

KLASIFIKASI GLAUCOMA MENGGUNAKAN CUP-TO-DISC RATIO DAN NEURAL NETWORK

Ri Munarto^{1*}, Endi Permata², Indra Ginanjar A.T³

^{1,2}Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

³Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

E-mail : rim_munarto@yahoo.com, Endi_permata@yahoo.com, indragat@gmail.com

Abstrak

Glaucoma adalah penyebab utama kebutaan dunia, terhitung 12,3% kebutaan permanen menurut Organisasi Kesehatan Dunia. Penyakit ini khususnya prevalent di Asia, sampai lebih dari 50% kasus glaucoma total ditemukan di daerah ini. Sekalipun kerusakan glaucoma tidak bisa balik, penelitian menunjukkan deteksi awal dapat efektif memperlambat atau menghentikan atropy glaucoma. Rasio ukuran optic cup terhadap optic disc (CDR), dikenal sebagai indkator penting assessmen glaucoma, apabila perkembangan glaucoma berkaitan dengan excavation berkembang dari optic cup. CDR yang diukur secara manual dapat menjadi subyektif, membatasi penggunaan screening terhadap deteksi awal. Sistem deteksi otomatis dengan menghitung CDR memberikan pengukuran yang cepat, obyektif dan konsisten. Sistem terdiri dari sederetan tahapan. Pertama, optic yang merupakan region of interest, diextraksi dengan analisis intensitas pixel. Deteksi tepi Canny silanjutnya digunakan untuk segmentasi optic disc. Segmentasi optic lebih menantang disebabkan karena keberadaan pembuluh darah dan tissue di sekeliling retina. Extraksi fitur dengan parameter geometrik kepala syaraf optik, seperti luasan disc, cup dan rambut syaraf (rim), diameter disc dan cup to disc ratio diextrak dari citra fundus digital, digunakan untuk mendiagnosa dan mengukur perkembangan glaucoma. Parameter geometrik mengukur perubahan struktur kepala syaraf optik seperti diameter optic disc, luasan optic disc, diameter cup, luasan rambut syaraf, dan rata-rata kedalaman cup. Klasifikasi menjadi mild glaucoma, moderate glaucoma dan severe glaucoma menggunakan neural network algoritma backpropagation.

Dari simulasi menggunakan MATLAB R2014, hasil pelatihan didapat arsitektur Neural Network terbaik memiliki arsitektur sebagai berikut: jumlah neuron lapisan input adalah 1, jumlah neuron hidden layer 1 adalah 30, jumlah neuron hidden layer 2 adalah 20, jumlah neuron lapisan output adalah 3, toleransi error adalah 10^{-5} , epoch maksimum 20000, nilai learning-rate dan momentum adalah 0,5 dan 0,7.

Dari pengujian yang dilakukan, klasifikasi mild glaucoma didapatkan akurasi 99%, sensitivitas 99%, spesifitas 97%, moderate glaucoma didapat akurasi 85%, sensitivitas 85%, spesifitas 99%, dan severe glaucoma didapat akurasi 99%, sensitivitas 99%, spesifitas 98%. Dari hasil GUI yang telah divalidasi oleh dokter di d Rumah Sakit Mata Nasional Cicendo Bandung dan Eye Centre Kedoya Jakarta, didapat kesimpulan bahwa sistem dapat membantu dokter dalam menentukan tingkatan glaucoma pasien.

Katakunci: Cup-to-disc ratio; Citra fundus; Glaucoma; Neural Network

Pendahuluan

Mata merupakan salah satu panca indera manusia yang mempunyai peran vital dalam kehidupan. Tidak semua manusia memiliki mata yang sempurna, ada yang mengalami kelainan pada mata, salah satunya adalah glaukoma. Glaucoma adalah penyebab utama kebutaan dunia, terhitung 12,3% kebutaan permanen menurut Organisasi Kesehatan Dunia. Penyakit ini khususnya prevalent di Asia, sampai lebih dari 50% kasus glaucoma total ditemukan di daerah ini. Sekalipun kerusakan glaucoma tidak bisa balik, penelitian menunjukkan deteksi awal dapat efektif memperlambat atau menghentikan atropy glaucoma.

