



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - KI141502

Deteksi *Exudate* Menggunakan *Gabor Filtering* dan *Top-Hat Transformation* dengan Pengklasifikasian Berbasis *Support Vector Machines (SVM)*

MUHAMMAD FATHI FIRDAUS
5113100124

Dosen Pembimbing I
Dr.Eng. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom.

Dosen Pembimbing II
Rully Soelaiman, S.Kom., M.Kom

DEPARTEMEN INFORMATIKA
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - KI141502

Deteksi *Exudate* Menggunakan *Gabor Filtering* dan *Top-Hat Transformation* dengan Pengklasifikasian Berbasis *Support Vector Machines (SVM)*

FATHI FIRDAUS
5113100124

Dosen Pembimbing I
Dr.Eng. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom.

Dosen Pembimbing II
Rully Soelaiman, S.Kom., M.Kom

DEPARTEMEN INFORMATIKA
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



TUGAS AKHIR - KI141502

Deteksi *Exudate* Menggunakan *Gabor Filtering* dan *Top-Hat Transformation* dengan Pengklasifikasian Berbasis *Support Vector Machines (SVM)*

MUHAMMAD FATHI FIRDAUS
5113100124

Supervisor

Dr.Eng. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom.

Rully Soelaiman, S.Kom., M.Kom

DEPARTMENT OF INFORMATICS

Faculty of Information and Communication Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya, 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LEMBAR PENGESAHAN

Deteksi Exudate Menggunakan Gabor Filtering dan Top-Hat Transformation dengan Pengklasifikasian Berbasis Support Vector Machines (SVM)

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

MUHAMMAD FATHI FIRDAUS

NRP: 5113 100 124

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom
NIP. 197512202001122002



(Pembimbing 1)

Rully Soelaiman, S.Kom., M.Kom
NIP. 197002131994021001

(Pembimbing 2)

SURABAYA
JULI 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Deteksi *Exudate* Menggunakan *Gabor Filtering* dan *Top-Hat Transformation* dengan Pengklasifikasian Berbasis *Support Vector Machines (SVM)*

Nama Mahasiswa : Muhammad Fathi Firdaus
NRP : 5113 100 124
Departemen : Informatika, FTIK ITS
Dosen Pembimbing 1 : Dr.Eng. Chastine Fatichah, S.Kom.,
M.Kom
Dosen Pembimbing 2 : Rully Soelaiman, S.Kom., M.Kom.

Abstrak

Diabetic Retinopathy (DR) merupakan suatu gangguan yang terjadi pada retina yang diakibatkan oleh penyakit diabetes yang tidak terkontrol dalam jangka panjang. Salah satu gejala awal *DR* adalah ditemukannya *exudate* di retina dikarenakan adanya kebocoran cairan dari pembuluh darah retina yang terluka. Karena nilai kontrasnya yang tinggi, *exudate* dapat lebih mudah dideteksi dibandingkan dengan pembuluh darah atau struktur anatomis lainnya pada citra fundus retina. Tujuan tugas akhir ini adalah dapat mendeteksi serta mengklasifikasi citra yang merupakan *exudate* menggunakan metode *Gabor Filter* dan *Top-Hat Transformation* diikuti klasifikasi menggunakan algoritma *Support Vector Machine (SVM)* pada citra fundus retina.

Tugas akhir ini mengimplementasikan salah satu metode pendeteksian *exudate* pada citra fundus retina yaitu *Gabor Filter* beserta *Top-Hat Transformation*. Metode ini terbagi menjadi beberapa tahapan. Pertama citra masukan diubah kedalam *green channel*, lalu dilanjutkan dengan proses morfologi *closing*. Kedua, dilakukan proses segmentasi menggunakan *Gabor Filter* dan *Top-Hat Transformation*. Ketiga, klasifikasi menggunakan algoritma *Support Vector Machine (SVM)*.

Hasil uji coba dari hasil segmentasi menggunakan *Gabor Filter* dan *Top-Hat* menghasilkan nilai akurasi sebesar 94,12%,

sensifitas 95,83%, dan spesifikasi 90% dengan perbandingan citra ground truth.

Kata kunci: Exudate, Gabor Filter, SVM, Top Hat.

EXUDATE DETECTION USING GABOR FILTERING AND TOP-HAT TRANSFORMATION WITH SUPPORT VECTOR MACHINES (SVM) CLASSIFICATION

Student Name : Muhammad Fathi Firdaus
Registration Number : 5113 100 124
Department : Informatics, FTIK ITS
First Supervisor : Dr.Eng. Chastine Fatichah, S.Kom.,
M.Kom
Second Supervisor : Rully Soelaiman, S.Kom., M.Kom.

Abstract

Diabetic Retinopathy (DR) is a disorder that occurs in the retina caused by uncontrolled diabetes in the long run. One of the early symptoms of DR is the discovery of exudate in the retina due to leakage of fluid from injured retinal blood vessels. Because of its high contrast, exudate can be more easily detected than blood vessels or other anatomical structures in retinal fundus imagery. The purpose of this final project is to detect and classify the image which is exudate using Gabor Filter and Top-Hat Transformation method followed by classification using Support Vector Machine (SVM) algorithm on retinal fundus image.

This final project is to implements one of the exudate detection methods on the retinal fundus image of the Gabor Filter along with the Top-Hat Transformation. This method is divided into several stages. First the input image is converted into the green channel, followed by the closing morphology process. Second, segmentation process is done using Gabor Filter and Top-Hat Transformation. Third, the classification uses a Support Vector Machine (SVM) algorithm.

The results of the evaluation of segmentation using Gabor Filter and Top-Hat resulted in accuracy of 94.12%, sensitivity 95,83%, and specificity 90,00% with ground truth image comparison.

Keywords: Exudate, Gabor Filter, SVM, Top Hat.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allah ﷻ yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**DETEKSI *EXUDATE* MENGGUNAKAN *GABOR FILTERING* DAN *TOP-HAT TRANSFORMATION* DENGAN PENGKLASIFIKASIAN BERBASIS *SUPPORT VECTOR MACHINES*”.**

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah memenuhi salah satu syarat untuk bisa menempuh ujian sarjana pendidikan pada Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi (FTIK) Program Studi Departemen Informatika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Melalui lembar ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghormatan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Rully Soelaiman, S.Kom., M.Kom, dan Ibu Dr. Eng, Chastine Fatichah, S.kom, M.Kom. selaku pembimbing yang telah memberi arahan, nasihat, bantuan serta bimbingannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ummi, Abi, Kak Aini, Syifa, Amri, Om Ferizal, Tante Nargis Riana, dan keluarga besar yang selalu memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak dan Ibu dosen Departemen Informatika ITS yang telah banyak menyampaikan ilmu dan bimbingan yang tak ternilai harganya bagi penulis.
4. Ery, Tifani, Hilman, dan Wildan yang selalu menemani, menyemangati, dan membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.
5. Teman-teman TC13, Teater Tiyang Alit, dan Keluarga Besar KSR PMI ITS yang telah memberikan banyak dukungan moral kepada penulis.

Penulis telah berusaha sebaik-baiknya dalam menyusun tugas akhir ini, namun penulis mohon maaf apabila terdapat kekurangan yang penulis lakukan. Kritik dan saran yang membangun dapat disampaikan sebagai bahan perbaikan selanjutnya.

Surabaya,

Muhammad Fathi Firdaus

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
Abstrak	vii
<i>Abstract</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR KODE SUMBER	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir	3
1.6 Metodologi	3
1.7 Sistematika Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Praproses Citra Retina.....	7
2.1.1 Perubahan ke <i>Green Channel</i>	7
2.1.2 Morfologi Closing	8
2.2 Segmentasi	9
2.2.1 <i>Top-Hat Transformation</i>	9
2.2.2 <i>Gabor Filter</i>	10
2.2.3 <i>Otsu Threshold</i>	11
2.3 Ekstraksi Fitur	14
2.3.1 Area	14
2.3.2 Compactness.....	14
2.3.3 <i>Mean Gradient</i>	14
2.3.4 <i>Mean Hue</i> dalam HSV.....	15
2.3.5 <i>Mean Saturation</i> dalam HSV	16

2.3.6	<i>Mean Value</i> dalam HSV	16
2.3.7	<i>Mean green channel</i>	17
2.3.8	<i>Entropy</i>	17
2.3.9	<i>Energy</i>	18
2.4	Klasifikasi <i>exudate</i> dan non- <i>exudate</i> menggunakan SVM	18
BAB III PERANCANGAN.....		21
3.1	Perancangan Praproses dan Segmentasi <i>Exudate</i>	21
3.1.1	Program Utama Praproses dan Segmentasi <i>Exudate</i>	25
3.1.2	Praproses.....	25
3.1.3	Gabor Filter	26
3.1.4	Transformasi Top-Hat	26
3.2	Perancangan Ekstraksi Fitur <i>Exudate</i>	27
3.2.1	Proses Utama Ekstraksi Fitur	31
3.2.2	Fitur <i>Area</i>	32
3.2.3	Fitur <i>Compactness</i>	32
3.2.4	Fitur <i>Mean Gradient Magnitude</i>	32
3.2.5	Fitur <i>Mean Green Channel, Energy, Entropy</i>	33
3.2.6	Fitur <i>Mean Hue, Saturation, Value</i> dalam HSV	34
3.3	Perancangan Klasifikasi <i>Exudate</i>	34
3.3.1	Proses Utama Klasifikasi <i>Exudate</i>	37
3.3.2	Klasifikasi SVM	38
BAB IV IMPLEMENTASI.....		41
4.1	Lingkungan Implementasi.....	41
4.1.1	Perangkat Keras.....	41
4.1.2	Perangkat Lunak.....	41
4.2	Implementasi Tahap Praproses dan Segmentasi <i>Exudate</i>	42
4.2.1	Implementasi Praproses.....	42
4.2.2	Implementasi <i>Gabor Filter</i>	42
4.2.3	Implementasi <i>Top-Hat Transformation</i>	43
4.3	Implementasi Ekstraksi Fitur	43
4.3.1	Implementasi Fitur <i>Area</i>	44

4.3.2 Implementasi Fitur <i>Compactness</i>	44
4.3.3 Implementasi Fitur <i>Mean Gradient</i>	45
4.3.4 Implementasi Fungsi Green.....	45
4.3.5 Implementasi Fitur HSV.....	46
4.4 Implementasi Klasifikasi SVM.....	47
BAB V UJI COBA DAN EVALUASI	49
5.1 Lingkungan Uji Coba.....	49
5.2 Data Uji Coba.....	49
5.3 Skenario Uji Coba.....	50
5.4 Uji Coba <i>Top-Hat</i>	51
5.5 Uji Coba <i>Gabor Filter</i>	52
5.6 Uji Coba Nilai SVM	53
5.7 Uji Coba Hanya Proses <i>Top-hat Transformation</i>	54
5.8 Uji Coba Hanya Proses <i>Gabor Filter</i>	55
5.9 Evaluasi Uji Coba	55
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
6.1. Kesimpulan	57
6.2. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN	61
BIODATA PENULIS.....	81

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Exudate</i> pada citra fundus retina.	7
Gambar 2.2. Perubahan <i>Green Channel</i> pada Citra Masukan, Citra Masukan dari Dataset (Kiri), Citra <i>Green Channel</i> (Kanan).....	8
Gambar 2.3. Citra <i>green channel</i> (kiri), citra hasil <i>morfologi closing</i> (kanan).	8
Gambar 2.4. Citra Hasil Proses <i>Top-Hat Transformation</i>	10
Gambar 2.5. Citra Hasil Proses <i>Gabor Filter</i>	10
Gambar 2.6. Citra Gabungan <i>Otsu Threshold</i> pada <i>Gabor Filter</i> dan <i>Top-Hat Transformation</i>	13
Gambar 2.7. <i>Exudate</i> yang terdeteksi pada citra retina.	14
Gambar 2.8. Lingkaran Elemen Warna <i>Hue</i>	15
Gambar 2.9. Representasi Nilai <i>Saturation</i> untuk Warna Merah	16
Gambar 2.10. Segmentasi dengan Toleransi <i>Value</i>	17
Gambar 3.1. Proses Utama Praproses dan Segmentasi <i>Exudate</i>	22
Gambar 3.2. Pseudocode Praproses dan Segmentasi <i>Exudate</i>	25
Gambar 3.3. Pseudocode Praproses	26
Gambar 3.4. Pseudocode <i>Gabor Filter</i>	26
Gambar 3.5. Pseudocode <i>Top-Hat Transformation</i>	27
Gambar 3.6. Proses Utama Ekstraksi Fitur.	28
Gambar 3.7. Pseudocode Proses Utama Ekstraksi Fitur.	31
Gambar 3.8. Pseudocode Ekstraksi Fitur <i>Area</i>	31
Gambar 3.9. Pseudocode Ekstraksi Fitur <i>Compactness</i>	32
Gambar 3.10. Pseudocode Ekstraksi Fitur <i>Mean Gradient</i>	33
Gambar 3.11. Pseudocode Ekstraksi Fitur <i>Mean Green Channel, Energy, dan Entropy</i>	33
Gambar 3.12. Pseudocode Ekstraksi Fitur <i>Mean Hue, Saturation, dan Value</i> dalam HSV	34
Gambar 3.13. Pseudocode Proses Utama Klasifikasi <i>Exudate</i>	38
Gambar 3.14. Pseudocode Proses Klasifikasi SVM.....	39

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Daftar Variabel yang Digunakan pada <i>Pseudocode</i> Praproses dan Segmentasi <i>Exudate</i>	22
Tabel 3.2. Daftar Fungsi yang Digunakan pada <i>Pseudocode</i> Praproses dan Segmentasi <i>Exudate</i>	24
Tabel 3.3. Daftar Variabel yang Digunakan pada <i>Pseudocode</i> Ekstraksi Fitur	28
Tabel 3.4. Daftar fungsi yang Digunakan pada <i>Pseudocode</i> Ekstraksi Fitur	29
Tabel 3.5. Daftar Variabel yang Digunakan pada <i>Pseudocode</i> Klasifikasi SVM.....	35
Tabel 3.6. Daftar Fungsi yang Digunakan pada <i>Pseudocode</i> Klasifikasi SVM.....	37
Tabel 5.1. Tabel <i>Confusion Matrix</i> yang Digunakan	50
Tabel 5.2. Hasil Uji Coba Nilai <i>Top-Hat</i>	51
Tabel 5.3. Hasil Uji Coba Nilai <i>Gabor Filter</i>	52
Tabel 5.4. Hasil Uji Coba Hanya Proses <i>Gabor</i>	53
Tabel 5.4. Hasil Uji Coba Hanya Proses <i>Top-Hat</i>	53
Tabel 5.4. Hasil Uji Coba Nilai SVM	53
Tabel 5.5. Waktu Proses Keseluruhan.....	54

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR KODE SUMBER

4.1. Implementasi Pra-proses	42
4.2. Implementasi <i>Gabor Filter</i>	43
4.3. Implementasi <i>Top-Hat Transformation</i>	43
4.4. Implementasi Fitur <i>Area</i>	44
4.5. Implementasi Fitur <i>Compactness</i>	44
4.6. Implementasi Fitur <i>Mean Gradient</i>	45
4.7. Implementasi Fitur Fungsi <i>Green</i>	45
4.8. Implementasi Fitur HSV	46
4.9. Implementasi Praproses.....	47

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan membahas tentang hal-hal yang mendasari Tugas Akhir. Batasan meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, metodologi, sistematika laporan Tugas Akhir.

