



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - KI141502**

# **DETEKSI PENYAKIT DIABETES MAKULA EDEMA PADA CITRA FUNDUS RETINA MENGGUNAKAN OPERASI MORFOLOGI DAN TRANSFORMASI WATERSHED**

**EKKY MELYNDA AGNESTASIA**  
5113100093

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D.  
Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA**  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR - KI141502**

**DETEKSI PENYAKIT DIABETES MAKULA EDEMA  
PADA CITRA FUNDUS RETINA MENGGUNAKAN  
OPERASI MORFOLOGI DAN TRANSFORMASI  
WATERSHED**

**EKKY MELYNDA AGNESTASIA**  
5113100093

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing II  
Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2017

***[Halaman ini sengaja dikosongkan]***



**FINAL PROJECT - KI141502**

**DETECTION OF DIABETIC MACULAR EDEMA IN  
RETINAL FUNDUS IMAGE USING  
MORPHOLOGICAL OPERATIONS AND  
WATERSHED TRANSFORMATION**

**EKKY MELYNDA AGNESTASIA  
5113100093**

**Supervisor I  
Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D.**

**Supervisor II  
Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.**

**DEPARTMENT OF INFORMATICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya, 2017**

***[Halaman ini sengaja dikosongkan]***

## LEMBAR PENGESAHAN

### **DETEKSI PENYAKIT DIABETES MAKULA EDEMA PADA CITRA FUNDUS RETINA MENGGUNAKAN OPERASI MORFOLOGI DAN TRANSFORMASI WATERSHED**

### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada  
Rumpun Mata Kuliah Komputasi Cerdas dan Visi  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**EKKY MELYNDA AGNESTASIA**  
**NRP: 5113 100 093**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 194908231976032001

Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.  
NIP. 198510172015042001



(Pembimbing 1)

(Pembimbing 2)

**SURABAYA**  
**JUNI, 2017**

***[Halaman ini sengaja dikosongkan]***

# **DETEKSI PENYAKIT DIABETES MAKULA EDEMA PADA CITRA FUNDUS RETINA MENGGUNAKAN OPERASI MORFOLOGI DAN TRANSFORMASI WATERSHED**

Nama Mahasiswa : Ekky Melynda Agnestasia  
NRP : 5113 100 093  
Jurusan : Teknik Informatika, FTIf ITS  
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc.,  
Ph.D.  
Dosen Pembimbing 2 : Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.

## ***Abstrak***

*Penyakit diabetes makula edema merupakan komplikasi dari diabetes retinopati yang dapat menyebabkan kehilangan penglihatan dan kebutaan. Penyakit diabetes makula edema didiagnosis ketika eksudat keras berada di dalam wilayah makula. Eksudat keras merupakan lipid yang berwarna kekuningan pada citra. Sedangkan makula bertanggung jawab sebagai fotoreseptor dalam penglihatan yang memiliki bentuk seperti daerah gelap.*

*Pada tugas akhir ini akan dilakukan pengembangan sistem deteksi penyakit diabetes makula edema pada citra fundus retina menggunakan operasi morfologi dan transformasi watershed. Dalam proses pengembangan sistem ini diperlukan tiga tahapan proses yaitu preprocessing, segmentasi dan menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras. Proses preprocessing dilakukan sebelum citra masuk ke proses segmentasi. Proses segmentasi dibagi menjadi tiga proses yaitu segmentasi optic disc, makula dan eksudat keras. Proses menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras dilakukan untuk deteksi penyakit diabetes makula edema berdasarkan Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS). Data masukan yang digunakan yaitu citra fundus retina yang diambil dari Methods to evaluate segmentation and indexing techniques in the field of retinal ophthalmology (MESSIDOR).*

*Uji coba menggunakan 30 citra menunjukkan bahwa metode ini dapat memberikan hasil deteksi yang optimal dengan accuracy sebesar 96,67%. Untuk sensitivity hasil deteksi normal, diabetes makula edema tahap 1 dan diabetes makula edema tahap 2 adalah 100%, 90% dan 100%. Sedangkan untuk specificity hasil deteksi normal, diabetes makula edema tahap 1 dan diabetes makula edema tahap 2 adalah 95%, 100% dan 100%.*

***Kata kunci: Citra fundus retina, diabetes makula edema, operasi morfologi, transformasi watershed.***

# **DETECTION OF DIABETIC MACULAR EDEMA IN RETINAL FUNDUS IMAGE USING MORPHOLOGICAL OPERATIONS AND WATERSHED TRANSFORMATION**

Student Name : Ekky Melynda Agnestasia  
Registration Number : 5113 100 093  
Department : Informatics Engineering, FTIf ITS  
First Supervisor : Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc.,  
Ph.D.  
Second Supervisor : Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.

## ***Abstract***

*Diabetic macular edema is a complication of diabetic retinopathy. It can cause vision loss and blindness. Diabetic macular edema is diagnosed when the hard exudate is in the macular region. Hard exudates are lipids that color is yellow in the image. While the macula is responsible as photoreceptors in vision that have a dark areas.*

*In this undergraduate thesis, we propose a detection system of diabetic macular edema in a retinal fundus image using morphological operation and watershed transformation. In the process of developing this system required three stages of the process. Processes are preprocessing, segmentation and calculating the closest distance between macula and hard exudate. Preprocessing process is done before the image goes into the segmentation process. The segmentation process is divided into three processes namely optical disc segmentation, macula segmentation and hard exudate segmentation. The process of calculating the closest distance between the macula and hard exudate is performed for detection of diabetic macular edema based on the Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS). The input data used are retinal fundus images taken from Methods to evaluate segmentation and indexing techniques in the field of retinal ophthalmology (MESSIDOR).*

*Testing using 30 images shows that this method can provide optimal detection results with the accuracy of 96.67%. For the sensitivity, detection results of normal, stage 1 and stage 2 are 100%, 90% and 100%. For the specificity, detection results of normal, stage 1 and stage 2 are 95%, 100% and 100%.*

***Keywords: Diabetic macular edema, morphological operation, retinal fundus image, watershed transformation.***

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Deteksi Penyakit Diabetes Makula Edema pada Citra Fundus Retina Menggunakan Operasi Morfologi dan Transformasi Watershed**”.

Buku tugas akhir ini disusun dengan harapan dapat memberikan manfaat dalam penelitian deteksi penyakit diabetes makula edema pada citra fundus retina lebih lanjut. Selain itu, penulis berharap dapat memberikan kontribusi positif bagi kampus Teknik Informatika ITS.

Dalam perancangan, pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D. dan Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc. selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberi ide, nasihat dan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan tepat waktu.
2. Orang tua penulis Bapak Moch. Rony dan Ibu Yuli yang telah memberikan dukungan moral, spiritual dan material serta senantiasa memberikan doa demi kelancaran dan kemudahan penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
3. Kedua saudara kandung (Natasya dan Timothy) serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan yang besar baik secara langsung maupun secara implisit.
4. Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom. selaku kepala Laboratorium KCV yang bersedia meminjamkan salah satu komputer untuk pengerjaan tugas akhir dan Eva Mursidah, A.Md selaku staf administrasi Ruang Baca Jurusan Teknik Informatika yang telah membantu penulis dalam mencari referensi terkait pengerjaan tugas akhir.

5. Teman-teman di Laboratorium KCV: para admin yang telah banyak membantu memfasilitasi penulis dalam pengerjaan, *user* TA lainnya (Lusi, Haqiqi, Nida, Lophita, Nela, Asri) dan semua *user* KCV yang sudah menemani penulis.
6. Teman satu bimbingan Bu Handayani (Saddam, Putri, Ery, Hilman) dan teman satu bimbingan Bu Dini (Sani, Ine, Reza, Ayu) yang sering berbagi informasi bimbingan bersama penulis.
7. Teman-teman seperti Qonita, Eriko, Sari, Andi, Gurat yang telah memberikan banyak pencerahan juga nasihat kepada penulis dan mahasiswa angkatan 2013 lain yang sama-sama berjuang dari semester awal hingga akhir yang banyak memberi bantuan, semangat serta pelajaran hidup bagi penulis.
8. Teman-teman di kost (Nurita, Rita, Elis, Fitri, Umi, Indah, Mia, Zein dan Riska) yang selalu menemani, menghibur dan memberikan semangat kepada penulis.
9. Pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari masih ada kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Penulis mohon maaf atas kesalahan, kelalaian maupun kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Kritik dan saran yang membangun dapat disampaikan sebagai bahan perbaikan ke depan.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<i>Abstrak</i> .....	<b>vii</b>
<i>Abstract</i> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR KODE SUMBER</b> .....	<b>xxi</b>
<b>1 BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir .....	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir .....	4
1.6 Metodologi .....	4
1.7 Sistematika Laporan.....	5
<b>2 BAB II DASAR TEORI</b> .....	<b>7</b>
2.1 Penyakit Diabetes Makula Edema .....	7
2.2 Citra Digital .....	9
2.3 Citra <i>Grayscale</i> .....	10
2.4 Citra Biner .....	11
2.5 <i>Region of Interest (ROI)</i> .....	11
2.6 <i>Contrast Adjustment</i> .....	12
2.7 <i>Filter Gaussian</i> .....	13
2.8 Operasi Morfologi.....	14
2.8.1 Dilasi.....	14
2.8.2 Erosi.....	15
2.8.3 <i>Opening</i> .....	16
2.8.4 <i>Closing</i> .....	17
2.9 <i>Thresholding</i> .....	18
2.10 <i>Histogram Equalization</i> .....	19
2.11 Transformasi <i>Watershed</i> .....	20

2.12	<i>Euclidean Distance</i> .....	22
2.13	<i>Confusion Matrix</i> .....	22
2.14	Normalisasi .....	24
2.15	<i>Gradient Magnitude</i> .....	24
<b>3</b>	<b>BAB III PERANCANGAN</b> .....	<b>27</b>
3.1	Perancangan Sistem .....	27
3.2	Perancangan Data .....	30
3.3	Perancangan Proses .....	30
3.3.1	<i>Preprocessing</i> .....	30
3.3.2	Segmentasi .....	32
3.3.3	Menghitung Jarak Terdekat antara Makula dan Eksudat Keras .....	42
<b>4</b>	<b>BAB IV IMPLEMENTASI</b> .....	<b>47</b>
4.1	Lingkungan Implementasi .....	47
4.1.1	Perangkat Keras .....	47
4.1.2	Perangkat Lunak .....	47
4.2	Implementasi <i>Preprocessing</i> .....	48
4.3	Implementasi Segmentasi .....	48
4.3.1	Implementasi Segmentasi <i>Optic Disc</i> .....	48
4.3.2	Implementasi Segmentasi Makula .....	51
4.3.3	Implementasi Segmentasi Eksudat Keras .....	54
4.4	Implementasi Menghitung Jarak Terdekat antara Makula dan Eksudat Keras .....	57
<b>5</b>	<b>BAB V UJI COBA DAN EVALUASI</b> .....	<b>61</b>
5.1	Lingkungan Uji Coba .....	61
5.2	Data Uji Coba .....	61
5.3	Skenario Uji Coba .....	62
5.4	Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T1 pada Hasil <i>Labelling</i> dari Transformasi <i>Watershed</i> .....	63
5.5	Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T2 pada Hasil <i>Histogram Equalization</i> .....	65
5.6	Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T3 pada Hasil Menghilangkan Pembuluh Darah .....	66

5.7	Evaluasi Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T1 pada Hasil <i>Labelling</i> dari Transformasi <i>Watershed</i> .....	67
5.8	Evaluasi Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T2 pada Hasil <i>Histogram Equalization</i> .....	68
5.9	Evaluasi Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T3 pada Hasil Menghilangkan Pembuluh Darah.....	70
<b>6</b>	<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>73</b>
6.1	Kesimpulan .....	73
6.2	Saran .....	74
	<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>75</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>91</b>
	<b>BIODATA PENULIS</b> .....	<b>95</b>

***[Halaman ini sengaja dikosongkan]***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra Fundus Retina .....	8
Gambar 2.2 Citra Digital .....	9
Gambar 2.3 Citra Grayscale .....	10
Gambar 2.4 Citra Biner .....	11
Gambar 2.5 Contoh ROI .....	12
Gambar 2.6 Contoh Citra <i>Contrast Adjustment</i> .....	12
Gambar 2.7 Contoh Histogram <i>Contrast Adjustment</i> .....	13
Gambar 2.8 Contoh <i>Filter Gaussian</i> .....	14
Gambar 2.9 Contoh Dilasi .....	15
Gambar 2.10 Contoh Erosi .....	16
Gambar 2.11 Contoh <i>Opening</i> .....	16
Gambar 2.12 Contoh <i>Opening</i> dan <i>Closing</i> .....	17
Gambar 2.13 Contoh <i>Filling</i> .....	18
Gambar 2.14 Contoh <i>Thresholding</i> .....	18
Gambar 2.15 Contoh Citra Asli <i>Histogram Equalization</i> .....	19
Gambar 2.16 Contoh Citra Hasil <i>Histogram Equalization</i> .....	20
Gambar 2.17 Konsep <i>Transformasi Watershed</i> .....	21
Gambar 2.18 <i>Mask Operator Sobel</i> .....	25
Gambar 3.1 Data Masukan Citra Fundus Retina .....	27
Gambar 3.2 Diagram Alir dari Sistem Aplikasi Diabetes Makula Edema.....	28
Gambar 3.3 Diagram Alir dari Proses <i>Preprocessing</i> .....	31
Gambar 3.4 Citra Proses <i>Preprocessing</i> .....	31
Gambar 3.5 Diagram Alir dari Proses Segmentasi .....	32
Gambar 3.6 Diagram Alir dari Proses Segmentasi <i>Optic Disc</i> .....	33
Gambar 3.7 Citra Proses Segmentasi <i>Optic Disc</i> .....	34
Gambar 3.8 Citra Proses Segmentasi Makula .....	35
Gambar 3.9 Diagram Alir dari Proses Segmentasi Makula.....	36
Gambar 3.10 Diagram Alir dari Proses Segmentasi Eksudat Keras .....	38
Gambar 3.11 Citra Proses Segmentasi Eksudat Keras .....	40
Gambar 3.12 Diagram Alir dari Proses Menghitung jarak Terdekat antara Makula dan Eksudat Keras .....	43

Gambar 3.13 Citra Hasil Proses Menghitung Jarak Terdekat antara Makula dan Eksudat Keras .....	44
Gambar 5.1 Citra Fundus Retina .....	62
Gambar 5.2 Evaluasi Citra Hasil Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T2 pada Hasil <i>Histogram Equalization</i> .....	69
Gambar 5.3 Evaluasi Citra Hasil Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T3 pada Hasil Menghilangkan Pembuluh Darah.....	71

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Deteksi Diabetes Makula Edema Berdasarkan <i>Early Treatment Diabetic Retinopathy Study</i> (ETDRS) .....	9
Tabel 2.2 <i>Confusion Matrix</i> .....	22
Tabel 5.1 Hasil Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T1 pada Hasil <i>Labelling</i> dari Transformasi <i>Watershed</i> .....	64
Tabel 5.2 Hasil Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T2 pada Hasil <i>Histogram Equalization</i> .....	65
Tabel 5.3 Hasil Uji Coba Penentuan Nilai <i>Threshold</i> T3 pada Hasil Menghilangkan Pembuluh Darah .....	67

***[Halaman ini sengaja dikosongkan]***

## DAFTAR KODE SUMBER

Kode Sumber 4.1 Implementasi Tahap <i>Preprocessing</i> .....	48
Kode Sumber 4.2 Implementasi Tahap Mencari ROI <i>Optic Disc</i> .....	49
Kode Sumber 4.3 Implementasi Tahap <i>Cropping</i> ROI <i>Optic Disc</i> .....	50
Kode Sumber 4.4 Implementasi Tahap Segmentasi ROI <i>Optic Disc</i> .....	51
Kode Sumber 4.5 Implementasi Tahap Mencari dan <i>Cropping</i> ROI Makula.....	52
Kode Sumber 4.6 Implementasi Tahap Segmentasi ROI Makula .....	53
Kode Sumber 4.7 Implementasi Tahap Mencari dan <i>Cropping</i> ROI diabetes makula edema.....	54
Kode Sumber 4.8 Implementasi Tahap Segmentasi ROI Diabetes Makula Edema.....	57
Kode Sumber 4.9 Implementasi Tatap Menghitung Jarak antara Makula dan Eksudat Keras.....	59

***[Halaman ini sengaja dikosongkan]***

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini dibahas hal-hal yang mendasari tugas akhir. Bahasan meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, metodologi dan sistematika laporan tugas akhir.

### **1.1 Latar Belakang**

Diabetes adalah penyakit sistemik. Banyak komplikasi penyakit yang bisa menyerang tubuh akibat tidak terkontrolnya gula darah. Salah satunya adalah komplikasi pada mata, yang bisa menyebabkan gangguan penglihatan hingga kebutaan. Banyak penderita yang sudah lama terkena diabetes mengalami gangguan retina yang disebut diabetes retinopati. Hal ini terjadi karena gula darah yang lama tidak terkontrol sehingga merusak pembuluh darah pada mata. Selain itu, kolesterol dan tekanan darah tinggi makin mempercepat proses terjadinya gangguan ini. Kerusakan pada retina ini bisa sampai ke makula, yakni daerah dekat pusat retina mata yang peka cahaya dan menjadi kunci ketajaman penglihatan atau penglihatan yang rinci. Penyakit penglihatan karena masalah makula ini disebut diabetes makula edema (DME) atau diabetes makulopati. Jika diabetes makula edema sudah menyerang, penderita akan mulai merasa pandangannya menjadi kurang tajam, buram dan muncul bercak-bercak gelap pada penglihatan. Apabila tidak ditangani dengan tepat, lama-lama akan menyebabkan kebutaan [1].

Riset Kesehatan Dasar 2013 Kementerian Kesehatan mencatat ada sekitar 6,9% atau 12,2 juta penduduk Indonesia usia 15 tahun ke atas mengidap diabetes melitus. Dari jumlah itu, 20-25% diperkirakan akan menderita diabetes retinopati. Penyakit diabetes retinopati dan komplikasinya termasuk diabetes makula edema, tidak bisa disembuhkan. Hanya bisa dicegah supaya tidak menjadi lebih buruk atau sedikit memperbaiki penglihatan. Pengobatannya mesti dilakukan seumur hidup dengan biaya yang

tidak murah. Oleh karena itu, diagnosa dini dan pengobatan yang tepat, kemungkinan penderita kehilangan penglihatan dapat diminimalkan [2].

Saat ini kehidupan manusia serba dimudahkan dengan adanya teknologi di bidang kedokteran. Teknologi yang terus berkembang banyak membantu dokter dalam mendeteksi penyakit pada tubuh manusia. Salah satu teknologi yang dapat membantu mendeteksi penyakit diabetes makula edema antara lain adalah optalmoskop. Optalmoskop adalah alat yang digunakan dalam pemeriksaan optalmoskopi yang bertujuan melihat dan menilai kelaianan pada fundus [3]. Sebelum dilakukan pemeriksaan biasanya pasien diberi tropicamide atau fenilefrin hidroklorida untuk melebarkan pupil. Teknik pemeriksaan secara *indirect* menghasilkan citra fundus retina. Jika dari citra fundus retina ditemukan kelainan, maka dokter menyarankan pemeriksaan mata lengkap guna mendiagnosis kelainan tersebut. Sedangkan pemeriksaan mata lengkap terdiri dari pemeriksaan visus, tekanan bola mata, *slit-lamp biomicroscopy*, gonioskop, funduskopi, *stereoscopic fundus photography*, *coherence tomography* dan *ocular ultrasonography* bila perlu [4]. Semua pemeriksaan mata lengkap tersebut pastinya membutuhkan biaya yang cukup mahal dan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu pentingnya dilakukan diagnosa dini yang cepat dan murah menggunakan citra fundus retina, demi meminimalkan keterlambatan diagnosis yang dapat mengancam kehilangan penglihatan. Penelitian yang pernah melakukan segmentasi pada citra fundus retina, salah satunya Handayani, dkk [5] dalam mensegmentasi daerah makula menggunakan operasi morfologi yang menghasilkan rata-rata *accuracy* sebesar 75,6%. Sedangkan untuk metode transformasi *watershed* pernah digunakan pada penelitian Chastine, dkk [6] dalam penentuan jumlah cluster untuk segmentasi nukleus citra kanker payudara yang menghasilkan rata-rata *accuracy* sebesar 74%.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan pengembangan sistem deteksi penyakit diabetes makula edema pada citra fundus retina

menggunakan operasi morfologi dan transformasi *watershed*. Dalam proses pengembangan sistem ini diperlukan tiga tahapan proses yaitu *preprocessing*, segmentasi dan menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras. Proses *preprocessing* dilakukan sebelum citra masuk ke proses segmentasi. Proses segmentasi dibagi menjadi tiga proses yaitu segmentasi *optic disc*, makula dan eksudat keras. Proses menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras dilakukan untuk deteksi penyakit diabetes makula edema berdasarkan *Early Treatment Diabetic Retinopathy Study* (ETDRS). Data masukan yang digunakan yaitu citra fundus retina yang diambil dari *Methods to evaluate segmentation and indexing techniques in the field of retinal ophthalmology* (MESSIDOR) [7]. Diharapkan nilai *accuracy* sistem bisa lebih baik sehingga dapat membantu dokter dalam mendeteksi apakah pasien menderita diabetes makula edema atau tidak.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini dapat dipaparkan sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan segmentasi *optic disc* dan makula pada citra fundus retina dengan menggunakan operasi morfologi?
2. Bagaimana melakukan segmentasi eksudat keras pada citra fundus retina dengan menggunakan transformasi *watershed*?
3. Bagaimana menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras pada citra fundus retina?
4. Bagaimana melakukan uji performa perangkat lunak yang dibangun?