Karakteristik glaucoma adalah tekanan mata tinggi, kehilangan pandangan bertahap yang akan dapat menyebabkan kebutaan dan kerusakan struktur retina secara permanen. Kebanyakan faktor resiko utama glaucoma adalah kenaikan tekanan intraokuler. Ketika tekanan intra okular naik tinggi akan menekan kepala syaraf optik (*Optic Nerve Head*), selanjutnya cup membesar dan ratio perbandingan diameter cup terhadap disc menjadi membesar. Kerusakan terjadi akibat perubahan ketebalan *Optic Nerve Head (ONH)* dan lapisan serat syaraf retina

(Retina Nerve Fiber Layer). Perubahan ONH yang terjadi pada beberapa bagian retina meliputi *disc*, *cup*, *neuroretinal rim*, *parapapillary chorioretinal atrophy* dan pembuluh darah retina adalah merupakan ciri dari *glaucoma*. ONH disebut juga sebagai *optic disc*. *Cup* adalah area di bagian dalam *disc*. *Neuroretinal rim* adalah area diantara *disc* dan *cup*. *Parapapillary chorioretinal atrophy* bagian mirip rambut terletak didekat *disc*, bagian ini dinyatakan sebagai pembuluh darah ONH. Pemeriksaan ONH dapat dilakukan secara langsung dengan menggunakan *direct ophthalmoscope*, *indirect ophthalmoscope* atau dengan *posterior pole lens* yang dilengkapi dengan *slit lamps*. Hampir semua pemeriksaan yang dilakukan secara manual oleh dokter ditemukan penyimpangan ketepatan hasil pemeriksaan yang disebabkan oleh ketergantungan pada domain pengetahuan dokter yang berbeda. Pemeriksaan pada pasien oleh dokter secara langsung akan membuat pasien merasa tidak nyaman, sehingga untuk mengatasinya pemeriksaan ONH dapat diamati melalui citra retina, dimana citra dihasilkan dengan beberapa tipe peralatan semacam *Funduscopy*, *Confocal Scanning Laser Ophthalmoscopy (CLSO)*, *Heidelberg Retinal Tomograph (HRT)* dan *Optical Coherence Tomography(OCT)*.

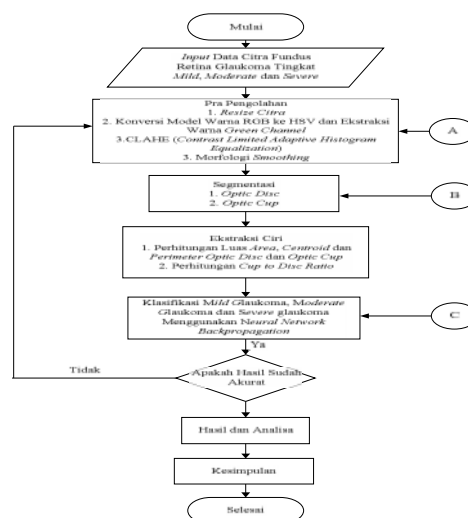
Cup-to-Disc Ratio (CDR) adalah parameter kunci yang digunakan ophthalmologis untuk memeriksa *glaucoma*. Cup-to-Disc Ratio lebih besar dari 0,65 umumnya dianggap terindikasi *glaucoma*. Penentuan rasio cup-to-disc ratio tidaklah selalu mudah disebabkan kontras diantara cup dan daerah lingkungan biasanya rendah. Perhitungan CDR secara manual yang dilakukan oleh dokter yang terlatih dan perangkat yang mahal semacam HRT bersifat subyektif dan ketersediaan HRT relatif sangat terbatas. Variasi pembacaan cup-to-disc ratio dapat menjadi deteksi awal *glaucoma*, diperlukan karena tahap awal *symptom-symptom* penyakit tidak dirasakan oleh kebanyakan pasien dan karena perkembangan penyakit *glaucoma* lambat. Kerusakan terjadi pada ONH bila status penyakit sudah lanjut baru dapat diamati oleh dokter. Oleh sebab itu dibutuhkan adanya pendeteksian *glaucoma* secara otomatis.

Penelitian sekarang terhadap deteksi *glaucoma* terus berkembang. Studi yang dikembangkan dengan cara yang terus berubah, meliputi penggunaan fitur, metode segmentasi dan teknik ekstraksi fitur, serta metode klasifikasi. Pada penelitian ini, segmentasi menggunakan metode *thresholding P-tile*, ekstraksi ciri menggunakan area dan centroid, dan klasifikasi menggunakan *neural network* algoritma *backpropagation*. Sampel citra fundus retina yang diperoleh dengan kamera fundus Zeiss viscucam Pro Non-mediatic Cam 4726 dari Rumah Sakit Mata Nasional Cicendo Bandung dan Eye Centre Kedoya Jakarta yang telah divalidasi oleh pihak rumah sakit. Dari 60 citra yang digunakan, masing-masing dibagi 30 citra untuk pelatihan dan 30 citra untuk pengujian, dimana 30 citra tersebut terdiri dari 10 citra retina penderita *glaucoma* kelas *mild*, 10 kelas *moderate*, dan 10 kelas *severe*.

