menu deteksi, maka sistem akan melakukan proses deteksi penyakit *diabetic retinopathy* kemudian mengklasifikasikan menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*. Hasil proses deteksi (berupa : citra hasil, nilai dan hasil klasifikasi) akan ditampilkan pada aplikasi. Dan jika *user* memilih menu simpan, maka sistem akan melakukan proses simpan citra hasil, data (nilai) dan hasil klasifikasi.
10. Jika *user* memilih menu *view*, maka sistem akan menampilkan halaman deteksi detail.

3.2.2.2 Flowchart Fuzzy C-Means Clustering

Flowchart algoritma *fuzzy c-means clustering* merupakan gambaran diagram alir algoritma yang digunakan sistem, mulai dari awal (data *input*) hingga akhir (selesai). Gambar 3.4 menunjukkan *flowchart* algoritma *fuzzy c-means clustering* pada sistem deteksi *diabetic retinopathy*.



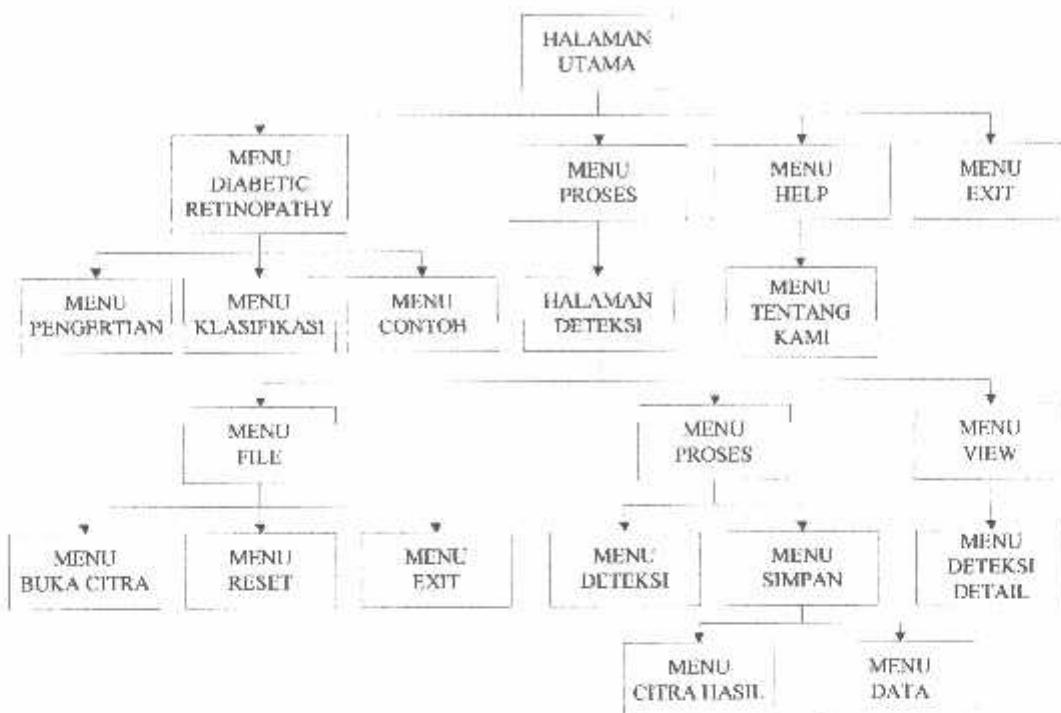
Gambar 3.4 Flowchart algoritma fuzzy c-means clustering

Flowchart algoritma *fuzzy c-means clustering* pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Diawali dengan data masukan (X), dimana X merupakan matriks berukuran n x m, dengan n = jumlah data yang akan di-*cluster* dan m = jumlah *variable*.
2. Proses inisialisasi, terdiri dari inisialisasi : jumlah *cluster* (C), pangkat pembobot (w), iterasi awal ($t = 1$), maksimum iterasi dan kriteria penghentian (ε).
3. Membentuk matriks partisi awal (U^0) (derajat keanggotaan dalam *cluster*) secara acak.
4. Menghitung pusat *cluster* (V) untuk setiap *cluster*.
5. Memperbaiki derajat keanggotaan setiap data pada setiap *cluster* (perbaiki matriks partisi).
6. Menghitung perubahan matriks partisi pada iterasi sekarang dan iterasi sebelumnya (Δ).
7. Jika kriteria penghentian lebih besar atau sama dengan perubahan matriks partisi pada iterasi sekarang dan iterasi sebelumnya, maka iterasi dihentikan dan aplikasi selesai.
8. Jika kriteria penghentian lebih kecil dari perubahan matriks partisi pada iterasi sekarang dan iterasi sebelumnya, maka melakukan proses pengecekan maksimum iterasi.
9. Jika iterasi sudah mencapai maksimum, maka aplikasi selesai. Jika iterasi belum mencapai maksimum, maka iterasi dinaikkan dan kembali ke langkah 4 (empat).

3.3 Perancangan Menu

Tahapan perancangan menu menjelaskan menu-menu dan submenu-submenu yang terdapat pada sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*. Gambar 3.5 menunjukkan perancangan menu yang terdapat pada sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*.



Gambar 3.5 Rancangan menu sistem deteksi *diabetic retinopathy*

Rancangan menu pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Menu pengertian berfungsi untuk menampilkan halaman pengertian *diabetic retinopathy*.
2. Menu klasifikasi berfungsi untuk menampilkan halaman klasifikasi *diabetic retinopathy*.
3. Menu contoh berfungsi untuk menampilkan halaman contoh *diabetic retinopathy*.
4. Menu proses berfungsi untuk menampilkan halaman deteksi.
5. Menu help berfungsi untuk menampilkan halaman tentang kami.
6. Menu exit (pada halaman utama) berfungsi untuk keluar dari sistem.
7. Menu buka citra berfungsi untuk proses membuka gambar dari media penyimpanan.
8. Menu reset berfungsi untuk menghapus semua objek yang tampil pada aplikasi (me-reset aplikasi).
9. Menu exit (pada halaman deteksi) berfungsi untuk keluar dari halaman deteksi dan kembali ke halaman utama.

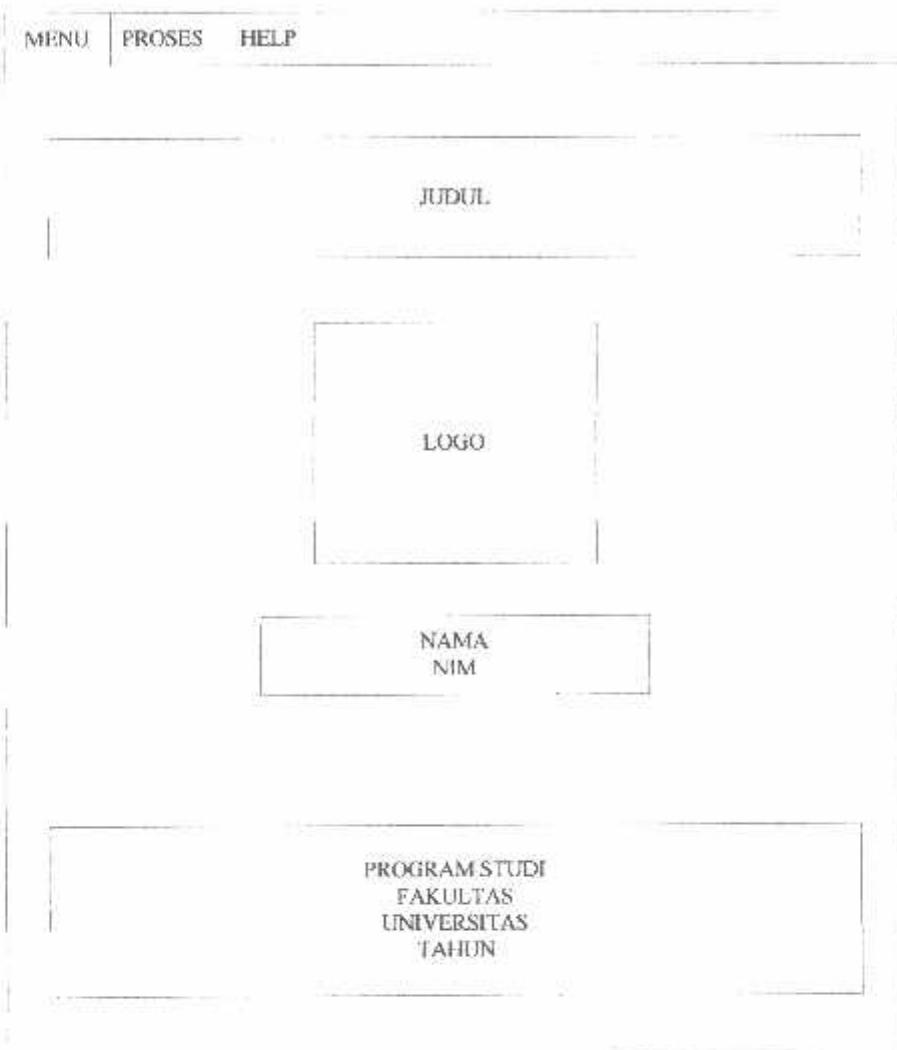
10. Menu deteksi berfungsi untuk proses deteksi penyakit *diabetic retinopathy* dan kemudian diklasifikasikan menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*.
11. Menu simpan berfungsi untuk menyimpan citra hasil deteksi dan data (nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool* dan nilai *microaneurysms*).
12. Menu deteksi detail berfungsi untuk menampilkan halaman deteksi detail.

3.4 Perancangan User Interface

User Interface merupakan mekanisme komunikasi antara user dengan sistem. *User Interface* dapat menerima informasi dari *user* dan memberikan informasi kepada *user* secara interaktif. Dalam perancangan sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*, terdapat beberapa halaman sebagai fasilitas untuk memudahkan *user* dalam menggunakan aplikasi tersebut.

3.4.1 Perancangan Halaman Utama

Halaman utama merupakan halaman yang pertama kali tampil pada saat menggunakan sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*. Gambar 3.6 menunjukkan rancangan halaman utama sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*.



Gambar 3.6 Rancangan halaman utama

Pada halaman utama terdapat 2 (dua) komponen, yaitu : *menu editor* dan *axes*. *Menu editor* berfungsi untuk membuat menu, sedangkan *axes* berfungsi untuk menampilkan gambar yang digunakan sebagai *background*. Komponen pada halaman utama dapat dilihat pada Tabel 3.1.

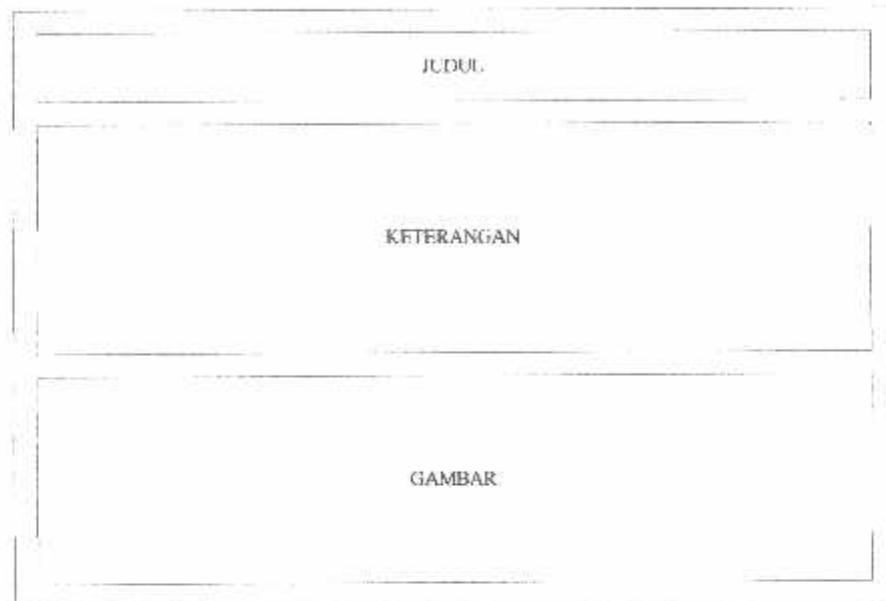
Tabel 3.1 Komponen halaman utama

Object Name	Properties	Value
Axes	Tag	Axes1 (background)
Menu editor	Label	Menu : pengertian, klasifikasi, contoh dan exit

		Proses : deteksi
		Help : tentang kami

3.4.2 Perancangan Halaman Pengertian

Halaman pengertian menampilkan informasi mengenai pengertian dari penyakit *diabetic retinopathy*. Gambar 3.7 menunjukkan rancangan halaman pengertian pada sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*.



