

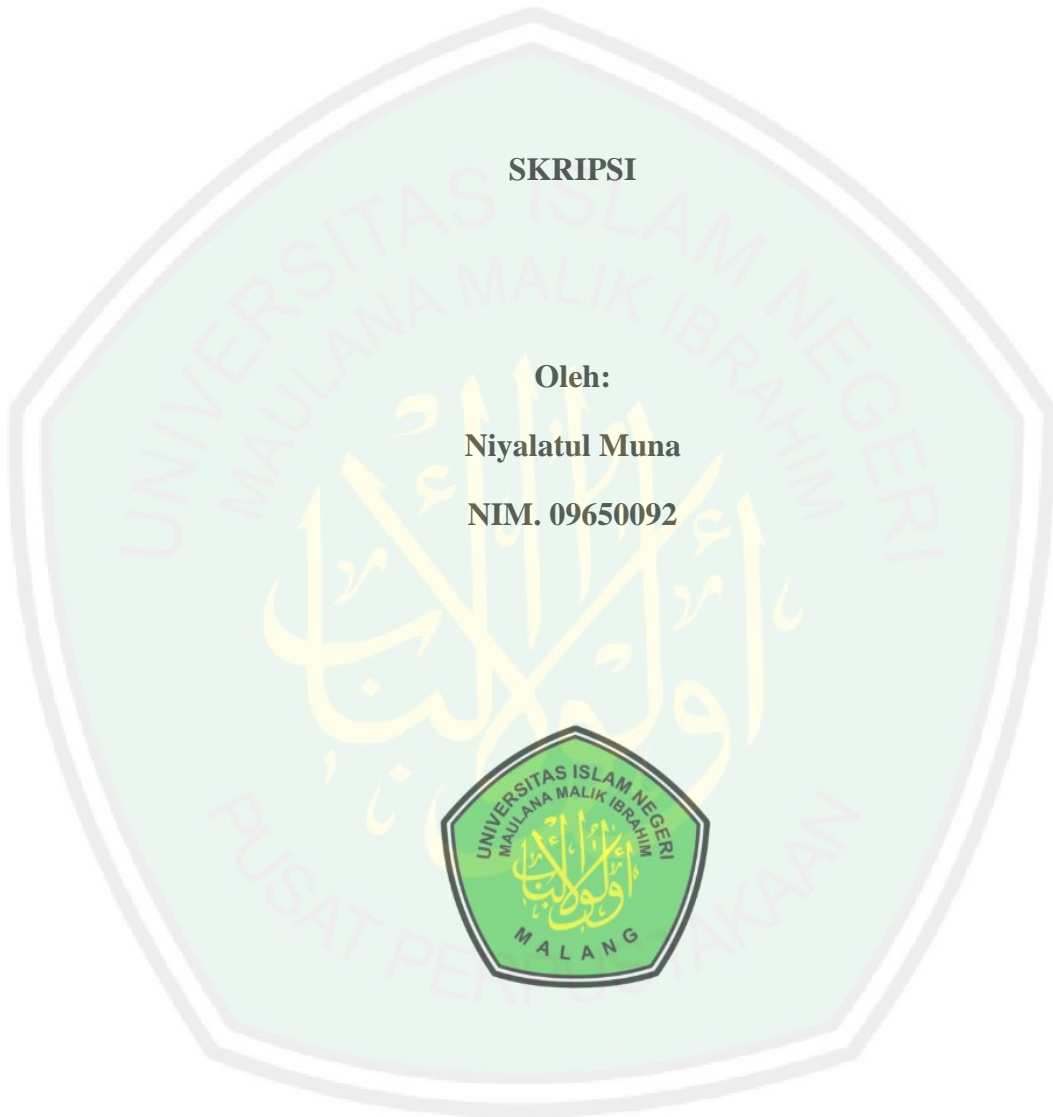
**IDENTIFIKASI DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN
SUPPORT VECTOR MACHINE**

SKRIPSI

Oleh:

Niyalatul Muna

NIM. 09650092



JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2013

IDENTIFIKASI *DIABETIC RETINOPATHY* MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE*

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam

Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh:

Niyalatul Muna

NIM. 09650092

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2013

IDENTIFIKASI *DIABETIC RETINOPATHY* MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE*

SKRIPSI

Oleh:

Niyalatul Muna

NIM. 09650092

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Tugas akhir dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

Tanggal, 26 Januari 2013

Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
1. Penguji Utama : <u>Dr. Cahyo Crysdian</u> 19740424 200901 1 008	()
2. Ketua : <u>Zainal Abidin, M.Kom</u> 19760613 200501 1 004	()
3. Sekretaris : <u>M. Faisal, M.T</u> NIP. 19740510 200501 1 007	()
4. Anggota : <u>Ririen Kusumawati, M.Kom</u> NIP. 19720309 200501 2 002	()

**Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Jurusan Teknik Informatika**

**Ririen Kusumawati, M.Kom
NIP. 19720309 200501 2 002**

ORISINALITAS PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Niyalatul Muna.

NIM : 09650092

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Penelitian : **IDENTIFIKASI *DIABETIC RETINOPATHY***

MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE*

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 26 Januari 2013

Yang Membuat Pernyataan,

Niyalatul Muna
NIM. 09650092

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

...فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا...

“...Maka (tetapkanlah kepercayaanmu) bahwa sesungguhnya tiap-tiap kesulitan disertai kemudahan. (Sekali lagi ditegaskan): bahwa sesungguhnya tiap-tiap kesulitan disertai kemudahan...” (QS al-Insyirah ayat 5 – 6).

”Penemuan terbesar dari masa ke masa adalah bahwa kita dapat mengubah masa depan kita hanya dengan mengubah sikap kita”

~ Oprah Winfrey

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Wahai Dzat Yang Maha Memberi Manfaat.

Dengan mengucap puji dan syukur kepada Allah, kupersembahkan sebuah karya kecilku untuk orang-orang yang kusayangi :

Almarhum Ayahandaku tercinta yang telah bahagia disisi-Mu, Ibunda tercinta, Kakak-kakak dan Adikku tersayang serta seluruh keluarga besarku

Sahabat-sahabat perjuanganku, Tim Diabetic Retinopathy, teman-teman angkatan 2009 terimakasih atas kekompakannya selalu, kakak-kakak angkatan 2008, Admin Jurusan TI, beserta seluruh pihak yang membantu, dan memberi dukungan kepada penulis

Semoga kita senantiasa menjadi hamba yang bersyukur, bermanfaat untuk diri sendiri dan orang lain, diberkahi, dan dirahmati oleh Allah SWT ...

Amien...

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puja dan puji syukur Alhadulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah memberikan rahmat, taufik, hidayah dan inayah-Nya kepada kita serta memberikan nikmat Islam dan Iman serta tak lupa nikmat kesehatan yang diberikan kepada penulis khususnya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah dengan judul “Identifikasi *Diabetic Retinopathy* Menggunakan *Support Vector Machine*”. Penelitian ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam meraih gelar Sarjana Komputer (S.Kom) di Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Untuk itu, iringan doa dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Bapak M. Faisal M.T selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, mengarahkan, serta memberikan saran, kemudahan dan kepercayaan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi.
2. Ibu Ririen Kusumawati, M.Kom selaku dosen pembimbing II dan ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membimbing,

memotivasi, mengarahkan, memberi kemudahan, dan melancarkan proses penyelesaian skripsi.

3. Bapak Totok Chamidy, M.Kom selaku dosen wali yang sudah membimbing, menasehati, dan memberikan saran ketika penulis mengalami kesulitan dalam proses perkuliahan dari semester awal sampai semester akhir.
4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman, dan wawasan, sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.
5. Program *Messidor* selaku mitra program riset *Diabetic Retinopathy* yang telah memberikan kontribusi berupa penyediaan data penelitian yang penulis ambil dari *database Messidor* dengan alamat <http://messidor.crihan.fr>.
6. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu. Penulis ucapkan terimakasih atas bantuan, dan motivasinya.

Akhirnya atas segala kekurangan dari penyusunan skripsi ini, sangat diharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif dari semua pembaca demi memperbaiki kualitas penulisan selanjutnya. Semoga apa yang telah tertulis di dalam skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan. Amien...

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 26 Januari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Metode Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Struktur Mata	8
2.2 Citra <i>Fundus</i>	10
2.3 <i>Diabetic Retinopathy</i>	11
2.4 Dasar Pengolahan Citra Digital	14
2.5 Operasi Morfologi	16
2.6 Analisa Texture	17

2.7	<i>Support Vector Machine (SVM)</i>	20
2.7.1	SVM pada Linearly Separable Data	20
2.7.2	SVM Pada Nonlinearly Separable Data	21
2.7.3	Multiclass Support Vector Machine	22
2.8	Penelitian Terkait.....	25
2.9	Identifikasi <i>Diabetic Retinopathy</i> Menurut Pandangan Islam.....	26
BAB III ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM		
3.1	Lingkungan Perancangan Perangkat Keras	30
3.2	Lingkungan Perancangan Perangkat Lunak	31
3.3	Deskripsi Sistem	32
3.4	Desain Sistem	34
3.4.1	Desain Data Sistem.....	34
3.4.2	Desain Proses Sistem.....	35
3.4.3	Perancangan Antar Muka	55
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Lingkungan Implementasi	46
4.2	Penjelasan Program	61
4.2.1	Proses Menampilkan Halaman Utama	61
4.2.2	Proses Input Citra	64
4.2.3	Proses Preprocessing.....	62
4.2.4	Proses Eksraksi Fitur	68
4.2.5	Proses Identifikasi Fitur <i>Diabetic Retinopathy</i>	76
4.2.6	Proses Tampil Hasil.....	79
4.3	Uji Coba.....	84
4.4	Integrasi Metode <i>Support Vector Machine</i> dengan Al-quran.....	87
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	89
5.2	Saran	89
DAFTAR PUSTAKA		90
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Mata	9
Gambar 2.2: (a) Foto Digital Fundus Retina Normal (b) Oftalmoskopi / Funduskopi	11
Gambar 2.3. Haemorrhage pada penderita diabetic retinopathy (tanda panah)...	12
Gambar 2.4. Soft Exudate pada penderita diabetic retinopathy (tanda panah) ...	13
Gambar 2.5. Hard Exudate pada penderita diabetic retinopathy (tanda panah)...	13
Gambar 2.6. Retina yang terkena cotton wool	14
Gambar 2.7 Hasil dari Operasi Morfologi: (a) Original Image, (b) Erosion, (c) Dilation, (d) Opening, (e) Closing	17
Gambar 2.8. Himpunan Dua Kelas Data Dengan Berbagai Bidang Pemisah (Hyperplane) Untuk Memisahkan Dua Kelas	20
Gambar 2.9. Transformasi dari vektor input space (sebelah kiri) ke feature space (sebelah kanan)	22
Gambar 2.10. Contoh klasifikasi dengan metode One-against-all	23
Gambar 2.11. Contoh klasifikasi dengan metode One-against-all	24
Gambar 3.1 Blok Diagram Proses Identifikasi fitur Diabetic Retinopathy	33
Gambar 3.2 Blok Diagram Proses Secara Umum	36
Gambar 3.3 Citra digital fundus mata berwarna	37
Gambar 3.4 Citra grayscale (Sebelah Kiri) dan Hasil Penyesuaian Intensitas Citra (Sebelah Kanan)	38
Gambar 3.5 Ilustrasi gambar sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) operasi closing.....	39
Gambar 3.5 Blok Diagram Deteksi Microaneurysms	42
Gambar 3.6 Blok Diagram Deteksi Exudate	44
Gambar 3.7. Blok Diagram Analisis Texture Berdasarkan Kedekatan	45

Gambar 3.9. Grafik dari kernel Gaussian	49
Gambar 3.10. Persebaran Data	51
Gambar 3.11. Model pengklasifikasian	51
Gambar 3.12. Contoh Model Klasifikasi Multiclass	52
Gambar 3.13. Blok Diagram Proses Training	53



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Kernel yang umum dipakai dalam SVM.....	22
Tabel 2.1. SVM biner dengan metode One-against-all	23
Tabel 2.1. SVM biner dengan metode One-against-one	24
Tabel 4.3. Parameter Proses Pengujian (Hasil Ekstraksi Fitur)	84
Tabel 4.4. Tabel perbandingan hasil deteksi Diabetic Retinopathy pada identifikasi manual dan identifikasi program.	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I: Tabel Hasil Ekstraksi Fitur untuk Data Training	92
Lampiran II: Tabel Output nilai Xsup dari Proses Training SVM.....	94
Lampiran III: Tabel Output Nilai W dari Proses Training SVM	96
Lampiran IV: Tabel Hasil Identifikasi Uji Coba Program	98



ABSTRAK

Muna, Niyalatul Muna. 2013. **Identifikasi *Diabetic Retinopathy* Menggunakan *Support Vector Machine***. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Pembimbing: (I) Muhammad Faisal, M.T (II) Ririen Kusumawati, M.Kom.

Kata kunci: *diabetic retinopathy, support vector machine*

Salah satu dampak dari penyakit *Diabetic Mellitus (DM)* adalah penyumbatan pembuluh darah mata, dikenal sebagai penyakit *Diabetic Retinopathy (DR)*. Gejala yang dapat ditemui oleh orang yang terkena penyakit ini adalah kesulitan dalam membaca, penglihatan kabur, penglihatan tiba-tiba menurun pada satu mata, melihat lingkaran-lingkaran cahaya, melihat bintik gelap, dan cahaya berkedip. Hal ini terjadi karena ada rembesan darah yang mengenai lensa mata.

Penelitian dilakukan untuk membuat suatu aplikasi yang dapat menampilkan hasil identifikasi *Diabetic Retinopathy* sesuai dengan tingkat stadiumnya yaitu normal, *Non-Proliferae Diabetic Retinopathy (NPDR)*, dan *Proliferae Diabetic Retinopathy (PDR)*. Proses identifikasi dari *DR*, meliputi tiga tahap utama yaitu *preprocessing*, ekstraksi *fitur*, dan klasifikasi. Metode *preprocessing* yang digunakan diantaranya citra kanal hijau (*green channel*), operasi morfologi, pengambilan nilai ekstraksi *fitur* dengan menghitung area dari masing-masing objek, dan proses klasifikasi menggunakan metode *support vector machine* sehingga *DR* dapat dideteksi.

Aplikasi dapat mendeteksi *DR* berdasarkan stadiumnya yaitu normal, *NPDR*, dan *PDR* dalam citra *fundus* yang diujikan dengan persentase keberhasilan sebesar 90 % dari seluruh citra.

ABSTRACT

Muna, Niyalatul Muna. 2013. **Identification Diabetic Retinopathy Using Support Vector Machine**. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang, (I) Muhammad Faisal, M.T (II) Ririen Kusumawati, M.Kom.

Keywords: *diabetic retinopathy, support vector machine*

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

The research was conducted to create an application that can display the results of the identification diabetic retinopathy according to the stage that is normal, Non-Proliferate Diabetic Retinopathy (NPDR), and Proliferate Diabetic Retinopathy (PDR). The process of identification of the DR, includes three main phases, namely preprocessing, feature extraction and classification. Preprocessing methods used include green channel image, morphological operations, taking the value of feature extraction by calculating the area of each object, and classification using the support vector machine method so that the DR can be detected.

Applications can detect DR based on the stage that is normal, NPDR, and PDR in fundus images were tested with success percentage of 90% of the entire image.

مستخلص البحث

موني، موني نياتول ، ٢٠١٣ ، تحديد اعتلال الشبكية السكري عن طريق دعم جهاز النقل المدعم. قسم المعلوماتية ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، الجامعة الحكومية الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج، المشرف (I) :محمد فيصل الماجستير ، (II) ريرين كوسماواتي الماجستير

كلمات الرئيسية : اعتلال الشبكية السكري ، ودعم جهاز النقل المدعم

واحدة من آثار مرض السكري المرض (DM) هو انسداد الأوعية الدموية للعين، والمعروفة باسم مرض اعتلال الشبكية السكري. (DR) الأعراض التي يمكن مواجهتها من قبل الأشخاص المتضررين من هذا المرض هي صعوبة في القراءة وعدم وضوح الرؤية، رؤية المفاجئ انخفضت في عين واحدة، ورؤية هالات، ورؤية بقع داكنة، وضوء وامض. يحدث هذا بسبب وجود تسرب الدم على عدسة العين.

وقد أجريت هذه الدراسة لإنشاء تطبيق التي يمكن عرضها على نتائج تحديد اعتلال الشبكية السكري وفقا للمرحلة التي أمر طبيعي، غير انتشر اعتلال الشبكية السكري (NPDR)، وتكاثر اعتلال الشبكية السكري (PDR). عملية تحديد DR ، ويشمل ثلاث مراحل رئيسية، وهي تجهيزها، وميزة استخراج التصنيف. طرق تجهيزها المستخدمة في ذلك الأخضر قناة صورة (أخضر قناة)، والعمليات المصرفية، مع قيمة استخراج الميزة عن طريق حساب مساحة كل كائن، وتحديد قيمة الانتروبي تتم معالجتها من تعزيز قناة خضراء تباين الصورة، وتحليل نسيج من كل ميزة، و تأخذ قيمة التجانس من السمات الفردية، ويمكن الكشف عن طريقة التصنيف باستخدام آلة منها الدعم الموجه ضد الطبقة بتأثيرات DR أن جميع.

فتطبيقات يمكن الكشف عن اعتلال الشبكية السكري حسب المرحلة أمر طبيعي، NPDR، وجرى اختبار PDR في قاع الصور مع نسبة نجاح ٩٠٪ من كامل الصورة.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu dampak dari penyakit *Diabetic Mellitus* (DM) adalah penyumbatan pembuluh darah mata, dikenal sebagai penyakit *Diabetic Retinopathy* (DR). Salah satu tanda awal adanya *Diabetic Retinopathy* adalah munculnya *microaneurysm*. *Microneurysm* muncul karena melemahnya dinding terkecil dari *vessel*. Luka yang terjadi pada *vessel* menyebabkan terbentuknya *exudates* yaitu suatu titik yang terlihat berwarna kekuning-kuningan disekitar retina. Gejala yang dapat ditemui dapat berupa: kesulitan membaca, penglihatan kabur, penglihatan tiba-tiba menurun pada satu mata, melihat lingkaran-lingkaran cahaya, melihat bintik gelap dan cahaya berkedip (Iqbal dkk, 2006). Gejala ini terjadi karena ada rembesan darah yang mengenai lensa mata.

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

Berdasarkan data di atas, penyakit DR yang akan menimbulkan kebutaan menjadi masalah kesehatan yang diwaspadai di dunia karena kebutaan akan

menurunkan kualitas hidup dan produktivitas penderita, yang akhirnya menimbulkan beban sosial masyarakat. Masalah utama dalam penanganan DR adalah keterlambatan diagnosis pada tahap awal. Keterlambatan dalam diagnosis ini seharusnya dapat kita minimalisir sehingga upaya untuk mempertahankan kehidupan dan memelihara kesehatan dapat kita lakukan, dimana al-Quran juga menegaskan dalam surah al-Maidah ayat 32 menjelaskan:

...وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا النَّاسَ جَمِيعًا...

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

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

Untuk itu penyakit DR dalam penelitian ini akan diidentifikasi menjadi tiga tahap: (1) Normal, (2) *Non-Proliferae Diabetic Retinopathy* (NPDR), dan (3) *Proliferae Diabetic Retinopathy* (PDR). Tahap normal, arteri di retina masih baik, belum terjadi kebocoran, dan pembengkakan. Tahap NPDR arteri di retina melemah dan mengalami kebocoran kecil, mendorong terjadinya pembengkakan atau *eudema* retina dan mengurangi ketajaman penglihatan. Tahapan ini, dibagi atas beberapa tingkatan *Mild* NPDR (Ringan), *Moderate* NPDR (Sedang), dan *Severe* NPDR (Berat). Tahap PDR, adanya masalah sirkulasi kekurangan oksigen atau *ischemic*, untuk menjaga peredaran oksigen di retina, *vessels* menjadi besar.

Peristiwa ini disebut *neovascularisation* dan selanjutnya akan terlihat *exudates* mulai *soft exudates* sampai *hard exudates*. Tahap ini akan berlanjut pada pertumbuhan *vessel* secara abnormal sehingga menyebabkan permasalahan serius seperti retina *detachment*, glaukoma dan penglihatan berangsur-angsur menjadi buram disebut juga dengan *Severe Diabetic Retinopathy* (SDR). Pada tahapan inilah mulai terlihat bercak-bercak putih pada mata yaitu *cotton wool* (Iqbal dkk, 2006).

DR akan diidentifikasi dan dideteksi sesuai dengan tingkat stadiumnya. Identifikasi dan deteksi dilakukan dengan penyeleksian fitur-fitur yang dapat ditentukan menggunakan koefisien variansi atau menggunakan penyeleksian fitur menggunakan *Support Vector Machine* (SVM). SVM merupakan salah satu metode yang akhir-akhir ini banyak mendapat perhatian sebagai *state of the art* dalam klasifikasi.

Pada penelitian sebelumnya dalam jurnal (MAKARA, SAINS, Vol. 8, No. 3, Desember 2004: 89-95) dilakukan eksperimen (simulasi komputer) pada studi kasus berupa studi awal dalam pengenalan jenis *splice site* pada suatu barisan *DNA*. Dalam hal ini hanya akan ditentukan apakah suatu barisan *DNA* merupakan *splice site* berjenis *donor* atau bukan. Tinjauan yang hampir sama dilakukan oleh Yamamura dan Gutoh yang menunjukkan bahwa penggunaan *SVM* memberikan kemampuan generalisasi (tingkat akurasi) sekitar 94,49 % lebih baik dibandingkan dengan penggunaan model Markov (sekitar 91,29 %) maupun model lainnya. Dalam penelitian yang telah dikerjakan, dilakukan pengelompokan data ke dalam tiga kelompok, yaitu data pembelajaran, data validasi, dan data uji

yang digunakan secara berturutan. Setiap kelompok mempunyai fungsi tertentu dalam pembentukan *SVM*. Dari simulasi komputer yang dilakukan dengan menggunakan teknik pengelompokan data tersebut, kemampuan generalisasi yang diberikan sedikit lebih baik, sekitar 95,42% (Djati Kerami dan Hendri Murfi, 2004).