1.1 Latar Belakang

Diabetic Retinopathy (DR) merupakan suatu gangguan pada retina yang disebabkan oleh penyakit diabetes yang tidak terkontrol dalam jangka panjang. Gangguan ini menjadi penyebab utama pasien diabetes mengalami kelemahan visual hingga kehilangan penglihatannya. Pasien yang menderita DR tidak merasakan gejala tertentu sampai kehilangan kemampuan penglihatannya. Sehingga pengecekan retina secara berkala sangat penting untuk pasien diabetes. Salah satu gejala awal DR adalah ditemukannya *exudate* pada retina. Hal ini terjadi karena adanya kebocoran cairan dari pembuluh darah retina yang terluka. Cairan ini memiliki kandungan protein dan sel darah putih [1]. Semakin parahnya fase retinopati diabetik semakin meningkat pula jumlah *exudate* yang terdapat pada retina mata. *Exudate* merupakan infiltrasi lipid ke dalam retina mempunyai bentuk tidak beraturan dan berwarna kekuningan [2]. Karena nilai kontrasnya yang tinggi, *exudate* dapat lebih mudah dideteksi dibandingkan dengan pembuluh darah atau struktur anatomis lainnya pada citra fundus retina [1].

Salah satu cara dalam segmentasi *exudate* adalah dengan penggunaan proses Morfologi *Closing* dalam tahap pra-proses diikuti dengan metode *Top-Hat Transformation* dan *Gabor Filter* seperti yang dijelaskan Moazam Frazz dalam papernya, yang menghasilkan nilai akurasi sebesar 99% [3]. Tujuan proses *Morfologi Closing* pada tahap pra-proses adalah menghilangkan artefak/*noise* yang mengakibatkan kesalahan dalam mendeteksi *exudate*. *Top-Hat Transformation* berguna untuk mendapatkan bentuk global suatu objek yang mempunyai intensitas yang

bervariasi. Sementara pada *Gabor Filter* memiliki properti yang dapat mengubah frekuensi, arah serta skala tertentu, sehingga dapat mengurangi *noise* [3].

Support Vector Machine (SVM) merupakan *supervised learning* dengan algoritma pembelajaran terkait yang menganalisis data dan mengenali pola yang digunakan untuk analisis klasifikasi dan regresi [2]. Hal ini karena SVM dapat dengan mudah untuk diimplementasikan dan secara umum memiliki performansi yang baik dibidang *pattern recognition* [4]. SVM memetakan vektor input ke ruang vektor dimensi yang lebih tinggi dimana *hyperplane* optimal dibangun. Di antara banyak *hyperplane*, hanya ada satu *hyperplane* yang memaksimalkan jarak antara dirinya dan data vektor terdekat dari masing-masing kategori [2].

Pada tugas akhir ini akan diterapkan penggunaan *Gabor Filter* beserta *Top-Hat Transformation* dalam proses segmentasi *exudate* pada citra fundus retina seperti yang dijelaskan frazz dalam papernya diikuti proses klasifikasi berbasis *Support Vector Machines* (SVM) untuk mendapatkan hasil yang optimal. Tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa tahapan. Pertama citra masukan diubah kedalam *Green Channel*, lalu dilanjutkan dengan proses Morfologi *Closing*. Kedua, lakukan proses segmentasi menggunakan *Gabor Filter* dan *Top-Hat Transformation* yang diikuti oleh *Otsu Threshold*. Ketiga, klasifikasi menggunakan *Algoritma Support Vector Machine* (SVM). Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan performa yang baik dalam mendeteksi *exudate* pada penderita DR.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan pra-proses dalam pendeteksian *exudate* pada citra fundus retina?
2. Bagaimana melakukan segmentasi dalam pendeteksian *exudate* pada citra fundus retina?

3. Bagaimana mengklasifikasi citra retina berdasarkan data fitur sebagai *exudate*?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Citra yang digunakan adalah data citra MESSIDOR.
2. Citra yang diambil merupakan citra penderita *diabetic retinopathy*.
3. Metode diimplementasikan menggunakan MATLAB R2016b.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan pengerjaan tugas akhir ini adalah mendeteksi *exudate* pada citra fundus retina pasien *diabetic retinopathy* menggunakan *Gabor Filter* dan *Top-Hat Transformation* pada proses segmentasi. Diikuti klasifikasi berbasis *Support Vector Machine* (SVM).

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari tugas akhir ini diharapkan aplikasi dapat menghasilkan sistem untuk mendeteksi dan mengklasifikasi apakah sebuah citra memiliki *exudate* atau tidak pada citra fundus retina.

1.6 Metodologi

Metodologi yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada studi literatur dipelajari sejumlah referensi yang diperlukan dalam pembuatan tugas akhir. Metode segmentasi yang diacu pada penelitian ini dipelajari pada penelitian [3] mengenai pendeteksian *exudate* pada citra fundus retina. Metode segmentasi yang dipelajari berdasarkan referensi mengenai *Gabor Filter*, *Top-Hat Transformation* dan *Otsu*

Thresholding. Metode klasifikasi dipelajari referensi mengenai algoritma *Support Vector Machine* (SVM).

2. Analisis dan Desain Perangkat Lunak

Pada tahap ini disusun rancang bangun dari perangkat lunak yang dibangun. Pengguna memasukkan citra fundus retina ke dalam sistem. Kemudian, sistem akan memproses masukan dengan melakukan praproses, segmentasi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Setelah proses selesai, sistem akan menampilkan hasil dari klasifikasi *exudate*.

3. Implementasi Perangkat Lunak

Sistem tugas akhir ini akan dibangun dengan bahasa pemrograman MATLAB. Sistem akan dijalankan dengan program MATLAB sebagai compiler. Sistem akan menampilkan hasil akurasi, sensitifitas, dan spesifisitas dari data ground truth. Input berupa citra fundus retina bersumber dari dataset citra publik yaitu MESSIDOR. Keluaran aplikasi berupa hasil akurasi, sensitifitas, dan spesifisitas, dari citra masukan.

4. Uji Coba dan Evaluasi

Dalam tahap ini, dilakukan pengujian tingkat akurasi, sensitifitas, spesifisitas, dan presisi hasil segmentasi *exudate*. Pengujian bertujuan untuk mengukur seberapa akurat dan presisi data fitur dikategorikan sebagai *exudate* jika dibandingkan dengan citra *ground truth*.

1.7 Sistematika Laporan

Buku tugas akhir ini merupakan laporan dari tugas akhir yang telah dikerjakan baik dari sisi teori, rancangan, maupun implementasi sehingga diharapkan dapat memudahkan pembaca memahami dan mengembangkan lebih lanjut. Secara garis besar, sistematika laporan buku tugas akhir ini adalah 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 Tinjauan Pustaka

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

Bab III Analisis dan Perancangan

Bab ini berisi tentang analisis dan perancangan desain sistem segmentasi dan klasifikasi *exudate*.

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.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

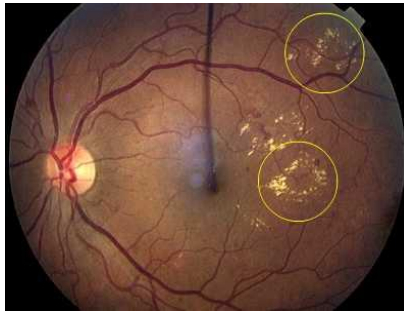
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai dasar-dasar teori yang berkaitan dengan algoritma yang diajukan dalam pembuatan perangkat lunak. Hal tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran secara umum terhadap system yang dibuat serta berguna sebagai penunjang penelitian yang dikerjakan.

2.1 Praproses Citra Retina

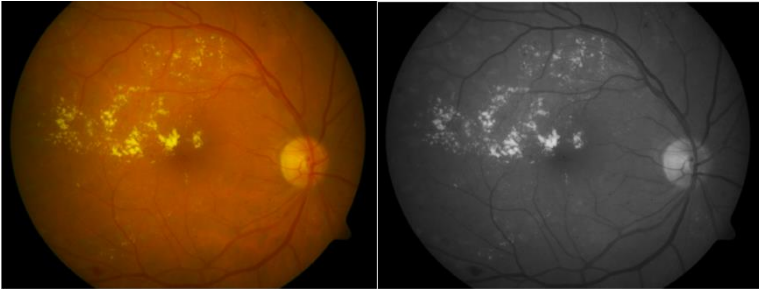
Exudate merupakan penumpukan cairan yang lemak atau protein yang terjadi akibat kebocoran pembuluh retina pada pasien *Diabetic Retinopathy* (Gambar 2.1.). Jika dibiarkan hal ini dapat menutupi makula yang dapat mengurangi kemampuan pengelihatian bahkan kebutaan. Pada citra retina, *exudate* memiliki kontras yang mencolok pada *green channel*. Sebelum memasuki proses segmentasi citra diubah kedalam *green channel* dan diikuti proses Morfologi *Closing* guna mengurangi kesalahan pendeteksian area *exudate* [3].



Gambar 2.1. *Exudate* pada Citra Fundus Retina.

2.1.1 Perubahan ke *Green Channel*

Perubahan citra ke *green channel* dilakukan karena *exudate* menunjukkan kontras tertinggi dengan background *green channel* pada RGB [3]. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Perubahan *Green Channel* pada Citra Masukan, Citra Masukan dari Dataset (Kiri), Citra *Green Channel* (Kanan).

2.1.2 Morfologi Closing

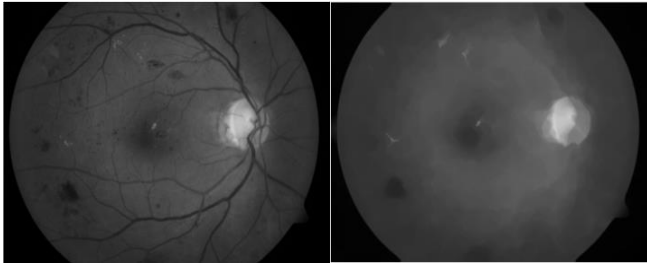
Hasil citra *green channel* tidak bisa langsung ke proses segmentasi, karena akan mengakibatkan banyak artefak/*noise* yang menjadi penyebab kesalahan penentuan daerah *exudate*. Oleh karena itu dilakukan pra-proses berikutnya yaitu Morfologi *Closing* guna menghilangkan *microaneurysm* dan pembuluh darah yang menjadi *noise* ketika proses segmentasi [3].

Morfologi *closing* adalah gabungan 2 proses morfologi yaitu, dilasi diikuti dengan erosi, efek yang dihasilkan dari proses ini adalah mengisi lubang kecil pada objek, menggabungkan objek-objek yang berdekatan, dan secara umum memperhalus batas dari objek besar tanpa mengubah area objek secara signifikan. Hal tersebut diilustrasikan pada Gambar 2.3.

Proses morfologi *closing* dapat diilustrasikan sebagai berikut : $A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B$, (2.1)

Dimana A = Citra green channel

B = *structuring element* (bentuk octagon)



Gambar 2.3. Citra *Green Channel* (Kiri), Citra Hasil Morfologi *Closing* (Kanan)

Structuring Element (SE) yang dipilih pada morfologi *Closing* berbentuk octagon karena *exudate* berbentuk bundar tidak teratur dan memiliki kontras yang mencolok dengan latar belakang [3].

2.2 Segmentasi

Sebelum menentukan citra memiliki *exudate* atau tidak dibutuhkan proses segmentasi. Proses segmentasi hanya mengambil daerah yang diindikasikan sebagai *exudate*. Masukan dari proses segmentasi ini adalah citra yang telah melalui proses Morfologi *Closing* [3].

