



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA

Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

Telepon: +62-31-5947280 (hunting) Faksimile: +62-31-5946114

Laman: <http://www.pens.ac.id> Email: pens@pens.ac.id

Nomor : 3002.01/PL14/TK/2020
Perihal : **Izin Penelitian**

Kepada : Yth. Direktur Rumah Sakit Mata Undaan
Jalan Undaan Kulon No. 19
Surabaya

Dengan hormat,
Dalam rangka penyelesaian Proyek Akhir Mahasiswa Program Studi Diploma IV Teknik Komputer Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Maka bersama ini kami mohon bantuan Bpk/Ibu Direktur Rumah Sakit Mata Undaan, untuk memberikan kesempatan melaksanakan Penelitian kepada mahasiswa kami.

Nama mahasiswa tersebut adalah :

No	Nama	NRP	Judul PA
1.	Dinda Ayu Yunitasari	2210171026	Deteksi Penyakit Glaukoma berdasarkan <i>Cup-to-Disc Ratio</i> pada Citra Fundus Retina

Adapun data penelitian yang akan diambil sebagai berikut :

- Citra Fundus Retina

Demikian atas perhatian dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

Surabaya, 12 Agustus 2020

Ketua Program Studi

Teknik Komputer D4



Riyanto Sigit, ST., M.Kom., Ph.D

NIP 197008111995121001



Proposal Proyek Akhir

DETEKSI PENYAKIT GLAUKOMA BERDASARKAN *CUP-TO-DISC RATIO* PADA CITRA FUNDUS RETINA

Dinda Ayu Yunitasari

NRP. 2210171026

DOSEN PEMBIMBING:

Riyanto Sigit, S.T., M.Kom., Ph.D

NIP. 197008111995121001

Tri Harsono, S.Si., M.Kom., Ph.D

NIP. 196901071994031001

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA**

2020

ABSTRAK

Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO) secara global, pada tahun 2020 diperkirakan jumlah orang yang buta karena glaukoma primer adalah 4,5 juta jiwa. Glaukoma adalah kerusakan saraf mata akibat meningkatnya tekanan pada bola mata yang dapat merusak saraf optik. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah glaukoma adalah deteksi dini melalui skrining retina untuk mendeteksi kondisi mata yang berpotensi mengancam pengelihatannya. *Cup-to-Disc Ratio* adalah indikator yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi glaukoma. Saat ini, evaluasi *cup-to-disc ratio* dilakukan secara manual oleh dokter spesialis mata yang terlatih atau dengan peralatan yang mahal seperti *Heidelberg Retinal Tomography* (HRT) dan *Optical Coherence Tomography* (OCT). Penelitian ini dilakukan untuk membantu dokter spesialis mata dalam melakukan analisa berdasarkan *cup-to-disc ratio* melalui citra fundus dan melakukan klasifikasi penyakit glaukoma dan normal dengan menggunakan pengolahan citra. Tahapan yang dilakukan untuk melakukan klasifikasi pada citra fundus adalah melalui *preprocessing, segmentation, feature extraction* dan *classification*. Direncanakan metode yang akan digunakan pada tahap *preprocessing* adalah dilakukan ROI untuk mengurangi waktu pemrosesan citra dan mempercepat dalam perhitungan *cup-to-disc ratio* dan metode lainnya. Selanjutnya adalah segmentasi untuk memisahkan objek dengan latar belakang menggunakan *K-Means Clustering*. Kemudian adalah memperoleh batasan antara *optic cup* dan *optic disc* menggunakan operasi *ellipse fitting*. Lalu dilakukan ekstraksi fitur untuk mengidentifikasi glaukoma berdasarkan *cup-to-disc-ratio, perimeter*, luas dan rasio kebulatan dari *optic cup* dan *optic disc*. Berikutnya untuk melakukan klasifikasi berdasarkan ciri yang diperoleh menggunakan algoritma *backpropagation*. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat membantu dokter spesialis mata dalam melakukan analisa *cup-to-disc ratio* untuk mempermudah dalam diagnosa penyakit glaukoma.

Kata Kunci : Glaukoma, *cup-to-disc ratio, k-means clustering, ellipse fitting, backpropagation*

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	4
2.1 Kajian Pustaka.....	4
2.1.1 Pentingnya Deteksi Dini untuk Mencegah Glaukoma.....	4
2.1.2 <i>Preprocessing</i> pada Citra Fundus Retina.....	5
2.1.3 Segmentasi pada <i>Optic Cup</i> dan <i>Optic Disc</i>	6
2.1.4 Ekstraksi Fitur untuk Memperoleh Ciri pada Citra.....	8
2.1.5 Klasifikasi untuk Pengelompokkan Data dari Hasil Ekstraksi Ciri.....	9
2.2 Dasar Teori.....	13
2.2.1 Glaukoma.....	13
2.2.2 <i>Cup-to-Disc Ratio</i> (CDR).....	16
2.2.3 <i>Region of Interest</i> (ROI).....	16
2.2.4 Operasi Morfologi.....	17
2.2.5 <i>Sharpening</i>	19
2.2.6 Citra Negatif.....	20
2.2.7 <i>Stretching</i>	21
2.2.8 Ruang Warna HSV.....	23
2.2.9 <i>Median Filter</i>	24
2.2.10 <i>Histogram Equalization</i>	25
2.2.11 <i>K-Means Clustering</i>	26
2.2.12 <i>Ellipse Fitting</i>	26
2.2.13 <i>Convex Hull</i> berbasis <i>Ellipse Optimization</i>	28
2.2.14 Kode Rantai (<i>Chain Code</i>).....	29
2.2.15 Jaringan Syaraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	34

3.1 Rancangan Penelitian.....	34
3.1.1 Studi Literatur	34
3.1.2 Desain dan Perancangan Sistem	35
3.1.3 Pembuatan Sistem.....	41
3.1.4 Pengujian dan Analisa.....	42
3.1.5 Pembuatan Laporan	45
3.2 Prosedur Pengambilan Data	45
3.3 Perencanaan Jadwal	45
PERSONALIA PROYEK AKHIR.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme terjadinya glaukoma	14
Gambar 2. 2 Gambaran pengelihatan penderita glaukoma	14
Gambar 2. 3 Glaukoma Sudut Tertutup dan Terbuka	15
Gambar 2. 4 Gambar Saraf Optik	16
Gambar 2. 5 Ilustrasi Operasi Morfologi – Dilasi	17
Gambar 2. 6 Ilustrasi Operasi Morfologi – Erosi	18
Gambar 2. 7 Ilustrasi Operasi Morfologi – <i>Opening</i>	18
Gambar 2. 8 Ilustrasi Operasi Morfologi – <i>Closing</i>	18
Gambar 2. 9 (a) Citra Asli , (b) Citra setelah penajaman	19
Gambar 2. 10 Citra Mamogram Asal dan Citra Negatif	21
Gambar 2. 11 Grafik Peregangan kontras	22
Gambar 2. 12 Nilai <i>Hue</i> , <i>Saturation</i> , dan <i>Value</i>	23
Gambar 2. 13 Matriks untuk <i>median filtering</i>	24
Gambar 2. 14 Matriks untuk <i>median filtering</i> setelah diurutkan	24
Gambar 2. 15 Grafik Histogram	25
Gambar 2. 16 Contoh dari <i>Convex Hull</i>	28
Gambar 2. 17 <i>Ellipse Fitting</i> pada <i>Optic Cup</i> dan <i>Optic Disc</i>	29
Gambar 2. 18 Kode arah 8-tetangga	30
Gambar 2. 19 Bentuk Objek dan Kode Rantai	30
Gambar 2. 20 Arsitektur jaringan <i>backpropagation</i>	32
Gambar 3. 1 Diagram Metodologi Penelitian	34
Gambar 3. 2 Desain Umum Rancangan Sistem	35
Gambar 3. 3 <i>Optic Cup</i> dan <i>Optic Disc</i>	36
Gambar 3. 4 Diagram Rancangan Sistem	36
Gambar 3. 5 Citra fundus normal (kiri) dan glaukoma (kanan)	37
Gambar 3. 6 <i>Region of Interest</i>	37
Gambar 3. 7 Tahap <i>preprocessing</i> pada <i>optic disc</i>	38
Gambar 3. 8 Tahap <i>preprocessing</i> pada <i>optic cup</i>	39
Gambar 3. 9 Tahap Segmentasi pada <i>Optic Disc</i> dan <i>Optic Cup</i>	40
Gambar 3. 10 Tahap Ekstraksi Fitur	40
Gambar 3. 11 Tahap Klasifikasi	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3. 1 Perencanaan Jadwal Pengerjaan Proyek Akhir.....	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Glaukoma adalah penyebab utama kedua kebutaan setelah katarak. Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO) secara global, pada tahun 2020 diperkirakan bahwa setidaknya 2.2 miliar orang memiliki gangguan penglihatan atau kebutaan, dengan jumlah orang yang diperkirakan buta karena glaukoma primer adalah 4.5 juta, terhitung lebih sedikit 12% dari semua kebutaan global [1]. Glaukoma adalah kerusakan saraf mata akibat meningkatnya tekanan pada bola mata. Meningkatnya tekanan bola mata ini terjadi akibat gangguan pada sistem aliran cairan mata. Seseorang yang menderita kondisi ini dapat merasakan gejala berupa gangguan penglihatan, nyeri pada mata, hingga sakit kepala. Pada dasarnya, mata memiliki sistem aliran cairan mata (*aqueous humour*) ke dalam pembuluh darah. *Aqueous humor* itu sendiri adalah cairan alami yang berfungsi menjaga bentuk mata, memasok nutrisi, dan membersihkan kotoran pada mata. Ketika terjadi gangguan pada sistem aliran cairan ini akan menyebabkan penimbunan cairan *aqueous humour* dan meningkatkan tekanan pada bola mata. Meningkatnya tekanan pada bola mata kemudian dapat merusak saraf optik. Kerusakan pada saraf mata pusat baru akan terjadi dalam jangka waktu yang lama dan semakin lama akan semakin berat. Kerusakan saraf ini menyebabkan penyempitan lapangan pandang yang biasanya bermula dari sisi tepi sehingga penderita tidak mengalami keluhan dalam menjalankan kegiatan sehari-hari. Penyempitan ini terjadi secara bertahap hingga akhirnya penderita hanya seperti melihat dari lubang kunci. Pada tahap selanjutnya glaukoma dapat menyebabkan kebutaan [2].

Meskipun kerusakan glaukoma tidak dapat dipulihkan, deteksi dini dan intervensi medis selanjutnya oleh dokter mata efektif dapat dilakukan dalam memperlambat perkembangan penyakit [3]. Untuk mengindikasikan status dari glaukoma, kepala saraf optik harus dievaluasi. Beberapa teknik digunakan untuk evaluasi kepala saraf optik. Mulai dari *margin optic disc*, *neuroretinal rim*, *cup-to-disc ratio* dan pembuluh darah pada *optic disc* yang merupakan beberapa contoh dari indikator klinik untuk mengevaluasi glaukoma. CDR adalah indikator yang paling banyak digunakan. CDR dihitung menggunakan diameter *optic cup* yang dibagi dengan diameter *optic disc* [4]. Untuk disc normal, CDR dianggap kurang dari 0.5. Jika lebih besar dari 0.5 akan termasuk dalam kasus dari glaukoma [5]. Saat ini, evaluasi CDR dilakukan secara manual oleh dokter spesialis mata yang terlatih atau dengan peralatan yang mahal seperti *Heidelberg Retinal Tomography* (HRT) dan *Optical*

Coherence Tomography (OCT) [6]. Namun, evaluasi CDR oleh dokter mata bersifat subjektif dan ketersediaan HRT sangat terbatas [7].

Pada penelitian proyek akhir ini dimaksudkan untuk mengembangkan suatu sistem yang dapat memperoleh nilai *cup-to-disc ratio* melalui citra fundus serta melakukan klasifikasi pada citra glaukoma dan normal dengan menggunakan pengolahan citra. Direncanakan pada tahap *pre-processing* untuk meningkatkan kualitas citra dengan dilakukan ROI untuk mengurangi waktu komputasi dan mempercepat dalam perhitungan *cup-to-disc-ratio*, dan beberapa metode lainnya. Pada tahap segmentasi untuk memisahkan objek tertentu yang dikehendaki (*foreground*) dengan objek lain yang tidak dikehendaki (*background*) dengan metode yang digunakan adalah *K-Means Clustering*. Untuk memperoleh batasan *optic cup* dan *optic disc* menggunakan operasi *ellipse fitting*. Kemudian dilanjutkan dengan ekstraksi fitur untuk memperoleh ciri yang digunakan sebagai pembeda antara *optic cup* dan *optic disc* menggunakan hasil perhitungan *cup-to-disc ratio*, ditambah dengan *perimeter*, luas dan rasio kebulatan dari *optic cup* dan *disc*. Selanjutnya pada tahap klasifikasi untuk mengklasifikasi objek berdasarkan karakteristik ciri-ciri yang diberikan dengan menggunakan *neural network* dengan algoritma *backpropagation* untuk menentukan keputusan glaukoma dan normal. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat membantu dokter spesialis mata dalam melakukan perhitungan nilai *cup-to-disc ratio* dari citra fundus secara otomatis dengan proses komputasi yang cepat untuk mempermudah dalam mendiagnosa penyakit glaukoma.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini, terdapat beberapa perumusan masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Bagaimana cara melakukan *preprocessing* pada citra fundus retina?
2. Bagaimana cara melakukan segmentasi pada *optic cup* dan *optic disc* hasil dari *preprocessing*?
3. Bagaimana cara memperoleh nilai *cup-to-disc ratio* setelah proses segmentasi?
4. Bagaimana cara melakukan ekstraksi fitur untuk memperoleh karakteristik dari glaukoma?
5. Bagaimana cara menentukan apakah citra fundus tersebut mengalami glaukoma maupun normal?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah yang diambil untuk penyelesaian sistem. Beberapa batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut ;

1. Citra yang digunakan adalah citra fundus retina pada penderita glaukoma.
2. Sistem yang digunakan hanya dapat menentukan keputusan glaukoma dan normal.
3. Sistem akan mendeteksi adanya glaukoma ataupun normal berdasarkan *cup-to-disc ratio* sebagai parameter utamanya.
4. Sistem dijalankan secara *offline*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Melakukan *preprocessing* untuk meningkatkan kualitas citra menggunakan *Region of Interest* serta memperbaiki citra menggunakan metode *color enhancement*.
2. Melakukan segmentasi untuk memisahkan objek dengan latar belakang menggunakan metode *K-Means Clustering*.
3. Memperoleh nilai *cup-to-disc ratio* berdasarkan hasil yang diperoleh dari batasan *optic disc* dan *optic cup* menggunakan algoritma *ellipse fitting*.
4. Melakukan ekstraksi fitur untuk memperoleh ciri dari citra menggunakan metode *chain code*.
5. Melakukan klasifikasi pada citra fundus retina yang mengalami glaukoma dan normal menggunakan *neural network* dengan algoritma *backpropagation*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai inovasi dalam teknologi *medical imaging* untuk mendeteksi glaukoma
2. Membantu dokter spesialis mata dalam melakukan perhitungan nilai *cup-to-disc ratio* secara otomatis untuk identifikasi glaukoma
3. Meminimalisir kesalahan dalam akurasi data akibat faktor *human error* dan kelelahan dokter.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Pentingnya Deteksi Dini untuk Mencegah Glaukoma

Pada tahun 2018, Y. Jiang, H. Xia, Y. Xu, dkk, melakukan penelitian yang berjudul *Optic Disc and Cup Segmentation with Blood Vessel Removal from Fundus Image for Glaucoma Detection*. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa glaukoma adalah salah satu penyakit mata paling parah yang dapat menyebabkan kebutaan permanen. Penelitian ini menyebutkan bahwa *cup-to-disc-ratio* adalah indikator yang berguna untuk mendeteksi glaukoma. Karena dalam segmentasi *optic cup* dan *optic disc* secara manual memakan waktu dan membutuhkan keahlian dari dokter mata, penelitian ini mengusulkan dua pendekatan untuk segmentasi *optic cup* dan *optic disc*. Dengan mengasumsikan *optic cup* dan *optic disc* adalah *ellipse* standart dan dikonversi menjadi pendeteksian objek yang lebih mudah. Pendekatan tersebut adalah *DeepVessel* yang digunakan untuk mengekstraksi pembuluh darah dari citra fundus dan untuk mendeteksi *optic disc* dan *optic cup* dengan segmentasi yang terpisah untuk menghasilkan *Region of Interest (ROI)* dengan metode *Faster R-CNN* [8].

Pada tahun 2015, Abhisek Dey dan K. Bandyopadhyay melakukan penelitian yang berjudul *Automated Glaucoma Detection Using Support Vector Machine Classification Method*. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa glaukoma adalah penyebab utama kebutaan didunia jika tidak terdeteksi dan diobati pada waktu yang tepat. Dengan adanya analisis mata secara manual memakan waktu dan keakuratan pengukuran parameter juga bervariasi dengan dokter yang berbeda. Penggunaan OCT dan HRT dalam mendeteksi glaukoma membutuhkan biaya yang mahal, sebagai alternatif banyak dokter mata yang menggunakan kamera fundus untuk mendiagnosis glaukoma. Pada penelitian ini menyajikan metode baru untuk mendeteksi glaukoma menggunakan gambar fundus digital, yang pada awalnya citra fundus mata dilakukan *pre-processing*, kemudian menggunakan metode PCA (*Principal Component Analysis*) untuk mengekstraksi fitur dari gambar yang diproses, selanjutnya gambar dimodifikasi dalam *classifier Support Vector Machine (SVM)* untuk membedakan antara mata normal dan mata terkena glaukoma [9].

Pada tahun 2013, Chalinee, Kongpraewechnon, Kondo, dkk melakukan penelitian yang berjudul *Image Processing Techniques for Glaucoma Detection Using the Cup-to-*

Saluran *Hue* dan *Saturation* serta saluran warna olahan disatukan untuk pemrosesan lebih lanjut untuk segmentasi *optic cup* [6].

Pada tahun 2014, Ahmad, Yamin, Shakeel dkk melakukan penelitian yang berjudul *Detection of Glaucoma Using Retinal Fundus Images*. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa area optic disc adalah area yang paling terang sehingga dianggap sebagai ROI. ROI dari dataset dipotong menggunakan nilai intensitas kemudian diubah ukurannya menjadi 256 x 256. Pada *preprocessing optic disc* gambar dikonversi menjadi HSV kemudian menggunakan ruang *Value* karena memiliki kontras yang lebih baik dari ruang warna HSV dilakukan binarisasi dan operasi morfologi dilasi dan erosi untuk menghapus pembuluh darah pada area sekitar *optic disc*. Selanjutnya pada *optic cup*, gambar ROI RGB diproses untuk dikonversi menjadi *grayscale image* kemudian dilakukan binarisasi dan dilanjutkan operasi morfologi dilasi dan erosi untuk menghapus pembuluh darah di sekitar retina [5].

Pada tahun 2018, Muthmainah, Nugroho dan Windhuratna melakukan penelitian yang berjudul *Analysis of Retinal Fundus Images for Classification of Glaucoma*. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai teknik *preprocessing* yang diusulkan adalah dilakukannya *Region of Interest (ROI)* untuk melokalisasi citra, selanjutnya citra ditingkatkan kontrasnya dari citra grayscale menggunakan CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*) kemudian dilokalisasi menggunakan *average filter* yang diimplementasikan dengan rata-rata nilai semua piksel kemudian mengganti nilai piksel pusat dengan rata-rata dari semua nilai [11].

2.1.3 Segmentasi pada *Optic Cup* dan *Optic Disc*

Pada tahun 2017, Kavya N dan Padmaja K melakukan penelitian yang berjudul *Glaucoma Detection Using Texture Features Extraction*. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai penggunaan *k-means clustering* untuk segmentasi *optic disc*. *K-means clustering* adalah metode yang digunakan untuk mensegmentasi gambar dengan membuat berbagai kluster. Setiap kluster berisi informasi berbeda tentang gambar. Proses partisi dilibatkan dalam metode *k-means clustering*. *K* adalah jumlah kluster atau juga disebut sebagai *centroid* yang harus dibuat dan saling eksklusif. Pengamatan nyata digunakan dalam *K mean clustering*, dan cocok untuk data besar. Selanjutnya adalah mendeteksi *optic disc* menggunakan metode *Circular Hough Transform* untuk mendapatkan bentuk lingkaran dari gambar. Pusat koordinat dan jari-jari diperoleh dari bentuk lingkaran. Jari-jari terbatas pada rentang minimum dan maksimum dan semua lingkaran memperoleh

Disc Ratio. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa glaukoma adalah penyebab utama kedua kebutaan permanen di seluruh dunia. Deteksi dini glaukoma dapat membatasi perkembangan penyakit. *Cup-to-Disc Ratio* adalah salah satu indikator klinis penting glaukoma, saat ini ditentukan secara manual oleh dokter spesialis mata terlatih, membatasi potensinya dalam skrining massal untuk deteksi dini. Pada penelitian ini mengusulkan metode untuk menghitung CDR secara otomatis dari foto fundus retina dan mengekstrak *disc* dari citra secara otomatis menggunakan metode deteksi tepi dan metode *level-set variational*. Untuk memperoleh batasan menggunakan operasi *ellipse fitting* [10].

