

**TESIS**

**SEGMENTASI CITRA MEDIS MENGGUNAKAN FUZZY  
LEVEL SET BERBASIS KOMPUTASI PARALLEL GPU CUDA**



GREGORIUS AIRLANGGA

No. Mhs. : 145302219/PS/MTF

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA**

**PROGRAM PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**

**2016**

**HALAMAN JUDUL**

**SEGMENTASI CITRA MEDIS MENGGUNAKAN FUZZY  
LEVEL SET BERBASIS KOMPUTASI PARALLEL GPU CUDA**



**GREGORIUS AIRLANGGA**

**No. Mhs. : 145302219/PS/MTF**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA**

**PROGRAM PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**

**2016**



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**

**PROGRAM PASCASARJANA**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA**

**PENGESAHAN TESIS**

Nama : Gregorius Airlangga  
Nomor Mahasiswa : 145302219  
Konsentrasi : Soft Computing  
Judul Tesis : SEGMENTASI CITRA MEDIS MENGGUNAKAN FUZZY LEVEL SET BERBASIS KOMPUTASI PARALLEL GPU CUDA

Nama Penguji Tanggal Tanda tangan

Dr. Pranowo, ST, MT

20/06/2016

Prof. Ir. Suyoto, M.Sc, Ph.D

20/06/2016

Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T

20/06/2016



Ketua Program Studi

PROGRAM PASCASARJANA

Prof. Ir. Suyoto, M.Sc, Ph.D

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Bapa di Sorga, karena berkat kasih karunia dan kesempatan yang diberikan penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Selama proses penyelesaian tesis penulis mendapatkan banyak pengalaman, pengetahuan maupun kesulitan tetapi berkat bantuan orang – orang yang berada di sekitar penulis maka skripsi ini dapat diselesaikan. Tesis ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan bagi pembaca baik dari kalangan akademisi maupun praktisi mengenai segmentasi citra medis menggunakan fuzzy level set berbasis komputasi parallel GPU CUDA:

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Pranowo, ST, MT selaku dosen pembimbing yang bersedia menjadi pembimbing saya dalam menyelesaikan tesis ini. Berbagai arahan dan masukan dari bapak sangat membantu dalam pembuatan laporan ini. Mohon maaf jika selama ini saya lalai dalam mengumpulkan revisi serta terima kasih saya yang sebesar - besarnya atas waktu dan kesabaran bapak dalam mendampingi saya.
2. Bapak Prof. Ir. Suyoto, M.Sc, Ph.D dosen penguji 1 saya yang telah memberi masukan atas seluruh hasil kerja saya dalam tesis ini. Pertanyaan dan saran yang telah diberikan sangat membantu memoles tesis ini menjadi lebih baik dan berguna.
3. Bapak Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T selaku dosen penguji 2 saya yang telah mengkritisi tugas akhir saya serta masukan selama seminar membuat saya tidak berpuas diri dan bersemangat melakukan revisi.

4. Kedua orangtua saya yang selalu bersemangat dan menjadikan saya sebagai harapan keluarga. Atas motivasi dan dukungan serta cintanya yang besar kepada saya membuat saya selalu bersemangat dan lebih menghargai diri saya sendiri serta seluruh proses belajar yang saya jalani.
5. Semua pihak yang telah membantu saya dalam pembuatan tesis ini. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala dukungan dan doa sehingga tugas akhir ini bisa selesai.

Yogyakarta, 20 Juni 2016

Gregorius Airlangga

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Persetujuan	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Pernyataan	iv
Abstraksi	v
Halaman Persembahan	vi
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar	xxii

### **BAB I PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah	5
D. Keaslian Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
F. Tujuan Penelitian	6
G. Sistematika Penulisan	7

## **BAB II    LANDASAN TEORI**

A. Penelitian Terdahulu .....	9
B. Landasan Teori .....	10
1. Citra Medis .....	10
2. Segmentasi Citra .....	11
3. Level Set .....	11
4. <i>Fuzzy Clustering</i> .....	18
5. <i>Fuzzy Level Set</i> .....	23
6. <i>Partial Differential Equation</i> .....	30
7. Parallel CUDA .....	31