Proses segmentasi yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *Top-Hat Transformation* dan *Gabor Filter*. Kedua proses itu diikuti *Otsu Threshold*. Proses lebih lengkapnya akan dijelaskan pada subbab 2.2.1 sampai 2.2.3

2.2.1 *Top-Hat Transformation*

Top-Hat Transformation berguna untuk mendapatkan bentuk global suatu objek yang mempunyai intensitas yang bervariasi. Prosesnya dilakukan dengan pengurangan sebuah grayscale image (I) dengan *opening* dari grayscale image tersebut [3]. Rumus umum *Top-Hat Transformation* adalah sebagai berikut:

$$I_{top} = I - (I \circ S_e) \quad (2.2)$$

Dimana,

I = Gambar yang diproses

S_e = bentuk octagon *structuring element* untuk morphological opening "o"

Dalam tugas akhir ini, I merupakan Gambar hasil proses Morfologi *Closing* dan *structuring element* yang digunakan berbentuk octagon. Hasil proses *Top-Hat Transformation* digambarkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Citra Hasil Proses *Top-Hat Transformation*

Pada tugas akhir kali ini penggunaan *Top-Hat Transformation* dipilih karena *exudate* memiliki struktur khusus di citra fundus retina dan juga memiliki intensitas piksel yang kontras dengan latar belakang. Sehingga cocok dengan tujuan top-hat secara umum.

2.2.2 *Gabor Filter*

Filter Gabor adalah filter bandpass yang digunakan dalam pemrosesan gambar untuk ekstraksi fitur atau analisis tekstur [5]. Filter band pass sendiri merupakan filter yang digunakan untuk mempertahankan titik yang dekat dengan titik-titik tetangganya, dan titik yang berbeda dengan titik-titik tetangganya. Hal ini berguna untuk mempertahankan frekuensi rendah dan tinggi atau yang tidak terlalu rendah dan terlalu tinggi. Seperti halnya sifat *exudate* yang sangat kontras dengan background, maka penggunaan gabor filter pada proses segmentasi sudah sesuai. Hasil proses *Gabor Filter* digambarkan pada Gambar 2.5.

Gabor Filter dapat diilustrasikan sebagai produk dari sinusoid kompleks dan fungsi *gaussian*, yang secara matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$g(x, y) = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2} \right) \right] \exp \left[i(2\pi + \frac{x'}{\lambda} + \psi) \right] \quad (2.3)$$

Dimana,

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

Penjelasan parameter yang digunakan:

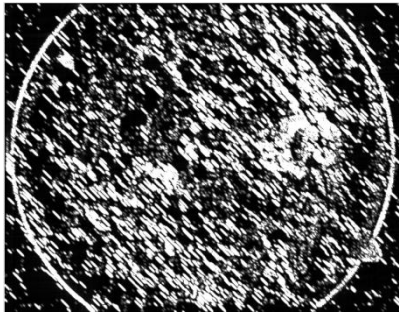
γ : Aspek rasio

θ : Orientasi

λ : Rasio aspek spasial

σ : Standar deviasi dari distribusi Gaussian

ψ : Fase offset



Gambar 2.5. Citra Hasil Proses *Gabor Filter*

2.2.3 *Otsu Threshold*

Penerapan *Otsu Threshold* dilakukan setelah proses *Gabor Filter* dan proses *Top-Hat Transformation*. Metode Otsu merupakan metode memilih batas ambang (Threshold) secara otomatis dari tingkat keabu-abuan histogram melalui analisis diskriminan. Analisis diskriminan tersebut diharapkan dapat memaksimalkan pemisahan objek (*foreground*) dan latar belakang (*background*). Metode *Otsu Thresholding* merupakan metode segmentasi yang cukup akurat dalam mendapatkan daerah

yang merupakan obyek tersegmentasi dengan menggunakan histogram grayscale [6].

Langkah awal *Otsu Threshold* adalah membuat histogram. Dari histogram dapat diketahui jumlah piksel untuk setiap *grayscale*. *Grayscale* citra dinyatakan dengan i sampai dengan L . Level ke i dimulai dari 1, yaitu piksel 0. Untuk L , maksimal level adalah 256 dengan piksel bernilai 255. Nilai ambang yang akan dicari dari suatu citra *grayscale* dinyatakan dengan k . Nilai k berkisar antara 0 sampai dengan $L-1$, dengan nilai $L=256$ (simbol histogram adalah P_i). Jadi probabilitas setiap piksel pada level ke i dinyatakan dengan persamaan:

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (2.4)$$

P_i = Probabilitas piksel ke- i

n_i = Jumlah piksel dengan tingkat keabuan i

N = Total jumlah piksel pada citra

Langkah selanjutnya mencari nilai jumlah kumulatif, rerata kumulatif dan intensitas global. mencari nilai tersebut dapat melihat persamaan (2.5), persamaan (2.6), dan persamaan (2.7). Berikut adalah formulasi untuk menghitung jumlah kumulatif (*cumulative sum*) dari ω_k , untuk $L = 0, 1, 2, \dots, L-1$.

$$\omega(k) = \sum_{i=0}^k P_i \quad (2.5)$$

Berikut adalah formulasi untuk menghitung rerata kumulatif (*cumulative mean*) dari μ_k , untuk $L = 0, 1, 2, \dots, L-1$:

$$\mu(k) = \sum_{i=0}^k i \cdot P_i \quad (2.6)$$

Berikut adalah formulasi untuk menghitung rerata intensitas global $\mu_T(k)$:

$$\mu_T(k) = \sum_{i=0}^{L-1} i \cdot P_i \quad (2.7)$$

Pada persamaan (2.5), persamaan (2.6), maupun persamaan (2.7), nilai k menyatakan *grayscale level* dimana setiap rentang

piksel akan dihitung. Langkah selanjutnya adalah menentukan varian antar kelas (*between class variance*). Persamaan untuk *between class variance*:

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T \omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]} \quad (2.8)$$

Hasil dari perhitungan *between class variance* dicari nilai maksimal. Nilai yang paling besar digunakan sebagai Threshold atau nilai ambang (k), dengan persamaan:

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{1 \leq x \leq L} \sigma_B^2(k) \quad (2.9)$$

Keterangan:

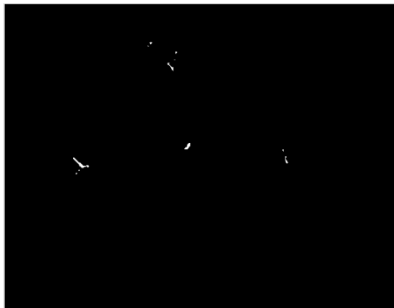
$\omega(k)$ = Jumlah Kumulatif

$\mu(k)$ = Rerata Kumulatif

$\mu_T(k)$ = Rerata Intensitas Global

σ_B^2 = Nilai Ambang

Between class variance bertujuan untuk mencari nilai ambang dari sebuah citra *grayscale*, nilai ambang atau *Threshold* digunakan sebagai nilai acuan untuk mengubah citra *grayscale* ke citra biner. Setiap citra memiliki nilai ambang yang berbeda-beda. Hasil gabungan *Otsu Thresholding* untuk *Gabor Filter* dan *Top-Hat Transformation* ditunjukkan pada Gambar 2.6. Dan *exudate* yang terdeteksi dalam citra ditunjukan pada Gambar 2.7



Gambar 2.6. Citra gabungan *Otsu Threshold* pada *Gabor Filter* dan *Top-Hat Transformation*



Gambar 2.7. *Exudate* yang terdeteksi pada citra retina

2.3 Ekstraksi Fitur

Untuk melakukan klasifikasi dibutuhkan fitur-fitur yang menjadi pembeda antara citra retina yang mengandung *exudate* dan yang non *exudate*. Sehingga diutuhkan proses ekstraksi fitur. Ekstraksi fitur merupakan tahapan mengekstrak ciri/informasi dari objek di dalam citra yang ingin dibedakan dengan objek lainnya. Dalam tugas akhir ini fitur yang akan diekstraksi berjumlah 9 fitur, seperti yang dijelaskan pada sub-bab 2.3.1 – sub-bab 2.3.9.

2.3.1 Area

Area adalah jumlah piksel yang merupakan *exudate* pada citra hasil segmentasi. Diperoleh dengan menjumlahkan pixel bernilai 1, karena pada citra biner hasil segmentasi, *exudate* digambarkan dengan pixel berwarna putih [3].

2.3.2 Compactness

Compactness adalah jumlah dari kerapatan/kepadatan daerah *exudate* pada citra hasil segmentasi. Pada daerah yang berwarna putih akan dihitung nilai kepadatannya [3].

2.3.3 Mean Gradient

Mean gradient adalah nilai rata-rata *gradient magnitude* dari daerah *exudate* yang tersegmentasi. *Gradient* didapat dengan

menghitung perubahan intensitas dari setiap titik pada citra gradient terhadap titik yang sama pada citra asli [3]. Gradient memiliki 2 komponen arah, yaitu (x,y) dimana fungsi dari gradient (x,y) adalah turunan parsial pada arah x dan y . *Gradient magnitude* didefinisikan sebagai $\nabla f = \frac{\partial f}{\partial x} \hat{x} + \frac{\partial f}{\partial y} \hat{y}$ dengan $\frac{\partial f}{\partial x}$ merupakan *gradient* pada arah \hat{x} dan $\frac{\partial f}{\partial y}$ merupakan *gradient* pada arah y .

2.3.4 Mean Hue dalam HSV

Hue pada HSV menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, violet, dan kuning. Hue digunakan untuk membedakan warna-warna dan menentukan kemerahan (redness), kehijauan (greenness), dsb dari cahaya. Hue berasosiasi dengan panjang gelombang cahaya, dan bila menyebut warna merah, violet, atau kuning, sebenarnya menspesifikasikan nilai hue-nya. Seperti terlihat pada Gambar 2.7. di bawah ini, nilai hue diepresentasikan dalam bentuk lingkaran, merupakan sudut dari warna yang mempunyai rentang dari 0° sampai 360° [7].

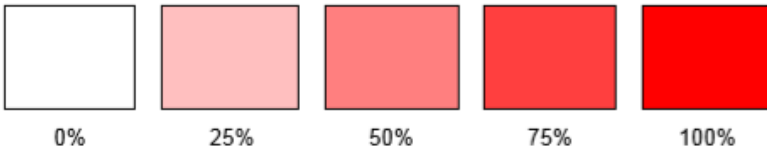


Gambar 2.8. Lingkaran Elemen Warna *Hue* [7]

Pada fitur mean Hue dalam HSV akan dihitung nilai rata-rata hue dari daerah yang terdeteksi sebagai *exudate*.

2.3.5 Mean Saturation dalam HSV

Saturation dalam HSV mewakili tingkat intensitas warna. Pada nilai tingkat kecerahan yang sama nilai *saturation* akan menggambarkan kedekatan suatu warna pada warna abu-abu. Pada sistem nilai saturasi memiliki rentang antara 0 (minimum) dan 1 atau 100% (maksimum) [8]. Sebagai contoh, seperti terlihat pada Gambar 2.8. warna merah adalah 100% warna jenuh (*saturated color*), sedangkan warna pink adalah warna merah dengan tingkat kejenuhan sangat rendah (karena ada warna putih di dalamnya). Jadi, jika hue menyatakan warna sebenarnya, maka *saturation* menyatakan seberapa dalam warna tersebut [8].



Gambar 2.9. Representasi Nilai Saturation untuk Warna Merah [8]

Pada fitur mean *saturation* dalam HSV akan dihitung nilai rata-rata *saturation* dari daerah yang terdeteksi sebagai *exudate*.

2.3.6 Mean Value dalam HSV

Value dalam HSV merepresentasikan tingkat kecerahan warna yang digunakan. Pada nilai *value* maksimum warna yang dihasilkan adalah warna dengan tingkat kecerahan maksimum sedangkan pada *value* minimum dihasilkan warna dengan tingkat kecerahan minimum warna hitam). Berapapun nilai *hue* dan *saturation* warna, jika nilai *value* yang dimiliki adalah 0 (minimum) maka warna yang dihasilkan adalah warna hitam. Nilai *value* maksimum adalah 1 (100%), dimana warna yang dihasilkan akan memiliki tingkat kecerahan maksimum. Contoh kasusnya misalkan terdapat beberapa objek lingkaran dengan nilai *hue* dan *saturation* yang sama tetapi memiliki nilai *value* yang berbeda-

beda, dengan demikian terlihat pengaruh toleransi *value* tanpa dipengaruhi elemen warna *hue* dan *saturation* [7]. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.10. Segmentasi dengan Toleransi *Value* [7]

Pada fitur mean *value* dalam HSV akan dihitung nilai rata-rata *value* dari daerah yang terdeteksi sebagai *exudate*

2.3.7 Mean green channel

Mean *green channel* didapat dengan menggabungkan citra asli dan citra tersegmentasi lalu dihitung nilai rata-rata *green channel*nya. [3]

2.3.8 Entropy

Entropy merupakan fitur untuk mengukur keteracakan dari distribusi intensitas *gray level*. Semakin acak distribusi *gray level*, semakin tinggi nilai entropi yang dihasilkan [9]. Menghitung nilai Entropi dengan persamaan sebagai berikut :

$$e = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log P(x_i) \quad (2.10)$$

2.3.9 Energy

Energy adalah intensitas dari piksel *exudate* segmen kandidat. Nilai *energy* didapat dengan menghitung jumlah intensitas *green channel* dari semua piksel yang merupakan *exudate*. [3]

2.4 Klasifikasi *exudate* dan *non-exudate* menggunakan SVM

Proses akhir dalam tugas akhir ini adalah klasifikasi menggunakan *Support Vector Machines* (SVM). Klasifikasi dilakukan untuk menentukan keberadaan *exudate* dalam sebuah citra. *Support Vector Machine* (SVM) merupakan suatu teknik untuk melakukan prediksi, baik dalam kasus klasifikasi maupun analisis regresi. SVM memiliki prinsip dasar *linier classifier*, yaitu kasus klasifikasi yang secara linier dapat dipisahkan, namun SVM telah dikembangkan agar dapat bekerja pada problem non-linier dengan memasukkan konsep kernel pada ruang kerja berdimensi tinggi. Pada ruang berdimensi tinggi, akan dicari *hyperplane* yang dapat memaksimalkan jarak (margin) antara kelas data. *Hyperplane* klasifikasi linier SVM dinotasikan :

$$f(x) = w^T x + b \quad (2.11)$$

Sehingga menurut Vapnik dan Cortes (1995) diperoleh persamaan :

$$[(w^T \cdot x_i) + b] \geq 1 \text{ untuk } y_i = +1 \quad (12)$$

$$[(w^T \cdot x_i) + b] \leq -1 \text{ untuk } y_i = -1 \quad (13)$$

dengan, x_i = himpunan data training, $i = 1, 2, \dots, n$ dan y_i = label kelas dari x_i Untuk mendapatkan *hyperplane* terbaik adalah dengan mencari *hyperplane* yang terletak di tengah-tengah antara dua bidang pembatas kelas dan untuk mendapatkan *hyperplane* terbaik itu, sama dengan memaksimalkan margin atau jarak antara

dua set objek dari kelas yang berbeda [10]. Margin dapat dihitung dengan $\frac{2}{\|w\|}$.