2.1.2 *Preprocessing* pada Citra Fundus Retina

Pada tahun 2016, J. Ayub, J. Ahmad, L. Aziz, dkk melakukan penelitian yang berjudul *Glaucoma Detection through Optic Disc and Cup Segmentation using K-mean Clustering*. Pada penelitian ini metode *preprocessing* yang digunakan pada *optic disc* dan *optic cup* berbeda. Yang pertama dilakukan adalah melakukan ROI (*Region of Interest*) pada citra fundus yang akan membentuk gambar kecil pada area *optic disc* dan akan mempercepat dalam perhitungan *cup-to-disc ratio*. Selanjutnya pada *pre-processing optic disc* gambar ROI yang diperoleh yang masih dalam bentuk RGB, pada saluran Merah dilakukan operasi morfologi *opening* yang diikuti dengan operasi morfologi *closing* yang digunakan untuk menghapus pembuluh darah. Selanjutnya pada saluran hijau dan biru dilakukan operasi *sharpening* yang digunakan untuk mempertajam tepi *optic disc*. Setelah melalui operasi tersebut citra RGB dikonversi ke HSV. Ruang warna HSV digunakan karena mendekati warna seperti mata manusia. Pada saluran *Value*, dilakukan operasi *equalization* yang digunakan untuk menyesuaikan nilai intensitas. Setelah melakukan *pre-processing* pada *optic disc* dilanjutkan pada *optic cup*, dengan menggunakan citra hasil ROI, pada saluran hijau dilakukan operasi transformasi *inverse* dan diikuti dengan operasi morfologi. Selanjutnya dilakukan operasi *stretching* yang digunakan untuk visualisasi *optic cup* yang lebih baik dibandingkan dengan *optic disc*. Kemudian, citra RGB yang telah melewati proses tersebut dikonversi menjadi HSV. Pada ruang warna *Saturation*, digunakan untuk melakukan operasi *median filtering*. Operasi ini dilakukan pada ruang warna *Saturation* untuk mengeluarkan spekel *noise*. Sebagian operasi *filtering* digunakan untuk meningkatkan atau mengurangi detail tertentu dari citra fundus. Ini bekerja dengan mengkategorikan semua piksel sesuai dengan nilai kecerahannya dalam urutan menaik dan kemudian nilai tengah dipilih sebagai median.

rentang tersebut. Koordinat lingkaran dan jari-jari dalam rentang akan menjadi output. Pusat dan jari-jari yang diperoleh menggunakan *Transformasi Hough*. Dengan nilai ini, *optic disc* diekstraksi menggunakan operasi matematika sederhana [12].

Pada tahun 2017, H.A. Nugroho, Oktoeberza, Erasari dkk, melakukan penelitian yang berjudul *Segmentation of Optic Disc and Optic Cup in Colour Fundus Image Based in Morphological Reconstruction*. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai metode segmentasi yang diusulkan yaitu kombinasi *morphological reconstruction* dengan *active contour* yang berdasarkan algoritma *Chan-Vese*. Dimana terdiri dari dua gambar yaitu *marker* dan *mask* dan elemen terstruktur terlibat pada proses morfologi rekonstruksi. Pada *marker image* akan dilebarkan berdasarkan elemen penataan yang digunakan sampai stabilitas tercapai. Hal ini terjadi setelah *contour* dari *marker image* cocok dengan *mask image*. Morfologi rekonstruksi berdasarkan pada operasi dilasi pada *optic disc*, pada *optic cup* sama seperti pada *optic disc* akan tetapi setelah operasi dilasi dilakukan operasi *thresholding*. Kemudian untuk memperoleh hasil segmentasi terbaik dilakukan operasi *Convex Hull* [13].

Pada tahun 2016, Tulasigeri dan Irulappan melakukan penelitian yang berjudul *An Advanced thresholding algorithm for diagnosis of glaucoma in fundus images*. Pada penelitian ini menjelaskan dalam proses segmentasi menerapkan median filter untuk blur dan menghapus *noise* dan memilih nilai ambang dari histogram abu-abu kemudian melakukan segmentasi berdasarkan nilai ambang yang dipilih. Selanjutnya menggunakan *watershed* untuk proses segmentasi pada *disc area*. Dan area pada *disc* dapat dihitung dengan menghitung piksel yang terdapat pada area *disc*. Pada segmentasi *optic cup* digunakan metode *watershed*. *Optic cup* tersegmentasi dan diperoleh sepenuhnya dari operasi morfologi dimana menggunakan operasi *closing* dengan menggunakan elemen structural *disc* selanjutnya operasi *opening* dilakukan pada gambar penutup. Area *optic cup* dihitung dengan menghitung jumlah piksel yang ada dalam *optic cup* [14].

Pada tahun 2012, A Murthi dan M Madheswaran melakukan penelitian dengan judul *Enhancement of Optic Cup to Disc Ratio Detection In Glaucoma Diagnosis*. Penelitian ini menjelaskan untuk segmentasi *disc* menggunakan saluran warna yang optimal sebagaimana yang ditentukan oleh analisis histogram warna dan analisis tepi, dan segmentasi *cup* karena adanya banyak pembuluh darah yang melintasi batasan *optic cup* digunakan teknik pemrosesan gambar yang lebih kuat yang digunakan untuk mensegmen *cup*, untuk menghilangkan batasan pada *cup* yang mengalami perubahan menggunakan *ellipse fitting*. CDR secara konsekuen diperoleh berdasarkan ketinggian *cup* dan *disc*

yang terdeteksi. Dengan berdasarkan *pada Least Square Fitting* yang mengasumsikan bahwa jenis kurva yang paling cocok digunakan adalah kurva yang memiliki jumlah minimal penyimpangan kuadrat dari titik data yang diberikan. Dengan persamaan *convex hull* dapat digunakan untuk memilih poin fitur disekitar wilayah cup neuro-retina. Dengan menggunakan titik fitur yang dipilih dari set piksel *convex hull* akan sesuai dengan *ellipse cup* dan sistem dapat menghasilkan cup neuro-retina yang lebih realistis [3].

2.1.4 Ekstraksi Fitur untuk Memperoleh Ciri pada Citra

Pada tahun 2016, Ri Munarto, Endi Permata dan Indra Ginanjar melakukan penelitian dengan judul *Klasifikasi Glaukoma Menggunakan Cup to Disc Ratio dan Neural Network*. Penelitian ini menjelaskan bahawa ekstraksi ciri merupakan suatu pengambilan ciri dari suatu bentuk dimana nilai yang didapatkan akan dianalisis untuk proses jaringan syaraf tiruan. Metode ekstraksi ciri yang digunakan pada penelitian ini adalah operasi morfologi. Operasi morfologi sebagai metode untuk mendeskripsikan atau menganalisa bentuk dari sebuah objek. Objeknya adalah *optic cup* dan *optic disc*. Ekstraksi fitur ini menggunakan hasil perhitungan *cup-to-disc ratio*, *perimeter*, luas dan *centroid* dari *optic cup* dan *optic disc*. Ketujuh parameter tersebut ternyata cukup untuk membedakan ketiga kelas penyakit *mild glaucoma*, *moderate glaucoma* dan *severe glaucoma* yang diklasifikasi [7].

Pada tahun 2016, Ahmad M, Handayani T, dan Bilqis A melakukan penelitian dengan judul *Deteksi Penyakit Glaukoma pada Citra Fundus Retina Mata Menggunakan Adaptive Thresholding dan Support Vector Machine*. Penelitian ini menggunakan fitur yang dipakai adalah *cup-to-disc ratio* yang merupakan perhitungan yang diperoleh dari segi diameter *vertical*, diameter *horizontal* dan luas, ISNT yang merupakan daerah pada *optic disc* yang terdiri dari (*Inferior*, *Superior*, *Nasal* dan *Temporal*) untuk ISNT *Neuro Retinal Rim* yang merupakan daerah yang tersisa jika daerah *optic cup* dihapus dari *optic disc*. Nilai ISNT dari NRR digunakan untuk mengukur kerusakan pada *optic disc* dan ISNT Pembuluh darah merupakan nilai yang dapat digunakan untuk mengukur kerusakan dari *optic disc* [15].

Pada tahun 2015, Hendro Nugroho melakukan penelitian yang berjudul *Aplikasi Penghitungan Ukuran Fitur Bidang Citra Pada Objek Peninggalan Sejarah di Trowulan Mojokerto*. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai penghitungan ukuran fitur bidang citra pada objek peninggalan sejarah di Trowulan Mojokerto. Untuk penghitungan fitur bidang citra yang diambil adalah panjang, lebar, luas, perimeter, rasio kebulatan, rasio kerampingan dan pusat massa (*centroid*). Untuk algoritma yang diusulkan menggunakan kode rantai (*chain code*) [16].

2.1.5 Klasifikasi untuk Pengelompokan Data dari Hasil Ekstraksi Ciri

Pada tahun 2015, W. Ruengkitpinyo, P.Vejjanugraha, W.Kongprawechnon, dkk melakukan penelitian dengan judul *An Automatic Glaucoma Screening Algorithm using Cup-to-Disc Ratio and ISNT rule with Support Vector Machine*. Penelitian ini menjelaskan Untuk makalah ini, dukungan mesin vektor (SVM) digunakan untuk klasifikasi biner antara glaukoma dan non-glaukoma. Fitur *input* penting untuk memilih fungsi kernel dan juga waktu yang dibutuhkan untuk proses *training*. 9 fitur diekstraksi dari langkah sebelumnya dan digunakan sebagai fitur input; *cup* optik vertikal (*Cup V*), optik *vertical disc* (*Disc V*), CDR vertikal (*CDR V*), lebar *Inferior* yang lebih rendah wilayah (*I*), wilayah *Superior* (*S*), wilayah *Nassal* (*N*), *I / S*, *I / N*, dan *S / N*. Berdasarkan aturan ISNT, tiga fitur terakhir (*I / S*, *I / N*, dan *S / N*) harus lebih dari satu untuk mata non-glaukoma. Data input dipisahkan menjadi 2 kelas dan menetapkan target menjadi 0 (glaukoma) dan 1 (non-glaukoma). Lalu sebuah *classifier* dihasilkan dan itu akan diuji dengan validasi silang 10 kali lipat teknik. 10% dari kumpulan data dipilih secara acak sebagai pengujian set sementara 90% lainnya ditugaskan sebagai set pelatihan. Proses ini diulang 10 kali. Akhirnya, kumpulan data diklasifikasikan dan dijelaskan dalam bentuk *matrix confusion*. [4].

Pada tahun 2016, Bithi dan Mehedi melakukan penelitian yang berjudul *A New Approach of Detection and Segmentation of Blood Vessels for the Classification of Healthy and Diseased Retinal Images*. Pada penelitian ini menjelaskan dalam melakukan klasifikasi citra fundus beresolusi tinggi (HRF) untuk mendeteksi adanya diabetik retinopati, glaukoma dan kondisi sehat menggunakan pengklasifikasi jaringan syaraf tiruan dengan algoritma *backpropagation*. Pada algoritma ini menyajikan saraf struktur otak dengan jaringan berdasarkan "neuron" yang menunjukkan tiga lapisan yaitu *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. Dalam proses pelatihan menggunakan aturan delta, yaitu menghitung perbedaan antara output aktual dan output yang diinginkan. Dengan menggunakan *error* ini, bobot koneksi antara lapisan adalah meningkat sebanding dengan *error times*. Dalam klasifikasi ini citra diidentifikasi apakah citra retina tersebut sehat atau sakit [17].

Pada tahun 2015, Fondon, Valverde, Sarmiento, dkk melakukan penelitian yang berjudul *Automatic Optic Cup Segmentation Algorithm for Retinal Fundus Images based on Random Forest Classifier*. Pada penelitian ini menjelaskan penggunaan vektor fitur yang berfungsi sebagai input untuk pengklasifikasi yang dibuat dengan kelengkungan, warna piksel kandidat dan lokasi relatif terhadap pusat *optic disc*. Metode klasifikasi yang digunakan adalah *Random Forest*. Setelah vektor fitur dimasukkan dalam pengelompokan random forest, semua

tree (N) pada forest mengklasifikasikan vektor *input* berdasarkan nomor spesifik (*m*) fitur yang dipilih secara acak dari vektor fitur *input* pada setiap pemisahan keputusan. Klasifikasi akhir ditentukan dengan mengambil suara terbanyak atas seluruh *forest*. Keunggulan klasifikasi ini adalah rendahnya jumlah parameter yang harus diperbaiki. Metode berakhir dengan menggabungkan piksel dengan *fitting* lingkaran yang bergabung dan menghaluskan batas wilayah akhir [18].

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Keterangan
1.	J. Ayub, J. Ahmad, L. Aziz, dkk (2016)	<i>Glaucoma Detection through Optic Disc and Cup Segmentation using K-mean Clustering.</i>	Pada penelitian ini pada hasil akhirnya hanya membandingkan nilai cdr klinis dengan cdr yang diperoleh dari sistem kemudian menghitung error keduanya tanpa adanya keputusan apakah citra tersebut glaukoma atau normal dengan menggunakan cdr hanya menggunakan <i>matrix confusion</i> yang dimana melakukan pengukuran dengan cara menggunakan tabel klasifikasi yang bersifat prediktif.
2.	Ahmad, Yamin, Shakeel dkk (2014)	<i>Detection of Glaucoma Using Retinal Fundus Images</i>	Pada penelitian ini hanya menampilkan nilai akurasi sistem yang diusulkan dan tidak mengklasifikasikan apakah citra tersebut normal atau glaukoma berdasarkan parameter yang digunakan seperti <i>cup-to-disc ratio</i> , <i>area ratio of NRR</i> pada kuadran ISNT. Pada sistem ini menunjukkan hasil akurasi sistem mencapai 97.5% dengan waktu komputasi sebesar 0.8141 s.
3.	Muthmainah, Nugroho dan Windhuratna (2018)	<i>Analysis of Retinal Fundus Images for Classification of Glaucoma</i>	Pada penelitian ini hanya melakukan proses menggunakan optic disc saja dalam melakukan proses klasifikasi untuk menghasilkan keputusan normal atau glaukoma. Metode yang diusulkan menggunakan 4 jenis metode pengklasifikasi yaitu <i>support vector machine</i> , <i>k-nearest neighbors</i> , <i>linear</i>

			dan memberikan hasil terbaik. Namun, kasus <i>False Positive</i> dan <i>False Negative</i> masih keluar sehingga perlu ditambahkan banyak fitur <i>input</i> untuk membantu mengurangi kasus <i>false positive</i> dan <i>false negative</i> .
11.	Bithi dan Mehedi (2016)	<i>A New Approach of Detection and Segmentation of Blood Vessels for the Classification of Healthy and Diseased Retinal Images</i>	Pada penelitian ini digunakan untuk mendeteksi diabetik retinopati, glaukoma dan citra retina yang sehat, dan dalam pendeteksian glaukoma tidak menggunakan <i>cup-to-disc ratio</i> sebagai indikator dalam menentukan citra tersebut glaukoma, untuk fitur yang digunakan untuk membedakan ciri dari citra hanya menggunakan ekstraksi fitur tekstur menggunakan GLCM pada ketiga jenis citra tersebut. Pada penelitian ini disarankan menggunakan metode klasifikasi yang lain seperti KNN dan SVM untuk evaluasi dari akurasi pendeteksian penyakit
12.	Fondon, Valverde, Sarmiento, dkk (2015)	<i>Automatic Optic Cup Segmentation Algorithm for Retinal Fundus Images based on Random Forest Classifier</i>	Pada penelitian ini melakukan segmentasi <i>optic cup</i> dengan mentransformasikan citra RGB menjadi <i>CIECAM02 JCh (lightness, chroma dan hue)</i> pada ruang warna kemudian menggunakan kandidat piksel dari tepi <i>optic cup</i> dalam proses segmentasi, dalam penelitian ini tidak menghapus pembuluh darah terlebih dahulu dalam melakukan segmentasi <i>optic cup</i> sehingga informasi dari pembuluh darah disekitar <i>optic cup</i> digunakan dalam proses segmentasi.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Glaukoma

Glaukoma merupakan penyakit kerusakan pada saraf mata yang menyebabkan menyempitnya lapangan pandang dan hilangnya fungsi pengelihatannya. Faktor risiko utama yang



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA

Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

Telepon: +62-31-5947280 (hunting) Faksimile: +62-31-5946114

Laman: <http://www.pens.ac.id> Email: pens@pens.ac.id

Nomor : 3002.01/PL14/TK/2020
Perihal : **Izin Penelitian**

Kepada : Yth. Direktur Rumah Sakit Mata Undaan
Jalan Undaan Kulon No. 19
Surabaya

Dengan hormat,
Dalam rangka penyelesaian Proyek Akhir Mahasiswa Program Studi Diploma IV Teknik Komputer Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Maka bersama ini kami mohon bantuan Bpk/Ibu Direktur Rumah Sakit Mata Undaan, untuk memberikan kesempatan melaksanakan Penelitian kepada mahasiswa kami.

Nama mahasiswa tersebut adalah :

No	Nama	NRP	Judul PA
1.	Dinda Ayu Yunitasari	2210171026	Deteksi Penyakit Glaukoma berdasarkan <i>Cup-to-Disc Ratio</i> pada Citra Fundus Retina

Adapun data penelitian yang akan diambil sebagai berikut :

- Citra Fundus Retina

Demikian atas perhatian dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

Surabaya, 12 Agustus 2020

Ketua Program Studi

Teknik Komputer D4



Riyanto Sigit, ST., M.Kom., Ph.D

NIP 197008111995121001



Proposal Proyek Akhir

DETEKSI PENYAKIT GLAUKOMA BERDASARKAN *CUP-TO-DISC RATIO* PADA CITRA FUNDUS RETINA

Dinda Ayu Yunitasari

NRP. 2210171026

DOSEN PEMBIMBING:

Riyanto Sigit, S.T., M.Kom., Ph.D

NIP. 197008111995121001

Tri Harsono, S.Si., M.Kom., Ph.D

NIP. 196901071994031001

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA**

2020

ABSTRAK

Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO) secara global, pada tahun 2020 diperkirakan jumlah orang yang buta karena glaukoma primer adalah 4,5 juta jiwa. Glaukoma adalah kerusakan saraf mata akibat meningkatnya tekanan pada bola mata yang dapat merusak saraf optik. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah glaukoma adalah deteksi dini melalui skrining retina untuk mendeteksi kondisi mata yang berpotensi mengancam pengelihatannya. *Cup-to-Disc Ratio* adalah indikator yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi glaukoma. Saat ini, evaluasi *cup-to-disc ratio* dilakukan secara manual oleh dokter spesialis mata yang terlatih atau dengan peralatan yang mahal seperti *Heidelberg Retinal Tomography* (HRT) dan *Optical Coherence Tomography* (OCT). Penelitian ini dilakukan untuk membantu dokter spesialis mata dalam melakukan analisa berdasarkan *cup-to-disc ratio* melalui citra fundus dan melakukan klasifikasi penyakit glaukoma dan normal dengan menggunakan pengolahan citra. Tahapan yang dilakukan untuk melakukan klasifikasi pada citra fundus adalah melalui *preprocessing*, *segmentation*, *feature extraction* dan *classification*. Direncanakan metode yang akan digunakan pada tahap *preprocessing* adalah dilakukan ROI untuk mengurangi waktu pemrosesan citra dan mempercepat dalam perhitungan *cup-to-disc ratio* dan metode lainnya. Selanjutnya adalah segmentasi untuk memisahkan objek dengan latar belakang menggunakan *K-Means Clustering*. Kemudian adalah memperoleh batasan antara *optic cup* dan *optic disc* menggunakan operasi *ellipse fitting*. Lalu dilakukan ekstraksi fitur untuk mengidentifikasi glaukoma berdasarkan *cup-to-disc-ratio*, *perimeter*, luas dan rasio kebulatan dari *optic cup* dan *optic disc*. Berikutnya untuk melakukan klasifikasi berdasarkan ciri yang diperoleh menggunakan algoritma *backpropagation*. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat membantu dokter spesialis mata dalam melakukan analisa *cup-to-disc ratio* untuk mempermudah dalam diagnosa penyakit glaukoma.