## **BAB III    METODOLOGI PENELITIAN**

A. Metode Penelitian .....	45
B. Bahan Penelitian .....	45
C. Alat Penelitian .....	49

## **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

1. Pengujian dan Analisis Citra ..... Dominan Hitam 256x256 pixel	66
2. Pengujian dan Analisis Citra ..... Dominan Hitam 512x512 pixel	74
3. Pengujian dan Analisis Citra ..... Dominan Hitam 1024x1024 pixel	83
4. Pengujian dan Analisis Citra ..... Dominan Hitam 2048x2048 pixel	91
5. Pengujian dan Analisis Citra ..... Dominan Putih 256x256 pixel	105
6. Pengujian dan Analisis Citra ..... Dominan Putih 512x512 pixel	114
7. Pengujian dan Analisis Citra ..... Dominan Putih 1024x1024 pixel.	122
8. Pengujian dan Analisis Citra ..... Dominan Putih 2048x2048 pixel.	131



9. Pengujian dan Analisis MRI	145
Otak 256x256 pixel.	
10. Pengujian dan Analisis MRI	153
Otak 512x512 pixel.	
11. Pengujian dan Analisis MRI	162
Otak 1024x1024 pixel	
12. Pengujian dan Analisis CT	176
Liver 256x256 pixel	
13. Pengujian dan Analisis CT	184
Liver 512x512 pixel	
14. Pengujian dan Analisis CT	193
Liver 1024x1024 pixel.	
15. Analisis Proses Komputasi	206
Parallel	
16. Validasi Secara Eksplisit	207
Penelitian Li Et Al	
17. Akurasi Segmentasi Citra	212
Noise	
<b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan	217
B. Saran	218
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	219

## Daftar Tabel

Tabel 2.1. Rangkuman Penelitian.....	9
Tabel 2.2. Parameter Pengendali Level Set .....	25
Tabel 2.3. Klasifikasi PDE.....	31
Tabel 2.4. Skema PDE.....	34
Tabel 2.5. Skema Turunan Dua Variabel .....	37
Tabel 4.1. Perbandingan waktu antara CPU <i>core i5 4210U</i> dan GPU NVIDIA Geforce GT 635M pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel <i>fuzzy chanvese level set</i> .....	72
Tabel 4.1. Perbandingan waktu antara CPU <i>core i5 4210U</i> dan GPU NVIDIA Geforce GT 635M pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel <i>fuzzy chanvese level set</i> .....	72
Tabel 4.2. Perbandingan waktu antara CPU <i>core i7 3770K</i> dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel <i>fuzzy chanvese level set</i> .....	73
Tabel 4.3. Perbandingan waktu antara CPU <i>core i5 4210U</i> dan GPU NVIDIA Geforce 635M pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel <i>fuzzy distance regularization level set</i> .....	73
Tabel 4.4. Perbandingan waktu antara CPU <i>core i7 3770K</i> dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel <i>fuzzy distance regularization level set</i> .....	74
Tabel 4.5. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel pada <i>fuzzy chanvese level set</i> .....	74
Tabel 4.6. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel pada <i>fuzzy distance regularization level set</i> .....	74
Tabel 4.7 Perbandingan waktu antara CPU <i>core i5 4210U</i> dan GPU NVIDIA Geforce GT 635M pada citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel <i>fuzzy chanvese level set</i> .....	80
Tabel 4.8. Perbandingan waktu antara CPU <i>core i7 3770K</i> dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel <i>fuzzy chanvese level set</i> .....	80

Tabel 4.9. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan CPU core i5 4210U pada citradominan hitam berukuran 512x512 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	82
Tabel 4.10. Perbandingan waktu antara GPU NVIDA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	82
Tabel 4.11. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	82
Tabel 4.12. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	83
Tabel 4.13. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce 635M dan CPU core i5 4210U pada citra dominan hitamBerukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	89
Tabel 4.14. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	89
Tabel 4.15. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan CPU core i5 4210U pada citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	89
Tabel 4.16. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citradominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	90
Tabel 4.17. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	91
Tabel 4.18. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	91
Tabel 4.19. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan CPU core i5 4210U pada citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel pada chanvese level set .....	98
Tabel 4.20. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i5 4210U pada citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	98