Dari penjelasan diatas dan berdasarkan hasil penelitian sebelumnya penulis mengusulkan metode *SVM* yang merupakan sistem pembelajaran yang menggunakan ruang hipotesis berupa fungsi-fungsi linier dalam sebuah ruang fitur (*feature space*) berdimensi tinggi, dilatih dengan algoritma pembelajaran yang didasarkan pada teori optimasi dengan mengimplementasikan *learning bias* yang berasal dari teori pembelajaran statistik (Christianini dkk, 2000). Adapun pertimbangan penulis yang lain adalah dengan menggunakan *SVM* untuk identifikasi DR akan mampu menemukan solusi yang *global, optimum*, dan mencapai solusi yang sama untuk setiap kali uji coba. Sehingga pada identifikasi DR nantinya bisa menemukan identifikasi yang sesuai.

1.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengidentifikasi penyakit *Diabetic Retinopathy* sesuai dengan tingkat stadiumnya menggunakan metode *Support Vector Machine*?

1.2. Batasan Masalah

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

- a. Citra yang digunakan adalah citra *fundus* mata.

- b. Format file citra *Tagged Image Format File* (.tif).
- c. Penyakit mata yang diidentifikasi adalah *Diabetic Retinopathy*.
- d. Identifikasi yang akan dilakukan berdasarkan tingkat stadiumnya yaitu normal, *Non-Proliferate Diabetic Retinopathy* (NPDR), dan *Proliferate Diabetic Retinopathy* (PDR).

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk membuat suatu aplikasi yang dapat menampilkan hasil identifikasi *Diabetic Retinopathy* sesuai dengan tingkat stadiumnya.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian adalah memberikan kontribusi bagi perkembangan pengolahan citra digital medis khususnya klasifikasi citra *fundus* pada *Diabetic Retinopathy* dan membantu ahli ophthalmologist dalam mengidentifikasi fitur citra *fundus* sesuai dengan jenis kerusakan pada *Diabetic Retinopathy*.

1.5. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

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

BAB II Landasan Teori

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

BAB III Analisa dan Perancangan Sistem

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

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Menjelaskan tentang pengujian aplikasi untuk mengidentifikasi *Diabetic Retinopathy*. Perancangan dan desain aplikasi diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Matlab R2011a. Uji coba dan evaluasi dilakukan terhadap tahapan aplikasi.

BAB V Penutup

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

1.6. Metode Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang telah dirumuskan, maka metode penelitian yang dilakukan dalam penulisan skripsi adalah *library research*, merupakan suatu metode penelitian dengan cara melakukan pengumpulan data secara teoritis dari buku-buku, artikel-artikel, jurnal-jurnal, dan berbagai literatur untuk mendukung penyusunan skripsi. Pengumpulan data juga dilakukan dengan uji coba aplikasi dengan membandingkan identifikasi *Diabetic Retinopathy* dengan program dan secara manual.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

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

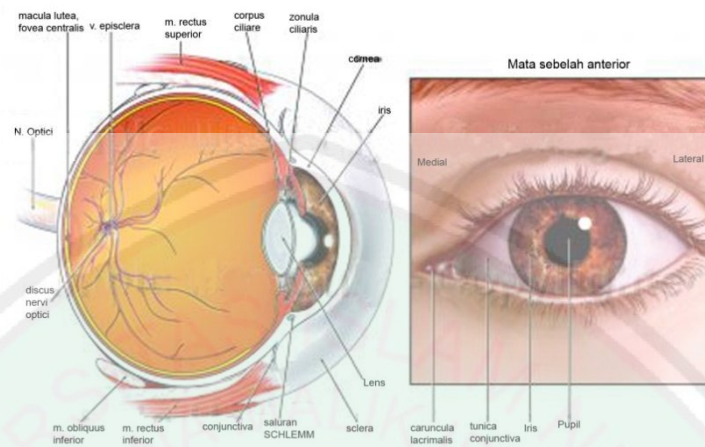
وَاللَّهُ أَخْرَجَكُم مِّن بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ وَالْأَفْئِدَةَ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

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

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

2.1. Struktur Mata

Mata merupakan organ penglihatan yang dimiliki manusia. Secara konstan mata menyesuaikan jumlah cahaya yang masuk, memusatkan perhatian pada objek yang dekat dan jauh serta menghasilkan gambaran yang kontinu dengan segera dihantarkan ke otak.



Gambar 2.1 Struktur Mata

(<http://pembelajaranbiologi.wordpress.com/2012/05/15/stuktur-fungsi/> diakses pada tanggal 21 November 2012 pukul 15.31 WIB)

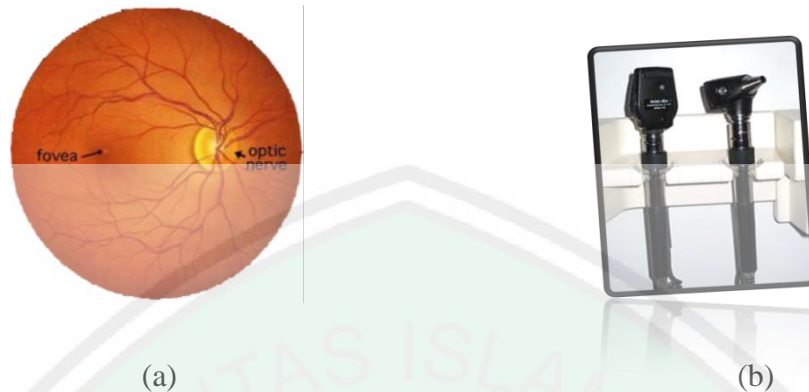
Struktur dari mata itu sendiri atau anatomi mata meliputi Sklera, Konjungtiva, Kornea, pupil, iris, lensa, retina, saraf optikus, Humor aqueus, serta Humor vitreus yang masing-masingnya memiliki fungsi atau kerjanya sendiri. Pembahasan mengenai struktur dan fungsi mata, di mana masing-masing dari struktur mata mempunyai fisiologi mata sendiri adalah sebagai berikut:

- *Sklera* (bagian putih mata): merupakan lapisan luar mata yang berwarna putih dan relatif kuat.
- *Konjungtiva*: selaput tipis yang melapisi bagian dalam kelopak mata dan bagian luar sklera.
- *Kornea*: struktur transparan yang menyerupai kubah, merupakan pembungkus dari iris, pupil dan bilik anterior serta membantu memfokuskan cahaya.
- *Pupil*: daerah hitam di tengah-tengah iris.

- *Iris* : jaringan berwarna yang berbentuk cincin, menggantung di belakang kornea dan di depan lensa; berfungsi mengatur jumlah cahaya yang masuk ke mata dengan cara merubah ukuran pupil.
- *Lensa* : struktur cembung ganda yang tergantung diantara humor aqueus dan vitreus; berfungsi membantu memfokuskan cahaya ke retina.
- *Retina* : lapisan jaringan peka cahaya yang terletak di bagian belakang bola mata; berfungsi mengirimkan pesan visuil melalui saraf optikus ke otak.
- *Saraf optikus* : kumpulan jutaan serat saraf yang membawa pesan visuil dari retina ke otak.
- *Humor aqueus* : cairan jernih dan encer yang mengalir diantara lensa dan kornea (mengisi segmen anterior mata), serta merupakan sumber makanan bagi lensa dan kornea; dihasilkan oleh prosesus siliaris.
- *Humor vitreus* : gel transparan yang terdapat di belakang lensa dan di depan retina (mengisi segmen posterior mata).

2.2. Citra *Fundus*

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



Gambar 2.2: (a) Foto Digital *Fundus* Retina Normal (b) Oftalmoskopi / Funduskopi
 (Sumber: <http://www.stlukeseye.com/anatomy/retina.html> dan
<http://id.wikipedia.org/wiki/Oftalmoskop> diakses pada tanggal 21 November 2012 pukul 14.11
 WIB)

2.3. *Diabetic Retinopathy*

Diabetic retinopathy merupakan komplikasi pembuluh darah mikro pada penderita diabetes. *Diabetic retinopathy* ditandai dengan perubahan pada retina, meliputi perubahan diameter pembuluh darah, *microaneurysm*, *hard exudate*, *cotton wool*, *haemorrhage* dan tumbuhnya pembuluh darah baru. Pembuluh darah kapiler merupakan pembuluh darah yang sangat kecil, berbentuk seperti tabung yang sempit dengan diameter sekitar 5-10 μm . Pembuluh darah ini memungkinkan terjadinya sirkulasi mikro yang melibatkan beberapa substansi termasuk air, oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), zat makanan, dan residu zat kimia antara pembuluh darah dan jaringan lunak di sekitarnya.

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

Selanjutnya beberapa bagian dari retina menjadi *isemik* (kekurangan darah). Area *isemik* ini tampak pada retina sebagai gumpalan bulu halus berwarna putih yang dinamakan noda *cotton wool*. Sebagai tanggapan atas daerah *isemik* ini, muncullah pembuluh darah baru untuk menyuplai lebih banyak oksigen ke retina. Pembuluh darah baru ini dinamakan *neovascularisation*, beresiko lebih besar untuk pecah dan menyebabkan *haemorrhage* yang lebih luas. Keberadaan *Diabetic retinopathy* dapat dideteksi dengan menganalisis karakteristiknya pada retina.

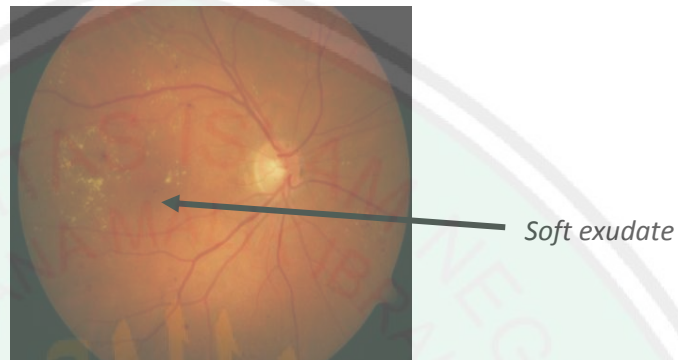


Gambar 2.3. *Haemorrhage* pada penderita *diabetic retinopathy* (tanda panah)

(Tomi Kauppi, 2006)

Haemorrhage (lihat Gambar 2.3) merupakan kerusakan akibat DR berupa bercak-bercak merah darah akibat pecahnya *microneurysm*, kerusakan ini terus berlanjut dan semakin meluas bila tidak segera ditangani secara baik bisa mengakibatkan *exudates*. Dari pemeriksaan visual, *exudates* tampak dengan bentuk yang berbeda dengan warna putih atau kekuning-kuningan dengan ukuran yang bermacam-macam.

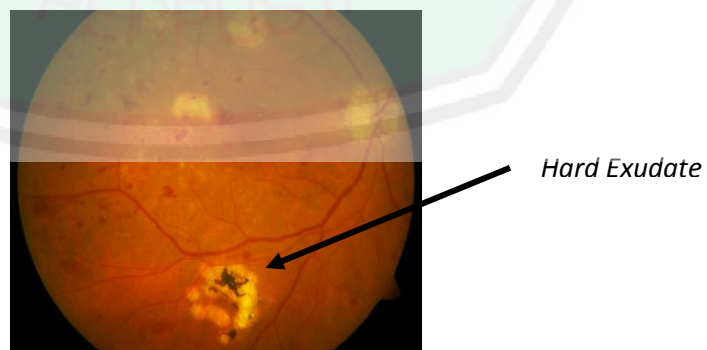
Exudate sering terlihat seperti lapisan dalam struktur besar mengelilingi *cluster microaneurysms*. Sebagian terlihat dalam berbagai ukuran, letak dan bentuk seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.4 dan Gambar 2.5.



Gambar 2.4. *Soft Exudate* pada penderita *diabetic retinopathy* (tanda panah)

(Tomi Kauppi, 2006)

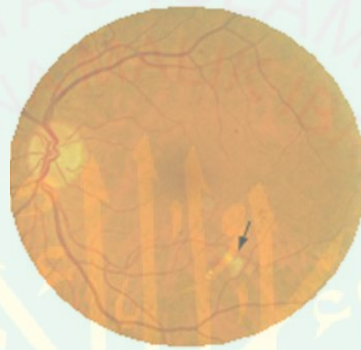
Soft exudate (lihat Gambar 2.4) merupakan kerusakan akibat *DR* berupa bercak-bercak putih kecil kekuning-kuningan, kerusakan ini terus berlanjut dan semakin meluas bila tidak segera ditangani secara baik bisa mengakibatkan *hard exudates*.



Gambar 2.5. *Hard Exudate* pada penderita *diabetic retinopathy* (tanda panah)

(Tomi Kauppi, 2006)

Hard exudate (lihat Gambar 2.5) merupakan kerusakan akibat *DR* yang terlihat melebar dan membesar, kerusakan ini terus berlanjut bila tidak segera ditangani secara baik dan bisa mengakibatkan kondisi mata semakin parah dan bisa mengakibatkan muncul bercak-bercak putih seperti kapas yang disebut sebagai *cotton wool*.



Gambar 2.6. Retina yang terkena *cotton wool*

(Sumber: Tomi Kauppi, 2006)

Cotton wool (lihat Gambar 2.6) merupakan kerusakan akibat *DR* yang terlihat berupa bercak-bercak putih seperti kapas, kerusakan ini terus berlanjut bila tidak segera ditangani secara baik dan bisa mengakibatkan kondisi mata semakin parah dan bisa mengakibatkan kebutaan.

2.4. Dasar Pengolahan Citra Digital

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

1. Akuisisi Citra

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

2. *Preprocessing*

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

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

Peningkatan kualitas citra dapat dibagi menjadi dalam dua kategori, yaitu metode domain spasial (ruang atau waktu) dan metode domain frekuensi. Teknik pemrosesan metode domain spasial berdasarkan manipulasi langsung dari piksel di dalam citra. Sedangkan teknik pemrosesan metode domain frekuensi adalah berdasarkan perubahan transformasi fourier pada citra (T.Sutoyo dkk, 2009).

3. Segmentasi

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

4. Representasi dan deskripsi

Dalam hal ini representasi merupakan suatu proses untuk merepresentasikan suatu wilayah sebagai suatu daftar titik-titik koordinat dalam kurva yang tertutup, dengan deskripsi luasan atau perimeternya. Setelah suatu wilayah dapat direpresentasikan, proses selanjutnya adalah melakukan deskripsi citra dengan cara seleksi ciri dan ekstraksi ciri atau ekstraksi *fitur*.

5. Pengenalan dan Interpretasi

Tahap pengenalan bertujuan untuk memberi label pada sebuah objek yang informasinya disediakan oleh *descriptor*, sedangkan tahap interpretasi bertujuan untuk memberi arti atau makna kepada kelompok objek-objek yang dikenali.

6. Basis Pengetahuan

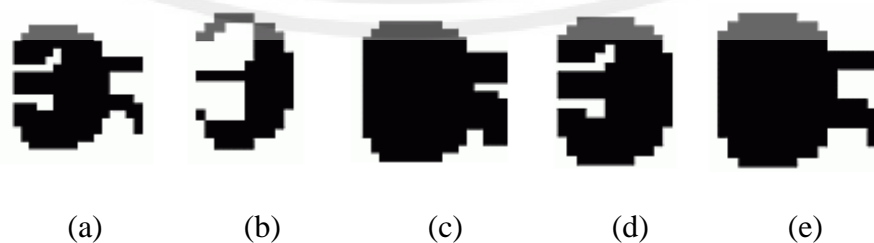
Basis pengetahuan digunakan sebagai basis data pengetahuan yang berguna untuk memandu operasi dari masing-masing modul proses dan mengontrol interaksi antara modul-modul tersebut. Bisa juga dijelaskan sebagai metode yang akan diterapkan pada suatu proses pengolahan citra. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *Support Vector Machine*.

2.5. Operasi Morfologi

Operasi morfologi adalah seperangkat operasi pengolahan citra yang menganalisis bentuk dalam gambar. Hal ini berlaku untuk penataan elemen gambar dan menampilkan gambar dengan ukuran yang sama. Nilai output dari

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

Opening atau *closing* adalah fungsi tunggal dengan kombinasi pelebaran dan erosi. Dalam *opening*, gambar akan menjalani erosi diikuti dengan pelebaran. Ini menghapus piksel objek yang kecil sebelum memperluas sambil tetap dalam operasi *closing*, gambar akan menjalani pelebaran diikuti oleh erosi. Ini menghilangkan piksel *backgraound* yang kecil sebelum memperbesar sisanya. Dengan cara ini, kontur objek diperhalus dan objek kecil yang merenggang menyatu. Fungsi-fungsi ini membantu untuk menangani *noise* pada gambar atau menyesuaikan.



Gambar 2.7 Hasil dari Operasi Morfologi: (a) *Original Image*, (b) *Erosion*, (c) *Dilation*, (d) *Opening*, (e) *Closing*

(Sumber: Steven, W.Smith: 2012)

2.6. Analisa Texture

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

Pada umumnya menentukan tekstur sebuah citra digital adalah dengan mengukur perbedaan tingkat keabuan (kontras) dengan melakukan *windowing*. Citra digital memiliki beberapa elemen-elemen dasar seperti yang disebutkan berikut ini (Munir, 2004):

a. Kecerahan (*brightness*)

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

b. Kontras (*contrast*)

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

c. Kontur (*contour*)

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

d. Warna (*colour*)

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

e. Bentuk (*shape*)

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

f. Tekstur (*texture*)

Tekstur diartikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetangga. Jadi tekstur tidak dapat didefinisikan untuk sebuah piksel. Sistem *visual* manusia menerima informasi citra sebagai suatu kesatuan. Resolusi citra yang diamati ditentukan oleh skala

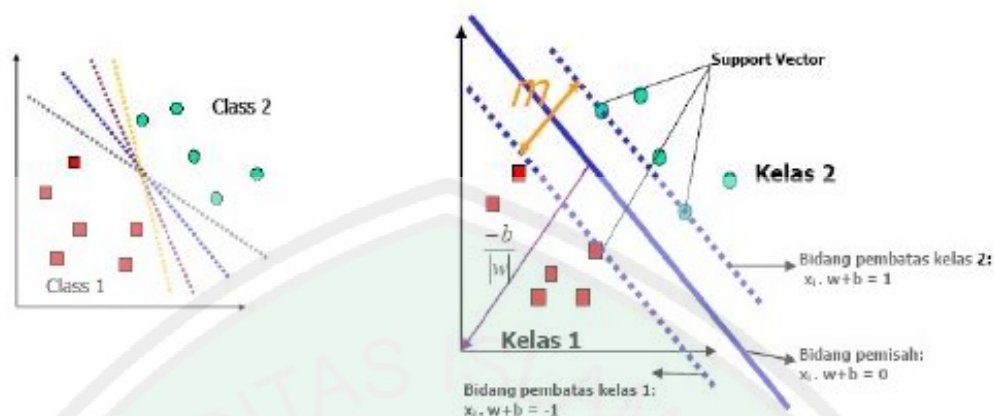
pada mana tekstur tersebut dipersepsi. Analisis tekstur merupakan topik penting dalam dunia *machine vision*. kinerja algoritma pada sistem ketika menganalisis berbagai tekstur akan dievaluasi ataupun dibandingkan terhadap kinerja sistem *visual* manusia yaitu saat melakukan tugas yang sama. Sehingga nantinya sebuah sistem akan dikatakan baik jika mampu melakukan kerja sebaik seperti sistem *visual* manusia atau bahkan melebihinya

2.7. Support Vector Machine (SVM)

Berbeda dengan strategi *neural network* yang berusaha mencari *hyperplane* pemisah antar kelas, *SVM* berusaha menemukan *hyperplane* yang terbaik pada *input space*. Prinsip dasar *SVM* adalah *linear classifier*, dan selanjutnya dikembangkan agar dapat bekerja pada problem non-linear. dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang kerja berdimensi tinggi. *SVM* awalnya dikembangkan untuk pemisahan dua kelas saja, namun akhirnya dikembangkan lebih luas untuk klasifikasi banyak kelas.

2.7.1. SVM pada Linearly Separable Data

Jika diketahui $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ adalah merupakan himpunan data dengan output label Y_i mempunyai anggota $\{+1, -1\}$, merupakan label kelas dari data X_i . Ilustrasi dari penjelasan tersebut dapat dilihat berikut ini:



Gambar 2.8. Himpunan Dua Kelas Data Dengan Berbagai Bidang Pemisah (*Hyperplane*) Untuk Memisahkan Dua Kelas

(Sumber: Ensiklopedia *Support Vector Machine*, <http://digilib.itelkom.ac.id> diakses pada tanggal 2 Januari 2012 pukul 21:26 WIB)

2.7.2. SVM Pada *Nonlinearly Separable Data*

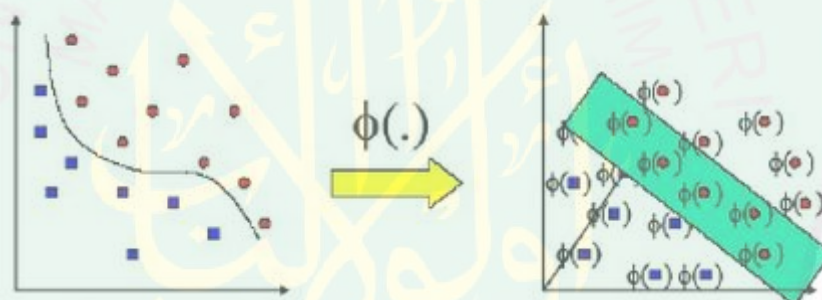
Untuk mengklasifikasikan data yang tidak dapat dipisahkan secara linier formula SVM harus dimodifikasi karena tidak akan ada solusi yang ditemukan. Oleh karena itu, kedua bidang pembatas harus diubah sehingga lebih fleksibel (untuk kondisi tertentu) dengan penambahan variabel ($\xi_i \geq 0, \forall i$ jika x_i diklasifikasikan dengan benar) menjadi $x_i \cdot w + b \geq 1 - \xi_i$ untuk kelas 1 dan $x_i \cdot w + b \leq 1 + \xi_i$ untuk kelas 2. Pencarian bidang pemisah terbaik dengan dengan penambahan variabel ξ_i sering juga disebut soft margin hyperplane. Dengan demikian formula pencarian bidang pemisah terbaik berubah menjadi:

$$\min \frac{1}{2} |w|^2 + C \left(\sum_{i=1}^n \xi_i \right)$$

$$y_i (w \cdot x_i + b) \geq 1 - \xi_i$$

$$\xi_i \geq 0$$

C adalah parameter yang menentukan besar penalti akibat kesalahan dalam klasifikasi data dan nilainya ditentukan oleh pengguna. Metode lain untuk mengklasifikasikan data yang tidak dapat dipisahkan secara linier adalah dengan mentransformasikan data ke dalam dimensi ruang fitur (*feature space*) sehingga dapat dipisahkan secara linier pada *feature space*. Caranya, data dipetakan dengan menggunakan fungsi pemetaan (transformasi) $(x) \rightarrow \phi(x)$ ke dalam *feature space* sehingga terdapat bidang pemisah yang dapat memisahkan data sesuai dengan kelasnya (seperti pada gambar 2.9.).