Kata Kunci : Glaukoma, *cup-to-disc ratio*, *k-means clustering*, *ellipse fitting*, *backpropagation*

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.1.1 Pentingnya Deteksi Dini untuk Mencegah Glaukoma	4
2.1.2 <i>Preprocessing</i> pada Citra Fundus Retina	5
2.1.3 Segmentasi pada <i>Optic Cup</i> dan <i>Optic Disc</i>	6
2.1.4 Ekstraksi Fitur untuk Memperoleh Ciri pada Citra	8
2.1.5 Klasifikasi untuk Pengelompokan Data dari Hasil Ekstraksi Ciri	9
2.2 Dasar Teori	13
2.2.1 Glaukoma	13
2.2.2 <i>Cup-to-Disc Ratio</i> (CDR)	16
2.2.3 <i>Region of Interest</i> (ROI)	16
2.2.4 Operasi Morfologi	17
2.2.5 <i>Sharpening</i>	19
2.2.6 Citra Negatif	20
2.2.7 <i>Stretching</i>	21
2.2.8 Ruang Warna HSV	23
2.2.9 <i>Median Filter</i>	24
2.2.10 <i>Histogram Equalization</i>	25
2.2.11 <i>K-Means Clustering</i>	26
2.2.12 <i>Ellipse Fitting</i>	26
2.2.13 <i>Convex Hull</i> berbasis <i>Ellipse Optimization</i>	28
2.2.14 Kode Rantai (<i>Chain Code</i>)	29
2.2.15 Jaringan Syaraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	34

3.1 Rancangan Penelitian	34
3.1.1 Studi Literatur	34
3.1.2 Desain dan Perancangan Sistem	35
3.1.3 Pembuatan Sistem	41
3.1.4 Pengujian dan Analisa	42
3.1.5 Pembuatan Laporan	45
3.2 Prosedur Pengambilan Data	45
3.3 Perencanaan Jadwal	45
PERSONALIA PROYEK AKHIR	46
DAFTAR PUSTAKA	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme terjadinya glaukoma	14
Gambar 2. 2 Gambaran pengelihatan penderita glaukoma	14
Gambar 2. 3 Glaukoma Sudut Tertutup dan Terbuka	15
Gambar 2. 4 Gambar Saraf Optik	16
Gambar 2. 5 Ilustrasi Operasi Morfologi – Dilasi	17
Gambar 2. 6 Ilustrasi Operasi Morfologi – Erosi	18
Gambar 2. 7 Ilustrasi Operasi Morfologi – <i>Opening</i>	18
Gambar 2. 8 Ilustrasi Operasi Morfologi – <i>Closing</i>	18
Gambar 2. 9 (a) Citra Asli , (b) Citra setelah penajaman	19
Gambar 2. 10 Citra Mamogram Asal dan Citra Negatif	21
Gambar 2. 11 Grafik Peregangan kontras	22
Gambar 2. 12 Nilai <i>Hue</i> , <i>Saturation</i> , dan <i>Value</i>	23
Gambar 2. 13 Matriks untuk <i>median filtering</i>	24
Gambar 2. 14 Matriks untuk <i>median filtering</i> setelah diurutkan	24
Gambar 2. 15 Grafik Histogram	25
Gambar 2. 16 Contoh dari <i>Convex Hull</i>	28
Gambar 2. 17 <i>Ellipse Fitting</i> pada <i>Optic Cup</i> dan <i>Optic Disc</i>	29
Gambar 2. 18 Kode arah 8-tetangga	30
Gambar 2. 19 Bentuk Objek dan Kode Rantai	30
Gambar 2. 20 Arsitektur jaringan <i>backpropagation</i>	32
Gambar 3. 1 Diagram Metodologi Penelitian	34
Gambar 3. 2 Desain Umum Rancangan Sistem	35
Gambar 3. 3 <i>Optic Cup</i> dan <i>Optic Disc</i>	36
Gambar 3. 4 Diagram Rancangan Sistem	36
Gambar 3. 5 Citra fundus normal (kiri) dan glaukoma (kanan)	37
Gambar 3. 6 <i>Region of Interest</i>	37
Gambar 3. 7 Tahap <i>preprocessing</i> pada <i>optic disc</i>	38
Gambar 3. 8 Tahap <i>preprocessing</i> pada <i>optic cup</i>	39
Gambar 3. 9 Tahap Segmentasi pada <i>Optic Disc</i> dan <i>Optic Cup</i>	40
Gambar 3. 10 Tahap Ekstraksi Fitur	40
Gambar 3. 11 Tahap Klasifikasi	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3. 1 Perencanaan Jadwal Pengerjaan Proyek Akhir	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Glaukoma adalah penyebab utama kedua kebutaan setelah katarak. Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO) secara global, pada tahun 2020 diperkirakan bahwa setidaknya 2.2 miliar orang memiliki gangguan penglihatan atau kebutaan, dengan jumlah orang yang diperkirakan buta karena glaukoma primer adalah 4.5 juta, terhitung lebih sedikit 12% dari semua kebutaan global [1]. Glaukoma adalah kerusakan saraf mata akibat meningkatnya tekanan pada bola mata. Meningkatnya tekanan bola mata ini terjadi akibat gangguan pada sistem aliran cairan mata. Seseorang yang menderita kondisi ini dapat merasakan gejala berupa gangguan penglihatan, nyeri pada mata, hingga sakit kepala. Pada dasarnya, mata memiliki sistem aliran cairan mata (*aqueous humour*) ke dalam pembuluh darah. *Aqueous humor* itu sendiri adalah cairan alami yang berfungsi menjaga bentuk mata, memasok nutrisi, dan membersihkan kotoran pada mata. Ketika terjadi gangguan pada sistem aliran cairan ini akan menyebabkan penimbunan cairan *aqueous humour* dan meningkatkan tekanan pada bola mata. Meningkatnya tekanan pada bola mata kemudian dapat merusak saraf optik. Kerusakan pada saraf mata pusat baru akan terjadi dalam jangka waktu yang lama dan semakin lama akan semakin berat. Kerusakan saraf ini menyebabkan penyempitan lapangan pandang yang biasanya bermula dari sisi tepi sehingga penderita tidak mengalami keluhan dalam menjalankan kegiatan sehari-hari. Penyempitan ini terjadi secara bertahap hingga akhirnya penderita hanya seperti melihat dari lubang kunci. Pada tahap selanjutnya glaukoma dapat menyebabkan kebutaan [2].

Meskipun kerusakan glaukoma tidak dapat dipulihkan, deteksi dini dan intervensi medis selanjutnya oleh dokter mata efektif dapat dilakukan dalam memperlambat perkembangan penyakit [3]. Untuk mengindikasikan status dari glaukoma, kepala saraf optik harus dievaluasi. Beberapa teknik digunakan untuk evaluasi kepala saraf optik. Mulai dari *margin optic disc*, *neuroretinal rim*, *cup-to-disc ratio* dan pembuluh darah pada *optic disc* yang merupakan beberapa contoh dari indikator klinik untuk mengevaluasi glaukoma. CDR adalah indikator yang paling banyak digunakan. CDR dihitung menggunakan diameter *optic cup* yang dibagi dengan diameter *optic disc* [4]. Untuk disc normal, CDR dianggap kurang dari 0.5. Jika lebih besar dari 0.5 akan termasuk dalam kasus dari glaukoma [5]. Saat ini, evaluasi CDR dilakukan secara manual oleh dokter spesialis mata yang terlatih atau dengan peralatan yang mahal seperti *Heidelberg Retinal Tomography* (HRT) dan *Optical*

Coherence Tomography (OCT) [6]. Namun, evaluasi CDR oleh dokter mata bersifat subjektif dan ketersediaan HRT sangat terbatas [7].

Pada penelitian proyek akhir ini dimaksudkan untuk mengembangkan suatu sistem yang dapat memperoleh nilai *cup-to-disc ratio* melalui citra fundus serta melakukan klasifikasi pada citra glaukoma dan normal dengan menggunakan pengolahan citra. Direncanakan pada tahap *pre-processing* untuk meningkatkan kualitas citra dengan dilakukan ROI untuk mengurangi waktu komputasi dan mempercepat dalam perhitungan *cup-to-disc-ratio*, dan beberapa metode lainnya. Pada tahap segmentasi untuk memisahkan objek tertentu yang dikehendaki (*foreground*) dengan objek lain yang tidak dikehendaki (*background*) dengan metode yang digunakan adalah *K-Means Clustering*. Untuk memperoleh batasan *optic cup* dan *optic disc* menggunakan operasi *ellipse fitting*. Kemudian dilanjutkan dengan ekstraksi fitur untuk memperoleh ciri yang digunakan sebagai pembeda antara *optic cup* dan *optic disc* menggunakan hasil perhitungan *cup-to-disc ratio*, ditambah dengan *perimeter*, luas dan rasio kebulatan dari *optic cup* dan *disc*. Selanjutnya pada tahap klasifikasi untuk mengklasifikasi objek berdasarkan karakteristik ciri-ciri yang diberikan dengan menggunakan *neural network* dengan algoritma *backpropagation* untuk menentukan keputusan glaukoma dan normal. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat membantu dokter spesialis mata dalam melakukan perhitungan nilai *cup-to-disc ratio* dari citra fundus secara otomatis dengan proses komputasi yang cepat untuk mempermudah dalam mendiagnosa penyakit glaukoma.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini, terdapat beberapa perumusan masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Bagaimana cara melakukan *preprocessing* pada citra fundus retina?
2. Bagaimana cara melakukan segmentasi pada *optic cup* dan *optic disc* hasil dari *preprocessing*?
3. Bagaimana cara memperoleh nilai *cup-to-disc ratio* setelah proses segmentasi?
4. Bagaimana cara melakukan ekstraksi fitur untuk memperoleh karakteristik dari glaukoma?
5. Bagaimana cara menentukan apakah citra fundus tersebut mengalami glaukoma maupun normal?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah yang diambil untuk penyelesaian sistem. Beberapa batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut ;

1. Citra yang digunakan adalah citra fundus retina pada penderita glaukoma.
2. Sistem yang digunakan hanya dapat menentukan keputusan glaukoma dan normal.
3. Sistem akan mendeteksi adanya glaukoma ataupun normal berdasarkan *cup-to-disc ratio* sebagai parameter utamanya.
4. Sistem dijalankan secara *offline*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Melakukan *preprocessing* untuk meningkatkan kualitas citra menggunakan *Region of Interest* serta memperbaiki citra menggunakan metode *color enhancement*.
2. Melakukan segmentasi untuk memisahkan objek dengan latar belakang menggunakan metode *K-Means Clustering*.
3. Memperoleh nilai *cup-to-disc ratio* berdasarkan hasil yang diperoleh dari batasan *optic disc* dan *optic cup* menggunakan algoritma *ellipse fitting*.
4. Melakukan ekstraksi fitur untuk memperoleh ciri dari citra menggunakan metode *chain code*.
5. Melakukan klasifikasi pada citra fundus retina yang mengalami glaukoma dan normal menggunakan *neural network* dengan algoritma *backpropagation*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai inovasi dalam teknologi *medical imaging* untuk mendeteksi glaukoma
2. Membantu dokter spesialis mata dalam melakukan perhitungan nilai *cup-to-disc ratio* secara otomatis untuk identifikasi glaukoma
3. Meminimalisir kesalahan dalam akurasi data akibat faktor *human error* dan kelelahan dokter.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Pentingnya Deteksi Dini untuk Mencegah Glaukoma

Pada tahun 2018, Y. Jiang, H. Xia, Y. Xu, dkk, melakukan penelitian yang berjudul *Optic Disc and Cup Segmentation with Blood Vessel Removal from Fundus Image for Glaucoma Detection*. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa glaukoma adalah salah satu penyakit mata paling parah yang dapat menyebabkan kebutaan permanen. Penelitian ini menyebutkan bahwa *cup-to-disc-ratio* adalah indikator yang berguna untuk mendeteksi glaukoma. Karena dalam segmentasi *optic cup* dan *optic disc* secara manual memakan waktu dan membutuhkan keahlian dari dokter mata, penelitian ini mengusulkan dua pendekatan untuk segmentasi *optic cup* dan *optic disc*. Dengan mengasumsikan *optic cup* dan *optic disc* adalah *ellipse* standart dan dikonversi menjadi pendeteksian objek yang lebih mudah. Pendekatan tersebut adalah *DeepVessel* yang digunakan untuk mengekstraksi pembuluh darah dari citra fundus dan untuk mendeteksi *optic disc* dan *optic cup* dengan segmentasi yang terpisah untuk menghasilkan *Region of Interest* (ROI) dengan metode *Faster R-CNN* [8].

Pada tahun 2015, Abhisek Dey dan K. Bandyopadhyay melakukan penelitian yang berjudul *Automated Glaucoma Detection Using Support Vector Machine Classification Method*. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa glaukoma adalah penyebab utama kebutaan didunia jika tidak terdeteksi dan diobati pada waktu yang tepat. Dengan adanya analisis mata secara manual memakan waktu dan keakuratan pengukuran parameter juga bervariasi dengan dokter yang berbeda. Penggunaan OCT dan HRT dalam mendeteksi glaukoma membutuhkan biaya yang mahal, sebagai alternatif banyak dokter mata yang menggunakan kamera fundus untuk mendiagnosis glaukoma. Pada penelitian ini menyajikan metode baru untuk mendeteksi glaukoma menggunakan gambar fundus digital, yang pada awalnya citra fundus mata dilakukan *pre-processing*, kemudian menggunakan metode PCA (*Principal Component Analysis*) untuk mengekstraksi fitur dari gambar yang diproses, selanjutnya gambar dimodifikasi dalam *classifier Support Vector Machine* (SVM) untuk membedakan antara mata normal dan mata terkena glaukoma [9].

Pada tahun 2013, Chalinee, Kongpraewechnon, Kondo, dkk melakukan penelitian yang berjudul *Image Processing Techniques for Glaucoma Detection Using the Cup-to-*

Disc Ratio. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa glaukoma adalah penyebab utama kedua kebutaan permanen di seluruh dunia. Deteksi dini glaukoma dapat membatasi perkembangan penyakit. *Cup-to-Disc Ratio* adalah salah satu indikator klinis penting glaukoma, saat ini ditentukan secara manual oleh dokter spesialis mata terlatih, membatasi potensinya dalam skrining massal untuk deteksi dini. Pada penelitian ini mengusulkan metode untuk menghitung CDR secara otomatis dari foto fundus retina dan mengekstrak *disc* dari citra secara otomatis menggunakan metode deteksi tepi dan metode *level-set variational*. Untuk memperoleh batasan menggunakan operasi *ellipse fitting* [10].

2.1.2 *Preprocessing* pada Citra Fundus Retina

Pada tahun 2016, J. Ayub, J. Ahmad, L. Aziz, dkk melakukan penelitian yang berjudul *Glaucoma Detection through Optic Disc and Cup Segmentation using K-mean Clustering*. Pada penelitian ini metode *preprocessing* yang digunakan pada *optic disc* dan *optic cup* berbeda. Yang pertama dilakukan adalah melakukan ROI (*Region of Interest*) pada citra fundus yang akan membentuk gambar kecil pada area *optic disc* dan akan mempercepat dalam perhitungan *cup-to-disc ratio*. Selanjutnya pada *pre-processing optic disc* gambar ROI yang diperoleh yang masih dalam bentuk RGB, pada saluran Merah dilakukan operasi morfologi *opening* yang diikuti dengan operasi morfologi *closing* yang digunakan untuk menghapus pembuluh darah. Selanjutnya pada saluran hijau dan biru dilakukan operasi *sharpening* yang digunakan untuk mempertajam tepi *optic disc*. Setelah melalui operasi tersebut citra RGB dikonversi ke HSV. Ruang warna HSV digunakan karena mendekati warna seperti mata manusia. Pada saluran *Value*, dilakukan operasi *equalization* yang digunakan untuk menyesuaikan nilai intensitas. Setelah melakukan *pre-processing* pada *optic disc* dilanjutkan pada *optic cup*, dengan menggunakan citra hasil ROI, pada saluran hijau dilakukan operasi transformasi *inverse* dan diikuti dengan operasi morfologi. Selanjutnya dilakukan operasi *stretching* yang digunakan untuk visualisasi *optic cup* yang lebih baik dibandingkan dengan *optic disc*. Kemudian, citra RGB yang telah melewati proses tersebut dikonversi menjadi HSV. Pada ruang warna *Saturation*, digunakan untuk melakukan operasi *median filtering*. Operasi ini dilakukan pada ruang warna *Saturation* untuk mengeluarkan spekel *noise*. Sebagian operasi *filtering* digunakan untuk meningkatkan atau mengurangi detail tertentu dari citra fundus. Ini bekerja dengan mengkategorikan semua piksel sesuai dengan nilai kecerahannya dalam urutan menaik dan kemudian nilai tengah dipilih sebagai median.

Saluran *Hue* dan *Saturation* serta saluran warna olahan disatukan untuk pemrosesan lebih lanjut untuk segmentasi *optic cup* [6].

Pada tahun 2014, Ahmad, Yamin, Shakeel dkk melakukan penelitian yang berjudul *Detection of Glaucoma Using Retinal Fundus Images*. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa area optic disc adalah area yang paling terang sehingga dianggap sebagai ROI. ROI dari dataset dipotong menggunakan nilai intensitas kemudian diubah ukurannya menjadi 256 x 256. Pada *preprocessing optic disc* gambar dikonversi menjadi HSV kemudian menggunakan ruang *Value* karena memiliki kontras yang lebih baik dari ruang warna HSV dilakukan binarisasi dan operasi morfologi dilasi dan erosi untuk menghapus pembuluh darah pada area sekitar *optic disc*. Selanjutnya pada *optic cup*, gambar ROI RGB diproses untuk dikonversi menjadi *grayscale image* kemudian dilakukan binarisasi dan dilanjutkan operasi morfologi dilasi dan erosi untuk menghapus pembuluh darah di sekitar retina [5].

Pada tahun 2018, Muthmainah, Nugroho dan Windhuratna melakukan penelitian yang berjudul *Analysis of Retinal Fundus Images for Classification of Glaucoma*. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai teknik *preprocessing* yang diusulkan adalah dilakukannya *Region of Interest (ROI)* untuk melokalisasi citra, selanjutnya citra ditingkatkan kontrasnya dari citra *grayscale* menggunakan CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*) kemudian dilokalisasi menggunakan *average filter* yang diimplementasikan dengan rata-rata nilai semua piksel kemudian mengganti nilai piksel pusat dengan rata-rata dari semua nilai [11].

2.1.3 Segmentasi pada *Optic Cup* dan *Optic Disc*

Pada tahun 2017, Kavya N dan Padmaja K melakukan penelitian yang berjudul *Glaucoma Detection Using Texture Features Extraction*. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai penggunaan *k-means clustering* untuk segmentasi *optic disc*. *K-means clustering* adalah metode yang digunakan untuk mensegmentasi gambar dengan membuat berbagai kluster. Setiap kluster berisi informasi berbeda tentang gambar. Proses partisi dilibatkan dalam metode *k-means clustering*. *K* adalah jumlah kluster atau juga disebut sebagai *centroid* yang harus dibuat dan saling eksklusif. Pengamatan nyata digunakan dalam *K mean clustering*, dan cocok untuk data besar. Selanjutnya adalah mendeteksi *optic disc* menggunakan metode *Circular Hough Transform* untuk mendapatkan bentuk lingkaran dari gambar. Pusat koordinat dan jari-jari diperoleh dari bentuk lingkaran. Jari-jari terbatas pada rentang minimum dan maksimum dan semua lingkaran memperoleh

rentang tersebut. Koordinat lingkaran dan jari-jari dalam rentang akan menjadi output. Pusat dan jari-jari yang diperoleh menggunakan *Transformasi Hough*. Dengan nilai ini, *optic disc* diekstraksi menggunakan operasi matematika sederhana [12].

Pada tahun 2017, H.A. Nugroho, Oktoeberza, Erasari dkk, melakukan penelitian yang berjudul *Segmentation of Optic Disc and Optic Cup in Colour Fundus Image Based in Morphological Reconstruction*. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai metode segmentasi yang diusulkan yaitu kombinasi *morphological reconstruction* dengan *active contour* yang berdasarkan algoritma *Chan-Vese*. Dimana terdiri dari dua gambar yaitu *marker* dan *mask* dan elemen terstruktur terlibat pada proses morfologi rekonstruksi. Pada *marker image* akan dilebarkan berdasarkan elemen penataan yang digunakan sampai stabilitas tercapai. Hal ini terjadi setelah *contour* dari *marker image* cocok dengan *mask image*. Morfologi rekonstruksi berdasarkan pada operasi dilasi pada *optic disc*, pada *optic cup* sama seperti pada *optic disc* akan tetapi setelah operasi dilasi dilakukan operasi *thresholding*. Kemudian untuk memperoleh hasil segmentasi terbaik dilakukan operasi *Convex Hull* [13].