## 1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini memiliki beberapa batasan antara lain:

1. Dataset yang digunakan adalah citra fundus retina yang diambil dari *Methods to evaluate segmentation and indexing*

*techniques in the field of retinal ophthalmology* (MESSIDOR) dengan ukuran 2240x1448 piksel.

2. Citra yang digunakan sebanyak 30 buah.
3. Implementasi sistem menggunakan MATLAB.
4. Ada tiga jenis hasil deteksi yaitu normal, diabetes makula edema tahap 1 dan diabetes makula edema tahap 2.

## **1.4 Tujuan Tugas Akhir**

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah melakukan pengembangan sistem deteksi penyakit diabetes makula edema pada citra fundus retina menggunakan operasi morfologi dan transformasi *watershed*.

## **1.5 Manfaat Tugas Akhir**

Manfaat yang diperoleh dari pembuatan tugas akhir ini adalah membantu dokter dalam mendeteksi apakah pasien menderita diabetes makula edema atau tidak. Diagnosa dini dapat meminimalkan resiko penderita mengalami kebutaan.

## **1.6 Metodologi**

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **1. Studi Literatur**

Pada studi literatur, dilakukan pengumpulan data dan studi terhadap sejumlah referensi yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir. Referensi tersebut didapatkan dari beberapa artikel yang dipublikasikan oleh jurnal. Selain dari artikel, studi literatur juga dilakukan melalui pencarian referensi dari internet yang membahas mengenai informasi yang dibutuhkan.

### **2. Analisis dan Desain Perangkat Lunak**

Pada tahap ini disusun rancang bangun dari perangkat lunak yang akan dibuat. Pengguna dapat memilih citra fundus retina yang berukuran 2240x1448 piksel yang telah disediakan sebagai data masukan. Kemudian sistem akan memproses citra

fundus retina dengan melakukan preprocessing, segmentasi *optic disc*, segmentasi makula, segmentasi eksudat keras dan menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras. Setelah proses selesai, sistem akan menampilkan citra hasil deteksi diabetes makula edema.

### 3. Implementasi Perangkat Lunak

Sistem deteksi penyakit diabetes makula edema pada citra fundus retina akan dibuat dengan bahasa pemrograman MATLAB menggunakan kakas bantu IDE MATLAB 8.3 (R2014a) pada platform *desktop*. *Toolbox* yang digunakan untuk mendukung pengerjaan adalah *image processing toolbox*.

### 4. Uji Coba dan Evaluasi

Dalam tahap ini, dilakukan pengujian parameter-parameter yang dibutuhkan pada proses segmentasi. Hasil deteksi dari citra keluaran dibandingkan dengan *ground truth* berupa hasil *annotation base* dari MESSIDOR untuk dihitung performanya dengan menghitung nilai *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity*

## 1.7 Sistematika Laporan

Buku tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran dari pengerjaan tugas akhir ini. Selain itu, diharapkan dapat berguna untuk pembaca yang tertarik untuk melakukan pengembangan lebih lanjut. Secara garis besar, buku tugas akhir terdiri atas beberapa bagian sebagai berikut:

### **Bab I Pendahuluan**

Bab yang berisi mengenai latar belakang, tujuan dan manfaat dari pembuatan tugas akhir. Selain itu permasalahan, batasan masalah, metodologi yang digunakan dan sistematika penulisan juga merupakan bagian dari bab ini.

### **Bab II Dasar Teori**

Bab ini berisi penjelasan secara detail mengenai dasar-dasar penunjang dan teori-teori yang digunakan untuk mendukung pembuatan tugas akhir ini.

### **Bab III Perancangan**

Bab ini berisi tentang perancangan desain sistem deteksi penyakit diabetes makula edema.

### **Bab IV Implementasi**

Bab ini membahas implementasi dari desain yang telah dibuat pada bab sebelumnya. Penjelasan berupa kode yang digunakan untuk proses implementasi.

### **Bab V Uji Coba dan Evaluasi**

Bab ini membahas tahap-tahap uji coba. Kemudian hasil uji coba dievaluasi untuk kinerja dari aplikasi yang dibangun.

### **Bab VI Kesimpulan dan Saran**

Bab ini merupakan bab terakhir yang menyampaikan kesimpulan dari hasil uji coba yang dilakukan dan saran untuk pengembangan aplikasi ke depannya.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

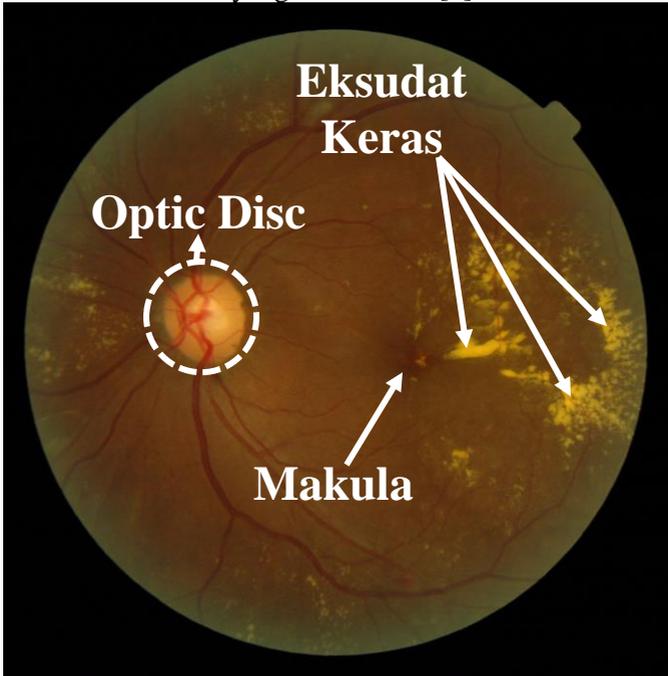
Pada bab ini diuraikan mengenai dasar-dasar teori yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir dengan tujuan untuk memberikan gambaran secara umum terhadap penelitian yang dikerjakan.

#### **2.1 Penyakit Diabetes Makula Edema**

Penyakit diabetes makula edema merupakan komplikasi dari diabetes retinopati dan seringkali menjadi penyebab utama dari kehilangan penglihatan dan kebutaan [8]. Penyakit diabetes makula edema didiagnosis ketika kebocoran cairan interstisial dari pembuluh darah dalam wilayah makula. Kebocoran disebabkan oleh kerusakan dari persimpangan ketat endothelium di mikroaneurisma atau pembuluh retina. Akumulasi deposit lipid dalam retina yang dihasilkan dari kebocoran disebut eksudat keras. Secara klinis, munculnya eksudat keras didefinisikan sebagai deposit cairan interstisial yang berwarna kekuningan pada citra fundus retina. Sedangkan makula mengandung konsentrasi tinggi dari fotoreseptor yang bertanggung jawab untuk penglihatan dan memiliki bentuk tampak seperti warna daerah gelap yang terlihat pada **Gambar 2.1**. Pusat makula disebut fovea.

Jika penderita diabetes membiarkan kondisi mereka dengan tidak diobati atau tidak dirawat dengan baik, ada kemungkinan 30% resiko terkena penyakit diabetes makula edema. Penyakit diabetes makula edema kemungkinan besar terjadi pada penderita yang berusia 60 tahun ke atas. Gejala umum penderita penyakit diabetes makula edema antara lain penglihatan sentral terasa kabur, rasa sakit pada mata dan warna yang muncul akan terlihat luntur atau berubah. Saat gejala terjadi, menandakan bahwa pembuluh darah di mata telah mengalami kebocoran. Dokter mendiagnosis penyakit diabetes makula edema dengan beberapa pemeriksaan mata yang dilakukan seperti pemeriksaan visus, tekanan bola mata, *slit-lamp biomicroscopy*, gonioskop, funduskopi, *stereoscopic*

*fundus photography*, *coherence tomography* dan *ocular ultrasonography*. Dalam pengobatan diabetes makula edema, operasi laser adalah cara yang paling umum dalam mengobati kebocoran pembuluh darah. Dokter dapat memberikan obat seperti steroid dan anti-VEGF yang berupa suntikan ke dalam mata. Penderita diabetes makula edema harus bisa menjaga kadar gula darah dalam tubuhnya, jika tidak maka dapat menyebabkan diabetes makula edema yang lebih buruk [9].



**Gambar 2.1** Citra Fundus Retina

Jenis deteksi penyakit diabetes makula edema berdasarkan *Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS)* banyak digunakan di bidang kedokteran dalam mendiagnosis resiko pasien terkena penyakit diabetes makula edema [7], [8]. Sistem tersebut ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

**Tabel 2.1 Jenis Deteksi Diabetes Makula Edema Berdasarkan *Early Treatment Diabetic Retinopathy Study* (ETDRS)**

<b>Deteksi</b>	<b>Definisi</b>
Normal	Tidak ditemukan eksudat keras
Tahap 1	Jarak terdekat antara makula dan eksudat keras $>$ satu diameter <i>optic disc</i>
Tahap 2	Jarak terdekat antara makula dan eksudat keras $\leq$ satu diameter <i>optic disc</i>

## 2.2 Citra Digital

Citra digital merupakan gambar yang didefinisikan menjadi fungsi dua dimensional  $f(x, y)$  dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial dan amplitudo  $f$  pada setiap pasangan koordinat  $(x, y)$  disebut sebagai intensitas citra. Proses digitalisasi citra merupakan cara mengkonversikan citra baik berdasarkan koordinat maupun amplitudonya [5]. Teknologi dasar untuk menciptakan dan menampilkan warna pada citra digital berdasarkan kombinasi RGB. Citra digital berwarna RGB ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2 Citra Digital**

RGB merupakan suatu model warna yang terdiri dari merah, hijau dan biru yang digabungkan dalam membentuk suatu susunan warna yang luas. Sebuah jenis warna, dapat dibayangkan sebagai

sebuah vektor di ruang dimensi tiga yang biasanya dipakai dalam matematika. Koordinatnya dinyatakan dalam bentuk tiga bilangan yaitu komponen warna merah, komponen warna hijau dan komponen warna biru [10].

### 2.3 Citra *Grayscale*

Citra *grayscale* merupakan citra digital yang setiap pikselnya hanya menggunakan warna pada tingkatan warna abu-abu [11]. Warna abu-abu adalah satu-satu warna pada ruang RGB dengan komponen merah, hijau dan biru yang mempunyai intensitas sama. Pada citra *grayscale* hanya perlu menyatakan nilai intensitas untuk tiap piksel sebagai nilai tunggal. Citra yang ditampilkan dari citra *grayscale* terdiri atas warna abu-abu yang bervariasi antara hitam dan putih, variasi warna hitam menunjukkan bagian dengan intensitas rendah sedangkan warna putih menunjukkan bagian dengan intensitas tinggi. Citra *grayscale* ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3 Citra Grayscale**

## 2.4 Citra Biner

Citra biner merupakan citra digital yang setiap pikselnya hanya memiliki dua kemungkinan nilai warna yakni 0 merepresentasikan warna hitam dan 1 merepresentasikan warna putih. Proses pemineranan dilakukan dengan membulatkan keatas atau kebawah untuk setiap nilai keabuan dari piksel yang berada diatas atau dibawah nilai *threshold*. Metode untuk menentukan besarnya nilai *threshold* disebut *thresholding*. Citra biner diperoleh melalui proses pemisahan piksel-piksel berdasarkan derajat keabuan yang dimilikinya. Piksel yang memiliki derajat keabuan lebih kecil dari nilai *threshold* diberikan nilai 0, sementara piksel yang memiliki derajat keabuan yang lebih besar dari nilai *threshold* batas diberikan nilai 1. Citra biner ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.

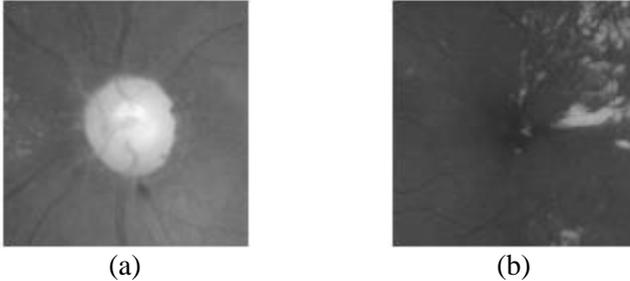


**Gambar 2.4** Citra Biner

## 2.5 *Region of Interest* (ROI)

*Region of Interest* (ROI) merupakan bagian dari citra yang ingin dilakukan filter atau operasi lain [12]. ROI umumnya diambil untuk mengamati karakteristik morfologis citra atau mengekstrak data spesifik dari citra. Informasi yang didapat dari ROI bisa

berupa *area*, *radius*, diameter atau *centroid*. Contoh ROI ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



**Gambar 2.5 Contoh ROI**  
(a) *Optic Disc*, (b) *Makula*

## 2.6 *Contrast Adjustment*

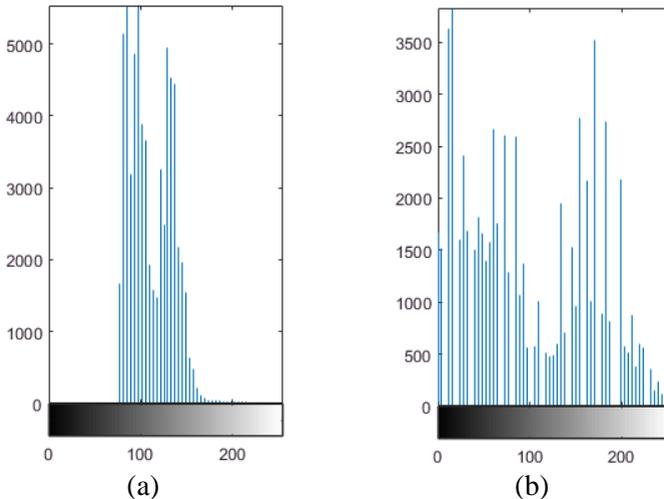
Contrast adjustment merupakan teknik peningkatan citra yang digunakan untuk memperbaiki intensitas pada citra. Perbaikan intensitas citra dilakukan dengan memetakan nilai intensitas ke dalam suatu nilai rentang tertentu. Sebagai contoh pada **Gambar 2.6 (a)** dan **Gambar 2.7 (a)** menunjukkan citra dengan kontras yang rendah beserta histogramnya.



**Gambar 2.6 Contoh Citra *Contrast Adjustment***  
(a) *Citra Asli*, (b) *Citra Hasil *Contrast Adjustment**

Histogram citra tersebut memiliki rentang nilai yang berkumpul di tengah. Maka diperlukan pemetaan ulang nilai-nilai

intensitas citra tersebut sehingga dapat mengisi seluruh rentang intensitas antara  $[0, 255]$  dengan begitu dapat meningkatkan kontras pada citra [13].



**Gambar 2.7 Contoh Histogram *Contrast Adjustment***  
**(a) Histogram Citra Asli, (b) Histogram Citra Hasil *Contrast Adjustment***

Hasil *contrast adjustment* pada citra memiliki histogram dengan rentang yang merata antara  $[0, 255]$ . Contoh penerapan *contrast adjustment* beserta histogramnya ditunjukkan pada **Gambar 2.6 (b)** dan **Gambar 2.7 (b)**.

## 2.7 *Filter Gaussian*

*Filter gaussian* merupakan *filter blur* yang menempatkan warna transisi yang signifikan dalam sebuah citra, kemudian membuat warna-warna pertengahan untuk menciptakan efek lembut pada sisi-sisi sebuah citra. *Filter gaussian* merupakan salah satu *filter blur* yang menciptakan efek *autofocus* untuk mengurangi detail.



(a) (b)  
**Gambar 2.8 Contoh *Filter Gaussian***  
**(a) Citra Asli, (b) Citra Hasil *Filter Gaussian***

*Filter gaussian* sangat baik untuk menghilangkan *noise* dan memperhalus citra [14]. Contoh penerapan *filter gaussian* ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.

## 2.8 Operasi Morfologi

Operasi morfologi memiliki peranan yang penting dalam pengolahan citra digital. Prinsip dari operasi morfologi adalah mengekstrak komponen-komponen citra yang berguna dalam representasi dan deskripsi bentuk seperti ekstrak *boundary* dari suatu *region* [15].

Dalam operasi morfologi seperti dilasi, erosi, *opening* dan *closing* sering digunakan *structuring element*. *Structuring element* atau *kernel* merupakan kumpulan pola spesifik berupa koordinat angka diskrit. Representasi koordinat angka yang biasa digunakan adalah koordinat *cartesian* [16].

### 2.8.1 Dilasi

Dilasi merupakan operasi yang membuat sebuah objek berkembang atau menebal sesuai dengan bentuk *structuring element* yang digunakan. Dalam operasi dilasi, citra asli akan mengalami pelebaran dengan mengikuti bentuk *structuring element* yang digunakan.

Ilustrasi penggunaan dilasi ditunjukkan pada **Gambar 2.9**. Pada **Gambar 2.9** (a) menunjukkan bahwa sebelum dilakukan operasi dilasi, terdapat beberapa teks yang rusak pada citra asli. Setelah mengalami dilasi dengan *structuring element* yang sesuai, maka teks yang rusak mengalami penebalan sesuai dengan *structuring element* yang digunakan seperti pada **Gambar 2.9** (b). Sehingga dari proses dilasi tersebut, teks akan menjadi lebih jelas dan mudah dibaca. Oleh karena itu, dilasi dapat digunakan untuk memperbaiki citra asli yang rusak. Selain itu, bagian citra yang terputus juga dapat disambungkan dengan menggunakan operasi dilasi [15].

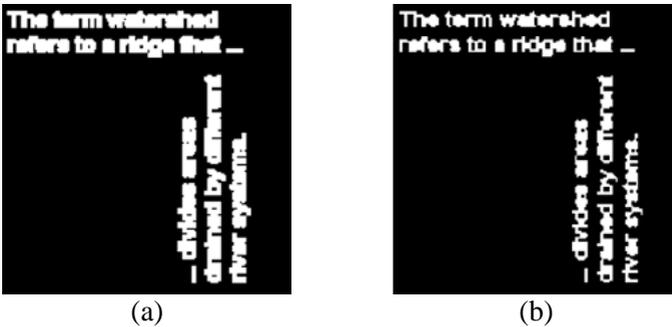


**Gambar 2.9 Contoh Dilasi**  
(a) Citra Asli, (b) Citra Hasil Dilasi

## 2.8.2 Erosi

Erosi merupakan operasi yang akan membuat sebuah objek menyusut atau menipis. Seperti pada operasi dilasi, objek akan menyusut atau menipis sesuai dengan bentuk dan ukuran dari *structuring element* [15].

Ilustrasi penggunaan erosi ditunjukkan pada citra teks seperti pada **Gambar 2.10**. Pada **Gambar 2.10** (a), menunjukkan citra teks sebelum dilakukan erosi. Kemudian pada **Gambar 2.10** (b), menunjukkan hasil erosi dari citra teks.

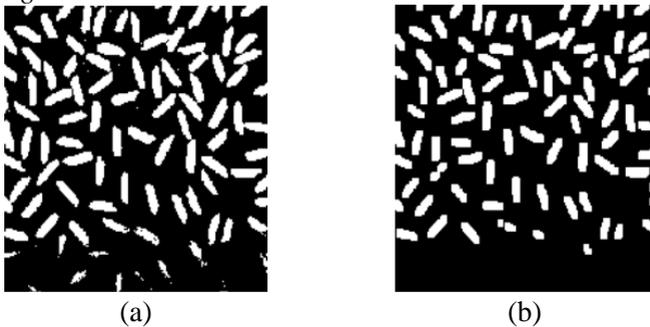


**Gambar 2.10 Contoh Erosi**  
(a) Citra Asli, (b) Citra Hasil Erosi

### 2.8.3 *Opening*

*Opening* umumnya digunakan untuk menghaluskan kontur dari sebuah objek, memutuskan garis tipis yang menghubungkan dua *region* besar dan menghilangkan tonjolan tipis [15].

Ilustrasi penggunaan operasi *opening* dengan *structuring element* ditunjukkan pada citra beras seperti pada **Gambar 2.11**. **Gambar 2.11** (a) menunjukkan citra beras sebelum dilakukan *opening*. Kemudian pada **Gambar 2.11** (b), menunjukkan hasil *opening* dari citra beras.