Gambar 3.7 Rancangan halaman pengertian *diabetic retinopathy*

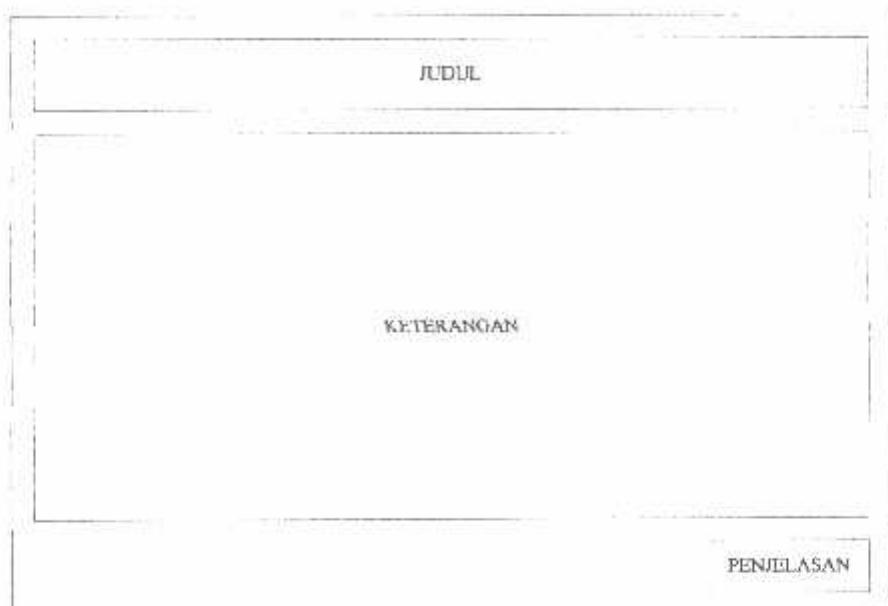
Pada halaman pengertian terdapat sebuah komponen berupa *axes* yang berfungsi untuk menampilkan gambar yang digunakan sebagai *background*. Komponen pada halaman utama dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Komponen halaman pengertian *diabetic retinopathy*

Object Name	Properties	Value
Axes	Tag	Axes1 (background)

3.4.3 Perancangan Halaman Klasifikasi

Halaman klasifikasi menampilkan informasi mengenai klasifikasi dari penyakit *diabetic retinopathy*. Gambar 3.8 menunjukkan rancangan halaman klasifikasi pada sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*.



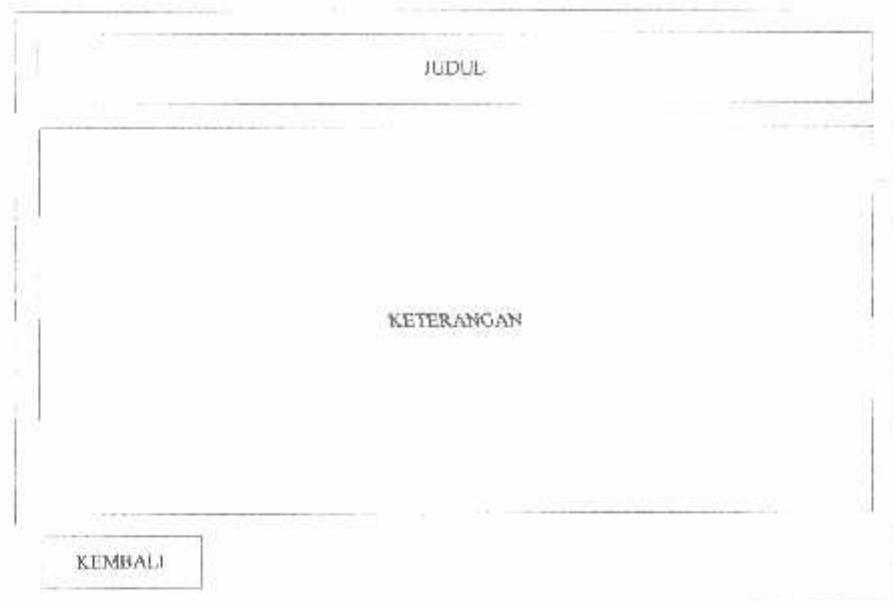
Gambar 3.8 Rancangan halaman klasifikasi *diabetic retinopathy*

Pada halaman klasifikasi terdapat komponen berupa *axes* yang berfungsi untuk menampilkan gambar yang digunakan sebagai *background* dan *button* (penjelasan) yang berfungsi untuk menampilkan halaman penjelasan *diabetic retinopathy*. Komponen pada halaman klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Komponen halaman klasifikasi *diabetic retinopathy*

Object Name	Properties	Value
Axes	Tag	Axes1 (background)
Button	String Tag	Penjelasan Pushbutton1

Halaman penjelasan menampilkan informasi mengenai penjelasan klasifikasi dari penyakit *diabetic retinopathy*, seperti pada Gambar 3.9. Pada halaman penjelasan terdapat komponen berupa *axes* yang berfungsi untuk menampilkan gambar yang digunakan sebagai *background* dan *button* (kembali) yang berfungsi untuk kembali ke halaman klasifikasi *diabetic retinopathy*. Komponen pada halaman penjelasan dapat dilihat pada Tabel 3.4.



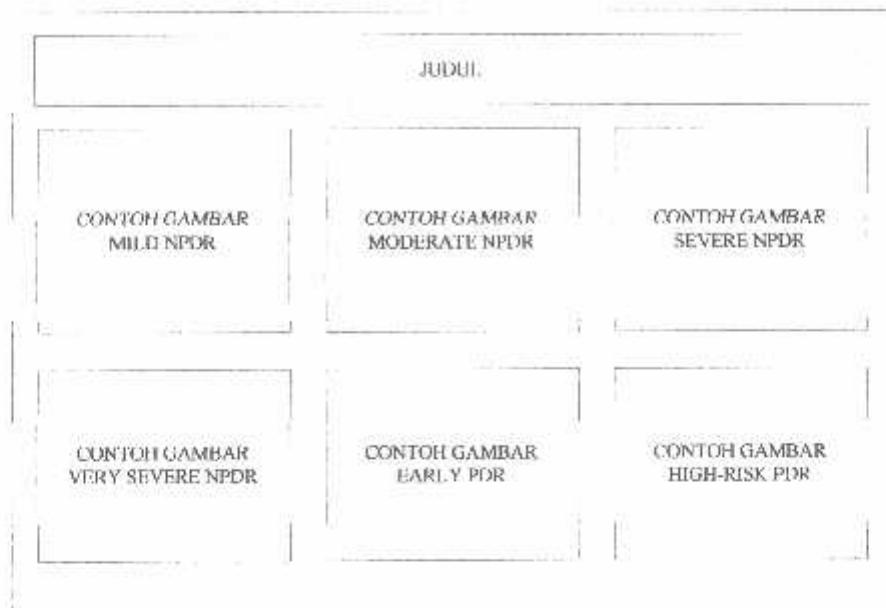
Gambar 3.9 Rancangan halaman penjelasan *diabetic retinopathy*

Tabel 3.4 Komponen halaman penjelasan *diabetic retinopathy*

Object Name	Properties	Value
Axes	Tag	Axes1 (background)
Button	String Tag	Kembali Pushbutton1

3.4.4 Perancangan Halaman Contoh

Halaman contoh menampilkan informasi mengenai gambar contoh dari penyakit *diabetic retinopathy*. Gambar 3.10 menunjukkan rancangan halaman contoh pada sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*.



Gambar 3.10 Rancangan halaman contoh *diabetic retinopathy*

Pada halaman contoh terdapat sebuah komponen berupa *axes* yang berfungsi untuk menampilkan gambar yang digunakan sebagai *background*. Komponen pada halaman contoh dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Komponen halaman contoh *diabetic retinopathy*

Object Name	Properties	Value
Axes	Tag	Axes1 (background)

3.4.5 Perancangan Halaman Deteksi

Halaman deteksi menampilkan citra asal, informasi citra asal (nama dan ukuran panjang x lebar), citra hasil, nilai setiap kriteria dari citra asal (nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool* dan nilai *microaneurysms*) dan hasil klasifikasi. Gambar 3.11 menunjukkan rancangan halaman deteksi pada sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*.



Gambar 3.11 Rancangan halaman deteksi

Pada halaman deteksi terdapat 3 (tiga) komponen, yaitu : *menu editor*, *edit text* dan *axes*. *Menu editor* berfungsi untuk membuat menu, *edit text* berfungsi sebagai *input* ataupun *output* nilai, sedangkan *axes* berfungsi untuk menampilkan gambar yang digunakan sebagai *background*. Komponen pada halaman contoh dapat dilihat pada Tabel 3.6.

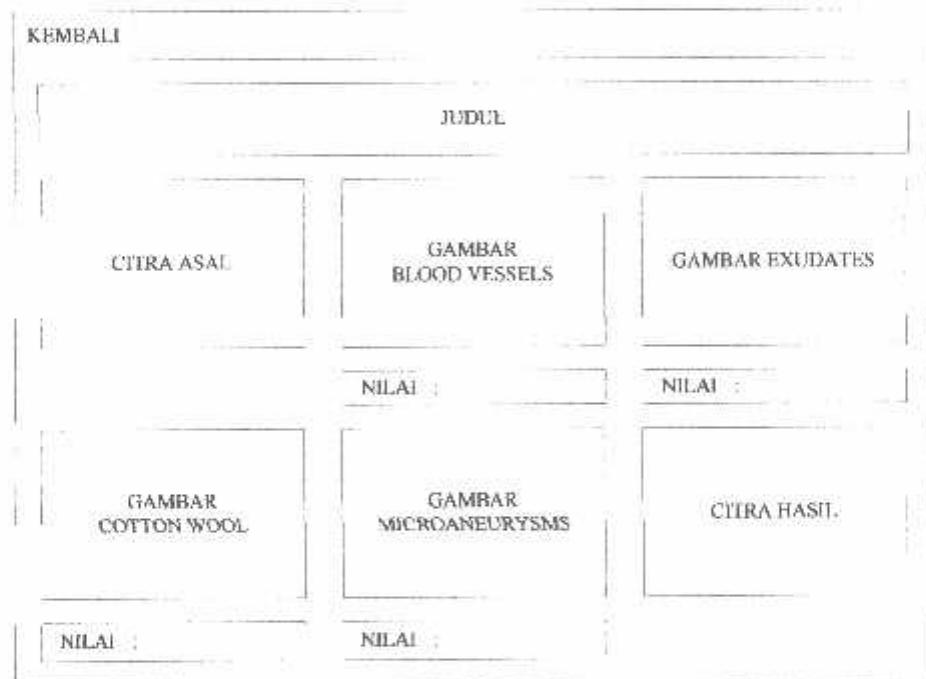
Tabel 3.6 Komponen halaman deteksi

Object Name	Properties	Value
Axes	Tag	Axes1 (background) Axes2 (citra asal) Axes3 (citra hasil)
Menu editor	Label	File : buka citra, reset dan exit Proses : deteksi dan simpan View : deteksi detail
Edit text	Tag	Edit1 (nama gambar) Edit2 (ukuran gambar) Edit3 (nilai blood vessels)

		Edit4 (nilai exudates) Edit5 (nilai cotton wool) Edit6 (nilai microaneurysms) Edit7 (hasil klasifikasi)
--	--	--

3.4.6 Perancangan Halaman Deteksi Detail

Halaman deteksi detail menampilkan citra asal, citra *blood vessels*, nilai *blood vessels*, citra *exudates*, nilai *exudates*, citra *cotton wool*, nilai *cotton wool*, citra *microaneurysms*, nilai *microaneurysms*, citra hasil dan hasil klasifikasi. Gambar 3.12 menunjukkan rancangan halaman deteksi detail pada sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*.



Gambar 3.12 Rancangan halaman deteksi detail

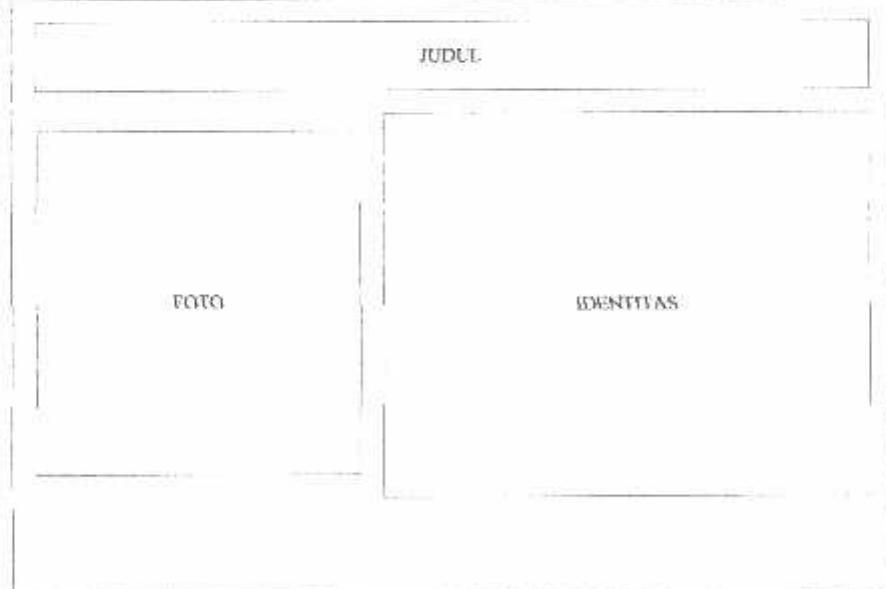
Pada halaman deteksi detail terdapat 3 (tiga) komponen, yaitu : *menu editor*, *edit text* dan *axes*. *Menu editor* berfungsi untuk membuat menu, *edit text* berfungsi sebagai *input* ataupun *output* nilai, sedangkan *axes* berfungsi untuk menampilkan gambar yang digunakan sebagai *background*. Komponen pada halaman contoh dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Komponen halaman deteksi detail

Object Name	Properties	Value
Axes	Tag	Axes1 (background) Axes2 (citra asal) Axes3 (gambar blood vessels) Axes4 (gambar exudates) Axes5 (gambar cotton wool) Axes6 (gambar microaneurysms) Axes7 (citra hasil)
Menu editor	Label	Kembali
Edit text	Tag	Edit1 (nilai blood vessels) Edit2 (nilai exudates) Edit3 (nilai cotton wool) Edit4 (nilai microaneurysms)

3.4.7 Perancangan Halaman Tentang Kami

Halaman tentang kami menampilkan informasi mengenai identitas pembuat aplikasi. Gambar 3.13 menunjukkan rancangan halaman tentang kami pada sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy*.