Tabel 4.21. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i5 4210U pada citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	99
Tabel 4.22. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	99
Tabel 4.23. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	100
Tabel 4.24. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy distance regularization level set.....	100
Tabel 4.25. Perbandingan waktu antara CPU core i5 4210U dan GPU NVIDIA Geforce GT 635M pada citra dominan putih berukuran 256x256 pixel fuzzy chanvese level set .....	111
Tabel 4.26. Perbandingan waktu antara CPU core i7 3770K dan GPU NVIDIA Geforce GT 635M pada citra dominan putih berukuran 256x256 pixel fuzzy chanvese level set .....	111
Tabel 4.27. Perbandingan waktu antara CPU core i5 4210U dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel fuzzy chanvese level set .....	112
Tabel 4.28. Perbandingan waktu antara CPU core i7 3770K dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel fuzzy chanvese level set .....	112
Tabel 4.29. Perbandingan waktu antara CPU core i5 4210U dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 256x256 pixel fuzzy distance regularization level set .....	113
Tabel 4.30. Perbandingan waktu antara CPU core i7 3770K dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel fuzzy distance regularization level set .....	113
Tabel 4.31. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 256x256 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	113
Tabel 4.32. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 256x256 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	114

Tabel 4.33. Perbandingan waktu antara CPU core i5 4210U dan GPU NVIDIA Geforce GT 635M pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel fuzzy chanvese level set .....	120
Tabel 4.34. Perbandingan waktu antara CPU core i7 3770K dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel fuzzy chanvese level set .....	120
Tabel 4.35. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan CPU core i5 4210U pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	121
Tabel 4.36. Perbandingan waktu antara GPU NVIDA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	121
Tabel 4.37. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	122
Tabel 4.38. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	122
Tabel 4.39. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce 635M dan CPU core i5 4210U pada citra dominan putih Berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	129
Tabel 4.40. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	129
Tabel 4.41. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan CPU core i5 4210U pada citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	130
Tabel 4.42. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	130
Tabel 4.43. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	131
Tabel 4.44. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	131

Tabel 4.45. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan CPU core i5 4210U pada citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel pada chanvese level set .....	137
Tabel 4.46. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i5 4210U pada citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	138
Tabel 4.47. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i5 4210U pada citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	138
Tabel 4.48. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel pada fuzzy distance regularization level set.....	139
Tabel 4.49. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	139
Tabel 4.50. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	151
Tabel 4.51. Perbandingan waktu antara CPU core i5 4210U dan GPU NVIDIA Geforce GT 635M pada citra MRI otak berukuran 256x256 pixel fuzzy chanvese level set .....	151
Tabel 4.52. Perbandingan waktu antara CPU core i7 3770K dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra MRI otak berukuran 256x256 pixel fuzzy chanvese level set .....	152
Tabel 4.53. Perbandingan waktu antara CPU core i5 4210U dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra MRI otak berukuran 256x256 pixel fuzzy distance regularization levelset .....	152
Tabel 4.54. Perbandingan waktu antara CPU core i7 3770K dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra MRI otak berukuran 256x256 pixel fuzzy distance regularization levelset.....	153
Tabel 4.55. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra MRI otak berukuran 256x256 pixel pada fuzzy chanvese level set.....	154
Tabel 4.56. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra dominan putih berukuran 256x256 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	154

Tabel 4.57 Perbandingan waktu antara CPU core i5 4210U dan GPU NVIDIA Geforce GT 635M pada citra MRI Otak berukuran 512x512 pixel fuzzy chanvese level set .....	161
Tabel 4.58. Perbandingan waktu antara CPU core i7 3770K dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra MRI Otak berukuran 512x512 pixel fuzzy chanvese level set.....	161
Tabel 4.59 Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan CPU core i5 4210U pada citra MRI otak berukuran 512x512 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	162
Tabel 4.60. Perbandingan waktu antara GPU NVIDA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra MRI otak berukuran 512x512 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	162
Tabel 4.61. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra MRI otak berukuran 512x512 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	163
Tabel 4.62. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra MRI otak berukuran 512x512 pixel pada fuzzy distance regularization level set.....	163
Tabel 4.63. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce 635M dan CPU core i5 4210U pada citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	170
Tabel 4.64. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	170
Tabel 4.65. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan CPU core i5 4210U pada citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	171
Tabel 4.66. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	171
Tabel 4.67 Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set.....	172
Tabel 4.68. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	172