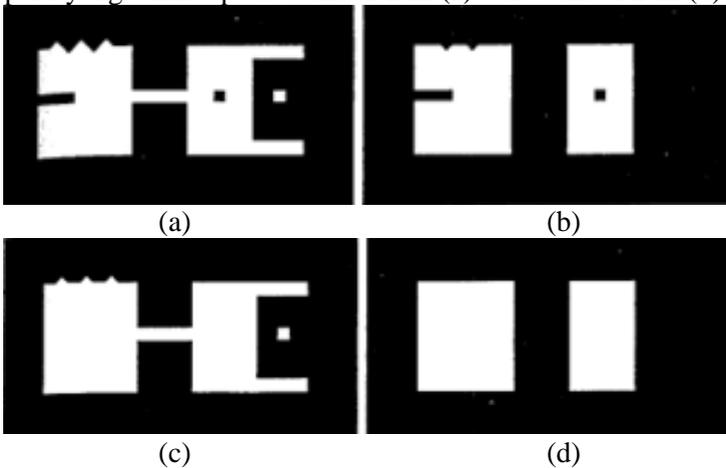


**Gambar 2.11 Contoh *Opening***  
(a) Citra Asli, (b) Citra Hasil *Opening*

### 2.8.4 Closing

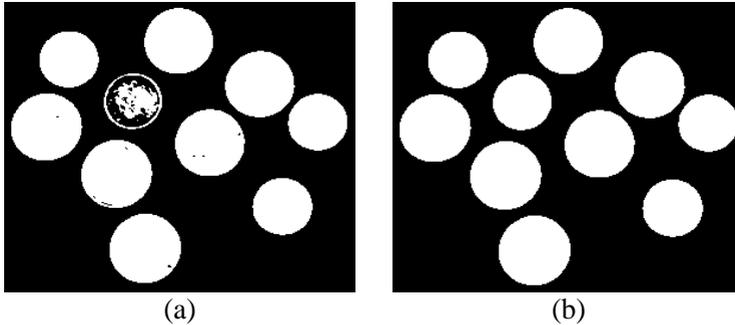
*Closing* digunakan untuk menghaluskan bagian dari kontur tetapi berbeda dengan *opening*, *closing* biasanya menyatukan bagian kecil yang terputus dan menyatukan cekungan yang panjang dan tipis. *Closing* juga digunakan untuk menghilangkan lubang kecil dan mengisi celah yang terdapat dalam kontur.

Ilustrasi penggunaan operasi *opening* dan *closing* ditunjukkan seperti pada **Gambar 2.12**. Operasi *opening* seolah-olah akan membuka sebuah citra seperti pada **Gambar 2.12 (b)**. Sebaliknya, operasi *closing* seolah-olah menutup sebuah citra seperti yang terlihat pada **Gambar 2.12 (c)** dan **Gambar 2.12 (d)**.



**Gambar 2.12 Contoh *Opening* dan *Closing***  
 (a) Citra asli, (b) Citra Hasil *Opening*, (c) Citra Hasil *Closing*, (d) Citra hasil *Closing* dari (b)

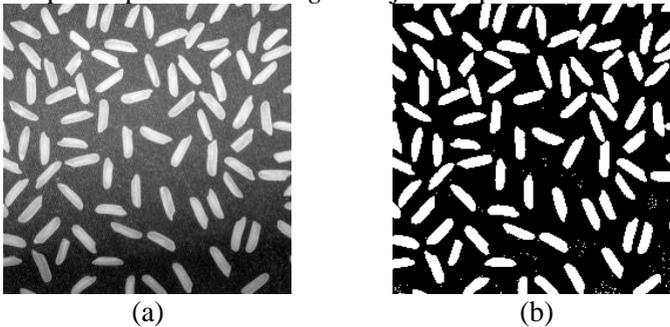
Penerapan lain dari morfologi seperti *filling* suatu *region*. *Filling* dimulai dari satu titik di dalam *boundary* tujuannya adalah mengisi keseluruhan *region* dengan nilai 1. Sehingga lubang dengan nilai 0 dapat terisi dengan nilai 1 dan terlihat seperti satu kesatuan *region* [5]. Contoh penerapan *filling* ditunjukkan pada **Gambar 2.13**.



**Gambar 2.13 Contoh *Filling***  
**(a) Citra Asli, (b) Citra Hasil *Filling***

## 2.9 *Thresholding*

*Thresholding* merupakan metode yang paling umum yang digunakan dalam segmentasi citra. Dari sebuah citra *grayscale*, *thresholding* dapat digunakan untuk membentuk sebuah citra biner [17]. Selama proses *thresholding*, sebuah piksel dari sebuah citra ditandai sebagai *foreground* piksel apabila nilainya lebih besar daripada suatu nilai *threshold* dan ditandai sebagai *background* apabila nilainya lebih kecil daripada suatu nilai *threshold* tersebut. Contoh penerapan *thresholding* ditunjukkan pada **Gambar 2.14**.



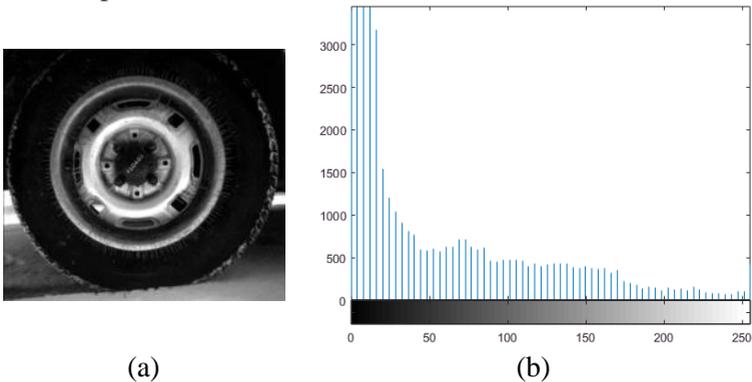
**Gambar 2.14 Contoh *Thresholding***  
**(a) Citra Asli, (b) Citra Hasil *Thresholding***

Parameter utama dalam proses *thresholding* adalah pemilihan dari nilai *threshold*. Beberapa metode dalam pemilihan nilai *threshold* antara lain adalah dengan memilih langsung nilai *threshold* atau menggunakan algoritma *thresholding*.

## 2.10 Histogram Equalization

Histogram suatu citra merepresentasikan frekuensi relatif dari level keabuan suatu citra [11]. Hal ini direpresentasikan dengan sebuah grafik yang menunjukkan distribusi intensitas warna pada sebuah citra berindeks atau citra intensitas.

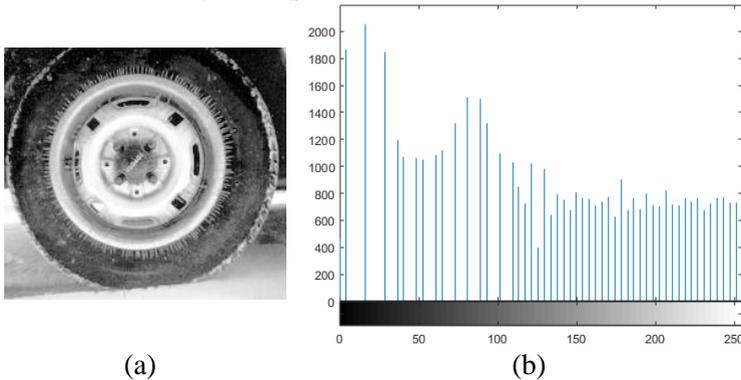
*Histogram equalization* merupakan suatu proses perataan histogram, dimana distribusi nilai derajat keabuan pada suatu citra dibuat rata. Tujuan *histogram equalization* untuk mendapatkan histogram yang merata sehingga kontras keseluruhan citra optimal bisa tercapai.



**Gambar 2.15 Contoh Citra Asli *Histogram Equalization***  
**(a) Citra Asli, (b) Histogram Citra Asli**

Metode *histogram equalization* dalam pengolahan citra dapat meningkatkan kontras gambar secara global. Melalui metode ini, intensitas gambar dapat didistribusikan pada histogram dengan lebih baik. Hal ini memungkinkan untuk daerah kontras lokal yang lebih rendah untuk mendapatkan kontras yang lebih tinggi tanpa

mempengaruhi kontras global [18]. Contoh penerapan *histogram equalization* ditunjukkan pada **Gambar 2.15** dan **Gambar 2.16**.



**Gambar 2.16** Contoh Citra Hasil *Histogram Equalization*  
 (a) Citra Hasil, (b) Histogram Citra Hasil

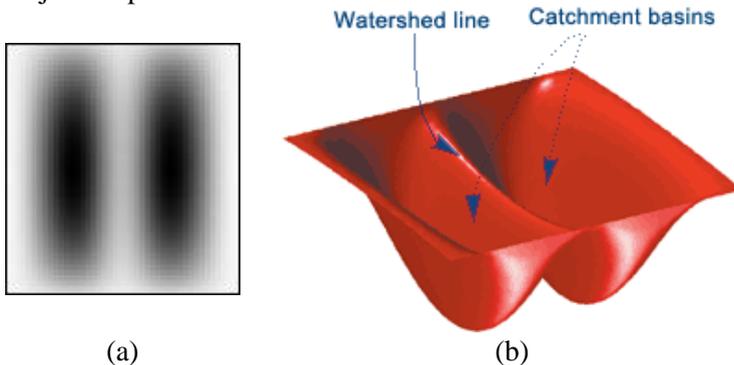
## 2.11 Transformasi *Watershed*

Transformasi *watershed* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk segmentasi citra. Metode ini membagi skala keabuan atau citra berwarna dalam *region* berbeda dengan merepresentasikan citra sebagai relief topografi. Analisis ini dijelaskan melalui metafora yang didasarkan pada perilaku air dalam bentang alam. Ketika hujan, tetesan air jatuh di daerah yang berbeda, maka akan mengikuti permukaan yang menurun. Air akan berakhir di bagian bawah lembah sehingga untuk setiap lembah akan ada daerah yang semua air mengalir ke dalamnya. Ketika air yang naik dari dua lembah penampungan hendak bergabung, maka dibangun sebuah dam untuk mencegah penggabungan tersebut. Aliran air akan mencapai tingkat yang diinginkan dan berhenti mengalir ketika bagian atas dari dam terlihat. Tepi dam yang terlihat inilah yang menjadi batasan dan hasil dari segmentasi citra. Dengan anggapan bentuk topografi tersebut, maka didapatkan tiga macam titik yaitu:

- a. Titik yang merupakan daerah terendah.

- b. Titik yang merupakan tempat dimana jika setetes air dijatuhkan, maka air tersebut akan jatuh hingga ke sebuah posisi minimum tertentu.
- c. Titik yang merupakan tempat dimana jika air dijatuhkan, maka air tersebut mempunyai kemungkinan untuk jatuh ke salah satu posisi minimum (tidak pasti jatuh ke sebuah titik minimum, tetapi dapat jatuh ke titik minimum tertentu atau titik minimum yang lain).

Untuk sekumpulan piksel yang memiliki nilai intensitas minimum tertentu dan memenuhi kondisi (b) disebut sebagai lembah penampungan (*catchment basin*) sedangkan sekumpulan piksel yang memenuhi kondisi (c) disebut sebagai garis *watershed* (*watershed ridge lines*). Jadi segmentasi menggunakan metode transformasi *watershed* mempunyai tujuan untuk melakukan pencarian garis *watershed* [19]. Konsep transformasi *watershed* ditunjukkan pada **Gambar 2.17**.



**Gambar 2.17 Konsep Transformasi Watershed**  
**(a) Pada Citra Dua Dimensi, (b) Pada Citra Tiga Dimensi**

Penerapan langsung dari transformasi *watershed* dapat menimbulkan *oversegmentation*. *Oversegmentation* disebabkan banyaknya jumlah *region* dari *noise* atau *gradient*. Hal ini dapat menjadi masalah serius karena membuat hasil segmentasi hampir tidak berguna. Solusi praktis dari masalah tersebut adalah

membatasi jumlah *region* yang akan digunakan sebelum masuk ke tahap transformasi *watershed* [11].

### 2.12 Euclidean Distance

*Euclidean distance* merupakan metode penghitungan jarak [20]. Metode ini menghitung akar dari jumlah selisih kuadrat antara dua titik yaitu  $p = (x_1, y_1)$  dan  $q = (x_2, y_2)$  pada citra dua dimensi. Rumus perhitungan *euclidean distance* ditunjukkan pada persamaan (2.1) berikut:

$$d(p, q) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2.1)$$

### 2.13 Confusion Matrix

*Confusion matrix* merupakan matriks yang mengandung informasi tentang kelas sebenarnya dan prediksi yang dihasilkan oleh sistem klasifikasi. *Confusion matrix* banyak digunakan untuk menguji performa dari suatu metode klasifikasi [21]. Struktur *confusion matrix* untuk tiga kelas ditunjukkan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Confusion Matrix**

		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	tpN	eN1	eN2
	1	e1N	tp1	e12
	2	e2N	e21	tp2

Keterangan:

- tp = jumlah data uji yang kelas prediksinya sama dengan kelas yang sebenarnya
- e = jumlah kelas prediksi yang tidak sesuai dengan kelas sebenarnya

Beberapa nilai evaluasi yang bisa dihitung berdasarkan *confusion matrix* yaitu *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity*. *Accuracy* adalah proporsi jumlah *predicted positive* dan *predicted negative* yang terklasifikasi secara tepat terhadap semua data. Rumus perhitungan dari akurasi ditunjukkan pada persamaan (2.2) berikut:

$$Accuracy = \frac{tpN+tp1+tp2}{tpN+eN1+eN2+e1N+tp1+e12+e2N+e21+tp2} \quad (2.2)$$

*Sensitivity (True Positive Recognition Rate)* adalah perbandingan dari jumlah data *tp* terhadap *actual class positive* untuk masing-masing kelas. Rumus perhitungan *Sensitivity* ditunjukkan pada persamaan (2.3), (2.4), (2.5) berikut:

$$Sensitivity_N = \frac{tpN}{tpN+eN1+eN2} \quad (2.3)$$

$$Sensitivity_1 = \frac{tp1}{tp1+e1N+e12} \quad (2.4)$$

$$Sensitivity_2 = \frac{tp2}{tp2+e2N+e21} \quad (2.5)$$

*Specificity (True Negative Recognition Rate)* adalah perbandingan dari jumlah data *tn* terhadap *actual class negative* untuk masing-masing kelas. Rumus perhitungan *specificity* ditunjukkan pada persamaan (2.6), (2.7), (2.8) berikut:

$$Specificity_N = \frac{tp1+e12+e21+tp2}{tp1+e12+e21+tp2+e1N+e2N} \quad (2.6)$$

$$Specificity_1 = \frac{tpN+eN2+e2N+tp2}{tpN+eN2+e2N+tp2+eN1+e21} \quad (2.7)$$

$$Specificity_2 = \frac{tpN+eN1+e1N+tp1}{pN+eN1+e1N+tp1+eN2+e12} \quad (2.8)$$

## 2.14 Normalisasi

Normalisasi merupakan teknik untuk menstandarkan atau menyamakan rentang data sehingga tidak ada satu atribut yang terlalu dominan atas atribut yang lain. Salah satu teknik normalisasi adalah normalisasi skala [22].

Normalisasi skala merupakan teknik penstandaran data pada suatu rentang tertentu, umumnya 0-1. Diketahui nilai maksimal dari suatu piksel citra sebagai  $N_{max}$  dan nilai minimal dari suatu piksel citra adalah  $N_{min}$ . Citra yang dinormalisasi disimbolkan dengan  $N$ . Nilai hasil normalisasi didapatkan dari rumus perhitungan normalisasi skala ditunjukkan pada persamaan (2.9) berikut:

$$Normalisasi = \frac{N-N_{min}}{N_{max}-N_{min}} \quad (2.9)$$

## 2.15 Gradient Magnitude

*Gradient* merupakan salah satu operator dalam kalkulus vektor yang berguna untuk mencari perubahan arah dan kecepatan di bidang skalar. Pada citra, *gradient* mewakili transisi atau perubahan warna secara bertahap. Untuk citra dua dimensi, aplikasi dilakukan dengan menggunakan *gradient* turunan spasial. *Gradient* memiliki *direction* dan *magnitude* [23].

*Gradient magnitude* merupakan penurunan intensitas suatu citra  $f(i, j)$  yang ditunjukkan pada persamaan (2.10) berikut:

$$|\nabla f| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (2.10)$$

*Gradient magnitude* yang disimbolkan dengan  $\nabla f$  dihitung dengan menggunakan turunan spasial vertikal yang disimbolkan dengan  $\frac{\partial f}{\partial x}$  dan turunan spasial horisontal yang disimbolkan dengan  $\frac{\partial f}{\partial y}$ . Untuk mendapatkan turunan spasial digunakan operator seperti sobel [11] dalam bentuk *mask* ditunjukkan pada **Gambar 2.18**.

$$m_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad m_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

**Gambar 2.18 Mask Operator Sobel**

Dari *mask* sobel dikonvolusikan dengan citra  $f(i, j)$  [24] sehingga didapat turunan spasial vertikal  $\frac{\partial f}{\partial x}$  dan turunan spasial horisontal  $\frac{\partial f}{\partial y}$  yang ditunjukkan pada persamaan (2.11), (2.12) berikut:

$$\frac{\partial f}{\partial x} f(i, j) = f(i, j) * m_x(i, j) \quad (2.11)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} f(i, j) = f(i, j) * m_y(i, j) \quad (2.12)$$

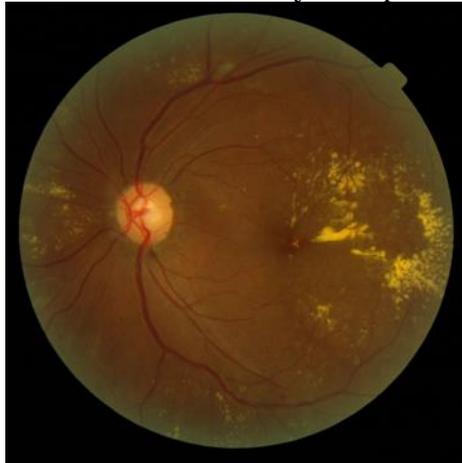
***[Halaman ini sengaja dikosongkan]***

## BAB III PERANCANGAN

Pada bab ini diuraikan mengenai perancangan aplikasi agar dapat mencapai tujuan dari tugas akhir. Perancangan yang dibuat meliputi perancangan sistem, data dan proses.

### 3.1 Perancangan Sistem

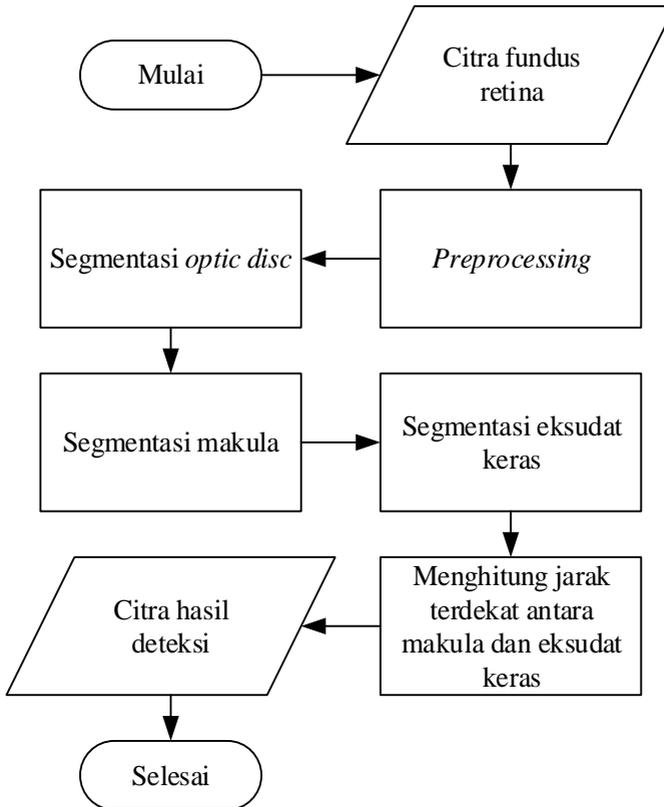
Perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan proses secara keseluruhan dari aplikasi deteksi penyakit diabetes makula edema. Untuk dapat menggunakan aplikasi deteksi penyakit diabetes makula edema, pengguna harus memiliki citra fundus retina sebagai data masukan. Data masukan diperoleh dari *Methods to evaluate segmentation and indexing techniques in the field of retinal ophthalmology* (MESSIDOR). Salah satu contoh data masukan citra fundus retina ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1 Data Masukan Citra Fundus Retina**

Sistem deteksi pada tugas akhir ini memiliki tiga proses utama. Proses pertama adalah *preprocessing*. Proses kedua adalah segmentasi. Proses ketiga adalah menghitung jarak terdekat antara

makula dan eksudat keras. Diagram alir dari sistem ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.2 Diagram Alir dari Sistem Aplikasi Diabetes Makula Edema**

Proses *preprocessing* adalah proses untuk menyiapkan citra sebelum masuk ke proses segmentasi. Persiapan citra berupa *resize* data masukan, mengubah menjadi citra *greyscale* dan mengubah menjadi citra biner. Hasil citra biner digunakan sebagai data masukan proses segmentasi.