Pada tahun 2016, Tulasigeri dan Irulappan melakukan penelitian yang berjudul *An Advanced thresholding algorithm for diagnosis of glaucoma in fundus images*. Pada penelitian ini menjelaskan dalam proses segmentasi menerapkan median filter untuk blur dan menghapus *noise* dan memilih nilai ambang dari histogram abu-abu kemudian melakukan segmentasi berdasarkan nilai ambang yang dipilih. Selanjutnya menggunakan *watershed* untuk proses segmentasi pada *disc area*. Dan area pada *disc* dapat dihitung dengan menghitung piksel yang terdapat pada area *disc*. Pada segmentasi *optic cup* digunakan metode *watershed*. *Optic cup* tersegmentasi dan diperoleh sepenuhnya dari operasi morfologi dimana menggunakan operasi *closing* dengan menggunakan elemen structural *disc* selanjutnya operasi *opening* dilakukan pada gambar penutup. Area *optic cup* dihitung dengan menghitung jumlah piksel yang ada dalam *optic cup* [14].

Pada tahun 2012, A Murthi dan M Madheswaran melakukan penelitian dengan judul *Enhancement of Optic Cup to Disc Ratio Detection In Glaucoma Diagnosis*. Penelitian ini menjelaskan untuk segmentasi *disc* menggunakan saluran warna yang optimal sebagaimana yang ditentukan oleh analisis histogram warna dan analisis tepi, dan segmentasi *cup* karena adanya banyak pembuluh darah yang melintasi batasan *optic cup* digunakan teknik pemrosesan gambar yang lebih kuat yang digunakan untuk mensegmen *cup*, untuk menghilangkan batasan pada *cup* yang mengalami perubahan menggunakan *ellipse fitting*. CDR secara konsekuen diperoleh berdasarkan ketinggian *cup* dan *disc*

yang terdeteksi. Dengan berdasarkan *pada Least Square Fitting* yang mengasumsikan bahwa jenis kurva yang paling cocok digunakan adalah kurva yang memiliki jumlah minimal penyimpangan kuadrat dari titik data yang diberikan. Dengan persamaan *convex hull* dapat digunakan untuk memilih poin fitur disekitar wilayah cup neuro-retina. Dengan menggunakan titik fitur yang dipilih dari set piksel *convex hull* akan sesuai dengan *ellipse cup* dan sistem dapat menghasilkan cup neuro-retina yang lebih realistis [3].

2.1.4 Ekstraksi Fitur untuk Memperoleh Ciri pada Citra

Pada tahun 2016, Ri Munarto, Endi Permata dan Indra Ginanjar melakukan penelitian dengan judul *Klasifikasi Glaukoma Menggunakan Cup to Disc Ratio dan Neural Network*. Penelitian ini menjelaskan bahawa ekstraksi ciri merupakan suatu pengambilan ciri dari suatu bentuk dimana nilai yang didapatkan akan dianalisis untuk proses jaringan syaraf tiruan. Metode ekstraksi ciri yang digunakan pada penelitian ini adalah operasi morfologi. Operasi morfologi sebagai metode untuk mendeskripsikan atau menganalisa bentuk dari sebuah objek. Objeknya adalah *optic cup* dan *optic disc*. Ekstraksi fitur ini menggunakan hasil perhitungan *cup-to-disc ratio*, *perimeter*, luas dan *centroid* dari *optic cup* dan *optic disc*. Ketujuh parameter tersebut ternyata cukup untuk membedakan ketiga kelas penyakit *mild glaucoma*, *moderate glaucoma* dan *severe glaucoma* yang diklasifikasi [7].

Pada tahun 2016, Ahmad M, Handayani T, dan Bilqis A melakukan penelitian dengan judul *Deteksi Penyakit Glaukoma pada Citra Fundus Retina Mata Menggunakan Adaptive Thresholding dan Support Vector Machine*. Penelitian ini menggunakan fitur yang dipakai adalah *cup-to-disc ratio* yang merupakan perhitungan yang diperoleh dari segi diameter *vertical*, diameter *horizontal* dan luas, ISNT yang merupakan daerah pada *optic disc* yang terdiri dari (*Inferior*, *Superior*, *Nasal* dan *Temporal*) untuk ISNT *Neuro Retinal Rim* yang merupakan daerah yang tersisa jika daerah *optic cup* dihapus dari *optic disc*. Nilai ISNT dari NRR digunakan untuk mengukur kerusakan pada *optic disc* dan ISNT Pembuluh darah merupakan nilai yang dapat digunakan untuk mengukur kerusakan dari *optic disc* [15].

Pada tahun 2015, Hendro Nugroho melakukan penelitian yang berjudul *Aplikasi Penghitungan Ukuran Fitur Bidang Citra Pada Objek Peninggalan Sejarah di Trowulan Mojokerto*. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai penghitungan ukuran fitur bidang citra pada objek peninggalan sejarah di Trowulan Mojokerto. Untuk penghitungan fitur bidang citra yang diambil adalah panjang, lebar, luas, perimeter, rasio kebulatan, rasio kerampingan dan pusat massa (*centroid*). Untuk algoritma yang diusulkan menggunakan kode rantai (*chain code*) [16].

2.1.5 Klasifikasi untuk Pengelompokan Data dari Hasil Ekstraksi Ciri

Pada tahun 2015, W. Ruengkitpinyo, P.Vejjanugraha, W.Kongprawechnon, dkk melakukan penelitian dengan judul *An Automatic Glaucoma Screening Algorithm using Cup-to-Disc Ratio and ISNT rule with Support Vector Machine*. Penelitian ini menjelaskan Untuk makalah ini, dukungan mesin vektor (SVM) digunakan untuk klasifikasi biner antara glaukoma dan non-glaukoma. Fitur *input* penting untuk memilih fungsi kernel dan juga waktu yang dibutuhkan untuk proses *training*. 9 fitur diekstraksi dari langkah sebelumnya dan digunakan sebagai fitur input; *cup* optik vertikal (*Cup V*), optik *vertical disc* (*Disc V*), CDR vertikal (*CDR V*), lebar *Inferior* yang lebih rendah wilayah (*I*), wilayah *Superior* (*S*), wilayah *Nassal* (*N*), *I / S*, *I / N*, dan *S / N*. Berdasarkan aturan ISNT, tiga fitur terakhir (*I / S*, *I / N*, dan *S / N*) harus lebih dari satu untuk mata non-glaukoma. Data input dipisahkan menjadi 2 kelas dan menetapkan target menjadi 0 (glaukoma) dan 1 (non-glaukoma). Lalu sebuah *classifier* dihasilkan dan itu akan diuji dengan validasi silang 10 kali lipat teknik. 10% dari kumpulan data dipilih secara acak sebagai pengujian set sementara 90% lainnya ditugaskan sebagai set pelatihan. Proses ini diulang 10 kali. Akhirnya, kumpulan data diklasifikasikan dan dijelaskan dalam bentuk *matrix confusion*. [4].

Pada tahun 2016, Bithi dan Mehedi melakukan penelitian yang berjudul *A New Approach of Detection and Segmentation of Blood Vessels for the Classification of Healthy and Diseased Retinal Images*. Pada penelitian ini menjelaskan dalam melakukan klasifikasi citra fundus beresolusi tinggi (HRF) untuk mendeteksi adanya diabetik retinopati, glaukoma dan kondisi sehat menggunakan pengklasifikasi jaringan syaraf tiruan dengan algoritma *backpropagation*. Pada algoritma ini menyajikan saraf struktur otak dengan jaringan berdasarkan “*neuron*” yang menunjukkan tiga lapisan yaitu *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. Dalam proses pelatihan menggunakan aturan delta, yaitu menghitung perbedaan antara output aktual dan output yang diinginkan. Dengan menggunakan *error* ini, bobot koneksi antara lapisan adalah meningkat sebanding dengan *error times*. Dalam klasifikasi ini citra diidentifikasi apakah citra retina tersebut sehat atau sakit [17].

Pada tahun 2015, Fondon, Valverde, Sarmiento, dkk melakukan penelitian yang berjudul *Automatic Optic Cup Segmentation Algorithm for Retinal Fundus Images based on Random Forest Classifier*. Pada penelitian ini menjelaskan penggunaan vektor fitur yang berfungsi sebagai input untuk pengklasifikasi yang dibuat dengan kelengkungan, warna piksel kandidat dan lokasi relatif terhadap pusat *optic disc*. Metode klasifikasi yang digunakan adalah *Random Forest*. Setelah vektor fitur dimasukkan dalam pengelompokan random forest, semua

tree (N) pada forest mengklasifikasikan vektor *input* berdasarkan nomor spesifik (*m*) fitur yang dipilih secara acak dari vektor fitur *input* pada setiap pemisahan keputusan. Klasifikasi akhir ditentukan dengan mengambil suara terbanyak atas seluruh *forest*. Keunggulan klasifikasi ini adalah rendahnya jumlah parameter yang harus diperbaiki. Metode berakhir dengan menggabungkan piksel dengan *fitting* lingkaran yang bergabung dan menghaluskan batas wilayah akhir [18].

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Keterangan
1.	J. Ayub, J. Ahmad, L. Aziz, dkk (2016)	<i>Glaucoma Detection through Optic Disc and Cup Segmentation using K-mean Clustering.</i>	Pada penelitian ini pada hasil akhirnya hanya membandingkan nilai cdr klinis dengan cdr yang diperoleh dari sistem kemudian menghitung error keduanya tanpa adanya keputusan apakah citra tersebut glaukoma atau normal dengan menggunakan cdr hanya menggunakan <i>matrix confusion</i> yang dimana melakukan pengukuran dengan cara menggunakan tabel klasifikasi yang bersifat prediktif.
2.	Ahmad, Yamin, Shakeel dkk (2014)	<i>Detection of Glaucoma Using Retinal Fundus Images</i>	Pada penelitian ini hanya menampilkan nilai akurasi sistem yang diusulkan dan tidak mengklasifikasikan apakah citra tersebut normal atau glaukoma berdasarkan parameter yang digunakan seperti <i>cup-to-disc ratio</i> , <i>area ratio of NRR</i> pada kuadran ISNT. Pada sistem ini menunjukkan hasil akurasi sistem mencapai 97.5% dengan waktu komputasi sebesar 0.8141 s.
3.	Muthmainah, Nugroho dan Windhuratna (2018)	<i>Analysis of Retinal Fundus Images for Classification of Glaucoma</i>	Pada penelitian ini hanya melakukan proses menggunakan optic disc saja dalam melakukan proses klasifikasi untuk menghasilkan keputusan normal atau glaukoma. Metode yang diusulkan menggunakan 4 jenis metode pengklasifikasi yaitu <i>support vector machine</i> , <i>k-nearest neighbors</i> , <i>linear</i>

			<i>discriminant analysis dan naïve bayes</i> dimana metode k-NN memperoleh nilai akurasi , sensitivitas, specificity, PPV, dan NPV mencapai 93.3% lebih baik daripada ketiga metode klasifikasi yang digunakan.
4.	Kavya N dan Padmaja K (2017)	<i>Glaucoma Detection Using Texture Features Extraction</i>	Pada penelitian ini pada input dalam klasifikasi menggunakan metode support vector machine hanya menggunakan input dari ekstraksi fitur texture menggunakan GLCM dan MRF untuk memperoleh nilai dari performa sistem. Dalam hal ini nilai CDR tidak digunakan dalam proses melakukan ekstraksi fitur, yang sebenarnya <i>cup-to-disc ratio</i> memiliki peran penting pula sebagai indikator dalam menentukan apakah citra mengalami glaukoma atau normal.
5.	H.A. Nugroho, Oktoeberza , Erasari dkk (2017)	<i>Segmentation of Optic Disc and Optic Cup in Colour Fundus Image Based in Morphological Reconstruction</i>	Pada penelitian ini tidak melakukan klasifikasi citra apakah citra mengalami glaukoma dan normal, proses hanya sampai pada proses segmentasi serta melampirkan hasil akurasi , sensitifitas dan <i>specificity</i> dari sistem segmentasi optic disc dan optic cup yang diusulkan.
6.	Tulasigeri dan Irulappan (2016)	<i>An Advanced thresholding algorithm for diagnosis of glaucoma in fundus images</i>	Pada penelitian ini tidak menunjukkan hasil keakurasian sistem yang diusulkan akan tetapi waktu komputasi saat sistem bekerja menunjukkan hasil yang terbaik dengan waktu yang sangat cepat dibantu dengan implementasi <i>hardware Xilinx</i> untuk menunjukkan bahwa komputasi berjalan secara realtime dengan sistem yang diusulkan.
7.	A Murthi dan M Madheswaran (2012)	<i>Enhancement of Optic Cup to Disc Ratio</i>	Pada penelitian ini melakukan segmentasi pada optic cup dan optic disc hanya menggunakan operasi <i>ellipse fitting</i> dan <i>convex-</i>

		<i>Detection In Glaucoma Diagnosis</i>	hull untuk memperoleh nilai <i>cup-to-disc ratio</i> dan tidak menggunakan metode lain yang spesifik dalam menghapus pembuluh darah pada area <i>optic cup</i> dan <i>optic disc</i> serta hanya melakukan perbandingan nilai <i>cdr</i> secara klinis dan <i>cdr</i> yang diperoleh dari sistem tanpa adanya klasifikasi citra norma atau glaukoma.
8.	Ri Munarto, Endi Permata dan Indra Ginanjar (2016)	<i>Klasifikasi Glaukoma Menggunakan Cup to Disc Ratio dan Neural Network</i>	Pada penelitian ini menggunakan segmentasi menggunakan teknik <i>morphology</i> , untuk memperoleh hasil yang lebih baik dapat dilakukan selain menggunakan teknik tersebut serta menambahkan ekstraksi fitur seperti GLCM dengan <i>wavelet</i> dan klasifikasi menggunakan ANFIS
9.	Ahmad M, Handayani T, dan Bilqis A (2016)	<i>Deteksi Penyakit Glaukoma pada Citra Fundus Retina Mata Menggunakan Adaptive Thresholding dan Support Vector Machine.</i>	Pada penelitian ini hasil dari ekstraksi fitur seperti CDR, aturan ISNT, ISNT Neuro retinal rim dan ISNT pembuluh darah tidak digunakan dalam proses klasifikasi untuk menentukan mata normal dan mata glaukoma. Penggunaan input yang digunakan pada metode <i>support vector machine</i> hanya menggunakan hasil segmentasi dari <i>optic cup</i> dan <i>optic disc</i> dari proses sebelumnya dan input yang lainnya menggunakan metode pencarian <i>hyperplane</i> dan menggunakan fungsi kernel pada SVM.
10.	W. Ruengkitpinyo, P.Vejjanugraha, W.Kongprawechnon, dkk (2015)	<i>An Automatic Glaucoma Screening Algorithm using Cup-to-Disc Ratio and ISNT rule with Support Vector Machine.</i>	Pada penelitian ini mengusulkan sistem skrining menggunakan 2 indikator yaitu vertical CDR dan rim berdasarkan aturan ISNT. Pada penelitian ini menggunakan <i>support vector machine</i> untuk pengklasifikasi dalam sistem. Tiga set fitur input diuji dengan SVM. Model yang diusulkan menggunakan 9 fitur yang diekstraksi dari kedua indikator

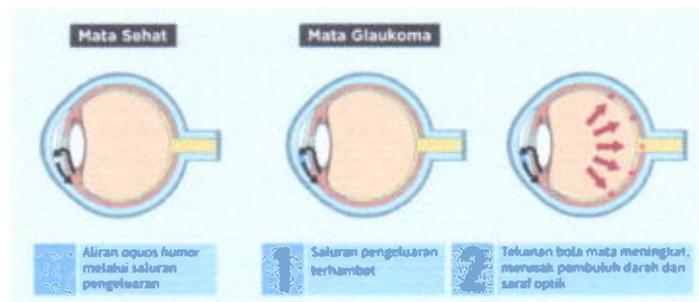
			dan memberikan hasil terbaik. Namun, kasus <i>False Positive</i> dan <i>False Negative</i> masih keluar sehingga perlu ditambahkan banyak fitur <i>input</i> untuk membantu mengurangi kasus <i>false positive</i> dan <i>false negative</i> .
11.	Bithi dan Mehedi (2016)	<i>A New Approach of Detection and Segmentation of Blood Vessels for the Classification of Healthy and Diseased Retinal Images</i>	Pada penelitian ini digunakan untuk mendeteksi diabetik retinopati, glaukoma dan citra retina yang sehat, dan dalam pendeteksian glaukoma tidak menggunakan <i>cup-to-disc ratio</i> sebagai indikator dalam menentukan citra tersebut glaukoma, untuk fitur yang digunakan untuk membedakan ciri dari citra hanya menggunakan ekstraksi fitur tekstur menggunakan GLCM pada ketiga jenis citra tersebut. Pada penelitian ini disarankan menggunakan metode klasifikasi yang lain seperti KNN dan SVM untuk evaluasi dari akurasi pendeteksian penyakit
12.	Fondon, Valverde, Sarmiento, dkk (2015)	<i>Automatic Optic Cup Segmentation Algorithm for Retinal Fundus Images based on Random Forest Classifier</i>	Pada penelitian ini melakukan segmentasi <i>optic cup</i> dengan mentransformasikan citra RGB menjadi <i>CIECAM02 JCh</i> (<i>lightness, chroma dan hue</i>) pada ruang warna kemudian menggunakan kandidat piksel dari tepi <i>optic cup</i> dalam proses segmentasi, dalam penelitian ini tidak menghapus pembuluh darah terlebih dahulu dalam melakukan segmentasi <i>optic cup</i> sehingga informasi dari pembuluh darah disekitar <i>optic cup</i> digunakan dalam proses segmentasi.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Glaukoma

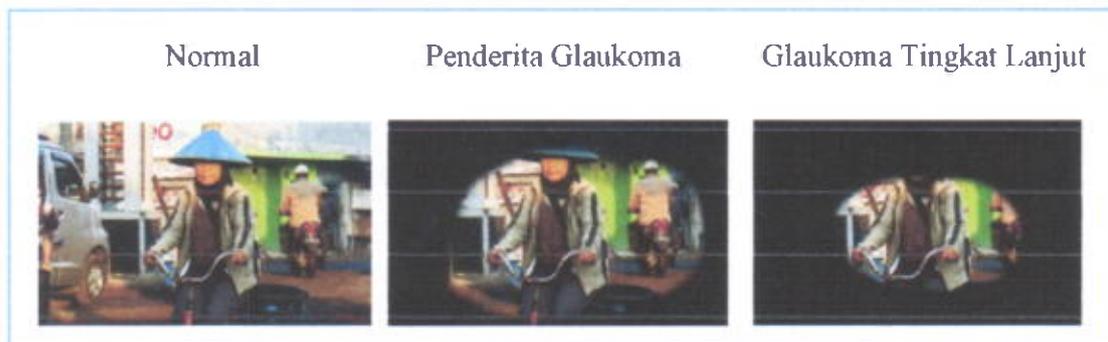
Glaukoma merupakan penyakit kerusakan pada saraf mata yang menyebabkan menyempitnya lapangan pandang dan hilangnya fungsi pengelihatannya. Faktor risiko utama yang

menyebabkan glaukoma adalah peningkatan pada bola mata. Di dalam bola mata terdapat cairan (*aqueos humor*) yang berfungsi untuk memberikan nutrisi pada organ dalam bola mata. Cairan ini diproduksi dan dikeluarkan kembali dalam siklus yang seimbang sehingga tekanan pada bola mata tetap terjaga normal. Pada mata penderita glaukoma, siklus cairan ini tidak seimbang dimana cairan diproduksi tetapi terdapat masalah dalam saluran pengeluaran. Hal ini menyebabkan tekanan pada bola mata meningkat sehingga terjadi penekanan pada papil saraf optik. Jika hal ini terus menerus terjadi, kerusakan saraf mata tidak dapat dihindari. Peningkatan tekanan pada bola mata umumnya berlangsung perlahan sehingga tidak menimbulkan gejala yang berarti, kerusakan pada saraf mata pusat baru akan terjadi dalam jangka waktu yang lama dan semakin lama akan semakin berat.