Pra pengolahan (pre processing) terdiri dari *resize* citra menjadi ukuran 1300 x 1600 pixel, konversi model warna RGB ke HSV, ekstraksi warna, *contrast limited adaptive histogram (CLAHE)* dan morfologi *smoothing*. Konversi warna citra RGB ke HSV, karena daerah sekitar *disc* dan *cup* cenderung memiliki warna lebih terang daripada retina. Teknik pengolahan citra *Contrast Limited Adaptive Histogram (CLAHE)* digunakan agar bagian pembuluh darah dan wilayah lain selain *disc* dan *cup* dapat terlihat jelas. Operasi morfologi *smoothing* ditujukan untuk memperhalus citra pembuluh darah dan menghilangkan derau pada citra. Ekstraksi warna metode *thresholding P-tile* pada komponen *red*, *green*, dan *blue* digunakan pada masing-masing. Ekstraksi *red channel* pada *disc* dan *green channel* pada *cup* sehingga obyek *disc* dan *cup* dapat lebih terlihat pada kedua *channel* tersebut.

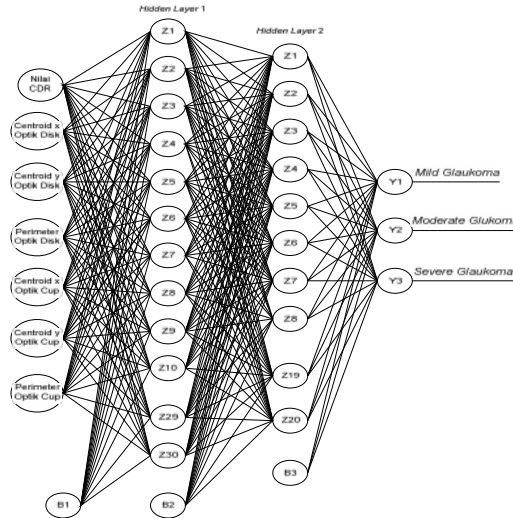
Segmentasi citra fundus retina digunakan untuk memisahkan *disc* dan *cup* dari wilayah lainnya pada citra fundus retina. Proses segmentasi meliputi *Region of Interest (ROI)*, *binary thresholding*, dan operasi morfologi.

Metodologi Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

(Gambar 2), adalah rancangan arsitektur *neural network backpropagation* yang terdiri dari 1 *input* terdiri dari nilai *cup to disc ratio*, 2 *hidden layer* dan 3 *output* yang terdiri dari kelas *mild*, *moderate* dan *severe* glaukoma. *Hidden layer* 1 berjumlah 30 neuron dengan menggunakan fungsi aktivasi *purelin*, *hidden layer* 2 berjumlah 20 neuron menggunakan fungsi aktivasi *logsig*. Lapisan *output* menggunakan fungsi aktivasi *purelin* dengan neuron berjumlah 3 neuron, yaitu *Mild Glaucoma*, *Moderate Glaucoma*, *Severe Glaucoma*.



Gambar 2. Arsitektur Jaringan *Backpropagation*

Efektifitas Sistem

Ketika mengacu pada kinerja model klasifikasi, kita perlu menguji kemampuan model untuk memprediksi dengan benar atau memisahkan kelas. Ketika melihat kesalahan yang dilakukan oleh model klasifikasi atau *classifier*. *Confusion matrix* menghasilkan gambaran yang sangat rinci mengenai kinerja sebuah *classifier*. Untuk mengetahui tingkat keakuratan kinerja dari sistem, maka diadakan pendekatan statistikal yang berhubungan dengan keefektifan sistem ini untuk menghitung nilai *sensitivity*, *specificity*, dan *accuracy*.

Tabel 1 adalah tabel *confusion matrix* pada proses klasifikasi untuk 3 kelas.

Tabel 1. *Confusion Matrix* pada Klasifikasi 3 Kelas

	Predicted class		
	A	B	C
Known class (class label in data)	A	tp_A	e_{AB} e_{AC}
	B	e_{BA}	tp_B e_{BC}
	C	e_{CA}	e_{CB} tp_C