Proses segmentasi adalah proses untuk mendapatkan fitur pada bagian *optic disc*, makula dan eksudat keras dari cira fundus

retina. Segmentasi dilakukan berurutan mulai dari segmentasi *optic disc* hingga eksudat keras karena fitur yang dihasilkan berkorelasi antar proses.

Segmentasi *optic disc* dilakukan untuk mendapatkan *radius*, diameter dan *centroid optic disc*. Segmentasi *optic disc* dilakukan menggunakan operasi morfologi diantaranya terdapat proses *contrast adjustment*, menghilangkan pembuluh darah, *thresholding*, mencari *region* terbesar dan *closing*. Fitur yang dihasilkan segmentasi *optic disc* seperti radius dan *centroid optic disc* digunakan sebagai data masukan untuk segmentasi makula.

Segmentasi makula dilakukan untuk mendapatkan *area* dan *centroid* makula. Segmentasi makula dilakukan menggunakan operasi morfologi diantaranya terdapat proses *histogram equalization*, *thresholding*, dilasi, mencari *region* terbesar dan *filling*. Fitur yang dihasilkan segmentasi makula seperti *centroid* makula digunakan sebagai data masukan untuk segmentasi eksudat keras.

Segmentasi eksudat keras dilakukan untuk mendapatkan *region* eksudat keras. Segmentasi eksudat keras dilakukan menggunakan transformasi *watershed*. Sebelum dilakukan transformasi *watershed* dilakukan proses normalisasi, mengambil komponen warna hijau, *contrast adjustment*, *opening*, dilasi dan pencarian *gradient magnitude* pada citra. Setelah transformasi *watershed* dilakukan proses *thresholding*, eliminasi garis *watershed* dan eliminasi objek di sekitar *optic disc*. Citra hasil segmentasi eksudat keras digunakan sebagai data masukan untuk proses menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras.

Proses menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras adalah proses untuk mendeteksi diabetes makula edema berdasarkan *Early Treatment Diabetic Retinopathy Study* (ETDRS). Proses ini dilakukan dengan menghitung jarak dari *centroid* makula ke setiap koordinat eksudat keras menggunakan *euclidean distance*. Dari jarak yang diperoleh diurutkan dan diambil jarak yang terkecil. Jarak terdekat inilah yang digunakan dalam mendeteksi penyakit diabetes makula edema apakah

termasuk normal, diabetes makula edema tahap 1 atau diabetes makula edema tahap 2.

### 3.2 Perancangan Data

Perancangan data dilakukan untuk memastikan pengoperasian aplikasi berjalan dengan benar. Data masukan (*input*) adalah data yang diperlukan dalam pengoperasian aplikasi dan data keluaran (*output*) adalah data yang akan digunakan oleh pengguna.

Data masukan adalah data yang diproses oleh aplikasi deteksi penyakit diabetes makula edema. Data yang digunakan sebagai masukan adalah citra fundus retina. Data masukan berupa citra berukuran 2240x1448 piksel dengan citra berwarna RGB. Contoh citra yang digunakan sebagai data masukan ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.

Data keluaran aplikasi deteksi penyakit diabetes makula edema merupakan citra hasil deteksi berupa normal, diabetes makula edema tahap 1 dan diabetes makula edema tahap 2.

### 3.3 Perancangan Proses

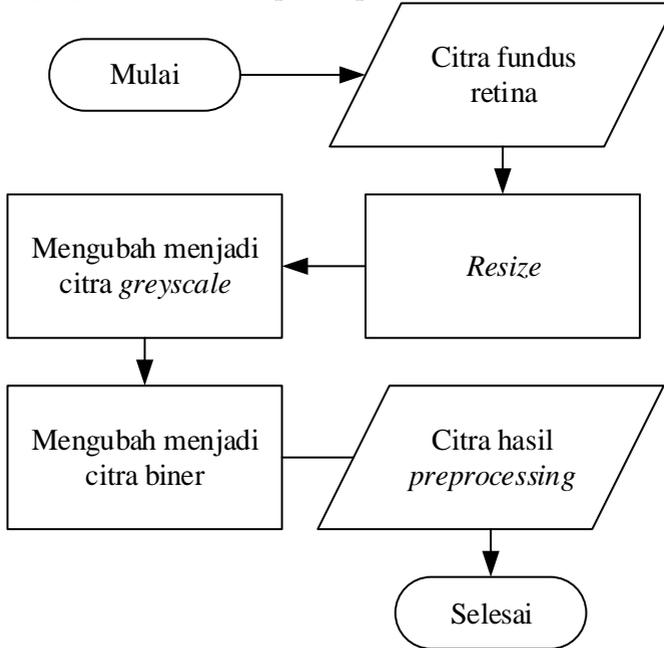
Perancangan proses dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai setiap proses yang terdapat pada aplikasi deteksi penyakit diabetes makula edema. Bagian dari setiap proses utama aplikasi dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.

#### 3.3.1 *Preprocessing*

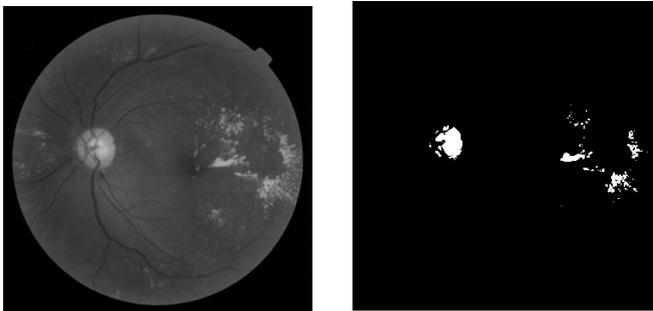
Supaya aplikasi dapat berjalan optimal, diperlukan persiapan data terlebih dahulu pada proses *preprocessing*. Pada tugas akhir kali ini, proses *preprocessing* yang dilakukan adalah melakukan *resize* pada data masukan, mengubah citra RGB menjadi citra *greyscale* dan mengubah citra *greyscale* menjadi citra biner. Diagram alir dari proses ditunjukkan pada **Gambar 3.3**.

*Resize* pada data masukan dilakukan untuk memperkecil ukuran citra yang akan diproses. Mengubah citra RGB menjadi citra *greyscale* dengan menyamakan nilai intensitas tiap piksel ke

dalam tingkat keabuan. Mengubah citra *greyscale* menjadi citra biner didapatkan *region* yang memiliki intensitas tinggi. Citra proses *preprocessing* ditampilkan pada **Gambar 3.4**.



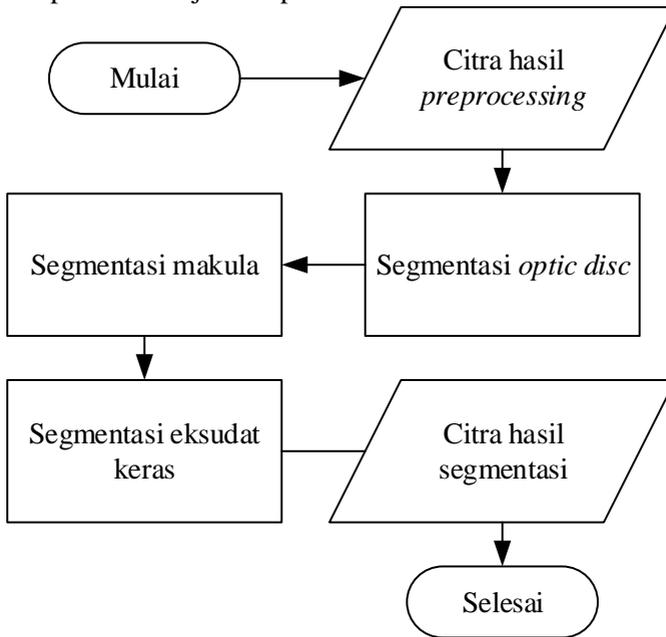
**Gambar 3.3** Diagram Alir dari Proses *Preprocessing*



**Gambar 3.4** Citra Proses *Preprocessing*  
(a) Citra *Greyscale*, (b) Citra Biner

### 3.3.2 Segmentasi

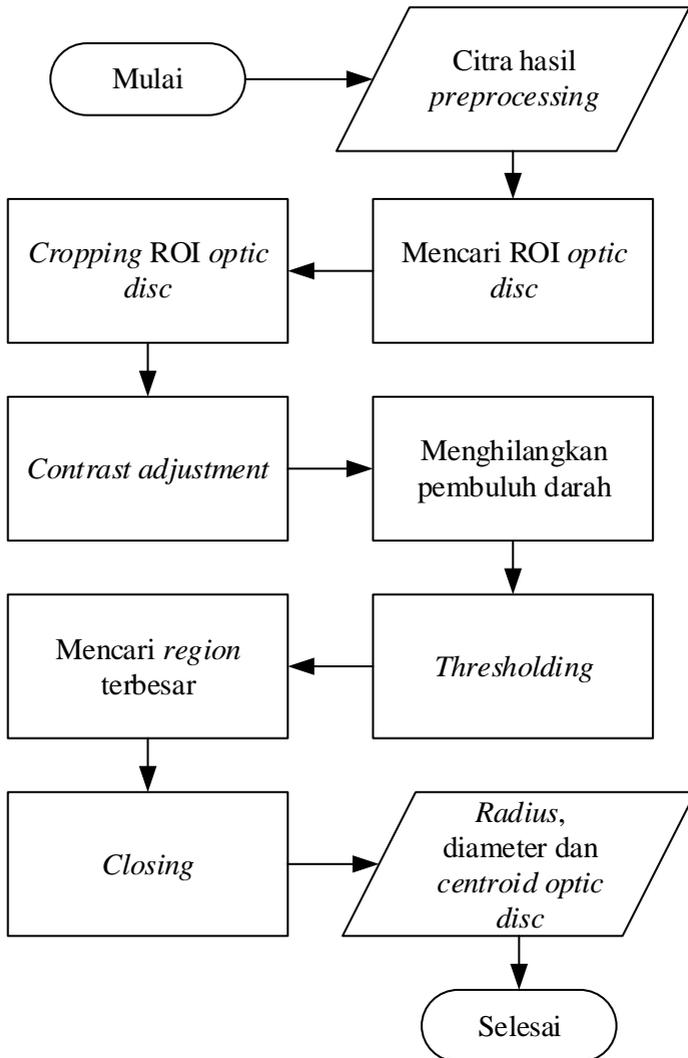
Segmentasi dalam tugas akhir ini menggunakan data keluaran proses *preprocessing* berupa informasi dari citra biner yang menunjukkan *region* berwarna putih memiliki intensitas tinggi. Untuk tahap segmentasi dibagi menjadi tiga proses utama yaitu segmentasi *optic disc*, makula dan eksudat keras. Diagram alir dari proses ditunjukkan pada **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5** Diagram Alir dari Proses Segmentasi

#### 3.3.2.1 Segmentasi *Optic Disc*

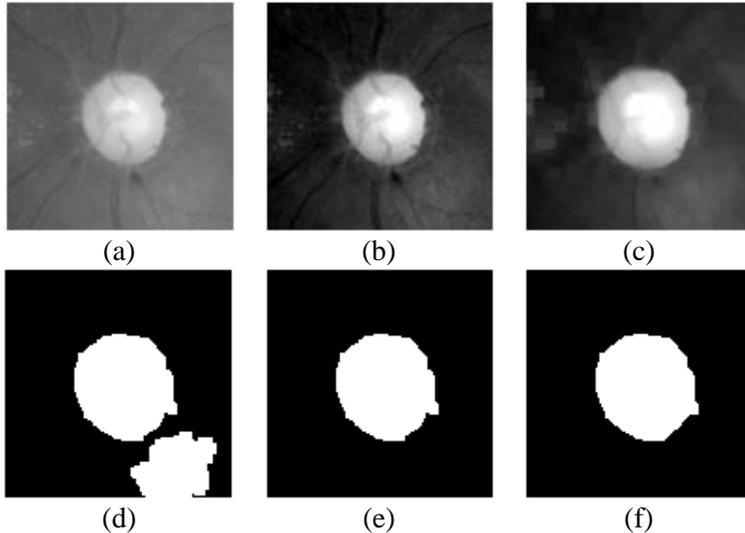
Segmentasi *optic disc* dilakukan untuk mendapatkan *radius*, diameter dan *centroid* dari *optic disc* pada citra fundus retina. Sebelumnya perlu dilakukan pencarian dan *cropping* ROI *optic disc*. Diagram alir dari proses ditunjukkan pada **Gambar 3.6**.



**Gambar 3.6 Diagram Alir dari Proses Segmentasi *Optic Disc***

Pencarian ROI *optic disc* dilakukan untuk mencari *region* terbesar dari citra biner hasil *preprocessing*. Hal ini disebabkan

karena *optic disc* memiliki *region* terbesar dengan intensitas tinggi dibanding eksudat keras. *Cropping ROI optic disc* dilakukan dari koordinat posisi  $(x, y)$  dengan ukuran *windows* 120x120 piksel dengan mengambil komponen merah pada hasil *resize* citra proses *preprocessing*.



**Gambar 3.7** Citra Proses Segmentasi *Optic Disc*  
**(a) *Cropping ROI*, (b) *Contrast Adjustment*, (c) Menghilangkan**  
**Pembuluh Darah, (d) *Thresholding*, (e) Mencari *Region* Terbesar, (f)**  
***Closing***

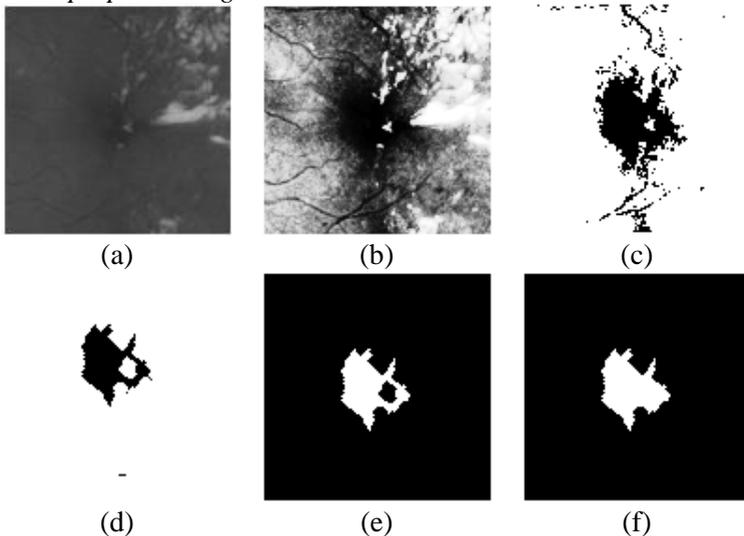
*Contrast adjustment* dilakukan untuk meratakan intensitas pada ROI *optic disc* sehingga didapatkan citra dengan kontras yang lebih tinggi. Menghilangkan pembuluh darah yang berada di dalam *optic disc* dengan *filter gaussian* dan dilasi. *Thresholding* memisahkan antara *foreground* dan *background* pada ROI *optic disc* berdasarkan nilai *threshold*. *Foreground* hasil *thresholding* berupa kandidat *optic disc*. Pencarian *region* terbesar dilakukan untuk menyeleksi kandidat *optic disc*. *Closing* memperhalus *region* dengan menyatukan bagian-bagian yang terputus. Hasil citra *closing* merupakan *optic disc* yang kemudian dicari *radius*,

diameter dan *centroid*. Citra proses segmentasi *optic disc* ditunjukkan pada **Gambar 3.7**.

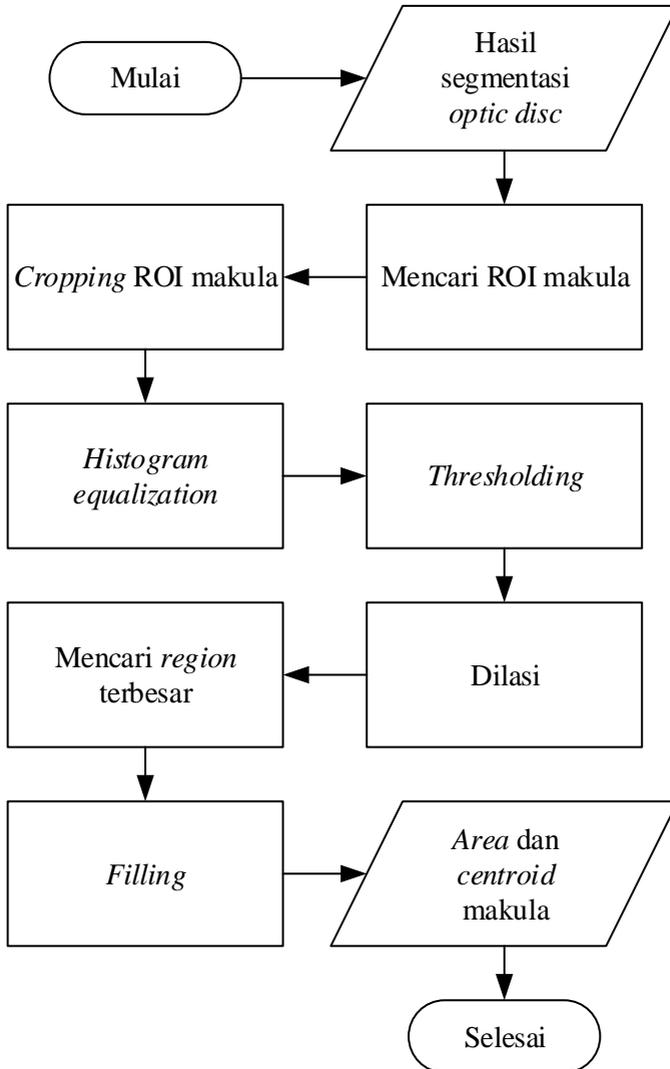
### 3.3.2.2 Segmentasi Makula

Segmentasi makula dilakukan untuk mendapatkan *area* dan *centroid* dari makula pada citra fundus retina. Sebelumnya perlu dilakukan pencarian dan *cropping* ROI makula. Diagram alir dari proses ditunjukkan pada **Gambar 3.9**.

Pencarian ROI makula dilakukan untuk mencari *region* yang berjarak 5 kali radius *optic disc* dari *centroid optic disc*. Hal ini disebabkan karena makula berada pada sisi temporal *optic disc*. Jika *optic disc* berada di sebelah kanan maka makula berada di sebelah kiri *optic disc*, begitu juga sebaliknya. *Cropping* ROI makula dilakukan dari koordinat posisi (x, y) dengan ukuran *windows* 120x120 piksel dengan mengambil hasil citra *greyscale* proses *preprocessing*.



**Gambar 3.8** Citra Proses Segmentasi Makula  
 (a) ROI Makula, (b) *Histogram Equalization*, (c) *Thresholding*, (d) Dilasi, (e) Mencari *Region* Terbesar, (f) *Filling*



**Gambar 3.9** Diagram Alir dari Proses Segmentasi Makula

*Histogram equalization* dilakukan untuk meratakan kontras pada ROI makula sehingga makula terlihat lebih jelas.

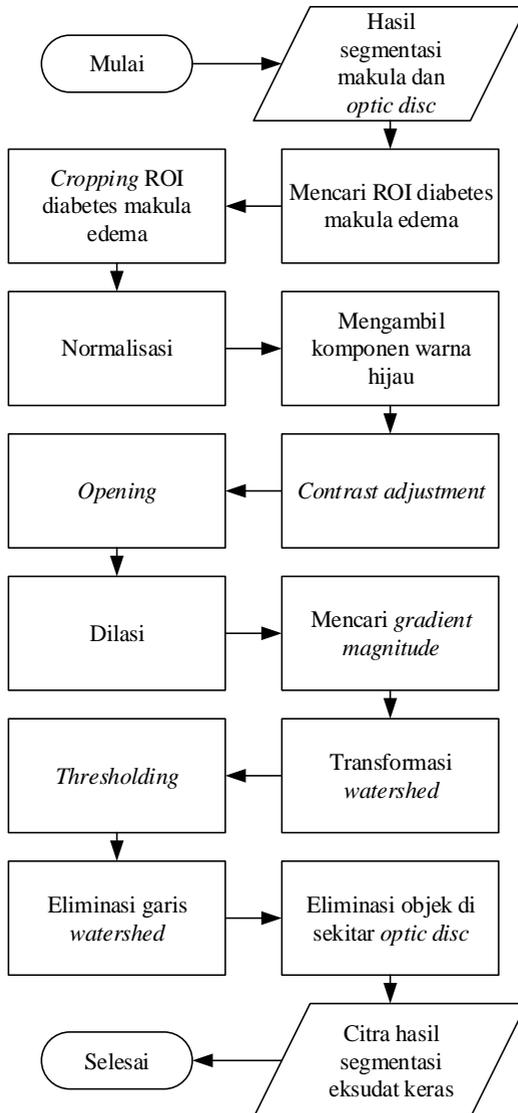
*Thresholding* memisahkan antara *foreground* dan *background* pada ROI makula berdasarkan nilai *threshold*. *Foreground* hasil *thresholding* berupa kandidat makula yang masih terdapat pembuluh darah di sekitarnya. Dilasi menghilangkan pembuluh darah di sekitar makula. Pencarian *region* terbesar dilakukan untuk menyeleksi kandidat makula. *Filling* menutup lubang hitam pada *region* sehingga didapatkan kesatuan *region* makula yang utuh. Hasil citra *filling* merupakan makula yang kemudian dicari *area* dan *centroid*. Citra proses segmentasi makula ditunjukkan pada **Gambar 3.8**.