Banyak teknik *machine learning* yang dikembangkan dengan asumsi kelinieran, sehingga algoritma yang dihasilkan terbatas untuk kasus-kasus yang linier [10]. SVM dapat bekerja pada data non-linier dengan menggunakan pendekatan kernel pada fitur data awal himpunan data. Fungsi kernel yang digunakan untuk memetakan dimensi awal (dimensi yang lebih rendah) himpunan data ke dimensi baru (dimensi yang relatif lebih tinggi). Seperti fungsi kernel diantaranya adalah *Kernel Radial Basic Function* (RBF) dengan persamaan,

$$K(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.14)$$

[Halaman Ini Sengaja Dikosongkan]

BAB III

PERANCANGAN

Bab perancangan berisi perancangan aplikasi segmentasi *exudate* yang akan dibangun. Tahap perancangan akan dibagi menjadi tiga proses utama yaitu praproses citra dan segmentasi *exudate*, proses ekstraksi fitur dari segmen *exudate*, dan klasifikasi citra *exudate* dan *non-exudate*. Pada tiap proses utama memiliki sub proses yang bekerja didalamnya. Bab ini akan menjelaskan gambaran umum tiap proses utama dalam bagan gambaran umum metode, selanjutnya untuk detail penjelasan akan disajikan dalam *pseudocode*.

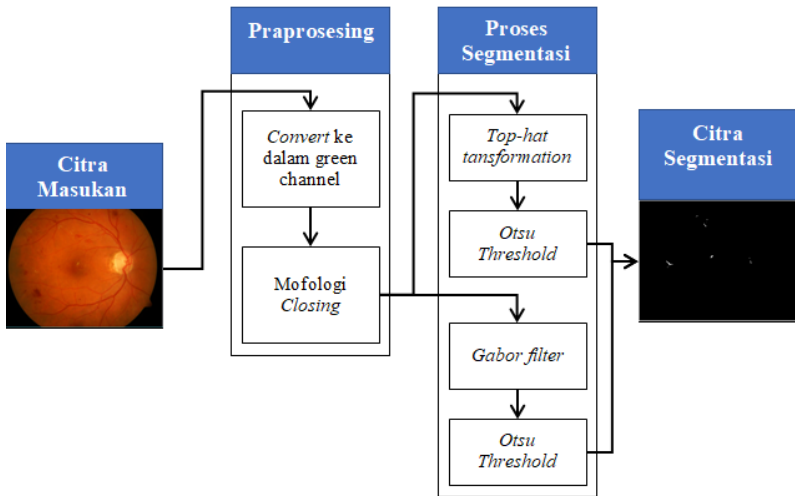
3.1 Perancangan Praproses dan Segmentasi *Exudate*

Proses utama yang pertama adalah praproses dan segmentasi *exudate*. gambaran diagram alur praprosesing sampai tahap segmentasi pada Gambar 3.1.

Pertama citra masukan akan diubah kedalam green channel untuk mendapatkan kontras yang maksimal. Dilanjutkan dengan proses morfologi closing untuk menghilangkan noise yang dapat menyebabkan kesalahan pendeteksian *exudate*.

Selanjutnya hasil proses closing akan melalui tahap segmentasi. Pada tahap ini akan dilakukan dua proses sementara yaitu *Top-Hat Transformation* dan *Gabor Filter*, masing-masing proses tersebut diikuti oleh proses Otsu Threshold untuk mendapatkan daerah *exudate* yang tersegmentasi.

Penjelasan praproses dan proses segmentasi citra retina akan dijelaskan lebih detail dalam bentuk *pseudocode*. Pada Tabel 3.1 akan menjelaskan tentang variabel-variabel yang akan digunakan. Sementara pada table 3.2 akan menjelaskan tentang fungsi-fungsi yang digunakan dalam *pseudocode*.



Gambar 3.1. Proses Utama Praproses dan Segmentasi *Exudate*

Tabel 3.1. Daftar Variabel yang Digunakan pada Pseudocode Praproses dan Segmentasi *Exudate*

No	Nama Variabel	Tipe	Penjelasan
1	Img	uint8	Citra asli dataset MESSIDOR ukuran 1488x2280
2	ImRsz	uint8	Citra asli yang telah diubah ukurannya menjadi 744x1140 dalam RGB
3	Igreen	uint8	Citra RGB yang telah di-resize diubah kedalam green channel
4	m	double	Jumlah baris citra
5	n	double	Jumlah kolom citra

6	size_se_close	double	Ukuran struktur elemen morfologi <i>closing</i>
7	seclose	Strel	Struktur elemen yang digunakan pada morfologi <i>closing</i>
8	Iclose	uint8	Citra <i>green channel</i> yang telah melalui proses morfologi <i>closing</i>
9	size_se_top	double	Struktur elemen yang digunakan pada morfologi <i>closing</i>
10	setop	strel	Struktur elemen yang digunakan pada <i>Top-Hat Transformation</i>
11	tophatFiltered	uint8	Transformasi <i>Top-Hat</i> pada Gambar yang telah melalui morfologi <i>closing</i>
12	counts	double	Hasil perhitungan intensitas histogram dari Gambar.
13	T	double	Pernentuan nilai ambang global Threshold dari perhitungan histogram
14	Otsu Img	logical	Hasil segmentasi <i>Top-Hat Transformation</i> menggunakan <i>Otsu Thresholding</i>
15	Otsu ImgOpen	logical	Hasil segmentasi <i>Top-Hat</i> yang dibersihkan dari <i>noise</i> kecil menggunakan fungsi <i>bwareaopen</i>
16	wavelength	double	Ukuran panjang gelombang yang digunakan pada <i>Gabor Filter</i>

17	orientation	double	Besar sudut yang digunakan pada <i>Gabor Filter</i>
18	gaborMag	double	Array yang menyimpan proses <i>Gabor Filter</i>
19	Otsu Gabor	logical	Filter <i>gabor</i> pada Gambar yang telah melalui <i>morfologi closing</i>
20	Tp_Gb	logical	Gabungan citra hasil segmentasi <i>Gabor Filter</i> dan <i>Transformation Top-Hat</i>

Tabel 3.2. Daftar Fungsi yang Digunakan pada Pseudocode Praproses dan Segmentasi *Exudate*

No	Nama Fungsi	Penjelasan
1	praproses	Fungsi untuk melakukan praproses citra
2	transtop	Fungsi untuk melakukan proses <i>Gabor Filter</i> sampai proses Thresholding
3	gaborfilter	Fungsi untuk melakukan proses <i>Gabor Filter</i> sampai proses Thresholding
4	imgaborfilt	Fungsi untuk melakukan proses <i>Gabor Filter</i> yang disediakan oleh matlab
5	imbinarize	Fungsi untuk merubah citra <i>grayscale</i> ke citra <i>binary</i>
6	strel	Fungsi untuk mendapatkan nilai struktur elemen (SE).
7	imtophat	Fungsi untuk melakukan proses <i>Gabor Filter</i> yang disediakan oleh matlab
8	imhist	Fungsi untuk melakukan proses histogram citra <i>grayscale</i>

9	Otsu thresh	Fungsi untuk melakukan proses <i>Threshold</i> menggunakan algoritma Otsu
10	bwareaopen	Fungsi untuk menghapus objek kecil pada citra <i>binary</i>

3.1.1 Program Utama Praproses dan Segmentasi *Exudate*

Program utama praproses dan segmentasi *exudate* dimulai dengan mengubah ukuran citra dan mengubah citra yang sebelumnya RGB ke green channel. Dilanjutkan dengan *praproses*, *Gabor Filter*, dan *Top-Hat Transformation*. Penjelasan lengkapnya digambarkan pada Gambar 3.2.

Masukan	Citra retina dalam ruang warna RGB (variable <i>Img</i>)
Keluaran	Citra akhir segmentasi gabor filter dan transformasi top-hat (variable <i>Tp_Gb</i>)
<pre> ImRsz ← imresize(Img,1/2) [ImRsz,Igreen,Iclose,m,n] ← praproses(Img) tophat ← transtop(Iclose) gb ← gaborfilter(Iclose) Tp_Gb ← tophat for i ← 1 to m for j ← 1 to n if tophat(i,j)==1 && gb(i,j)==1 Tp_Gb(i,j) ← 1 else if Tp_Gb(i,j) ← 0 end if end for end for </pre>	

Gambar 3.2. Pseudocode praproses dan Segmentasi *Exudate*

3.1.2 Praproses

Praproses dimulai dengan mengubah ukuran citra menjadi setengah ukuran asli, dilanjutkan pengubahan citra ke green

channel, dan diakhiri oleh proses morfologi closing. Adapun gambaran *pseudocode* disampaikan pada Gambar 3.3.

Masukan	Citra retina dalam ruang warna RGB (variable <i>Img</i>)
Keluaran	Citra akhir morfologi closing (variable <i>Iclose</i>)
<pre> ImRsz ← imresize(Img,1/2) Igreen ← ImRsz(:, :, 2) [m,n] = size(Igreen) size_se_close ← 15 seclose ← strel('octagon',size_se_close) Iclose ← imclose(Igreen,seclose) </pre>	

Gambar 3.3. *Pseudocode* Praproses

3.1.3 Gabor Filter

Proses *gabor* merupakan proses filter yang dapat diubah nilai skala, orientasi serta frekuensi untuk meningkatkan hasil segmentasi. Dilanjutkan proses *Otsu Threshold* untuk mengubah citra ke dalam *binary*. *Pseudocode* digambarkan pada Gambar 3.4.

Masukan	Citra morfologi closing (variable <i>Iclose</i>)
Keluaran	Citra <i>binary gabor filter</i> (variable <i>OtsuGabor</i>)
<pre> wavelength ← 2 orientation ← 45 gaborMag ← imgaborfilt(Iclose, wavelength, orientation, 'SpatialFrequencyBandwidth', 0.5) OtsuGabor ← imbinarize(gaborMag, 'global') </pre>	

Gambar 3.4. *Pseudocode Gabor Filter*

3.1.4 Transformasi Top-Hat

Proses *transformasi Top-Hat* adalah operasi pengurangan sebuah citra *grayscale* dengan opening dari citra *grayscale* tersebut. proses *Otsu Threshold* untuk mengubah citra ke dalam *binary*. *Pseudocode Top-Hat* digambarkan pada Gambar 3.5.

Masukan	Citra morfologi closing (variable <i>Iclose</i>)
Keluaran	Citra binary transformasi top-hat yang sudah dibersihkan (<i>OtsuImgOpen</i>)
<pre> size_se_top ← 3 setop ← strel('octagon',size_se_top) tophatFiltered ← imtophat(Iclose,setop) counts ← imhist(tophatFiltered) T ← otsuthresh(counts) OtsuImg ← imbinarize(tophatFiltered,T) OtsuImgOpen ← bwareaopen(OtsuImg,15) </pre>	

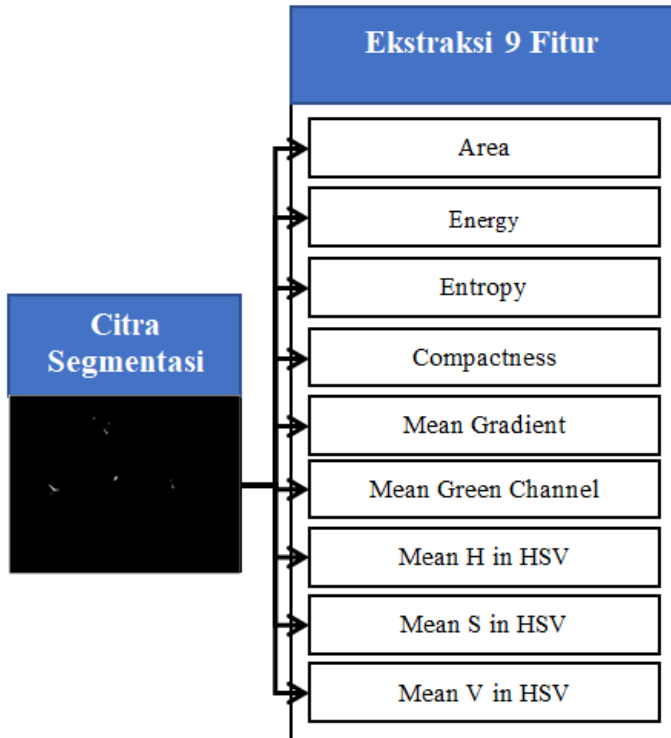
Gambar 3.5. *Pseudocode Top-Hat Transformation*

3.2 Perancangan Ekstraksi Fitur *Exudate*

Proses utama lainnya adalah ekstraksi fitur. gambaran diagram alur ekstraksi fitur digambarkan pada Gambar 3.6

Dari Gambar yang sudah tersegmentasi akan diambil 9 fitur untuk proses klasifikasi. Adapun 9 fitur yang diambil adalah *area*, *compactness*, *energy*, *entropy*, *mean gradient magnetude*, *mean green channel*, *mean hue* dalam *hsv*, *mean saturnution* dalam *hsv*, dan *mean value* dalam *hsv*.