Gambar 3.13 Rancangan halaman tentang kami

Pada halaman tentang kami terdapat sebuah komponen berupa *axes* yang berfungsi untuk menampilkan gambar yang digunakan sebagai *background*. Komponen pada halaman contoh dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Komponen halaman tentang kami

Object Name	Properties	Value
Axes	Tag	Axes1 (background)

BAB IV

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Kebutuhan Sistem

Kebutuhan sistem yang akan digunakan dalam pembuatan sistem deteksi *diabetic retinopathy* ini terbagi menjadi dua macam, yaitu *software* (perangkat lunak) dan *hardware* (perangkat keras), dimana keduanya saling mendukung satu sama lain.

4.1.1 *Software*

Adapun perangkat lunak yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem deteksi *diabetic retinopathy* meliputi:

1. MATLAB versi 7.7.0.471 (R2008b).
2. Notepad.

4.1.2 *Hardware*

Sedangkan perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan sistem deteksi *diabetic retinopathy* meliputi:

1. AMD Dual-Core Processor C-60 (1.0 GHz, Cache 1MB).
2. Memory RAM 2 GB DDR3 .
3. Kapasitas Harddisk 320 GB Serial ATA 5400 RPM.
4. VGA AMD® Radeon HD 6290.
5. Monitor 11.6" WXGA LED dengan resolusi 1366 x 768.
6. Sistem operasi sebagai penghubung perangkat lunak dan perangkat keras dalam pembuatan sistem deteksi *diabetic retinopathy*, menggunakan sistem operasi *Microsoft Windows Seven Starter*.

4.2 Implementasi

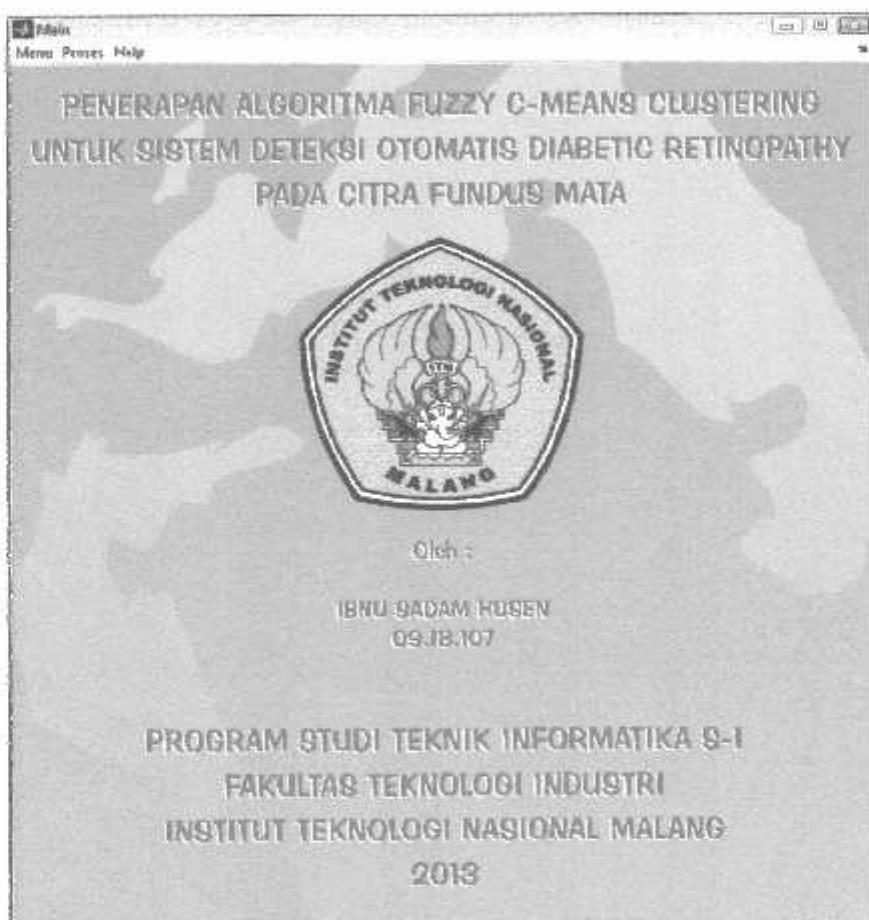
Pada tahapan implementasi akan dibahas mengenai implementasi sistem dari perancangan sistem yang telah dibuat sebelumnya. Terdiri dari implementasi user interface dan implementasi program.

4.2.1 Implementasi *User Interface*

Implementasi *user interface* (antarmuka pengguna) sistem deteksi *diabetic retinopathy* ini mempunyai 7 (tujuh) halaman.

4.2.1.1 Implementasi Halaman Utama

Halaman utama merupakan halaman yang pertama kali tampil pada saat menggunakan sistem deteksi *diabetic retinopathy*. Halaman utama sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



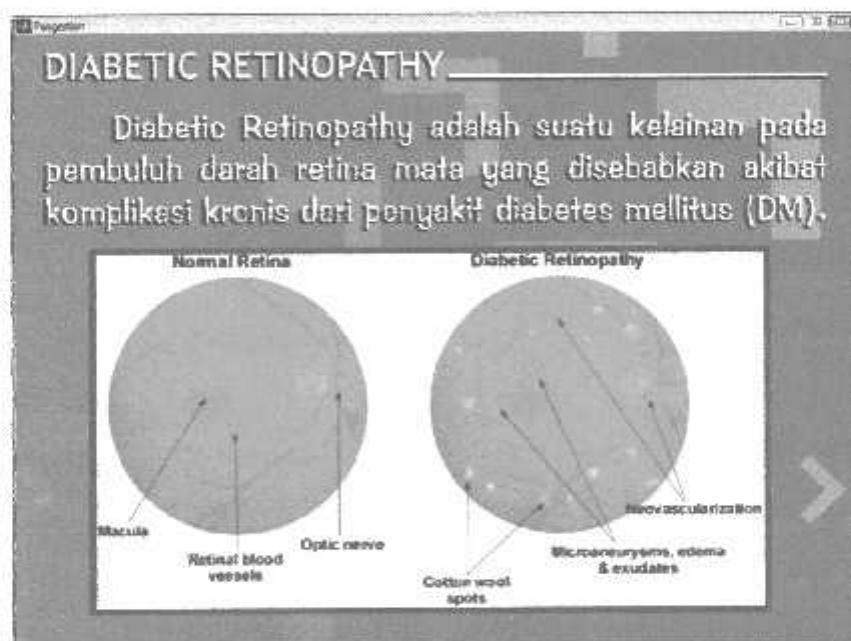
Gambar 4.1 Halaman utama sistem deteksi *diabetic retinopathy*

Pada halaman utama sistem deteksi *diabetic retinopathy* terdapat beberapa menu utama, antara lain :

1. Menu, berfungsi untuk menampilkan halaman *diabetic retinopathy* (halaman pengertian, halaman klasifikasi dan halaman contoh).
2. Proses, berfungsi untuk menampilkan halaman proses deteksi *diabetic retinopathy*.
3. Help, berfungsi untuk menampilkan halaman tentang kami.

4.2.1.2 Implementasi Halaman Pengertian

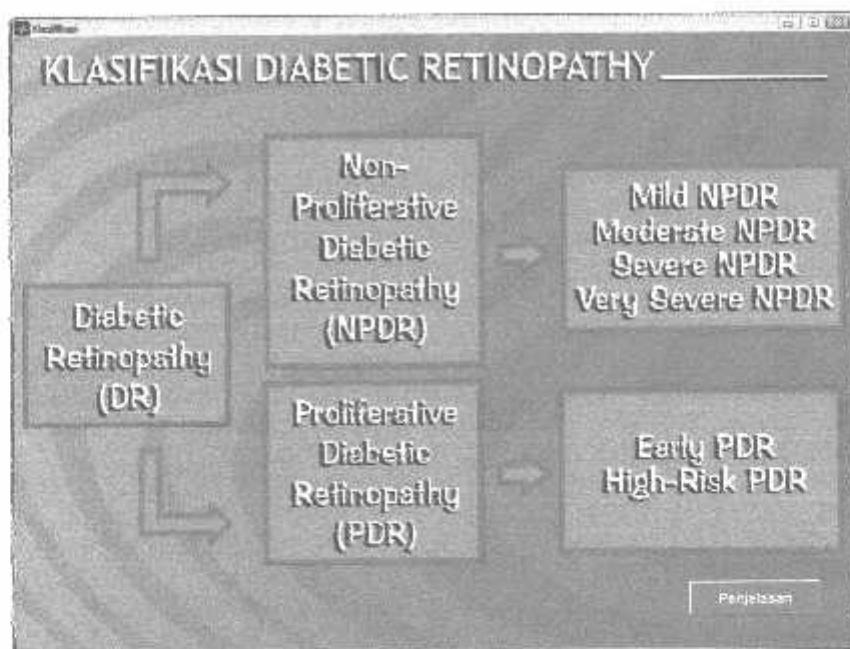
Halaman pengertian menampilkan informasi tentang pengertian dari penyakit *diabetic retinopathy* beserta contoh gambar perbedaan antara retina orang normal dengan retina orang yang menderita penyakit *diabetic retinopathy*. Halaman pengertian pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Halaman pengertian sistem deteksi *diabetic retinopathy*

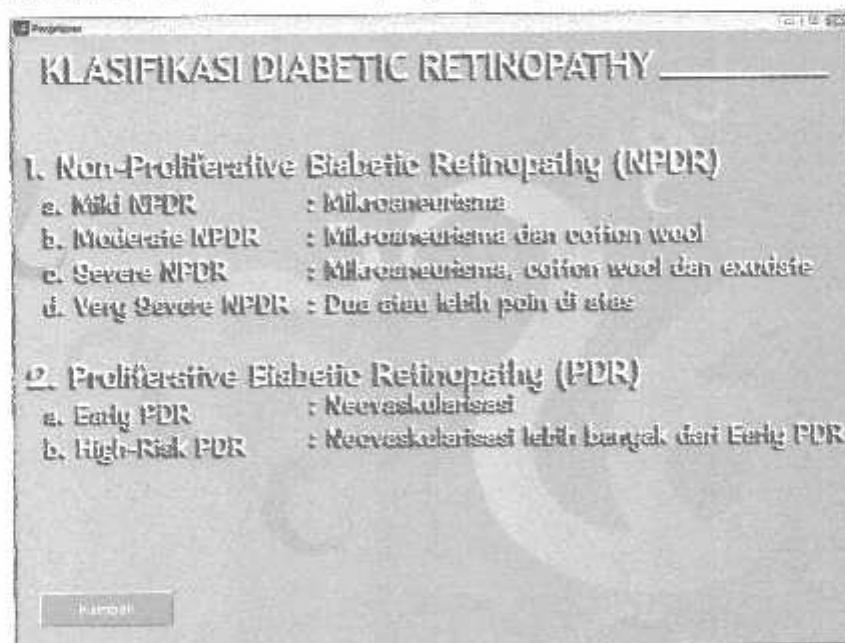
4.2.1.3 Implementasi Halaman Klasifikasi

Halaman klasifikasi menampilkan informasi tentang klasifikasi dari penyakit *diabetic retinopathy*. Halaman klasifikasi pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Halaman klasifikasi sistem deteksi *diabetic retinopathy*

Pada halaman klasifikasi sistem deteksi *diabetic retinopathy* terdapat sebuah *button* (*button* penjelasan), bersfungsi untuk menampilkan halaman penjelasan klasifikasi *diabetic retinopathy*, seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Halaman penjelasan klasifikasi sistem deteksi *diabetic retinopathy*

Pada halaman penjelasan klasifikasi sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy* terdapat sebuah *button* (*button* kembali), berfungsi untuk kembali halaman klasifikasi *diabetic retinopathy*, seperti pada Gambar 4.3.

4.2.1.4 Implementasi Halaman Contoh

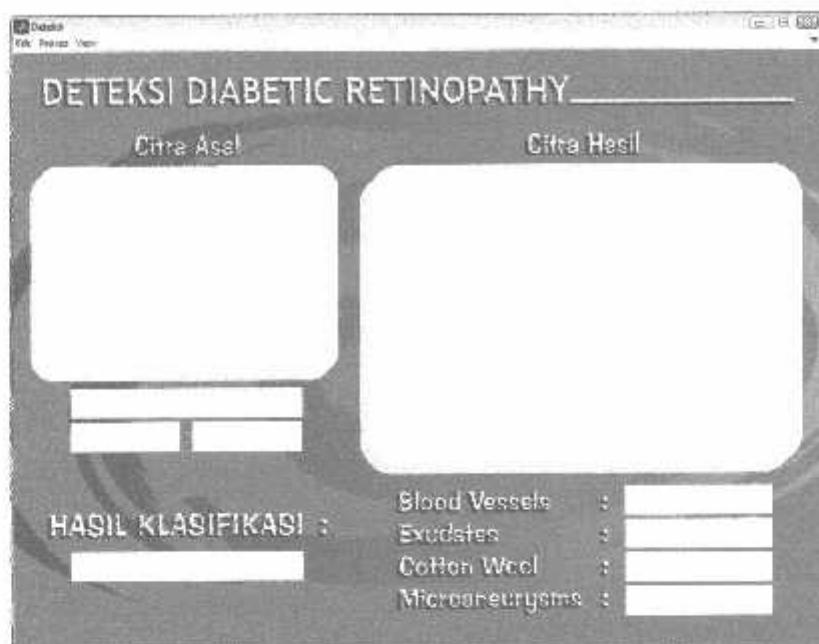
Halaman contoh menampilkan contoh-contoh gambar penyakit *diabetic retinopathy* sesuai dengan masing-masing klasifikasinya. Halaman contoh pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Halaman contoh sistem deteksi *diabetic retinopathy*

4.2.1.5 Implementasi Halaman Deteksi

Halaman deteksi menampilkan citra asal, informasi citra asal (nama dan ukuran panjang x lebar), citra hasil, nilai setiap kriteria dari citra asal (nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool* dan nilai *microaneurysms*) dan hasil klasifikasi. Halaman deteksi pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Halaman deteksi sistem deteksi *diabetic retinopathy*