### 3.3.2.3 Segmentasi Eksudat Keras

Segmentasi eksudat keras dilakukan untuk mendapatkan *region* dari eksudat keras pada citra fundus retina. Sebelumnya perlu dilakukan pencarian dan *cropping* ROI diabetes makula edema. Diagram alir dari proses ditunjukkan pada **Gambar 3.10**.

Pencarian ROI diabetes makula edema dilakukan untuk mencari eksudat keras di *region* yang berjarak 2 kali diameter *optic disc* dari *centroid* makula. Penentuan ROI diabetes makula edema berdasarkan *Early Treatment Diabetic Retinopathy Study* (ETDRS) yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1**. *Cropping* ROI diabetes makula edema dilakukan dari koordinat posisi (x, y) dengan ukuran *width* dan *height* adalah 4 kali diameter *optic disc* dengan mengambil hasil *resize* citra pada proses *preprocessing*.

Melakukan normalisasi pada citra dilakukan untuk menyamaratakan tiap piksel pada ROI diabetes makula edema sehingga tidak terdapat piksel yang intensitasnya terlalu tinggi ataupun terlalu rendah. Mengambil komponen warna hijau pada hasil normalisasi citra dilakukan karena kontras yang ditunjukkan eksudat keras relatif tinggi pada komponen tersebut. *Contrast adjustment* meratakan intensitas pada ROI diabetes makula edema sehingga didapatkan citra dengan kontras yang lebih tinggi lagi. Pada hasil citra *contrast adjustment* dilakukan *opening* untuk mengurangi *region* yang menggumpal sebelum dilakukan dilasi.

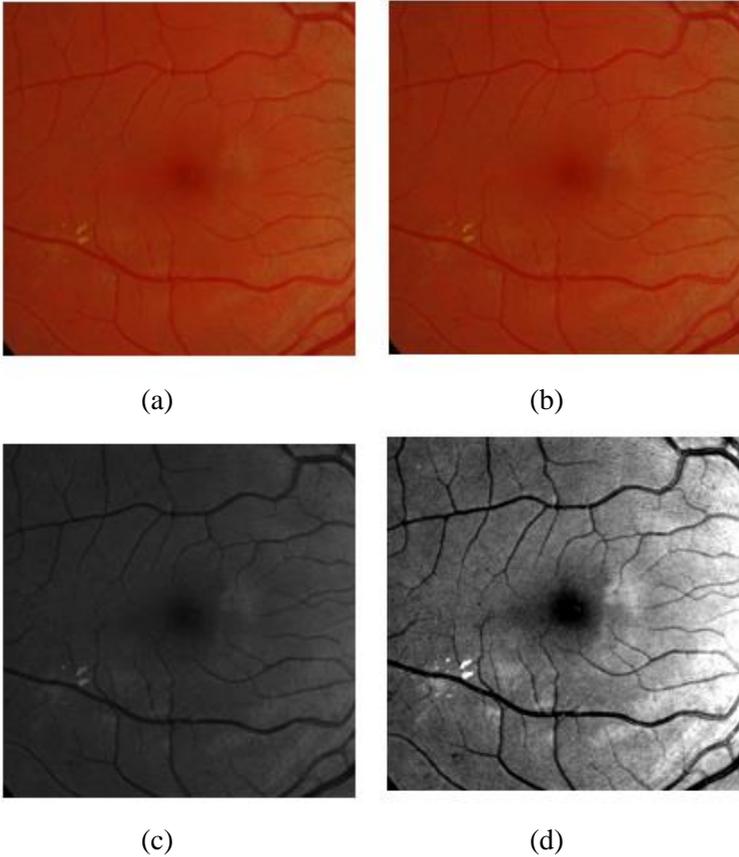


**Gambar 3.10 Diagram Alir dari Proses Segmentasi Eksudat Keras**

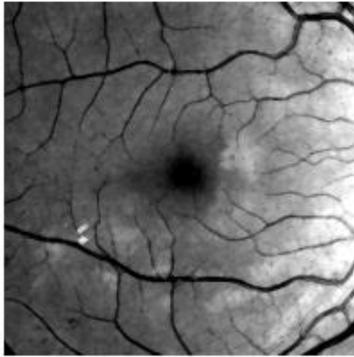
Dilasi dilakukan untuk mengurangi pembuluh darah sebelum dilakukan *gradient magnitude*. *Gradient magnitude* dilakukan untuk mencari garis tepi pada objek-objek yang berada di dalam ROI diabetes makula edema. Dari garis tepi objek-objek inilah dilakukan transformasi *watershed* untuk *membedakan* antara *foreground* dan *background* dengan membuat garis *watershed* sebagai garis batas *foreground*. *Foreground* pada hasil transformasi *watershed* dapat menjadi kandidat eksudat keras.

Untuk mengeliminasi *background* dan mengambil *foreground* pada *labelling* yang dihasilkan transformasi *watershed* dilakukan *thresholding* dengan menentukan nilai *threshold*. Penentuan nilai *threshold* berdasarkan jumlah piksel pada label hasil transformasi *watershed*, umumnya *background* memiliki jumlah piksel yang lebih banyak dibanding *foreground*. Label untuk jumlah piksel yang memenuhi *threshold* diberi nilai 255 sedangkan yang tidak memenuhi diberi nilai 0. Eliminasi garis *watershed* dilakukan untuk menghilangkan garis batas antara *foreground* yang tidak termasuk dalam label yang telah dilakukan saat *thresholding* sehingga *region* yang terpilih sebagai kandidat eksudat keras dapat terlihat dengan jelas.

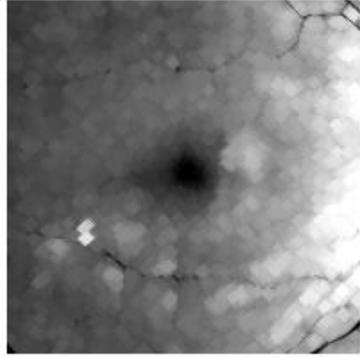
Hasil dari eliminasi garis *watershed* masih menghasilkan objek-objek di sekitar *optic disc* seperti sisa garis tepi *optic disc* dan pembuluh darah yang tersegmentasi. Oleh karena itu dilakukan eliminasi objek di sekitar *optic disc* berdasarkan letak *optic disc* dan ukuran *width* ROI diabetes makula edema. Jika *optic disc* berada disebelah kiri maka penghapusan dilakukan di 1/4 ukuran *width* dari posisi paling kiri pada ROI diabetes makula edema. Jika *optic disc* berada disebelah kanan maka penghapusan dilakukan di 1/4 ukuran *width* dari posisi paling kanan pada ROI diabetes makula edema. Dengan begitu *region* yang terlihat hanya eksudat keras. Citra proses segmentasi eksudat keras ditunjukkan pada **Gambar 3.11**.



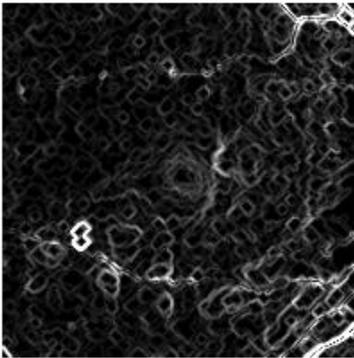
**Gambar 3.11 Citra Proses Segmentasi Eksudat Keras**  
**(a) ROI Diabetes Makula Edema, (b) Normalisasi, (c) Mengambil**  
**Komponen Warna Hijau, (d) *Contrast Adjustment***



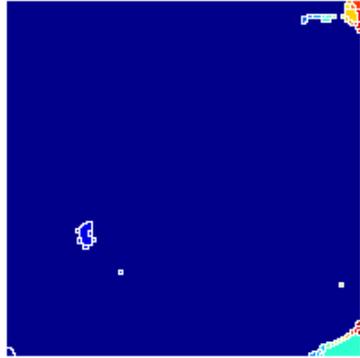
(e)



(f)

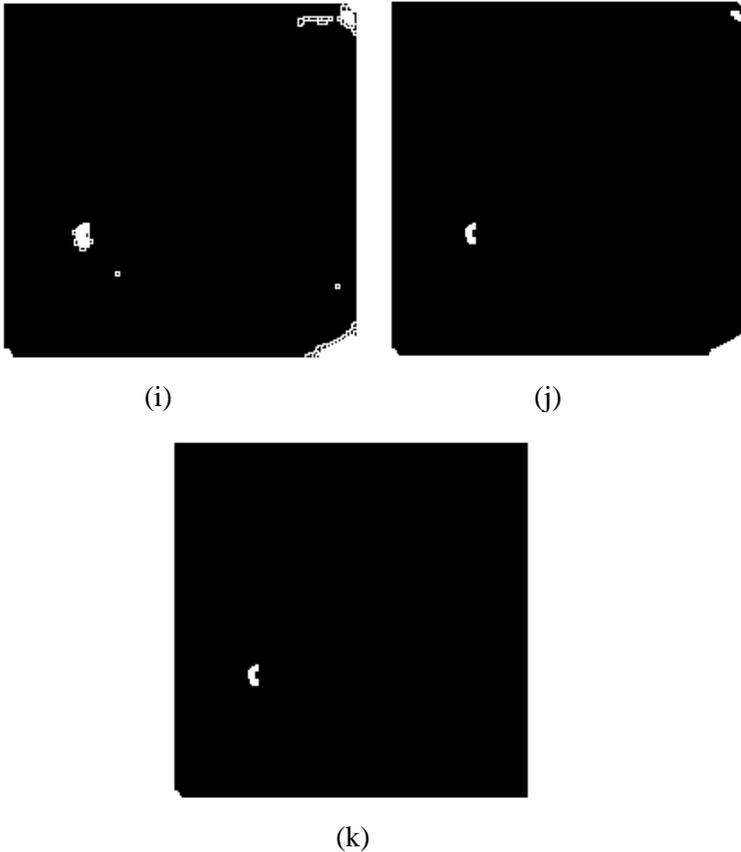


(g)



(h)

**Gambar 3.11** Citra Proses Segmentasi Eksudat Keras  
(e) *Opening*, (f) *Dilasi*, (g) Mencari *Gradient Magnitude*, (h)  
*Transformasi Watershed*

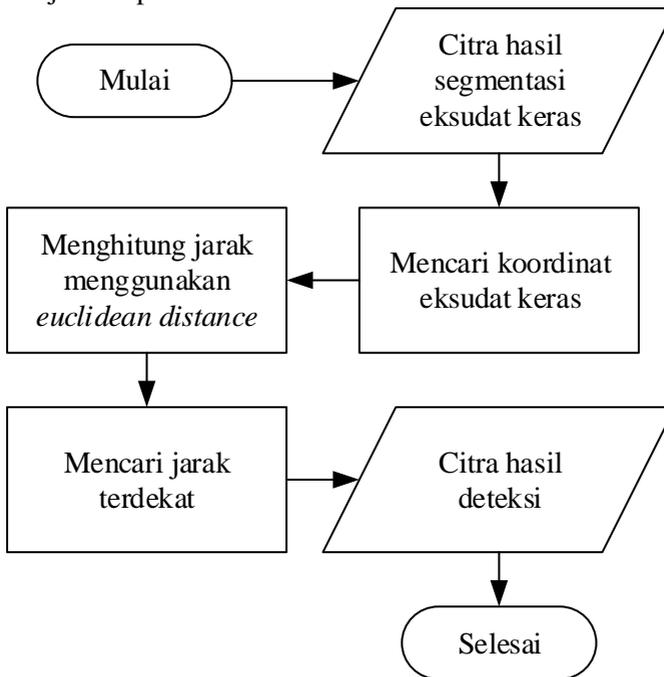


**Gambar 3.11** Citra Proses Segmentasi Eksudat Keras  
(i) *Thresholding*, (j) *Eliminasi Garis Watershed*, (k) *Eliminasi Objek di sekitar Optic Disc*

### 3.3.3 Menghitung Jarak Terdekat antara Makula dan Eksudat Keras

Menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras dilakukan untuk mendapatkan hasil deteksi penyakit diabetes

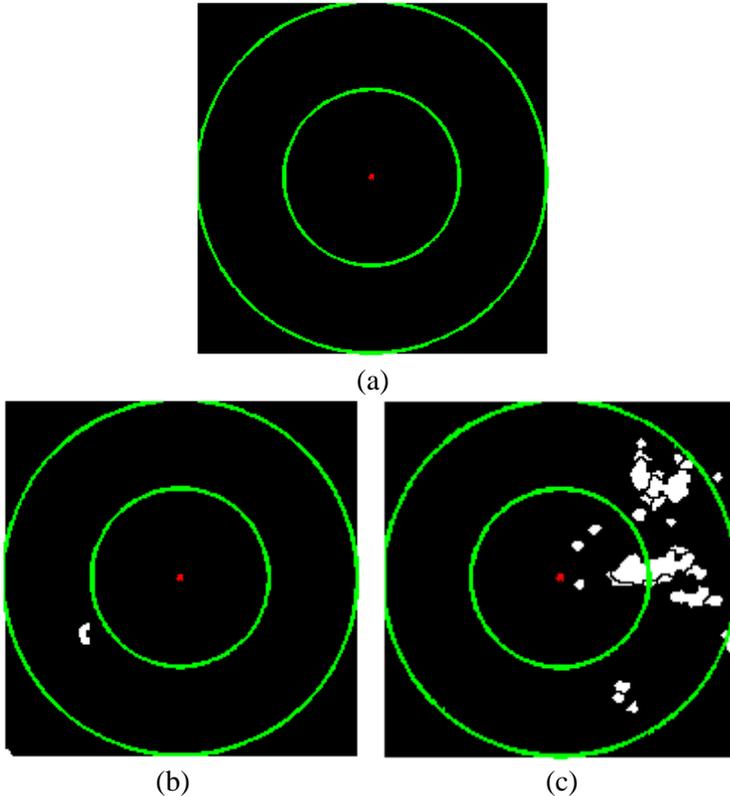
makula edema pada citra fundus retina. Diagram alir dari proses ditunjukkan pada **Gambar 3.12**.



**Gambar 3.12 Diagram Alir dari Proses Menghitung jarak Terdekat antara Makula dan Eksudat Keras**

Mencari koordinat eksudat keras dilakukan untuk mencari koordinat  $(x, y)$  *region* yang berwarna putih pada citra hasil proses segmentasi eksudat keras. Untuk setiap koordinat *region* dihitung jaraknya dengan *centroid* makula dari hasil proses segmentasi makula menggunakan *euclidean distance*. Nilai jarak setiap koordinat *region* diurutkan dan diambil yang paling kecil untuk mendapatkan jarak terdekat. Jika tidak ditemukan eksudat keras maka hasil deteksi menunjukkan normal. Jika jarak terdekat kurang dari sama dengan satu diameter *optic disc* maka hasil deteksi menunjukkan diabetes makula edema tahap 2. Jika jarak terdekat lebih dari satu diameter *optic disc* dan kurang dari sama dengan

dua diameter *optic disc* maka hasil deteksi menunjukkan diabetes makula edema tahap 1. Citra hasil proses menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras ditunjukkan pada **Gambar 3.13**.



**Gambar 3.13** Citra Hasil Proses Menghitung Jarak Terdekat antara Makula dan Eksudat Keras

(a) Normal, (b) Diabetes Makula Edema Tahap 1, (c) Diabetes Makula Edema Tahap 2

Pada **Gambar 3.13** (a) menunjukkan citra hasil diabetes makula edema yang terdeteksi sebagai normal karena jika dilihat tidak terdapat eksudat keras. Pada **Gambar 3.13** (b) menunjukkan

citra hasil diabetes makula edema yang terdeteksi tahap 1 karena jika dilihat terdapat eksudat keras di *region* perpotongan antara lingkaran besar dan lingkaran kecil. Pada **Gambar 3.13** (c) menunjukkan citra hasil diabetes makula edema yang terdeteksi tahap 2 karena jika dilihat terdapat eksudat keras di *region* lingkaran kecil dan lingkaran besar.

***[Halaman ini sengaja dikosongkan]***

## **BAB IV IMPLEMENTASI**

Pada bab ini diuraikan mengenai implementasi sistem dari rancangan metode yang telah dibahas pada Bab III meliputi kode program dalam aplikasi. Selain itu, implementasi dari tiap proses, parameter masukan, keluaran dan beberapa keterangan yang berhubungan dengan program juga dijelaskan.

### **4.1 Lingkungan Implementasi**

Objek citra yang akan diolah pada implementasi tugas akhir ini adalah sebuah citra fundus retina. Objek citra adalah gambar tipe *temporary instruction file format* (TIFF).

Dalam implementasi algoritma pengolahan citra tersebut, digunakan perangkat-perangkat sebagai berikut:

#### **4.1.1 Perangkat Keras**

Lingkungan implementasi pada tugas akhir ini adalah sebuah *personal computer* (PC). Perangkat PC yang digunakan adalah desktop *mini tower* bertipe LENOVO H530S dengan sebuah layar monitor.

Spesifikasi dari PC yang digunakan pada tugas akhir ini adalah memiliki prosesor Intel Core i3 3240 dengan kecepatan 3,4 GHz dan *Random Access Memory* (RAM) untuk proses menjalankan program sebesar 4,00 GB.

#### **4.1.2 Perangkat Lunak**

Lingkungan implementasi pada tugas akhir ini adalah sebuah *personal computer* (PC). Spesifikasi PC dari sisi perangkat lunak menggunakan *software* MATLAB R2014a. Penggunaan MATLAB didukung dengan *toolbox* utama yaitu *image processing toolbox*.

## 4.2 Implementasi *Preprocessing*

Tahap *preprocessing* pada tugas akhir ini terdiri dari tiga tahap yaitu melakukan *resize* pada data masukan, mengubah menjadi citra *greyscale* dan mengubah menjadi citra biner.

Implementasi *preprocessing* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.1**. Data masukan dibaca sebagai citra awal pada baris 1. Pada baris 2 implementasi tahap melakukan *resize* pada data masukan, mengubah citra berukuran 2240x1448 piksel dengan skala *resize* sebesar 1/4. Pada baris 3 implementasi tahap mengubah menjadi citra *greyscale* dilakukan dengan mengubah citra *resize* berwarna RGB menjadi citra *grayscale*. Pada baris 4 implementasi tahap mengubah menjadi citra biner dilakukan dengan mengubah citra *grayscale* ke citra biner.

1	<code>inputImg = imread('C:\Users\ekky\Dropbox\Kuliah\Semester 8\1. Tugas Akhir\Tugas\Dataset\DME 2\20051213_62437_0100_PP.tif');</code>
2	<code>resizeImg = imresize(inputImg, scale resize);</code>
3	<code>grayImg = rgb2gray(resizeImg);</code>
4	<code>im2bwImg = im2bw(grayImg);</code>

**Kode Sumber 4.1 Implementasi Tahap *Preprocessing***

## 4.3 Implementasi Segmentasi

Tahap segmentasi pada tugas akhir ini terdiri dari tiga tahap yaitu segmentasi *optic disc*, segmentasi makula dan segmentasi eksudat keras.

Penjelasan dari masing-masing tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

### 4.3.1 Implementasi Segmentasi *Optic Disc*

Tahap segmentasi *optic disc* digunakan untuk mendapatkan *radius*, diameter dan *centroid optic disc*. Tahap ini diawali dengan mencari dan *cropping ROI optic disc*. Selanjutnya dilakukan segmentasi *ROI optic disc* yang terdiri dari *contrast adjustment*,

menghilangkan pembuluh darah, *thresholding*, mencari *region* terbesar dan *closing*.

Implementasi mencari ROI *optic disc* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.2**. Pada tahap mencari ROI *optic disc*, citra biner hasil preprocessing dihitung *area* dan *centroid* pada baris 1. Pada baris 2 dan 3 implementasi pencarian *region* dengan *area* maksimal yang merupakan *optic disc*. Pada baris 4 sampai 6 implementasi pencarian *centroid* awal berupa koordinat (x, y) dari *region* dengan *area* maksimal.