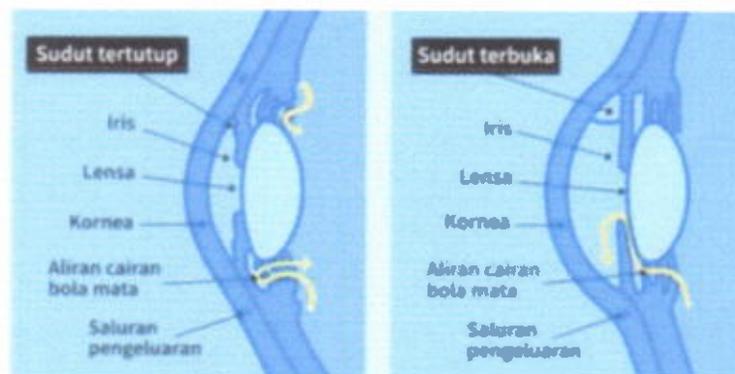
Gambar 2. 1 Mekanisme terjadinya glaukoma
(Sumber : Kemenkes RI, InfoDatin Glaukoma 2019)

Kerusakan saraf ini menyebabkan penyempitan lapangan pandang yang biasanya bermula dari sisi tepi sehingga penderita tidak mengalami keluhan dalam menjalankan kegiatan sehari-hari. Penyempitan ini terjadi secara bertahap hingga akhirnya penderita hanya seperti melihat dari lubang kunci. Pada tahap selanjutnya glaukoma dapat menyebabkan kebutaan.



Gambar 2. 2 Gambaran pengelihatannya penderita glaukoma
(Sumber : Kemenkes RI, InfoDatin Glaukoma 2019)

Glaukoma dapat diklasifikasikan menjadi glaukoma primer dan sekunder. Glaukoma primer adalah penyakit glaukoma yang tidak berhubungan dengan kelainan mata lainnya atau sistemik sedangkan glaukoma sekunder berhubungan dengan kelainan atau penyakit pada mata atau sistemik lain. Glaukoma primer adalah glaukoma yang tidak diketahui penyebabnya dan merupakan jenis glaukoma terbanyak secara global. Glaukoma primer terbagi menjadi glaukoma primer sudut terbuka (GPSTa) dan glaukoma primer sudut tertutup (GPSTp). GPSTa memiliki ciri sudut bilik mata depan terbuka atau tampak normal, tetapi terdapat penyumbatan pada aliran keluar cairan bola mata. Penyumbatan ini terjadi secara perlahan dan mengakibatkan peningkatan tekanan pada bola mata. Jenis kelainan pada sudut tertutup primer terbagi menjadi Primary Angle Closure Suspect (PACS), Primary Angle Closure (PAC), Glaukoma Primer Sudut Tertutup (GPSTp), dan Acute Angle Closure Glaucoma (AACG). GPSTp memiliki ciri sudut bilik mata depan yang sempit sehingga menghambat cairan keluar dari bola mata.



Gambar 2. 3 Glaukoma Sudut Tertutup dan Terbuka
(Sumber : Kemenkes RI, InfoDatin Glaukoma 2019)

Glaukoma sekunder adalah glaukoma yang terjadi akibat penyakit mata lain seperti pada penderita peradangan mata yang berulang, komplikasi dan penyakit katarak dan trauma atau benturan benda tumpul pada mata. Glaukoma sekunder juga terjadi akibat komplikasi pada penderita diabetes dan hipertensi atau akibat penggunaan obat golongan kortikosteroid dalam jangka panjang tanpa pengawasan dokter.

Faktor orang yang berisiko untuk menderita glaukoma tetapi ada beberapa golongan dengan risiko lebih tinggi untuk menderita glaukoma, diantaranya:

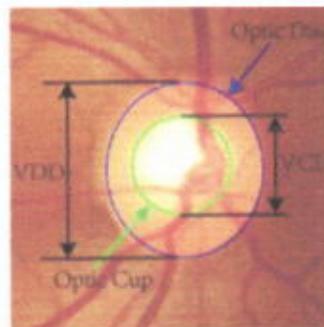
1. Orang dengan riwayat keluarga menderita glaukoma memiliki risiko 6 kali lebih besar untuk menderita glaukoma.
2. Pengguna obat-obatan steroid
3. Orang dengan bilik mata depan yang dangkal

4. Kelompok usia diatas 40 tahun
5. Penderita cedera mata
6. Penderita penyakit degeneratif seperti diabetes mellitus, hipertensi, hipotensi dan kelainan kardiovaskuler
7. Ras Afrika dan Asia
8. Penderita migraine
9. *Vasospasme* (penyempitan pembuluh darah)
10. Penderita rabun jauh atau rabun dekat dengan ukuran lensa yang tinggi [2].

2.2.2 Cup-to-Disc Ratio (CDR)

Cup-to-Disc Ratio adalah indicator yang digunakan ophthalmologi dalam mengevaluasi glaukoma. Cup-to-disc ratio dihitung menggunakan diameter optic cup yang dibagi dengan diameter optic disc. Untuk *disc* normal, CDR dianggap kurang dari 0.5. Jika lebih besar dari 0.5 maka akan termasuk dalam kasus dari glaukoma [4,5].

$$CDR = \frac{\text{Vertical Optic Cup Area}}{\text{Vertical Optic Disc Area}} \quad (2.1)$$



Gambar 2. 4 Gambar Saraf Optik
(Sumber : Murthi, 2012)

2.2.3 Region of Interest (ROI)

Penelitian yang dilakukan oleh A. Murthi dan M. Madheswaran dengan judul *Enhancement Of Cup To Disc Ratio Detection In Glaucoma Diagnosis* membahas tentang beberapa metode yang digunakan pada tahap *preprocessing*. Salah satunya adalah metode *region of interest* yang dijelaskan seperti berikut. Untuk mengekstraksi *optic cup* dan *optic disc* harus digambarkan karena *optic disc* menempati area piksel dalam citra fundus kurang dari 5% dari jumlah keseluruhan. Dengan melokalisasi ROI dapat membantu mengurangi

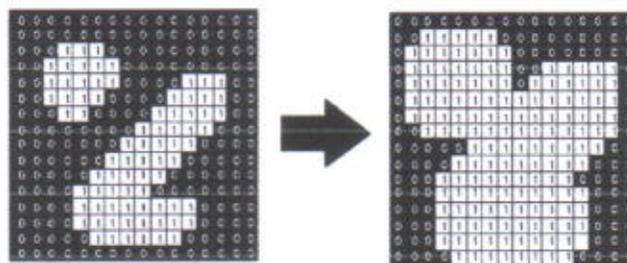
waktu komputasi serta meningkatkan kecepatan dalam segmentasi. Untuk melokalisasi batas pada komponen menggunakan metode pelabelan. Dalam gambar daerah yang dilabeli menggunakan penghubung piksel tetangganya. Selanjutnya semua piksel yang terhubung dengan nilai input yang sama adalah diidentifikasi sebagai label. Daerah *optic disc* biasanya lebih pucat atau lebih cerah dengan intensitas warnanya yang lebih tinggi daripada daerah retina sekitarnya. Karakter ini dieksploitasi secara otomatis dan memilih 0.5% dari piksel dalam gambar dengan intensitas tertinggi. Selanjutnya, gambar retina dibagi ke dalam 64 wilayah dan perkiraan pusat ROI adalah dipilih berdasarkan wilayah yang mengandung paling tinggi jumlah piksel yang dipilih sebelumnya. Setelahnya ROI didefinisikan sebagai persegi panjang di sekitar pusat ROI dengan dimensi dua kali diameter *optic disc* tipikal dan digunakan sebagai batas awal untuk segmentasi *optic disc* [3].

2.2.4 Operasi Morfologi

Morphological operation (operasi morfologi) merupakan teknik pengolahan citra berdasarkan bentuk segmen citra. Tujuan dari teknik ini yaitu memperbaiki hasil segmentasi. Teknik ini umum digunakan pada citra biner (hitam-putih) untuk mengubah struktur bentuk objek yang terkandung dalam citra [19]. Berikut ini teknik yang digunakan dalam *morphological operation* yaitu :

1. Operasi dilasi (*dilation*)

Operasi dilasi biasa dipakai untuk mendapatkan efek pelebaran terhadap piksel objek dengan menambahkan lapisan di sekeliling objek. Dengan cara mengubah titik latar (0) yang bertetangga dengan titik objek (1) menjadi titik objek (1). Gambar 2.5 berikut adalah ilustrasi dari operasi dilasi.

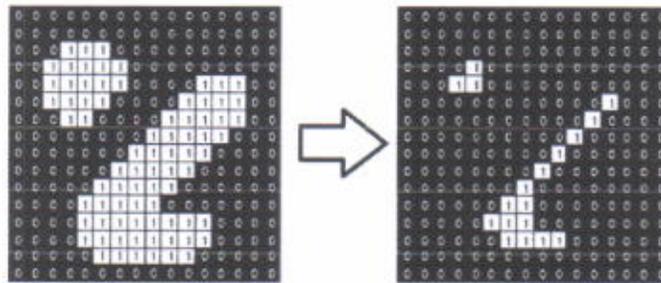


Gambar 2. 5 Ilustrasi Operasi Morfologi – Dilasi
(Sumber : <https://devtrik.com/opencv/operasi-morfologi-pada-pengolahan-citra/>)

2. Operasi erosi (*erotion*)

Operasi erosi mempunyai efek memperkecil struktur citra. Dengan cara mengubah titik objek (1) yang bertetangga dengan titik latar (0) menjadi titik latar (0). Selain itu operasi

ini juga dimanfaatkan untuk memperoleh tepi objek. Gambar 2.6 berikut adalah ilustrasi dari operasi erosi.

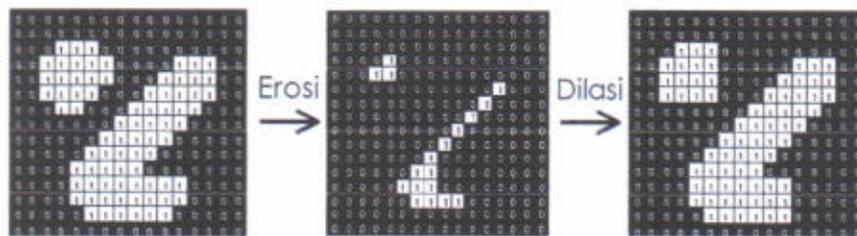


Gambar 2. 6 Ilustrasi Operasi Morfologi – Erosi

(Sumber : <https://devtrik.com/opencv/operasi-morfologi-pada-pengolahan-citra/>)

3. Operasi *opening* (pembukaan)

Operasi *opening* adalah operasi erosi yang diikuti dengan dilasi dengan menggunakan elemen penstruktur yang sama. Operasi ini digunakan untuk menghilangkan objek-objek kecil serta membuat tepi citra menjadi lebih halus. Gambar 2.7 berikut adalah ilustrasi dari operasi *opening*.

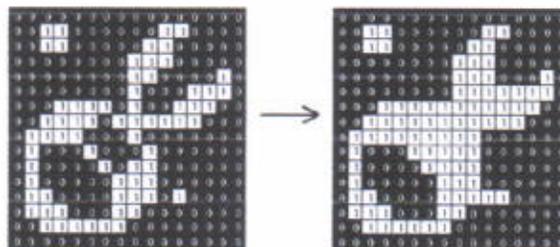


Gambar 2. 7 Ilustrasi Operasi Morfologi – *Opening*

(Sumber : <https://devtrik.com/opencv/operasi-morfologi-pada-pengolahan-citra/>)

4. Operasi *closing* (penutupan)

Operasi *closing* adalah operasi dilasi yang diikuti dengan erosi dengan menggunakan elemen penstruktur yang sama. Operasi ini bertujuan untuk mengisi lubang kecil pada objek serta menggabungkan objek yang berdekatan. Gambar 2.8 berikut adalah lustrasi dari operasi *closing*.



Gambar 2. 8 Ilustrasi Operasi Morfologi – *Closing*

(Sumber : <https://devtrik.com/opencv/operasi-morfologi-pada-pengolahan-citra/>)

2.2.5 Sharpening

Operasi penajaman citra (*sharpening*) bertujuan memperjelas tepi pada objek di dalam citra. Penajaman citra merupakan kebalikan dari operasi pelembutan citra karena operasi ini menghilangkan bagian citra yang lembut. Operasi penajaman dilakukan dengan melewati citra pada penapis lolos-tinggi (*high-pass filter*). Penapis lolos-tinggi akan meloloskan (atau memperkuat) komponen yang berfrekuensi tinggi (misalnya tepi atau pinggiran objek) dan akan menurunkan komponen berfrekuensi rendah. Akibatnya, pinggiran objek terlihat lebih tajam dibandingkan sekitarnya. Selain untuk mempertajam gambar, penapis lolos-tinggi juga digunakan untuk mendeteksi keberadaan tepi (*edge detection*). Dalam hal ini, pixel-pixel tepi ditampilkan lebih terang (*highlight*) sedangkan pixel-pixel bukan tepi dibuat gelap (*hitam*).



Gambar 2. 9 (a) Citra Asli , (b) Citra setelah penajaman
(Sumber : Buku Pengolahan Citra Digital, 2004)

Penapis Lolos-Tinggi

Aturan penapis lolos-tinggi [GAL95]:

1. koefisien penapis boleh positif, negatif, atau nol
2. jumlah semua koefisien adalah 0 atau 1

Jika jumlah koefisien = 0, maka komponen berfrekuensi rendah akan turun nilainya, sedangkan jika jumlah koefisien sama dengan 1, maka komponen berfrekuensi rendah akan tetap sama dengan nilai semula. Contoh-contoh penapis lolos-tinggi:

$$\begin{array}{ccc}
(i) \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} & (ii) \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} & (iii) \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \\
\Sigma = 0 & \Sigma = 1 & \Sigma = 1 \\
(iv) \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} & (v) \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} & (vi) \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\
\Sigma = 1 & \Sigma = 0 & \Sigma = 0
\end{array} \quad (2.2)$$

Nilai koefisien yang besar di titik pusat penapis memainkan peranan kunci dalam proses konvolusi. Pada komponen citra dengan frekuensi tinggi (yang berarti perubahan yang besar pada nilai intensitasnya), nilai tengah ini dikalikan dengan nilai piksel yang dihitung. Koefisien negatif yang lebih kecil di sekitar titik tengah penapis bekerja untuk mengurangi faktor pembobotan yang besar. Efek nettonya adalah, pixel-pixel yang bernilai besar diperkuat, sedangkan area citra dengan intensitas piksel konstan tidak berubah nilainya [20].

2.2.6 Citra Negatif

Citra dengan tingkat keabuan dalam rentang $[0, L-1]$, di mana $L = 2^n$; $n = 1, 2, \dots$

Transformasi negative :

$$s = L - 1 - r \quad (2.3)$$

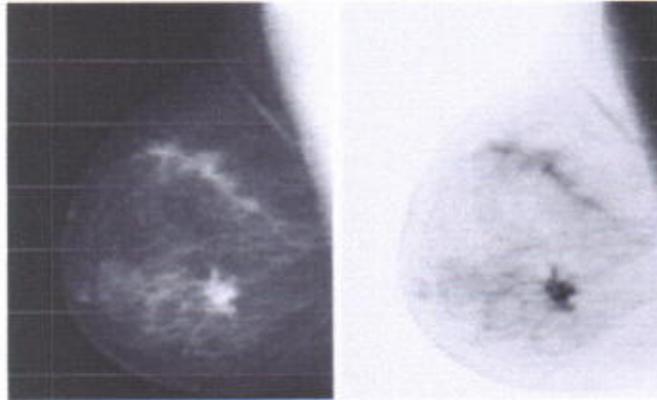
Keterangan :

s = Gray level citra output yang telah kontras

L = Nilai skala keabuan maksimum

r = Gray level citra masukan

Melakukan invers terhadap nilai intensitas dari citra, hasilnya seperti klise foto. Dapat dipakai untuk meningkatkan mutu citra dengan detail warna putih atau keabuan yang ada dalam daerah gelap citra, terutama ketika daerah hitamnya dominan. Perhatikan contoh citra negatif pada gambar 2.10 citra mammogram terdapat luka kecil dan hasil citra negatif dilihat lebih baik untuk menganalisa citra [21].



Gambar 2. 10 Citra Mamogram Asal dan Citra Negatif
(Sumber : Buku Ajar Pengolahan Citra, 2014)

2.2.7 *Stretching*

Kontras menyatakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) di dalam sebuah gambar. Citra dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori kontras: citra kontras-rendah (*low contrast*), citra kontras-bagus (*good contrast* atau *normal contrast*), dan citra kontras-tinggi (*high contrast*). Ketiga kategori ini umumnya dibedakan secara intuitif.

Citra kontras-rendah dicirikan dengan sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap. Dari histogramnya terlihat sebagian besar derajat keabuannya terkelompok (*clustered*) bersama atau hanya menempati sebagian kecil dari rentang nilai-nilai keabuan yang mungkin. Jika pengelompokan nilai-nilai piksel berada di bagian kiri (yang berisi nilai keabuan yang rendah), citranya cenderung gelap. Jika pengelompokan nilai-nilai piksel berada di bagian kanan (yang berisi nilai keabuan yang tinggi), citranya cenderung terang. Tetapi, mungkin saja suatu citra tergolong kontras-rendah meskipun tidak terlalu terang atau tidak terlalu gelap bila semua pengelompokan nilai keabuan berada di tengah histogram.

Citra kontras-bagus memperlihatkan jangkauan nilai keabuan yang lebar tanpa ada suatu nilai keabuan yang mendominasi. Histogram citranya memperlihatkan sebaran nilai keabuan yang relatif seragam. Citra kontras-tinggi, seperti halnya citra kontras bagus, memiliki jangkauan nilai keabuan yang lebar, tetapi terdapat area yang lebar yang didominasi oleh warna gelap dan area yang lebar yang didominasi oleh warna terang. Gambar dengan langit terang dengan latar depan yang gelap adalah contoh citra kontras-tinggi. Pada histogramnya terlihat dua puncak, satu pada area nilai keabuan yang rendah dan satu lagi pada area nilai keabuan yang tinggi. Citra dengan kontras-rendah dapat diperbaiki kualitasnya dengan operasi

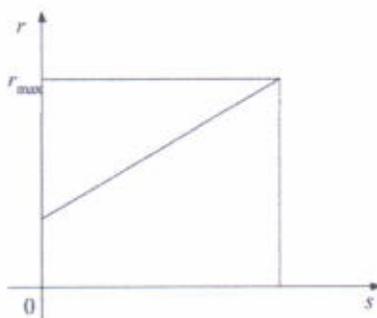
peregangan kontras. Melalui operasi ini, nilai-nilai keabuan pixel akan merentang dari 0 sampai 255 (pada citra 8-bit), dengan kata lain seluruh nilai keabuan pixel terpakai secara merata.

Algoritma peregangan kontras adalah sebagai berikut:

- a. Cari batas bawah pengelompokan pixel dengan cara memindai (scan) histogram dari nilai keabuan terkecil ke nilai keabuan terbesar (0 sampai 255) untuk menemukan pixel pertama yang melebihi nilai ambang pertama yang telah dispesifikasikan.
- b. Cari batas atas pengelompokan piksel dengan cara memindai histogram dari nilai keabuan tertinggi ke nilai keabuan terendah (255 sampai 0) untuk menemukan pixel pertama yang lebih kecil dari nilai ambang kedua yang dispesifikasikan.
- c. Pikel-pikel yang berada di bawah nilai ambang pertama di-set sama dengan 0, sedangkan piksel-piksel yang berada di atas nilai ambang kedua di-set sama dengan 255.
- d. Pikel-pikel yang berada di antara nilai ambang pertama dan nilai ambang kedua dipetakan (diskalakan) untuk memenuhi rentang nilai-nilai keabuan yang lengkap (0 sampai 255) dengan persamaan:

$$s = \frac{r - r_{min}}{r_{max} - r_{min}} \times 255 \quad (2.4)$$

yang dalam hal ini, r adalah nilai keabuan dalam citra semula, s adalah nilai keabuan yang baru, r_{min} adalah nilai keabuan terendah dari kelompok piksel, dan r_{max} adalah nilai keabuan tertinggi dari kelompok pixel.

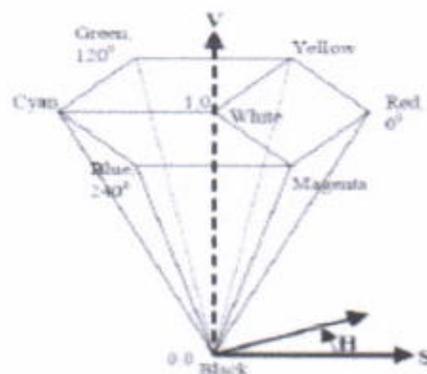


Gambar 2. 11 Grafik Peregangan kontras
(Sumber : Buku Pengolahan Citra Digital, 2004)

Dimana dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa jika nilai s berbanding lurus dengan nilai $r - r_{min}$, maka semakin besar nilai r_{max} maka nilai s yang dihasilkan akan semakin besar pula [20].