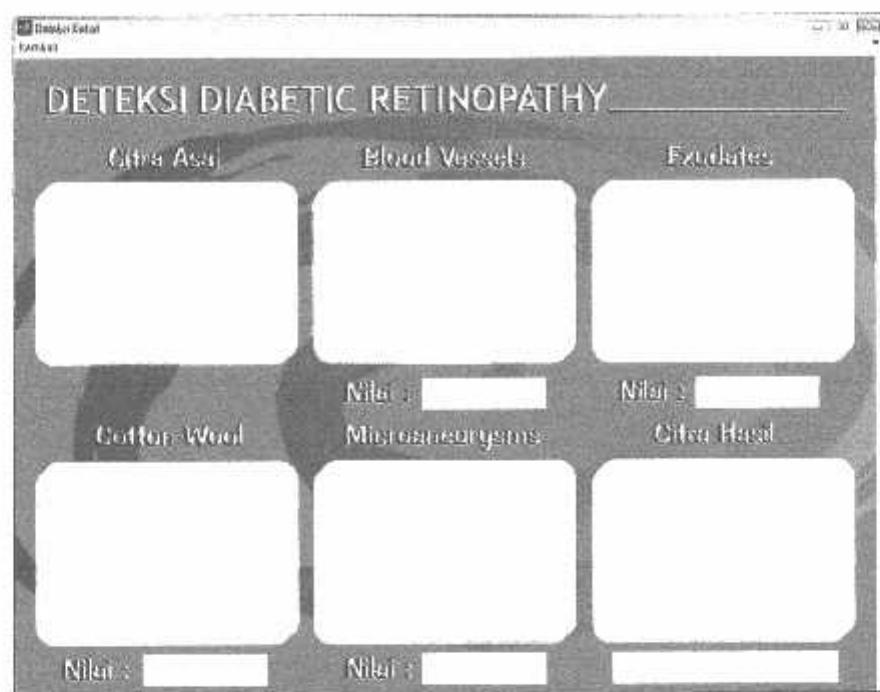
Pada halaman deteksi sistem deteksi *diabetic retinopathy* terdapat beberapa menu utama, antara lain :

1. *File*, berfungsi untuk membuka citra asal, melakukan *reset* dan *exit*.
2. *Proses*, berfungsi untuk proses deteksi *diabetic retinopathy* dan proses simpan citra hasil beserta nilai setiap kriteria dari citra asal (nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool* dan nilai *microaneurysms*).
3. *View*, berfungsi untuk menampilkan halaman proses detail.

4.2.1.6 Implementasi Halaman Deteksi Detail

Halaman deteksi detail menampilkan citra asal, citra *blood vessels*, nilai *blood vessels*, citra *exudates*, nilai *exudates*, citra *cotton wool*, nilai *cotton wool*, citra *microaneurysms*, nilai *microaneurysms*, citra hasil dan hasil klasifikasi. Halaman proses detail pada sistem deteksi *diabetic retinopathy* dapat dilihat pada Gambar 4.7.

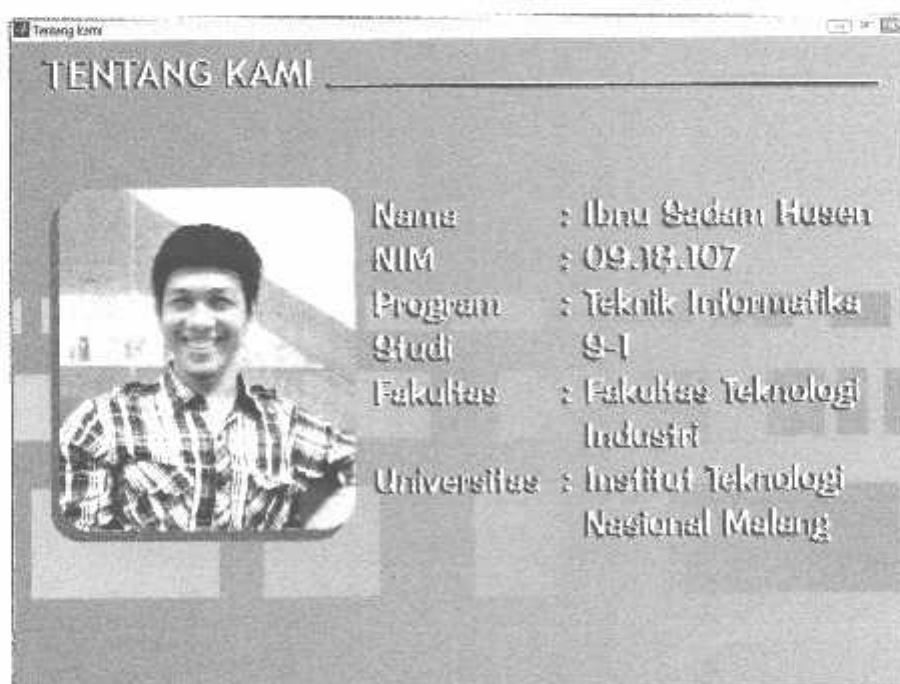
Pada halaman deteksi detail sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy* terdapat sebuah menu (menu kembali), berfungsi untuk kembali halaman proses *diabetic retinopathy*, seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.7 Halaman deteksi detail sistem deteksi *diabetic retinopathy*

4.2.1.7 Implementasi Halaman Tentang Kami

Halaman tentang kami menampilkan identitas pembuat aplikasi. Gambar 4.8 menunjukkan halaman tentang kami pada sistem deteksi *diabetic retinopathy*.



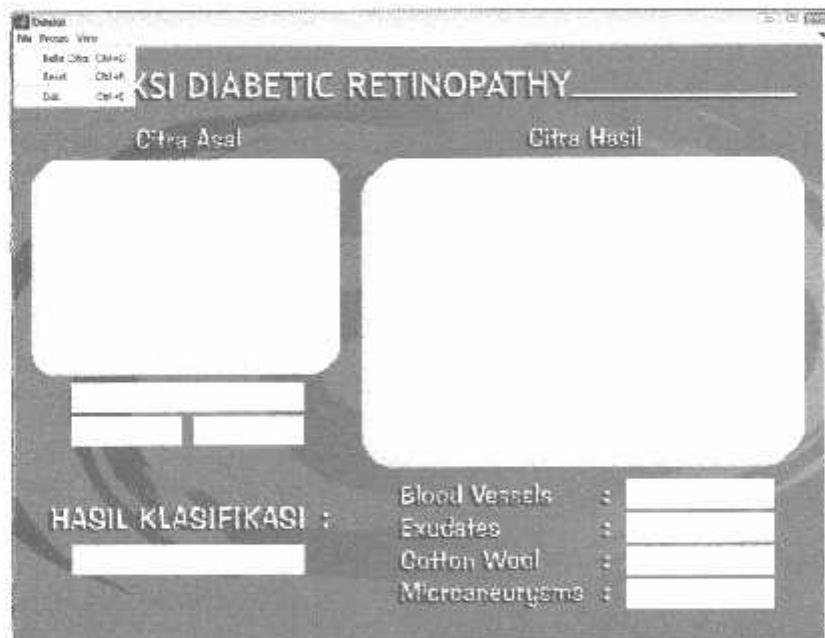
Gambar 4.8 Halaman tentang kami sistem deteksi *diabetic retinopathy*

4.2.2 Implementasi Program

Implementasi program sistem deteksi *diabetic retinopathy* terdapat pada halaman proses, dapat dilihat pada Gambar 4.6. Diawali dari proses buka citra. Selanjutnya proses deteksi penyakit *diabetic retinopathy* pada citra input yang kemudian diklasifikasikan menggunakan metode *fuzzy c-means clustering* ke dalam jenis *diabetic retinopathy*. Terakhir proses penyimpanan citra hasil deteksi dan nilai masing-masing kriteria (nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool* dan nilai *microaneurysms*) yang terdeteksi pada citra input.

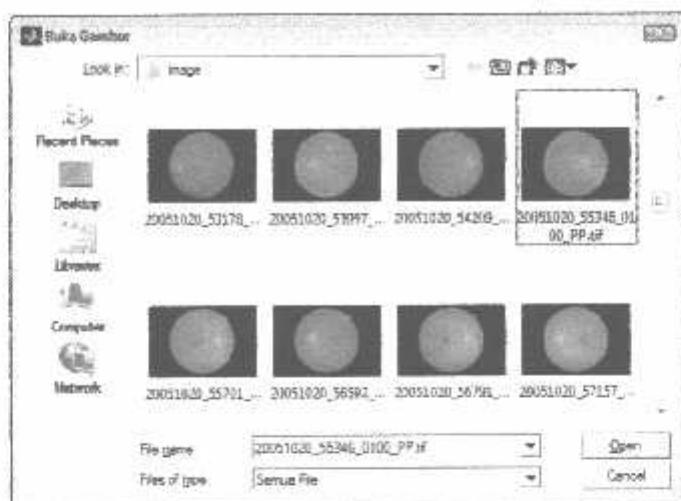
4.2.2.1 Implementasi Proses Buka Citra

Proses buka citra merupakan proses awal dalam melakukan deteksi *diabetic retinopathy*. Dengan memilih submenu buka citra pada menu *file* yang ada pada halaman proses. *File* - Buka Citra (Ctrl + O). Seperti pada gambar 4.9.

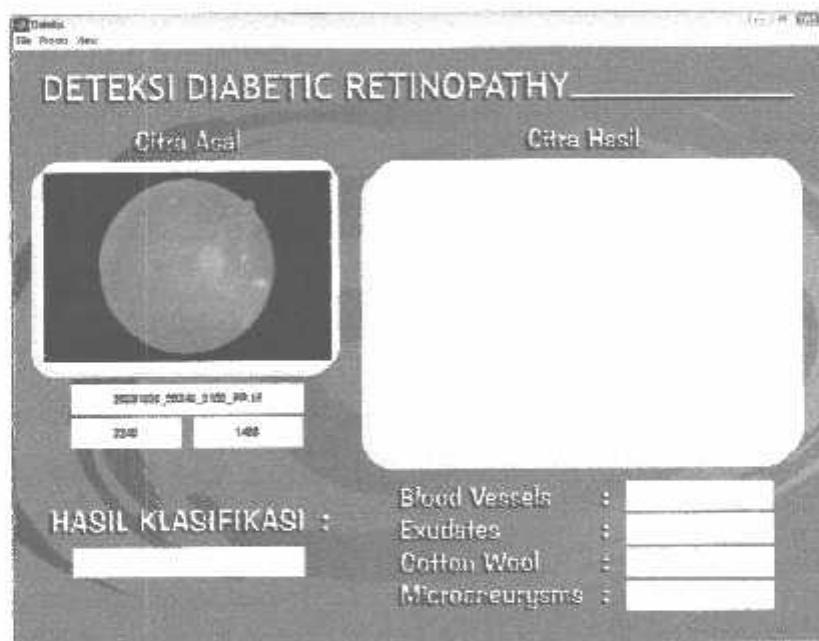


Gambar 4.9 Submenu buka citra pada halaman deteksi

Selanjutnya *user* dapat memilih citra input dari media penyimpanan, seperti pada Gambar 4.10. Sistem akan menampilkan citra input yang dipilih *user* disertai nama dan ukuran (panjang x lebar), seperti pada Gambar 4.11.



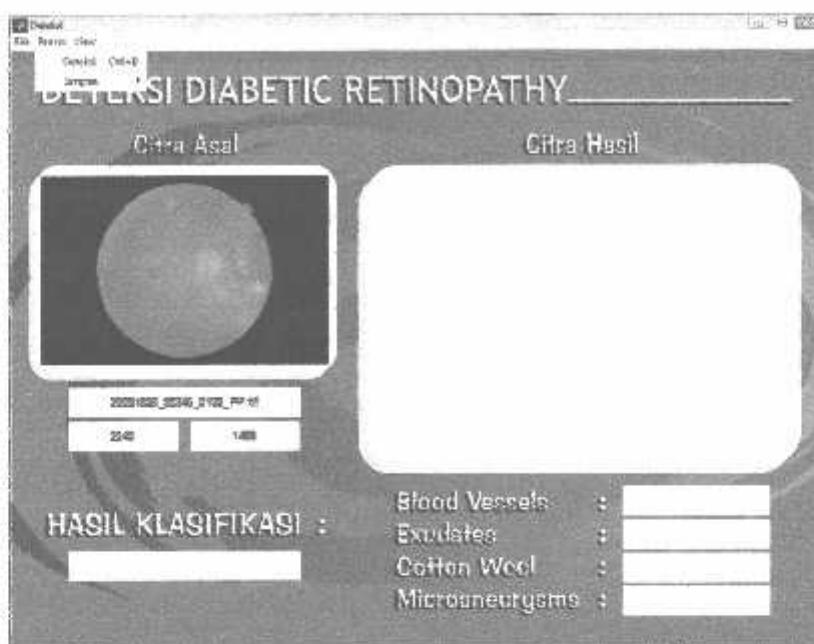
Gambar 4.10 Proses buka citra



Gambar 4.11 Tampilan proses buka citra

4.2.2.2 Implementasi Proses Deteksi

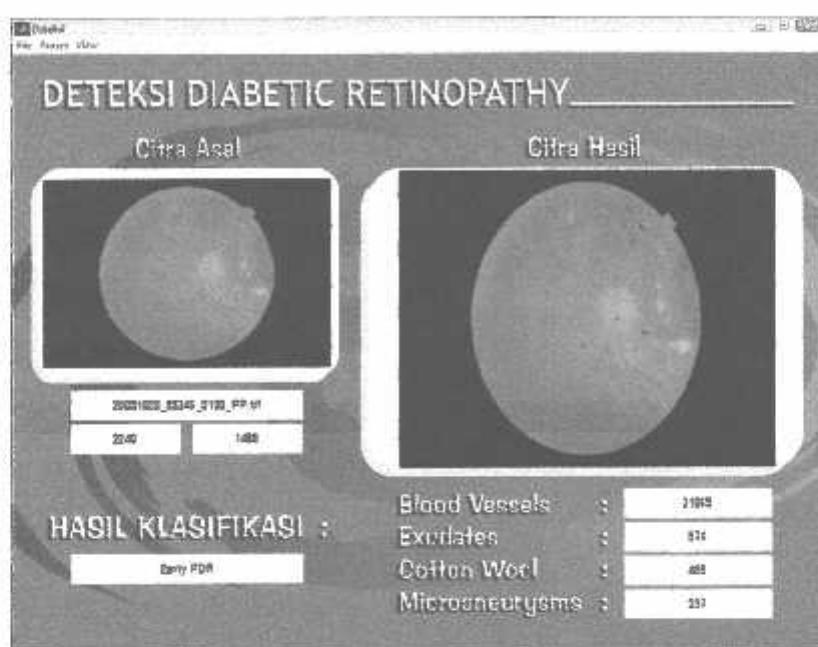
Implementasi proses deteksi dengan memilih submenu deteksi pada menu proses yang ada pada halaman proses. Proses - Deteksi (Ctrl + D). Seperti pada gambar 4.12.