Setelah didapat *confusion matrix* maka dapat hitung *sensitivity*, *specificity* dan *accuracy* pada kelas A, B, dan C menggunakan persamaan 2 sampai dengan persamaan 8:

$$Sensitivity(A) = \frac{tp}{tp+fn} = \frac{tp_A}{tp_A+e_{AB}+e_{AC}} \times 100\% \tag{2}$$

$$Spesificity(A) = \frac{tn}{tn+fp} = \frac{tp_B+e_{BC}+e_{CB}+tp_C}{tp_B+e_{BC}+e_{CB}+tp_C+e_{BA}+e_{CA}} \times 100\% \tag{3}$$

$$Sensitivity(B) = \frac{tp}{tp+fn} = \frac{tp_B}{tp_B+e_{BA}+e_{BC}} \times 100\% \tag{4}$$

$$Spesificity(B) = \frac{tn}{tn+fp} = \frac{tp_A+e_{AC}+e_{CA}+tp_C}{tp_A+e_{AC}+e_{CA}+tp_C+e_{AB}+e_{CB}} \times 100\% \tag{5}$$

$$Sensitivity(C) = \frac{tp}{tp+fn} = \frac{tp_C}{tp_C+e_{CA}+e_{CB}} \times 100\% \tag{6}$$

$$Spesificity(C) = \frac{tn}{tn+fp} = \frac{tp_A+e_{AB}+e_{BA}+tp_B}{tp_A+e_{AB}+e_{BA}+tp_B+e_{AC}+e_{BC}} \times 100\% \tag{7}$$

$$Accuracy = \frac{tp_A+tp_B+tp_C}{tp_A+e_{AB}+e_{AC}+e_{BA}+tp_B+e_{BC}+e_{CA}+e_{CB}+tp_C} \times 100\% \tag{8}$$

Hasil dan Pembahasan

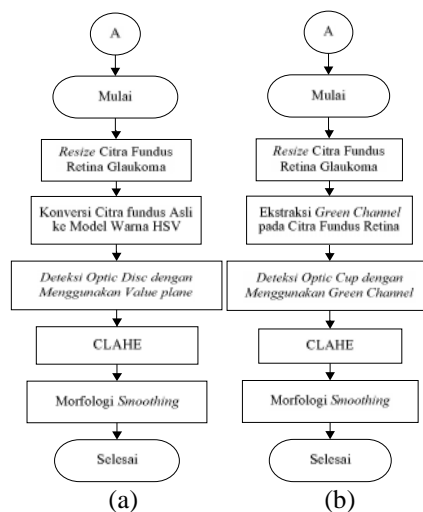
1. Hasil Pra-Pengolahan

Pra-pengolahan merupakan proses awal yang dilakukan dalam pengolahan citra sebelum data diolah menggunakan jaringan saraf tiruan dengan tujuan untuk mendapatkan karakteristik objek lebih jelas dengan menghilangkan *noise* dan memperjelas fitur pada objek yaitu *optic disc* dan *optic cup*.

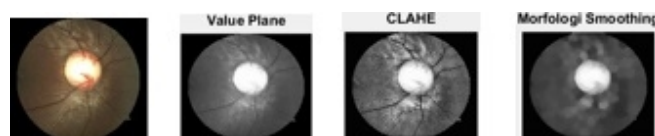
Pra pengolahan (pre processing) terdiri dari *resize* citra menjadi ukuran 1300 x 1600 pixel , konversi model warna RGB ke HSV, ekstraksi warna, *contrast limited adaptive histogram (CLAHE)* dan morfologi *smoothing*. Konversi warna citra RGB ke HSV, karena daerah sekitar *disc* dan *cup* cenderung memiliki warna lebih terang daripada retina. Teknik pengolahan citra *Contrast Limited Adaptive Histogram (CLAHE)* digunakan agar bagian pembuluh darah dan wilayah lain selain *disc* dan *cup* dapat terlihat jelas. Operasi morfologi *smoothing* ditujukan untuk memperhalus citra pembuluh darah dan menghilangkan derau pada citra. Ekstraksi warna dengan *thresholding* pada komponen *red*, *green*, dan *blue* digunakan pada masing-masing. Ekstraksi *red channel* pada *disc* dan *green channel* pada *cup* sehingga obyek *disc* dan *cup* dapat lebih terlihat pada kedua *channel* tersebut.

Setiap citra retina fundus dicapture menggunakan kamera retina fundus resolusi tinggi dan disimpan dalam citra digital resolusi tinggi 3032x2048. Daerah sekitar *region of interest* disekitar *optic disc* pertama harus dibatasi dulu. Pengidentifikasian yang benar *region of interest*, menghasilkan citra yang kecil yang akan menghasilkan percepatan perhitungan *cup-to-disc ratio* apabila ukurannya kurang dari 11% dari keseluruhan citra retina fundus. Kumpulan citra fundus pertama diperiksa dan diperoleh daerah *optic disc* biasanya memiliki warna terang atau intensitas warna lebih tinggi daripada disekitar area retina. Citra retina dengan intensitas tertinggi dipilih sebagai kandidat potensial untuk pusat *optic disc*. Selanjutnya, dengan metode *centroid*, intensitas terbobot digunakan untuk memperoleh pendekatan pusat *region of interest*. Batas *region of interest* dengan dimensi dua kali diameter *optic disc* tipikal digunakan sebagai batas awal untuk segmentasi optimasi *optic disc*. Selanjutnya *region of interest* dikembalikan sebagai citra ukuran 480x250 pixel.