Gambar 2.9. Transformasi dari vektor input *space* (sebelah kiri) ke *feature space* (sebelah kanan)

(Sumber: Ensiklopedia *Support Vector Machine*, <http://digilib.itelkom.ac.id> diakses pada tanggal 2 Januari 2012 pukul 21:26 WIB)

Feature space dalam prakteknya biasanya memiliki dimensi yang lebih tinggi dari vektor input (input space). Hal ini mengakibatkan komputasi pada *feature space* mungkin sangat besar, karena ada kemungkinan *feature space* dapat memiliki jumlah feature yang tidak terhingga. Selain itu, sulit mengetahui fungsi transformasi yang tepat. Untuk mengatasi masalah ini, pada SVM digunakan ”kernel trick”.

Tabel 1.1. Kernel yang umum dipakai dalam SVM

Jenis	Definisi
Kernel	
Polynomial	$k(z_1, z) = (\alpha(z_1 \cdot z_2) + b)^d$
Gaussian	$k(z_1, z_2) = \exp\left(\frac{-\ z_1 - z_2\ ^2}{\sigma}\right)$
Sigmoid	$k(z_1, z) = \tanh(\alpha(z_1 \cdot z_2) + b)^d$

(Sumber: Nugroho, 2003)

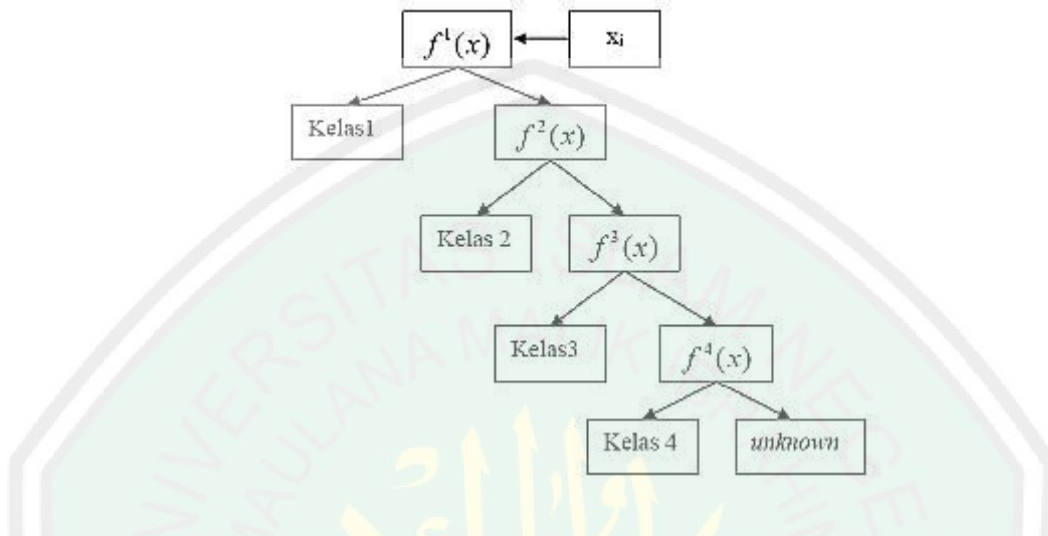
2.7.3 Multiclass Support Vector Machine

Ada dua pilihan untuk mengimplementasikan multiclass SVM yaitu dengan menggabungkan beberapa SVM biner atau menggabungkan semua data yang terdiri dari beberapa kelas ke dalam sebuah bentuk permasalahan optimal. Namun pada pendekatan yang kedua permasalahan optimasi yang harus diselesaikan jauh lebih rumit. Berikut ini adalah metode yang umum digunakan untuk mengimplementasikan multiclass SVM dengan pendekatan yang pertama:

1. Metode one-against-all (satu lawan semua) Dengan menggunakan metode ini, dibangun k buah model SVM biner (k adalah jumlah kelas)

Tabel 2.1. SVM biner dengan metode One-against-all

$y_i=1$	$Y_i=-1$	Hipotesis
Kelas 1	Bukan kelas 1	$f^1(x) = (w^1)x + b^1$
Kelas 2	Bukan kelas 2	$f^2(x) = (w^2)x + b^2$
Kelas 3	Bukan kelas 3	$f^3(x) = (w^3)x + b^3$
Kelas 4	Bukan kelas 4	$f^4(x) = (w^4)x + b^4$



Gambar 2.10. Contoh klasifikasi dengan metode One-against-all

(Sumber: Ensiklopedia *Support Vector Machine*, <http://digilib.itelkom.ac.id> diakses pada tanggal 2 Januari 2012 pukul 21:26 WIB)

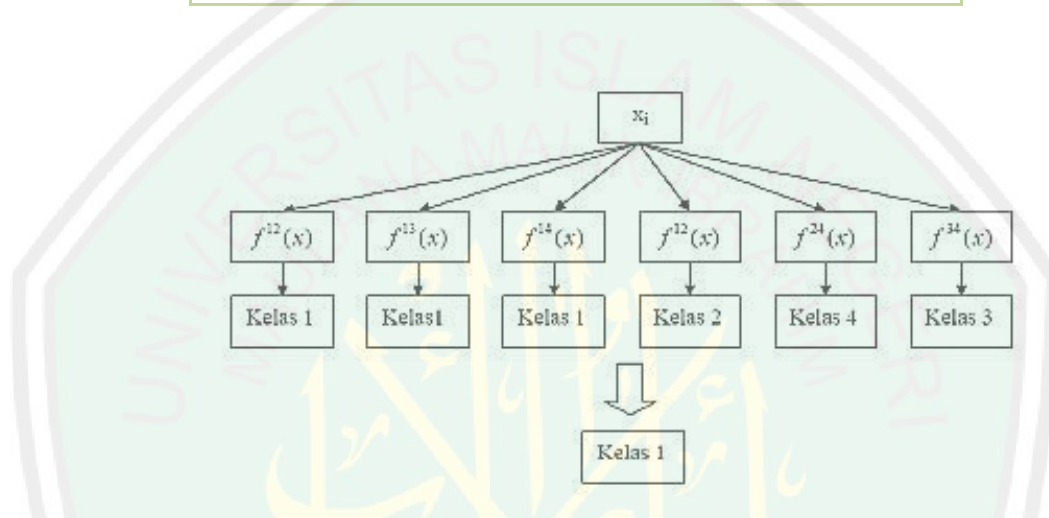
2. Metode one-against-one (satu lawan satu)

Dengan menggunakan metode ini, dibangun $k(k-1)/2$ buah model klasifikasi biner (k adalah jumlah kelas). Terdapat beberapa metode untuk melakukan pengujian setelah keseluruhan $k(k-1)/2$ model klasifikasi selesai dibangun. Salah satunya adalah metode voting (Budi Santosa, 2007).

Tabel 2.1. SVM biner dengan metode One-against-one

$y_i=1$	$Y_i=-1$	Hipotesis
Kelas 1	kelas 2	$f^{I2}(x) = (w^{I2})x + b^{I2}$
Kelas 1	kelas 3	$f^{I3}(x) = (w^{I3})x + b^{I3}$

Kelas 1	kelas 4	$f^{14}(x) = (w^{14})x + b^{14}$
Kelas 2	kelas 3	$f^{23}(x) = (w^{23})x + b^{23}$
Kelas 2	kelas 4	$f^{24}(x) = (w^{24})x + b^{24}$
Kelas 3	Kelas 4	$f^{34}(x) = (w^{34})x + b^{34}$



Gambar 2.11. Contoh klasifikasi dengan metode One-against-all

(Sumber: Ensiklopedia Support Vector Machine, <http://digilib.itelkom.ac.id> diakses pada tanggal 2 Januari 2012 pukul 21:26 WIB)

2.8. Penelitian Terkait

Adapun penelitian-penelitian yang terkait dengan penelitian ini adalah:

1. Viranee Thongnuch dkk, (2006). Dalam penelitiannya menggunakan transformasi Hough lingkaran untuk mendeteksi *optic disk* pada citra *fundus* dengan kontras rendah. Penelitian ini berhasil mendeteksi optic disk dengan akurasi 81,7% dibandingkan dengan deteksi manual oleh ahli mata.

2. Djati Kerami dan Hendri Murfi, (2004). *Kajian Kemampuan Generalisasi Support Vector Machine dalam Pengenalan Jenis Splice Sites pada Barisan DNA*. Jurnal MAKARA, SAINS, Vol. 8, No. 3, Desember 2004: 89-95. Dalam penelitian yang telah dikerjakan oleh peneliti, dilakukan pengelompokan data ke dalam tiga kelompok, yaitu data pembelajaran, data validasi, dan data uji yang digunakan secara berturutan. Setiap kelompok mempunyai fungsi tertentu dalam pembentukan SVM. Dari simulasi komputer yang dilakukan dengan menggunakan teknik pengelompokan data tersebut, kemampuan generalisasi yang diberikan sedikit lebih baik, sekitar 95,42%.
3. Alvian Nasukhi, (2012). *Segmentasi Exudate pada Citra Fundus Digital Diabetic Retinopathy Menggunakan Metode Graph Based*. Skripsi, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Aplikasi segmentasi citra retina digital untuk membantu pendeteksian *exudate* adalah sistem yang dibuat untuk melakukan segmentasi terhadap citra retina sehingga citra yang dihasilkan layak digunakan sebagai masukan pada sistem identifikasi *exudate*. Pengujian dilakukan dengan data sampel yang diambil dari basis data *Messidor* dengan alamat <http://messidor.crihan.fr> dan dihitung ketepatan nya dengan membandingkan hasil penandaan manual 2 orang penguji dan citra hasil segmentasi program. Dari hasil uji coba, persentase ketepatan rata-rata yang didapat 64,46 %.

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

2.9. Identifikasi *Diabetic Retinopathy* Menurut Pandangan Islam

Identifikasi pada citra *Diabetic Retinopathy* merupakan salah satu upaya pendeteksian dini tingkat keparahan penderita penyakit *Diabetes Melitus*. Sehingga, diharapkan dapat membantu dokter dalam melakukan diagnosis dan menentukan tindakan preventif yang akan dilakukan kepada pasien dan cara pengobatannya.

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

orang-orang yang beriman itu. Janji Allah SWT secara nyata menandakan penghargaan Islam kepada ilmu dan orang yang berilmu.

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

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

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

Dalam pandangan Islam sehat dan sakit adalah anugerah dan takdir Allah. Pada sisi lain, sakit juga pada hakikatnya merupakan ujian dari-Nya. Setiap orang yang diuji misalnya dengan sakit atau musibah harus mampu bersabar dan tawakal. Ujian itu jika dihayati secara mendalam, sesungguhnya karena Allah mencintai hambanya yang di uji. Thurmudzi dan Ibn Majah meriwayatkan hadist:

“Sesungguhnya jika Allah Ta’ala mencintai suatu kaum, diujinya dengan berbagai macam cobaan. Maka barang siapa dengan ridha menerima ujian itu, niscaya ia akan mendapatkan keridhaan Allah. Dan siapa yang berkeluh kesah dalam menerima ujian itu, dia akan memperoleh kemurkaan Allah”.

Karena itu setiap orang yang mendapat cobaan baik berupa sakit atau musibah sepatutnya ia tawakal, tidak berputus asa. (Sumber : Basri Iba Asghary,

1994: 4-5). Untuk itu manusia harus tetap berusaha sebaik mungkin untuk penyembuhan dari sakit ataupun mencegah rasa sakit.

Diriwayatkan juga dari Usamah bin Syuraik RA. Dari rosululloh SAW bahwa beliau bersabda:

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

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

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

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

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan diuraikan mengenai metode penelitian untuk mengidentifikasi penyakit *Diabetic Retinopathy* pada citra digital fundus mata. Dalam metode penelitian ini akan membahas mengenai lingkungan perancangan perangkat keras, lingkungan perancangan perangkat lunak, deskripsi sistem, desain sistem, desain data sistem, desain proses sistem, dan perancangan antarmuka. Penjabaran dan penjelasannya akan diuraikan sebagai berikut ini:

3.1. Lingkungan Perancangan Perangkat Keras

Untuk merancang dan membuat program yang dapat mengidentifikasi *Diabetic Retinopathy* menggunakan metode *Support Vector Machine*, penulis menggunakan perangkat komputer dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Processor Intel® Pentium® dual-core processor T4200 2.0 GHz
2. VGA Intel(R) HD Graphics
3. RAM 1 MB
4. Harddisk 160 GB
5. Perangkat output monitor LED 14"
6. Keyboard dan mouse

3.2. Lingkungan Perancangan Perangkat Lunak

Untuk merancang dan membuat program identifikasi fitur *Diabetic Retinopathy* menggunakan metode *Support Vector Machine*, penulis menggunakan beberapa perangkat lunak yaitu:

1. Sistem Operasi 7 Ultimate

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

2. Matlab R2011a

Matlab merupakan sebuah lingkungan komputasi numerical dan bahasa pemrograman komputer yang memungkinkan manipulasi matriks, implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna dan pengantarmukaan program dengan bahasa lainnya. Matlab digunakan sebagai tool dalam melakukan pemrograman dan pembangunan sistem ini.

3. Microsoft Office 2010

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

4. Power Designer Data Architect

Power Designer Data Architect merupakan sebuah paket aplikasi yang digunakan di bawah system operasi windows yang membantu dalam merancang sebuah blok diagram atau alur sistem sebuah program yang akan dibuat oleh penulis.

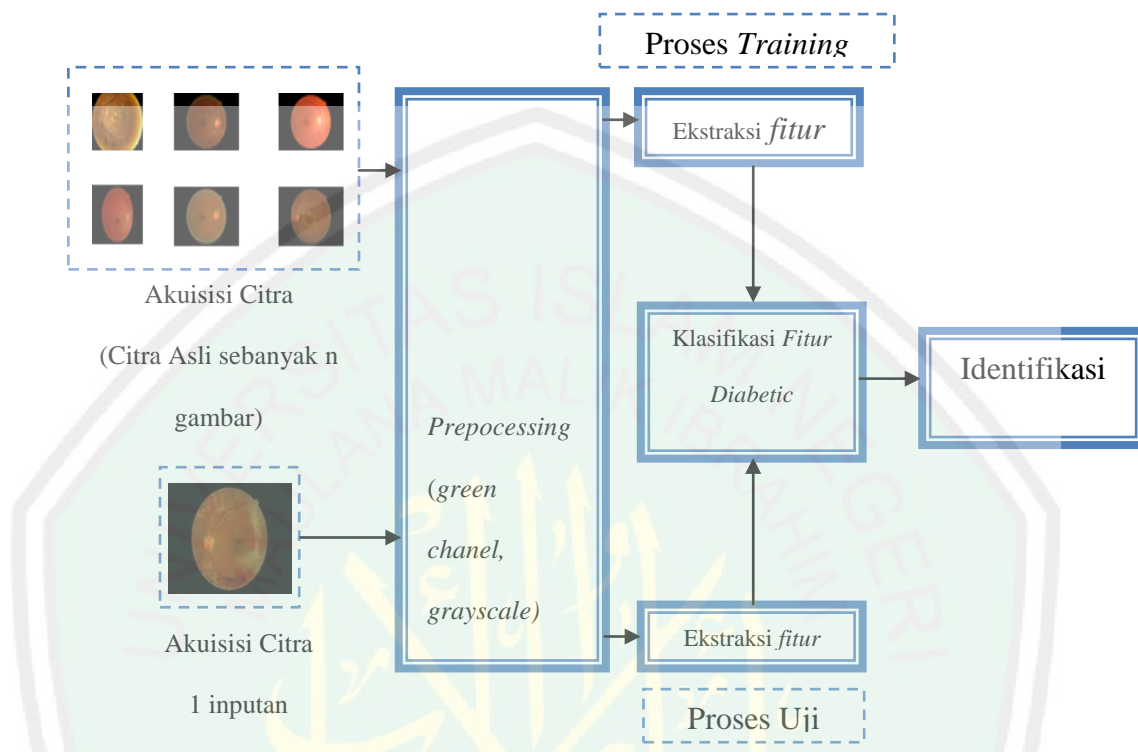
3.3. Deskripsi Sistem

Pada subbab ini akan dibahas mengenai deskripsi sistem yang dikerjakan pada skripsi ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat suatu program yang mampu mengidentifikasi *Diabetic Retinopathy* sesuai tingkat stadiumnya.

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

Preprocessing yang dilakukan antara lain meliputi konversi citra berwarna mengambil nilai *green channel* (kanal hijau) dikonversi ke *grayscale*, penajaman citra, menghilangkan *optic disk*, mendeteksi *exudates*, *microaneurysms*, nilai *entropy*, dan nilai *homogeneity*. Tahap ini akan dibahas lebih detail pada desain proses sistem.

Setelah *preprocessing* selesai, proses selanjutnya ialah identifikasi dengan menggunakan metode *Support Vector Machine*, sehingga nantinya akan diperoleh hasil akhir berupa citra *fundus* yang telah terkena penyakit *Diabetic Retinopathy* berdasarkan tingkat stadiumnya (normal, NPDR, dan PDR).



Gambar 3.1 Blok Diagram Proses Identifikasi fitur Diabetic Retinopathy

Gambar di atas merupakan alur proses identifikasi secara garis besar dalam penelitian ini. Keterangan:

- (i) Akuisisi citra adalah mengambil citra retina dari *drive* komputer untuk di load dalam aplikasi, citra asli sebanyak n gambar diambil untuk proses pelatihan (*training*) dan citra 1 inputan digunakan untuk melakukan proses uji coba.
- (ii) *Preprocessing* merupakan proses penyiapan gambar sebelum di identifikasi yang mempunyai beberapa tahapan yang akan dijelaskan pada pembahasan selanjutnya.

- (iii) Citra digital fundus mata yang sudah diproses dalam preprocessing selanjutnya akan di lakukan proses ekstraksi *fitur* (pemisahan citra yang akan diidentifikasi) pada data pelatihan (*training*) dan data uji coba (*testing*).
- (iv) Klasifikasi *fitur Diabetic Retinopathy* merupakan proses untuk mengidentifikasi tingkatan dari penyakit *Diabetic Retinopathy*.
- (v) Identifikasi hasil (output) akan ditampilkan berdasarkan 3 jenis klasifikasi yaitu normal, NPDR, dan PDR.

3.4. Desain Sistem

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

3.4.1 Desain Data Sistem

Data yang digunakan dalam pembuatan aplikasi ini adalah berupa citra digital *fundus* mata. Data dibagi menjadi data masukan, data proses, dan data keluaran. Data-data tersebut adalah:

- **Data masukan sistem**

Pada pembuatan aplikasi ini datanya berupa data citra digital fundus mata. Data citra masukan ini berupa citra RGB dengan format file citra *Tagged Image Format File* (.tif) dengan ukuran 2240 x 1488 piksel. Data citra fundus didapat dari database Messidor dengan alamat <http://messidor.crihan.fr>. Messidor merupakan program riset yang didanai oleh TECHNO-VISI Kementerian Riset dan Pertahanan Perancis tahun 2004 yang berkonsentrasi pada penelitian tentang *Diabetic Retinopathy*.

- **Data proses**

Data proses berupa citra retina yang digunakan untuk proses identifikasi penyakit pada retina. Pada tahap pre-processing citra RGB akan diubah menjadi citra *grayscaleI* yang diambil dari skala *green*. Kemudian dilakukan proses penghilangan *optic disk* dari retina tersebut, penghilangan *optic disk* ini mempunyai tujuan yaitu menyederhanakan gambar retina. Selanjutnya yaitu proses pengidentifikasian *Diabetic Retinopathy* menggunakan algoritma *Support Vector Machine*.

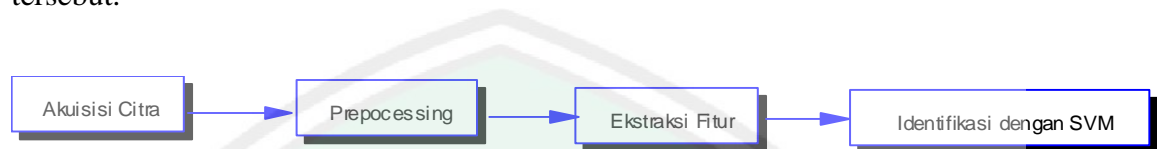
- **Data keluaran**

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

3.4.2 Desain Proses Sistem

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai desain proses dari sistem untuk pengidentifikasian penyakit *Diabetic Retinopathy* pada citra digital fundus mata.

Desain ini digunakan untuk mengetahui proses apa saja yang ada pada sistem tersebut.