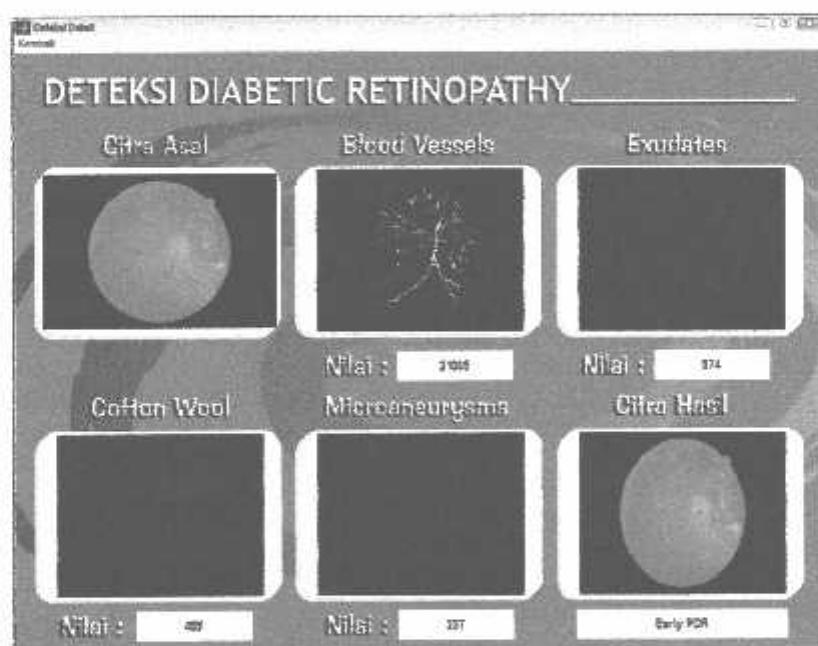
Gambar 4.12 Submenu deteksi pada halaman deteksi

Proses deteksi *diabetic retinopathy* diawali dengan proses *preprocessing* (*resize*, *grayscale* dan *adjust*). Kemudian proses segmentasi, untuk memperoleh nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool* dan nilai *microaneurysms*. Selanjutnya proses *classification* menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering*, melakukan cluster dari nilai setiap tanda yang sudah diperoleh pada proses segmentasi. Terakhir adalah proses *postprocessing*, bertujuan untuk mendapatkan hasil klasifikasi dari proses *classification* yang dinyatakan dalam 7 (tujuh) *grade*. Setiap proses klasifikasi akan diperoleh derajat keanggotaan dalam setiap *grade*, namun dipilih derajat keanggotaan yang paling besar dari ketujuh *grade* tersebut.

Hasil proses deteksi akan ditampilkan pada halaman deteksi sedangkan hasil dari setiap tahapan proses deteksi akan ditampilkan pada halaman deteksi detail. Masing-masing hasil proses deteksi dan hasil proses deteksi detail dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.



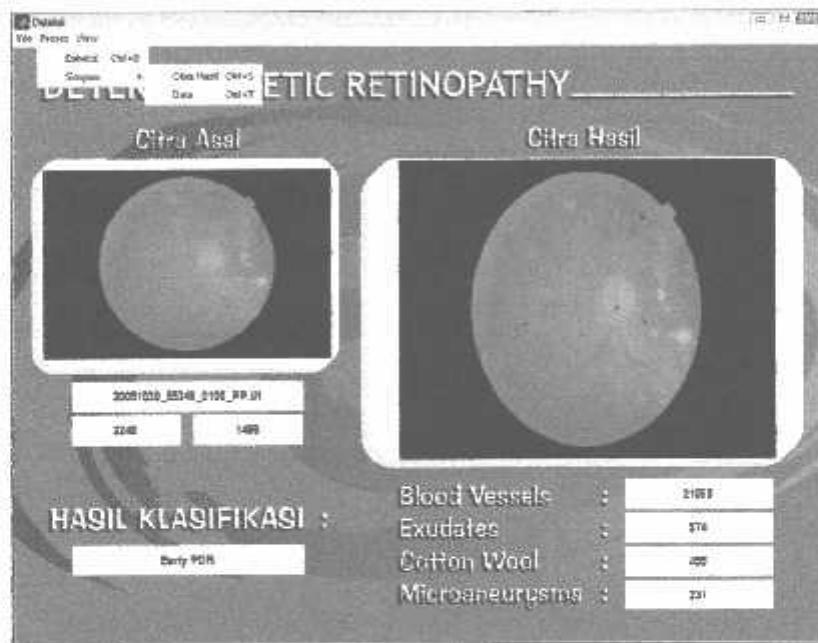
Gambar 4.13 Hasil proses deteksi pada halaman deteksi



Gambar 4.14 Hasil setiap tahapan proses deteksi pada halaman deteksi detail

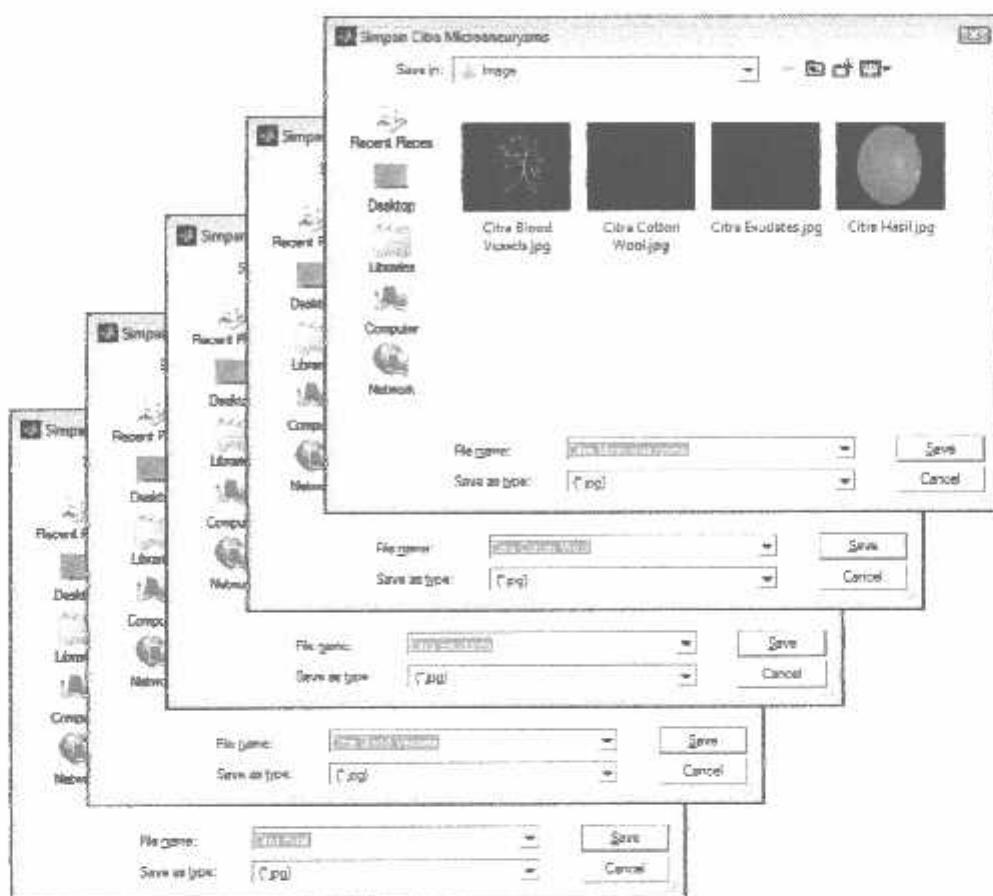
4.2.2.3 Implementasi Proses Simpan

Proses simpan sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy* terbagi menjadi 2 (dua), yaitu : proses simpan citra hasil (citra *blood vessels*, citra *exudates*, citra *cotton wool* dan citra *microaneurysms*) dan proses simpan data (nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool* dan nilai *microaneurysms*). Implementasi proses simpan dengan memilih submenu simpan pada menu proses yang ada pada halaman proses. Proses - Simpan - Citra Hasil (Ctrl + D) untuk menyimpan citra hasil. Sedangkan Proses - Simpan - Data (Ctrl + T). Seperti pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Submenu simpan pada halaman deteksi

Proses simpan citra hasil merupakan proses menyimpan citra hasil deteksi, meliputi : citra hasil, citra *blood vessels*, citra *exudates*, citra *cotton wool* dan citra *microaneurysms*. Gambar 4.16 menunjukkan proses simpan citra hasil pada sistem deteksi *diabetic retinopathy*.



Gambar 4.16 Proses simpan citra hasil

Proses simpan data merupakan proses menyimpan data hasil deteksi, meliputi : nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool*, nilai *microaneurysms* dan hasil klasifikasi. Gambar 4.17 menunjukkan proses simpan citra hasil pada sistem deteksi *diabetic retinopathy*.



Gambar 4.17 Proses simpan data

Data yang disimpan tersebut bcr-format .txt dan berada pada direktori di mana aplikasi tersimpan. Gambar 4.18 menunjukkan isi dari data hasil deteksi.

```

F:\Semester 8\PROJECT\Data_2013-07-20.txt - Notepad++
File Edit Search View Encoding Language Settings Macro Run Plugins Window I X
Data_2013-07-20.txt

Nama File : Data_2013-07-20.txt
Direktori : F:\Semester 8\PROJECT\Image\
Tanggal : 2013-07-20

Nama Citra : 10051020_55346_0100_PP.tif
Nilai Blood Vessels : 21065
Nilai Exudates : 574
Nilai Cotton Wool : 455
Nilai Microaneurysms : 237
Hasil Klasifikasi : Early PDR

length:657 lines:Ln:16 Col:1 Sel:0|0 Dos\Windows ANSI TNS

```

Gambar 4.18 Data hasil deteksi

4.3 Pengujian

Setelah tahapan implementasi, tahapan selanjutnya adalah tahapan pengujian sistem deteksi *diabetic retinopathy* yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan hasil klasifikasi yang dihasilkan oleh sistem deteksi *diabetic retinopathy*.

Data yang digunakan dalam tahapan pengujian terbagi menjadi 2 (dua), data hasil *training* dan data uji. Data tersebut berasal dari *dataset* MESSIDOR yang diunduh dari <http://messidor.crihan.fr/>. Dari *database* tersebut diperoleh citra fundus mata dengan format *Tagged Image File Format (.tif)* sebanyak 100 citra yang akan dijadikan sebagai data uji. Selain itu juga didapatkan hasil klasifikasi 100 citra yang dilakukan oleh salah satu rumah sakit di Paris, Prancis atau *Ophthalmology Department* yang bernama *Service Ophthalmology - Hospital Lariboisiere*. Hasil klasifikasi dinyatakan dalam beberapa *grade*, antara lain : *grade 1* adalah mata normal, *grade 2* adalah mata *mild NPDR*, *grade 3* adalah mata *moderate NPDR*, *grade 4* adalah mata *severe NPDR*, *grade 5* adalah mata *very severe NPDR*, *grade 6* adalah mata *early PDR* dan *grade 7* adalah mata *high-risk PDR*. Tabel 4.1 menunjukkan jumlah data setiap klasifikasi *diabetic retinopathy* dari *Service Ophthalmology - Hospital Lariboisiere*.

