

**DETEKSI AWAL PENYAKIT RETINOPATI HIPERTENSI DENGAN  
PENDEKATAN ANALISIS FRAKTAL CITRA FUNDUS RETINA**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mendapatkan Gelar  
Strata Satu Program Studi Informatika**



**Disusun Oleh :**

**MUHAMMAD YAHYA KIPTI**

**NIM. M0509081**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

**2015**

**DETEKSI AWAL PENYAKIT RETINOPATI HIPERTENSI DENGAN  
PENDEKATAN ANALISIS FRAKTAL CITRA FUNDUS RETINA**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mendapatkan Gelar  
Strata Satu Program Studi Informatika**



**Disusun Oleh :**

**MUHAMMAD YAHYA KIPTI**

**NIM. M0509081**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

**2015**

**SKRIPSI**  
**DETEKSI AWAL PENYAKIT RETINOPATI HIPERTENSI DENGAN**  
**PENDEKATAN ANALISIS FRAKTAL CITRA FUNDUS RETINA**

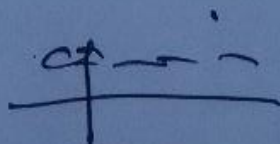
Disusun oleh :

**MUHAMMAD YAHYA KIPTI**

**M0509081**

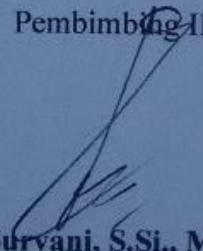
Skripsi ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan dewan penguji  
pada tanggal **7** Agustus 2015

Pembimbing I



**Wiharto, S.T., M.Kom**  
NIP. 19750210 200801 1 005

Pembimbing II



**Esti Suryani, S.Si., M.Kom**  
NIP. 19761129 200812 2 001

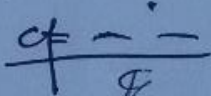


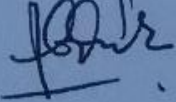
**SKRIPSI**  
**DETEKSI AWAL PENYAKIT RETINOPATI HIPERTENSI DENGAN**  
**PENDEKATAN ANALISIS FRAKTAL CITRA FUNDUS RETINA**

Disusun oleh :

**MUHAMMAD YAHYA KIPTI**  
**M0509081**

telah dipertahankan di hadapan dewan penguji  
pada tanggal **14** Agustus 2015


Susunan Dewan Penguji

1. Wiharto, S.T., M.Kom (  ),  
NIP. 19750210 200801 1 005
2. Esti Suryani, S.Si., M.Kom (  )  
NIP. 19761129 200812 2 001
3. Umi Salamah, S.Si., M. Kom (  )  
NIP. 19700217 199702 2 001
4. Abdul Aziz, S.Kom., M.Cs (  )  
NIP. 19810413 200501 1 001