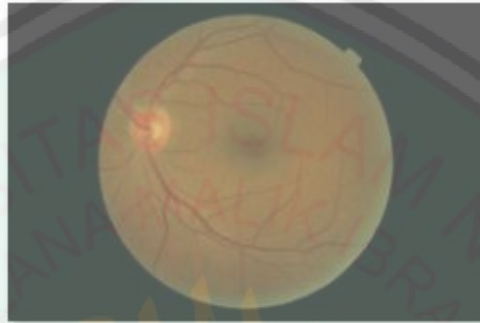
Gambar 3.2 Blok Diagram Proses Secara Umum

Secara garis besar, desain proses dilewati dengan 4 proses utama, yaitu akuisi citra merupakan proses pengambilan file citra, pada penelitian ini file yang digunakan adalah .tif. *Preprocessing* merupakan proses penyempurnaan dari citra yang diinputkan sebelum melanjutkan ke proses yang lain. Ekstraksi *fitur* pada tahapan ini penulis akan melakukan proses segmentasi (pemisahan objek citra yang merupakan tanda atau gejala dari penyakit DR) dengan menghitung *microuneorysms*, *exudates*, nilai entropy, dan nilai *homogeneity*. Proses terakhir adalah identifikasi menggunakan SVM dengan hasil akhir yang berupa penyakit *Diabetic Retinopathy* yang telah teridentifikasi berdasarkan 3 kelas yaitu normal, NPDR, dan PDR. Proses selengkapnya akan dibahas satu persatu:

1. Input Image

Input Image merupakan proses yang pertama kali dilakukan untuk memasukkan data masukan berupa citra digital fundus mata sebelum diproses selanjutnya. Citra yang diinputkan nantinya akan di masukan ke axes1 sebelum di

eksekusi pada proses selanjutnya. Citra masukan masih berupa gambar yang berformat RGB seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.3 Citra digital fundus mata berwarna

2. *Preprocessing*

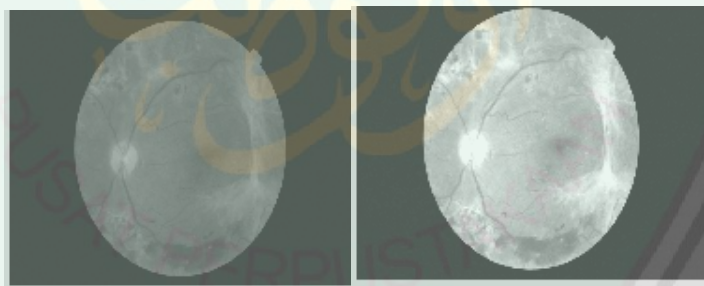
Sebelum citra masukan diproses lebih lanjut, perlu dilakukan proses awal (*preprocessing*) terlebih dahulu, yaitu pengolahan citra (*image*) dengan tujuan agar mendapatkan hasil yang maksimal disaat proses identifikasi untuk dapat menghasilkan identifikasi yang terbaik. Adapun tahapan-tahapan yang ada pada proses *preprocessing* adalah:

- a. Konversi Citra RGB Ke Citra *Grayscale*, *Green Channel* dan Penyesuaian Intensitas Citra.

Tahap awal pada *preprocessing* adalah konversi. Dalam tahap ini proses konversi yang dilakukan adalah proses konversi dari citra RGB menjadi *grayscale* (gambar tingkat warna abu-abu), dan *green channel*. Sebelum proses konversi dilakukan, citra *fundus* akan diperkecil ukurannya menjadi 576x720 pixel agar proses lebih cepat dan tidak berat.

Untuk konversi citra menjadi *grayscale* digunakan untuk proses pendeteksian *exudate* dan nilai *homogeneity*. Pada proses pendeteksian ini sudah cukup menggunakan gambar tingkat warna abu-abu untuk menyederhanakan model citra. Untuk proses pendeteksian *microaneurysms* dan nilai entropy menggunakan citra hasil konversi ke *green channel*, karena pada proses ini memerlukan refleksi cahaya yang paling baik sehingga dapat dihasilkan informasi yang signifikan pada proses pendeteksian (Wahyudi Setiawan, 2012).

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



Gambar 3.4 Citra *grayscale* (Sebelah Kiri) dan Hasil Penyesuaian Intensitas Citra (Sebelah Kanan)

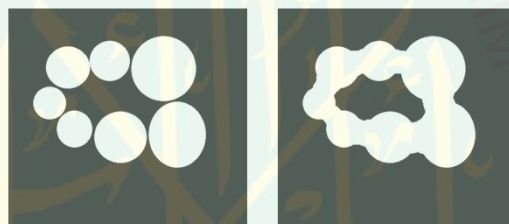
b. Penghilangan Pembuluh Darah

Untuk penghilangan pembuluh darah menggunakan operasi morfologi yaitu operasi *closing*. Operasi *closing* merupakan penggabungan antara operasi erosi dan dilasi. Hanya saja operasi dilasi dilakukan terlebih dahulu. Kemudian baru diikuti dengan proses erosi. Fungsi dilasi

berfungsi untuk memperluas area *optic disc* sedangkan fungsi erosi berguna untuk menghilangkan pembuluh darah. Operasi *closing* dari himpunan A oleh *strel* B, dinyatakan oleh $A \bullet B$, di definisikan sebagai:

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus | B$$

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



Gambar 3.5 Ilustrasi gambar sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) operasi closing (Sumber: Alvian, 2012)

c. Pendeteksian dan Penghilangan *Optik Disk*

Pada proses ini, citra hasil *preprocessing* yaitu citra *grayscale* akan diproses untuk mencari nilai maksimum tiap kolom. Lokasi *optic disc* terdeteksi berupa titik terang pada citra *grayscale*. Untuk dapat diproses penulis akan membuat penutup lingkaran yang akan ditempelkan pada area *optic disc* (koordinat bernilai maksimum). Untuk proses selanjutnya adalah melakukan penghapusan objek lingkaran yang sudah ditutupi, dan *optic disc* akan hilang.

d. Pendeteksian dan Penghilangan Batas Lingkar Retina

Tahap selanjutnya ialah mendeteksi batas dari lingkaran retina. Pembentukan perbatasan adalah untuk membersihkan noise pada tepi lingkaran retina sehingga nanti akan didapatkan hasil citra tanpa batas lingkaran.

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

$$[g, t] = \text{edge}(f, \text{'method'}, \text{parameters})$$

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

$$A \oplus B = \{z \mid [(\bar{B})_z \cap A] \cap A\}$$

Himpunan B adalah *strel*, sedangkan A himpunan (objek citra) yang terdilasi. Proses dalam dilasi adalah “penumbuhan” atau “penebalan” citra biner. Pengertian penebalan ini dikontrol oleh bentuk *strel* yg digunakan. *Strel* (structuring element) adalah refleksi dan translasi yang

digunakan untuk menformulasikan operasi yang digunakan secara luas dalam morfologi. Sedangkan Persamaan operasi erosi, jika A dan B himpunan dalam Z^2 , erosi A oleh B dinyatakan dengan $A \ominus B$, di definisikan sebagai :

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

Persamaan di atas menunjukkan bahwa erosi A oleh B adalah kumpulan semua titik dimana B di translasikan oleh z di dalam isi A. B disini adalah strel. Strel yang digunakan dalam proses ini adalah strel bertipe 'disk', dengan formula: $SE = \text{strel}('disk', R, N)$. Strel ini berbentuk disk flat, dimana R adalah radius. N harus 0, 4, 6 atau 8. Jika N tidak dimasukkan, maka default nya adalah 4.

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

Formula operasi pengurangan:

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

Pengurangan antara dua buah citra menghasilkan sebuah citra baru dimana pixel pada koordinat (x,y) dihasilkan dari pengurangan antara pixel pada lokasi yang sama dalam 2 buah citra yang dikurangi. Setelah

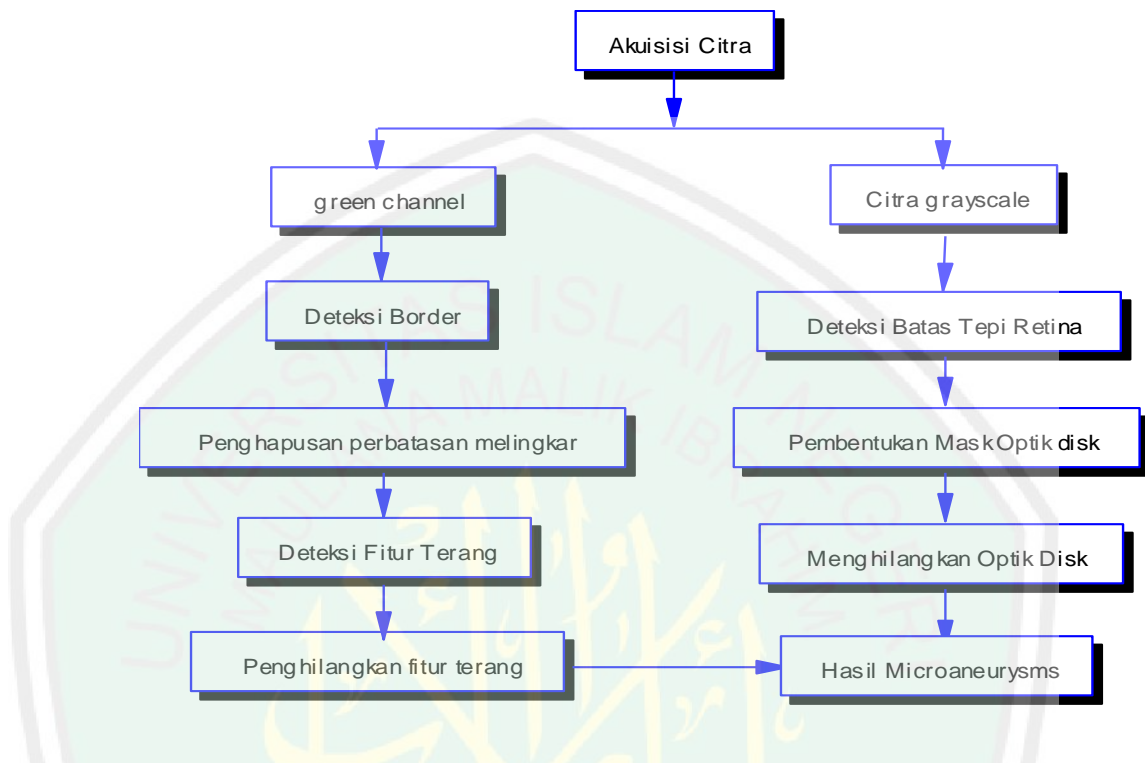
batas retina terdeteksi, batas retina akan digunakan untuk penghilangan batas retina (Alvian, 2012).

3. Ekstraksi *Fitur*

Pada proses ini ekstraksi akan dilakukan berdasarkan 4 bagian/ fungsi yang berbeda untuk mendeteksi nilai dari banyaknya jumlah *microaneurysms*, *exudates*, analisis *texture* berupa nilai entropy, dan *homogeneity* yang nantinya akan digunakan sebagai parameter dalam proses pengidentifikasian/ kalsifikasi dari penyakit *Diabetic Retinopathy*. Adapun penjelasan dan blok diagram dari masing-masing proses adalah sebagai berikut:

a. Deteksi *Microaneurysms*

Mikroaneurysms muncul sebagai titik bulat kecil gelap pada citra *fundus*. *Mikroaneurysms* adalah tonjolan kecil yang muncul karena melemahnya dinding terkecil dari *vessel* pembuluh darah dan tanda klinis awal dari *Diabetic Retinopathy*. Jumlah *mikroaneurysms* pada penderita DR cepat atau lambat akan meningkat. Pada proses ekstraksi fitur, penulis akan melakukan beberapa tahapan untuk mendapatkan gejala DR berupa *fitur mikroaneurysms*. Berikut adalah blok diagram dari proses ini:



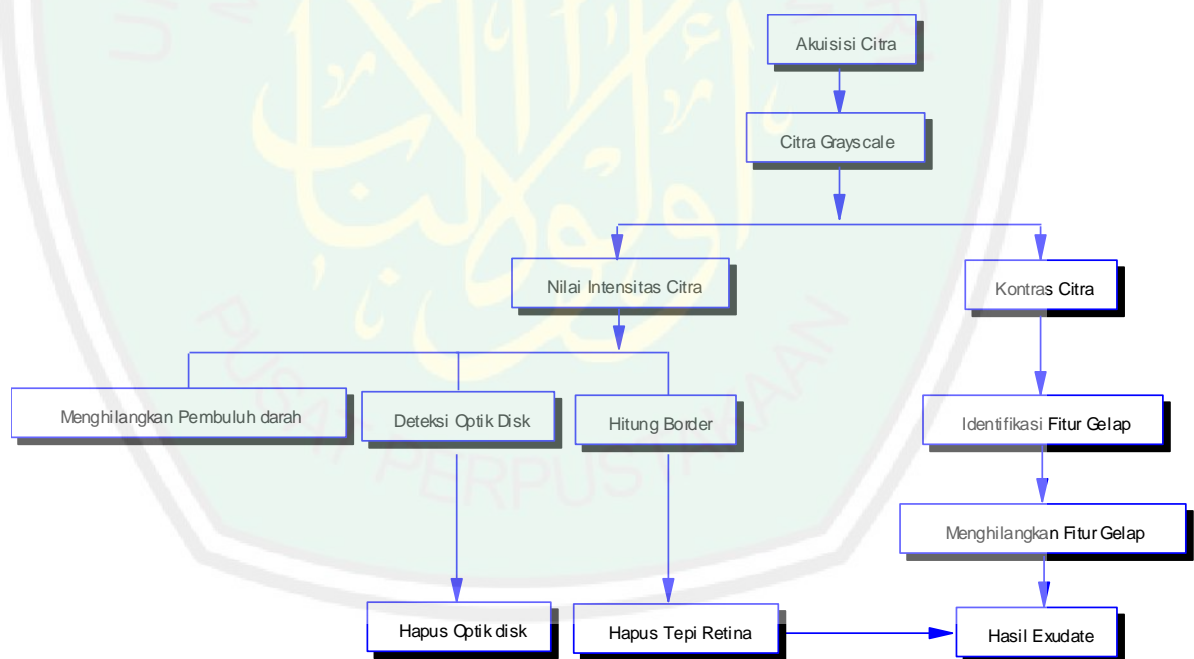
Gambar 3.5 Blok Diagram Deteksi Microaneurysms

Gambar 3.5. menjelaskan bahwa pada proses deteksi *microaneurysms*, ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu pada proses awal citra yang akan dideteksi harus ada. Setelah itu citra yang sudah diambil, dilakukan proses awal (perbaikan citra) agar untuk proses selanjutnya mendapatkan hasil yang maksimal. Citra *grayscale* digunakan untuk mendeteksi perbatasan tepi retina dan *mask optical disk* (penutup *optic disk*). *Green Channel* digunakan untuk menemukan garis tepi (border) untuk menghapus perbatasan melingkar untuk mengisi daerah kecil yang tertutup. Daerah yang lebih besar akan dihapus dan diterapkan dengan logika AND untuk menghapus *exudate*. Karena tanda awal

pada *microaneurysms* adalah berupa *fitur gelap*. Penghapusan *exudate* merupakan salah satu cara pemisahan fitur terang dan gelap. Pembuluh darah dan *optical disk* kemudian juga dihapus untuk mendapatkan *mikroaneurysms*.

b. Deteksi *Exudates*

Exudates muncul sebagai kuning terang-putih pada retina karena kebocoran darah dari pembuluh yang abnormal. Bentuk dan ukuran akan bervariasi dengan *retinopathy* yang berbeda dan bertahap. Berikut adalah blok diagram proses pendeteksian *exudates*:



Gambar 3.6 Blok Diagram Deteksi *Exudate*

Gambar 3.6. menjelaskan proses pendeteksian *exudate* yang diawali dengan proses akuisisi citra. Citra *grayscale* adalah tahap awal

keseragaman sebelum pengolahan citra morfologi diterapkan untuk menghilangkan pembuluh darah dan mengidentifikasi wilayah *exudates*. *Exudates* akan terdeteksi setelah menghapus perbatasan (batas tepi retina), *optical disk* dan daerah non-*exudates*.

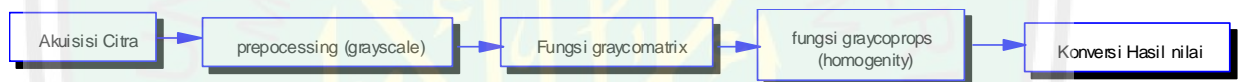
c. Analisis *Texture* Berdasarkan Kedekatan

Analisis *texture* adalah deskripsi daerah dari suatu gambar dengan variasi *texture* dalam intensitas pixel atau tingkat abu-abu seperti dilihat dari kekasaran, kelembutan atau keteraturan. Dasar jenis perhitungan bersifat struktural, statistik dan spektral. Struktural adalah susunan elemen tekstur sedangkan spektrum adalah analisis berdasarkan domain frekuensi spasial. Statistik didasarkan pada hubungan intensitas piksel dalam fitur statistik seperti *Gray Level Cooccurrence Matriks* (GLCM) yang merupakan perhitungan frekuensi masing-masing pasangan pixel yang terjadi untuk kombinasi yang berbeda dari kecerahan nilai pixel dalam gambar.. *Cooccurrence* matriks menangkap distribusi spasial tingkat abu-abu dan memperoleh energi seperti *fitur*, kontras, homogenitas dan korelasi. Pada penelitian ini penulis menggunakan homogenitas untuk menghitung kedekatan dari distribusi elemen pada GLCM terhadap GLCM diagonal.

Dengan rumus:

$$\sum_{i,j} \frac{p(i,j)}{1+|i-j|}$$

Dimana $p(i, j)$ merupakan matriks yang digunakan untuk menghitung jumlah munculnya suatu pixel dengan sebuah pixel dengan warna abu-abu yang memiliki nilai i muncul secara horizontal dengan pixel yang memiliki nilai j dimana kedua pixel tersebut berdekatan (<http://library.binus.ac.id/eColls/eThesis/Bab2/TSA-2010-0055%202.pdf>. diakses pada tanggal 26 Januari 2013 pukul 16.32 WIB). Berikut adalah blok diagram alur proses analisis *texture* berdasarkan kedekatannya.



Gambar 3.7. Blok Diagram Analisis *Texture* Berdasarkan Kedekatan

d. Analisis *Texture* Berdasarkan Nilai Entropy

Analisis *texture* berdasarkan nilai entropy adalah ukuran statistik keacakan yang dapat digunakan untuk menggambarkan *texture* citra masukan. Entropi didefinisikan sebagai:

$$-\text{Sum} (p. * \log_2 (p))$$

di mana p berisi jumlah histogram dari fungsi imhist. Secara default, entropi menggunakan dua buah tempat untuk array logis dan 256 bins untuk uint8, uint16 atau *double* array yang diterapkan di matlab (Gonzalez, R.C., R.E. Woods, S.L. Eddins, 2003). Adapun blok diagram analisis *texture* dengan mengambil nilai entropy suatu citra masukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.8. Blok Diagram Analisis Texture Berdasarkan Nilai Entropy

Gambar 3.8. menjelaskan tentang urutan proses pengambilan nilai dari ekstraksi *fitur* berupa analisis *texture* berdasarkan nilai entropy. Seperti proses-proses sebelumnya. Akuisisi citra harus dilakukan terlebih dahulu, setelah itu melakukan proses *preprocessing*. Tahap *preprocessing* ini menghasilkan konversi citra asli ke *green channel* yang nantinya akan dilakukan proses perhitungan untuk mendapatkan nilai entropy, sesuai dengan teori yang sudah dijelaskan.

4. Identifikasi Fitur *Diabetic Retinopathy*

Proses ini adalah bagian inti dari aplikasi karena setelah proses ini dilakukan akan menghasilkan citra keluaran yang telah teridentifikasi. Proses identifikasi ini menggunakan citra hasil keluaran dari *preprocessing* sebagai masukan.

Mesin Identifikasi *SVM* dibagi menjadi dua proses besar, pertama yaitu proses pelatihan dan proses yang kedua adalah proses pengujian. Pada proses klasifikasi pelatihan, variable *hyperplane* untuk setiap pengklasifikasi (*classifier*) yang didapat akan disimpan dan nantinya akan digunakan sebagai data tiap pengidentifikasi dalam proses pengujian, dengan kata lain proses identifikasi pelatihan adalah untuk mencari *support vector*, *alpha* dan *bias* dari data *input* (dalam hal ini digunakan *quadratic programming*).

Algoritma pelatihan untuk masing-masing pengidentifikasi SVM yaitu: *input* berupa matrik *Xtrain* (matrik hasil ekstraksi fitur pelatihan) dan vektor *Ytrain* sebagai pasangan *input-target* dan *output*-nya adalah *w* yaitu *weight* (bobot), *xsup* adalah koordinat dari *support vector*, *b* adalah nilai bias (variable-variabel persamaan *hyperplane*). Adapun urutan langkah pada algoritma pelatihan sebagai berikut:

1. Menentukan *input* ($Z = X_{train}$) dan Target (Y_{train}) sebagai pasangan pelatihan.
2. Menghitung *kernel Gaussian* $K(Z, Z_i) = \exp \frac{-|Z - Z_i|^2}{(2\sigma^2)}$
3. Menghitung matrik Hessian $H = K(Z, Z_i) * Y * Y^T$
4. Menetapkan *c* dan *epsilon*
5. Menetapkan vektor *e* sebagai vektor satuan yang memiliki dimensi sama dengan dimensi *Y*

6. Menghitung solusi *quadratic programming*:

$$\min L(\alpha) \frac{1}{2} \alpha^T H \alpha - e^T \alpha, \text{ dengan } Y^T \alpha = 0 \text{ dan } 0 \leq \alpha \leq c$$

Dari matrik Z merupakan matrik fitur yang dihasilkan pada proses ekstraksi fitur, adapun targetnya adalah vektor Y_{train} . Y_{train} disini adalah berupa vektor dengan label berupa nilai 1, 2, dan 3. Matrik Hessian pada langkah ke-3 akan digunakan sebagai variabel *input* dalam *quadratic programming*. Dalam penelitian ini menggunakan fungsi *quadratic programming monqp* dari tool SVM-KM. Dalam penelitian ini digunakan fungsi *quadratic programming monqp* dari tool SVM-KM dengan $c = 100000$ dan $\epsilon = 1 \times 10^{-7}$. Mengambil nilai dari hasil ekstraksi *fitur* dimana setiap data yang akan digunakan merupakan input dengan variable $Z = X_{train}$ dan target sebagai pasangan untuk proses pelatihan dimana variable target adalah Y_{train} . Berikut ini adalah penjabaran dan penjelasan lebih rinci mengenai algoritma yang digunakan:

- Menghitung kernel *Gaussian* dengan rumus $K(Z, Z_i) = \exp \frac{-|Z - Z_i|^2}{(2\sigma^2)}$

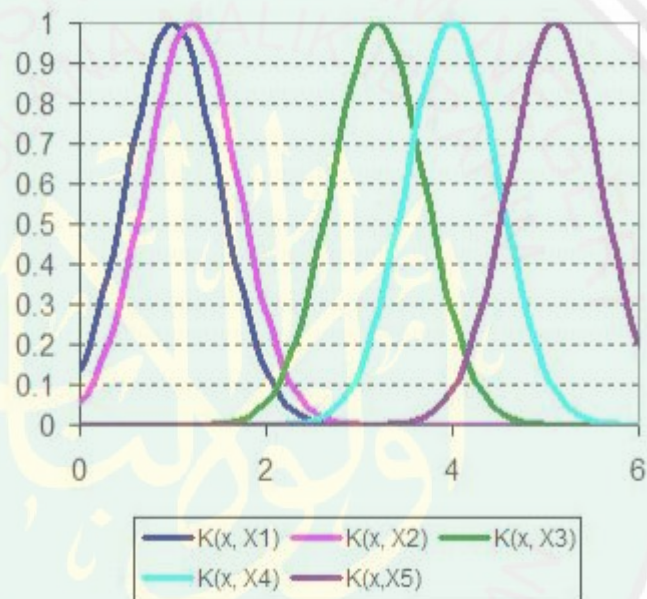
Dengan keterangan Z adalah jarak, Z_i = data itu sendiri (X_{train}), α = konstanta. Kernel berfungsi untuk menetapkan bobot untuk setiap lokasi berdasarkan jarak dari titik data. Penggunaan fungsi kernel Gaussian dikarenakan fungsi ini yang lebih mudah dalam penggunaanya dibandingkan fungsi lainnya.