Tabel 4.1 Jumlah data setiap klasifikasi *diabetic retinopathy* hospital lariboisiere

No	Diabetic Retinopathy	Nama Klasifikasi	Grade	Jumlah Citra
1	Normal	Mata normal	1	5
2	<i>Non-Proliferative Diabetic Retinopathy</i> (NPDR)	Mata <i>mild</i> NPDR	2	16
3		Mata <i>moderate</i> NPDR	3	22
4		Mata <i>severe</i> NPDR	4	30
5		Mata <i>very severe</i> NPDR	5	13
6	<i>Proliferative Diabetic Retinopathy</i> (PDR)	Mata <i>early</i> PDR	6	10
7		Mata <i>high-risk</i> PDR	7	4

Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan *grade* dari hasil klasifikasi setiap data uji yang dihasilkan oleh sistem deteksi *diabetic retinopathy* yang telah dibuat dengan hasil klasifikasi dari *Hospital Lariboisiere*. Proses pengujian dilakukan dalam beberapa kali perulangan guna diperoleh hasil akurasi yang maksimal. Hasil akurasi dalam tahapan pengujian dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini :

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data uji yang bernilai sama}}{\text{Jumlah data uji}} \times 100\% \dots \quad (4-1)$$

Misal pada citra 20051019_38557_0100_PP.tif, dengan nilai *blood vessels*, *exudates*, *cotton wool* dan *microaneurysms* berturut-turut 23.959, 0, 0 dan 231, seperti pada Gambar 4.19. Dengan algoritma *fuzzy c-means clustering* citra tersebut terdeteksi penyakit *diabetic retinopathy* ke dalam kelas *very severe NPDR* (grade 5). Hasil klasifikasi tersebut diperoleh berdasarkan kecenderungan suatu data untuk masuk pada *cluster* tertentu, ditentukan dari derajat keanggotaan yang terbesar dalam setiap *cluster*.

```

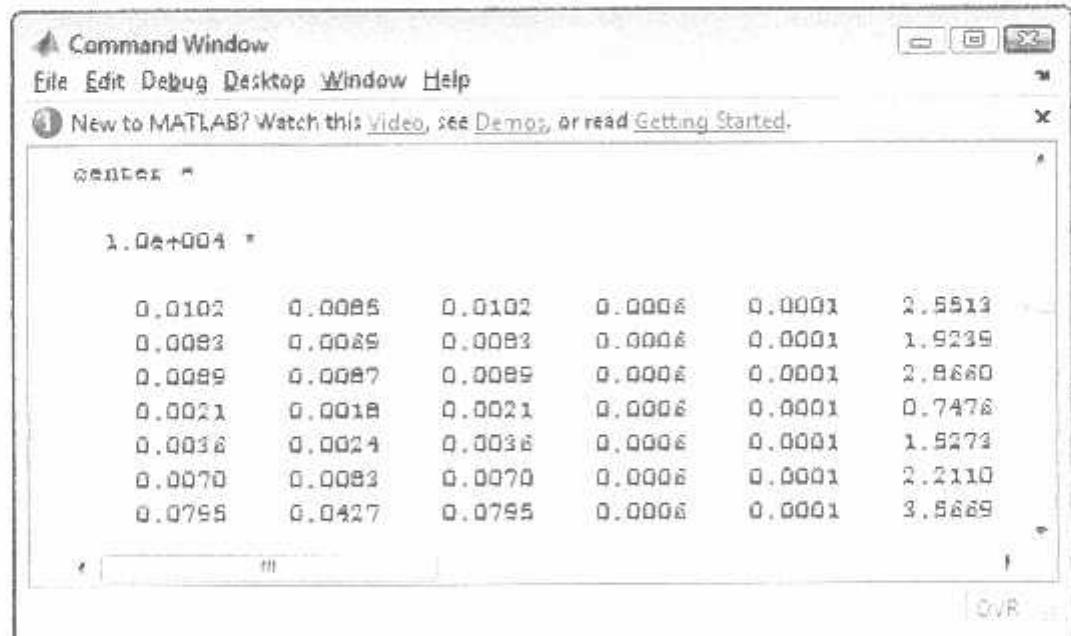
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this video, see Demos, or
noma2112 =
20051019_28587_0100_PP.m
BV_area =
23555
RX_area =
0
CW_area =
0
MIC_area =
231

```

Gambar 4.19 Nilai *blood vessels*, *exudates*, *cotton wool* dan *microaneurysms*

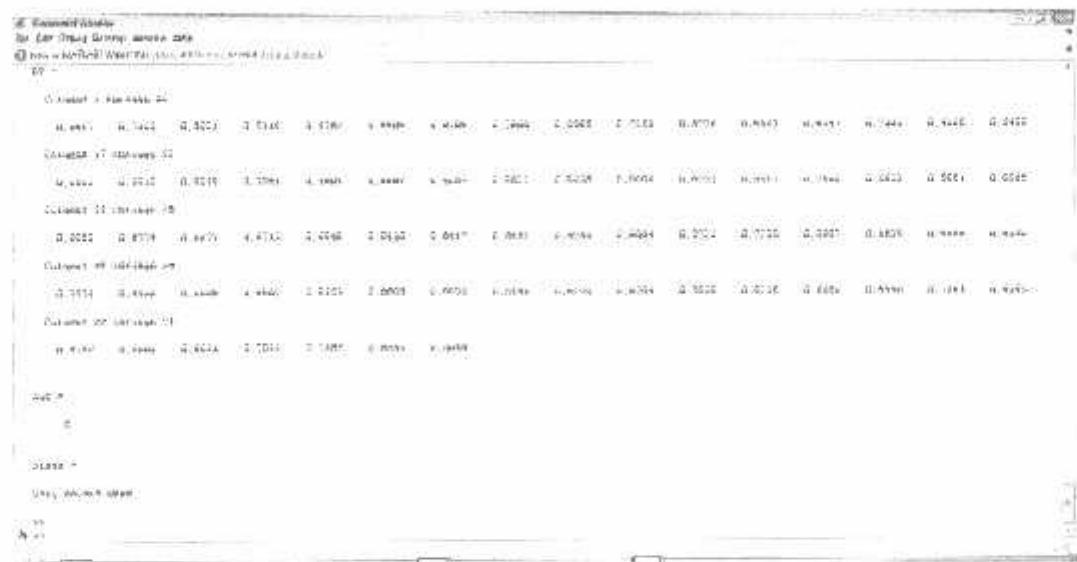
Langkah-langkah algoritma *fuzzy c-means clustering* diawali dengan membentuk matriks partisi awal U^0 (derajat keanggotaan dalam setiap *cluster*), dipilih secara acak. Jumlah setiap kolom pada matriks U^0 harus sama dengan 1. Selanjutnya menghitung pusat *cluster* menggunakan persamaan (2-5). Langkah berikutnya adalah memperbaiki matriks partisi menggunakan persamaan (2-6). Langkah tersebut akan diulang terus menerus hingga mencapai iterasi maksimum, jika iterasi sudah mencapai maksimum maka proses tersebut akan dihentikan. Gambar 4.20 dan Gambar 4.21 menunjukkan matriks partisi dan pusat *cluster* pada iterasi maksimum.

Gambar 4.20 Matriks partisi



Gambar 4.21 Pusat cluster

Dari matriks partisi yang telah diperoleh (Gambar 4.20), dapat dilihat kecenderungan suatu data untuk masuk pada *cluster* tertentu berdasarkan derajat keanggotaan terbesar dalam setiap *cluster*. Citra 20051019_38557_0100_PP.tif cenderung masuk ke dalam grade 5 (lima), yaitu kelas *very severe* NPDR dengan derajat keanggotaan 0.5018, seperti pada Gambar 4.22.

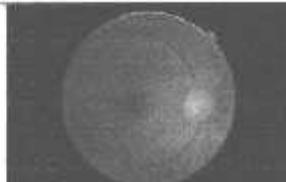


Gambar 4.22 Hasil klasifikasi

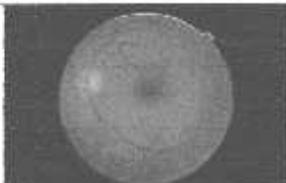
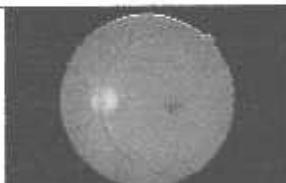
Hasil pengujian seluruh data dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian

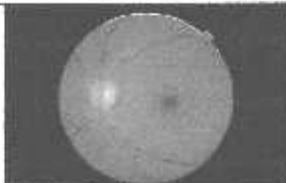
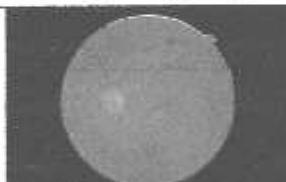
No	Nama Gambar (.tif)	Nilai				Klasifikasi (grade)		Hasil
		BV	EX	CW	MIC	RS	Sistem	
1		23959	0	0	231	5	5	Sama
	20051019_38557_0100_PP.tif							

2		19718	11	0	76	3	3	Sama
	20051020_43808_0100_PP.tif							
3		19289	0	0	54	3	3	Sama
	20051020_43832_0100_PP.tif							
4		25864	0	0	23	4	4	Sama
	20051020_43882_0100_PP.tif							
5		24991	0	0	39	4	4	Sama
	20051020_43906_0100_PP.tif							
6		21876	62	22	94	5	5	Sama
	20051020_44261_0100_PP.tif							
7		21158	86	35	21	4	4	Sama
	20051020_44284_0100_PP.tif							

8		21987	0	0	67	4	4	Sama
	20051020_44338_0100_PP.tif							
9		21656	4	0	102	5	5	Sama
	20051020_44349_0100_PP.tif							
10		19386	0	0	16	3	3	Sama
	20051020_44400_0100_PP.tif							
11		16674	0	0	50	2	2	Sama
	20051020_44431_0100_PP.tif							
12		16170	115	121	111	2	2	Sama
	20051020_44598_0100_PP.tif							
13		20371	0	0	130	3	3	Sama
	20051020_44636_0100_PP.tif							

14		9247	0	0	11	1	1	Sama
15		23541	0	2	40	4	4	Sama
16		23308	0	0	36	4	4	Sama
17		18331	0	0	48	3	3	Sama
18		17304	775	633	417	3	3	Sama
19		22406	75	18	84	4	4	Sama

20		24113	102	52	120	5	5	Sama
21		22695	0	0	20	4	4	Sama
22		21907	0	0	34	4	4	Sama
23		22607	228	216	259	6	6	Sama
24		20269	44	0	180	4	4	Sama
25		35629	10	0	665	7	7	Sama

26		34371	983	850	227	7	7	Sama
27		27380	0	0	110	6	6	Sama
28		26256	463	249	194	5	5	Sama
29		28951	550	380	151	7	7	Sama
30		5387	64	42	17	4	1	Tidak Sama
31		24900	1001	811	305	6	6	Sama

32		21065	574	455	237	4	4	Sama
	20051020_55346_0100_PP.tif							
33		22935	0	0	85	3	4	Tidak Sama
	20051020_55701_0100_PP.tif							
34		20436	0	0	112	3	4	Tidak Sama
	20051020_56592_0100_PP.tif							
35		25208	0	0	10	3	4	Tidak Sama
	20051020_56791_0100_PP.tif							
36		26139	0	0	55	4	4	Sama
	20051020_57157_0100_PP.tif							
37		27296	174	109	141	6	6	Sama
	20051020_57566_0100_PP.tif							

38		27871	124	91	199	6	6	Sama
	20051020_57622_0100_PP.tif							
39		15192	12	0	68	2	2	Sama
	20051020_57761_0100_PP.tif							
40		11340	2	0	30	1	1	Sama
	20051020_57844_0100_PP.tif							
41		12642	0	0	53	1	1	Sama
	20051020_57967_0100_PP.tif							
42		16303	4	0	72	2	2	Sama
	20051020_58065_0100_PP.tif							
43		26460	51	0	155	5	5	Sama
	20051020_58214_0100_PP.tif							

44		27888	7	0	50	4	4	Sama
	20051020_58276_0100_PP.tif							
45		14527	0	0	181	2	2	Sama
	20051020_61557_0100_PP.tif							
46		21547	0	0	69	5	5	Sama
	20051020_61757_0100_PP.tif							
47		20639	0	0	43	3	3	Sama
	20051020_61804_0100_PP.tif							
48		17729	47	37	93	3	3	Sama
	20051020_61907_0100_PP.tif							
49		6559	0	0	52	2	2	Sama
	20051020_61998_0100_PP.tif							

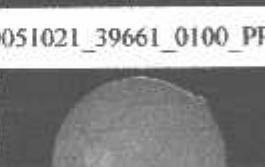
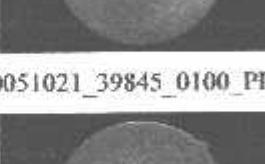
50		6833	1	0	100	2	2	Sama
51		18452	57	17	162	3	3	Sama
52		20215	45	25	197	4	4	Sama
53		24820	13	0	71	4	4	Sama
54		26562	0	0	108	5	5	Sama
55		24041	0	0	25	4	4	Sama

56		26109	0	0	44	4	4	Sama
57		22460	211	191	242	6	6	Sama
58		17692	18	0	237	4	4	Sama
59		20245	0	0	134	4	4	Sama
60		18092	0	0	37	3	3	Sama
61		14457	98	84	58	2	2	Sama

68		23687	0	0	95	4	4	Sama
69		23624	0	0	157	4	4	Sama
70		22227	0	0	69	4	4	Sama
71		20615	63	35	193	4	4	Sama
72		17242	9	0	20	3	3	Sama
73		17881	0	0	103	3	3	Sama

74		20051020_64775_0100_PP.tif	13822	209	192	24	2	1	Tidak Sama
75		20051020_64836_0100_PP.tif	13495	52	40	41	2	2	Sama
76		20051020_64945_0100_PP.tif	23261	0	0	39	1	4	Tidak Sama
77		20051020_64993_0100_PP.tif	18346	5	0	100	3	3	Sama
78		20051020_65166_0100_PP.tif	4918	0	0	52	2	2	Sama
79		20051020_65230_0100_PP.tif	7352	0	0	27	1	1	Sama

80		17898	29	16	141	3	3	Sama
	20051021_36097_0100_PP.tif							
81		19302	0	0	238	6	6	Sama
	20051021_36208_0100_PP.tif							
82		22026	0	0	133	5	5	Sama
	20051021_36380_0100_PP.tif							
83		24496	7	0	92	4	4	Sama
	20051021_36476_0100_PP.tif							
84		20897	958	834	58	5	4	Tidak Sama
	20051021_39222_0100_PP.tif							
85		20533	148	123	174	4	4	Sama
	20051021_39314_0100_PP.tif							