Disahkan oleh

Ketua Prodi S1 Informatika



  
Drs. Bambang Harjito, M.App.Sc., Ph.D  
NIP. 19621130 199103 1 002

## **MOTTO**

*“Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu” (Q.S.Al-Baqarah : 45)*

*“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri” (Q.S. Ar-Ra'd:11)*

## **PERSEMBAHAN**

*Kupersembahkan karya ini untuk :*

*Ibu dan bapak tercinta*

*Kakak-kakak tersayang*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Deteksi Awal Penyakit Retinopati Hipertensi dengan Pendekatan Analisis Fraktal Citra Fundus Retina”**, yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar strata satu Informatika Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Keberhasilan dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan beberapa pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga karya tulis ini dapat terselesaikan.
2. Ibu, bapak, dan keluarga yang selalu memberikan dukungan.
3. Bapak Drs. Bambang Harjito, M.App.Sc., Ph.D. selaku Ketua Prodi Informatika FMIPA UNS.
4. Bapak Wiharto, S.T., M.Kom dan Ibu Esti Suryani S.Si., M.Kom selaku Pembimbing I dan Pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan, pengarahan, dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
5. Ibu Esti Suryani S.Si., M.Kom selaku Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan akademik selama penulis menempuh studi di Jurusan Informatika FMIPA UNS.
6. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Informatika FMIPA UNS yang telah memberikan pengajaran kepada penulis selama masa studi dan membantu dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Muhammad Rohmadi, M.Hum selaku Kepala UPT. Perpustakaan UNS, Bapak Daryono, S.Sos., M.IP dan mas Aji Hartono, SE selaku karyawan bagian IT UPT Perpustakaan UNS, dan seluruh karyawan UPT. Perpustakaan UNS yang telah menerima penulis sebagai bagian dari keluarga besar UPT. Perpustakaan UNS yang senantiasa membantu dan memberi dukungan pada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Wahyu dan Bagus, teman-teman seperbimbingan yang selalu semangat.
9. Teman-teman kulkas, Azis, Afif, Faishol, Fairly, Yudha, Indro, selalu ada kehangatan tawa dibalik dinginnya server SI UNS
10. Keluarga besar S1 Informatika FMIPA UNS, khususnya angkatan 2009.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Semoga penelitian yang telah dilakukan penulis dapat bermanfaat..

Surakarta, 7 Agustus 2015

Penulis

# **HYPERTENSIVE RETINOPATHY EARLY DETECTION WITH FRACTAL ANALYSIS OF FUNDUS RETINAL IMAGE APPROACH**

**MUHAMMAD YAHYA KIPTI**

Department of Informatics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Sebelas Maret University

## ***ABSTRACT***

*Hypertensive retinopathy is a condition which occurred in population with hypertension that caused adaptive changes in the retina vascular in response to the high blood pressure. Retina vascular conditions are commonly used to measure health condition of other organs. The abnormality of eyes or retina caused by hypertension can be used as indicator to measure the vascular abnormalities of heart, brain, retinopathy, or stroke. This research proposes a method for early diagnosis of hypertensive retinopathy using Fractal Analysis of fundus retina image approach and also using SVM to classify the results. The first stage of this research is using segmentation for fundus retina images using green channel, CLAHE, average filter, background exclusion, thresholding, and masking. The characteristic extraction using fractal analysis with box counting method to get fractal dimensions and using gliding box method to get lacunarity. The method of experiments using k-fold cross validation with  $k=5$ . At each testing using 3 kinds of kernel (linear, polynomial, and radial) with different combinations such as fractal dimension and lacunarity with box sizes variations  $2^1$  to  $2^9$ . The results of this experiments concludes the accuracy value of 0.78, precision 0.77, sensitivity 0.8, specificity 0.76, and AUC 0.76 shows that polynomial kernel with fractal dimension characteristic and lacunarity with box size  $2^7$  obtain the best result compared with the other combinations. The AUC value 0.76 indicates that the hypertensive retinopathy detection with fractal analysis approach has good performance.*

**Keywords :** *Fractal Analysis, Fractal Dimension, Hypertensive Retinopathy, Image Processing, Lacunarity, Segmentation.*



# DETEKSI AWAL PENYAKIT RETINOPATI HIPERTENSI DENGAN PENDEKATAN ANALISIS FRAKTAL CITRA FUNDUS RETINA

MUHAMMAD YAHYA KIPTI

Program Studi Informatika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret

## ABSTRAK

Retinopati hipertensi adalah suatu kondisi dengan karakteristik perubahan vaskularisasi retina pada populasi yang menderita hipertensi. Keadaan pembuluh darah retina sering dipakai sebagai ukuran keadaan pembuluh darah organ tubuh lain, dan kelainan pada mata atau retina akibat hipertensi dapat digunakan sebagai petunjuk kelainan pembuluh darah otak, jantung, retinopati atau stroke. Penelitian ini mengusulkan suatu metode untuk diagnosa awal penyakit retinopati hipertensi menggunakan pendekatan analisis fraktal citra fundus retina serta menggunakan SVM (*Support Vector Machine*) untuk klasifikasi retina normal atau retinopati hipertensi. Tahap pertama dilakukan segmentasi terhadap citra fundus retina menggunakan *green channel*, *CLAHE*, *average filter*, *background exclusion*, *thresholding*, dan *masking*. Untuk ekstraksi ciri digunakan analisis fraktal menggunakan metode *box counting* untuk mendapatkan dimensi fraktal serta metode *gliding box* untuk mendapatkan *lacunarity*. Pengujian dilakukan menggunakan metode *k-fold cross validation* dengan  $k = 5$ . Pada tiap pengujian menggunakan 3 macam kernel (*linear*, *polynomial*, dan *radial*) dan kombinasi ciri yang berbeda yaitu dimensi fraktal serta *lacunarity* dengan ukuran box  $2^1$  sampai  $2^9$ . Hasil pengujian berupa nilai *accuracy* 0.78, *precision* 0.77, *sensitifity* 0.8, *specificity* 0.76, dan AUC 0.76 menunjukkan bahwa kernel *polynomial* dengan menggunakan ciri dimensi fraktal dan *lacunarity* dengan ukuran box  $2^7$  memperoleh hasil yang paling baik dibandingkan dengan yang lain. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa deteksi retinopati hipertensi dengan pendekatan analisis fraktal memiliki kinerja yang cukup baik.

**Kata Kunci :** Analisis Fraktal, Dimensi Fraktal, *Lacunarity*, Pengolahan Citra, Retinopati Hipertensi, Segmentasi.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
<i>MOTTO</i> .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Pembatasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Hipertensi.....	6

2.1.2	Retina.....	6
2.1.3	Retinopati Hipertensi.....	7
2.1.4	Pengolahan Citra Digital .....	8
2.1.5	Perbaikan Citra .....	9
2.1.9.1	<i>Histogram Equalization (HE)</i> .....	9
2.1.9.2	<i>Adaptive Histogram Equalization (AHE)</i> .....	10
2.1.9.3	<i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i> .....	10
2.1.6	<i>Average Filtering</i> .....	11
2.1.7	<i>Masking</i> .....	11
2.1.8	<i>Thresholding</i> .....	11
2.1.9	Analisis Fraktal.....	12
2.1.9.1	Dimensi Fraktal.....	13
2.1.9.2	<i>Lacunarity</i> .....	17
2.1.10	<i>Support Vector Machine (SVM)</i> .....	20
2.1.10.1	Definisi SVM.....	20
2.1.10.2	Non Linier Classification (Klasifikasi yang tidak linier).....	22
2.1.10.3	Implementasi Masalah pada SVM.....	24
2.1.11	Alat Ukur Evaluasi.....	25
2.2	Penelitian Terkait .....	27
2.3	Rencana Penelitian.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		34
3.1	Studi Literatur dan Pemahaman.....	35
3.2	Pengumpulan Data .....	35
3.3	Implementasi.....	36
3.3.1	Segmentasi.....	36