Penjelasan tentang ekstraksi fitur *exudate* akan dijelaskan lebih detail dalam bentuk *pseudocode*. Pada Tabel 3.3 akan menjelaskan tentang variabel-variabel yang akan digunakan. Sementara pada table 3.4 akan menjelaskan tentang fungsi-fungsi yang digunakan dalam *pseudocode*.



Gambar 3.6. Proses Utama Ekstraksi Fitur

Tabel 3.3. Daftar Variabel yang Digunakan pada Pseudocode Ekstraksi Fitur

No	Nama Variabel	Tipe	Penjelasan
1	Area	double	Nilai fitur <i>area</i>
2	Compactness	double	Nilai fitur kepadatan (<i>compactness</i>)
3	Compact	struct	Nilai kepadatan setiap daerah pada citra (dalam format struct)

4	Kepadatan	double	Nilai kepadatan setiap daerah pada citra (dalam format double)
5	mean_grad	double	Nilai rata-rata fitur <i>gradient magnitude</i>
6	Gmag	double	Citra yang <i>binary</i> berisi nilai <i>gradient magnitude</i>
7	Gradient_Magnitude	double	Jumlah keseluruhan nilai <i>gradient magnitude</i>
8	mean_green	double	Nilai fitur rata-rata <i>green channel</i>
9	energy	double	Nilai fitur <i>energy</i>
10	entrop	double	Nilai fitur <i>entropy</i>
11	mean_hue	double	Nilai rata-rata fitur <i>hue</i> dalam HSV
12	mean_saturation	double	Nilai rata-rata fitur <i>saturation</i> dalam HSV
13	mean_value	double	Nilai rata-rata fitur <i>value</i> dalam HSV
14	Imout1	uint8	Citra gabungan antara hasil akhir segmentasi dan citra <i>green channel</i>
15	Imout2	uint8	Citra gabungan antara hasil akhir segmentasi dan citra RGB

Tabel 3.4. Daftar fungsi yang Digunakan pada Pseudocode Ekstraksi Fitur

No	Nama Fungsi	Penjelasan
1	fit_area	Fungsi untuk menghitung nilai area dari citra <i>binary</i>

2	fit_kepadatan	Fungsi untuk menghitung nilai kepadatan dari citra <i>binary</i>
3	fit_mean_gradien	Fungsi untuk menghitung nilai rata-rata <i>gradient magnitude</i> dari citra <i>binary</i>
4	fit_mean_green	Fungsi untuk mendapatkan nilai <i>energy</i> , <i>entropy</i> , dan rata-rata <i>green channel</i> yang dimana input proses merupakan gabungan citra segmentasi dan citra <i>green channel</i>
5	imhist	Fungsi untuk melakukan proses histogram citra <i>grayscale</i>
6	min	Fungsi untuk mendapatkan element terkecil dalam sebuah array
7	regionprops	Fungsi untuk mendapatkan nilai kepadatan setiap daerah pada citra <i>binary</i>
8	length	Fungsi untuk mendapatkan panjang sebuah array
9	struct2cell	Fungsi untuk mengubah data array struct menjadi array cell
10	cell2mat	Fungsi untuk mengubah data array cell menjadi array normal

11	rgb2hsv	Mengubah nilai citra RGB kedalam HSV
12	imgradient	Fungsi untuk menghitung <i>gradient magnitude</i> dan <i>gradient direction</i> sebuah citra
13	mean2	Fungsi untuk menghitung nilai rata-rata sebuah matrix
14	sum	Fungsi untuk menjumlah nilai suatu array
15	entropy	Fungsi untuk mendapatkan nilai <i>entropy</i> suatu citra <i>grayscale</i>

3.2.1 Proses Utama Ekstraksi Fitur

Proses utama ekstraksi fitur *exudate* dimulai dengan mengubah ukuran citra dan mengubah citra yang sebelumnya RGB ke green channel. Dilanjutkan dengan *praproses*, *Gabor Filter*, dan *Top-Hat transformation*. Penjelasan *Pseudocode* ditunjukkan pada Gambar 3.7.

Masukan	Citra segmentasi gabor filter dan transformasi top-hat (variable Tp_Gb)
Keluaran	Nilai 9 fitur vector
<pre> area ← fit_area(Tp_Gb) Compactness ← fit_kepadatan(Tp_Gb) mean_grad ← fit_mean_gradien(Tp_Gb,m,n) [mean_green,energy,enterop] ← fit_mean_green (Tp_Gb,Igreen,m,n) [mean_hue,mean_saturnution,mean_value] ← fit_HSV(Tp_Gb,ImRsz,m,n) </pre>	

Gambar 3.7. *Pseudocode* Proses Utama Ekstraksi Fitur

3.2.2 Fitur Area

Area diperoleh dengan menjumlahkan pixel bernilai 1 pada citra biner hasil segmentasi. *Pseudocode* ekstraksi fitur area digambarkan pada Gambar 3.8.

Masukan	Citra segmentasi gabor filter dan transformasi top-hat (variable Tp_Gb)
Keluaran	Luas area area (fit_ar)
<pre>[count,x] ← imhist (Tp_Gb) fit_ar ← min(count)</pre>	

Gambar 3.8. *Pseudocode* Ekstraksi Fitur Area

3.2.3 Fitur Compactness

Compactness didapat dengan menjumlahkan kerapatan daerah *exudate* pada citra hasil segmentasi. *Pseudocode* ekstraksi fitur *compactness* digambarkan pada Gambar 3.9.

Masukan	Citra segmentasi gabor filter dan transformasi top-hat (variable Tp_Gb)
Keluaran	Nilai kepadatan/compactness ($Compactness$)
<pre>Compact ← regionprops(Tp_Gb, 'Solidity') for i ← 1 to length(Compact) Kepadatan ← struct2cell(Compact) Kepadatan ← cell2mat(Kepadatan) Kepadatan ← Kepadatan.' end for Compactness ← 0 for j ← 1 to length(Kepadatan) Compactness ← Kepadatan(j) + Compactness end for</pre>	

Gambar 3.9. *Pseudocode* Ekstraksi Fitur *Compactness*

3.2.4 Fitur Mean Gradient Magnitude

Mean gradien magnitude didapat dengan mencari nilai rata-rata *gradient magnitude* dari daerah *exudate* yang tersegmentasi. *Gradient* didapat dengan menghitung perubahan intensitas dari setiap titik pada citra gradient terhadap titik yang sama pada citra

asli. *Pseudocode* ekstraksi fitur *Mean gradient* digambarkan pada Gambar 3.10.

Masukan	Citra segmentasi gabor filter dan transformasi top-hat (variabel Tp_Gb)
Keluaran	Nilai gradient magnitude (variabel $Gradient_Magnitude$)
<pre>[Gmag] ← imgradient(Tp_Gb) Gradient_Magnitude ← 0 for i ← 1 to m for j ← 1 to n Gradient_Magnitude ← Gradient_Magnitude+Gmag(i,j) end for end for mean_grad ← Gradient_Magnitude/(m*n)</pre>	

Gambar 3.10. *Pseudocode* Ekstraksi Fitur *Mean Gradient*

3.2.5 Fitur *Mean Green Channel, Energy, Entropy*

Pada *mean green channel, energy, dan entropy* menggunakan citra *green channel* yang telah tersegmentasi. *Pseudocode* ekstraksi fitur *mean green channel, energy, dan entropy* ditunjukkan pada Gambar 3.11.

Masukan	Citra segmentasi gabor filter dan transformasi top-hat (variabel Tp_Gb), jumlah baris citra (m), jumlah kolom citra (n), citra <i>green channel</i> (I_{green})
Keluaran	Nilai <i>mean green channel</i> ($mean_green$), <i>energy</i> ($energy$), dan <i>entropy</i>
<pre>Imout1 ← Igreen for i ← 1 to m for j ← 1 to n if Tp_Gb(i,j)==0 Imout1(i,j) ← 0 end if end for end for mean_green ← mean2(Imout1(Imout1~=0)) energy ← sum(sum(Imout1)) enterop ← entropy(Imout1)</pre>	

Gambar 3.11. *Pseudocode* Ekstraksi Fitur *Mean Green Channel, Energy, dan Entropy*

3.2.6 Fitur *Mean Hue, Saturation, Value* dalam HSV

Citra HSV digunakan pada *Mean hue, saturation, dan value* untuk pengambilan nilai fiturnya. *Pseudocode* ekstraksi fitur *mean hue, saturation, dan value* dalam HSV digambarkan pada Gambar 3.12.

Masukan	Citra akhir segmentasi (variabel <i>Tp_Gb</i>) dan citra asli dalam RGB yang telah di <i>resize</i> (variabel <i>ImRsz</i>), jumlah kolom (<i>m</i>), jumlah baris (<i>n</i>)
Keluaran	Nilai <i>mean hue, saturation, value</i> pada HSV (variabel <i>mean_hue, mean_saturation, mean_value</i>)
<pre> Imout2 ← ImRsz for i ← 1 to m for j ← 1 to n if Tp_Gb(i,j)==0 ImRsz(i,j) ← 0 end if end for end for IMhsv ← rgb2hsv(Imout2) IMHue ← IMhsv(:, :, 1) IMSaturation ← IMhsv(:, :, 2) IMValue ← IMhsv(:, :, 3) mean_hue ← mean2(IMHue(IMHue~=0)) mean_saturation ← mean2(IMSaturation(IMSaturation~=0)) mean_value ← mean2(IMValue(IMValue~=0)) </pre>	

Gambar 3.12. *Pseudocode* Ekstraksi Fitur *Mean Hue, Saturation, dan Value* dalam HSV

3.3 Perancangan Klasifikasi *Exudate*

Proses utama terakhir adalah klasifikasi. Untuk klasifikasi yang digunakan adalah *Support Vector Machines (SVM)*. gambaran diagram alur klasifikasi pada Gambar 3.13.

2	train_fitur	double	Data fitur yang disimpan untuk proses klasifikasi sebagai data training
3	txt	Cell	Ground truth data training yang menentukan jenis citra ke dalam <i>exudate</i> atau <i>non-exudate</i>
4	txt_test	Cell	Ground truth data training yang menentukan jenis citra ke dalam <i>exudate</i> atau <i>non-exudate</i>
5	SVMStruct	Struck	Struktur svm untuk proses klasifikasi
6	svm_predic	Cell	Hasil klasifikasi SVM berupa <i>exudate</i> atau <i>non-exudate</i>
7	C	Double	Hasil pemetaan confusion matrix
8	order	Cell	Order untuk proses confusion matrix
9	TP	Double	Nilai true positif berdasarkan ground truth
10	TN	Double	Nilai true negatif berdasarkan ground truth
11	FP	Double	Nilai false positif berdasarkan ground truth
12	FN	Double	Nilai false positif berdasarkan ground truth
13	akurasi	Double	Hasil dari nilai akurasi klasifikasi berdasarkan <i>ground truth</i>
14	sensitivity	Double	Hasil dari nilai sensitivitas klasifikasi berdasarkan <i>ground truth</i>
15	specificity	Double	Hasil dari nilai spesifitas klasifikasi berdasarkan <i>ground truth</i>

16	precision	Double	Hasil dari nilai presisi klasifikasi berdasarkan <i>ground truth</i>
17	recall	Double	Hasil dari nilai recall klasifikasi berdasarkan <i>ground truth</i>

Tabel 3.6. Daftar Fungsi yang Digunakan pada Pseudocode Klasifikasi SVM

No	Nama Fungsi	Penjelasan
1	xlsread	Fungsi untuk membaca file excel yang berisi <i>ground truth</i>
2	svmtrain	Fungsi untuk melakukan proses training data menggunakan kernel RBF
3	svmclassify	Fungsi untuk melakukan melakukan proses klasifikasi menggunakan SVM
4	confusionmat	Fungsi untuk melakukan proses <i>confision matrix</i>
5	save	Fungsi untuk melakukan proses penyimpanan data

3.3.1. Proses Utama Klasifikasi *Exudate*

Proses utama klasifikasi *exudate* dimulai dengan penyimpanan 9 fitur yang telah diekstraksi sebelumnya. Dilanjutkan dengan klasifikasi menggunakan SVM kernel RBF. *Pseudocode* proses utama klasifikasi *exudate* ditunjukkan pada Gambar 3.14.