2.2.8 Ruang Warna HSV

Model HSV (*Hue, Saturation, Value*) menunjukkan ruang warna dalam bentuk tiga komponen utama yaitu *hue, saturation, dan value* (atau disebut juga *brightness*). *Hue* adalah sudut dari 0 sampai 360 derajat. Biasanya 0 adalah merah, 60 derajat adalah kuning, 120 derajat adalah hijau, 180 derajat adalah cyan, 240 derajat adalah biru dan 300 derajat adalah magenta seperti pada Gambar 2.12 *Hue* menunjukkan jenis warna (seperti merah, biru, kuning), yaitu tempat warna tersebut ditemukan dalam spectrum warna. Saturasi (*saturation*) suatu warna adalah ukuran seberapa besar kemurnian dari warna tersebut akibat pengaruh dari warna putih. Seperti warna merah, dengan pengaruh warna putih, warna merah menjadi bervariasi dari warna merah menuju merah muda, yang artinya hue masih tetap bernilai merah tetapi nilai saturasinya berkurang. Komponen HSV berikutnya adalah nilai *value* atau disebut juga intensitas, yaitu ukuran seberapa besar kecerahan suatu warna atau seberapa besar cahaya datang dari suatu warna. *Value* memiliki nilai dengan jangkauan 0% sampai 100% [22].



Gambar 2. 12 Nilai *Hue, Saturation, dan Value*
(Sumber : Pratt, 2007)

Konversi warna RGB ke HSV seperti pada Persamaan 1 sampai dengan 5 [24].

$$r = \frac{R}{R+G+B}, \quad g = \frac{G}{R+G+B}, \quad b = \frac{B}{R+G+B} \quad (2.5)$$

$$V = \max(r, g, b) \quad (2.6)$$

$$H = \begin{cases} 0 & \text{If } S = 0 \\ \frac{60 \cdot (g-b)}{S+V} & \text{If } V = r \\ 60 \cdot \left[2 + \frac{(b-r)}{S+V} \right] & \text{If } V = g \\ 60 \cdot \left[4 + \frac{(r-g)}{S+V} \right] & \text{If } V = b \end{cases} \quad (2.7)$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{If } V = 0 \\ V - \frac{\min(r,g,b)}{V} & \text{If } V > 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

$$H = H + 360 \text{ jika } H < 0 \quad (2.9)$$

2.2.9 Median Filter

Median adalah nilai tengah dari kumpulan data (Usman, 2005). Untuk mencari median dari kumpulan data yang ganjil maka :

$$x = \frac{n+1}{2} \quad (2.10)$$

Keterangan :

n = Jumlah data

x = Nilai baru median

Untuk *median filtering* ini, data yang digunakan untuk menghitung median terdiri dari kumpulan data yang ganjil. Hal ini disebabkan dengan jumlah data yang ganjil maka piksel yang akan diproses dapat berada ditengah. Pada *median filtering* digunakan matrik berdimensi $N \times N$. Dari matriks tersebut , kemudian data yang ada diurutkan dan dimasukkan dalam sebuah matriks berukuran $1 \times (N \times N)$. Hal ini berguna untuk mempermudah menemukan median dari kumpulan data yang telah urut tersebut. Sebagai contoh jika diketahui suatu matriks berdimensi 3×3 yang berisi piksel utama dan piksel-piksel disekitarnya:

9	5	5
3	8	5
2	1	4

Gambar 2. 13 Matriks untuk *median filtering*
(Sumber : Yuwono, 2007)

Matriks diatas harus diurutkan terlebih dahulu dan dimasukkan dalam sebuah matriks yang berukuran $1 \times (3 \times 3)$ atau 1×9 .

1	2	3	4	5	5	5	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Gambar 2. 14 Matriks untuk *median filtering* setelah diurutkan
(Sumber : Yuwono,2007)

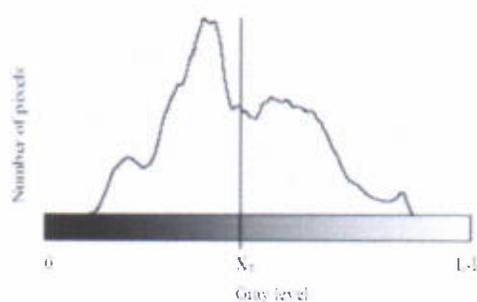
Dari gambar 2.14 dapat dicari nilai piksel yang baru dengan menggunakan perhitungan median, maka nilai mediannya adalah $x = 5$. Nilai 5 ini akan menggantikan nilai 8 sehingga piksel utamanya akan memiliki warna yang berbeda dengan sebelumnya [23].

2.2.10 Histogram Equalization

Histogram didefinisikan sebagai probabilitas statistik distribusi setiap tingkat abu-abu dalam gambar digital. *Histogram Equalization* adalah teknik yang sangat populer untuk peningkatan kontras gambar. Konsep dasar dari histogram equalization adalah dengan meregangkan histogram, sehingga perbedaan piksel menjadi lebih besar atau dengan kata lain informasi menjadi lebih kuat sehingga mata dapat menangkap informasi yang disampaikan. Citra kontras ditentukan oleh rentang dinamis, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara bagian paling terang dan paling gelap intensitas piksel. Histogram memberikan informasi untuk kontras dan intensitas keseluruhan distribusi dari suatu gambar. Misalkan gambar input $f(x,y)$ terdiri dari tingkat abu-abu diskrit dalam kisaran dinamis $[0, L-1]$, maka fungsi transformasi $C(r_k)$ dapat didefinisikan dalam persamaan berikut :

$$S_k = T(r_k) = (L - 1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{L-1}{MN} \sum_{j=0}^k n_j \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1 \quad (2.11)$$

Untuk persamaan transformasi *histogram equalization* pada gambar digital, variable $M \times N$ menunjukkan total jumlah piksel L jumlah tingkat abu-abu, dan $p_r(r_j)$ jumlah piksel dalam gambar masukan dengan intensitas nilai r_j . Rentang nilai input dan output abu-abu berada di kisaran $0, 1, 2, \dots, L - 1$. Kemudian, transformasi *histogram equalization* memetakan input nilai r_k dimana $(k = 0, 1, 2, \dots, L - 1)$ hingga nilai output S_k dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 15 Grafik Histogram
(Sumber : Yuwono,2007)

Pada gambar diatas, histogram dengan jarak 0 sampai $L - 1$ dibagi menjadi 2 bagian dengan X_T sebagai intensitas. Pemisahan ini menghasilkan dua histogram. Histogram pertama

memiliki jangkauan 0 sampai X_T sampai $L - 1$. *Histogram equalization* merupakan metode dalam pengolahan gambar yang meningkatkan kontras gambar secara umum, terutama ketika digunakan data gambar yang diwakili oleh nilai-nilai yang dekat kontras. Melalui penyesuaian ini, intensitas gambar dapat didistribusikan pada histogram dengan lebih baik. Hal ini memungkinkan untuk daerah kontras lokal yang lebih rendah untuk mendapatkan kontras yang lebih tinggi tanpa mempengaruhi kontras global. Metode ini juga berguna untuk dengan latar belakang dan *foreground* yang keduanya terang atau keduanya gelap [23].

2.2.11 K-Means Clustering

K-means clustering adalah metode iteratif tanpa pengawasan untuk membagi data menjadi sejumlah *k-cluster*. Secara umum *k-means* adalah metode cepat dan efisien untuk ekstraksi daerah dengan warna yang berbeda dalam segmentasi gambar, yang hasilnya lebih dekat dengan pengamatan manusia. Dalam metode pengelompokan *k-means*, n jumlah pengamatan dibagi menjadi sejumlah K kluster dan pengamatan terletak pada kluster dengan rata-rata terdekatnya. Pusat kluster K diambil baik secara acak atau dengan pendekatan *heuristic*, pusat ditempatkan dengan cara yang cerdas karena lokasi yang berbeda, sehingga merupakan pilihan yang lebih baik untuk menempatkannya sejauh mungkin terpisah. Setiap piksel dialokasikan ke kluster yang mengurangi jaraknya dengan pusat. Pusat kluster dihitung ulang dengan mengambil rata-rata semua piksel dalam kluster. Karena *k-means clustering* adalah metode berulang dengan mengulangi dua langkah terakhir sampai konvergensi. Fungsi kinerja untuk *K-Means* adalah sebagai berikut [6] :

$$J_{Km} = \sum_{i=1}^N \min_{j=1}^K \|x_i - m_j\|^2 \quad (2.12)$$

2.2.12 Ellipse Fitting

Ellipse Fitting digunakan untuk menghilangkan beberapa perubahan lengkungan batas optik *cup* secara tiba-tiba. *Ellipse fitting* menjadi sangat berguna ketika bagian dari pembuluh darah di tepi *neuro-retina* diluar *optic cup* dimasukkan dengan batas yang terdeteksi. CDR secara konsekuen diperoleh berdasarkan ketinggian dari *optic cup* dan *optic disk* yang terdeteksi. *Ellipse fitting* dapat digunakan untuk menghaluskan batasan *optic cup* dan *optic disc*. *Ellipse fitting* biasanya didasarkan pada algoritma *least square fitting* yang mengasumsikan bahwa kurva yang paling cocok dari jenis tertentu adalah kurva yang memiliki jumlah minimal penyimpangan kuadrat dari titik data yang diberikan (*least square error*). Algoritma *Direct Least Square Fitting* dipilih agar sesuai pada *optic cup* dan *optic disc*. Pada algoritma ini

meminimalkan jarak aljabar subjek dengan pembatas dan menggabungkan pembatas *ellipse* ke dalam faktor normalisasi. Ini adalah elips spesifik, sehingga efek *noise* (pembuluh darah okular, pendarah, drusen dll) di sekitar area *cup* dapat diminimalkan saat membentuk elips. Dalam algoritma *fitting*, pembatas kuadrat diatur pada parameter untuk menghindari solusi yang tidak diinginkan. Tujuannya adalah untuk mencari parameter vektor yang berisi enam koefisien bentuk kerucut standar. Elips adalah kasus khusus dari kerucut umum yang dapat dijelaskan pada persamaan polynomial berikut :

Persamaan dengan pembatas elips spesifik :

$$F(x, y) = ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0 \quad (2.13)$$

$$b^2 - 4ac < 0 \quad (2.14)$$

Dimana a,b,c,d ,e,f adalah koefisien dari *ellipse* dan x, y adalah koordinat dari titik yang diletakkan di atasnya. Polinomial $F(x, y)$ adalah jarak aljabar dari titik (x, y) ke konik yang diberikan. Dengan vektor :

$$a = [a, b, c, d, e, f]^T$$

$$b = [x^2, xy, y^2, x, y, 1] \quad (2.15)$$

Persamaan yang ditulis ulang dalam bentuk vektor.

$$F_a(X) = x \cdot a = 0 \quad (2.16)$$

Pemasangan kerucut umum pada sekumpulan titik $(x_i, y_i), i = 1 \dots N$ dapat didekati dengan meminimalkan jumlah jarak aljabar kuadrat dari titik ke kerucut yang diwakili koefisien a :

$$\min \sum_{i=1}^N F(x_i, y_i)^2 = \min \sum_{i=1}^N (F_a(x_i))^2 \quad (2.17)$$

Persamaan (17) dapat diselesaikan dengan pendekatan *standart least square*, tetapi hasil dari pemasangan tersebut adalah kerucut umum dan tidak perlu berbentuk *ellipse*. Untuk memastikan kekhasan elips dari solusi, batasan yang sesuai persamaan (14) harus dipertimbangkan. Dibawah skala yang tepat, pembatas ketimpangan dalam persamaan (14) dapat diubah menjadi pembatas kesetaraan.

$$4ac - b^2 = 1 \quad (2.18)$$

Dan masalah pembatasan khusus elips dapat diformulasikan ulang yaitu :

$$\|D_a\|^2 \text{ dengan } a^T C a = 1 \quad (2.19)$$

Dimana matriks desain D dari ukuran $N \times 6$, merupakan minimalisasi *least square* dari persamaan 2.17 dan matriks pembatas C dari ukuran 6×6 , menyatakan pembatas dari pembatas dari persamaan 2.18. Masalah minimasi dari persamaan 2.19 siap untuk diselesaikan dengan minimalisasi *least square*. Pertama dengan menerapkan pengganda *Langrange* didapatkan kondisi berikut untuk solusi optimal :

Dimana S adalah matriks penyebar ukuran 6×6 ,

$$\begin{aligned} S a &= \lambda C a \\ a^T C a &= 1 \end{aligned} \quad (2.20)$$

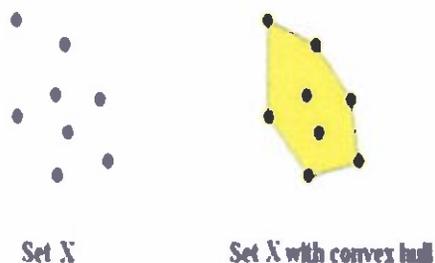
Dimana operator S menunjukkan jumlah,

$$S = D^T D \quad (2.21)$$

Selanjutnya, persamaan 2.20 diselesaikan dengan menggunakan vector eigen umum. Hingga ada 6 solusi nyata, tetapi dengan mempertimbangkan minimalisasi $\|D_a\|^2$ yang dikenai pembatas pada persamaan 2.18 hanya akan menghasilkan satu solusi yang sesuai dengan berdasarkan pembatas ke elips [12].

2.2.13 Convex Hull berbasis *Ellipse Optimization*

Hull cembung dari satu set poin adalah polygon cembung terkecil yang berisi setiap poin. Ini didefinisikan oleh himpunan bagian dari semua poin di set asli.



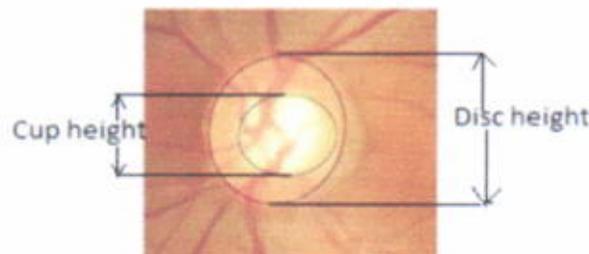
Gambar 2. 16 Contoh dari *Convex Hull*
(Sumber : Murthi,2012)

Hull cembung dari X juga dapat digambarkan secara konstruktif sebagai himpunan kombinasi cembung subset terbatas dari titik-titik dari X , yaitu himpunan bentuk titik-titik, dimana n

adalah bilangan alami yang berubah-ubah, bilangan t_j adalah non-negatif dan jumlah ke-1, dan titik x_j berada di X . Jadi, convex hull $H_{convex}(X)$ dari set X adalah :

$$H_{convex}(X) = \left\{ \sum_{t=1}^k a_t x_t \mid x_t \in R, a_t \geq 0, \sum_{t=1}^k a_t = 1, k = 1, 2, \dots \right\} \quad (2.22)$$

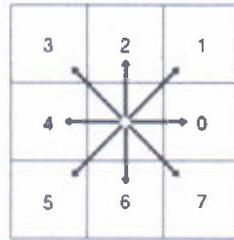
Jika X adalah himpunan bagian dari ruang vector N -dimensi, kombinasi cembung paling banyak dari titik $N+1$ sudah cukup dalam definisi diatas. Ini sama dngan bahwa convex hull X adalah penyatuan semua simpleks dengan paling banyak vertex $N + 1$. Gambar 2.16 menunjukkan bagaimana convex hull diterapkan dalam sistem dalam memilih fitur di sekitar wilayah neuro-retina cup. Kumpulan pixel yang diperoleh dari metode level set untuk daerah cup biasanya tersegmentasi dengan pengaruh *interweavement* pembuluh darah okular di sekitarnya, perdarahan, drusens dan *noise* lainnya. Jika semua piksel diumpankan ke algoritma *ellipse fitting*, maka akan dapat menghasilkan batas cup yang tidak nyata. Menggunakan poin fitur yang dipilih dari set piksel menggunakan *convex hull* agar sesuai dengan *ellipse cup*, sistem ini dapat menghasilkan neuro-retinal cup yang lebih realistis [12].



Gambar 2. 17 *Ellipse Fitting* pada *Optic Cup* dan *Optic Disc*
(Sumber : Murthi, 2012)

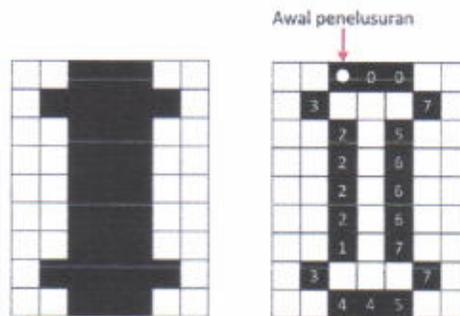
2.2.14 Kode Rantai (*Chain Code*)

Kode rantai (*chain code*) merupakan suatu teknik pengolahan citra dengan pengkodean yang berdasarkan arah mata angin pada suatu objek citra dua dimensi. Sistem perhitungan luas dan keliling menggunakan metode kode rantai digunakan untuk mengekstraksi fitur yang ada pada objek kemudian diolah menggunakan rumus sehingga hasil luas dan keliling dapat diketahui. Metode ini banyak diterapkan untuk mengetahui luas dan keliling bangun datar yang sulit dihitung dengan menggunakan rumus biasa.



Gambar 2. 18 Kode arah 8-tetangga
 (Sumber : <https://pemrogramanmatlab.com/2018/08/15/pengenalan-pola-bentuk-menggunakan-chain-code-dan-multi-svm>)

Kode rantai adalah suatu kode yang menunjukkan arah pergerakan dari perbatasan luar yang saling menyambung sehingga membentuk rantai. Hal ini dapat dilakukan dengan menelusuri piksel-piksel perbatasan dari satu titik hingga kembali ke titik semula. Berdasarkan kodenya, analisis suatu objek dapat dilakukan dengan menghitung keliling, area dan faktor bentuknya [19].



Gambar 2. 19 Bentuk Objek dan Kode Rantai
 (Sumber : <https://www.slideserve.com/gayle/operasi-pada-citra-biner>)

a. Keliling (*Perimeter*) Objek

Perimeter menyatakan panjang dari kerangka yang dihasilkan. Berikut formulanya :

$$P = \text{Jumlah kode genap} + \sqrt{2} \text{ Jumlah kode ganjil} \dots \quad (2.23)$$

Masuknya faktor $\sqrt{2}$ pada penentuan P untuk kodee ganjil, karena kode ganjil memiliki arah diagonal.

b. Area

Perhitungan luas area berdasarkan kode rantai dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\text{Kode 0} : \text{Area} = \text{Area} + Y \quad (2.24)$$

$$\text{Kode 1} : \text{Area} = \text{Area} + (Y + 0.5) \quad (2.25)$$

$$\text{Kode 2} : \text{Area} = \text{Area} \quad (2.26)$$

$$\text{Kode 3} : \text{Area} = \text{Area} - (Y + 0.5) \quad (2.27)$$

$$\text{Kode 4} : \text{Area} = \text{Area} - Y \quad (2.28)$$

$$\text{Kode 5} : \text{Area} = \text{Area} - (Y - 0.5) \quad (2.29)$$

$$\text{Kode 6} \quad : \text{Area} = \text{Area} \quad (2.30)$$

$$\text{Kode 7} \quad : \text{Area} = \text{Area} + (Y - 0.5) \quad (2.31)$$

c. Cup-to-Disc Ratio

Cup-to-Disc Ratio adalah indikator yang digunakan optalmologi dalam mengevaluasi glaukoma. Cup-to-disc ratio dihitung menggunakan diameter optic cup yang dibagi dengan diameter optic disc [3]:

$$CDR = \frac{\text{Vertical Optic Cup Area}}{\text{Vertical Optic Disc Area}} \quad (2.32)$$

d. Rasio Kebulatan

Rasio kebulatan adalah perbandingan antara luas objek dan kuadrat perimeter yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

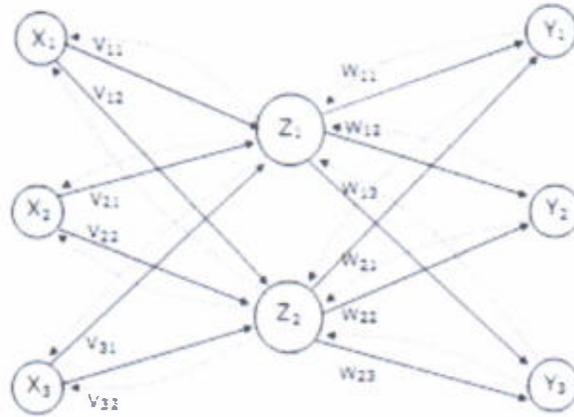
$$\text{kebulatan } (R) = 4\pi \frac{A(R)}{P^2 (R)} \quad (2.33)$$

Hasil R berbentuk kebulatan dengan nilai 1 dan hasilnya ≤ 1 . Metode ini dinamakan kekompakan [23].