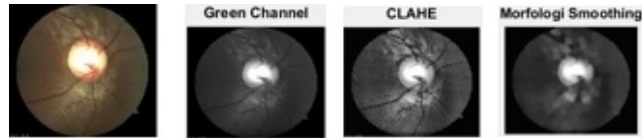
Pada segmentasi *optic disc*, pertama, dilakukan lokalisasi kasar daerah *optic disc* dinyatakan menggunakan *red channel*. Komponen merah yang digunakan ditemukan memiliki kontras yang lebih tinggi diantara area *optic disc* dan bukan *optic disc* daripada *channel-channel* lainnya. Dibandingkan dengan ekstraksi *optic disc*, segmentasi *optic cup* lebih sulit, karena pembuluh darah dan tissue *neuroretinal rim* disekitar *optic cup*. Segmentasi *optic cup* dengan analisis pendekatan komponen warna. Pada analisis komponen warna, komponen warna citra RGB dianalisa, dan ditemukan *optic cup* lebih mudah dibedakan dalam citra hijau disebabkan karena keteramatan dan kekontrasan *optic cup* lebih baik dan pixelnya memiliki intensitas lebih tinggi, sementara *neuroretinal rim* dan pembuluh darah retina memiliki intensitas lebih rendah. Warna hijau dideteksi dengan beberapa nilai *threshold* dan menghasilkan sebagai warna putih. Selanjutnya dilakukan operasi *morphology opening* untuk menghilangkan *noise* disekitar daerah *cup*, dan selanjutnya deteksi tepi dan *ellipse fitting* untuk mendapatkan penghalusan batas tepi.



Gambar 3. (a) Flowchart Pra-pengolahan *Optic Disc*, (b) Flowchart Pra-pengolahan *Optic Cup*



Gambar 4. Hasil Pra-pengolahan *Optic Disc*

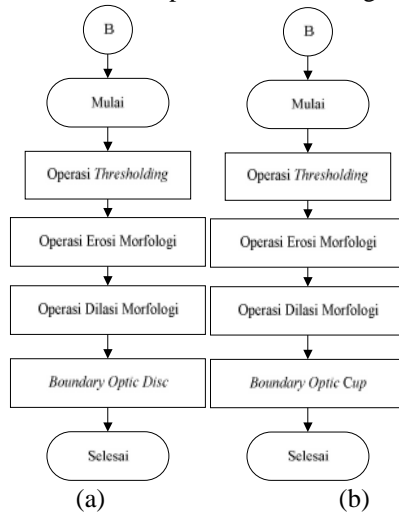


Gambar 5. Hasil Pra-pengolahan *Optic Cup*

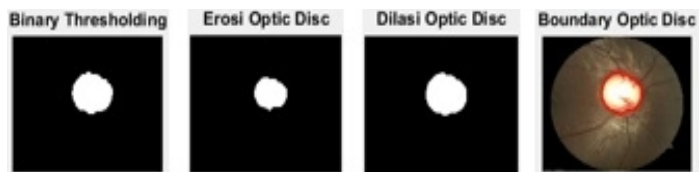
2. Hasil Segmentasi

Segmentasi citra adalah proses pemisahan obyek yang satu dengan obyek yang lain dalam suatu citra atau antara objek dengan latar yang terdapat dalam sebuah citra. Dengan proses segmentasi, masing-masing obyek pada citra dapat diambil secara individu sehingga dapat digunakan sebagai input bagi proses selanjutnya. Pada langkah ini proses segmentasi dilakukan untuk memisahkan wilayah *optic disc* dan *optic cup* dengan wilayah yang lain. Untuk menghilangkan pembuluh darah, digunakan operasi *morphology closing*. Closing didefinisikan sebagai dilasi diikuti dengan erosi dan cenderung memperbesar batas daerah *foreground* dalam citra dan memperkecil lubang-lubang warna background dalam daerah semacam. Ukuran structuring element dipilih 20x20 pixel karena ukuran ini lebih besar daripada lebar kebanyakan pembuluh darah. Setelah operasi closing digunakan filter median untuk memperhalus lebih lanjut citra yang diperoleh.