Tabel 4.69. Perbandingan waktu antara CPU core i5 4210U dan GPU NVIDIA Geforce GT 635M pada citra CT Liver berukuran 256x256 pixel fuzzy chanvese level set .....	182
Tabel 4.70. Perbandingan waktu antara CPU core i7 3770K dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra CT Liver berukuran 256x256 pixel fuzzy chanvese level set .....	182
Tabel 4.71. Perbandingan waktu antara CPU core i5 4210U dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra CT Liver berukuran 256x256 pixel fuzzy distance regularization levelset.....	183
Tabel 4.72. Perbandingan waktu antara CPU core i7 3770K dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra CT Liver berukuran 256x256 pixel fuzzy distance regularization levelset .....	183
Tabel 4.73. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra CT Liver berukuran 256x256 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	184
Tabel 4.74. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra Ct Liver berukuran 256x256 pixel pada fuzzy distance regularization level set.....	184
Tabel 4.75. Perbandingan waktu antara CPU core i5 4210U dan GPU NVIDIA Geforce GT 635M pada citra CT Liver berukuran 512x512 pixel fuzzy chanvese level set .....	194
Tabel 4.76. Perbandingan waktu antara CPU core i7 3770K dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra CT Liver berukuran 512x512 pixel fuzzy chanvese level set .....	194
Tabel 4.77. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan CPU core i5 4210U pada citra CT Liver berukuran 512x512 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	195
Tabel 4.78. Perbandingan waktu antara GPU NVIDA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra CT Liver berukuran 512x512 pixel pada fuzzy distance regularization level set .....	195
Tabel 4.79. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra CT Liver berukuran 512x512 pixel pada fuzzy chanvese level set .....	196
Tabel 4.80. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra CT Liver berukuran 512x512 pixel pada fuzzy distance regularization level set.....	196



Tabel 4.81. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce 635M dan CPU core i5 4210U citra CT Liver berukuran 1024x1024 pixel .....	202
Tabel 4.82 Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra CT Liver berukuran 1024x1024 pixel....	203
Tabel 4.83. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan CPU core i5 4210U pada citra CT Liver berukuran 1024x1024 pixel	203
Tabel 4.84 Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GTX 660 dan CPU core i7 3770K pada citra CT Liver berukuran 1024x1024 pixel....	204
Tabel 4.85. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy chanvese level set.....	204
Tabel 4.86. Perbandingan waktu antara GPU NVIDIA Geforce GT 635 M dan GPU NVIDIA Geforce GTX 660 pada citra CT Liver berukuran 1024x1024 pixel pada fuzzy distance regularization level set.....	204
Tabel 4.87 Validasi eksplisit hasil dengan penelitian sebelumnya pada citra biomedis 1 MRI head berukuran 256x256 pixel fuzzy distance regularization level set .....	213
Tabel 4.878. Validasi eksplisit hasil dengan penelitian sebelumnya pada citra biomedis 2 CT Liver berukuran 256x256 pixel.....	214
Tabel 4.89. Validasi eksplisit hasil dengan penelitian sebelumnya pada citra biomedis 2 CT Liver berukuran 256x256 pixel .....	214
Tabel 4.90. Hasil Akurasi Segmentasi Citra Noise .....	215

## Daftar Gambar

Gambar 4.1. Citra Original Dominan Hitam ukuran 256x256 pixel .....	66
Gambar 4.2. Citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 0.....	67
Gambar 4.3. Citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 200 .....	67
Gambar 4.4. Citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 400 .....	68
Gambar 4.5. Citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke .....	68
Gambar 4.6. Citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 42.....	69
Gambar 4.7. Grafik perbandingan waktu pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel.....	70
Gambar 4.8. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra dominan hitam berukuran 256x256 pixel .....	70
Gambar 4.9. Citra Original Dominan Hitam ukuran 512x512 pixel .....	75
Gambar 4.10. Citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 0 .....	75
Gambar 4.11. Citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 200 .....	76
Gambar 4.12. Citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 400 .....	76
Gambar 4.13. Citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 0.....	77
Gambar 4.14. Citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 42 .....	77

Gambar 4.15. Grafik perbandingan waktu pada citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel.....	78
Gambar 4.16. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra dominan hitam berukuran 512x512 pixel.....	79
Gambar 4.17. Citra Original Dominan Hitam ukuran 1024x1024 pixel	84
Gambar 4.18. Citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 0.....	84
Gambar 4.19. Citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 200 .....	85
Gambar 4.20. Citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 400 .....	85
Gambar 4.21. Citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 0.....	86
Gambar 4.22. Citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 42 .....	86
Gambar 4.23. Grafik perbandingan waktu pada citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel .....	87
Gambar 4.24. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra dominan hitam berukuran 1024x1024 pixel.....	88
Gambar 4.25. Citra Original Dominan Hitam ukuran 2048x2048 pixel	92
Gambar 4.26. Citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel pada iterasi ke 0 .....	93
Gambar 4.27. Citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel pada iterasi ke 200 .....	93
Gambar 4.28. Citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel pada iterasi ke 400 .....	94
Gambar 4.29. Citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel pada iterasi ke 0 .....	94