3.3.2 Ekstraksi Ciri .....	37
3.3.3 Klasifikasi.....	38
3.4 Analisis Hasil .....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1 Hasil .....	41
4.1.1 Hasil Segmentasi Citra Retina.....	41
4.1.2 Hasil Ekstraksi Ciri.....	45
4.1.3 Hasil Pengujian.....	48
4.2 Pembahasan.....	50
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>54</b>
5.1 Kesimpulan .....	54
5.2 Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>58</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Modifikasi klasifikasi Scheie oleh American Academy of Ophtalmology .....	7
Tabel 2.2 Klasifikasi dari retinopati hipertensi berdasarkan data populasi oleh New England Journal of Medicine 2004.....	8
Tabel 2.3 Struktur <i>region size</i> .....	10
Tabel 2.4 Konversi citra ke dalam pixel .....	15
Tabel 2.5 Identifikasi nilai $r$ dan $N$ .....	15
Tabel 2.6 Perhitungan nilai $\log 1r$ dan $\log(N)$ .....	15
Tabel 2.7 Tabel distribusi hasil perhitungan piksel dalam citra biner berukuran 8x8 dengan ukuran box 2x2 .....	19
Tabel 2.8 Kernel dalam SVM .....	23
Tabel 2.9 Contoh Kasus SVM .....	24
Tabel 2.10 Contoh Penerapan <i>Confusion Matrix</i> .....	25
Tabel 2.11 Keterkaitan penelitian dengan penelitian sebelumnya.....	30
Tabel 3.1 Metode Penelitian .....	34
Tabel 3.2 Pembagian data <i>training</i> dan <i>testing</i> .....	39
Tabel 4.1 Sampel hasil analisis fraktal untuk citra retinopati hipertensi .....	46
Tabel 4.2 Sampel hasil analisis fraktal untuk citra retina normal .....	46
Tabel 4.3 Nilai rata-rata dimensi fraktal dan <i>lacunarity</i> .....	47
Tabel 4.4 Hasil pengujian menggunakan kernel linear .....	48
Tabel 4.5 Hasil pengujian menggunakan kernel polynomial.....	48
Tabel 4.6 Hasil pengujian menggunakan kernel radial .....	49
Tabel 4.7 Perbandingan hasil pengujian segmentasi pembuluh darah retina dari dataset STARE.....	50
Tabel 4.8 Hasil uji t-test.....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. a) Retina <i>tortuosity</i> , b) Retina <i>non tortuosity</i> .....	3
Gambar 2.1 Kesamaan diri pada fraktal (Mulyana, 2012).....	13
Gambar 2.2 Citra biner berukuran 8x8 piksel.....	15
Gambar 2.3 Citra dibagi dalam <i>box r</i> .....	16
Gambar 2.4 Grafik kemiringan ( <i>slope</i> ) perbandingan nilai <b>log1r</b> dan <b>log(N)</b> ...	16
Gambar 2.5 Citra biner dengan ukuran 8x8 diproses dengan ukuran box 2x2.....	19
Gambar 2.6 Fungsi $\Phi$ memetakan data ke ruang vector yang berdimensi lebih tinggi .....	23
Gambar 2.7 Kurva ROC dari dua model klasifikasi (Han et al, 2011) .....	26
Gambar 3.1 Diagram alir implementasi penelitian .....	36
Gambar 3.2 Diagram alir segmentasi.....	36
Gambar 3.3 Diagram alir ekstraksi ciri dimensi fractal .....	38
Gambar 3.4 Diagram alir ekstraksi ciri <i>lacunarity</i> .....	38
Gambar 4.1 Citra asli dari dataset STARE .....	41
Gambar 4.2 Citra retina kanal merah (a), hijau (b), dan biru (c) .....	42
Gambar 4.3 Citra retina setelah proses CLAHE .....	42
Gambar 4.4 Perbandingan sebaran histogram citra retina kanal hijau dan citra retina CLAHE .....	43
Gambar 4.5 Citra retina hasil <i>average filter</i> .....	43
Gambar 4.6 Citra retina hasil <i>background exclusion</i> .....	44
Gambar 4.7 Citra retina hasil <i>thresholding</i> .....	44
Gambar 4.8 Citra <i>masking</i> retina .....	44
Gambar 4.9 Citra akhir segmentasi retina.....	45
Gambar 4.10 Perbandingan hasil segmentasi.....	50
Gambar 4.11 Kurva ROC untuk ciri <i>fd_lac2</i> .....	53
Gambar 4.12 Kurva ROC untuk ciri <i>fd_lac7</i> .....	53

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perbandingan hasil segmentasi pembuluh darah retina.....	58
Lampiran 2. Hasil pengujian segmentasi citra pembuluh darah retina .....	61
Lampiran 3. Hasil segmentasi pembuluh darah retina normal.....	62
Lampiran 4. Hasil segmentasi pembuluh darah retina retinopati hipertensi .....	67
Lampiran 5. Hasil ekstraksi ciri retina normal.....	72
Lampiran 6. Hasil ekstraksi ciri retina retinopati hipertensi .....	73
Lampiran 7. Screenshot.....	74