2.2.15 Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan digunakan karena jaringan saraf diimplemantasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama pembelajaran.

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya (*hidden layer*). Arsitektur jaringan syaraf tiruan backpropagation yang digunakan dalam penelitian ini tersusun atas beberapa lapisan dengan satu lapis masukan (lapisan X), satu lapisan tersembunyi (lapisan Z) dan satu lapisan keluaran (lapisan Y).



Gambar 2. 20 Arsitektur jaringan *backpropagation*
(Hasan Bisri,2013)

Adapun algoritma jaringan syaraf tiruan *backpropagation* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Inialisasi bobot (ambil bobot dengan nilai random yang cukup kecil).
- Kerjakan langkah-langkah berikut selama kondisi berhenti bernilai FALSE. Untuk tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran kerjakan:

Langkah *feedforward* :

1. Tiap-tiap unit input (x_i , $i=1,2,3,\dots,n$) menerima sinyal x , dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di atasnya (lapisan tersembunyi).
2. Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j , $j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan sinyal-sinya input terbobot:

$$Z_{inj} = v_{0j} \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (2.34)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$Z_j = f(Z_{inj}) \quad (2.35)$$

Dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit output)

3. Tiap-tiap unit output (y_k , $k=1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan sinyal-sinyal input terbobot:

$$y_{ink} = w_{0k} \sum_{i=1}^n Z_i w_{ik} \quad (2.36)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$y_j = f(y_{ink}) \quad (2.37)$$

Dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit output).

Langkah *backpropagation* :

4. Tiap-tiap unit output (y_k , $k=1,2,3,\dots,m$) menerima target pola yang berhubungan dengan pola input pembelajaran, hitung informasi errornya:

$$\delta_j = (t_k - t_k) f^1 (y_{ink}) \quad (2.38)$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai w_{jk}) :

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \quad (2.39)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk (memperbaiki nilai w_{0k}) :

$$\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k \quad (2.40)$$

Kirimkan δ_k ini ke unit-unit yang ada di lapisan bawahnya tersembunyi ($Z_j, j = 1, 2, 3, \dots, p$) menjumlahkan delta inputnya (dari unit-unit yang berada pada lapisan di atasnya) :

$$\delta_{inj} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \quad (2.41)$$

Kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktifasinya untuk menghitung informasi error :

$$\delta_j = \delta_{inj} f^1 (Z_{inj}) \quad (2.42)$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai V_{ij}) :

$$\Delta v_{jk} = \alpha \delta_j x_i \quad (2.43)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai V_{0j}):

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j v \quad (2.44)$$

5. Tiap-tiap unit output ($Y_{jj}, j=1, 2, 3, \dots, m$) memperbaiki badan bobot - bobotnya ($j=1, 2, 3, \dots, p$) :

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (2.45)$$

Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z_j, i=1, 2, 3, \dots, p$) memperbaiki bias dan bobotnya ($i=1, 2, 3, \dots, n$) :

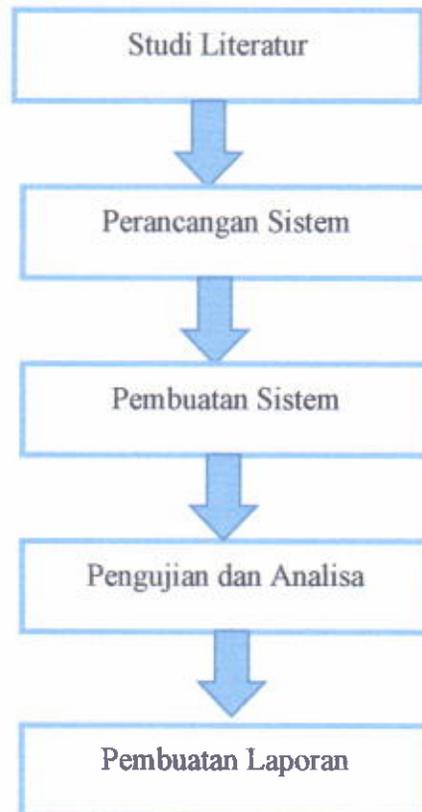
$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (2.46)$$

- Tes kondisi berhenti [24].

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penyelesaian sistem akan dikerjakan dalam beberapa tahap. Metodologi yang digunakan dalam pengerjaan proyek akhir adalah seperti gambar berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Metodologi Penelitian

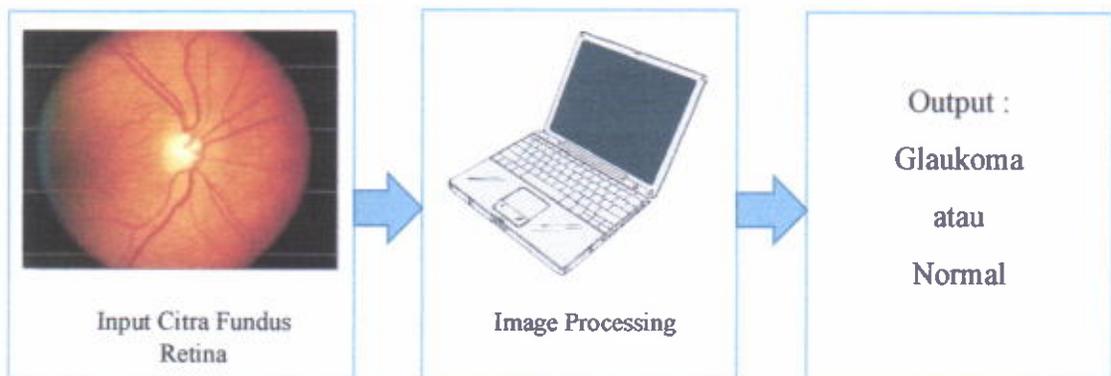
3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan untuk mengumpulkan data referensi mengenai keseluruhan metode yang akan diimplementasikan pada penelitian sistem. Studi yang dilakukan berkaitan dengan topik yang diambil pada penelitian ini yang terdiri dari studi tentang penyakit glaukoma yang berkaitan dengan penyebab, jenis faktor orang yang berisiko menderita glaukoma, fotografi fundus untuk *screening* glaukoma serta penggunaan *cup-to-disc ratio* sebagai pengukuran yang dipakai dalam menilai perkembangan glaukoma, metode *preprocessing* untuk memperbaiki citra yaitu dengan menggunakan metode operasi morfologi, *sharpening*, *stretching*, konversi RGB menjadi HSV, *equalization* dan *median filtering* yang dilakukan pada *optic cup* dan

optic disc. Kemudian dilanjutkan dengan segmentasi untuk memisahkan objek dengan latar belakangnya menggunakan metode *K-means clustering*, untuk memperoleh batasan pada *optic cup* dan *optic disc* guna memperoleh nilai diameter yang digunakan untuk perhitungan *cup-to-disc ratio* menggunakan metode *ellipse fitting*, untuk memperoleh ciri dari citra dilakukan ekstraksi fitur menggunakan metode kode rantai untuk menganalisis objek berdasarkan *perimeter*, luas, rasio kebulatan dan perhitungan *cup-to-disc ratio*. Pada tahap akhir untuk melakukan klasifikasi digunakan algoritma *backpropagation*. Studi dilakukan dengan membaca buku, paper, dan jurnal ilmiah baik dari dalam maupun luar negeri serta melalui penelusuran internet.

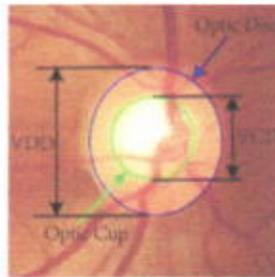
3.1.2 Desain dan Perancangan Sistem

Sebelum sistem dibuat, tahap yang harus dilakukan adalah menentukan desain dan perancangan sistem sebelum diimplementasikan pada sistem yang akan dibuat agar sistem dapat bekerja dengan baik dan sesuai harapan. Berikut adalah gambaran secara umum mengenai desain sistem yang akan dibuat:



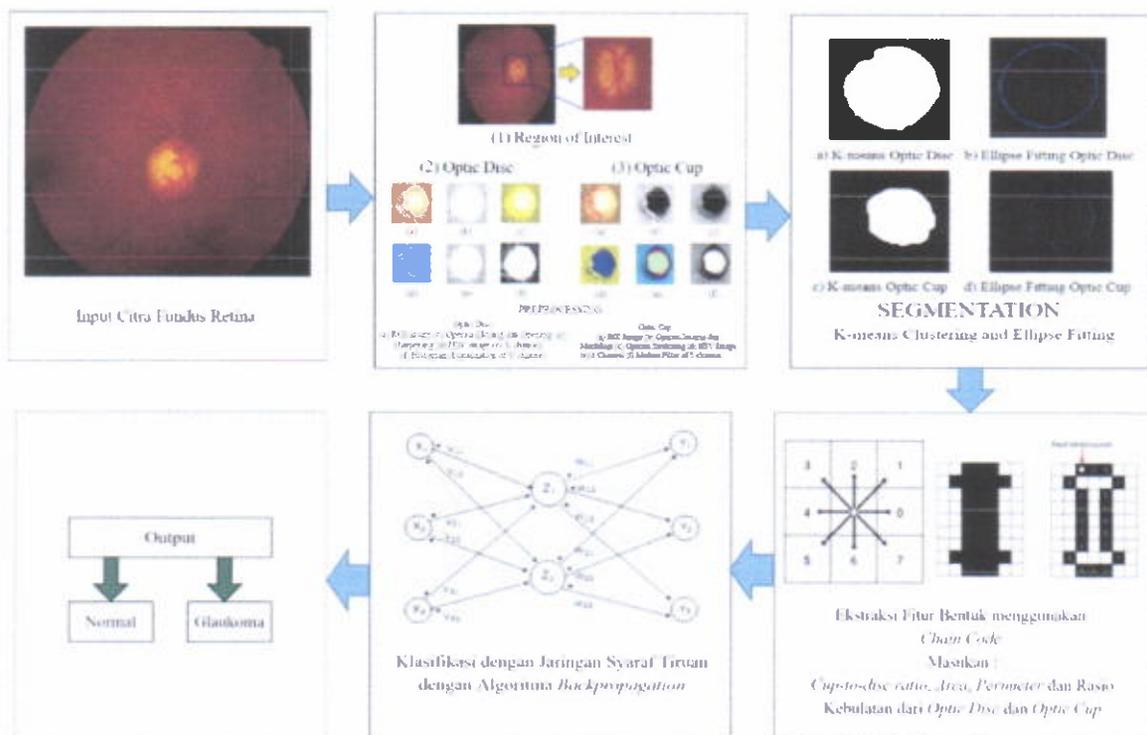
Gambar 3. 2 Desain Umum Rancangan Sistem

Untuk memperoleh glaukoma berdasarkan citra fundus, perlu dilakukan evaluasi dari kepala saraf optik melalui fotografi fundus untuk memperoleh citra pada retina. Setelah memperoleh citra tersebut dapat dilakukan evaluasi berdasarkan indikator klinik dengan menggunakan *cup-to-disc ratio*. *Cup-to-disc ratio* merupakan indikator yang digunakan oleh optalmologi dalam mengevaluasi glaukoma. *Cup-to-disc ratio* dihitung menggunakan diameter *optic cup* yang dibagi dengan diameter *optic disc*. Untuk *disc* normal, CDR bernilai kurang dari 0.5, jika lebih besar dari 0.5 maka akan termasuk dalam kasus dari glaukoma.



Gambar 3. 3 *Optic Cup* dan *Optic Disc*
(Sumber: Murthi, 2012)

Untuk memperoleh glaukoma dilakukan dengan melakukan pengolahan citra pada citra fundus. Berikut ini merupakan diagram sistem untuk memperoleh hasil klasifikasi apakah citra fundus mengalami glaukoma dan normal.



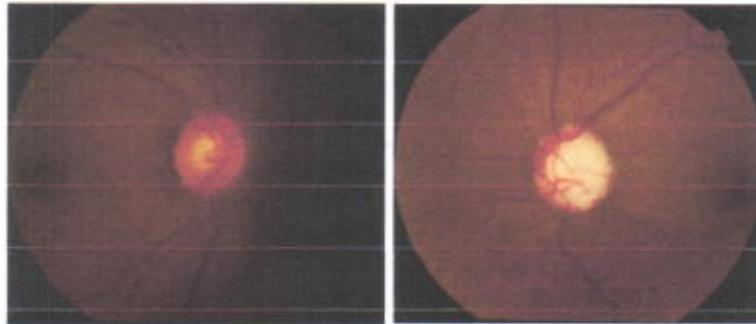
Gambar 3. 4 Diagram Rancangan Sistem

Sesuai dengan diagram alur rancangan sistem pada gambar di atas, dapat dijabarkan proses – prosesnya sebagai berikut :

1. *Input Citra Fundus Retina*

Input yang digunakan dalam sistem ini adalah citra fundus retina dalam bentuk *soft-file* dalam format .png. *Input* gambar yang digunakan direncanakan menggunakan dataset dari internet yaitu Drishti-GS serta data yang diperoleh dari rumah sakit mata atau

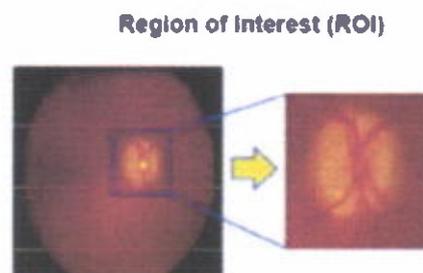
klitik mata. Pada dataset Drishti-GS, setiap citra pada dataset tersebut telah terdapat nilai *cup-to-disc ratio* yang diperoleh dari 4 orang ahli mata dengan berbagai pengalaman klinis masing-masing 3,5,9, dan 20 tahun, serta validasi data untuk keputusan apakah citra tersebut normal atau glaukoma juga tersedia yang diperoleh berdasarkan pendapat mayoritas 3 dari 4 ahli mata.



Gambar 3. 5 Citra fundus normal (kiri) dan glaukoma (kanan)
(Sumber : Dataset Drishti-GS)

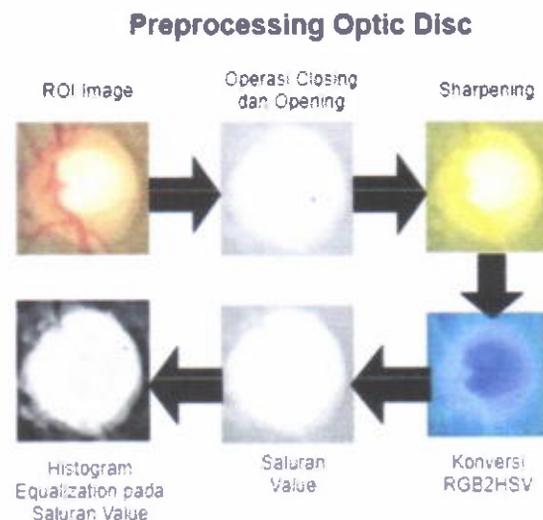
2. *Preprocessing*

Pada proses ini adalah tahapan pemrosesan data (dalam hal ini citra digital) agar data bisa dan layak digunakan untuk tahap berikutnya. Tujuan dari proses ini adalah memperbaiki serta meningkatkan kualitas citra masukan. Direncanakan metode yang diusulkan dalam proses ini adalah dilakukannya ROI (*Region of Interest*) pada citra fundus retina (masukan) yang bertujuan untuk mengurangi waktu komputasi serta meningkatkan kecepatan dalam proses segmentasi. Dikarenakan terdapat dua jenis objek yaitu *optic cup* dan *optic disc*, sehingga adanya perbedaan dalam proses *pre-processing* pada keduanya setelah proses ROI. Perbedaan proses ini dikarenakan adanya perbedaan kontras warna antara *optic disc* dan *optic cup*. Pertama adalah proses *pre-processing* pada *optic disc*. Pada proses ini menggunakan gambar ROI yang diperoleh yang masih dalam bentuk RGB.



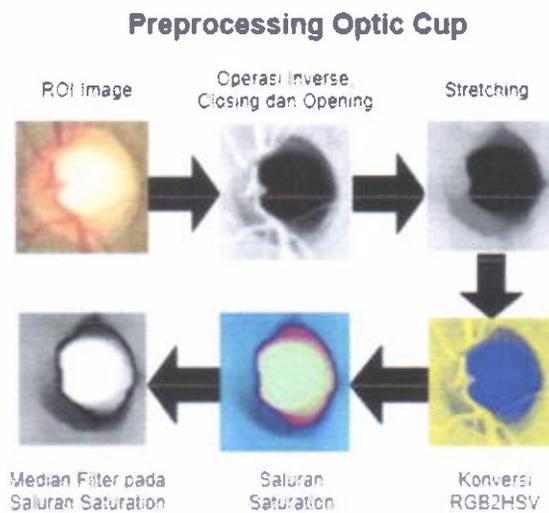
Gambar 3. 6 *Region of Interest*
(Sumber : Ayub, 2016)

Selanjutnya adalah melakukan operasi morfologi *opening* yang diikuti dengan *closing* yang digunakan untuk menghapus pembuluh darah di sekitar *optic disc*. Selanjutnya adalah melakukan operasi *sharpening* untuk mempertajam tepi dari *optic disc*, setelah itu dilakukan konversi citra RGB menjadi HSV. Ruang HSV digunakan karena mendekati warna seperti mata manusia. Selanjutnya pada saluran *Value* dilakukan operasi *equalization* yang digunakan untuk menyesuaikan nilai intensitas.



Gambar 3. 7 Tahap *preprocessing* pada *optic disc*

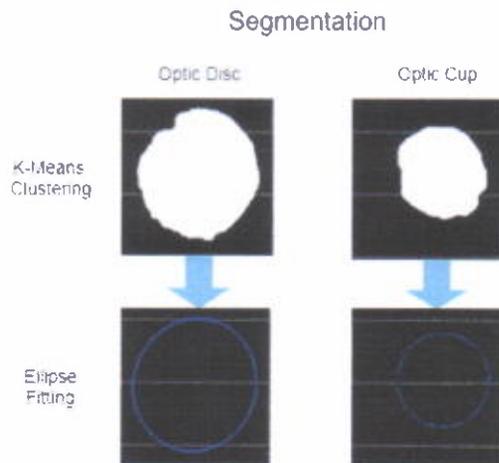
Selanjutnya adalah proses *preprocessing* pada *optic cup*. dengan menggunakan citra hasil ROI, dilakukan operasi transformasi *inverse* untuk meningkatkan detail warna putih atau keabuan dalam daerah gelap objek serta diikuti dengan operasi morfologi *opening* dan *closing* yang digunakan untuk menghapus pembuluh darah di sekitar area *optic cup*. Selanjutnya dilakukan operasi *stretching* yang digunakan untuk visualisasi *optic cup* yang lebih baik dibandingkan dengan *optic disc*. Kemudian, citra RGB yang telah melewati proses tersebut dikonversi menjadi HSV. Pada ruang warna *Saturation*, digunakan untuk melakukan operasi *median filtering*. Operasi ini dilakukan pada ruang warna *Saturation* untuk mengeluarkan spekel *noise*. Ini digunakan untuk evaluasi atau analisis citra yang lebih baik. Sebagian operasi *filtering* digunakan untuk meningkatkan atau mengurangi detail tertentu dari citra fundus. Dalam hal ini *median filter* digunakan untuk meningkatkan visualisasi. Dalam *median filter* digunakan untuk menghitung nilai median dari piksel. Fitur intensitas tinggi atau rendah dihilangkan. Saluran *Hue* dan *Saturation* serta saluran warna olahan disatukan untuk pemrosesan lebih lanjut untuk segmentasi *optic cup*.