1	<code>s_od = regionprops(im2bwImg, 'Area', 'Centroid');</code>
2	<code>area_od = [s_od.Area];</code>
3	<code>[max_area_od, index_area_od] = max(area_od);</code>
4	<code>centroid_od = [s_od.Centroid];</code>
5	<code>centroid_x_od = centroid_od(index_area_od * 2 - 1);</code>
6	<code>centroid_y_od = centroid_od(index_area_od * 2);</code>

**Kode Sumber 4.2 Implementasi Tahap Mencari ROI *Optic Disc***

Implementasi *cropping* ROI *optic disc* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.3**. Pada tahap *cropping* ROI *optic disc*, ROI yang dipotong berbentuk persegi dengan ukuran *windows* 120x120 piksel dengan koordinat posisi (x, y). Pada baris 1 dan 2 implementasi pencarian jarak *window* koordinat (x, y) dengan *centroid* awal agar seluruh bagian *optic disc* berada dalam ROI. Pada baris 3 dan 4 implementasi pencarian koordinat posisi (x, y) yang didapat dari selisih *centroid* awal *optic disc* dengan jarak *window*. Pada baris 5 dan 6 implementasi citra yang dipotong merupakan hasil *resize* citra pada tahap *preprocessing* yang diambil komponen warna merah dengan ukuran *windows* 120x120 piksel dengan koordinat posisi (x, y).

1	<code>distance_x_od = (window_size * scale_distance_od) + percentage_window_size;</code>
---	--

2	<code>distance_y_od = window_size * scale distance_od;</code>
3	<code>coordinate_x_od = centroid_x_od - distance_x_od;</code>
4	<code>coordinate_y_od = centroid_y_od - distance_y_od;</code>
5	<code>redchannelImg = resizeImg(:, :, 1);</code>
6	<code>odroiImg = imcrop(redchannelImg, [coordinate_x_od coordinate_y_od window_size window_size]);</code>

**Kode Sumber 4.3 Implementasi Tahap *Cropping ROI Optic Disc***

Implementasi segmentasi ROI *optic disc* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.4**. Pada baris 1 implementasi *contrast adjustment* dari ROI *optic disc*. Pada baris 2 sampai 5 implementasi menghilangkan pembuluh darah di dalam *optic disc* menggunakan *filter gaussian* dan dilasi pada citra hasil *contrast adjustment*. Dilasi menggunakan *structuring element* berbentuk *disk* dengan ukuran sebesar 3. Pada baris 6 implementasi *thresholding* dengan mengubah citra hasil dilasi menjadi citra biner dengan nilai *threshold* sebesar 0,7. Pada baris 7 sampai 11 implementasi mencari *region* terbesar dilakukan dengan menghitung *area* citra hasil *thresholding* dan memilih *region* dengan *area* maksimal. Pada baris 12 implementasi *closing* menggunakan *structuring element* berbentuk *disk* dengan ukuran sebesar 8 yang menghasilkan *region optic disc*. Pada baris 13 sampai 20 implementasi citra hasil *closing* yang merupakan *optic disc* dihitung *radius*, *diameter* dan *centroid*.

1	<code>imadjustImg = imadjust(odroiImg);</code>
2	<code>mask = fspecial('gaussian');</code>
3	<code>gaussianImg = imfilter(imadjustImg, mask);</code>
4	<code>se_dilation = strel('disk', 3);</code>
5	<code>dilationImg = imdilate(gaussianImg, se_dilation);</code>
6	<code>thresholdImg = im2bw(dilationImg, 0.7);</code>
7	<code>bwlabelImg = bwlabel(thresholdImg, 4);</code>

8	<code>s_od2 = regionprops (bwlabelImg, 'Area');</code>
9	<code>area_od2 = [s_od2.Area];</code>
10	<code>index_area_od2 = find(area_od2 == max(area_od2));</code>
11	<code>ismemberImg = ismember(bwlabelImg, index_area_od2);</code>
12	<code>se_closing = strel('disk', 8);</code>
13	<code>closingImg = imclose(ismemberImg, se_closing);</code>
14	<code>odImg = bwlabel(closingImg, 4);</code>
15	<code>s_od3 = regionprops(odImg, 'Centroid', 'EquivDiameter');</code>
16	<code>centroid_od3 = [s_od3.Centroid];</code>
17	<code>equivdiameter_od3 = [s_od3.EquivDiameter];</code>
18	<code>radius_od = 1/2 * equivdiameter_od3;</code>
19	<code>center_x_od = coordinate_x_od + centroid_od3(1);</code>
20	<code>center_y_od = coordinate_y_od + centroid_od3(2);</code>

**Kode Sumber 4.4 Implementasi Tahap Segmentasi ROI *Optic Disc***

### 4.3.2 Implementasi Segmentasi Makula

Tahap segmentasi makula digunakan untuk mendapatkan *area* dan *centroid* makula. Tahap ini diawali dengan mencari dan *cropping* ROI makula. Selanjutnya dilakukan segmentasi ROI makula yang terdiri dari *histogram equalization*, *thresholding*, dilasi, mencari *region* terbesar dan *filling*.

Implementasi mencari dan *cropping* ROI makula ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.5**. Dilakukan identifikasi letak optic disk pada baris 1. Jika *centroid optic disc* berada kurang dari 1/2 ukuran *width* dari citra *resize* maka dapat diidentifikasi *optic disc* terletak di kiri. Selain itu, apabila *centroid optic disc* berada lebih dari 1/2 ukuran *width* dari citra *resize* maka dapat diidentifikasi *optic disc* terletak di kanan. Pada tahap mencari ROI makula, *radius optic disc* digunakan untuk menentukan *centroid* awal makula. Pencarian *centroid* awal makula berjarak 5

kali *radius optic disc* yang dihitung dari *centroid optic disc*. Pada baris 3, 4, 9 dan 10 implementasi pencarian *centroid* awal makula. Pada baris 5, 6, 11 dan 12 implementasi pencarian koordinat posisi (x, y) dari selisih *centroid* awal makula dengan jarak *window* yang disesuaikan agar seluruh bagian makula berada pada ROI. Pada baris 14 implementasi *cropping* ROI makula pada koordinat posisi (x, y) dengan ukuran *windows* 120x120 piksel. Citra yang dipotong merupakan hasil citra *greyscale* pada tahap *preprocessing*.

1	<code>if (center_x_od &lt; x_resize * 1/2)</code>
2	<code>    % Optic disk berada di kiri</code>
3	<code>    centroid_x_makula = center_x_od +</code> <code>    distance_x_makula;</code>
4	<code>    centroid_y_makula = center_y_od;</code>
5	<code>    coordinate_x_makula =</code> <code>    centroid_x_makula - distance_y_od;</code>
6	<code>    coordinate_y_makula =</code> <code>    centroid_y_makula - distance_y_makula;</code>
7	<code>else</code>
8	<code>    % Optic disk berada di kanan</code>
9	<code>    centroid_x_makula = center_x_od -</code> <code>    distance_x_makula;</code>
10	<code>    centroid_y_makula = center_y_od;</code>
11	<code>    coordinate_x_makula =</code> <code>    centroid_x_makula - distance_y_od;</code>
12	<code>    coordinate_y_makula =</code> <code>    centroid_y_makula - distance_y_makula;</code>
13	<code>end</code>
14	<code>makroiImg = imcrop(grayImg,</code> <code>    [coordinate_x_makula coordinate_y_makula</code> <code>    window size window size]);</code>

**Kode Sumber 4.5 Implementasi Tahap Mencari dan *Cropping* ROI Makula**

Implementasi segmentasi ROI makula ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.6**. Pada baris 1 implementasi dilakukan *histogram equalization* dari ROI makula untuk meratakan distribusi intensitas citra pada ROI makula. Pada baris 2 implementasi dilakukan

*thresholding* dengan nilai *threshold* sebesar 0,1 dari citra hasil *histogram equalization*. Pada baris 3 dan 4 implementasi dilasi menggunakan *structuring element* berbentuk *disk* dengan ukuran sebesar 2 dari hasil *thresholding*. Pada baris 5 hingga 9 implementasi pencarian *region* terbesar dilakukan dengan menghitung *area* citra hasil dilasi dan memilih *region* dengan *area* maksimal. Pada baris 10 implementasi *filling* dilakukan dengan mengisi lubang *region* dari citra dilasi sehingga terlihat dalam satu kesatuan yang menghasilkan *region* makula. Pada baris 11 sampai 16 implementasi citra hasil *filling* yang merupakan makula dihitung *area* dan *centroid*.

1	<code>histeqImg = histeq(makroiImg);</code>
2	<code>thresholdImg2 = im2bw(histeqImg, 0.1);</code>
3	<code>se_dilation2 = strel('disk', 2);</code>
4	<code>dilationImg2 = imdilate(thresholdImg2, se_dilation2);</code>
5	<code>bwlabelImg2 = bwlabel(~dilationImg2, 4);</code>
6	<code>s_makula = regionprops(bwlabelImg2, 'Area');</code>
7	<code>area_makula = [s_makula.Area];</code>
8	<code>index_area_makula = find(area_makula == max(area_makula));</code>
9	<code>ismemberImg2 = ismember(bwlabelImg2, index_area_makula);</code>
10	<code>fillingImg = imfill(ismemberImg2, 'holes');</code>
11	<code>makulaImg = bwlabel(fillingImg, 4);</code>
12	<code>s_makula2 = regionprops(makulaImg, 'Area', 'Centroid');</code>
13	<code>area_makula2 = s_makula2.Area;</code>
14	<code>centroid_makula2 = s_makula2.Centroid;</code>
15	<code>center_x_makula = centroid_makula2(1) + coordinate_x_makula;</code>
16	<code>center_y_makula = centroid_makula2(2) + coordinate_y_makula;</code>

**Kode Sumber 4.6 Implementasi Tahap Segmentasi ROI Makula**

### 4.3.3 Implementasi Segmentasi Eksudat Keras

Tahap segmentasi eksudat keras digunakan untuk mendapatkan *region* eksudat keras. Tahap ini diawali dengan mencari dan *cropping* ROI diabetes makula edema. Selanjutnya dilakukan segmentasi ROI diabetes makula edema yang terdiri dari mengambil komponen warna hijau, *contrast adjustment*, mengubah menjadi citra *complement*, transformasi *watershed*, *thresholding*, eliminasi garis *watershed* dan *optic disc*.

Implementasi mencari dan *cropping* ROI diabetes makula edema ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.7**. Pada tahap mencari ROI diabetes makula edema, diameter *optic disc* digunakan untuk menentukan ukuran *windows cropping* ROI diabetes makula edema sebesar 4 kalinya. Pada baris 1 dan 2 implementasi pencarian koordinat posisi (x, y) yang didapat dari selisih *centroid* makula dengan 1/2 ukuran *window* ROI diabetes makula edema. Pada baris 3 implementasi *cropping* ROI diabetes makula edema pada koordinat posisi (x, y) dengan ukuran *window height* dan *width* adalah 4 kali diameter *optic disc*. Citra yang dipotong merupakan hasil *resize* citra pada tahap *preprocessing*.

1	<code>coordinate_x_dme = center_x_makula - (2*equivdiameter od3);</code>
2	<code>coordinate_y_dme = center_y_makula - (2*equivdiameter od3);</code>
3	<code>dmeroiImg = imcrop(resizeImg, [coordinate_x_dme coordinate_y_dme window dme window dme]);</code>

**Kode Sumber 4.7 Implementasi Tahap Mencari dan *Cropping* ROI diabetes makula edema**

Implementasi segmentasi ROI diabetes makula edema ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.8**. Pada baris 1 implementasi ROI diabetes makula edema dilakukan normalisasi citra. Pada baris 2 hasil normalisasi dilakukan pengambilan komponen warna hijau. Pada baris 3, hasil citra pengambilan komponen hijau dilakukan *contrast adjustment* sehingga terlihat perbedaan antara eksudat keras dan *background*. Pada baris 4 dan 5, citra hasil *contrast*

*adjustment* dilakukan *opening* dengan *structuring element* berbentuk *disk* berukuran 1 untuk mengurangi pengumpulan sebelum dilakukan dilasi. Citra hasil *opening* dilakukan proses dilasi pada baris 6 dan 7 untuk menghilangkan pembuluh darah dengan *structuring element* berbentuk *disk* berukuran 2. Citra hasil dilasi dicari *gradient magnitude* untuk mendapatkan garis tepi objek-objek pada ROI diabetes makula edema di baris 8.

Hasil *gradient magnitude* kemudian diubah menjadi citra biner yang digunakan sebagai masukan dari proses transformasi *watershed*. Pada baris 9 sampai 12 implementasi transformasi *watershed* dilakukan penghitungan jarak antara piksel yang bernilai 0 dengan piksel yang memiliki nilai 1 dari citra biner. Pada baris 13 dan 14 implementasi transformasi *watershed* dari penghitungan jarak diketahui label dan garis *watershed* sehingga menciptakan batasan antara *foreground* dan *background*. Pada baris 15 sampai 22 dilakukan *thresholding* pada dari jumlah piksel pada suatu label hasil transformasi *watershed*. Nilai *threshold* yang digunakan berupa jumlah piksel pada suatu label yang lebih dari 10 dan kurang dari 500.

Pada baris 23 sampai 36, jumlah piksel pada suatu label yang memenuhi nilai *threshold* disimpan ke suatu *array* yang menandakan sebagai kandidat eksudat keras. Kandidat eksudat keras diberi nilai 255 pada setiap pikselnya sedangkan yang bukan diberi nilai 0. Pada baris 37 dan 38 implementasi eliminasi garis *watershed* dilakukan dengan operasi pengurangan antara citra hasil *threshold* dengan garis *watershed*. Pada baris 39 sampai 59 implementasi eliminasi objek di sekitar *optic disc* dilakukan dengan mengganti nilai piksel 255 yang berada pada 1/4 ukuran *windows* awal dan akhir dengan nilai piksel 0 berdasarkan posisi *optic disc* disebelah kanan atau kiri. Jika *optic disc* berada disebelah kiri maka penghapusan dilakukan di 1/4 ukuran *width* dari posisi paling kiri pada ROI diabetes makula edema. Jika *optic disc* berada disebelah kanan maka penghapusan dilakukan di 1/4 ukuran *width* dari posisi paling kanan pada ROI diabetes makula edema.

1	<code>normalizeImg = im2double(dmeroiImg);</code>
2	<code>greenchannelImg = normalizeImg(:, :, 2);</code>
3	<code>imadjustImg2 = imadjust(greenchannelImg);</code>
4	<code>se_opening = strel('disk', 1);</code>
5	<code>openingImg = imopen(imadjustImg2, se_opening);</code>
6	<code>se_dilation3 = strel('disk', 2);</code>
7	<code>dilationImg3 = imdilate(openingImg, se_dilation3);</code>
8	<code>[gradmagImg, Gdir] = imgradient(dilationImg3, 'sobel');</code>
9	<code>bwImg = im2bw(gradmagImg);</code>
10	<code>bwdistImg = bwdist(~bwImg);</code>
11	<code>bwdistImg = -bwdistImg;</code>
12	<code>bwdistImg(~bwImg) = -Inf;</code>
13	<code>watershedImg = watershed(bwdistImg);</code>
14	<code>ridge_lines = watershedImg == 0;</code>
15	<code>[counts, binLocations] = imhist(watershedImg);</code>
16	<code>while j &lt; m</code>
17	<code>    j = j + 1;</code>
18	<code>    if (counts(j) &lt; 500 &amp;&amp; counts(j) &gt;     10)</code>
19	<code>        label(l) = binLocations(j);</code>
20	<code>        l = l + 1;</code>
21	<code>    end</code>
22	<code>end</code>
23	<code>for y = 1:y size</code>
24	<code>    for x = 1:x size</code>
25	<code>        flag = 0;</code>
26	<code>        for z = 1:y label</code>
27	<code>            if(thresholdImg3(y, x) == label(z))</code>
28	<code>                thresholdImg3(y, x) = 255;</code>
29	<code>                flag = 1;</code>
30	<code>        end</code>

31	<code>end</code>
32	<code>if (flag == 0)</code>
33	<code>    thresholdImg3(y, x) = 0;</code>
34	<code>end</code>
35	<code>end</code>
36	<code>end</code>
37	<code>ridge_lines = ridge_lines * 255;</code>
38	<code>deleter1Img = thresholdImg3 - uint8(ridge_lines);</code>
39	<code>if (center_x od &lt; x_resize * 1/2)</code>
40	<code>    % Optic disk berada di kiri</code>
41	<code>    coor_x_akhir = range*1;</code>
42	<code>    for y = 1:window_dme+1</code>
43	<code>        for x = 1:coor_x_akhir</code>
44	<code>            if(eksudatImg(y, x) == 255)</code>
45	<code>                eksudatImg(y, x) = 0;</code>
46	<code>            end</code>
47	<code>        end</code>
48	<code>    end</code>
49	<code>else</code>
50	<code>    % Optic disk berada di kanan</code>
51	<code>    coor_x_awal = range*3;</code>
52	<code>    for y = 1:window_dme+1</code>
53	<code>        for x = coor_x_awal&gt;window_dme+1</code>
54	<code>            if(eksudatImg(y, x) == 255)</code>
55	<code>                eksudatImg(y, x) = 0;</code>
56	<code>            end</code>
57	<code>        end</code>
58	<code>    end</code>
59	<code>end</code>

**Kode Sumber 4.8 Implementasi Tahap Segmentasi ROI Diabetes Makula Edema**

#### **4.4 Implementasi Menghitung Jarak Terdekat antara Makula dan Eksudat Keras**

Menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras dilakukan untuk mendapatkan hasil deteksi penyakit diabetes

makula edema. Pertama dilakukan pencarian koordinat (x, y) dari *region* yang bernilai selain 0 pada citra hasil segmentasi eksudat keras.

Implementasi menghitung jarak terdekat antara makula dan eksudat keras ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.9**. Pada baris ke 1 dan 2, jika tidak terdapat piksel yang memiliki nilai selain 0 maka langsung dideteksi sebagai normal. Pada baris 4 sampai 7 implementasi untuk setiap koordinat eksudat keras dihitung jaraknya dari titik pusat makula menggunakan *euclidean distance*. Pada baris 8 dan 9, mencari jarak terdekat dilakukan dengan mengurutkan hasil penghitungan jarak dan mengambil nilai jarak yang terkecil. Nilai jarak yang terdekat digunakan untuk deteksi penyakit diabetes makula edema. Pada baris 10 dan 11, jika jarak terdekat kurang dari sama dengan diameter *optic disc* maka dideteksi sebagai diabetes makula edema tahap 2. Pada baris 12 dan 13, jika jarak terdekat lebih dari diameter *optic disc* dan kurang dari sama dengan 2 kali diameter *optic disc* maka dideteksi sebagai diabetes makula edema tahap 1. Selain itu diasumsikan eksudat keras berada di luar *region* yang ditentukan dan dideteksi sebagai normal pada baris 14 dan 15.

1	<code>if(n == 0)</code>
2	<code>    deteksi = 'NORMAL';</code>
3	<code>else</code>
4	<code>    while i &lt; n</code>
5	<code>        i = i + 1;</code>
6	<code>        distance_coor(i, 1) = sqrt((x_makdme - x_eksdme(i))^2 + (y_makdme - y_eksdme(i))^2);</code>
7	<code>    end</code>
8	<code>    sorting_distance_coor = sort(distance_coor);</code>
9	<code>    distance_min = sorting_distance_coor(1);</code>
10	<code>    if (distance_min &lt;= equivdiameter od3)</code>
11	<code>        deteksi = 'Diabetes Makula Edema tahap 2';</code>

12	<code>elseif (distance_min &gt; equivdiameter_od3) &amp;&amp; (distance_min &lt;= (2*equivdiameter_od3))</code>
13	<code>deteksi = 'Diabetes Makula Edema tahap 1';</code>
14	<code>else</code>
15	<code>deteksi = 'NORMAL';</code>
16	<code>end</code>
17	<code>end</code>

**Kode Sumber 4.9 Implementasi Tatap Menghitung Jarak antara Makula dan Eksudat Keras**

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **BAB V**

### **UJI COBA DAN EVALUASI**

Dalam bab ini dibahas mengenai hasil uji coba sistem yang telah dirancang dan dibuat. Uji coba dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dengan lingkungan uji coba yang telah ditentukan.