Contoh *Sampel* Data Hasil Ekstraksi :

$$X_i = Z_i$$

i	1	2	3	4
X_i	96	0	5.3467	0.6879

Contoh Grafik dari fungsi kernel *Gaussian*:



Gambar 3.9. Grafik dari kernel *Gaussian*

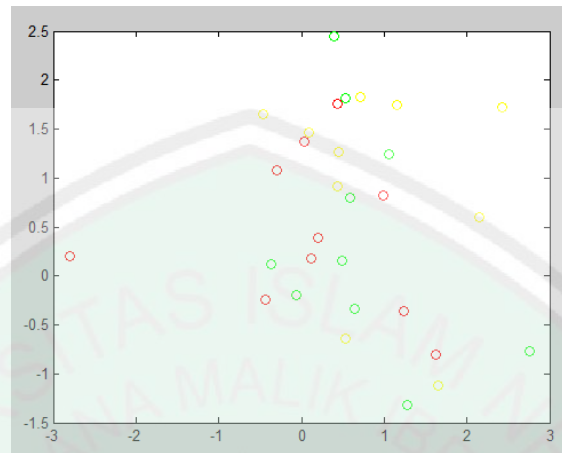
- Proses selanjutnya menghitung matrik *Hessian* $H = K(Z, Z_i) * Y * Y^T$ Matrik ini merupakan matrik turunan kedua dari fungsi yang multivarian Dimana setiap nilai dari $K(Z, Z_i)$ dari fungsi pertama dilakukan perhitungan kedua dengan mengalikan label Y (variable target). Adapun nilai dari sampel data Y adalah sebagai berikut:

$Y_{train} = \text{label}$

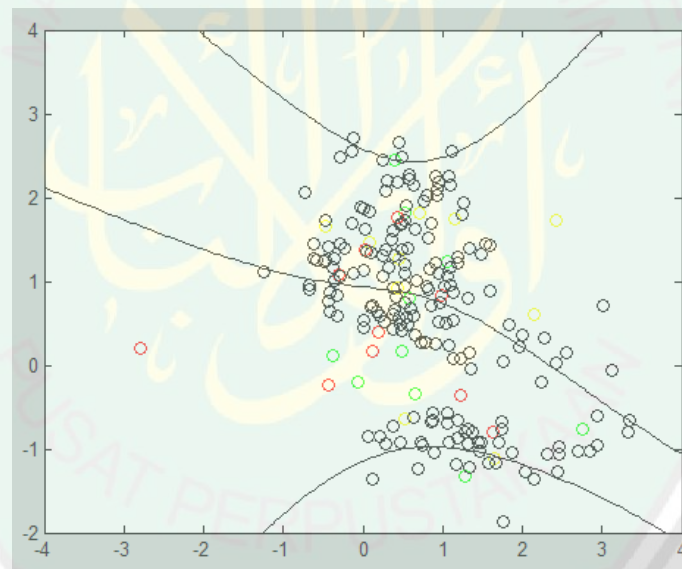
$\text{label} = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 3]$

- Menetapkan nilai c dan epsilon dimana $c = 100000$ dan $\text{epsilon} = 1 \times 10^{-7}$ dan menetapkan vektor satuan yang memiliki dimensi sama dengan dimensi Y .
- Untuk mendapatkan solusi nilai dari klasifikasi kita harus menghitung variable dari persoalan-persoalan tersebut dengan menghitung *quadratic programming* yang merupakan dasar perhitungan support vector. Dari perhitungan ini akan didapatkan nilai α dan bias dari permasalahan dua kelas klasifikasi. Dengan menghitung $\min \frac{1}{2} x' H x - c' x$ variable input didapat dari proses sebelumnya dimana dengan kondisi persamaan
 - $A' x = b$, $y' * x = 0$ dan $0 \leq x$
 Output dari permasalahan QP akan diambil nilai $\max(\alpha)$ 44.95. Dengan persebaran perhitungan nilai cost, delta cost, support vector, dan
- Setelah hasil permasalahan ditemukan kita dapat mengecek atau menentukan parameter terbaik dari satu model (*cross validation*). Berikut adalah salah satu persebaran data dan pilihan support vectornya.

Persebaran data :



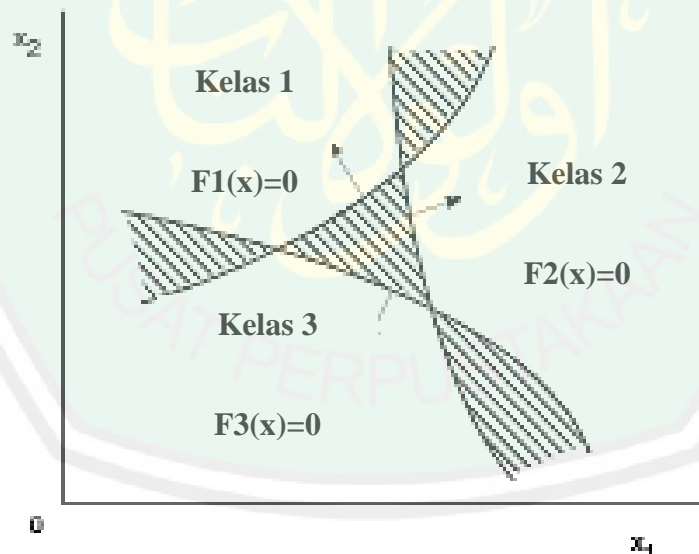
Gambar 3.10. Persebaran Data



Gambar 3.11. Model pengklasifikasian

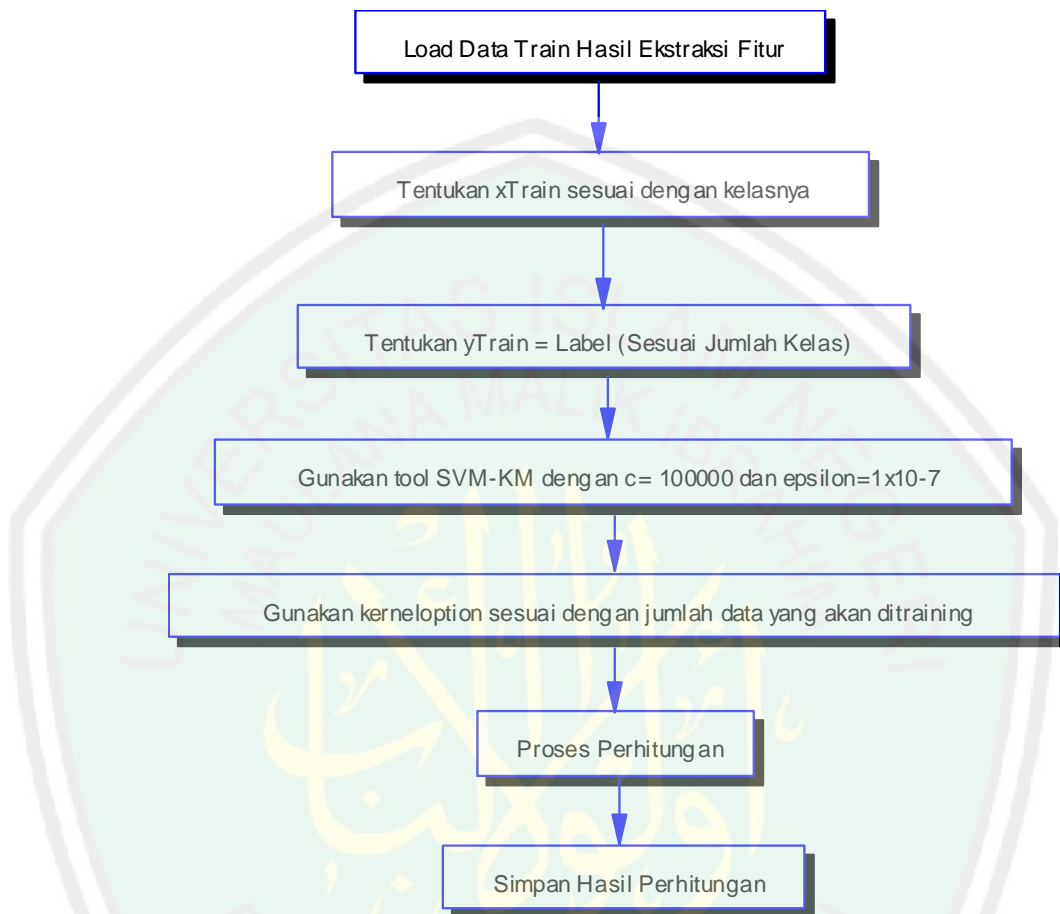
Pada gambar 1.1. dan 1.2. Dimana warna merah adalah data untuk kelas pertama, warna hijau adalah persebaran data kelas kedua, dan warna kuning adalah persebaran data ketiga. Garis Hitam merupakan pemisah antar *clasifaer* dan lingkaran hitam merupakan *support vector* yang ditemukan dari persebaran data.

- Proses selanjutnya melakukan perhitungan untuk proses pengujian. Disini dijelaskan contoh simulasi dari grafik persebaran data Untuk 3 kelas adalah Menentukan setiap fungsi dari parameter yang digunakan. Menentukan fungsi f_i dengan (x) ($i=1, \dots, n$), sehingga ketika x memiliki kelas ke i , $f_i(x) > 0$ Dan ketika x memiliki salah satu kelas yang tersisa $f_i(x) < 0$. Ketika x telah digunakan, selanjutnya akan mengklasifikasi kelas x ke kelas i jika $F_i(x) > 0$ dan $F_j(x) < 0$ ($j \neq i, j=1, \dots, n$). Berikut adalah contoh fungsi dari kelas data



Gambar 3.12. Contoh Model Klasifikasi Multiclass

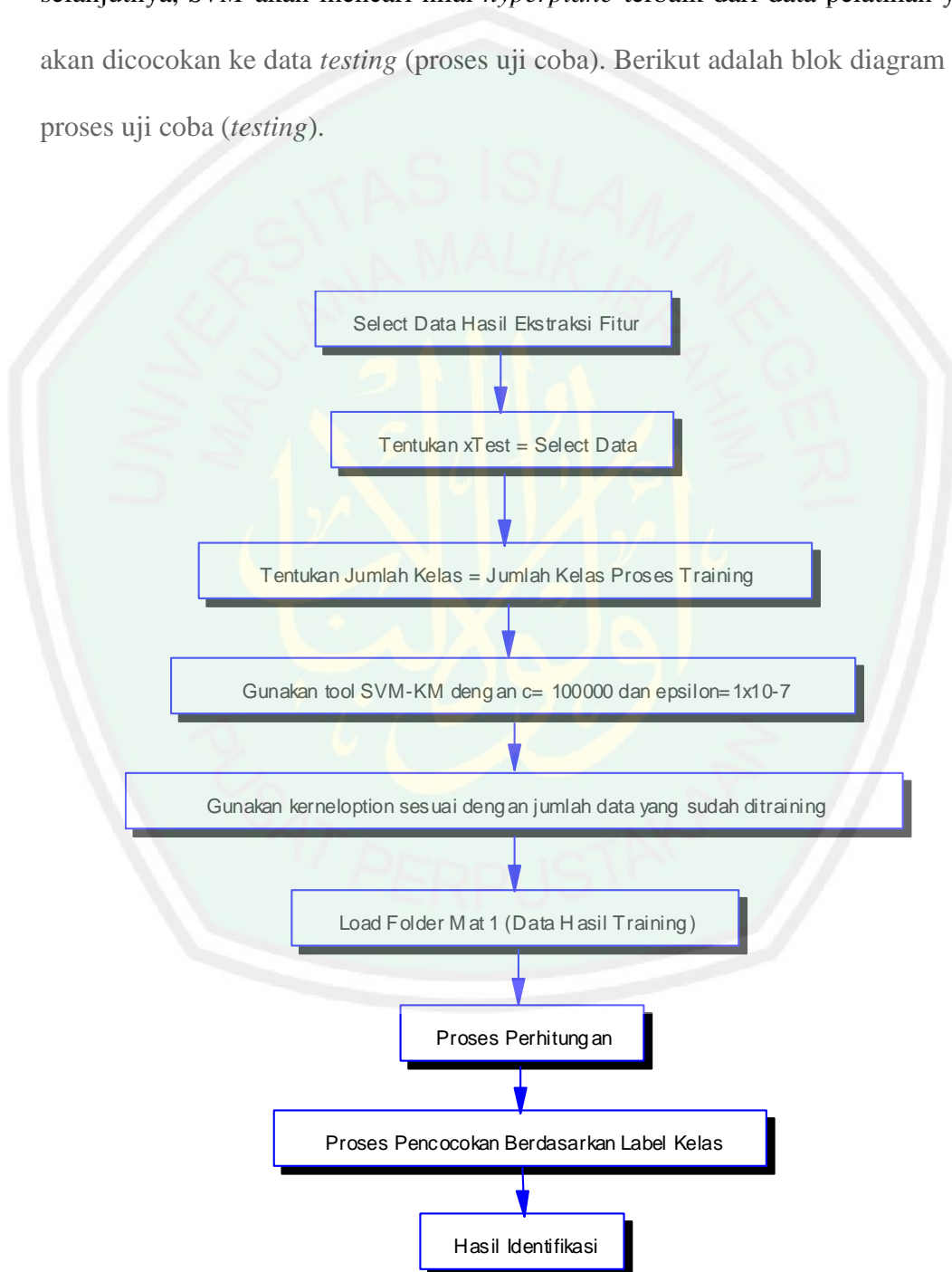
Berikut adalah blok diagram proses pelatihan (*training*) SVM dengan 60 data yang digunakan:



Gambar 3.13. Blok Diagram Proses *Training*

Hasil perhitungan nilai ekstraksi *fitur* yang diproses pada pelatihan akan di simpan di folder Mat 1 dengan jumlah file sebanyak jumlah data yang dilakukan proses *training*. Proses perhitungan menggunakan svm multi kelas satu lawan semuanya dengan y adalah vektor target yang berisi bilangan bulat dari 1 sampai $nbclass$ ($jmlhkelas$), bagian ini akan menggunakan fungsi `svmlclass` yang sudah ada.

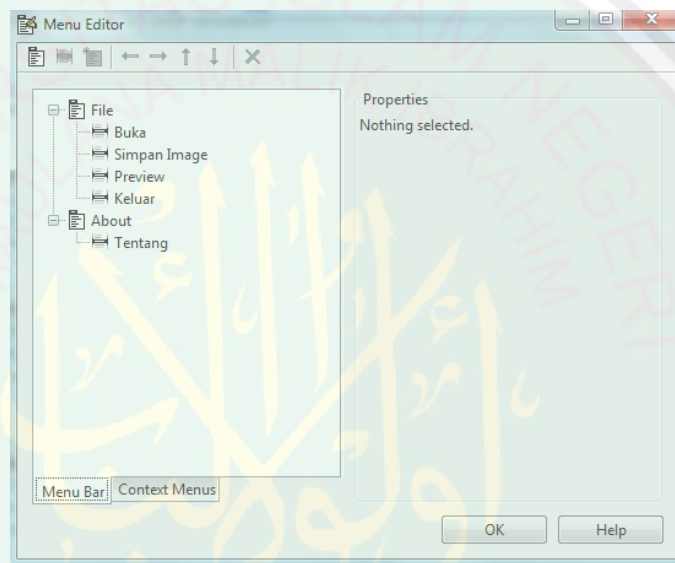
Data yang telah tersimpan di file .mat akan diproses untuk tahap selanjutnya, *SVM* akan mencari nilai *hyperplane* terbaik dari data pelatihan yang akan dicocokkan ke data *testing* (proses uji coba). Berikut adalah blok diagram dari proses uji coba (*testing*).



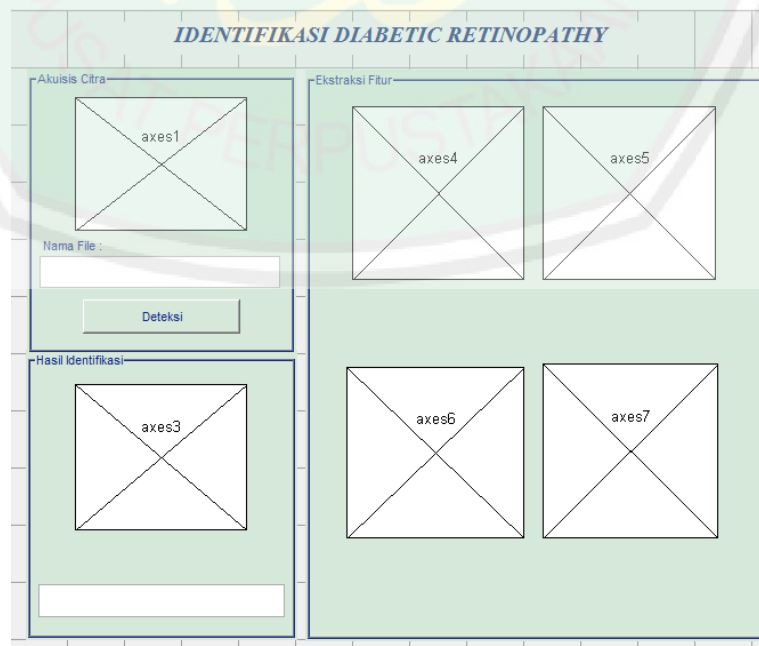
Gambar 3.14. Blok Diagram Proses *Testing* (Uji Coba)

3.4.3 Perancangan Antar Muka

Untuk mempermudah pengguna, maka perlu dibuat form antarmuka atau interface. Berikut ini akan ditampilkan rancangan antarmuka aplikasi yang ditunjukkan pada gambar 3.15 dan 3.16.