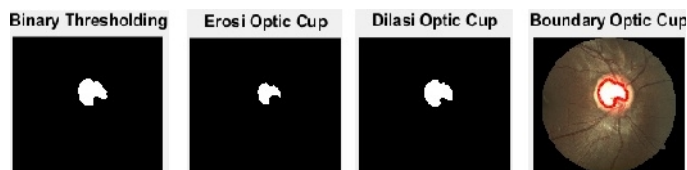
Selanjutnya ekstraksi batas disc menggunakan deteksi tepi. Pada pendekatan deteksi tepi Canny, dikhususkan untuk dapat mendeteksi tepi dengan penekanan noise pada saat yang sama. Pada deteksi tepi Canny, digunakan dua threshold untuk mendeteksi tepi yang kuat dan yang lemah, dan akan dimasukkan tepi yang lemah dalam output hanya jika terhubung ke tepi yang kuat. Threshold optimum dari setiap citra input retina diperoleh berbeda, disebabkan perbedaan intensitas dalam setiap citra. Sekalipun threshold optimum citra retina input telah diatur selama beberapa kali untuk hanya mendeteksi batas disc, perintah edge masih mendeteksi pembuluh darah di dalam optic disc dan juga di luar optic disc. Untuk lebih memperhalus kontur digunakan direct ellipse fitting.



Gambar 6. (a) Flowchart Segmentasi *Optic Disc*, (b) Flowchart Segmentasi *Optic Cup*



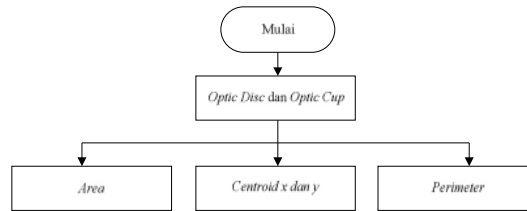
Gambar 7. Hasil Segmentasi *Optic Disc*



Gambar 8. Hasil Segmentasi *Optic Cup*

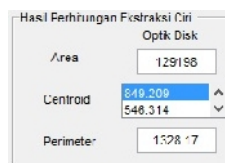
3. Hasil Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur menggunakan hasil perhitungan cup to disc ratio, ditambah parameter lainnya yaitu perimeter, luas dan centroid dari optic cup dan optic disc. Ketujuh parameter tersebut ternyata cukup dapat membedakan ketiga kelas penyakit *mild glaucoma*, *moderate glaucoma*, dan *severe glaucoma* yang diklasifikasi.



Gambar 9. Ekstraksi Ciri *Optic Disc* dan *Optic Cup*

Hasil perhitungan area, centroid dan perimeter optic disc dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Perhitungan Area, Centroid dan Perimeter Optic Disc

Hasil perhitungan nilai area, centroid dan perimeter dari optic cup dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Perhitungan Area, Centroid dan Perimeter Optic Cup

4. Hasil Pengujian

Pengujian (*testing*) pada klasifikasi *glaucoma* pada citra retina fundus dilakukan sebanyak 10 kali (*ten fold*). Pengujian ini dilakukan sebagai media untuk melihat seberapa handalnya jaringan *backpropagation* yang dibangun untuk klasifikasi glaukoma.

Tabel 1. Hasil Tingkat *Accuracy* Kelas *Mild*, *Moderate* dan *Severe* Klasifikasi Glaukoma pada Pengujian 1-10

	Accuracy			
	Mild	Moderate	Severe	Sistem
Pengujian 1	100%	90%	100%	97%
Pengujian 2	100%	90%	100%	97%
Pengujian 3	100%	80%	100%	93%
Pengujian 4	100%	90%	90%	93%
Pengujian 5	100%	80%	100%	93%
Pengujian 6	100%	80%	100%	93%
Pengujian 7	100%	80%	100%	93%
Pengujian 8	90%	90%	100%	93%
Pengujian 9	100%	90%	100%	97%
Pengujian 10	100%	80%	100%	93%
Rata-Rata	99%	85%	99%	94,2%

(Tabel 1) menunjukkan nilai tingkat akurasi masing masing kelas dan sistem dari setiap pengujian. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, nilai rata-rata akurasi untuk kelas *mild glaucoma* adalah sebesar 99%. Nilai akurasi rata-rata untuk kelas *moderate glaucoma* adalah 85% dan untuk kelas *severe glaucoma* nilai akurasi rata-rata adalah sebesar 99%. Nilai rata-rata *accuracy* sistem yang didapat dari sepuluh kali pengujian adalah sebesar 94,2%

Tabel 2. Hasil Tingkat *Sensitivity* Kelas *Mild*, *Moderate* dan *Severe* Klasifikasi Glaukoma pada Pengujian 1-10

	Sensitivity		
	Mild	Moderate	Severe
Pengujian 1	100%	90%	100%
Pengujian 2	100%	90%	100%
Pengujian 3	100%	80%	100%
Pengujian 4	100%	90%	90%
Pengujian 5	100%	80%	100%
Pengujian 6	100%	80%	100%
Pengujian 7	100%	80%	100%
Pengujian 8	90%	90%	100%
Pengujian 9	100%	90%	100%
Pengujian 10	100%	80%	100%
Rata-Rata	99%	85%	99%