Gambar 4.30. Citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel pada iterasi ke 42 .....	95
Gambar 4.31. Grafik perbandingan waktu pada citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel .....	96
Gambar 4.32. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra dominan hitam berukuran 2048x2048 pixel.....	96
Gambar 4.33. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GT635M dengan jumlah pixel citra pada citra dominan hitamFuzzy chanvese level set.....	101
Gambar 4.34. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra dominan hitam Fuzzy chanvese level set .....	102
Gambar 4.35. Grafik perbandingan waktu CPU <i>core</i> i7 3770K vs GT 635M dengan jumlah pixel citra pada citra dominan hitamFuzzy <i>chanvese level set</i> .....	102
Gambar 4.36. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra dominan hitam Fuzzy chanvese level set.....	102
Gambar 4.37. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GT635M dengan jumlah pixel citra pada citra dominan hitam fuzzy distance regularization level set.....	103
Gambar 4.38. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra dominan hitam Fuzzy chanvese level set.....	104
Gambar 4.39. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GT 635M dengan jumlah pixel citra pada citra dominan hitam Fuzzy chanvese level set.....	104
Gambar 4.40. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra dominan hitam Fuzzy chanvese level set.....	105
Gambar 4.41. Citra Original Dominan Putih ukuran 256x256 pixel	106

Gambar 4.41. Citra Original Dominan Putih ukuran 256x256 pixel	106
Gambar 4.43. Citra dominan putih berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 200.....	106
Gambar 4.44. Citra dominan putih berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 400 .....	107
Gambar 4.45. Citra dominan putih berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 0 .....	107
Gambar 4.46. Citra dominan putih berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 42 .....	108
Gambar 4.47. Grafik perbandingan waktu pada citra dominan putih berukuran 256x256 pixel .....	109
Gambar 4.48. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra dominan putih berukuran 256x256 pixel.....	109
Gambar 4.49. Citra Original Dominan Putih ukuran 512x512 pixel	114
Gambar 4.50. Citra dominan putih berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 0 .....	115
Gambar 4.51. Citra dominan putih berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 200 .....	115
Gambar 4.52. Citra dominan putih berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 400 .....	115
Gambar 4.53. Citra dominan putih berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 0 .....	116
Gambar 4.54. Citra dominan putih berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 42 .....	116
Gambar 4.55. Grafik perbandingan waktu pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel.....	118
Gambar 4.56. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel.....	118
Gambar 4.57. Citra Original dominan Putih ukuran 1024x1024 pixel	118

Gambar 4.58. Citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 0.....	123
Gambar 4.59. Citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 200 .....	124
Gambar 4.60. Citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 400 .....	124
Gambar 4.61. Citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 0 .....	125
Gambar 4.62. Citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 42.....	125
Gambar 4.62. Citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 42 .....	126
Gambar 4.64. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra dominan putih berukuran 1024x1024 pixel.....	127
Gambar 4.65. Citra original dominan putih ukuran 2048x2048 pixel	132
Gambar 4.66. Citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel pada iterasi ke 0 .....	132
Gambar 4.67. Citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel pada iterasi ke 200 .....	133
Gambar 4.68. Citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel pada iterasi ke 400 .....	133
Gambar 4.69. Citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel pada iterasi ke 0.....	134
Gambar 4.70. Citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel pada iterasi ke 42 .....	134