Masukan	Nilai 9 fitur vector
Keluaran	Hasil Klasifikasi
<pre> for a= 1 to 8 train_fitur_arr(iter,1) ← area train_fitur_arr(iter,2) ← Compactness train_fitur_arr(iter,3) ← mean_grad train_fitur_arr(iter,4) ← enterop train_fitur_arr(iter,5) ← mean_green train_fitur_arr(iter,6) ← mean_hue train_fitur_arr(iter,7) ← mean_saturnution train_fitur_arr(iter,8) ← mean_value; train_fitur_arr(iter,9) ← energy; end for [num,txt,row] ← xlsread('set2',1,'E2:E103'); save('train_fitur.mat','train_fitur_arr','txt') for a ← 1 to 8 test_fitur_arr(iter,1) ← area test_fitur_arr(iter,2) ← Compactness test_fitur_arr(iter,3) ← mean_grad test_fitur_arr(iter,4) ← enterop test_fitur_arr(iter,5) ← mean_green test_fitur_arr(iter,6) ← mean_hue test_fitur_arr(iter,7) ← mean_saturnution test_fitur_arr(iter,8) ← mean_value test_fitur_arr(iter,9) ← energy end for [num,txt_tes,row] ← xlsread('set1',1,'E2:E35') save('test_fitur.mat','test_fitur_arr','txt_tes') [akurasi,sensitivity,specificity,precision] ← svm_func() </pre>	

Gambar 3.14. Pseudocode Proses Utama Klasifikasi Exudate

3.3.2. Klasifikasi SVM

Kernel yang digunakan pada proses klasifikasi SVM ini adalah kernel *Radial Basic Function* (RBF). Pseudocode proses klasifikasi SVM ditunjukkan pada Gambar 3.15.

Masukan	Array data training dan data testing
Keluaran	Nilai akurasi, sensitifitas, presisi, dan recall
<pre> load train_fitur.mat load test_fitur.mat SVMstruct ← svmtrain(train_fitur_arr,txt,'kernel_function','rbf','rbf_sigma',4) svm_predic ← svmclassify(SVMstruct,test_fitur_arr) [c, order] ← confusionmat(txt_tes,svm_predic) TP ← c(1,1) FN ← c(1,2) FP ← c(2,1) TN ← c(2,2) P ← TP+FN N ← FP+TN Akurasion ← (TP+TN)/(P+N) Sensitivity ← TP/P Specificity ← TN/N Precision ← TP/(TP+FP) Recall ← TP/(TP+FN) </pre>	

Gambar 3.14. *Pseudocode* Proses Klasifikasi SVM

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV IMPLEMENTASI

Pada bab ini dibahas mengenai implementasi perangkat lunak dari rancangan metode yang telah dibahas pada Bab III meliputi kode program dalam perangkat lunak. 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 *exudate* pada citra retina. Dalam implementasi algoritma pengolahan citra tersebut, digunakan perangkat-perangkat sebagai berikut:

4.1.1 Perangkat Keras

Lingkungan implementasi pada tugas akhir ini adalah sebuah laptop. Laptop yang digunakan adalah tipe HP Pavilion 14-v207TX dengan ukuran layar 14 Inch.

Laptop yang digunakan pada tugas akhir ini bekerja menggunakan prosesor Intel Core i7 5500 dengan kecepatan 3.00 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 laptop. Spesifikasi laptop dari sisi perangkat lunak menggunakan *software* MATLAB R2016b. Penggunaan MATLAB didukung dengan dua *toolbox* utama yaitu *statistical and machine learning toolbox* dan *image processing toolbox*. Selain itu, pada tugas akhir ini dalam melakukan pengolahan angka didukung dengan *software* *Microsoft Excel*.

4.2 Implementasi Tahap Praproses dan Segmentasi *Exudate*

Pada bagian ini dijelaskan tahap praproses dan segmentasi citra retina. Implementasi akan dijelaskan mulai dari praproses yang berupa pengubahan citra ke *green channel* dan morfologi *closing*. Dilanjutkan dengan proses segmentasi menggunakan *Gabor Filter* serta *Top-Hat Transformation*. Penjelasan dari masing-masing tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

4.2.1 Implementasi Praproses

Masukan praproses merupakan citra asli berukuran 1488x2280 yang di-*resize* ukurannya menjadi 744x1140 dengan tipe data uint8. Citra masukan tersebut akan diubah ke dalam *green channel* untuk memperjelas kontras antara *exudate* dengan background. Setelah itu citra melalui proses morfologi *closing* untuk menghilangkan noise. Implementasi ini merupakan implementasi pada subbab 3.1.2. Implementasi dalam matlab ditunjukkan kode sumber 4.1.

1	<code>ImRsz = imresize(Img,1/2);</code>
2	<code>Igreen = ImRsz(:,:,2);</code>
3	<code>[m,n] = size(Igreen);</code>
4	<code>size se close = 15;</code>
5	<code>Seclose= strel('octagon',size se close);</code>
6	<code>Iclose= imclose(Igreen,seclose);</code>

Kode Sumber 4.1. Implementasi Praproses

4.2.2 Implementasi *Gabor Filter*

Dilanjutkan proses segmentasi menggunakan *Gabor Filter*. Pada *gabor* parameter yang digunakan adalah *wavelength*, *orientation*, dan *frekuensi*, lalu diikuti proses *Thresholding* menggunakan algoritma *Otsu*. Implementasi ini merupakan

implementasi pada subbab 3.1.4. Implementasi dalam matlab ditunjukkan kode sumber 4.2.

1	wavelength = 5;
2	orientation = 30;
3	gaborMag= imgaborfilt(Iclose,wavelength,orientation, 'SpatialFrequencyBandwidth',0.5);
4	Otsu Gabor=imbinarize(gaborMag,'global');

Kode Sumber 4.2 Implementasi *Gabor Filter*

4.2.3. Implementasi *Top-Hat Transformation*

Proses segmentasi yang lain adalah *Top-Hat Transformation* merupakan operasi pengurangan citra hasil praproses dengan opening dari citra tersebut. Proses ini diikuti *Thresholding* menggunakan algoritma *Otsu*. Implementasi ini merupakan implementasi pada subbab 3.1.4. Implementasi dalam matlab ditunjukkan kode sumber 4.3

1	size se top=3;
2	setop = strel('octagon',size se top);
3	tophatFiltered = imtophat(Iclose,setop);
4	counts = imhist(tophatFiltered);
5	Otsu Img = imbinarize(tophatFiltered,T);
6	Otsu ImgOpen = bwareaopen(Otsu Img, 15);

Kode Sumber 4.3. Implementasi *Top-Hat Transformation*

4.3 Implementasi Ekstraksi Fitur

Pada bagian ini dijelaskan tahap ekstraksi fitur *exudate*. Implementasi bertujuan untuk membedakan citra retina yang memiliki *exudate* dan yang tidak memiliki *exudate* (*non-exudate*). 9 fitur yang digunakan adalah *area*, *compactness*, *energy*, *entropy*, *mean gradient magnetude*, *mean green channel*, *mean hue* dalam

hsv, *mean saturnution* dalam hsv, dan *mean value* dalam hsv. Penjelasan ekstraksi masing-masing fitur tersebut sebagai berikut:

4.3.1 Implementasi Fitur Area

Implementasi fitur *area* bertujuan untuk mendapatkan nilai *area exudate* dari citra retina. Masukan dari proses ini adalah citra *binary* hasil segmentasi. Implementasi ini merupakan implementasi pada subbab 3.2.2. Implementasi dalam matlab ditunjukkan kode sumber 4.4.

1	<code>[count,x] = imhist (Tp_Gb);</code>
2	<code>fit_ar = min(count);</code>

Kode Sumber 4.4 Implementasi Fitur Area

4.3.2 Implementasi Fitur Compactness

Implementasi fitur *compactness* bertujuan untuk mendapatkan nilai kepadatan *exudate* dari citra retina. Masukan dari proses ini adalah citra *binary* hasil segmentasi. Implementasi ini merupakan implementasi pada subbab 3.2.3. Implementasi dalam matlab ditunjukkan kode sumber 4.5

1	<code>Compact=regionprops (Tp_Gb, 'Solidity');</code>
2	<code>for i=1:length(Compact)</code>
3	<code> Kepadatan = struct2cell (Compact);</code>
4	<code> Kepadatan = cell2mat (Kepadatan);</code>
5	<code> Kepadatan = Kepadatan.';</code>
6	<code> Otsu ImgOpen = bwareaopen (Otsu Img,</code> <code> 15);</code>
7	<code> End</code>
8	<code> Compactness = 0;</code>
9	<code> for j=1:length(Kepadatan)</code>
11	<code> Compactness=Kepadatan (j) +</code> <code> Compactness;</code>
12	<code> End</code>

Kode Sumber 4.5 Implementasi Fitur Compactness

4.3.3 Implementasi Fitur *Mean Gradient*

Implementasi fitur *mean gradient magnitude* bertujuan untuk mendapatkan nilai rata-rata gradient magnitude suatu citra. Masukan dari proses ini adalah citra *binary* hasil segmentasi. Implementasi ini merupakan implementasi pada subbab 3.2.4. Implementasi dalam matlab ditunjukkan kode sumber 4.6.

1	[Gmag] = imgradient(Tp Gb);
2	Gradient Magnitude = 0;
3	for i = 1 : m
4	for j = 1 : n
5	Gradient_Magnitude= Gradient_Magnitude+Gmag(i,j);
6	End
7	End
8	mean_grad=Gradient_Magnitude/(m*n);

Kode Sumber 4.6 Implementasi Fitur *Mean Gradient*

4.3.4 Implementasi Fungsi Green

Implementasi fungsi green bertujuan untuk mendapatkan nilai *energy*, *entropy*, dan rata-rata *green channel*. Masukan dari proses ini adalah gabungan citra *binary* hasil segmentasi dan citra *green channel*. Implementasi ini merupakan implementasi pada subbab 3.2.5. Implementasi dalam matlab ditunjukkan kode sumber 4.7.

1	Imout1=Igreen;
2	for i = 1:m
3	for j= 1:n
4	if Tp_Gb(i,j)==0
5	Imout1(i,j)=0;
6	End
7	End
8	End

9	<code>mean_green= mean2 (Imout1 (Imout1~=0)) ;</code>
10	<code>energy=sum (sum (Imout1)) ;</code>
11	<code>enterop = entropy (Imout1) ;</code>

Kode Sumber 4.7. Implementasi Fungsi *Green*

4.3.5 Implementasi Fitur HSV

Implementasi fitur HSV bertujuan untuk mendapatkan nilai rata-rata *hue*, *saturation*, dan *value* pada hsv. Masukan dari proses ini adalah gabungan citra *binary* hasil segmentasi dan citra RGB. Implementasi ini merupakan implementasi pada subbab 3.2.6. Implementasi dalam matlab ditunjukkan kode sumber 4.8

1	<code>Imout2=ImRsz;</code>
2	<code>for i = 1:m</code>
3	<code> for j= 1:n</code>
4	<code> if Tp_Gb(i,j)==0</code>
5	<code> Imout2(i,j)=0;</code>
6	<code> End</code>
7	<code> End</code>
8	<code>End</code>
9	<code>IMhsv = rgb2hsv (Imout2) ;</code>
1	<code>IMHue = IMhsv (:, :, 1) ;</code>
0	
1	<code>IMSaturation = IMhsv (:, :, 2) ;</code>
1	
1	<code>IMValue = IMhsv (:, :, 3) ;</code>
2	
1	<code>mean_hue= mean2 (IMHue (IMHue~=0)) ;</code>
3	
1	<code>mean_saturation=</code>
4	<code>mean2 (IMSaturation (IMSaturation~=0))</code>
	<code>;</code>
1	<code>mean_value=</code>
5	<code>mean2 (IMValue (IMValue~=0)) ;</code>

Kode Sumber 4.8. Implementasi Fitur HSV

4.4 Implementasi Klasifikasi SVM

Implementasi klasifikasi *exudate* menggunakan *Support Vector Machines* (SVM) dengan kernel *Radial Basic Function* (RBF). Masukan dari proses ini 9 fitur dari citra retina. Implementasi ini merupakan implementasi pada subbab 3.3.2. Implementasi dalam matlab ditunjukkan kode sumber 4.9.

1	SVMStruct= svmtrain(train_fitur_arr,txt,'kernel_fun ction','rbf','rbf_sigma',6);
2	svm_predic = svmclassify(SVMStruct,test_fitur_arr);
3	[c, order]= confusionmat(txt tes,svm_predic);
4	TP = c(1,1);
5	FN = c(1,2);
6	FP = c(2,1);
7	TN = c(2,2);
8	P=TP+FN;
9	N=FP+TN;
1 0	akurasi=(TP+TN) / (P+N);
1 1	sensitivity=TP/P;
1 2	specificity=TN/N;
1 3	precision=TP / (TP+FP);
1 4	recall=TP / (TP+FN);

Kode Sumber 4.9. Implementasi Klasifikasi SVM

[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 laptop. Laptop yang digunakan adalah tipe HP Pavilion 14-v207TX dengan ukuran layar 14 inch.

Laptop yang digunakan pada tugas akhir ini bekerja menggunakan prosesor Intel Core i7 5500 dengan kecepatan 3.00 GHz dan *Random Access Memory* (RAM) untuk proses menjalankan program sebesar 4,00 GB.

Pada sisi perangkat lunak, uji coba pada tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB R2016b. Penggunaan MATLAB didukung dengan dua *toolbox* utama yaitu *statistical and machine learning toolbox* dan *image processing toolbox*. Selain itu, pada tugas akhir ini dalam melakukan pengolahan angka didukung dengan *software* Microsoft Excel.

5.2 Data Uji Coba

Data yang digunakan sebagai masukan adalah citra fundus retina yang disediakan oleh messidor. Jumlah citra yang digunakan sebanyak 136 data citra retina pasien *diabetic retinopathy*. Dari 136 citra tersebut dibagi menjadi 2, untuk data *training* dan data *testing*. 34 gambar pertama menjadi data *testing* (25%), dan sisanya menjadi data *training* (75%).