Gambar 3.15. Menu Editor pada Tampilan Utama



Gambar 3.16. Antarmuka perangkat lunak

Pada form terdapat Menu editor yang terdiri dari 'file' dan 'about'. Untuk menu file memiliki submenu 'buka' untuk membuka file yang akan diidentifikasi, 'simpan image' untuk menyimpan citra hasil akhir yang sudah teridentifikasi, 'preview' untuk melihat objek citra yang telah diproses, dan 'keluar' untuk keluar dari aplikasi. Untuk menu 'about' terdiri dari submenu 'tentang' yang berisikan kotak dialog mengenai informasi dari aplikasi yang dibuat oleh penulis. Kemudian pada tampilan antar muka terdapat tombol 'Deteksi' untuk menjalankan identifikasi fitur *Diabetic Retinopathy* secara keseluruhan. Setelah proses selesai, hasil citra keluaran akan ditampilkan pada *axes* 3 dan pada *text* Hasil akan memunculkan klasifikasi penyakit yang sudah teridentifikasi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

4.1 Lingkungan Implementasi

Implementasi merupakan proses pembangunan komponen-komponen pokok sebuah sistem berdasarkan desain yang sudah dibuat. Implementasi system juga merupakan sebuah proses pembuatan dan penerapan sistem secara utuh baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Implementasi ini terdapat lingkungan perangkat keras dan lingkungan perangkat lunak yang mendukung kinerja sistem. Spesifikasi dari perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam uji coba ini antara lain adalah:

Tabel 4.1 Lingkungan Uji Coba

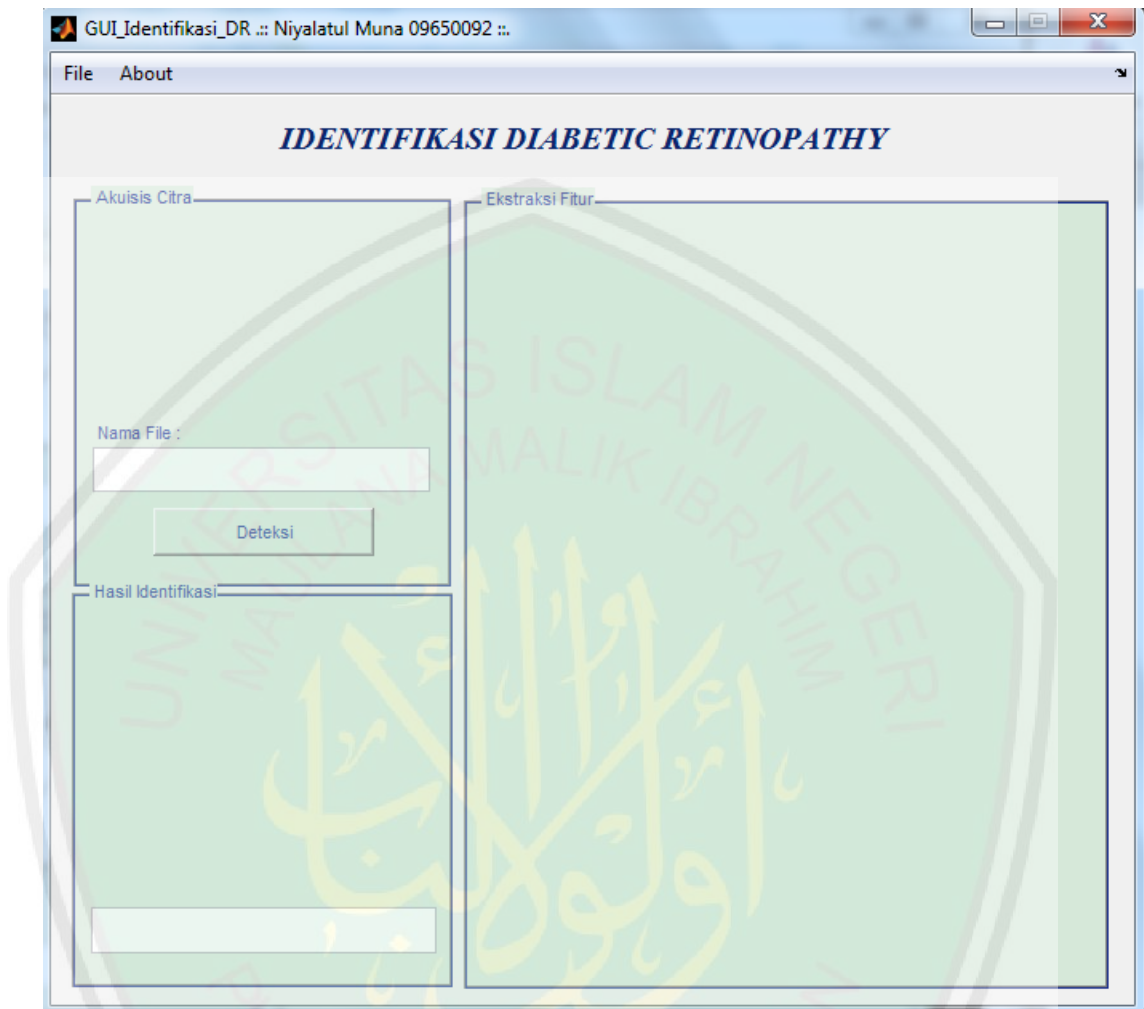
No	Jenis Perangkat	Spesifikasi
1	Laptop	Acer Aspire
2	Prosesor	Intel® Pentium® inside dual core processor T4200 (2.0 GHz, 800 MHz FSB, 1 MB L2 cache)
3	Memori	1 MB
4	Sistem Operasi	Windows 7
5	Perangkat Pengembang	Matlab 2011a

4.2 Penjelasan Program

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

4.2.1. Proses Menampilkan Halaman Utama

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

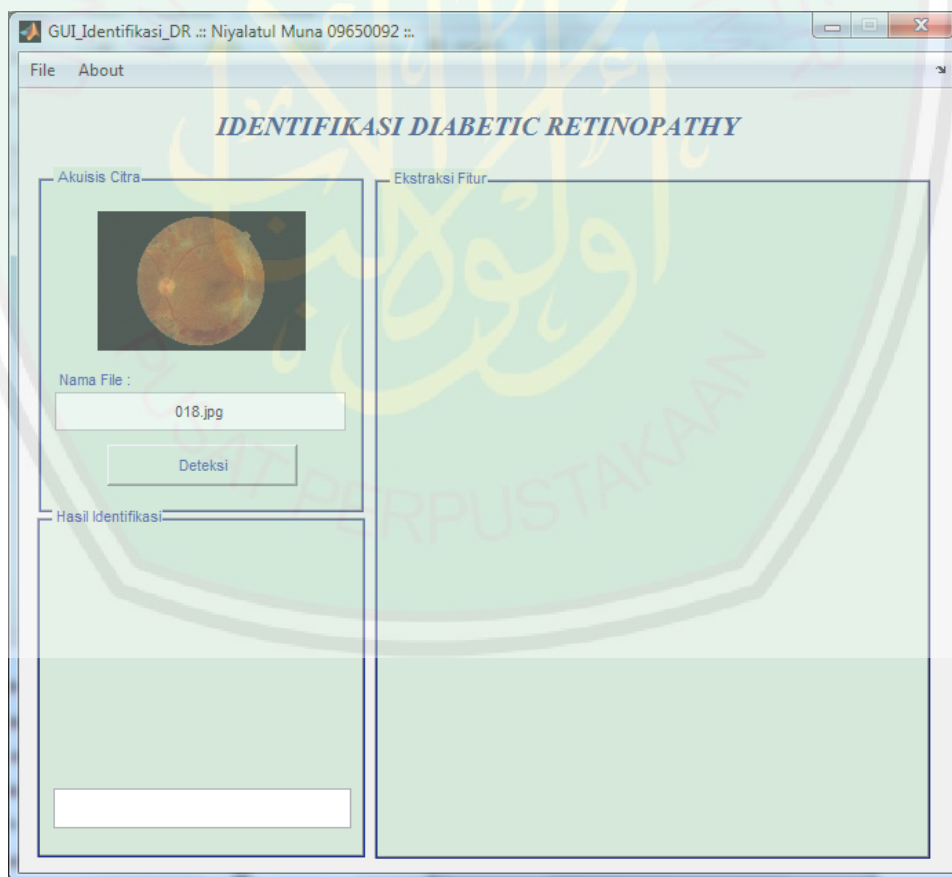


Gambar 4.1 Tampilan form Halaman Utama

Di dalam tampilan form halaman utama tersebut pada bagian atas terdapat judul atau nama aplikasi yang dibuat. Kemudian pada bagian atas menu terdapat beberapa tombol yang digunakan dalam proses ekstraksi citra antara lain tombol 'Buka' yang digunakan untuk membuka file citra dari drive komputer, tombol 'Deteksi' yang digunakan untuk melakukan ekstraksi pada citra yang telah diinputkan, tombol 'Simpan Image' berfungsi untuk menyimpan image yang telah diproses.

4.2.2. Proses Input Citra

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



Gambar 4.2 Proses Input Citra

Setelah halaman utama keluar seorang user dapat melakukan input citra yang akan diidentifikasi dengan menekan menu 'file' submenu 'buka' (Ctrl+B), kemudian file citra yang diinputkan akan muncul pada bagian axes1 sebelah kiri form utama. Di bawah ini merupakan sourcecode program pada proses membuka

```
function buka_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to buka (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future
version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

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

if isequal(FileName,0)
    errordlg('Citra belum dipilih..','Silahkan ambil
file yang akan dibuka!');
    return;
end

axes(handles.axes3)
cla reset
axis off
set(handles.textCitra, 'string', '');
set(handles.textHasil, 'string', '');
axes(handles.axes4)
cla reset
axis off
set(handles.textPrepo, 'string', '');
axes(handles.axes5)
cla reset
axis off
set(handles.textTexture, 'string', '');
axes(handles.axes6)
cla reset
axis off
set(handles.textMic, 'string', '');
axes(handles.axes7)
```

```

I=imread([FilePath, FileName]);
guidata(hObject,handles);
set(proyek.figure1,'CurrentAxes',proyek.axes1);
imshow(I);
set(proyek.axes1,'Userdata',I);
set(proyek.figure1,'Userdata',I);
setappdata(handles.figure1,'img',I);
%set(handles.slider1,'Value',0);

%end
% Membaca File Citra
set(handles.edit2,'String',FileName);

```

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

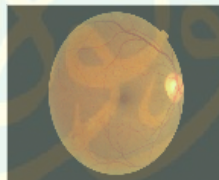
4.2.3. Proses *Preprocessing*

Proses *preprocessing* dilakukan dengan mengolah citra RGB dan melakukan beberapa tahapan untuk mendapatkan hasil ekstraksi *fitur* dan identifikasi yang maksimal. Tahapan-tahapan yang dilakukan adalah citra RGB di konversikan ke *green channel* dan *grayscale*, melakukan proses penghilangan pembuluh darah, menghilangkan *optic disk*, menghilangkan batas lingkaran dan kotak. Berikut ini merupakan penjelasan dari tahapan-tahapan yang dilakukan pada proses *preprocessing*:

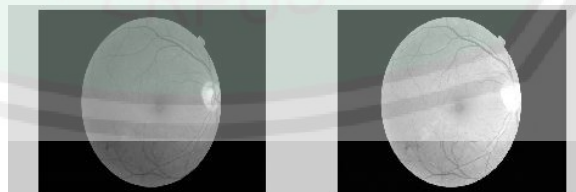
- a. Konversi Citra RGB Ke Citra *Grayscale*, *Green Channel* dan Penyesuaian Intensitas Citra.

Pada proses akuisisi citra retina yang diterima adalah citra warna sehingga perlu dilakukan proses untuk merubah menjadi citra keabuan. Citra skala keabuan ini memiliki 4 jenis variasi yaitu skala keabuan biasa, kanal merah, hijau, dan biru. Penelitian ini menggunakan citra kanal hijau (*green channel*). Citra ini memiliki refleksi cahaya paling baik sehingga dapat dihasilkan informasi yang signifikan. Berikut adalah listing program dan hasilnya:

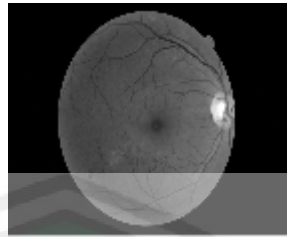
```
%Citra Keabuan
Grayscale = rgb2gray (I2);%konversi RGB ke
grayscale
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);%Hasil
Penerangan
%Green Channel
GreenC=I2(:, :, 2); %(row, column, 2-->green)
```



Gambar 4.3. Citra Asli (RGB)



Gambar 4.4. Citra *Grayscale* (sebelah kiri) dan Hasil Penerangan (sebelah kanan)



Gambar 4.5 Hasil Pengambilan Komponen *Green Channel*

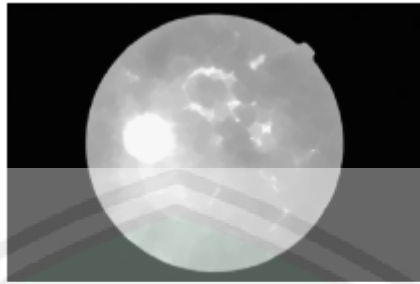
a. Penghilangan Pembuluh Darah

Pada proses penghilangan pembuluh darah menggunakan operasi *closing*. Seperti yang sudah dijelaskan, operasi *closing* merupakan penggabungan antara operasi erosi dan dilasi. Hanya saja operasi dilasi dilakukan terlebih dahulu. Kemudian baru diikuti dengan proses erosi. Fungsi dilasi berfungsi untuk memperluas area *exudate* sedangkan fungsi erosi berguna untuk menghilangkan pembuluh darah. *Closing* cenderung menghaluskan garis-garis bentuk, menolak pecahan-pecahan sempit dan teluk yg panjang dan tipis, menghilangkan lubang kecil dan mengisi jarak/kerenggangan pada garis-garis bentuk. Berikut ini adalah cuplikan kode untuk menghilangkan pembuluh darah pada deteksi *exudate* :

```
se2 = strel('ball',10,10);
G_imclose = imclose(Grayscale_brighten, se2);

figure,imshow(G_imclose), title('Fig.
7: Penghilangan Pembuluh Darah');
```

Hasil penghilangan pembuluh darah pada deteksi *exudate* adalah sebagai berikut:



Gambar 4.6. Penghilangan Pembuluh Darah Pada Deteksi *Exudate*

b. Pendeteksian dan Penghilangan *Optik Disk*

Penghilangan *optik disk* dilakukan dengan membuat penutup berbentuk lingkaran, kemudian bercak-bercak sisa penampang dari *optik disk* yang tertutup oleh lingkaran akan di dihilangkan. Berikut ini adalah sintak program untuk pendeteksian *optik disk*:

```
max_GB_column=max(pencerahan_Grayscale);
max_GB_single=max(max_GB_column);

[row,column] =
find(pencerahan_Grayscale==max_GB_single);
median_row = floor(median(row));
median_column = floor(median(column));
```

Baris pertama kode diatas digunakan untuk menemukan nilai maksimum masing-masing kolom dari citra yaitu 720 kolom. Kemudian koordinat berupa baris dan kolom dari semua titik terang ditentukan. Setelah itu, nilai median akan diambil jika ada lebih dari satu titik. Setelah menemukan *optik disk*, akan dibuat sebuah penutup. Bagian penutup akan dibuat dengan bentuk lingkaran. Pada pembuatan penutup, penulis akan menggunakan fungsi `meshgrid` untuk menghasilkan matriks X dan Y,

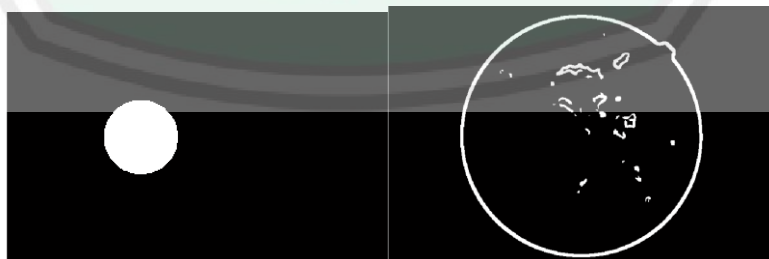
yang selanjutnya akan dihitung dengan persamaan untuk membuat lingkaran. Rumus sebagai berikut:

$$R^2 = (x - h)^2 + (y - k)^2$$

Dengan keterangan variabel h dan k adalah koordinat dari baris dan kolom, sedangkan R sebagai radius (derajatnya). Setelah penutup lingkaran berhasil dibuat maka penghilangan *optic disk* dapat dilakukan dengan pengurangan daerah hasil dari pendeteksian awal dengan penutup *optic disk* yang sudah dibuat. Adapun sintak program dari proses ini adalah sebagai berikut:

```
radius = 90; %radius yang digunakan
[x,y]=meshgrid(1:1120, 1:744);
%Rumus penutup lingkaran
mask = sqrt( (x - median_column).^2 + (y -
median_row).^2 ) <= radius;
%Menghapus optical disk
=====
image_optical_removed = filter_image_seg - mask;
```

Gambar hasil dari proses ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7. Penutup *Optik Disk* (Sebelah kiri) dan Citra setelah *Optik Disk* dihapus

c. Pendeteksian dan Penghilangan Batas Lingkaran Retina

Proses ini berfungsi menghilangkan lingkaran retina, sehingga hasil akhir yang diperoleh nantinya adalah objek yang ada di dalam lingkaran retina. Proses pendeteksian batas lingkaran retina sudah dilakukan pada saat penulis menghilangkan *optic disk*, hasil akhir dari *optic disk* tersebut diproses lagi untuk menghilangkan lingkaran retina. Berikut adalah sintak program dari proses penghilangan lingkaran retina dan gambar hasil akhir

```

for x=1:5 for y=1:1120 %bagian atas bar
box_ukuran_5pix(x,y)=1; %1->warna putih
end
end
for x=740:744 for y=1:1120 %bagian bawah bar
box_ukuran_5pix(x,y)=1; %1->warna putih
end
end
for x=1:744 for y=1:5 %bagian kiri bar
box_ukuran_5pix(x,y)=1; %1->warna putih
end
end
for x=1:744 for y=1116:1120 %bagian kanan bar
box_ukuran_5pix(x,y)=1; %1->warna putih
end
end
box_ukuran_5pixel = logical(box_ukuran_5pix);

image_od_Cborder_removed = image_optical_removed -
Grayscale_C_border_L;
image_ex = image_od_Cborder_removed -
box_ukuran_5pixel;
figure, imshow(image_ex), title('Fig. 14:Wilayah
exudates');

```



Gambar 4.8. Hasil Akhir Citra Tanpa Lingkaran Retina

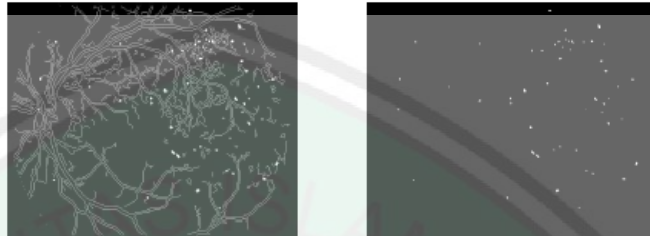
4.2.4. Proses Ekstraksi Fitur

Proses ekstraksi fitur dilakukan setelah tahapan *preprocessing*. Proses ini dibagi atas 4 bagian ekstraksi fitur yaitu: pendeteksian *microaneurysm*, *exudates*, analisis *texture*, dan pengambilan nilai *homogeneity*. Adapun pembahasan dari setiap proses akan dijelaskan dan ditampilkan hasilnya sebagai berikut:

a. Deteksi *Microaneurysms*

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

diperoleh dengan mengurangi menghilangkan citra tepi dan menghapus area yang lebih luas menggunakan Fungsi "bwareaopen".



Gambar 4.6 Setelah Fungsi "imfill" gambar kiri dan gambar kanan penggunaan fungsi "bwareaopen".

```
Grayscale_imfill = imfill(outline_border, 'holes');
% figure, subplot(2,2,1),imshow(Grayscale_imfill),
title('Fig. 7:Imfill on the image');

se = strel('disk',6);
% penggunaan imopen tidak bisa dalam hal ini untuk
menggantikan imerode & kemudian imdilate
Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill, se);
%mengurangi ukuran
Grayscale_imdilate= imdilate(Grayscale_imfill, se);
%meningkatkan ukuran

Gadpt_X2_bright_3 = bwareaopen(Gadpt_X2_bright_2,100);
```

Berikut adalah listing program dari deteksi *microaneurysms* dengan nama file `function_MIC.m` yang menjalankan proses untuk mendapatkan nilai ekstraksi *fitur*.

```
function [area_micro_a microa_image] = function_MIC (I)
%Menetapkan ukuran citra
I2=imresize(I, [1488 2240]);
I3=imresize(I2, [744 1120]);
figure, imshow(I2), title('Gb. 1:Merubah ukuran Citra 2240
x 1488');

%Merubah ke Kanal Hijau (Green Component)
GreenC=I3(:, :, 2); %(row, column, 2-->green)
figure, imshow(GreenC), title('1. 2:Green Component Image');

%=====
Grayscale = rgb2gray (I3);Konversi (RGB) to grayscale
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);
figure, imshow(Grayscale), title('Fig. 3:Grayscale Image');

%=====
for x=1:30 for y=1:60
Grayscale_brighten(x,y)=0; %255=white, 0=black
GreenC(x,y)=0; %255=white, 0=black
end
end
```



```

Gadpt_his_X1 = adapthisteq(GreenC);

Gadpt_his_X2 = adapthisteq(Gadpt_his_X1);
%=====

%Circular border =====
outline_border=edge(Grayscale_brighten, 'canny', 0.09);

%2 lines to enclose circular region
for x=2:5 for y=100:1020 %for top bar
outline_border(x,y)=1;
end
end
for x=740:744 for y=100:1020 %for bottom
outline_border(x,y)=1; %1->white
end
end
Grayscale_imfill = imfill(outline_border, 'holes');

se = strel('disk',6);

Grayscale_imerode = imerode(Grayscale_imfill, se); %reduce
size
Grayscale_imdilate= imdilate(Grayscale_imfill, se);
%increase size

        subplot(2,2,3),imshow(Grayscale_imdilate),
title('Fig. 7B:Imdilate');

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

Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border);
%Convert numeric values to logical
        subplot(2,2,4),imshow(Grayscale_C_border_L),
title('Fig.7C:Circular border');
%=====
%Area Calculation for Grayscale_C_border_L
area_Cborder = 0;
area_new_Cborder = 0;
for x = 1:744 for y = 1:1120 %asli x=576 y=720
    if Grayscale_C_border_L(x,y) == 1
        area_Cborder = area_Cborder+1;
    end
end
end

```

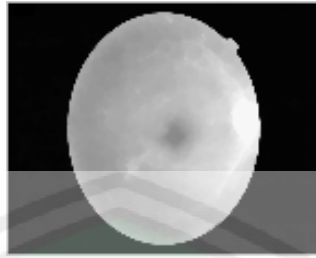
Dari potongan program diatas, merupakan proses untuk mendapatkan deteksi *microaneurysms* dari hasil function tersebut akan diproses ke proses selanjutnya.

b. Deteksi *Exudates*

Bagian ini membahas secara lebih rinci dari ekstraksi exudates. Citra fundus pertama diolah untuk standarisasi ukuran untuk 576x720 dan intensitas dari gambar *grayscale* kemudian disesuaikan. Operasi morfologi closing yang terdiri dari melebarkan diikuti oleh mengikis diterapkan untuk dihapus pembuluh darah. Fungsi melebarkan akan memperluas wilayah exudates untuk double-presisi nilai fungsi "colfilt" untuk menandai wilayah exudates sebelum gambar ini diubah kembali menjadi biner menggunakan fungsi "im2bw" dengan nilai ambang batas untuk menyaring *exudate*.

```
filter_db_G_imclose = double(G_imclose); %tipe double
untuk proses colfilt
filter_colfilt = colfilt(filter_db_G_imclose,[6
6],'sliding',@var); %6-8
filter_uint8_colfilt = uint8(filter_colfilt); %Konvert
Untuk Kembali ke uint8 0-255

filter_image_seg = im2bw(filter_uint8_colfilt, 0.45);
%0.35 to 0.7
```