Gambar 4.71. Grafik perbandingan waktu pada citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel.....	134
Gambar 4.72. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra dominan putih berukuran 2048x2048 pixel .....	136
Gambar 4.73. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GT635M dengan jumlah pixel citra pada citra dominan putih	
Fuzzy chanvese level set .....	140
Gambar 4.74. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra dominan hitam	
Fuzzy chanvese level set .....	141
Gambar 4.75. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GT 635M dengan jumlah pixel citra pada citra dominan putih	
Fuzzy chanvese level set .....	141
Gambar 4.76. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra dominan putih	
Fuzzy chanvese level set.....	142
Gambar 4.77. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GT635M dengan jumlah pixel citra pada citra dominan putih	
Fuzzy fuzzy distance regularization level set.....	143
Gambar 4.78. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra dominan putih Fuzzy chanvese	
level set .....	143
Gambar 4.79. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GT 635M dengan jumlah pixel citra pada citra dominan putih Fuzzy	
chanvese level set.....	144
Gambar 4.80. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra dominan putih Fuzzy	
chanvese level set.....	144
Gambar 4.81. Citra Original MRI otak ukuran 256x256 pixel	145

Gambar 4.82. Citra Contour awal MRI otak berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 0.....	146
Gambar 4.83. Citra MRI otak berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 500.....	146
Gambar 4.84. Citra MRI otak berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 1000.....	146
Gambar 4.85. Citra MRI otak berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 0	147
Gambar 4.86. Citra MRI otak berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 300.....	147
Gambar 4.87. Grafik perbandingan waktu pada citra MRI otak berukuran 256x256 pixel.....	149
Gambar 4.88. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra MRI otak berukuran 256x256 pixel.....	149
Gambar 4.89. Citra Original MRI otak ukuran 512x512 pixel	154
Gambar 4.90. Citra MRI otak berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 0	154
Gambar 4.91. Citra MRI otak berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 1200 .....	155
Gambar 4.92. Citra MRI otak berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 2400.....	155
Gambar 4.93. Citra MRI otak berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 0	156
Gambar 4.94. Citra MRI otak berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 700.....	156
Gambar 4.95. Grafik perbandingan waktu pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel.....	158
Gambar 4.96. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel.....	158



Gambar 4.97. Citra Original MRI Otak ukuran 1024x1024 pixel	163
Gambar 4.98. Citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 0.....	163
Gambar 4.99. Citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 2500.....	164
Gambar 4.100. Citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 5000.....	164
Gambar 4.101. Citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 0.....	165
Gambar 4.102. Citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel pada iterasi ke 2000.....	165
Gambar 4.103. Grafik perbandingan waktu pada citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel.....	167
Gambar 4.104. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra MRI Otak berukuran 1024x1024 pixel.....	167
Gambar 4.105. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GT635M dengan jumlah pixel citra pada citra MRI Otak Fuzzy chanvese level set.....	172
Gambar 4.106. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra MRI Otak Fuzzy chanvese level se	172
Gambar 4.107. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GT 635M dengan jumlah pixel citra pada citra MRI Otak Fuzzy chanvese level set.....	173
Gambar 4.108. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra MRI Otak Fuzzy chanvese level set.....	173

Gambar 4.109. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GT635M dengan jumlah pixel citra pada citra MRI Otak fuzzy distance regularization level set.....	174
Gambar 4.110. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra MRI Otak	
Fuzzy chanvese level set.....	174
Gambar 4.111. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GT 635M dengan jumlah pixel citra pada citra MRI Otak	
Fuzzy chanvese level set.....	175
Gambar 4.112. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra MRI Otak	
Fuzzy chanvese level set.....	175
Gambar 4.113. Citra Original CT Liver ukuran 256x256 pixel	176
Gambar 4.114. Citra Contour awal CT Liver berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 0.....	177
Gambar 4.115. Citra CT Liver berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 500.....	177
Gambar 4.116. Citra CT Liver berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 1000.....	178
Gambar 4.117. Citra CT Liver berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 0	178
Gambar 4.118. Citra CT Liver berukuran 256x256 pixel pada iterasi ke 300.....	179
Gambar 4.119. Grafik perbandingan waktu pada citra CT Liver berukuran 256x256 pixel.....	180
Gambar 4.120. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra CT Liver berukuran 256x256 pixel.....	180
Gambar 4.121. Citra Original CT Liver ukuran 512x512 pixel	185
Gambar 4.122. Citra CT Liver berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 0	185