86		14990	1	1	143	2	2	Sama
87		16497	0	0	83	2	2	Sama
88		30315	46	38	43	6	6	Sama
89		30663	88	36	121	6	6	Sama
90		20565	0	0	79	3	3	Sama
91		21613	222	222	22	4	4	Sama

92		19732	0	0	37	3	3	Sama
	20051021_40018_0100_PP.tif							
93		20653	0	0	61	4	4	Sama
	20051021_40074_0100_PP.tif							
94		11503	0	2	70	2	2	Sama
	20051021_40180_0100_PP.tif							
95		20409	0	0	61	3	3	Sama
	20051021_40248_0100_PP.tif							
96		30499	70	70	129	6	6	Sama
	20051021_40377_0100_PP.tif							
97		29383	0	0	506	7	7	Sama
	20051021_40450_0100_PP.tif							

98		18136	0	0	35	3	3	Sama
99		7258	0	0	110	2	2	Sama
100		24344	0	0	55	4	4	Sama

Keterangan : BV = *Blood Vessels*

EX = *Exudates*

CW = *Cotton Wool*

MIC = *Microaneurysms*

RS = Rumah Sakit

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 4.2 terlihat bahwa nilai akurasi sistem deteksi *diabetic retinopathy* citra fundus mata menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* ini cukup tinggi. Dari 100 citra uji yang dilakukan deteksi *diabetic retinopathy* dan dilakukan perbandingan terhadap hasil klasifikasi dari *Hospital Lariboisiere* menghasilkan sebanyak 93 citra uji bernilai sama dengan hasil klasifikasi dari *Hospital Lariboisiere*. Sedangkan 7 citra uji menghasilkan nilai yang tidak sama dengan hasil klasifikasi dari *Hospital Lariboisiere*. Dengan menggunakan Persamaan (4-1) akurasi dari sistem deteksi *diabetic retinopathy* citra fundus mata menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* mencapai 96 %.

$$\text{Akurasi} = \frac{93}{100} \times 100\% = 93\%$$

Dari hasil yang diperoleh dalam tahapan pengujian, sistem deteksi *diabetic retinopathy* citra fundus mata menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* nantinya akan lebih mempermudah dokter spesialis mata (*ophthalmologist*) dalam proses pemeriksaan dan pendekripsi *diabetic retinopathy* dengan lebih cepat dan mudah.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dalam pembuatan sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy* menggunakan *fuzzy c-means clustering* adalah sebagai berikut :

1. Penerapan algoritma *fuzzy c-means clustering* dalam deteksi otomatis penyakit *diabetic retinopathy* pada citra fundus mata memiliki akurasi yang tinggi, mencapai 93 %. Terbukti dari 100 citra uji didapatkan 93 citra uji mempunyai hasil yang sama dengan hasil klasifikasi dari *Hospital Lariboisiere*.
2. Sistem dapat melakukan segmentasi letak tanda-tanda dari penyakit *diabetic retinopathy* (*microaneuysms*, *exudates*, *cottonwool* dan *blood vessels*).
3. Sistem dapat menyimpan semua data hasil deteksi, meliputi citra hasil, citra *blood vessels*, citra *exudates*, citra *cotton wool*, citra *microaneuysms*, nilai *blood vessels*, nilai *exudates*, nilai *cotton wool*, nilai *microaneuysms* dan hasil klasifikasi.
4. Sistem dapat mengklasifikasikan citra yang terdeteksi ke dalam 7 (tujuh) *class*, yaitu : normal, *mild* NPDR, *moderate* NPDR, *severe* NPDR, *very severe* NPDR, *early* PDR dan *high-risk* PDR.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan lebih lanjut yang dapat diberikan untuk sistem deteksi otomatis *diabetic retinopathy* menggunakan *fuzzy c-means clustering* antara lain :

1. Pada proses segmentasi tanda-tanda penyakit *diabetic retinopathy* (*microaneuysms*, *exudates*, *cottonwool* dan *blood vessels*) dapat menggunakan metode lain seperti GLAPOW (*Global-Local Adaptive Histogram Equalization using Partially-Overlapped*) dan 2DLDA (*Two-Dimensional Linear Discriminant Analysis*) agar diperoleh letak *microaneuysms*, *exudates*,

cottonwool dan *blood vessels* yang tepat serta diperoleh tingkat akurasi yang sempurna yaitu 100%.

2. Proses deteksi pada sistem dapat menggunakan algoritma lain seperti *Support Vector Machine* agar proses deteksi menjadi lebih efektif dan efisien.
3. Data yang digunakan lebih beragam, dalam arti bisa mengunduh dari sumber *dataset* lain dan melakukan perbandingan antar *dataset*.
4. Evaluasi dapat dilakukan dengan membandingkan antar algoritma klasifikasi yang lainnya.
5. Desain *user interface* dibuat lebih menarik dari sebelumnya seperti pengaturan warna antar tampilan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ilyas, Sidarta, 2005, Kedaruratan dalam Ilmu Penyakit Mata, Jakarta, Balai Penerbit FKUI.
2. Ilyas, Sidarta, 2006, Ilmu Penyakit Mata, Jakarta, Balai Penerbit FKUI.
3. Irawan, Feriza, 2011, Buku Pintar Pemrograman Matlab, Yogyakarta, MediaKom.
4. Kusumadewi, Sri, 2006, Fuzzy Multi - Attribute Decision Making, Yogyakarta, Graha Ilmu.
5. Putra, Darma, 2010, Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta, Andi.
6. Sutoyo, 2009, Teori Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta, Andi.
7. A New ECG Beat Clustering Method Based On Kernelized Fuzzy C-Means And Hybrid Ant Colony Optimization For Continuous Domains. (diakses tanggal 10 Maret 2013 dari <http://www.sciencedirect.com>)
8. Fuzzy C-Means Clustering. (diakses tanggal 10 Maret 2013 dari <http://digilib.ittelkom.ac.id>)
9. MESSIDOR : Digital Retina Images. (diakses tanggal 10 Maret 2013 dari <http://messidor.crihan.fr/download-en.php>)

LAMPIRAN

Source Code Fungsi Deteksi Blood Vessels

```

function [area_bloodvessels_final bloodvessels_final] =
FungsiBloodVessels (I)
I2=imresize(I, [576 720]);
GreenC=I2(:,:,2);
for x=1:30
    for y=1:60
        GreenC(x,y)=0;
    end
end
Ginv2=imcomplement(GreenC);
Gadpt_his3=adapthisteq(Ginv2);
se = strel('ball',8,8);
Gopen4=imopen(Gadpt_his3,se);
G_Odisk_R5=Gadpt_his3-Gopen4;
G_BW6 = im2bw(G_Odisk_R5,0.105);
G_BWareaopen7 = bwareaopen(G_BW6,65);
bloodvessels_wnoise = G_BWareaopen7;
for x=1:5
    for y=1:720
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end
for x=572:576
    for y=1:720
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end
for x=1:576
    for y=1:5
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end
for x=1:576
    for y=715:720
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end
end
box_5pixel = logical(box_5pix);
Grayscale_8 = rgb2gray (I2);
Grayscale_brighten_9 = imadjust(Grayscale_8);
outline_border=edge(Grayscale_brighten_9, 'canny', 0.09);
for x=2:5
    for y=100:620
        outline_border(x,y)=1;
    end
end
for x=572:575
    for y=100:620
        outline border(x,y)=1;
    end
end

```

```

    end
end
Grayscale_imfill_10 = imfill(outline_border, 'holes');
se = strel('disk', 6);
Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill_10, se);
Grayscale_imdilate= imdilate(Grayscale_imfill_10, se);
Grayscale_C_border = Grayscale_imdilate -
Grayscale_imerode;

Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border);
area_Cborder = 0;
area_new_Cborder=0;
for x = 1:576
    for y = 1:720
        if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
            area_Cborder = area_Cborder+1;
        end
    end
end
if area_Cborder > 50000
    clear Grayscale_C_border_L
    G_invert_G_B_9 = imcomplement(Grayscale_brighten_9);
    black_filled_10 = im2bw(G_invert_G_B_9, 0.94);
    se = strel('disk',6);
    black_imerode = imerode(black_filled_10, se);
    black_imdilate= imdilate(black_filled_10, se);
    black_new_Cborder = black_imdilate - black_imerode;
    Grayscale_C_border_L = logical(black_new_Cborder);
    area_new_Cborder = 0;
    for x = 1:576
        for y = 1:720
            if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
                area_new_Cborder = area_new_Cborder+1;
            end
        end
    end
end
max_GB_column=max(Grayscale_brighten_9);
max_GB_single=max(max_GB_column);
[row,column] = find(Grayscale_brighten_9==max_GB_single);
median_row = floor(median(row));
median_column = floor(median(column));
radius = 90;
[x,y]=meshgrid(1:720, 1:576);
mask = sqrt( (x - median_column).^2 + (y - median_row).^2
)<= radius;
Gadpt_his_X1 = adapthisteq(GreenC);
Gadpt_his_X2 = adapthisteq(Gadpt_his_X1);
Gadpt_his_X3 = adapthisteq(Gadpt_his_X2);
Gadpt_X2_bright_2 = ~im2bw(Gadpt_his_X3,0.3);

```

```

Gadpt_X2_bright_3 = bwareaopen(Gadpt_X2_bright_2,100);
Gadpt_X2_bright_4mask = Gadpt_X2_bright_3 + mask;
finetune_blood = logical(GreenC * 0);
finetune_blood (G_BWareaopen7 & Gadpt_X2_bright_4mask) =
1;
bloodvessels_final = finetune_blood - box_5pixel -
Grayscale_C_border_L;
area_bloodvessels_final = 0;
for x = 1:576
    for y = 1:720
        if bloodvessels_final(x,y) == 1
            area_bloodvessels_final =
area_bloodvessels_final+1;
        end
    end
end

```

Source Code Fungsi Deteksi Exudates

```

function [area_exudates exudates] = FungsiExudates (I)
I2=imresize(I, [576 720]);
Grayscale = rgb2gray (I2);
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);
for x=1:30
    for y=1:60
        Grayscale_brighten(x,y)=0;
    end
end
for x=1:5
    for y=1:720
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end
for x=572:576
    for y=1:720
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end
for x=1:576
    for y=1:5
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end
for x=1:576
    for y=715:720
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end

```

```
    end
end
box_5pixel = logical(box_5pix);
outline_border=edge(Grayscale_brighten, 'canny', 0.09);
for x=2:5
    for y=100:620
        outline_border(x,y)=1;
    end
end
for x=572:575
    for y=100:620
        outline_border(x,y)=1;
    end
end
Grayscale_imfill = imfill(outline_border, 'holes');
se = strel('disk',6);
Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill, se);
Grayscale_imdilate= imdilate(Grayscale_imfill, se);
Grayscale_C_border      =      Grayscale_imdilate -
Grayscale_imerode;
Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border);
area_Cborder = 0;
area_new_Cborder = 0;
for x = 1:576
    for y = 1:720
        if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
            area_Cborder = area_Cborder+1;
        end
    end
end
if area_Cborder > 50000;
    clear Grayscale_C_border_L
    G_invert_G_B = imcomplement(Grayscale_brighten);
    black_filled = im2bw(G_invert_G_B, 0.94);
    se = strel('disk',6);
    black_imerode = imerode(black_filled, se);
    black_imdilate= imdilate(black_filled, se);
    black_new_Cborder = black_imdilate - black_imerode;
    Grayscale_C_border_L = logical(black_new_Cborder);
    area_new_Cborder = 0;
    for x = 1:576
        for y = 1:720
            if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
                area_new_Cborder = area_new_Cborder+1;
            end
        end
    end
end
se2 = strel('ball',10,10);
G_imclose = imclose(Grayscale_brighten, se2);
```

```

filter_db_G_imclose = double(G_imclose);
filter_colfilt      = colfilt(filter_db_G_imclose, [6
6], 'sliding', @var);
filter_image_seg = im2bw(filter_uint8_colfilt, 0.45);
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));
radius = 90;
[x,y]=meshgrid(1:720, 1:576);
mask = sqrt( (x - median_column).^2 + (y - median_row).^2
)<= radius;
image_optical_removed = filter_image_seg - mask;
image_od_Cborder_removed = image_optical_removed -
Grayscale_C_border_L;
image_ex = image_od_Cborder_removed - box_5pixel;
image_ex_imclose = imclose (image_ex, se);
Gadpt_his = Grayscale_brighten;
dark_region = im2bw(Gadpt_his,0.85);
dark_features = ~dark_region;
exudates = image_ex_imclose;
exudates (image_ex_imclose & dark_features) = 0;
area_exudates = 0;
for x = 1:576
    for y = 1:720
        if exudates(x,y) == 1
            area_exudates = area_exudates+1;
        end
    end
end

```

Source Code Fungsi Deteksi Cotton Wool

```

function [area_cottonwool cottonwool] = FungsiCottonWool
(I)
I2=imresize(I, [576 720]);
Grayscale = rgb2gray (I2);
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);
for x=1:30
    for y=1:60
        Grayscale_brighten(x,y)=0;
    end
end
for x=1:5
    for y=1:720
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end