Gambar 4.7. Hasil Colfilt

Gambar 4.8. Hasil Deteksi *Exudates*

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

```
function [area_exudates exudates] = function_EX(I)
% Deteksi Nilai Exudates
%-----
I2=imresize(I, [744 1120]); %mengubah ukuran citra
%figure, imshow(I2), title('Fig. 1:ukuran citra 576X720');

Grayscale = rgb2gray (I2);%mengubah citra fundus (RGB) ke
grayscale
pencerahan_Grayscale = imadjust(Grayscale);

Grayscale_brighten
for x=1:30 for y=1:60
pencerahan_Grayscale(x,y)=0; %Kecerahan 255=Putih, 0=Hitam
end
end
%figure, imshow(Grayscale_brighten), impixelinfo,
title('Fig. 3:Citra Hasil');
```

```

%Border dengan ukuran persegi
panjang=====
for x=1:5 for y=1:1120 %bagian atas bar
box_ukuran_5pix(x,y)=1; %1->warna putih
end
end
for x=740:744 for y=1:1120 %bagian bawah bar
box_ukuran_5pix(x,y)=1; %1->warna putih
end
end
for x=1:744 for y=1:5 %bagian kiri bar
box_ukuran_5pix(x,y)=1; %1->warna putih
end
end
for x=1:744 for y=1115:1120 %bagian kanan bar
box_ukuran_5pix(x,y)=1; %1->warna putih
end
end
box_ukuran_5pixel = logical(box_ukuran_5pix);

%border dengan circular
=====
bentuk_border=edge(Grayscale_brighten, 'canny', 0.09);

%2 baris untuk menyertakan daerah circular, ukuran citra
744 X 1120
for x=2:5 for y=100:1020 %bagian atas bar
bentuk_border(x,y)=1; %1->warna putih
end
end
for x=741:744 for y=100:1020 %bagian bawah bar
bentuk_border(x,y)=1; %1->warna putih
end
end

Grayscale_imfill = imfill(bentuk_border, 'holes');

se = strel('disk',6);

imerode_Grayscale = imerode(Grayscale_imfill, se); %Fungsi
untuk mengurangi ukuran
imdilate_Grayscale= imdilate(Grayscale_imfill, se); %Fungsi
untuk meningkatkan ukuran
Grayscale_C_border = imdilate_Grayscale- imerode_Grayscale;

Grayscale_C_border_L = logical(Grayscale_C_border);
%Mengkonversi
%=====

```

Menghitung luas wilayah dari hasil fitur *exudate* adalah sebagai berikut:

```

%exudates area =====
exudates = image_ex_imclose;
exudates (image_ex_imclose & dark_features) = 0; %AND to
get exudates regions, white white -> black0

%area caluation =====
area_exudates = 0;
for x = 1:744 for y = 1:1120
    if exudates(x,y) == 1
        area_exudates = area_exudates+1;
    end
end
end
%area_exudates
%=====

```

c. Analisis *Texture* Berdasarkan Kedekatan

Pada proses ini, penulis menggunakan fungsi yang ada pada toolbox matlab untuk menghitung nilai homogenitas dari citra yang diinputkan. Sebagaimana yang sudah dijelaskan pada bab III, desain proses sistem tentang analisis *texture* berdasarkan kedekatannya. Proses ini menggunakan metode GLCM dengan fungsi yang sudah disediakan matlab. Berikut adalah sintak program untuk proses analisis *texture* berdasarkan kedekatannya dan gambar citra yang diinputkan dengan nilai homogenitas yang dihasilkan:

```

function [homo_value] = function_HOMO (I)

Konvert_Gray = rgb2gray (I);%Konversi Citra RGB ke
grayscale
glcm = graycomatrix (Konvert_Gray);
homo_struct = graycoprops (glcm, {'homogeneity'});
%graycoprops untuk normalisasi GLCM dan menghitung
nilai homogeneity

homo_cellvalue = struct2cell(homo_struct);
%Mengkonversi struktur array cell

homo_value = cell2mat(homo_cellvalue); %Konversi nilai
cell ke nilai yang akan dihasilkan sehingga dapat di
simpan di excel

```



Gambar 4.9. Citra Inputan dengan nilai *homogeneity* 0.9896

d. Analisis *Texture* Berdasarkan Nilai Entropy

Pada proses ini, nilai yang akan diambil adalah entropy, citra yang diinputkan akan diproses dan dicari nilai keacakannya yang nantinya akan dijadikan sebagai parameter pengukuran untuk proses identifikasi. Adapun penjelasan proses ini sudah dijelaskan di bab III. Berikut adalah sintak program untuk mengambil nilai entropy dari citra yang diinputkan:

```

function [E_GreenC_X2 Green_his_X2] = function_TEXTURE
(I)

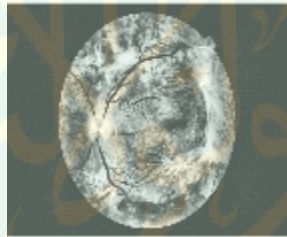
I2=imresize(I, [744 1120]); %figure, imshow(I2),
title('Fig. 1:Resized Image to 744X1120');

GreenC=I2(:,:,2); %(row, column, 2-->green)
Green_his_X1 = adapthisteq(GreenC);
Green_his_X2 = adapthisteq(Green_his_X1);

E_GreenC_X2 = entropy(Green_his_X2);

figure, imshow(Green_his_X2), title('Fig.
2:Green\_his\_X2');
%Green_his_X2
E_GreenC_X2

```



Gambar 4.10. Citra Hasil Entropy dengan nilai 6.1579

4.2.5. Proses Identifikasi Fitur *Diabetic Retinopathy*

Pengidentifikasian *Diabetic Retinopathy* adalah bagian inti dari penelitian ini. Pengidentifikasian ini dilakukan karena merupakan proses inti dari aplikasi yaitu pengidentifikasian *DR* pada citra digital *fundus* mata. Proses ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Setelah nilai ekstraksi *fitur* diperoleh maka, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan proses pelatihan dengan beberapa data pelatihan. Pada penelitian ini digunakan 60 data pelatihan yang akan dilatihkan di *SVM*. Data ini dibagi atas tiga pengelompokan data, 'Base11_train',

Base11_train2, 'Base11_train3'. Masing-masing data akan diberi label sebagai pengelompokan kelas yang nantinya akan digunakan untuk proses *testing* sebagai hasil dari proses identifikasi.

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

sebagai berikut: # Coba_train.m

```
close all;
clear all;
clc;
load Base11_train.txt
load Base11_train2.txt
load Base11_train3.txt
%xTrain(1:10, 1:4)=Base11;
%xTrain(11:30, 1:4) =Base11;
xTrain(1:20, 1:4)=Base11_train;
xTrain(21:40, 1:4)=Base11_train2;
xTrain(41:60, 1:4)=Base11_train3;
    %Klasifikasi
    label=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3];
    yTrain=label';
    jmlKelas=3;
    kernel='gaussian';
    c=100000;
    verbose=1;
    lambda=1e-7;
    nbclass=jmlKelas;

for ko=1:60
    kerneloption=ko;

[xsup,w,b,nbsv]=svmmulticlassoneagainstall(xTrain,yT
rain,nbclass,c,lambda,kernel,kerneloption,verbose);
    save(strcat('Mat 1\','svm-
',int2str(ko)),'xsup','w','b','nbsv');
end
```


Pada proses ini akan menghasilkan nilai x_{sup} yaitu koordinat dari *support vector*, w (bobot/ukuran nilai), b (nilai bias), dan n_{sv} (nilai angka *support vector*) sebagai inputan yang akan digunakan untuk proses pencocokan. Berikut adalah listing program untuk proses perhitungan data *training*:

```
function
[xsup,w,b,nbsv,pos,obj]=svmmulticlass(x,y,nbclass,c,e
pilon,kernel,kerneloption,verbose,warmstart);

% SVM multi Kelas Satu lawan semuanya
% Y adalah vektor target yang berisi bilangan bulat
dari 1 sampai nbclass.
% Bagian-bagian ini menggunakan fungsi svmclass
% Untuk xsup, w, b, output yang saling berhubungan
satu sama lain
% svmclass svmmultival dipakai pada fungsi ini
% Sumber by: 29/07/2000 Alain Rakotomamonjy

xsup=[]; % 3D matrices can not be used as numebr of
SV changes
w=[];
b=[];
pos=[];
span=1;
qpsize=1000;
nbsv=zeros(1,nbclass);
nbsuppvector=zeros(1,nbclass);
obj=0;

for i=1:nbclass

    yone=(y==i)+(y~=i)*-1;
    if exist('warmstart') &
isfield(warmstart,'nbsv');
        nbsvinit=cumsum([0 warmstart.nbsv]);
        alphainit=zeros(size(yone));

    alphainit(warmstart.pos(nbsvinit(i)+1:nbsvinit(i+1)))
= abs(warmstart.alpsup(nbsvinit(i)+1:nbsvinit(i+1)));
    else
        alphainit=[];
    end;
    if size(yone,1)>4000
```

```

[xsupaux, waux, baux, posaux]=svmclassls(x, yone, c, epsilon, kern
el, kerneloption, verbose, span, qpsize, alphainit);
    else

[xsupaux, waux, baux, posaux, timeaux, alphaaux, objaux]=svmclass
(x, yone, c, epsilon, kernel, kerneloption, verbose, span, alphaini
t);
    end;

    nbsv(i)=length(posaux);
    xsup=[xsup; xsupaux];
    w=[w; waux];
    b=[b; baux];
    pos=[pos; posaux];
    obj=obj+objaux;
end;

```

Pada tahap uji coba hasil pengidentifikasian akan keluar sesuai dengan nilai max dari masing-masing kelas. Adapun nilai hasil perhitungan data *training* akan dilampirkan pada halaman lampiran dengan output nilai nbsv[18, 20, 19] dan nilai b sebesar [-0.538034889870171;-0.979813330804044;0.095037916778771]. Hasil nilai tersebut akan digunakan untuk proses selanjutnya (pengujian/pencocokan data). Untuk proses uji coba (*testing*) dijelaskan pada proses tampil hasil.

4.2.6. Proses Tampil Hasil

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



Gambar 4.9 Tampilan hasil pada form utama

Seperti yang terlihat dalam gambar 4.4, setelah citra melalui proses identifikasi, hasil proses ditampilkan pada axes 3 di bagian bawah.

Berikut ini adalah listing code identifikasi:

```

%Identifikasi

xTest(1:1,1:4) = selected2;
%xTest(2:3,1:4) = selected2;
% xTest(4:5,1:4) = selected2;
%-----

    %Klasifikasi
    kernel='gaussian';
jmlKelas=3;
    c=100000;
verbose=1;
lambda=1e-7;
nbclass=jmlKelas;
% kerneloption=6;

%-----
-----1
for ko=1:60
    namal= strcat('Mat 1\\', 'svm-
',int2str(ko), '.mat');
    load (namal);

kerneloption=ko;
[ypred,maxi] =
svmmultival(xTest,xsup,w,b,nbsv,kernel,kerneloption);
ypred_1(:,ko)=ypred;
end

if ypred==1
    info='Normal';
elseif ypred==2
    info='Non-Proliferate Diabetic Retinopathy
(NPDR)';
elseif ypred==3
    info='Proliferate Diabetic Retinopathy (PDR)';
end

```

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

1. Source code Fungsi Tombol Deteksi

```
function Deteksi_Callback(~, eventdata, handles)
% hObject      handle to Deteksi (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future
version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data
(see GUIDATA)
global selection_value;
%proyek=guidata(gcbo);
proyek=guidata(gcbo);

I=get(proyek.axes1,'Userdata');
%I=imread(str);
select_image=I;
%Menampilkan Proses Preprocessing%
I2=imresize(I, [576 720]); %resize image to stdize

GreenC=I2(:,:,2); %(row, column, 2-->green)

Grayscale = rgb2gray (I2);%converting the fundus
image (RGB) to grayscale
Grayscale_brighten = imadjust(Grayscale);
axes(handles.axes4);
axis tight
imshow(GreenC), zoom on;
set(handles.textPrepo,'string','Preprocessing');

%% Texture Analysis %%
[TEXT_GreenX2_value TEXT_HisX2_image] =
function_TEXTURE (select_image);
axes(handles.axes5);
axis tight
imshow(TEXT_HisX2_image),zoom on;
%set(handles.EXtextbox,'string',EX_area);
set(handles.textTexture,'string','Texture');
[HOMO_value] = function_HOMO (select_image);
```

```

%% Microaneurysms %%
[MIC_area MIC_image] = function_MIC (select_image);
axes(handles.axes6);
axis tight

imshow(MIC_image), zoom on;
%set(handles.EXtextbox, 'string', EX_area);
set(handles.textMic, 'string', 'Microaneurysms');

%% Exudates %%
[EX_area EX_image] = function_EX (select_image);
axes(handles.axes7);
axis tight
imshow(EX_image), zoom on;
%set(handles.EXtextbox, 'string', EX_area);
set(handles.textEx, 'string', 'Exudates');

D=logical(MIC_image);
%E=logical(EX_image);
gbr_asli_gabung = imresize(select_image, [576 720]);
gbr_asli_gabung(D)=0;
%gbr_asli_gabung(E)=0;
handles.image_hasil_gabung = gbr_asli_gabung;

%Untuk menyimpan Image Hasil
%guidata(hObject,handles);
handles.image_simpan = handles.image_hasil_gabung;

axes(handles.axes3);
imshow(gbr_asli_gabung);
set(handles.textCitra, 'string', 'Citra Gabung');

%-----
-----%
set(handles.textHasil, 'string', 'Processing...');
pause(0.1)

Test_EX = EX_area;
Test_MIC = MIC_area;
Test_TT = TEXT_GreenX2_value;
Test_HOMO = HOMO_value;

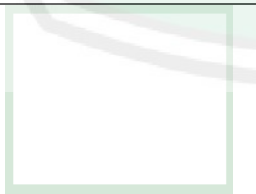
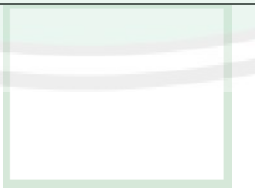
```


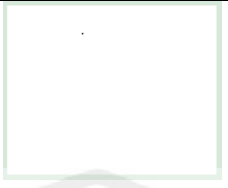


4.3 Uji Coba

Proses pengujian aplikasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil identifikasi pada citra *Diabetic Retinopathy* yang diperoleh dari pelatihan dan proses uji coba. Setelah itu hasil program juga akan dibandingkan dengan identifikasi secara manual.

Aplikasi akan mendeteksi ada atau tidaknya bercak pada setiap sampel dan langsung mengklasifikasikannya. Pengujian aplikasi ini dilakukan dengan dua tahapan. Tahap yang pertama adalah pelatihan, tahap kedua pengujian. Untuk pengujian dilakukan dengan data-data yang bukan termasuk dalam data pelatihan, sehingga pada tahap selanjutnya dapat diketahui tingkatan akurasi dengan membandingkan dengan perhitungan manual. Berikut adalah parameter yang digunakan dalam proses pengujian:

Tabel 4.3. Parameter Proses Pengujian (Hasil Ekstraksi Fitur)

Kelas	<i>Microaneurysms</i>	<i>Exudate</i>	<i>Texture (Entropy)</i>	<i>Texture (Homogeneity)</i>	Label
Normal			5.807615	0.984135	1
	Mean: 224.85	Mean: 0			

NPDR			5.85958	0.986525	2
	Mean: 364.35	Mean: 1.9			
PDR			5.884165	0.98793	3
	Mean: 415.35	Mean: 182.6			

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

Untuk proses uji coba adalah melakukan pengujian satu persatu terhadap citra *fundus* lain dan melakukan perbandingan dengan identifikasi secara manual. Dari hasil identifikasi akan didapatkan citra hasil proses identifikasi beserta klasifikasinya. Uji coba ini, menggunakan 30 data sampel yang berbeda . Hasil pendeteksiannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4. Tabel perbandingan hasil deteksi *Diabetic Retinopathy* pada identifikasi manual dan identifikasi program.

No Sampel	Identifikasi Manual Deteksi <i>Diabetic Retinopathy</i>	Identifikasi Program Deteksi <i>Diabetic Retinopathy</i>	Perbandingan Kesesuaian hasil
1	Normal	Normal	Cocok
2	Normal	Normal	Cocok
3	Normal	Normal	Cocok
4	Normal	Normal	Cocok
5	Normal	NPDR	Tidak Cocok
6	Normal	Normal	Cocok
7	Normal	Normal	Cocok
8	Normal	Normal	Cocok
9	Normal	Normal	Cocok
10	Normal	NPDR	Tidak Cocok
11	NPDR	NPDR	Cocok
12	NPDR	NPDR	Cocok
13	NPDR	NPDR	Cocok
14	NPDR	NPDR	Cocok
15	NPDR	NPDR	Cocok
16	NPDR	NPDR	Cocok
17	NPDR	NPDR	Cocok
18	NPDR	NPDR	Cocok
19	NPDR	NPDR	Cocok
20	NPDR	NPDR	Cocok
21	PDR	NPDR	Tidak Cocok
22	PDR	PDR	Cocok
23	PDR	PDR	Cocok

24	PDR	PDR	Cocok
25	PDR	PDR	Cocok
26	PDR	PDR	Cocok
27	PDR	PDR	Cocok
28	PDR	PDR	Cocok
29	PDR	PDR	Cocok
30	PDR	PDR	Cocok

Tabel 4.3 menunjukkan perbandingan antara hasil pendeteksian identifikasi dari proses identifikasi manual dengan hasil pendeteksian identifikasi proses program. Dari 30 buah sampel yang diujikan, di dapatkan hasil jumlah sampel yang cocok adalah 27 sampel dan jumlah sampel yang tidak cocok adalah 3 sampel. Sehingga dapat diperoleh data keberhasilan dengan nilai 90:

$$\begin{aligned} \text{Persentase} &= \frac{\text{data keberhasilan}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{27}{30} \times 100 = 90\% \end{aligned}$$

Jadi dari hasil perhitungan di atas didapat hasil persentase keberhasilan identifikasi *Diabetic Retinopathy* sebesar 90%.

4.4 Integrasi Metode Support Vector Machine dengan Al-quran

Allah SWT berfirman dalam surah An-Naba ayat 18:

يَوْمَ يُنْفَخُ فِي الصُّورِ فَتَأْتُونَ أَفْوَاجًا ﴿١٨﴾

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

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

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

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

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

Pada Q.S. An Naml ayat 83, dijelaskan bahwa Allah SWT menerangkan tingkah laku dan perbuatan orang-orang kafir yang mendustakan Allah dan Rasul-Nya ketika mereka menyaksikan sendiri datangnya hari Kiamat setelah menjelaskan tanda-tanda pendahuluannya. Pada hari itu Allah mengumpulkan dari tiap-tiap umat segolongan manusia yang besar sekali jumlahnya yang mendustakan ayat-ayat Allah, dan setelah mereka berkumpul semuanya di padang

mahsyar untuk menerima cercaan dan penghinaan, mereka semuanya berdiri di hadirat Allah SWT untuk menghadapi berbagai-bagai pertanyaan dan pemeriksaan. Dari penjelasan Q.S. An-Naba: 18 dan Q.S.An-Naml: 83 dapat dikaitkan bahwasannya metode SVM juga mengelompokan tingkat penyakit *Diabetic Retinopathy* sesuai dengan kalsifikasinya. Dengan mencari nilai *hyperplane* terbaik dari masing-masing kelas dan di klasifikasi berdasarkan stadiumnya.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Identifikasi Diabetic Retinopathy yang dideteksi menggunakan program dilakukan tiga kali pengujian dengan melakukan pelatihan sebanyak 40 data dan uji coba sebanyak 20 data. Untuk uji coba selanjutnya menggunakan 30 sampel citra fundus Diabetic Retinopathy yang berbeda dengan membandingkan hasil dari identifikasi secara manual. Berdasarkan pembahasan dan uraian pada aplikasi yang telah dibuat beserta uji coba yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

Aplikasi dapat mendeteksi Diabetic Retinopathy berdasarkan stadiumnya yaitu normal, NPDR, dan PDR dalam citra fundus yang diujikan dengan persentase keberhasilan sebesar 90 % dari seluruh citra yang diujikan.

5.2 Saran

Aplikasi ini dapat dikembangkan lebih lanjut, parameter nilai yang diambil untuk proses ekstraksi fitur, dan proses pengidentifikasian dapat ditambahkan agar hasil identifikasi lebih akurat. Metode pada proses preprocessing bisa diganti dengan metode lain. Support Vector Machine dapat dikembangkan dan dicoba dengan metode Multiclass lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akara Sopharak, Khine Thet Nwe, (2008), Automatic Exudate Detection with a Naive Bayes Classifier, Asian Institute of Technology , Bangkok, Thailand.
- Akara Sopharak, Bunyarit Uyyanonvara, (2007.1), Automatic Exudates Detection From Diabetic Retinopathy Retinal Citra Using Fuzzy C-Means And Morphological Methods, Advances In Computer Science And Technology, Thailand.
- Alvian, Nasukhi, (2012), Segmentasi Exudate Pada Citra Digital Fundus Diabetic Retinopathy Menggunakan Metode Graph-Based, Jurusan Teknik Informatika Uin Maliki Malang.
- Budi Santosa, (2007), Data Mining Terapan dengan Matlab, Graha Ilmu.
- Basri Iba Asghari, (1994), Solusi Alquran Tentang Problema Sosial Politik dan Budaya, Rineka Cipta, Jakarta
- Cataract and Laser Institute,..., Conditions Diabetic Retinopathy, <http://www.stlukeseye.com/conditions/DiabeticRetinopathy.html> (diakses pada tanggal 27 Desember 2012 pukul 13.15 WIB).
- Cucun Very Angkoso, (2011), Klasifikasi Tumor dan Kista Pada Citra Panoramik Gigi Manusia Menggunakan Metode Support Vector Machine (SVM), Program Magister Bidang Keahlian Jaringan Cerdas Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Chunming Li, Chenyang Xu, Changfeng Gui, and Martin D. Fox. (2005), Level Set Evolution Without Re-initialization: A New Variational Formulation, IEEE.
- Departemen Agama RI, (2005). Al-Quran dan Terjemahannya, PT. Syaamil Cipta Media, Bandung.
- Djati Kerami, Hendri Murfi. Kajian Kemampuan Generalisasi Support Vector Machine dalam Pengenalan Jenis Splices Sites Pada Barisan DNA. Makara, Sains, Vol 8, No 3, Desember 2004:89-95. FMIPA UI: Jakarta.
- Ensiklopedia Support Vector Machine, <http://digilib.ittelkom.ac.id> diakses pada tanggal 2 Januari 2012 pukul 21:26 WIB

- Iqbal, M.I, Aibinu, A.M, Gubbal, N.S, Khan. (2006), A, Automatic Diagnosis of Diabetic Retinopathy using fundus Citras, Blekinge Institute of Technology.
- Nello Cristianini, John Shawe-Taylor. (2000), Anintroduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning methods. Cambridge University Press.
- Nugroho, A.S., Witarto, B.A., Handoko, D. (2003), Support Vector Machine Teori dan Aplikasinya Dalam Bioinformatika, Kuliah Umum Ilmu Komputer.com.
- Munir, Rinaldi. (2004), Pengolahan Citra Digital Dengan Pendekatan Algoritmik, Penerbit Informatika, Bandung.
- Philip S King, (2004), An Investigation into The Design of An Automated Glaucoma Diagnostic System, Thesis, Texas Tech University.
- Ratna Sitompul, (2011), Retinopati Diabetik, Artikel Pengembangan Pendidikan Keprofesian Berkelanjutan, J Indon Med Assoc, Volum: 61, Nomor: 8.
- Steven W. Smith, ..., Morphological Image Processing.
<http://www.dspguide.com/ch25/4.htm> (diakses pada tanggal 24 Januari 2013 pukul 16:51 WIB).
- T.Sutoyo dkk, (2009), Teori Pengolahan Citra Digital, ANDI, Yogyakarta.
- Tomi Kauppi, Valentina Kalesnykiene, DIARETDB1 diabetic retinopathy database and evaluation protocol, University of Kuopio, Finland
- Viranee Thongnuch dan Bunyarit Uyyanonvara, (2007), Automatic Optic Disk Detection from Low Contrast Retinal Images of ROP Infant Using Mathematical Morphology, Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Thailand.
- Wong TY, Yau J, Rogers S, Kawasaki R, Lamoureux EL, Kowalski J, (2011), Global prevalence of diabetic retinopathy: Pooled data from population studies from the United States, Australia, Europe and Asia. Prosiding The Association for Research in Vision and Ophthalmology Annual Meeting.
- ..., Image Processing Toolbox™, Function Reference
<http://www.mathworks.com/products/image/functionlist.html> (diakses pada tanggal 29 Desember 2012 pukul 14:05 WIB).