Gambar 4.123. Citra CT Liver berukuran 512x512 pixel	
pada iterasi ke 1200.....	186
Gambar 4.124. Citra CT Liver berukuran 512x512 pixel	
pada iterasi ke 2400.....	186
Gambar 4.125. Citra CT Liver berukuran 512x512 pixel pada iterasi ke 0	187
Gambar 4.126. Citra MRI otak berukuran 512x512 pixel	
pada iterasi ke 700.....	187
Gambar 4.127. Grafik perbandingan waktu pada citra CT Liver berukuran 512x512 pixel.....	189
Gambar 4.128. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra dominan putih berukuran 512x512 pixel.....	189
Gambar 4.129. Citra Original CT Liver ukuran 1024x1024 pixel	192
Gambar 4.130. Citra CT Liver berukuran 1024x1024 pixel	
pada iterasi ke 0.....	192
Gambar 4.131. Citra CT Liver berukuran 1024x1024 pixel	
pada iterasi ke 2500.....	193
Gambar 4.132. Citra CT Liver berukuran 1024x1024	
pixelpada iterasi ke 5000.....	195
Gambar 4.133. Citra CT Liver berukuran 1024x1024 pixel	
pada iterasi ke 0.....	196
Gambar 4.134. Citra CT Liver berukuran 1024x1024	
pixel pada iterasi ke 2000.....	196
Gambar 4.135. Grafik perbandingan waktu pada citra CT Liver berukuran 1024x1024 pixel.....	197
Gambar 4.136. Grafik perbandingan jumlah iterasi pada citra CT Liver berukuran 1024x1024 pixel.....	198

Gambar 4.137. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GT635M dengan jumlah pixel citra pada citra CT Liver	
Fuzzy chanvese level set.....	199
Gambar 4.138. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra CT Liver Fuzzy chanvese level set	203
Gambar 4.139. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GT 635M dengan jumlah pixel citra pada citra CT Liver	
Fuzzy chanvese level set.....	203
Gambar 4.140. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra CT Liver	
Fuzzy chanvese level set.....	204
Gambar 4.141. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GT635M dengan jumlah pixel citra pada citra CT Liver Fuzzy fuzzy distance regularization level set.....	204
Gambar 4.142. Grafik perbandingan waktu CPU core i5 4210U vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra CT Liver Fuzzy chanvese level set.	205
Gambar 4.143. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GT 635M dengan jumlah pixel citra pada citra CT Liver Fuzzy chanvese level set.	205
Gambar 4.144. Grafik perbandingan waktu CPU core i7 3770K vs GTX 660 dengan jumlah pixel citra pada citra CT Liver Fuzzy chanvese level set.	206

## INTISARI

Segmentasi citra merupakan proses yang ditujukan untuk mendapatkan obyek-obyek yang terkandung dalam citra dengan membagi citra ke dalam beberapa daerah yang memiliki kemiripan atribut pada obyek. Tujuan utama dari segmentasi citra adalah mempermudah proses analisa sehingga hasil yang diperoleh menjadi lebih bermakna. Segmentasi citra biasanya digunakan untuk menemukan obyek dan batasan dalam sebuah citra. Pada dunia medis khususnya, daerah yang memiliki kemiripan atribut banyak dijumpai pada citra jaringan atau organ dalam manusia yang diamati dengan alat medis seperti *scanning* organ tubuh dan *ultrasound*. Dalam penelitian ini diteliti bagaimana melakukan segmentasi citra menggunakan *fuzzy level set* dengan memanfaatkan GPU melalui sebuah *platform* yang dinamakan CUDA. Hasilnya adalah segmentasi citra yang dikembangkan mampu mempercepat 141x lebih cepat dari sebelumnya yang dilakukan dengan CPU.

Kata kunci : *GPU CUDA*, Komputasi Paralel, Segmentasi Citra, *Fuzzy Level Set*

## **ABSTRACT**

*Image segmentation is a process that is intended to get the objects contained in the image by dividing the image into several regions that have similar attributes on the object. The main purpose of image segmentation is to facilitate the analysis process so the results more meaningful. Image segmentation is usually used to locate objects and boundaries in an image. In the medical world in particular, areas that have similar attributes often found in the image tissues or organs in humans was observed with medical devices such as organs and ultrasound scanning. In this study examined how image segmentation using fuzzy level set by utilizing the GPU via a platform called CUDA. The result is a developed image segmentation 141x able to accelerate faster than previously done by the CPU.*

*Keyword : GPU CUDA, Parallel Computing, Image Segmentation, Fuzzy Level Set*

TESIS

**SEGMENTASI CITRA MEDIS MENGGUNAKAN FUZZY LEVEL SET  
BERBASIS KOMPUTASI PARALLEL GPU CUDA**



GREGORIUS AIRLANGGA  
No. Mhs.: 145302219/PS/MTF

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
2016