```

```
    end
end
for x=572:576
    for y=1:720
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end
for x=1:576
    for y=1:5
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end
for x=1:576
    for y=715:720
        box_5pix(x,y)=1;
    end
end
box_Spixel = logical(box_5pix);
outline_border=edge(Grayscale_brighten, 'canny', 0.09);
for x=2:5
    for y=100:620
        outline_border(x,y)=1;
    end
end
for x=572:575
    for y=100:620
        outline_border(x,y)=1;
    end
end
Grayscale_imfill = imfill(outline_border, 'holes');
se = strel('disk',6);
Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill, se);
Grayscale_imdilate= imdilate(Grayscale_imfill, se);
Grayscale_C_border = Grayscale_imdilate -
Grayscale_imerode;
Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border);
area_Cborder = 0;
area_new_Cborder = 0;
for x = 1:576
    for y = 1:720
        if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
            area_Cborder = area_Cborder+1;
        end
    end
end
if area_Cborder > 50000;
    clear Grayscale_C_border_L
    G_invert_G_B = imcomplement(Grayscale_brighten);
    black_filled = im2bw(G_invert_G_B, 0.94);
    se = strel('disk',6);
```

```

black_imerode = imerode(black_filled, se);
black_imdilate= imdilate(black_filled, se);
black_new_Cborder = black_imdilate - black_imerode;
Grayscale_C_border_L = logical(black_new_Cborder);
area_new_Cborder = 0;
for x = 1:576
    for y = 1:720
        if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
            area_new_Cborder = area_new_Cborder+1;
        end
    end
end
se2 = strel('ball',10,10);
G_imclose = imclose(Grayscale_brighten, se2);
filter_db_G_imclose = double(G_imclose);
filter_colfilt = colfilt(filter_db_G_imclose,[6
6],'sliding',@var);
filter_image_seg = im2bw(filter_uint8_colfilt, 0.45);
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));
radius = 90;
[x,y]=meshgrid(1:720, 1:576);
mask = sqrt( (x - median_column).^2 + (y - median_row).^2
)<= radius;
image_optical_removed = filter_image_seg - mask;
image_od_Cborder_removed = image_optical_removed -
Grayscale_C_border_L;
image_ex = image_od_Cborder_removed - box_5pixel;
image_ex_imclose = imclose (image_ex, se);
Gadpt_his = Grayscale_brighten;
dark_region = im2bw(Gadpt_his,0.85);
dark_features = ~dark_region;
cottonwool = image_ex_imclose;
cottonwool (image_ex_imclose & dark_features) = 0;
cottonwool=bwareaopen(cottonwool,15);
cottonwool (cottonwool & mask) = 0;
area_cottonwool = 0;
for x = 1:576
    for y = 1:720
        if cottonwool(x,y) == 1
            area_cottonwool = area_cottonwool+1;
        end
    end
end

```

Source Code Fungsi Deteksi Microaneurysms

```

function [area_micro_a microa_image] =
FungsiMicroaneurysms (I)
I2=imresize(I, [576 720]);
GreenC=I2 (:,:,2);
Grayscale = rgb2gray (I2);
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);
for x=1:30
    for y=1:60
        Grayscale_brighten(x,y)=0;
        GreenC(x,y)=0;
    end
end
Gadpt_his_X1 = adapthisteq(GreenC);
Gadpt_his_X2 = adapthisteq(Gadpt_his_X1);
outline_border=edge(Grayscale_brighten, 'canny', 0.39);
for x=2:5
    for y=100:620
        outline_border(x,y)=1;
    end
end
for x=572:575
    for y=100:620
        outline_border(x,y)=1;
    end
end
Grayscale_imfill = imfill(outline_border, 'holes');
se = strel('disk',6);
Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill, se);
Grayscale_imdilate= imdilate(Grayscale_imfill, se);
Grayscale_C_border = Grayscale_imdilate -
Grayscale_imerode;
Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border);
area_Cborder = 0;
area_new_Cborder = 0;
for x = 1:576
    for y = 1:720
        if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
            area_Cborder = area_Cborder+1;
        end
    end
end
if area_Cborder > 50000;
    clear Grayscale_C_border_L
    G_invert_G_B = imcomplement(Grayscale_brighten);
    black_filled = im2bw(G_invert_G_B, 0.94);
    se = strel('disk',6);
    black_imerode = imerode(black_filled, se);
    black_imdilate= imdilate(black_filled, se);

```

```
black_new_Cborder = black_imdilate - black_imerode;
Grayscale_C_border_L = logical(black_new_Cborder);
area_new_Cborder = 0;
for x = 1:576
    for y = 1:720
        if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
            area_new_Cborder = area_new_Cborder+1;
        end
    end
end
edge_Gadpt_his_X1 = edge(Gadpt_his_X1, 'canny', 0.18);
edge_lessCborder = edge_Gadpt_his_X1 -
Grayscale_C_border_L;
edge_imfill = imfill(edge_lessCborder, 'holes');
image_holes = edge_imfill - edge_Gadpt_his_X1;
image_largerarea = bwareaopen(image_holes,70);
image_microa = image_holes - image_largerarea;
Gadpt_X2_bright = im2bw(Gadpt_his_X2,0.7);
microa_less_ex = image_microa;
microa_less_ex (image_microa & Gadpt_X2_bright) = 0;
Gadpt_X2_bright_2 = ~im2bw(Gadpt_his_X2,0.3);
Gadpt_X2_bright_3 = bwareaopen(Gadpt_X2_bright_2,100);
microa_less_blood = microa_less_ex;
microa_less_blood (microa_less_ex & Gadpt_X2_bright_3) =
0;
max_GB_column=max(Grayscale_brighten);
max_GB_single=max(max_GB_column);
[row,column] = find(Grayscale_brighten==max_GB_single);
median_row = floor(median(row));
median_column = floor(median(column));
radius = 90;
[x,y] = meshgrid(1:720, 1:576);
mask = sqrt( (x - median_column).^2 + (y - median_row).^2
)<= radius;
microa_less_smallarea = bwareaopen (microa_less_blood,5);
microa_less_cborder = microa_less_smallarea;
microa_image = microa_less_cborder;
area_micro_a = 0;
for x = 1:576
    for y = 1:720
        if microa_image(x,y) == 1
            area_micro_a = area_micro_a+1;
        end
    end
end
```

Source Code Proses Deteksi Menggunakan Algoritma Fuzzy C-Means Clustering

```

function Untitled_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
mydatacontainer = getappdata(0,'datacontainer');
project=guidata(gcbo);
I=get(project.axes2,'Userdata');
if isequal(I,[])
    msgbox('Input Citra Awal','Peringatan','warn');
else
    select_image = I;
    %% Blood vessels %%
    [BV_area BV_image] = FungsiBloodVessels
(select_image);
    setappdata(mydatacontainer,'BV_area',BV_area);
    setappdata(mydatacontainer,'BV_image',BV_image);
    set(handles.edit5,'string',BV_area);
    %% Exudates %%
    [EX_area EX_image] = FungsiExudates (select_image);
    setappdata(mydatacontainer,'EX_area',EX_area);
    setappdata(mydatacontainer,'EX_image',EX_image);
    set(handles.edit6,'string',EX_area);
    %% Cottonwool %%
    [Cw_area Cw_image] = FungsiCottonWool (select_image);
    setappdata(mydatacontainer,'Cw_area',Cw_area);
    setappdata(mydatacontainer,'Cw_image',Cw_image);
    set(handles.edit7,'string',Cw_area);
    %% Microaneurysms %%
    [MIC_area MIC_image] = FungsiMicroaneurysms
(select_image);
    setappdata(mydatacontainer,'MIC_area',MIC_area);
    setappdata(mydatacontainer,'MIC_image',MIC_image);
    set(handles.edit8,'string',MIC_area);
    %% Gabung %%
D=logical(MIC_image);
gbr_asli_gabung = imresize(select_image, [576 720]);
gbr_asli_gabung(D)=0;
handles.hasil_tepi_gabung = gbr_asli_gabung;
handles.tampil_tepi_gabung =
handles.hasil_tepi_gabung;

setappdata(mydatacontainer,'gbr_asli_gabung',gbr_asli_gabung);
guidata(hObject,handles);
axes(handles.axes3);
imshow(gbr_asli_gabung);
set(project.figure1,'CurrentAxes',project.axes3);
set(imshow(gbr_asli_gabung));colormap('gray');
set(project.axes3,'Userdata',gbr_asli_gabung);
%% Texture Analysis %%

```

```

[TEXT_GreenX2_value TEXT_HisX2_image] = FungsiTekstur
(select_image);
[HOMO_value] = FungsiHomorraghes (select_image);
Nlise_EX = EX_area;
Nlise_MIC = MIC_area;
Nlise_Cw = Cw_area;
Nlise_TT = TEXT_GreenX2_value;
Nlise_HOMO = HOMO_value;
Nlise_BV = BV_area;
%% Data Uji %%
Nlise_selected = [Nlise_EX, Nlise_MIC, Nlise_Cw,
Nlise_TT, Nlise_HOMO, Nlise_BV];
%% Load Data Training %%
load Nlise_Training
%% Data FCM %%
Data = [Nlise_Training; Nlise_selected];
[m, n] = size(Data);
%% Fuzzy C-Means Clustering %%
kls=7;
options = [2,100,1e-7,0];
[center, U, obj_fcn] = fcm([Data], kls, options);
[c,i]=sort(center(:,2));
[DT, II] = max(U);
f=[i];
outc=II(:,7);
out=find(f==outc);
%% Hasil Klasifikasi %%
if out == 1;
    class = 'Normal';
elseif out == 2;
    class = 'Mild NPDR';
elseif out == 3;
    class = 'Moderate NPDR';
elseif out == 4;
    class = 'Severe NPDR';
elseif out == 5;
    class = 'Very Severe NPDR';
elseif out == 6;
    class = 'Early PDR';
elseif out == 7;
    class = 'High-Risk PDR';
end
Hasil=[Nlise_BV, Nlise_EX ,Nlise_Cw, Nlise_MIC, out];
setappdata(handles.figure1,'Hasil',Hasil);
set(handles.edit4,'string',class);
setappdata(handles.figure1,'class',class);
end

```



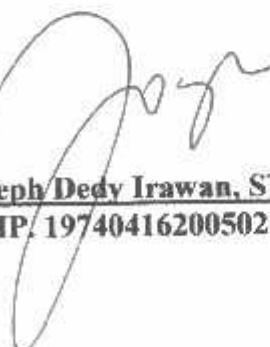
FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Ibnu Sadam Husen
NIM : 09.18.107
Masa Bimbingan : 11 Mei 2013 s/d 11 November 2013
Judul Skripsi : Penerapan Algoritma Fuzzy C-Means Clustering Untuk Sistem Deteksi Otomatis Diabetic Retinopathy Pada Citra Fundus Mata

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	20-06-2013	Rancangan Program	J
2	22-07-2013	Demo Program	J
3	24-07-2013	Laporan Fix	J
4	24-07-2013	Makalah Seminar Hasil Fix	J
5	27-07-2013	ACC Makalah Seminar Hasil	J
6	14-08-2013	ACC Laporan Ujian Skripsi	J

Malang, 15 Agustus 2013

Dosen Pembimbing I


Joseph Dedy Irawan, ST, MT
NIP. 197404162005021002



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Ibnu Sadam Husen
NIM : 09.18.107
Masa Bimbingan : 11 Mei 2013 s/d 11 November 2013
Judul Skripsi : Penerapan Algoritma Fuzzy C-Means Clustering Untuk Sistem Deteksi Otomatis Diabetic Retinopathy Pada Citra Fundus Mata

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	20-06-2013	Rancangan Program	
2	18-07-2013	Demo Program	
3	22-07-2013	Laporan BAB 1-3	
4	24-07-2013	Laporan Fix	
5	24-07-2013	Makalah Seminar Hasil Fix	
6	27-07-2013	ACC Makalah Seminar Hasil	
7	14-08-2013	ACC Laporan Ujian Skripsi	

Malang, 15 Agustus 2013

Dosen Pembimbing II

Febriana Santi W, S. Kom, M. Kom
NIP. P. 1031000425



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S-1
JL. Raya Karanglo Km. 2 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Ibnu Sadam Husen
NIM : 09.18.107
Jurusan : Teknik Informatika S-1
Judul Skripsi : Penerapan Algoritma *Fuzzy C-Means Clustering* Untuk Sistem Deteksi Otomatis *Diabetic Retinopathy* Pada Citra Fundus Mata
Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :
Hari : Kamis
Tanggal : 15 Agustus 2013
Nilai : 86,38

Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Majelis Penguji

Joseph Dedy Irawan, ST, MT
NIP. 197404162005021002

Anggota Penguji :

Penguji Pertama

Ali Mahmudi, B. Eng, Ph. D
NIP. P. 1031000429

Penguji Kedua

Yosep Agus Pranoto, ST
NIP. P. 1031000432



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S-1
JL. Raya Karanglo Km. 2 Malang

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Ibnu Sadam Husen
NIM : 09.18.107
Jurusan : Teknik Informatika S-1
Judul Skripsi : Penerapan Algoritma *Fuzzy C-Means Clustering* Untuk Sistem Deteksi Otomatis *Diabetic Retinopathy* Pada Citra Fundus Mata

Tanggal	Pengaji	Uraian	Paraf
15 Agustus 2013	I	Level / jenis penyakit diletakkan di batasan masalah. Tabel 4.2 ditambahkan gambar masing-masing citra, nilai (microaneurysms, exudates, cotton wool dan blood vessels) dan hasil.	
15 Agustus 2013	II	Tambahkan pengujian untuk membuktikan suatu citra masuk di <i>cluster (grade)</i> tertentu.	

Anggota Pengaji :

Pengaji Pertama

Ali Mahmudi, B. Eng, Ph. D
NIP. P. 1031000429

Pengaji Kedua

Yosep Agus Pranoto, ST
NIP. P. 1031000432

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Joseph Dedy Irawan, ST, MT
NIP. 197404162005021002

Dosen Pembimbing II

Febriana Santi W, S. Kom, M. Kom
NIP. P. 1031000425

**PENERAPAN ALGORITMA *FUZZY C-MEANS CLUSTERING*
UNTUK SISTEM DETEKSI OTOMATIS *DIABETIC
RETINOPATHY* PADA CITRA FUNDUS MATA**

SKRIPSI



Disusun Oleh :
Ibnu Sadam Husen
09.18.107

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**