LAMPIRAN

Lampiran I: Tabel Hasil Ekstraksi Fitur untuk Data Training

No.	Nama File	MIC/Hemo	EX	Texture	Homo
1	20051020_43808_0100_PP_label_1	441	11	5.7776	0.9821
2	20051020_44261_0100_PP_label_1	369	75	5.6347	0.9865
3	20051020_44284_0100_PP_label_1	329	107	5.7467	0.9874
4	20051020_44338_0100_PP_label_1	312	0	5.6860	0.9939
5	20051020_44400_0100_PP_label_1	262	0	5.7786	0.9802
6	20051020_44431_0100_PP_label_1	281	0	5.6401	0.9928
7	20051020_44692_0100_PP_label_1	208	0	5.7195	0.9829
8	20051020_44714_0100_PP_label_1	50	0	5.9337	0.9891
9	20051020_44762_0100_PP_label_1	280	0	5.9052	0.9688
10	20051020_44982_0100_PP_label_1	281	0	5.8765	0.9903
11	label_2_20051020_43832_0100_PP	385	0	5.8567	0.9864
12	label_2_20051020_44782_0100_PP	327	0	5.7956	0.9659
13	label_2_20051020_55701_0100_PP	292	0	5.7343	0.9914
14	label_2_20051020_56592_0100_PP	346	0	5.8272	0.994
15	label_2_20051020_61998_0100_PP	189	0	5.7078	0.9818
16	label_2_20051020_62014_0100_PP	486	3	5.6278	0.9917
17	label_2_20051020_62461_0100_PP	295	20	5.9533	0.9914
18	label_2_20051020_63337_0100_PP	378	7	5.7357	0.994
19	label_2_20051020_64007_0100_PP	469	62	5.9590	0.993
20	label_2_20051020_64945_0100_PP	251	0	5.9986	0.9798
21	label_3_20051020_43882_0100_PP	216	0	6.0598	0.9825
22	label_3_20051020_44901_0100_PP	381	99	5.7971	0.9892
23	label_3_20051020_44923_0100_PP	292	148	5.9168	0.9879
24	label_3_20051020_62577_0100_PP	178	0	5.9141	0.9922
25	label_3_20051020_62615_0100_PP	204	0	5.9394	0.9924
26	label_3_20051020_62878_0100_PP	421	0	5.8578	0.9954
27	label_3_20051020_63711_0100_PP	305	0	5.9498	0.9826
28	label_3_20051020_63829_0100_PP	248	0	5.9706	0.9659
29	label_3_20051021_40180_0100_PP	224	0	5.8552	0.9896
30	label_3_20051021_40248_0100_PP	208	0	6.0424	0.9702
31	Label_1_20051021_51936_0100_PP	322	0	5.8055	0.9895
32	Label_1_20051021_51994_0100_PP	346	0	5.6863	0.9923
33	Label_1_20051021_57798_0100_PP	322	1	5.901	0.9896
34	Label_1_20051021_57862_0100_PP	108	159	5.8151	0.9937
35	Label_1_20051021_57975_0100_PP	197	0	5.6081	0.9925

36	Label_1_20051021_58035_0100_PP	206	12	5.6407	0.9886
37	Label_1_20051021_58316_0100_PP	399	5	5.8975	0.9898
38	Label_1_20051021_58522_0100_PP	375	19	6.0094	0.9907
39	Label_1_20051021_59589_0100_PP	348	0	5.9071	0.9912
40	Label_1_20051213_61802_0100_PP	240	0	5.8416	0.983
41	Label_1_20051213_61892_0100_PP	301	0	5.9607	0.9776
42	Label_1_20051213_61951_0100_PP	375	0	5.912	0.973
43	Label_1_20051213_62251_0100_PP	300	13	5.846	0.9892
44	Label_1_20051213_62314_0100_PP	344	0	5.7488	0.9948
45	Label_1_20051214_56688_0100_PP	273	0	5.8496	0.9808
46	Label_2_20051213_62518_0100_PP	61	7	5.9353	0.9711
47	Label_2_20051213_62572_0100_PP	98	12	5.8628	0.9863
48	Label_2_20051214_40767_0100_PP	360	0	5.7323	0.991
49	Label_2_20051214_51469_0100_PP	353	0	5.9117	0.994
50	Label_3_20051021_58178_0100_PP	346	0	5.7593	0.9895
51	Label_3_20051021_58388_0100_PP	407	41	5.9305	0.9925
52	Label_3_20051213_62046_0100_PP	217	0	5.7793	0.9718
53	Label_3_20051213_62188_0100_PP	227	0	5.41	0.9936
54	Label_3_20051214_40361_0100_PP	90	0	5.895	0.9808
55	Label_3_20051214_50895_0100_PP	330	0	5.9229	0.9886
56	Label_3_20051214_50933_0100_PP	378	23	5.9961	0.9785
57	Label_4_20051021_51625_0100_PP	329	3	5.7158	0.99
58	Label_4_20051213_62648_0100_PP	218	143	5.8342	0.9921
59	Label_4_20051213_62705_0100_PP	319	136	5.8415	0.9854
60	Label_4_20051214_41949_0100_PP	404	32	5.862	0.9936


Lampiran II: Tabel Output nilai Xsup dari Proses Training SVM

Nilai Xsup			
Microaneurysms	Exudate	Texture (entropy)	Texture (Homogeneity)
208	0	5.7195	0.9829
50	0	5.9337	0.9891
292	0	5.7343	0.9914
197	0	5.6081	0.9925
90	0	5.895	0.9808
322	1	5.901	0.9896
322	1	5.901	0.9896
61	7	5.9353	0.9711
964	0	6.0891	0.9911
476	0	5.9828	0.9689
891	0	5.9758	0.9896
551	632	6.055	0.99
441	282	6.0021	0.981
506	129	6.0033	0.9866
802	41	5.9116	0.9794
489	1629	5.9806	0.9815
295	20	5.9533	0.9914
206	12	5.6407	0.9886
50	0	5.9337	0.9891
292	0	5.7343	0.9914
90	0	5.895	0.9808
322	1	5.901	0.9896
399	5	5.8975	0.9898
322	1	5.901	0.9896
61	7	5.9353	0.9711
98	12	5.8628	0.9863
964	0	6.0891	0.9911
476	0	5.9828	0.9689
369	75	5.6347	0.9865
891	0	5.9758	0.9896
150	97	5.9835	0.9924
108	159	5.8151	0.9937
551	632	6.055	0.99
441	282	6.0021	0.981
489	1629	5.9806	0.9815
295	20	5.9533	0.9914
404	32	5.862	0.9936

441	11	5.7776	0.9821
208	0	5.7195	0.9829
50	0	5.9337	0.9891
273	0	5.8496	0.9808
197	0	5.6081	0.9925
399	5	5.8975	0.9898
98	12	5.8628	0.9863
964	0	6.0891	0.9911
476	0	5.9828	0.9689
891	0	5.9758	0.9896
108	159	5.8151	0.9937
551	632	6.055	0.99
441	282	6.0021	0.981
506	129	6.0033	0.9866
802	41	5.9116	0.9794
489	1629	5.9806	0.9815
295	20	5.9533	0.9914
404	32	5.862	0.9936
441	11	5.7776	0.9821
206	12	5.6407	0.9886

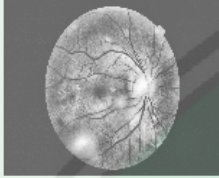


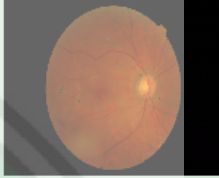
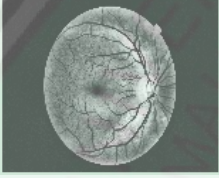
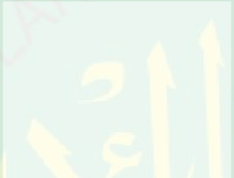
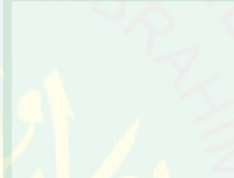
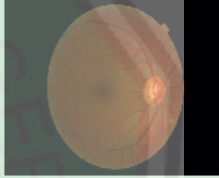
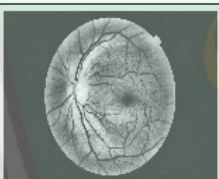

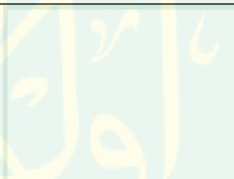
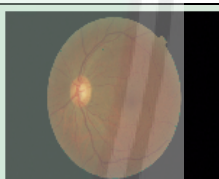
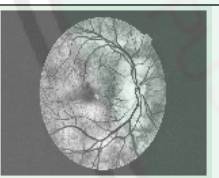
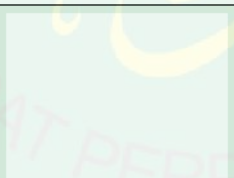
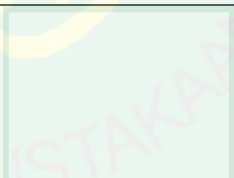
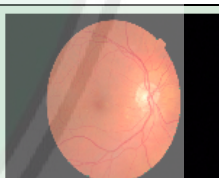
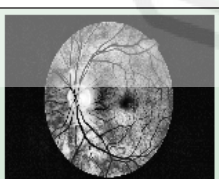
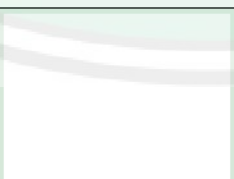
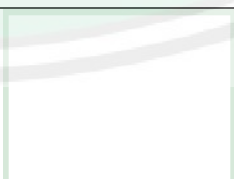
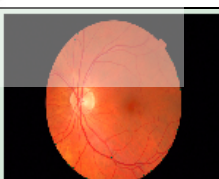
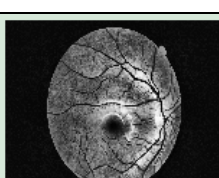

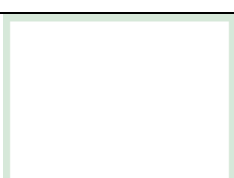

Lampiran III: Tabel Output Nilai W dari Proses Training SVM

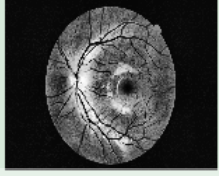

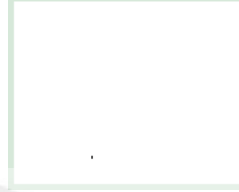
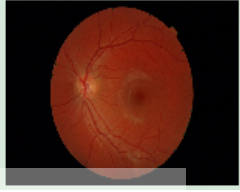
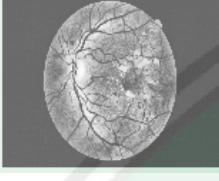


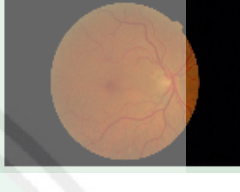
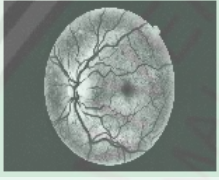

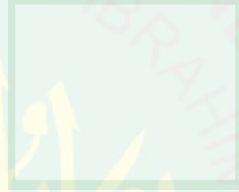
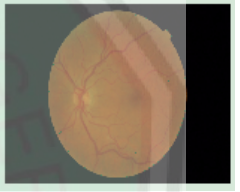
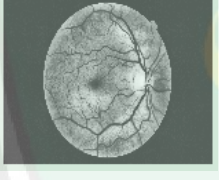


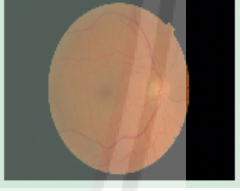
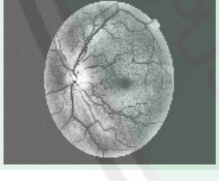

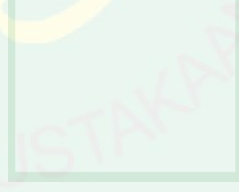
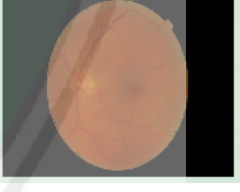
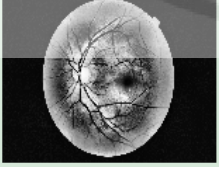


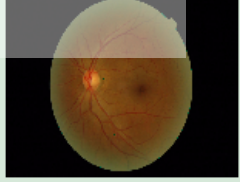
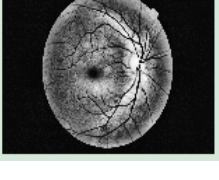


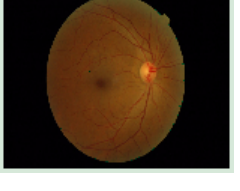
Nilai W
37.78721205
89.10067249
16.52085838
0.290197576
36.3301465
-4.087615995
-4.087615993
-119.2380013
-0.368127098
-0.19243765
-0.179053393
-0.46196506
-0.452719348
-0.427455323
-0.40716571
-0.461965064
-7.88810705
-41.77685799
-76.40754709
-2.676505225
-44.62728237
1.058906092
14.65229293
1.058906113
104.7597051
13.99904702
2.575576309
14.22185196
-0.07359908
-1.24885699
-2.298357861
-0.061245573
-0.020186667
-0.019353903
-0.020186667
-0.873659281
-2.99028723
-21.00921758

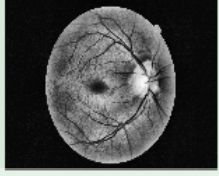

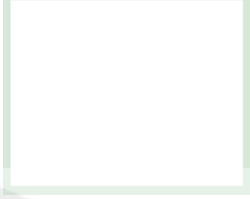
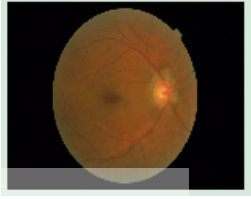
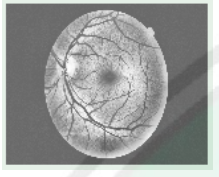


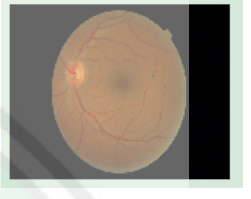
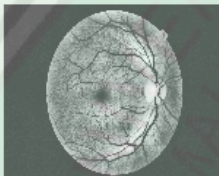

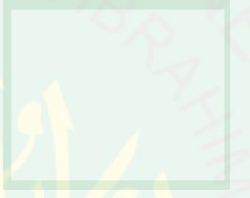
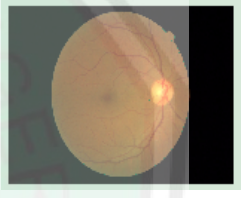
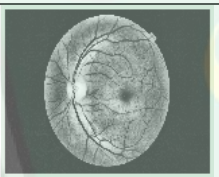

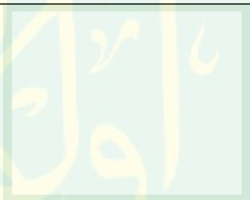
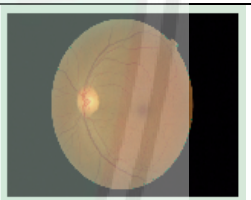
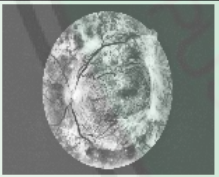


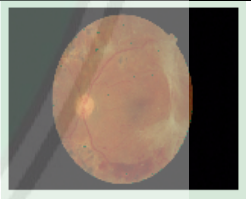
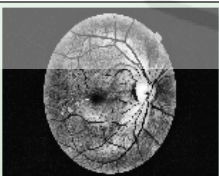
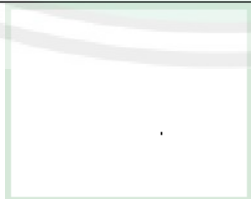

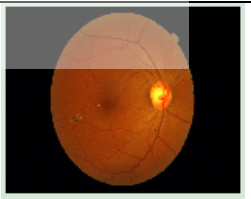
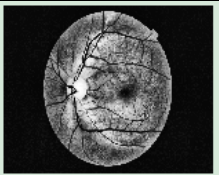


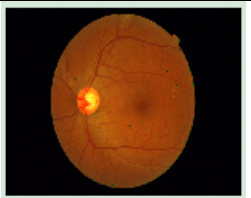


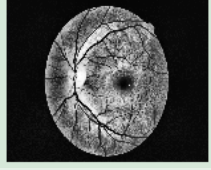

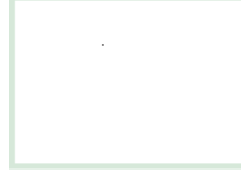
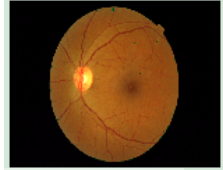
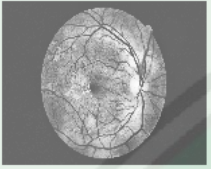


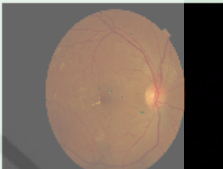
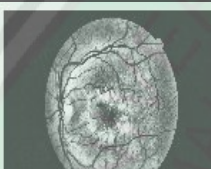


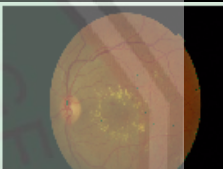
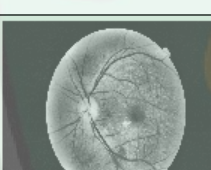

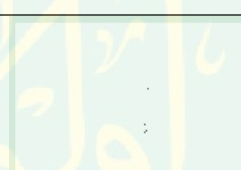
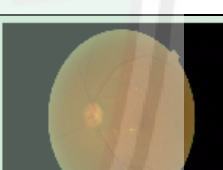



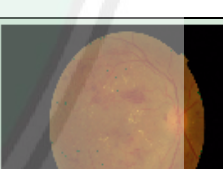
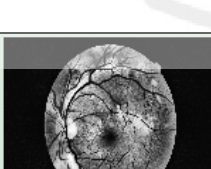


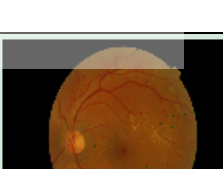
-27.01952896
-0.465758295
-10.47529066
-15.69150129
-15.69417121
-0.718391555
-1.908460986
-14.48229979
1.683409631
0.71890172
0.904961986
0.892807295
0.53282743
0.500818187
0.904961993
10.17378501
1.864785764
23.32774031
44.95040343




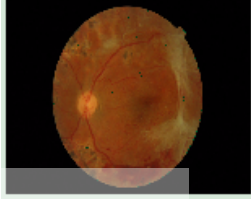
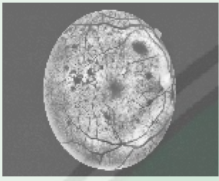


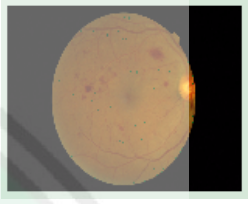
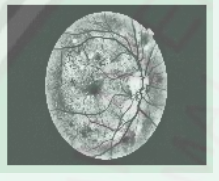


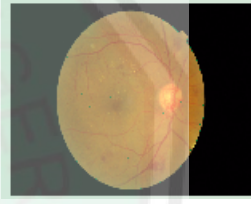
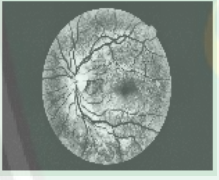


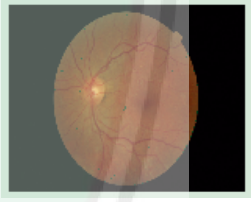
Lampiran IV: Tabel Hasil Identifikasi Uji Coba Program

No	Hasil Identifikasi			Hasil Identifikasi (Output)	Label
	Texture	Microaneurysms	Exudates		
1					2
2					1
3					3
4					2
5					3
6					1

7					1
8					1
9					3
10					1
11					1
12					1
13					1

14					2
15					2
16					1
17					1
18					3
19					2
20					2

21					3
22					3
23					2
24					2
25					3
26					2

27					3
28					3
29					2
30					1

Keterangan:

- Label 1= Normal
- Label 2=NPDR
- Label 3=PDR