#### **5.1 Lingkungan Uji Coba**

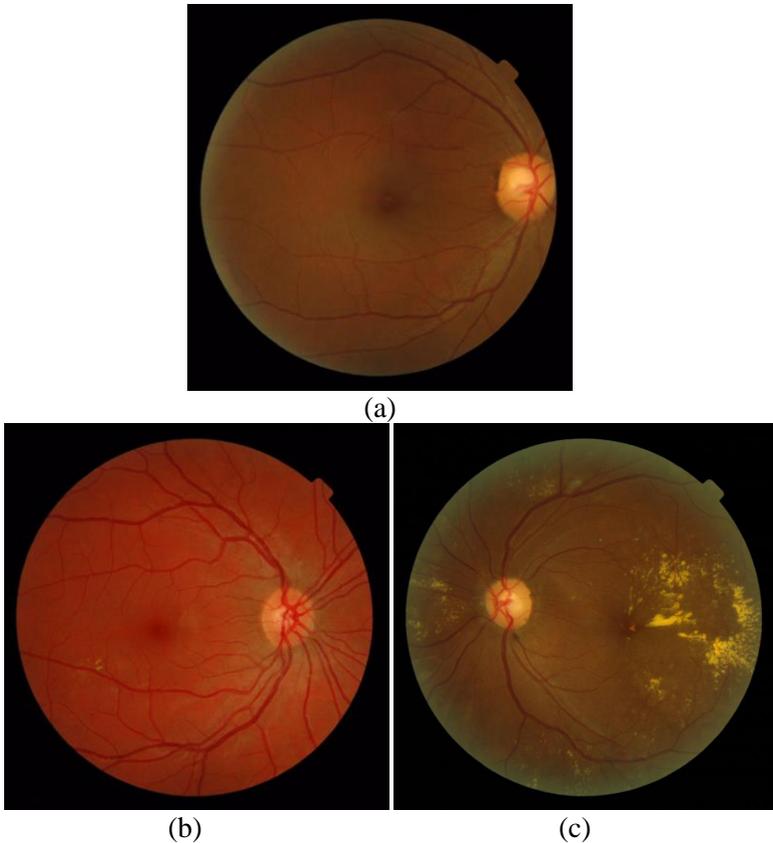
Lingkungan uji coba pada tugas akhir ini adalah sebuah *personal computer* (PC). Spesifikasi PC dari sisi perangkat keras adalah memiliki prosesor Intel Core i3 3240 dengan kecepatan 3,4 GHz dan memori untuk proses sebesar 4,00 GB. PC yang digunakan memiliki sistem operasi Windows 8.

Pada sisi perangkat lunak, uji coba pada tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB R2014a. Penggunaan MATLAB didukung dengan *toolbox* yaitu *image processing toolbox*. Dokumentasi hasil uji coba dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Paint* dan *Microsoft Excel*.

#### **5.2 Data Uji Coba**

Data uji coba yang digunakan sebagai masukan adalah citra fundus retina. Dari *Methods to evaluate segmentation and indexing techniques in the field of retinal ophthalmology* (MESSIDOR) dilakukan pemilihan citra sebanyak 30 buah. Untuk menguji kebenaran dari hasil deteksi, digunakan data *annotation base* sebagai *ground truth* yang telah disediakan oleh MESSIDOR.

Untuk pemilihan citra dilakukan dengan mengambil citra berdasarkan *annotation base* dari MESSIDOR yang terdeteksi sebagai normal (N) 10 buah, deteksi diabetes makula edema tahap 1 (1) sebanyak 10 buah dan deteksi diabetes makula edema tahap 2 (2) sebanyak 10 buah. Contoh citra fundus retina beserta deteksinya berdasarkan *annotation base* dari MESSIDOR ditunjukkan pada **Gambar 5.1**.



**Gambar 5.1 Citra Fundus Retina**  
**(a) Normal, (b) Diabetes Makula Edema Tahap 1, (c) Diabetes Makula Edema Tahap 2**

### 5.3 Skenario Uji Coba

Uji coba dilakukan untuk mengetahui nilai parameter yang tepat untuk digunakan pada proses segmentasi *optic disc*, makula dan eksudat keras. Nilai parameter seperti penggunaan nilai *threshold* yang tepat akan memberikan hasil deteksi dengan akurasi yang terbaik pada keluaran proses. Skenario pengujian dari proses segmentasi eksudat keras adalah uji coba penentuan nilai

*threshold* T1 hasil *labelling* dari transformasi *watershed*. Skenario pengujian dari proses segmentasi makula adalah uji coba penentuan nilai *threshold* T2 hasil *histogram equalization*. Skenario pengujian dari proses segmentasi *optic disc* adalah uji coba penentuan nilai *threshold* T3 hasil menghilangkan pembuluh darah.

#### **5.4 Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold* T1 pada Hasil *Labelling* dari Transformasi *Watershed***

Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui nilai *threshold* T1 yang optimal dari jumlah piksel pada suatu label tertentu hasil *labelling* dari transformasi *watershed*. Nilai *threshold* T1 yang optimal digunakan untuk menentukan batas atas dan batas bawah suatu piksel dianggap sebagai kandidat eksudat keras atau bukan. Hal ini penting ditentukan karena jumlah piksel pada suatu label yang berada di bawah batas atas *threshold* dianggap menjadi kandidat eksudat keras sedangkan yang di atas bukan. Begitu juga jumlah piksel pada suatu label yang berada di atas batas bawah *threshold* dianggap menjadi kandidat eksudat keras sedangkan yang di bawah bukan.

Pengujian dilakukan dengan menghitung *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity* dari masing-masing kelas hasil deteksi penyakit diabetes makula edema menggunakan *confusion matrix*. Sehingga diketahui seberapa baik nilai *threshold* T1 yang dapat menemukan piksel eksudat keras dalam mempengaruhi hasil deteksi penyakit diabetes makula edema. Nilai *threshold* T1 yang diujikan adalah jumlah piksel pada label dengan nilai batas atas 500, 100 dan 50 sedangkan nilai batas bawah 20, 10, 0. Masing-masing nilai batas atas dikombinasikan dengan nilai batas bawah. *Confusion matrix* untuk uji coba nilai *threshold* T1 pada hasil *labelling* dari transformasi *watershed* terdapat pada lampiran.

**Tabel 5.1 Hasil Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold* T1 pada Hasil *Labelling* dari Transformasi *Watershed***

Nilai <i>Threshold</i> T1	<i>Accuracy</i> (%)	<i>Sensitivity</i> (%)			<i>Specificity</i> (%)		
		N	1	2	N	1	2
20 - 500	86,67	100	60	100	80	100	100
<b>10 - 500</b>	<b>96,67</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
0 - 500	80	50	90	100	95	75	100
20 - 100	80	100	50	90	75	95	100
10 - 100	93,33	100	80	100	90	100	100
0 - 100	80	50	90	100	95	75	100
20 - 50	76,67	100	40	90	70	95	100
10 - 50	90	100	70	100	85	100	100
0 - 50	80	50	90	100	95	75	100

Hasil uji coba ditunjukkan pada **Tabel 5.1**. Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai *threshold* T1 dengan jumlah piksel pada label yang memiliki batas atas kurang dari 500 dan batas bawah lebih dari 10 memberikan hasil yang terbaik untuk deteksi penyakit diabetes makula edema dengan nilai *accuracy* sebesar 96,67%. Untuk *sensitivity* kelas normal, diabetes makula edema tahap 1 dan diabetes makula edema tahap 2, masing-masing adalah 100%, 90% dan 100%. Sedangkan untuk *specifity* kelas normal, diabetes makula edema tahap 1 dan diabetes makula edema tahap 2, masing-masing adalah 95%, 100% dan 100%.

### 5.5 Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold* T2 pada Hasil *Histogram Equalization*

Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui nilai *threshold* T2 yang optimal dalam menentukan piksel yang termasuk kedalam makula setelah proses *histogram equalization* pada proses segmentasi makula. Nilai *threshold* T2 yang optimal digunakan untuk menentukan batas suatu piksel dianggap sebagai makula atau bukan. Hal ini penting ditentukan karena piksel yang berada di atas *threshold* dianggap menjadi kandidat makula sedangkan yang di bawah bukan.

**Tabel 5.2 Hasil Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold* T2 pada Hasil *Histogram Equalization***

Nilai <i>Threshold</i> T2	<i>Accuracy</i> (%)	<i>Sensitivity</i> (%)			<i>Specificity</i> (%)		
		N	1	2	N	1	2
0,1	96,67	100	90	100	95	100	100
0,2	96,67	100	90	100	95	100	100
0,3	93,33	100	80	100	95	100	95
0,4	80	100	40	100	85	100	85

Pengujian dilakukan dengan menghitung *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity* dari masing-masing kelas hasil deteksi penyakit diabetes makula edema menggunakan *confusion matrix*. Sehingga diketahui seberapa baik nilai *threshold* T2 yang dapat menemukan piksel makula dalam mempengaruhi hasil deteksi penyakit diabetes makula edema. Nilai *threshold* T2 yang diujikan adalah 0,1, 0,2, 0,3 dan 0,4. Nilai tersebut dipilih karena makula merupakan daerah gelap yang memiliki intensitas rendah sehingga digunakan nilai *threshold* T2 < 0,5. *Confussion matrix* untuk uji

coba nilai *threshold* T2 pada hasil *histogram equalization* terdapat pada lampiran.

Hasil uji coba ditunjukkan pada **Tabel 5.2**. Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai *threshold* 0,1 memberikan hasil yang terbaik untuk deteksi penyakit diabetes makula edema dengan nilai *accuracy* sebesar 96,67%. Untuk *sensitivity* kelas normal, diabetes makula edema tahap 1 dan diabetes makula edema tahap 2, masing-masing adalah 100%, 90% dan 100%. Sedangkan untuk *specifity* kelas normal, diabetes makula edema tahap 1 dan diabetes makula edema tahap 2, masing-masing adalah 95%, 100% dan 100%.

## **5.6 Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold* T3 pada Hasil Menghilangkan Pembuluh Darah**

Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui nilai *threshold* T3 yang optimal dalam menentukan piksel yang termasuk kedalam *optic disc* setelah proses menghilangkan pembuluh darah pada proses segmentasi *optic disc*. Nilai *threshold* T3 yang optimal digunakan untuk menentukan batas suatu piksel dianggap sebagai *optic disc* atau bukan. Hal ini penting ditentukan karena piksel yang berada di atas *threshold* dianggap menjadi kandidat *optic disc* sedangkan yang di bawah bukan.

Pengujian dilakukan dengan menghitung *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity* dari masing-masing kelas hasil deteksi penyakit diabetes makula edema menggunakan *confusion matrix*. Sehingga diketahui seberapa baik nilai *threshold* T3 yang dapat menemukan piksel *optic disc* dalam mempengaruhi hasil deteksi penyakit diabetes makula edema. Nilai *threshold* T3 yang diujikan adalah 0,7, 0,8 dan 0,9. Nilai tersebut dipilih karena *optic disc* merupakan daerah terang yang memiliki intensitas tinggi sehingga digunakan nilai *threshold* T3  $> 0,5$ . *Confussion matrix* untuk uji coba nilai *threshold* T3 pada hasil menghilangkan pembuluh darah terdapat pada lampiran.

**Tabel 5.3 Hasil Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold* T3 pada Hasil Menghilangkan Pembuluh Darah**

Nilai <i>Threshold</i> T3	<i>Accuracy</i> (%)	<i>Sensitivity</i> (%)			<i>Specificity</i> (%)		
		N	1	2	N	1	2
<b>0,7</b>	<b>96,67</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
0,8	96,67	100	90	100	95	100	100
0,9	80	100	40	100	70	100	100

Hasil uji coba ditunjukkan pada **Tabel 5.3**. Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai *threshold* 0,7 memberikan hasil yang terbaik untuk deteksi penyakit diabetes makula edema dengan nilai *accuracy* sebesar 96,67%. Untuk *sensitivity* kelas normal, diabetes makula edema tahap 1 dan diabetes makula edema tahap 2, masing-masing adalah 100%, 90% dan 100%. Sedangkan untuk *specifity* kelas normal, diabetes makula edema tahap 1 dan diabetes makula edema tahap 2, masing-masing adalah 95%, 100% dan 100%.

## **5.7 Evaluasi Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold* T1 pada Hasil *Labelling* dari Transformasi *Watershed***

Berdasarkan hasil uji coba penentuan nilai *threshold* T1 pada hasil *labelling* dari transformasi *watershed* memberikan hasil akurasi terbaik dengan nilai *threshold* kurang dari 500 dan lebih dari 10. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah piksel suatu label yang memiliki nilai di atas 500 merupakan *background* citra pada ROI diabetes makula edema, sedangkan nilai di bawah 500 dan di atas 10 merupakan kandidat eksudat keras pada ROI diabetes makula edema. Untuk jumlah piksel suatu label yang memiliki nilai di bawah 10 merupakan objek selain eksudat keras dapat berupa sisa garis tepi *optic disc* dan pembuluh darah yang tersegmentasi. Nilai *threshold* T1 tersebut merupakan nilai maksimal yang bisa

digunakan untuk melakukan *thresholding* dengan memisahkan antara *background* dan *foreground* berupa kandidat eksudat keras.

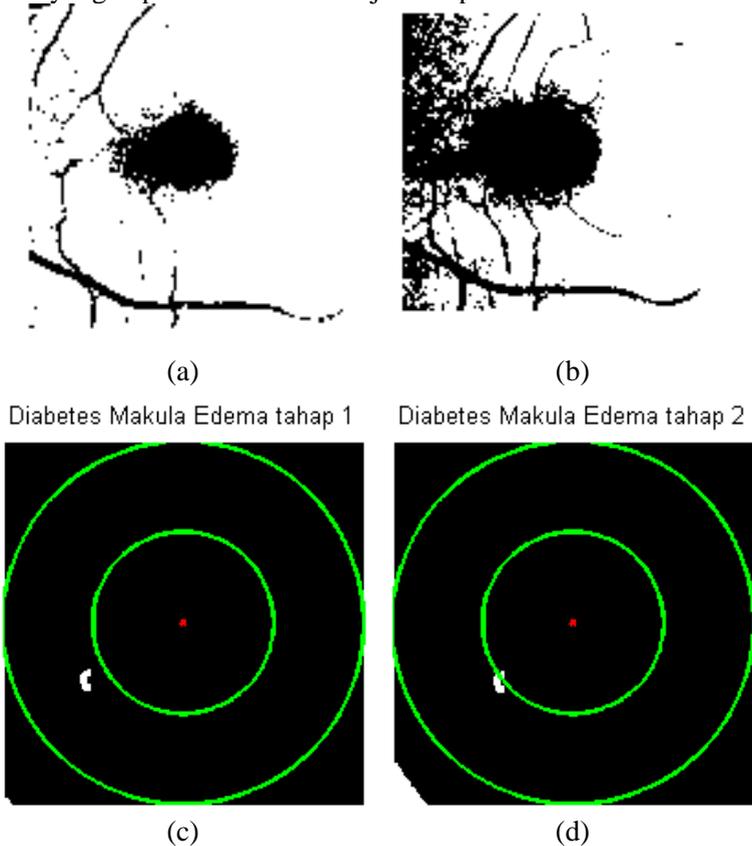
Semakin kecil batas bawah nilai *threshold* T1 maka semakin banyak pula kandidat eskudat keras yang didapat, sehingga dapat mempengaruhi hasil deteksi pada kelas normal menjadi kelas diabetes makula edema tahap 1. Semakin besar batas bawah nilai *threshold* T1 maka semakin sedikit pula kandidat eskudat keras yang didapat, sehingga dapat mempengaruhi hasil deteksi pada kelas diabetes makula edema tahap 1 menjadi kelas normal. Semakin kecil batas atas nilai *threshold* T1 maka semakin sedikit pula eksudat keras yang didapat, sehingga mempengaruhi hasil deteksi pada kelas diabetes makula edema tahap 1 menjadi normal. Semakin besar batas atas nilai *threshold* T1 maka semakin dekat pula untuk dikategorikan sebagai *background*.

## **5.8 Evaluasi Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold* T2 pada Hasil *Histogram Equalization***

Berdasarkan hasil uji coba penentuan nilai *threshold* T2 pada hasil *histogram equalization* pada proses segmentasi makula memberikan hasil akurasi terbaik dengan nilai *threshold* 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah piksel suatu label yang memiliki nilai di atas 0,1 merupakan kandidat makula pada ROI makula, sedangkan nilai di bawah 0,1 merupakan *background* pada ROI makula. Nilai *threshold* T2 tersebut merupakan nilai maksimal yang bisa digunakan untuk melakukan *thresholding* dengan memisahkan antara *background* dan *foreground* berupa kandidat makula.

Semakin kecil nilai *threshold* T2 maka semakin bagus kandidat makula yang didapat karena nilai piksel dengan intensitas yang rendah pada citra hasil *histogram equalization* menandakan *region* makula berupa daerah gelap. Semakin besar nilai *threshold* T2 maka semakin banyak nilai piksel dengan intensitas tinggi yang didapat, sehingga memperbesar *area* makula dan *centroid* yang dapat berubah koordinatnya. Hal ini dapat mempengaruhi hasil

deteksi pada kelas diabetes makula edema tahap 1 menjadi kelas diabetes makula edema tahap 2. Berikut salah satu citra hasil uji coba yang dapat dievaluasi ditunjukkan pada **Gambar 5.2**.



**Gambar 5.2** Evaluasi Citra Hasil Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold T2* pada Hasil *Histogram Equalization*  
 (a) Citra Hasil *Thresholding* dengan Nilai *Threshold* 0,1, (b) Citra Hasil *Thresholding* dengan Nilai *Threshold* 0,3, (c) Hasil Deteksi dari Citra (a), (d) Hasil Deteksi dari Citra (b)

### 5.9 Evaluasi Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold* T3 pada Hasil Menghilangkan Pembuluh Darah

Berdasarkan hasil uji coba penentuan nilai *threshold* T3 pada hasil menghilangkan pembuluh darah pada proses segmentasi *optic disc* memberikan hasil akurasi terbaik dengan nilai *threshold* 0,7. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah piksel suatu label yang memiliki nilai di atas 0,7 merupakan kandidat *optic disc* pada ROI *optic disc*, sedangkan nilai di bawah 0,7 merupakan *background* pada ROI *optic disc*. Nilai *threshold* T3 tersebut merupakan nilai maksimal yang bisa digunakan untuk melakukan *thresholding* dengan memisahkan antara *background* dan *foreground* berupa kandidat *optic disc*.

Semakin kecil nilai *threshold* T3 maka semakin banyak kandidat *optic disc* yang didapat karena nilai piksel dengan intensitas yang rendah menghasilkan *optic disc* dengan *area* yang besar dan *diameter* yang besar pula. Semakin besar nilai *threshold* T3 maka semakin sedikit kandidat *optic disc* yang didapat karena nilai piksel dengan intensitas yang terlalu tinggi menghasilkan *optic disc* dengan *area* yang kecil dan *diameter* yang kecil pula. Hal ini dapat mempengaruhi hasil deteksi pada kelas diabetes makula edema tahap 1 menjadi kelas normal. Berikut salah satu citra hasil uji coba yang dapat dievaluasi ditunjukkan pada **Gambar 5.3**.

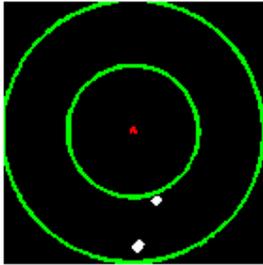


(a)



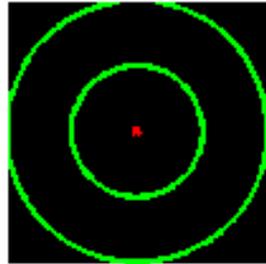
(b)

Diabetes Makula Edema tahap 1



(c)

NORMAL



(d)

**Gambar 5.3 Evaluasi Citra Hasil Uji Coba Penentuan Nilai *Threshold* T3 pada Hasil Menghilangkan Pembuluh Darah**  
**(a) Citra Hasil *Thresholding* dengan Nilai *Threshold* 0,7, (b) Citra Hasil *Thresholding* dengan Nilai *Threshold* 0,9, (c) Hasil Deteksi dari Citra (a), (d) Hasil Deteksi dari Citra (b)**

***[Halaman ini sengaja dikosongkan]***

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini membahas mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari hasil uji coba yang telah dilakukan sebagai jawaban dari rumusan masalah. Selain itu juga terdapat saran yang ditujukan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang diperoleh dari uji coba dan evaluasi adalah sebagai berikut:

1. Metode operasi morfologi dan transformasi *watershed* yang digunakan pada proses segmentasi memberikan hasil deteksi penyakit diabetes makula edema yang optimal dengan nilai *accuracy* sebesar 96,67%.
2. Metode operasi morfologi dan transformasi *watershed* yang digunakan pada proses segmentasi memberikan hasil deteksi penyakit diabetes makula edema yang optimal dengan nilai *sensitivity* sebesar 100% untuk normal, 90% untuk diabetes makula edema tahap 1 dan 100% untuk diabetes makula edema tahap 2.
3. Metode operasi morfologi dan transformasi *watershed* yang digunakan pada proses segmentasi memberikan hasil deteksi penyakit diabetes makula edema yang optimal dengan nilai *specificity* sebesar 95% untuk normal, 100% untuk diabetes makula edema tahap 1 dan 100% untuk diabetes makula edema tahap 2.
4. Nilai *threshold* T1 yang optimal untuk proses *thresholding* pada tahap segmentasi eksudat keras adalah kurang dari 500 dan lebih dari 10. Nilai *threshold* T2 yang optimal untuk proses *thresholding* pada tahap segmentasi makula adalah 0,1. Nilai *threshold* T3 yang optimal untuk proses *thresholding* pada tahap segmentasi *optic disc* adalah 0,7.