Tabel 3. Hasil Tingkat *Specificity* Kelas *Mild*, *Moderate* dan *Severe* Klasifikasi Glaukoma pada Pengujian 1-10

	Specificity		
	Mild	Moderate	Severe
Pengujian 1	100%	100%	95%
Pengujian 2	100%	100%	95%
Pengujian 3	100%	100%	95%
Pengujian 4	100%	95%	95%
Pengujian 5	95%	100%	100%
Pengujian 6	95%	100%	100%
Pengujian 7	90%	100%	100%
Pengujian 8	100%	100%	100%
Pengujian 9	95%	100%	100%
Pengujian 10	100%	100%	100%
Rata-Rata	97,5%	99%	98%

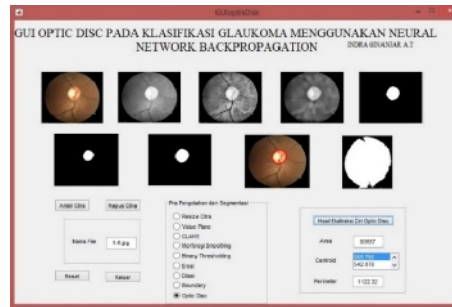
(Tabel 2) dan (Tabel 3) menunjukkan nilai-nilai yang didapat dari sepuluh kali pengujian klasifikasi glaukoma menggunakan *neural network* algoritma *backpropagation*, didapat kelas *mild glaucoma*, akurasi 99%, *sensitivity* 99%, *specivity* 97,5%, kelas *moderate glaucoma*, akurasi 85%, *sensitivity* 85%, *specivity* 99%, kelas *moderate glaucoma*, akurasi 99%, *sensitivity* 99%, *specivity* 98%. Hasil ini menunjukkan sistem klasifikasi menggunakan *cup to disc ratio* dan *neural network* algoritma *backpropagation* telah berhasil dengan sangat baik yaitu menghasilkan akurasi rata-rata 94,2%. Khusus kelas *moderate glaucoma* mendapatkan hasil kurang baik, karena kelas ini sering dimasukkan kedalam kelas *severe glaucoma* dengan ciri yang sulit dibedakan diantaranya, disebabkan segmentasi *morphology* kurang tepat digunakan untuk dapat membedakan diantara keduanya sehingga diusulkan penelitian selanjutnya menggunakan segmentasi *non-morphology*.

5. Tampilan GUI

Graphic User Interface (GUI) pada dasarnya merupakan media tampilan grafis sebagai pengganti perintah teks untuk *user* berinteraksi. Pada sistem klasifikasi glaukoma ini dikembangkan meliputi kesatuan tampilan, dikarenakan agar *interface* dari sistem klasifikasi glaukoma ini terlihat sederhana. Pada penelitian ini, dirancang tiga

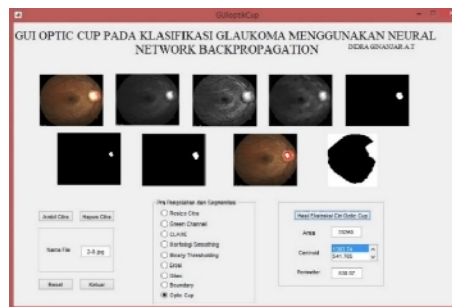
desain tampilan GUI, yaitu desain tampilan GUI proses pengolahan citra pada *optic disc*, desain tampilan GUI proses pengolahan citra pada *optic cup* dan desain tampilan GUI klasifikasi glaukoma.

1. Tampilan GUI Optic Disc



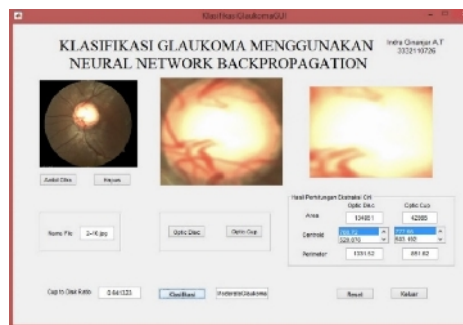
Gambar 12. Tampilan GUI Proses Pengolahan Citra pada *Optic Disc*