Ground truth yang digunakan pada klasifikasi juga bersumber dari messidor. Pelabelan citra memiliki *exudate* dan tidak memiliki *exudate* (*non-exudate*) ditentukan oleh ahli.

5.3 Skenario Uji Coba

Uji coba dilakukan untuk mengetahui nilai-nilai parameter yang tepat untuk digunakan pada masing-masing proses. Dengan mengetahui nilai parameter yang tepat, diharapkan program dapat memberikan hasil segmentasi dan klasifikasi yang terbaik.

Skenario uji coba yang dilakukan terdiri dari tiga macam, yaitu:

1. Uji coba penentuan parameter *Top-Hat Transformation*.
2. Uji coba penentuan parameter *Gabor Filter*.
3. Uji coba penentuan parameter SVM.
4. Uji coba hanya parameter *Top-Hat Transformation*
5. Uji coba hanya parameter *Gabor Fiter*

Hasil pengujian akan dibandingkan dengan *ground truth* untuk mendapatkan nilai kebenarannya. Uji kebenaran citra hasil segmentasi dilakukan dengan evaluasi nilai akurasi, sensitifitas, dan spesifitas menggunakan *confusion matrix* yang ditunjukkan pada table 5.1.

Tabel 5.1. Tabel *Confusion Matrix* yang digunakan

Prediksi	Kenyataan	
	<i>Exudate</i>	<i>Non- Exudate</i>
<i>Exudate</i>	TP	FP
<i>Non-Exudate</i>	FN	TN

Berdasarkan *confusion matrix* pada table 5.1. TP didapat jika citra prediksi diduga memiliki *exudate* dan kenyataannya merupakan *exudate*. TN didapat jika citra prediksi diduga tidak memiliki *exudate* (*non-exudate*) dan kenyataannya tidak memiliki *exudate* (*non-exudate*). FP didapat jika citra prediksi diduga memiliki *exudate* padahal kenyataannya tidak memiliki *exudate* (*non-exudate*). Sedangkan FN didapat jika citra prediksi diduga tidak memiliki *exudate* (*non-exudate*) sementara kenyataannya memiliki *exudate*.

Nilai akurasi diperoleh dengan menjumlahkan hasil TP dan TN dibagi banyak data. Seperti yang diilustrasikan rumus dibawah :

$$Accuracy (Acc) = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (5.1)$$

Nilai sesnsifitas didapat dengan membagi hasil TP dengan jumlah dari TP+FN. Seperti yang diilustrasikan rumus dibawah ini :

$$Sensitivity (SN) = \frac{TP}{TP+FN} \quad (5.2)$$

Dan nilai specifitas didapat dengan membagi nilai TN dengan jumlah dari FP+TN. Seperti yang diilustrasikan rumus dibawah ini :

$$Specificity (SP) = \frac{TN}{FP+TN} \quad (5.3)$$

5.4 Uji Coba *Top-Hat*

Uji coba parameter *Top-Hat Transformation* dilakukan untuk mendapatkan hasil segmentasi yang baik. Dengan hasil segmentasi yang baik diharapkan dapat menghasilkan ekstraksi fitur yang baik pada tahap berikutnya.

Terdapat 2 parameter yang menentukan hasil *Top-Hat Transformation*, yaitu ukuran *structuring element* (SE) dan bentuk SE yang digunakan. Ukuran SE yang digunakan pada uji coba adalah 3,6,9,12. Dan untuk bentuk SE yang digunakan adalah *disk*, *octagon*, dan *square*. Dari bentuk tersebut akan dipilih bentuk mana yang menghasilkan akurasi maksimal.

Pada uji coba top-hat nilai parameter gabor dan SVM yang digunakan tetap. Yaitu 2 dan 30 untuk wavelength dan orientation pada gabor. Dan kernel RBF dengan nilai gamma 7 pada SVM.

Hasil uji coba ditunjukkan pada Tabel 5.2. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa bentuk *octagon* dengan ukuran 3 memiliki akurasi, sensitifitas, dan spesifikasi terbaik.

Tabel 5.2. Hasil Uji Coba Nilai *Top-Hat*

Struktur Elemen		Hasil		
Bentuk	Ukuran	Acc	SN	SP

Disk	3	91,18%	91,67%	90,00%
Octagon	3	94,12%	95,83%	90,00%
Square	3	73,53%	66,67%	90,00%
Disk	6	61,76%	62,50%	60,00%
Octagon	6	64,71%	66,67%	60,00%
Square	6	91,18%	91,67%	90,00%
Disk	9	55,88%	54,17%	60,00%
Octagon	9	55,88%	50,00%	70,00%
Square	9	61,76%	54,17%	80,00%
Disk	12	52,94%	70,83%	10,00%
Octagon	12	55,88%	75,00%	10,00%
Square	12	61,76%	62,50%	60,00%

5.5 Uji Coba *Gabor Filter*

Uji coba penentuan parameter *Gabor Filter* dilakukan untuk mendapatkan hasil segmentasi yang baik. Dengan hasil segmentasi yang baik diharapkan dapat memberikan hasil ekstraksi fitur yang baik pada tahap selanjutnya.

Terdapat 2 parameter yang digunakan pada *Gabor Filter*, yaitu nilai wavelength dan orientation. Kombinasi kedua parameter ini akan diambil yang terbaik berdasarkan akurasi klasifikasi tertinggi yang dihasilkan.

Pada uji coba *Gabor Filter*, nilai parameter *Top-Hat* dan SVM yang digunakan tidak berubah. Yaitu *octagon* berukuran 3 di *Top-Hat Transformation*. Dan kernel RBF dengan nilai gamma 7 pada SVM.

Hasil uji coba ditunjukkan pada Tabel 5.3. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa kombinasi parameter *Gabor Filter* tidak berpengaruh terhadap hasil akurasi jika hasil *Top-Hat Transformation* sudah optimal.

Tabel 5.3. Hasil Uji Coba Nilai *Gabor Filter*

WaveLenght	Orientation	Acc	SN	SP
------------	-------------	-----	----	----

2	30	50,00%	50,00%	50,00%
3	30	94,12%	95,83%	90,00%
4	30	94,12%	95,83%	90,00%
2	45	94,12%	95,83%	90,00%
3	45	94,12%	95,83%	90,00%
4	45	94,12%	95,83%	90,00%
2	90	94,12%	95,83%	90,00%
3	90	94,12%	95,83%	90,00%
4	90	94,12%	95,83%	90,00%

5.6 Uji Coba Nilai SVM

Uji coba penentuan parameter SVM dilakukan untuk mengetahui nilai parameter SVM yang optimal sehingga dapat menghasilkan klasifikasi yang optimal untuk 34 data testing. parameter yang diuji adalah jenis kernel dan nilai kernel tersebut.

Untuk jenis kernel yang diuji pada klasifikasi svm terbagi menjadi 2, yaitu : kernel RBF, kernel polynomial (*linear* dan *quadratic*). Untuk nilai kernel yang diuji terdiri dari nilai gama untuk RBF 1-7 dan derajat 1-7 untuk polynomial. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Pada uji nilai SVM, parameter *Gabor* dan *Top-Hat* yang digunakan tidak berubah. Yaitu 2 dan 30 untuk wavelength dan orientation pada gabor. Dan *octagon* berukuran 3 di *Top-Hat Transformation*.

Berdasarkan Tabel uji coba dapat disimpulkan bahwa parameter klasifikasi SVM terbaik yaitu dengan menggunakan kernel rbf bernilai 6 atau 7 yang menghasilkan akurasi sebesar 94,12%.

Tabel 5.4. Hasil Uji Coba Nilai SVM

SVM		Hasil	
Kernel	Acc	SN	SP
RBF (Gamma 1)	85,29%	83,33%	90,00%
RBF (Gamma 2)	91,18%	91,67%	90,00%

RBF (Gamma 3)	91,18%	91,67%	90,00%
RBF (Gamma 4)	91,18%	91,67%	90,00%
RBF (Gamma 5)	91,18%	91,67%	90,00%
RBF (Gamma 6)	94,12%	95,83%	90,00%
RBF (Gamma 7)	94,12%	95,83%	90,00%
Polynomial (Derajat 1/Linear)	91,18%	91,67%	90,00%
Polynomial (Derajat 2/Quadratic)	76,47%	91,67%	40,00%
Polynomial (Derajat 3)	76,47%	91,67%	40,00%
Polynomial (Derajat 4)	79,41%	79,17%	80,00%
Polynomial (Derajat 5)	70,59%	70,83%	70,00%
Polynomial (Derajat 6)	73,53%	70,83%	80,00%
Polynomial (Derajat 7)	82,35%	79,17%	90,00%

5.7 Uji Coba Hanya Proses *Top-hat Transformation*

Uji coba hanya proses *Top-Hat Transformation* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar proses ini bekerja jika sendiri.

Terdapat 2 parameter yang menentukan hasil *Top-Hat Transformation*, yaitu ukuran *structuring element* (SE) dan bentuk SE yang digunakan. Ukuran SE yang digunakan pada uji coba adalah 3,6,9,12. Dan untuk bentuk SE yang digunakan adalah disk, octagon, dan square. Hasil uji coba ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Hasil Uji Coba Hanya Nilai *Top-Hat*

Struktur Elemen		Hasil		
Bentuk	Ukuran	Acc	SN	SP
Disk	3	91,18%	91,67%	90,00%
Octagon	3	94,12%	95,83%	90,00%
Square	3	73,53%	66,67%	90,00%
Disk	6	61,76%	62,50%	60,00%

Octagon	6	64,71%	66,67%	60,00%
Square	6	91,18%	91,67%	90,00%
Disk	9	55,88%	54,17%	60,00%
Octagon	9	55,88%	50,00%	70,00%
Square	9	61,76%	54,17%	80,00%
Disk	12	50,00%	66,67%	10,00%
Octagon	12	55,88%	75,00%	10,00%
Square	12	58,82%	62,50%	50,00%

5.8 Uji Coba Hanya Proses *Gabor Filter*

Uji coba Hanya Proses *Gabor Filter* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar proses ini bekerja jika sendiri.

Terdapat 2 parameter yang digunakan pada *Gabor Filter*, yaitu nilai *wavelength* dan *orientation*. Ukuran *wavelength* yang digunakan adalah 2,3,4. Dan besar *orientation* adalah 30,45,90. Hasil uji coba ditunjukkan pada Tabel 5.6.

WaveLenght	Orientation	Acc	SN	SP
2	30	50,00%	50,00%	50,00%
3	30	50,00%	41,67%	70,00%
4	30	44,12%	45,83%	40,00%
2	45	55,88%	50,00%	70,00%
3	45	41,18%	37,50%	50,00%
4	45	50,00%	54,17%	40,00%
2	90	67,65%	58,83%	90,00%
3	90	52,94%	45,83%	70,00%
4	90	44,12%	45,83%	40,00%

5.9 Evaluasi Uji Coba

Dari skenario uji coba sebelumnya, dapat disimpulkan kombinasi parameter *Transformasi Top-Hat*, *Gabor Filter*, dan *SVM* terbaik menghasilkan nilai akurasi rata-rata sebesar 94,12%,

sensitivitas rata-rata sebesar 95,83%, dan spesifisitas sebesar 90,00%. Hal ini menunjukkan bahwa metode-metode yang digunakan berhasil mendeteksi keberadaan *exudate* pada citra retina.

Walaupun dalam uji coba parameter *Gabor Filter* tidak berpengaruh saat parameter *Transformasi Top-Hat* sudah optimal. Kedepannya dibutuhkan proses lain untuk mendukung proses *Transformasi Top-Hat* dalam pendeteksian *exudate* pada citra retina.

Sedangkan waktu keseluruhan proses dari mulai training data, testing, dan klasifikasi berkisar 315,439878 detik, seperti yang dijelaskan dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Waktu Proses Keseluruhan

Proses	Waktu (Detik)
Training	224,693653
Testing	90,74623
Total	315,439878

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 yang ditawarkan secara keseluruhan sudah baik karena berhasil mendapatkan hasil optimal 94,12%.
2. Metode *Top-Hat Transformation* memiliki hasil optimal ketika *structuring element* berbentuk *octagon* dan berukuran 3.
3. Metode *Gabor* kurang optimal jika tidak digabungkan dengan metode *Top-Hat Transformation*.
4. Pada saat *Top-Hat Transformation* dan klasifikasi SVM yang digunakan sudah menggunakan nilai optimal maka parameter *gabor filter* tidak berpengaruh.
5. Algoritma *support vector machine* (SVM) dengan kernel RBF yang memiliki nilai γ 6 dan 7 memiliki hasil optimal dari yang lainnya.

6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Memperbaiki pra-proses untuk dapat menghilangkan noise seperti *optic disk* (OD) dan lainnya.
2. Menggunakan metode selain *Gabor Filter* untuk meningkatkan hasil akurasi.
3. Menggunakan dataset selain *messidor* sebagai data uji.