## 6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam pengujian metode deteksi penyakit diabetes makula edema adalah sebagai berikut:

Perlu dilakukan perbaikan citra pada proses segmentasi eksudat keras karena *gradient magnitude* kurang optimal jika digunakan sebagai data masukan untuk transformasi *watershed*. Pada citra fundus retina yang terdapat banyak pendarahan, citra hasil *gradient magnitude* menghasilkan deteksi tepi tidak hanya eksudat keras yang memiliki intensitas yang tinggi tetapi juga pendarahan yang memiliki intensitas yang rendah. Hal ini dapat berpengaruh dalam proses *thresholding* penentuan label sebagai kandidat eksudat keras. Pada citra fundus retina bisa saja pendarahan memiliki ukuran yang sama dengan eksudat keras. Sehingga dapat menyebabkan kesalahan segmentasi eksudat keras yang mempengaruhi hasil deteksi penyakit diabetes makula edema.

## LAMPIRAN

### A. *Confussion Matrix Uji Coba Penentuan Nilai Threshold T1 pada Hasil Labelling dari Transformasi Watershed*

#### *Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T1 20 - 500*

		<i>Predicted Class</i>		
		N	1	2
<i>Actual Class</i>	N	10	0	0
	1	4	6	0
	2	0	0	10

#### *Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T1 10 - 500*

		<i>Predicted Class</i>		
		N	1	2
<i>Actual Class</i>	N	10	0	0
	1	1	9	0
	2	0	0	10

#### *Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T1 0 - 500*

		<i>Predicted Class</i>		
		N	1	2
<i>Actual Class</i>	N	5	5	0
	1	1	9	0
	2	0	0	10

**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T1 20 - 100**

		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	10	0	0
	1	5	5	0
	2	0	1	9

**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T1 10 - 100**

		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	10	0	0
	1	2	8	0
	2	0	0	10

**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T1 0 - 100**

		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	5	5	0
	1	1	9	0
	2	0	0	10

**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T1 20 - 50**

		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	10	0	0
	1	6	4	0
	2	0	1	9

***Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T1 10 - 50***

		<i>Predicted Class</i>		
		N	1	2
<i>Actual Class</i>	N	10	0	0
	1	3	7	0
	2	0	0	10

***Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T1 0 - 50***

		<i>Predicted Class</i>		
		N	1	2
<i>Actual Class</i>	N	5	5	0
	1	1	9	0
	2	0	0	10

**B. Confussion Matrix Uji Coba Penentuan Nilai Threshold T2 pada Hasil Histogram Equalization**

**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T2 = 0,1**

		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	10	0	0
	1	1	9	0
	2	0	0	10

**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T2 = 0,2**

		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	10	0	0
	1	1	9	0
	2	0	0	10

**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T2 = 0,3**

		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	10	0	0
	1	1	8	1
	2	0	0	10

**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T2 = 0,4**

		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	10	0	0
	1	3	4	3
	2	0	0	10

**C. Confussion Matrix Uji Coba Penentuan Nilai Threshold T3 pada Hasil Menghilangkan Pembuluh Darah**

**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T3 = 0,7**

		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	10	0	0
	1	1	9	0
	2	0	0	10

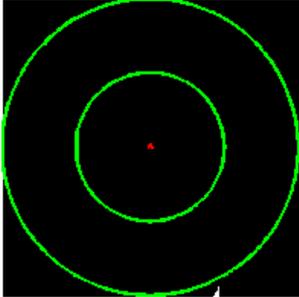
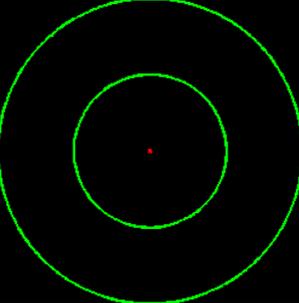
**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T3 = 0,8**

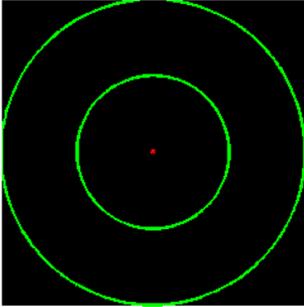
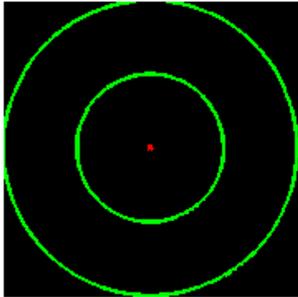
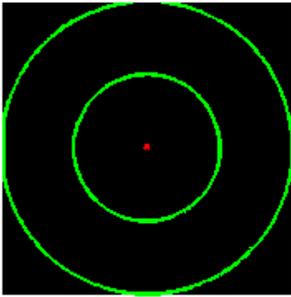
		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	10	0	0
	1	1	9	0
	2	0	0	10

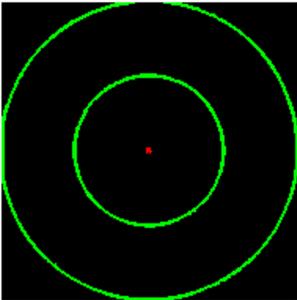
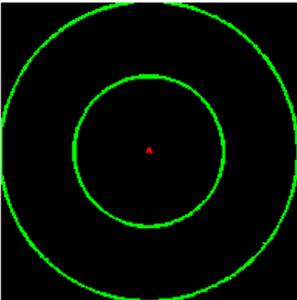
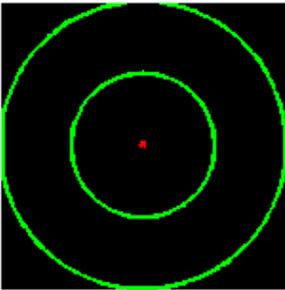
**Confussion Matrix Uji Coba Nilai Threshold T3 = 0,9**

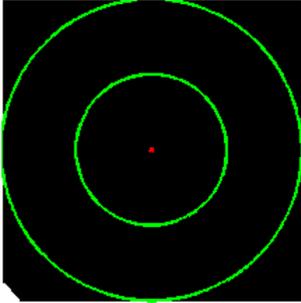
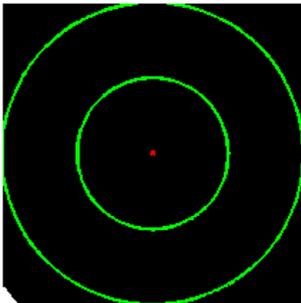
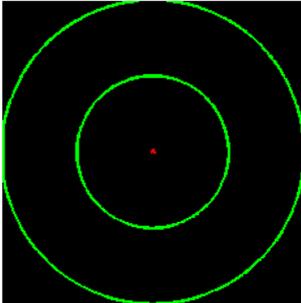
		Predicted Class		
		N	1	2
Actual Class	N	10	0	0
	1	6	4	0
	2	0	0	10

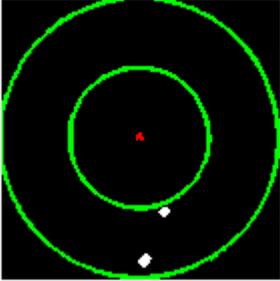
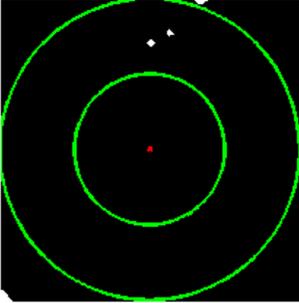
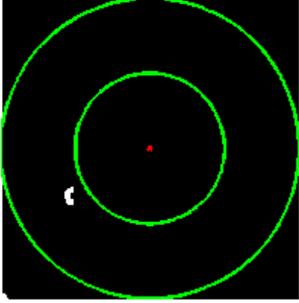
**D. Citra Hasil Uji Coba Nilai *Threshold* untuk T1, T2 dan T3 yang Optimal**

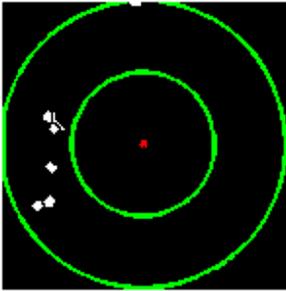
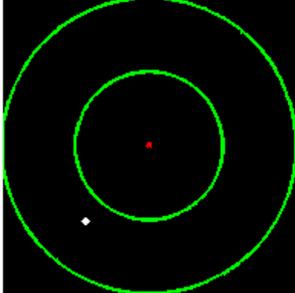
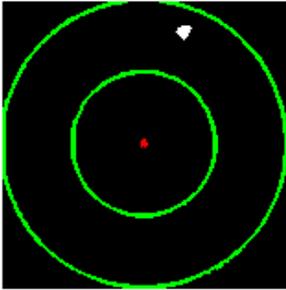
No	Nama Citra	Hasil	<i>Ground Truth</i>
1	2005102 0_43808 _0100_ PP.tif	<p data-bbox="530 392 614 411">NORMAL</p> 	N
2	2005102 0_56791 _0100_ PP.tif	<p data-bbox="530 764 614 783">NORMAL</p> 	N

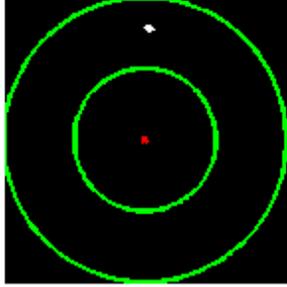
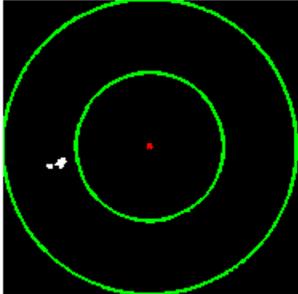
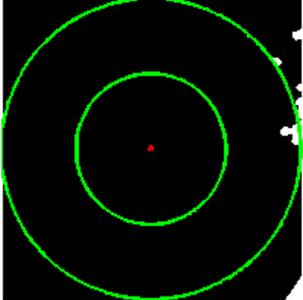
3	2005102 0_57967 _0100_ PP.tif	NORMAL 	N
4	2005102 0_63269 _0100_ PP.tif	NORMAL 	N
5	2005102 1_51936 _0100_ PP.tif	NORMAL 	N

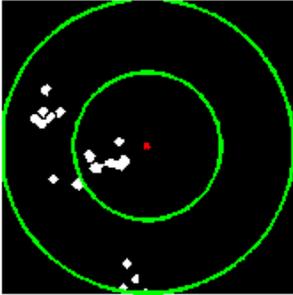
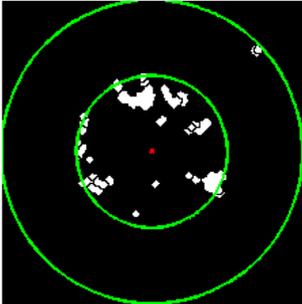
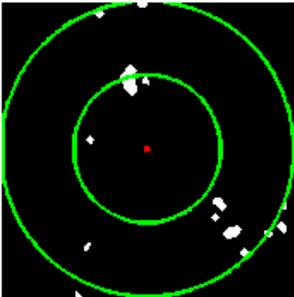
6	2005121 4_40361 _0100_ PP.tif	NORMAL 	N
7	2005121 4_40994 _0100_ PP.tif	NORMAL 	N
8	2005121 4_51039 _0100_ PP.tif	NORMAL 	N

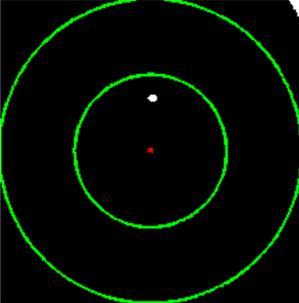
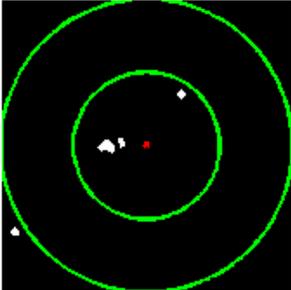
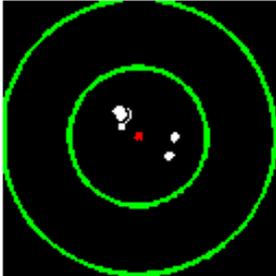
9	2005121 4_51308 _0100_ PP.tif	NORMAL 	N
10	2006052 3_50135 _0100_ PP.tif	NORMAL 	N
11	2005102 0_44923 _0100_ PP.tif	NORMAL 	1

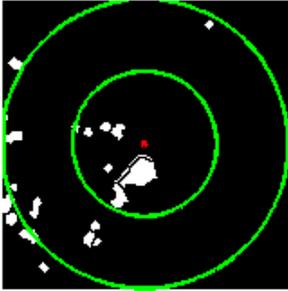
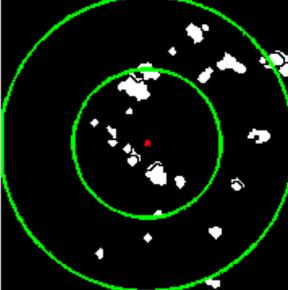
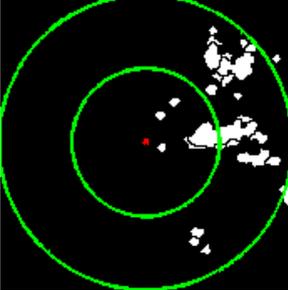
12	2005102 0_57566 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 1 	1
13	2005102 0_58214 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 1 	1
14	2005102 1_39661 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 1 	1

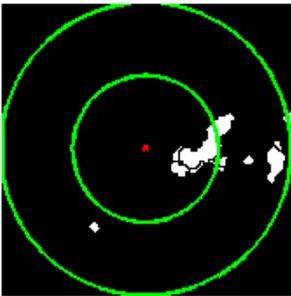
15	2005102 1_51748 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 1 	1
16	2005121 4_51811 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 1 	1
17	2005121 4_57260 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 1 	1

18	2006052 3_48499 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 1 	1
19	2006052 3_50392 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 1 	1
20	2006053 0_54117 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 1 	1

21	2005102 0_53062 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 2 	2
22	2005102 0_53178 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 2 	2
23	2005102 0_57622 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 2 	2

24	2005102 0_62385 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 2 	2
25	2005102 0_63936 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 2 	2
26	2005102 0_64570 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 2 	2

27	2005102 1_39222 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 2 	2
28	2005102 1_59243 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 2 	2
29	2005121 3_62437 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 2 	2

30	2006052 3_50556 _0100_ PP.tif	Diabetes Makula Edema tahap 2 	2
----	--	--	---

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Alfiyah. 2016. *Si Pencuri Penglihatan Penderita Diabetes*. Jakarta: Tempo Gaya.
- [2] A. Citra Ramadani. 2016. *Jauhkan Diri dari Perenggut Penglihatan*. Jakarta: Republika Online.
- [3] E. Sabrina dan I. G. P. A. Buditjahjanto. 2017. *Klasifikasi Penyakit Diabetic Retinopathy menggunakan Metode Learning Vector Quantization (LVQ)*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- [4] R. Sitompul. 2011. *Pengembangan Pendidikan Keprofesian Berkelanjutan Retinopati Diabetik*. Jakarta: J Indon Med Assoc, vol. 61, no. 8, hal. 337-341.
- [5] D. Anggarawati, H. Tjandrasa, dan A. Yuniarti. 2012. *Segmentasi Area Makula pada Citra Fundus Retina dengan Operasi Morfologi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] C. Faticah, D. A. Navastara, N. Suciati, dan L. Nuraini. 2017. *Determining the Number of Clusters for Nuclei Segmentation in Breast Cancer Image*. Tokyo: SPIE.
- [7] E. Decencière. 2014. *Feedback on a Publicly Distributed Image Database: the Messidor Database*. Saint Contest: ADCIS (Advanced Concepts in Imaging Software).
- [8] S. T. Lim, W. M. D. W. Zaki, A. Hussain, S. L. Lim, dan S. Kusalavan. 2011. *Automatic Classification of Diabetic Macular Edema in Digital Fundus Images*. Penang: IEEE.
- [9] L. A. Samiadi dan dr. L. T. M. Duyen. 2017. *Komplikasi Diabetes Mata: Makulopati Diabetik*. Jakarta: Hello Sehat.
- [10] R. Kusumanto dan A. N. Tompunu. 2011. *Pengolahan Citra Digital untuk Mendeteksi Obyek menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- [11] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, dan E. Steven. 2004. *Digital Image Processing Using MATLAB*. New Jersey: Prentice Hall.
- [12] H. Tjandrasa, A. Wijayanti, dan N. Suciati. 2012. *Optic Nerve Head Segmentation Using Hough Transform and Active*

- Contours*. Yogyakarta: Telkomnika, vol. 10, no. 3, hal. 531-536.
- [13] H. Tjandrasa, R. E. Putra, A. Y. Wijaya, dan I. Arieshanti. 2013. *Classification of Non-Proliferative Diabetic Retinopathy Based on Hard Exudates Using Soft Margin SVM*. Penang: IEEE.
- [14] A. Wedianto, H. L. Sari, dan Y. Suzantri. 2016. *Analisa Perbandingan Metode Filter Gaussian, Mean dan Median terhadap Reduksi Noise*. Bengkulu: Media Infotama, vol. 12, no. 1, hal. 21-30.
- [15] E. R. Dougherty. 1992. *An Introduction to Morphological Image Processing*. Washington: SPIE Optical Engineering Press.
- [16] R. Fisher, A. Walker, S. Perkins, dan E. Wolfart. 1999. *Structuring Elements*. Tersedia pada: <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/strctel.htm>. [Diakses: 06-Mei-2017].
- [17] B. Jähne. 2015. *Digital Image Processing*. Berlin: Springer.
- [18] N. Ahmad dan A. Hadinegoro. 2012. *Metode Histogram Equalization untuk Perbaikan Citra Digital*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- [19] G. Gunawan, F. Halim, dan E. Wijaya. 2011. *Perangkat Lunak Segmentasi Citra dengan Metode Watershed*. Medan: JSM (Jurnal SIFO Mikroskil), vol. 12, no. 2, hal. 79-88.
- [20] M. Jatra, R. R. Isnanto, dan I. Santoso. 2011. *Identifikasi Iris Mata menggunakan Metode Analisis Komponen Utama dan Perhitungan Jarak Euclidean*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [21] H. Hamilton. 2012. *Confusion Matrix*. Tersedia pada: [http://www2.cs.uregina.ca/~dbd/cs831/notes/confusion\\_matrix/confusion\\_matrix.html](http://www2.cs.uregina.ca/~dbd/cs831/notes/confusion_matrix/confusion_matrix.html). [Diakses: 08-Mei-2017].
- [22] I. G. Adillion, A. Z. Arifin, dan D. A. Navastara. 2017. *Segmentasi Trabecular Bone pada Dental Panoramic Radiograph menggunakan K-means Clustering dan Root-*

- Guided Decision Tree (RGDT)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [23] K. C. Kirana. 2015. *Pembobotan Arah dan Besaran Gradien Pada Ant Colony Optimization untuk Deteksi Tepi Citra*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [24] Stanford Exploration Project. 2004. *Gradient Magnitude Operator*. Tersedia pada: [http://sep.stanford.edu/public/docs/sep99/cohy\\_Fig/paper\\_html/node15.html](http://sep.stanford.edu/public/docs/sep99/cohy_Fig/paper_html/node15.html). [Diakses: 04-Juni-2017].

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## BIODATA PENULIS



Ekky Melynda Agnestasia, lahir di Jombang pada tanggal 25 Agustus 1995. Penulis telah menempuh pendidikan dari SDN Kutorejo 2 (2001-2007), SMPN 1 Kertosono (2007-2010) dan SMAN 1 Kertosono (2010-2013) di Nganjuk. Terakhir penulis menempuh pendidikan perguruan tinggi negeri sebagai mahasiswi jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2013-2017) di Surabaya.

Selama kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi dan kepanitiaan yang mendukung minatnya di bidang jurnalistik. Diantaranya penulis berpartisipasi sebagai anggota Departemen Media Informasi HMTC (2014-2015), panitia Web dan Dokumentasi ITS Expo 2014, panitia sie PUBDEKDOK IBC CUP 2014, staff Web 3D Schematics 2014, anggota sie 3D Schematics 2015 dan panitia Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar HMTC 2015. Berkat minatnya di bidang jurnalistik penulis pernah menjadi juara 1 *Photo on the Spot* di acara ITS Expo 2014.

Penulis juga mengikuti kegiatan di bidang olahraga sebagai anggota aktif Unit Kegiatan Mahasiswa ITS Badminton Community (2013-2014). Penulis juga mengikuti kegiatan pelatihan, diantaranya berpartisipasi sebagai peserta aktif LKMM Pra Tingkat Dasar FTIf 2013 dan peserta Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar HMTC 2014. Penulis juga mengikuti kegiatan pengabdian masyarakat sebagai pengajar Aksi Belajar Ceria (ABC) Jama'ah Masjid Manarul Ilmi ITS.

Penulis memiliki bidang minat Komputasi Cerdas Visi (KCV) dengan fokus studi pada bidang pengolahan citra digital, *data mining*, komputasi biomedik dan visi komputer. Komunikasi dengan penulis dapat melalui email:

**[ekkymelynda.ekky@gmail.com](mailto:ekkymelynda.ekky@gmail.com)**