2. Tampilan GUI *Optic Cup*



Gambar 13. Tampilan GUI Proses Pengolahan Citra pada *Optic Cup*

3. Tampilan GUI Klasifikasi Glaukoma



Gambar 14 Tampilan GUI Klasifikasi Glaukoma

Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan penelitian, klasifikasi *glaucoma* dengan menggunakan *neural network backpropagation* di dapat beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Klasifikasi *glaucoma* menjadi *mild glaucoma*, *moderate glaucoma*, *severe glaucoma* dapat dilakukan dengan *neural network* algoritma *backpropagation*, dengan akurasi rata-rata didapat sebesar 94,2%. Pada kelas *mild glaucoma*, didapat akurasi 99%, sensitiviti 99% dan spesiviti 97,5%, kelas *moderate glaucoma* didapat akurasi 85%, sensitiviti 85%, spesiviti 99%, dan kelas *severe glaucoma* didapat akurasi 99%, sensitiviti 99%, spesiviti 98%.
2. Telah berhasil dibuat suatu sistem bantu aplikasi klasifikasi glaukoma dengan menggunakan citra fundus retina yang dapat membantu dokter mengklasifikasi glaukoma menjadi *mild glaucoma*, *moderate glaucoma*, *severe glaucoma*.

Saran:

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, dapat dicoba dilakukan segmentasi menggunakan *non-morphology segmentation*, menambah ekstraksi fitur GLCM dengan *wavelet*, dan klasifikasi menggunakan ANFIS.

Daftar Pustaka:

- Ahmed Almazron, Ritambhar Burman, Kaamran Raahemifar, Vasudevan Lakshinarayanan. 2015. *Optic Disc and Optic Cup Segmentation Methodologies for Glaucoma Image Detection: A Survey*: Journal of Ophthalmology.
- Apeksha Padaria, Bhailal Limbasiya. 2015. *Detection of Glaucoma Using Retinal Fundus Images with Gabor Filter*. Department of Computer Science & Engineering, Parul Institute of Technology: International Journal of Advance Engineering and Research Development.
- Chalinee Burana-Anusorn, Kanokvate Tungpimolrut, Toshiaki Kondo, Waree Kongprawechnon, dan Sunisa Sintuwong. 2013. *Image Processing Techniques for Glaucoma Detection Using the Cup-to-Disc Ratio*. Thammasat: International Journal of Science and Technology
- Chandrashekar Chaithra, J.Chandrika, B.Ramesh. *Comparative Study on the Detection and Classification of Glaucoma Images*: International Journal of Engineering, Economics and Management
- Cut Maisyarah Karyanti, Sigit Widiyanto, Aries Muslim, Ruddy J. Suhatri. Analisis dan Pengolahan Citra Medis. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- Gonzales Rafael C, Richard E Woods. *Digital Image Processing Third Edition*. United States of America: Prentice Hall Pearson Education International.
- Hafsah Ahmad, Aqsa Shakeel, Syed Omer Gillani, Umer Ansari, Abubakar Yamin. 2014. *Detection of Glaucoma Using Retinal Fundus Images*. Islamabad Pakistan: IEEE.
- Image Processing Toolbox User's Guide Matlab R2014b*.
- Iwan Manalu, Anggoro Suryo Pramudyo dan Siswo Wardoyo. 2015. *Klasifikasi Retinopati Diabetik Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation*. Cilegon: Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Intelligent (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Penerbit GRAHA ILMU.
- Munir, Rinaldi. 2004. *Pengolahan Citra Digital dengan Algoritmik*. Bandung: Penerbit Informatika.
- National Eye Institute (NEI). Tersedia dari: <https://www.nei.nih.gov>. [Di akses 9 Januari 2016 pukul 20.00]
- Preeti, Jyotika Pruthi. 2013. *Review of Image Processing Technique for Glaucoma Detection*. India: International Journal of Computer Science and Mobile Computing.
- PSJ Kumar, Sukanya Banerjee. 2014. *A Survey on Image Processing Technique for Glaucoma Detection*: International Journal of Advance Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET).
- Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2015. *Situasi dan Analisis Glaukoma*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Samanta Sourav, Sk. Saddam Ahmed, Mohammed Abdel-Megeed M. Salem, Siddharta Sankar Nath, Nilanjan Dey, Sheli Sinha Chowdhury. 2014. *Haralick Feature Based Automated Glaucoma Classification Using Backpropagation Neural Network*. Switzerland: FICTA.
- Septiarini Anindita, Agus Harjoko. 2015. *Automatic Glaucoma Detection Based On the Type of Features Used: A Review*: Journal of Theoretical and Applied Information Technology.
- Syed Akhter Hussain, Holambe A.N. 2015. *Automated Detection and Classification of Glaucoma from Eye Fundus Image: A Survey*. India: International Journal of Computer Science and Information Technology.
- WHO. 2006-2011. *Vision 2020 The Right to Sight*. France. IAPB.
- Widya Arfini, Dani. 2011. *Glaucoma Caused Blindness with Its Characteristic in Cipto Mangunkusomo Hospital*. Jakarta: Jurnal Oftalmologi Indonesia