4. Menggunakan Thresholding selain Otsu untuk merubah citra *grayscale* menjadi binary.





DAFTAR PUSTAKA


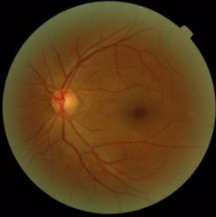



- [1] Kose,C., Sevik, U., Ikibas, C. and Erdol, H., Simple methods for segmentation and measurement of diabetic retinopathy lesions in retinal fundus images, *Computer methods and program in Biomedicine*, vol. 107, no. 2, pp. 274–293, 2011.
- [2] Putranto, T. G. A. dan Candradewi,I. Sistem Klasifikasi Tingkat Keparahan Retinopati Diabetik Menggunakan Support Vector Machine. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems*. Vol. 8 (1) 37-48, 2018.
- [3] Moazam, F dan Waqas, J., Multiscale Segmentation of *Exudates* in Retinal Images Using Contextual Cues and Ensemble Classification, *Biomedical Signal Processing and Control*, Vol. 35, pp. 50-62, 2017.
- [4] Aulia, S., Hadiyoso, S. dan Ramadan, D. N. Analisis Perbandingan KNN dengan SVM untuk Klasifikasi Penyakit Diabetes Retinopati berdasarkan Citra *Exudate* dan Mikroaneurisma. *Jurnal Elkomika*. Vol. 3 (1) 75-90, 2015.
- [5] Aach, T.; Kaup, A.; Mester, R.: ,On texture analysis: *Local energy transforms versus quadrature filters* In *Signal Processing*, vol. 45, pp. 173-181, 1995.
- [6] Syafi'his, S. I., Wahyuningrum, R. T. dan Muntasa, A, Segmentasi Obyek pada Citra Digital Menggunakan Metode Otsu Thresholding, *Jurnal Informatika*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-8, 2015.
- [7] Putranto, B. Y. B., Hapsari, W. dan Wijana, K., Segmentasi Warna Citra dengan Deteksi Warna HSV untuk Mendeteksi Objek, *Jurnal Informatika*, Vol. 6, No.2, pp. 1-14, 2010.
- [8] Hariyanto, D., Studi Penentuan Nilai Resistor Menggunakan Seleksi Warna Model HIS pada Citra 2D, *Telkomnika*, Vol. 7, No. 1, pp. 13-22, 2009.
- [9] Aisyah, E. S. N., Hayat, A., Widanti, P., Prasetya, S. Y. dan Iskandar, H, Analisis Kemiripan Pola Citra Digital Menggunakan Metode Euclidean, *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*, STMIK AMIKOM Yogyakarta, 6-8 Februari 2015.






- [10] Santosa, B., *Data Mining Teknik Pemanfaatan Data untuk Keperluan Bisnis*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2007.






LAMPIRAN






Table Dataset Citra dan Ground Truth






No	Nama Citra	Citra Masukan	Ground Truth
1	20051019_38557_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
2	20051020_43832_0100_PP.tif		<i>Non-Exudate</i>
3	20051020_43882_0100_PP.tif		<i>Non-Exudate</i>
4	20051020_43906_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>






5	20051020_44349_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
6	20051020_44598_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
7	20051020_44636_0100_PP.tif		<i>Non-Exudate</i>
8	20051020_44782_0100_PP.tif		<i>Non-Exudate</i>
9	20051020_44843_0100_PP.tif		<i>Non-Exudate</i>

10	20051020_44901_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
11	20051020_44923_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
12	20051020_45004_0100_PP.tif		<i>Non-Exudate</i>
13	20051020_45050_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
14	20051020_45068_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>







15	20051020_45110_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
16	20051020_45137_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
17	20051020_52801_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
18	20051020_53062_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
19	20051020_53178_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>





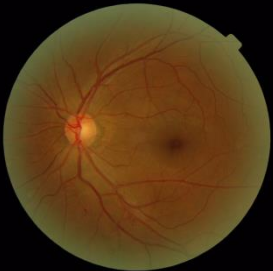
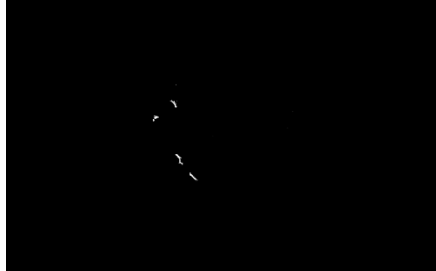


20	20051020_53997_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
21	20051020_54209_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
22	20051020_55346_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
23	20051020_55701_0100_PP.tif		<i>Non-Exudate</i>
24	20051020_56592_0100_PP.tif		<i>Non-Exudate</i>




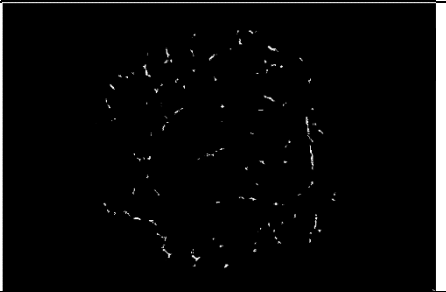



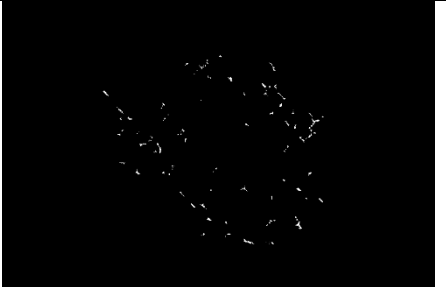
25	20051020_57566_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
26	20051020_57622_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
27	20051020_57761_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
28	20051020_57844_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
29	20051020_58214_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>









30	20051020_58276_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
31	20051020_61557_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>
32	20051020_61998_0100_PP.tif		<i>Non-Exudate</i>
33	20051020_62014_0100_PP.tif		<i>Non-Exudate</i>
34	20051020_62337_0100_PP.tif		<i>Exudate</i>









Tabel Segmentasi Citra Data Testing


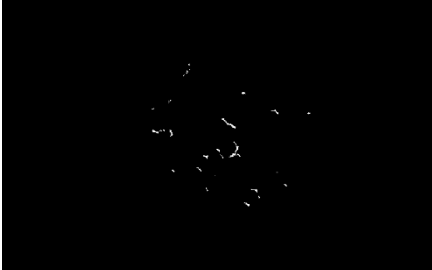





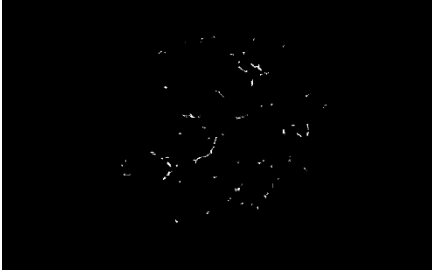
No	Citra Asli	Hasil Segmentasi
1	 Original fundus image showing the optic disc on the right side of the image.	 Segmented fundus image showing the optic disc and retinal vessels highlighted in white against a black background.
2	 Original fundus image showing the optic disc on the left side of the image.	 Segmented fundus image showing the optic disc and retinal vessels highlighted in white against a black background.
3	 Original fundus image showing the optic disc on the right side of the image.	 Segmented fundus image showing the optic disc and retinal vessels highlighted in white against a black background.


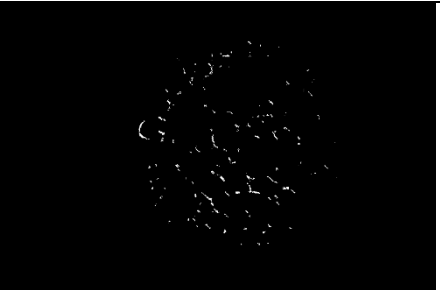






4		
5		
6		
7		


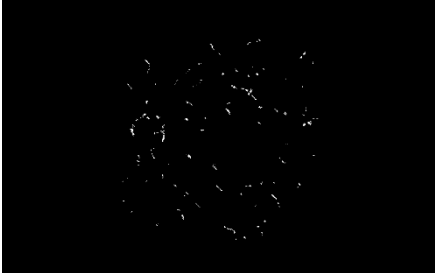






8		
9		
10		
11		

12		
13		
14		
15		

16		
17		
18		
19		

20	 Fundus photograph showing a normal retina with a clear optic disc, normal retinal vessels, and a healthy macula.	 Fluorescein angiogram showing normal retinal vasculature with no leakage of contrast agent.
21	 Fundus photograph showing early signs of age-related macular degeneration (AMD), including drusen and some retinal pigment epithelium (RPE) changes.	 Fluorescein angiogram showing normal retinal vasculature with no leakage of contrast agent.
22	 Fundus photograph showing late-stage AMD, characterized by large drusen, RPE atrophy, and possible geographic atrophy.	 Fluorescein angiogram showing normal retinal vasculature with no leakage of contrast agent.
23	 Fundus photograph showing neovascular AMD, with a prominent, bright, and irregular lesion in the macula, indicating choroidal neovascularization (CNV).	 Fluorescein angiogram showing late-phase leakage of contrast agent from the neovascular complex, characteristic of CNV.

24		
25		
26		
27		

28		
29		
30		
31		








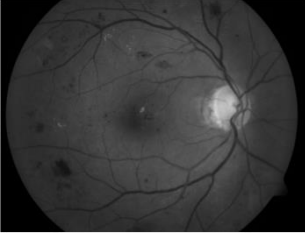
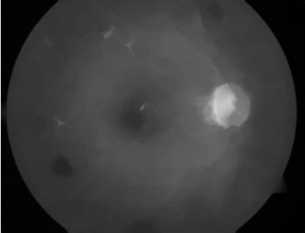
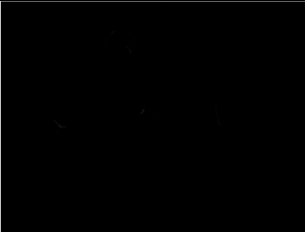
32	 Fundus photograph showing a normal retina with a clear optic disc, normal retinal vessels, and a healthy macula.	 Fluorescein angiogram showing normal retinal vasculature with no leakage of contrast agent.
33	 Fundus photograph showing a normal retina with a clear optic disc, normal retinal vessels, and a healthy macula.	 Fluorescein angiogram showing normal retinal vasculature with no leakage of contrast agent.
34	 Fundus photograph showing a retina with macular edema, characterized by a blurred macula and the presence of hard exudates.	 Fluorescein angiogram showing leakage of contrast agent from the retinal vessels, consistent with macular edema.

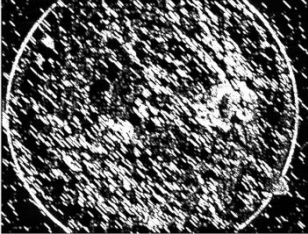
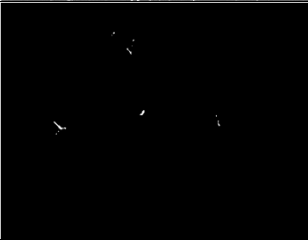
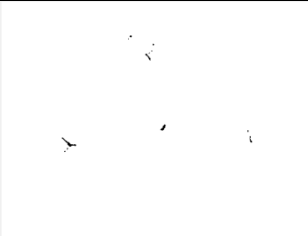
Table Perbandingan Hasil Testing dan Ground Truth

Nama Citra	Ground Truth	Hasil Prediksi
20051019_38557_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_43832_0100_PP.tif	<i>Non-Exudate</i>	' <i>Non-Exudate</i> '
20051020_43882_0100_PP.tif	<i>Non-Exudate</i>	' <i>Non-Exudate</i> '
20051020_43906_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_44349_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_44598_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Non-Exudate</i> '
20051020_44636_0100_PP.tif	<i>Non-Exudate</i>	' <i>Non-Exudate</i> '
20051020_44782_0100_PP.tif	<i>Non-Exudate</i>	' <i>Non-Exudate</i> '
20051020_44843_0100_PP.tif	<i>Non-Exudate</i>	' <i>Non-Exudate</i> '
20051020_44901_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_44923_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_45004_0100_PP.tif	<i>Non-Exudate</i>	' <i>Non-Exudate</i> '
20051020_45050_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_45068_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_45110_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_45137_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_52801_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_53062_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_53178_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_53997_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_54209_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_55346_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_55701_0100_PP.tif	<i>Non-Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_56592_0100_PP.tif	<i>Non-Exudate</i>	' <i>Non-Exudate</i> '
20051020_57566_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_57622_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_57761_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_57844_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_58214_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_58276_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_61557_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
20051020_61998_0100_PP.tif	<i>Non-Exudate</i>	' <i>Non-Exudate</i> '
20051020_62014_0100_PP.tif	<i>Non-Exudate</i>	' <i>Non-Exudate</i> '

20051020_62337_0100_PP.tif	<i>Exudate</i>	' <i>Exudate</i> '
----------------------------	----------------	--------------------

Contoh Hasil Pengolahan Tiap Proses

No	Nama Proses	Contoh Hasil Proses
1	Masukan Citra <i>Original</i>	
2	Perubahan ke <i>green channel</i>	
3	Morfologi <i>Closing</i>	
4	<i>Top-Hat Transformation</i>	

5	<i>Gabor Filter</i>	
6	<i>Otsu Threshold</i>	
7	<i>Imcomplement Otsu Threshold</i>	

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BIODATA PENULIS



Muhammad Fathi Firdaus, lahir di Jakarta pada tanggal 08 November 1995. Lulusan SMAIT Al-Multazam, Kuningan, Jawa Barat pada tahun 2013 dan sedang menempuh pendidikan sarjana di Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun angkatan 2013. Pernah terlibat dalam organisasi kemahasiswaan diantaranya Himpunan Mahasiswa Teknik Computer-Informatika (HMTC), Teater Tiyang Alit, KSR PMI ITS, SCHEMATICS 2014 dan 2015, serta ITS Expo 2014 dan 2015.

Dalam menyelesaikan pendidikan sarjana, penulis mengambil bidang minat Komputasi Cerdas dan Visi (KCV) dan memiliki ketertarikan di bidang komputer visi dan komputasi biomedik. Penulis dapat dihubungi melalui alamat *e-mail*: hampa29@gmail.com.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]