Gambar 3. 8 Tahap *preprocessing* pada *optic cup*

3. *Segmentation*

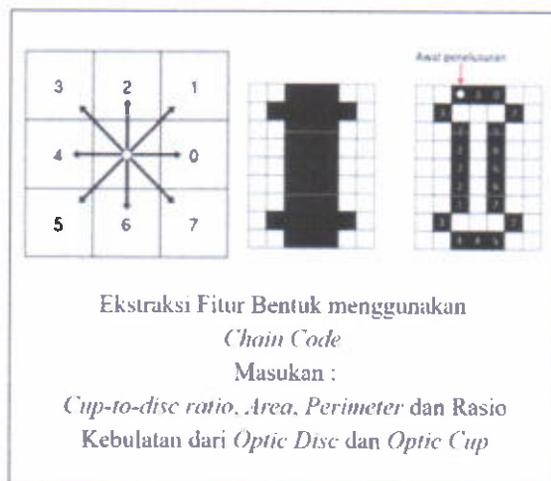
Selanjutnya adalah tahap segmentasi yang bertujuan untuk memisahkan *optic disc (foreground)* dengan latar belakang dan objek lain yang tidak dikehendaki (*background*). Direncanakan pada tahap segmentasi ini menggunakan metode *K-means clustering* yang digunakan untuk mensegmentasi gambar dengan membuat berbagai kluster. Secara umum *k-means* adalah metode cepat dan efisien untuk ekstraksi daerah dengan warna yang berbeda dalam segmentasi gambar, yang hasilnya lebih dekat dengan pengamatan manusia. Dalam metode pengelompokan *k-means*, n jumlah pengamatan dibagi menjadi sejumlah K kluster dan pengamatan terletak pada kluster dengan rata-rata terdekatnya. Karena batas antara *optic cup* dan *optic disc* yang tersegmentasi memiliki bentuk yang tidak teratur, selanjutnya adalah menghaluskan batas antara *optic cup* dan *optic disc* menggunakan persamaan *ellipse fitting*. Dengan persamaan ini akan membantu pada bagian pembuluh darah pada *neuroretinal rim* yang terletak di luar *cup* ikut pada batas yang terdeteksi. Selanjutnya dapat diperoleh nilai diameter vertikal *optic disc* dan *optic cup* untuk menghitung nilai *cup-to-disc-ratio*.



Gambar 3. 9 Tahap Segmentasi pada *Optic Disc* dan *Optic Cup*

4. *Feature Extraction*

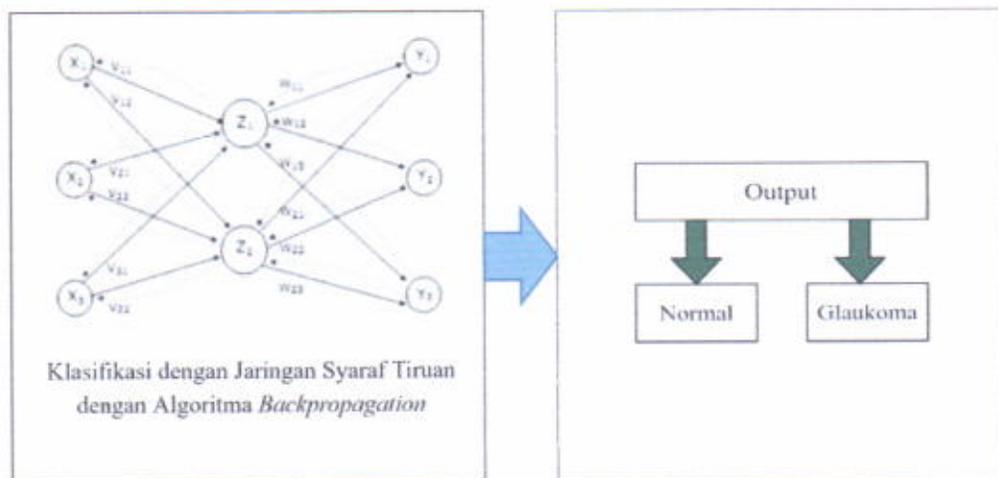
Pada tahap selanjutnya adalah ekstraksi fitur yaitu tahap pengambilan ciri objek yang digunakan sebagai pembeda dengan objek yang lainnya. Direncanakan metode ekstraksi ciri yang digunakan pada penelitian ini adalah operasi morfologi. Operasi morfologi sebagai metode untuk mendeskripsikan atau menganalisa bentuk dari sebuah objek. Objeknya adalah *optic cup* dan *optic disc*. Ekstraksi fitur ini menggunakan hasil perhitungan *cup-to-disc ratio*, *perimeter*, *luas* dan *rasio kebulatan*. Pada ciri *perimeter*, *luas* dan *rasio kebulatan* menggunakan metode kode rantai yang merupakan suatu teknik pengolahan citra dengan pengkodean yang berdasarkan arah mata angin pada suatu objek citra dua dimensi.



Gambar 3. 10 Tahap Ekstraksi Fitur

5. Classification

Pada tahap akhir adalah dilakukannya klasifikasi yang bertujuan untuk mengklasifikasikan objek berdasarkan pada karakteristik ciri-ciri yang diberikan. Ciri tersebut adalah hasil perhitungan *cup-to-disc ratio*, *perimeter*, luas dan rasio kebulatan yang digunakan sebagai masukan dari proses klasifikasi. Pada tahap ini objek akan diklasifikasikan menjadi glaukoma dan normal berdasarkan parameter ciri tersebut. Dari proses ini nantinya diperoleh apakah citra tersebut glaukoma atau normal dengan menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Dimana dalam metode ini digunakan untuk memperkecil tingkat *error* dengan menyesuaikan bobot berdasarkan perbedaan output dan target yang diinginkan. Hasil akhir dari output adalah berupa keputusan normal atau glaukoma.



Gambar 3. 11 Tahap Klasifikasi

3.1.3 Pembuatan Sistem

Setelah membuat rancangan sistem, maka tahap selanjutnya adalah implementasi sistem. Pada tahap pembuatan sistem, menggunakan referensi-referensi yang diperoleh pada tahap studi literatur. Pada tahap pembuatan sistem, hal-hal yang dibutuhkan sistem pada penelitian tugas akhir ini adalah :

- a. Pembuatan program untuk proses preprocessing yaitu program dengan menggunakan metode ROI untuk memperoleh area retina pada bagian *optic disc* guna mengurangi waktu komputasi dan proses *preprocessing* pada *optic disc* menggunakan metode operasi morfologi untuk menghapus pembuluh darah, *sharpening*, konversi citra ROI dalam bentuk RGB menjadi HSV dan *equalization* pada ruang *Value*. Pada

- preprocessing optic cup* yaitu dengan menggunakan operasi *invers* diikuti dengan operasi morfologi kemudian dilakukan *stretching* dan konversi citra ROI dalam bentuk RGB menjadi HSV, dan pada ruang *Saturation* dilakukan *median filter*.
- b. Pembuatan program segmentasi menggunakan citra hasil *preprocessing* menggunakan metode *k-means clustering* untuk memisahkan objek dengan latar belakang atau objek lainnya, serta memperoleh batasan objek dengan memperhalus batasan hasil segmentasi menggunakan operasi *ellipse fitting* dan kemudian menghitung *cup-to-disc ratio* berdasarkan diameter vertikal pada *optic disc* dan *optic cup*.
 - c. Pembuatan program untuk ekstraksi fitur untuk memperoleh karakteristik dari glaukoma berdasarkan *perimeter*, luas dan rasio kebulatan menggunakan metode kode rantai dengan perhitungan nilai *cup-to-disc ratio*.
 - d. Pembuatan program untuk melakukan klasifikasi glaukoma dan normal menggunakan algoritma *backpropagation* berdasarkan masukan yang diperoleh dari hasil ekstraksi fitur.

3.1.4 Pengujian dan Analisa

Pengujian dilakukan pada setiap tahap dari sistem yang dibuat dalam proyek akhir agar sistem dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Selanjutnya dilakukan analisa pada hasil dari setiap tahapan proses dan hasil keseluruhan. Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau belum, diantaranya adalah :

a. Pengujian *Preprocessing*

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang bertujuan untuk melakukan peningkatan kualitas dari citra input supaya diperoleh citra yang lebih baik untuk proses berikutnya. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan kemampuan dari suatu metode peningkatan kualitas citra dihitung dengan menggunakan MSE dan PSNR. Kemampuan metode peningkatan kualitas citra juga dapat diukur dengan teknik visual, yaitu melihat kelainannya tanpa memiliki dasar pengetahuan yang baik, sehingga hasil pengukuran teknik visual setiap orang berbeda-beda. PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) adalah sebuah perhitungan yang menentukan nilai dari sebuah citra yang dihasilkan. Nilai PSNR ditentukan oleh besar atau kecilnya nilai MSE yang terjadi pada citra. Semakin besar nilai PSNR, semakin baik pula hasil yang diperoleh pada tampilan citra hasil. Sebaliknya,

semakin kecil nilai PSNR, maka akan semakin buruk hasil yang diperoleh pada tampilan citra hasil. Satuan nilai dari PSNR sama seperti MSE, yaitu decibel (dB). hubungan antara nilai PSNR dengan nilai MSE adalah semakin besar nilai PSNR, maka akan semakin kecil nilai MSE-nya. PSNR secara umum digunakan untuk mengukur kualitas pada penyusunan ulang citra. Hal ini lebih mudah didefinisikan dengan MSE. MSE (*Mean Square Error*) adalah kesalahan kuadrat rata-rata. Nilai MSE didapat dengan membandingkan nilai selisih piksel-piksel citra asal dengan citra hasil pada posisi piksel yang sama. Semakin besar nilai MSE, maka tampilan pada citra hasil akan semakin buruk. Sebaliknya, semakin kecil nilai MSE, maka tampilan pada citra hasil akan semakin baik. Hal ini akan menjadi parameter perbandingan tiap-tiap metode. Nilai MSE dan PSNR dapat dicari dengan persamaan berikut [25].

$$MSE = \left(\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (g'(x, y) - g(x, y))^2 \right) \quad (3.1)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{z}{MSE} \right) \quad (3.2)$$

Keterangan :

MSE = *Mean Square Error*

PSNR = *Peak Signal to Noise Ratio*

x = ukuran baris dari citra

y = ukuran kolom dari citra

g(x,y) = matriks citra hasil pemrosesan

[M, N] = ukuran citra dan n adalah bit/piksel

b. Pengujian Segmentasi

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem dalam memisahkan objek yang dikehendaki (*foreground*) dengan objek lain yang tidak dikehendaki (*background*), dalam hal ini objek adalah *optic disc* dan *optic cup*. Untuk mengetahui tahapan hasil proses ini benar dapat dengan membandingkan nilai hasil segmentasi dari sistem dengan hasil segmentasi manual dari dataset untuk mengetahui tingkat akurasi dari sistem yang dibuat.

c. Pengujian Ekstraksi Fitur

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem untuk mengenali objek dalam citra dengan parameter-parameter yang mencirikan objek tersebut. Ciri yang

digunakan adalah nilai *cup-to-disc ratio*, *perimeter*, *area* dan rasio kebulatan dari *optic cup* dan *optic disc*.

d. Pengujian Klasifikasi

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap nilai dari parameter-parameter yang merepresentasikan ciri dari objek untuk dijadikan sebagai data masukan. Data tersebut kemudian diolah sehingga diperoleh suatu rumusan untuk dapat mengenali objek. Dalam proses ini, dilakukan dua proses utama yaitu proses pelatihan dan proses pengujian, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Proses Pelatihan

Pada proses pelatihan dilakukan menggunakan sekumpulan data latih yang memuat parameter ciri yang digunakan untuk membedakan antara objek satu dengan lainnya. Kemudian memetakan data latih tersebut menuju target berupa keputusan yaitu glaukoma atau normal melalui suatu rumusan (algoritma *backpropagation*) yang dipilih berdasarkan pada karakteristik ciri dari objek.

2. Proses Pengujian

Pada proses ini rumusan yang dihasilkan dari proses pelatihan digunakan untuk memetakan data uji sehingga diperoleh data keluaran yang kemudian dibandingkan dengan target uji sehingga dapat diperoleh tingkat akurasi dari proses pengujian.

e. Validasi Sistem

Dikarenakan menggunakan dua sumber data dimana data tersebut adalah data yang diperoleh dari penelusuran internet menggunakan dataset Drishti-GS dan dataset dari rumah sakit atau klinik mata. Untuk dataset dari Drishti-GS pada setiap citra fundus sudah terdapat nilai *cup-to-disc ratio* yang diperoleh dari 4 orang ahli mata dengan berbagai pengalaman klinis masing-masing 3,5,9, dan 20 tahun, serta validasi data untuk keputusan apakah citra tersebut normal atau glaukoma juga tersedia yang diperoleh berdasarkan pendapat mayoritas 3 dari 4 ahli mata. Sehingga informasi tersebut dapat digunakan untuk proses validasi untuk sistem dengan membandingkan nilai dari sistem yang dibuat dengan nilai yang diperoleh dari dataset Drishti-GS. Untuk data yang diperoleh dari rumah sakit atau klinik mata, validasi dari sistem akan dilakukan oleh dokter mata atau perawat terkait.

3.1.5 Pembuatan Laporan

Pada tahap pembuatan laporan dilakukan dengan tujuan sebagai dokumentasi dan penjelasan seluruh kegiatan yang dilakukan dalam pembuatan proyek akhir. Pembuatan laporan dilakukan pada tahapan akhir dalam pelaksanaan penelitian proyek akhir.

3.2 Prosedur Pengambilan Data

Penggunaan data direncanakan menggunakan dua sumber yaitu data yang berasal dari internet yaitu dataset DRISHTI-GS dan data yang berasal dari hasil survei Rumah Sakit atau Klinik Mata. Untuk saat ini penggunaan data dapat diperoleh secara online dengan diperoleh melalui penelusuran internet pada DRISHTI-GS yang merupakan dataset yang dipublikasikan dalam format RGB (.PNG) yang dikumpulkan dari Rumah Sakit Mata Aravind, Madurai, India yang berjumlah sebanyak 50 citra *training* dan 51 citra *testing*.

3.3 Perencanaan Jadwal

Pada penelitian proyek akhir ini direncanakan akan dikerjakan melalui beberapa tahap yang telah dijadwalkan seperti tabel 3.1 berikut :

Tabel 3. 1 Perencanaan Jadwal Pengerjaan Proyek Akhir

No	Kegiatan	Bulan ke-											
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
1	Studi Literatur												
2	Pengumpulan Data												
3	Perencanaan Sistem												
4	Pembuatan Sistem												
5	Pengujian & Analisa												
6	Pembuatan Laporan												

Direncanakan untuk target sampai dengan Seminar Progress Proyek Akhir, akan sampai pada proses pembuatan sistem yaitu sampai dengan tahap segmentasi pada *optic cup* dan *optic disc*.

PERSONALIA PROYEK AKHIR

1. Data Mahasiswa

Nama : Dinda Ayu Yunitasari
NRP : 2210171026
Jurusan : Teknik Komputer

2. Dosen Pembimbing I

Nama : Riyanto Sigit, S.T, M.Kom, Ph.D
Gelara : S.T, M.Kom., Ph.D
Golongan Pangkat : III/D
NIP : 197008111995121001
Jabatan Fungsional : Lektor
Jabatan Struktural : Koordinator TIK Pasca Sarjana
Jurusan/Program Studi : Teknik Komputer
Bidang Keahlian : Pengolahan Citra Digital, *Medical Image Processing*

Dosen Pembimbing II

Nama : Tri Harsono, S.Si, M.Kom, PhD.
Gelara : S.Si, M.Kom, PhD
Golongan Pangkat : IV/A
NIP : 196901071994031001
Jabatan Fungsional : Lektor
Jabatan Struktural : Ketua Departemen Teknik Informatika dan Komputer
Jurusan/Program Studi : Teknik Komputer
Bidang Keahlian : Pemodelan dan Simulasi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization. 2020. "Priority eye diseases Glaucoma". [Online]. Available: <https://www.who.int/blindness/causes/priority/en/index6.html>. [Diakses : 6 Juni 2020]
- [2] Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, "InfoDATIN, Situasi dan Analisis Glaukoma", Pusat Data Kementerian Kesehatan RI, Jakarta Selatan, 2019.
- [3] A. Murthi and M. Madheswaran. 2012. *Enhancement Of Optic Cup to Disc Ratio Detection In Glaucoma Diagnosis*. India : IEEE International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI).
- [4] W. Ruengkitpinyo, P. Vejjanugraha, W. Kongprawechnon, T. Kondo, P. Bunnun, and H. Kaneko. 2015. *An Automatic Glaucoma Screening Algorithm using Cup-to-disc ratio and ISNT rule with Support Vector Machine*. Yokohama , Japan : IEEE 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON).
- [5] Hafsa Ahmad, Abubakar Yamin, Aqsa Shakeel, Syed Omer Gillani, and Umer Ansari. 2014. *Detection of Glaucoma Using Retinal Fundus Images*. Islamabad, Pakistan : IEEE International Conference on Robotics and Emerging Allied Technologies in Engineering (iCREATE).
- [6] Javier Ayub, Jamil Ahmad, Jan Muhammad, Lubna Aziz, and Sara Ayub, dkk. 2016. *Glaucoma Detection through Optic Disc and Cup Segmentation using K-mean Clustering*. Quetta, Pakistan : IEEE International Conference Computing, Electronic and Electrical Engineering (ICE Cube).
- [7] Ri Munarto Endi Permata, and Indra Ginanjar A.T. 2016. *Klasifikasi Glaucoma Menggunakan Cup to Disc Ratio dan Neural Network*. Banten : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [8] Yuming Jiang, Hu Xia, Yanwu Xu, Jun Cheng, and Huazhu Fu, dkk. 2018. *Optic Disc and Cup Segmentation with Blood Vessel Removal from Fundus Image for Glaucoma Detection*. Honolulu, HI, USA : IEEE 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC).
- [9] Abhisek Dey, and S. K. Bandyopadhyay. 2015. *Automated Glaucoma Detection Using Support Vector Machine Classification Method*. Kolkata, India : Departmen of Computer Science and Engineering , University of Calcutta, Kolkata, India.
- [10] Chalinee Burana-Anusorn, W. Kongprawechnon, T. Kondo, S. Sintuwong, and K. Tungpimolrut. 2013. *Image Processing Techniques for Glaucoma Detection Using the Cup-to-Disc Ratio*. Thailand : Thammasat International Journal of Science and Technology. Vol 18 , No.1.
- [11] M.U. Muthmainah, H.A Nugroho, B. Windhuratna, Ilcham. 2018. *Analysis of Retinal Fundus Images for Classification of Glaucoma*. Indonesia : IEEE 1st International Conference on Bioinformatics, Biotechnology, and Biomedical Engineering – Bioinformatics and Biomedical Engineering (BIOMIC).

- [12] Kavya N, Padmaja K. 2017. *Glaucoma Detection Using Texture Features Extraction*. USA : IEEE 51st Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers (ACSSC).
- [13] H. A. Nugroho, W. K. Z. Oktoeberza, A. Erasari, A. Utami and C. Cahyono. 2017. *Segmentation of Optic Disc and Optic Cup in Colour Fundus Image Based on Morphological Reconstruction*. Phuket, Thailand : IEEE 9th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE).
- [14] Chetan Tulasigeri, M. Irulappan. 2016. *An Advanced thresholding algorithm, for diagnosis of glaucoma in fundus image*. India : IEEE International Conference on Recent Trends In Electronic Information Communication Technology (ICRTEICT).
- [15] Ahmad Mustofa, Handayani Tjandrasa, and Bilqis Amaliah. 2016. Deteksi Penyakit Glaukoma pada Citra Fundus Retina Mata Menggunakan *Adaptive Thresholding* dan *Support Vector Machine*. Surabaya : Jurnal Teknik ITS. Vol 1, No. 2.
- [16] Hendro Nugroho. 2015. Aplikasi Penghitungan Ukuran Fitur Bidang Citra Pada Objek Peninggalan Sejarah di Trowulan Mojokerto. Surabaya : Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan.
- [17] Bithi Barua dan Mehedi Hasan. 2016. *A New Approach of Detection and Segmentation of Blood Vessels for the Classification of Healthy and Diseased Retinal Images*. Bangladesh: IEEE 3rd International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT).
- [18] Fondon, J. F. Valverde, A. Sarmiento, dkk. 2015. *Automatic Optic Cup Segmentation Algorithm for Retinal Fundus Images based on Random Forest Classifier*. Spain : IEEE International Conference on Computer as a Tool (EUROCON).
- [19] Putra, Darma. 2010. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta : CV. Andi Offset.
- [20] Rinaldi, M. 2004. Pengolahan Citra Digital. Bandung : Sekolah Teknik Elektro dan Informatika (STEI) ITB.
- [21] Ramadijanti. N , Basuki. A dan Fahrul F. 2014. Buku Ajar Pengolahan Citra. Surabaya : Program Studi Teknik Informatika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [22] K. Pratt. 2007. *"Digital Image Processing"*. Wiley-Interscience. A John Wiley & Sons, Inc.
- [23] Yuwono, B. 2007. *Image Smoothing Menggunakan Mean Filtering, Median Filtering, Modus Filtering dan Gaussian Filtering*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Informatika UPN "Veteran" Yogyakarta. Vol 7, No 1.
- [24] H. Bisri, M.A Bustomi dan Endah Purwanti. 2013. Klasifikasi Citra Paru-Paru dengan Ekstraksi Fitur Histogram dan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. Surabaya : Jurnal Sains dan Seni POMITS Vol.2, No. 2

[25] Hanifah Rahmi Fajrin. 2016. Perbandingan Metode Untuk Perbaikan Kualitas Citra Mammogram. Yogyakarta : Jurnal SIMETRIS, Vol 7, No 2.