

TESIS

**SEGMENTASI CITRA MEDIS MENGGUNAKAN LATTICE
BOLTZMANN dan FUZZY CLUSTERING BERBASIS KOMPUTASI
PARALLEL GPU CUDA**



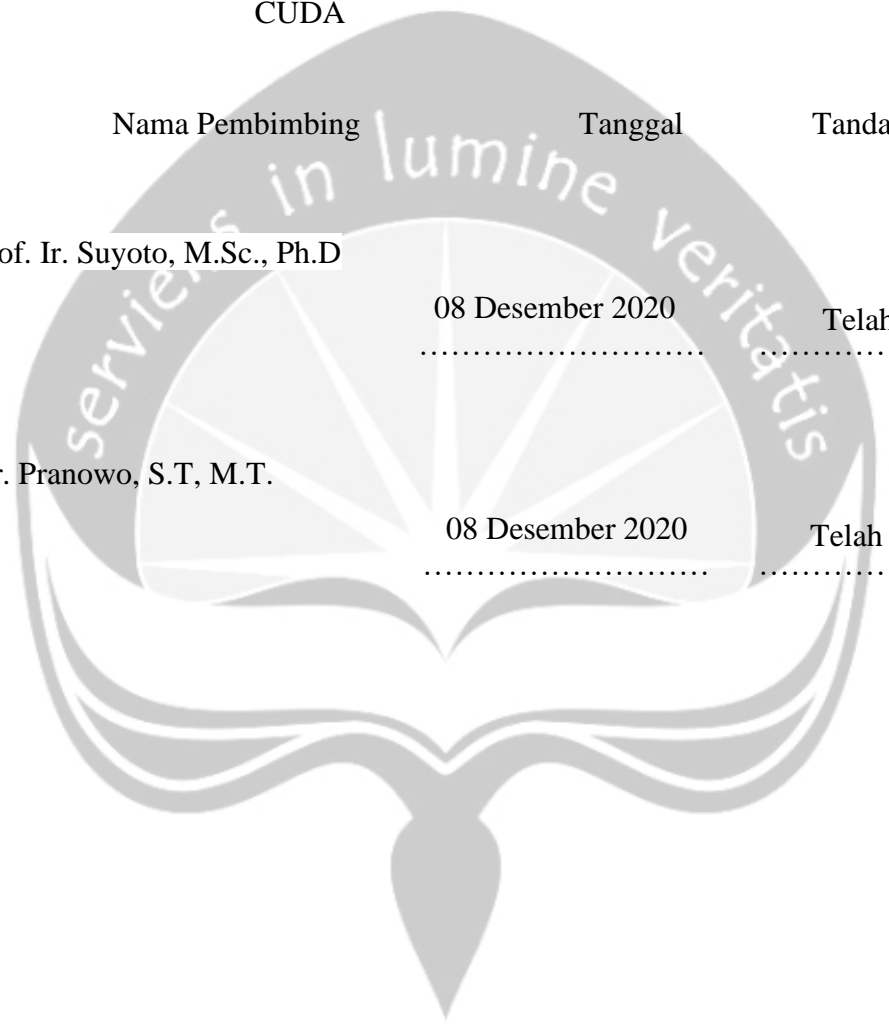
IGNASIUS BOLI SUBAN
No. Mhs.: 195303033/PS/MTF

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Nama : IGNASIUS BOLI SUBAN
Nomor Mahasiswa : 19503033/PS/M.Inf
Konsentrasi : Innovation of Computational Science
Judul tesis : Segmentasi Citra Medis Menggunakan *Lattice Boltzmann*
dan *Fuzzy Clustering* Berbasis Komputasi Paralel GPU
CUDA

Nama Pembimbing	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D	08 Desember 2020	Telah di ACC
Dr. Pranowo, S.T, M.T.	08 Desember 2020	Telah di ACC





UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : IGNASIUS BOLI SUBAN
Nomor Mahasiswa : 19503033/PS/M.Inf
Konsentrasi : Innovation of Computational Science
Judul tesis : Segmentasi Citra Medis Menggunakan *Lattice Boltzmann*
dan *Fuzzy Clustering* Berbasis Komputasi Paralel GPU CUDA

Nama Penguji	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D (Ketua)	15 Desember 2020	Telah di ACC
Dr. Pranowo, S.T, M.T. (Sekretaris)	15 Desember 2020	Telah di ACC
Prof. Ir. A. Djoko Budiyanto, M.Eng., Ph.D (Anggota)	15 Desember 2020	Telah di ACC

Ketua Program Studi

Telah di ACC

.....
(Prof. Ir. A. Djoko Budiyanto, M.Eng., Ph.D)

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : Ignasius Boli Suban

NIM : 195303033/PS/M.Inf

Menyatakan bahwa dalam penyusunan tesis ini, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain., kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 11 Desember 2020

Ignasius Boli Suban

INTISARI

Melalui alat-alat kesehatan seperti *CT-scan*, *X-ray*, dan *MRI* para tenaga medis dapat melihat organ bagian dalam tubuh manusia. Konsep dasar alat-alat kesehatan tersebut menerapkan konsep segmentasi. Telah banyak metode yang dikembangkan oleh para ahli untuk melakukan proses segmentasi salah satunya adalah metode *Level Set*. Kelemahan dari metode ini adalah membutuhkan waktu yang cukup lama.

Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat waktu komputasi dengan memanfaatkan GPU CUDA. Penulis menggunakan model matematika berupa PDE. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Lattice Boltzmann* dan *Fuzzy clustering* yang diusulkan oleh Balla-Arabé dkk.

Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa komputer uji pertama dapat mempercepat waktu komputasi dari 8.74 kali hingga 10.36 kali. Sementara komputer uji dua dapat mempercepat waktu komputasi dari 30.08 kali hingga 39.22 kali. Tingkat kemiripan hasil segmentasi citra dalam penelitian ini dengan penelitian sebelumnya memiliki kemiripan yang bagus. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan kontur hasil segmentasi dengan data benchmark.

Kata Kunci : Segmentasi, *Level Set*, *Lattice Boltzmann*, *fuzzy clustering*

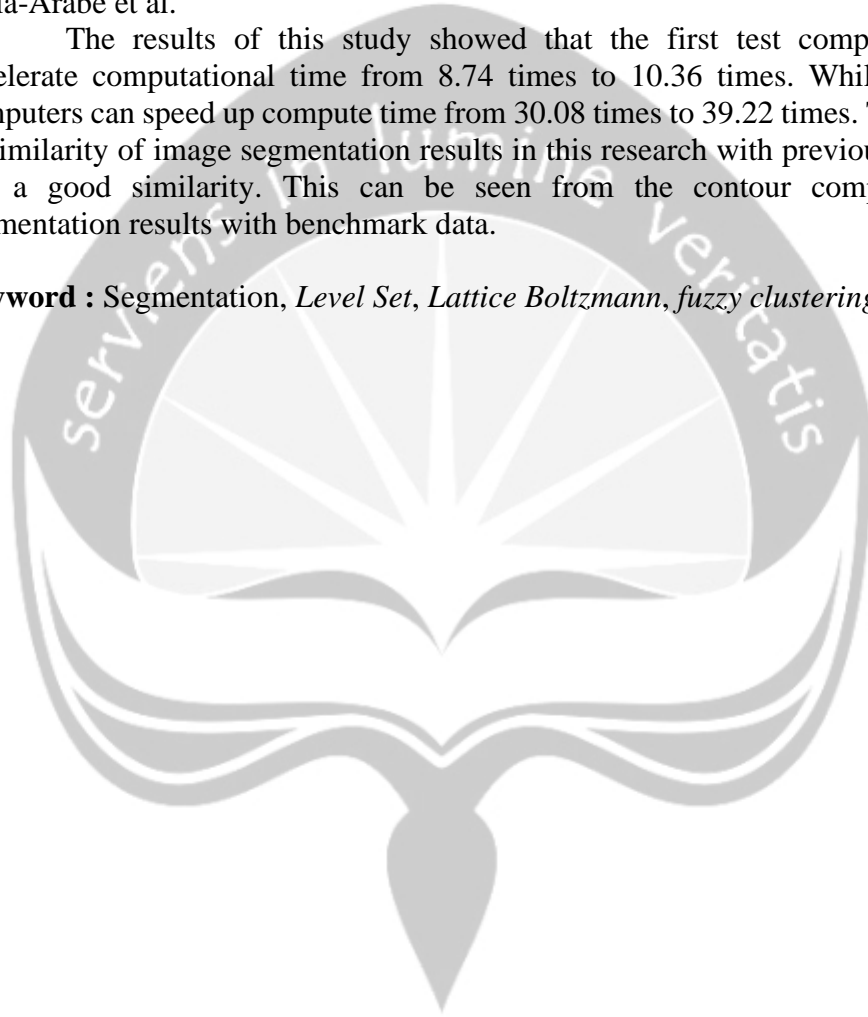
ABSTRACT

Through health tools such as CT scans, X-rays, and MRI, medics can see the internal organs of the human body. The basic concept of medical devices applies the concept of segmentation. There have been many methods developed by experts to do the segmentation process, one of which is the Level Set method. The drawback of this method is a long consuming time.

This research aims to speed up computational time by utilizing the CUDA GPU. The author uses a mathematical model in the form of PDE. The method used in this study was the Lattice Boltzmann and Fuzzy clustering methods proposed by Balla-Arabé et al.

The results of this study showed that the first test computer could accelerate computational time from 8.74 times to 10.36 times. While two test computers can speed up compute time from 30.08 times to 39.22 times. The degree of similarity of image segmentation results in this research with previous research has a good similarity. This can be seen from the contour comparison of segmentation results with benchmark data.

Keyword : Segmentation, *Level Set*, *Lattice Boltzmann*, *fuzzy clustering*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala penyertaannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Informatika di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah menyumbangkan pikiran, tenaga, dukungan, bimbingan, dan doa kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis, secara khusus kepada:

1. Tuhan Yesus Yang Maha Esa yang selalu membimbing, menuntun, melindungi dan melimpahkan berkat serta memberikan penguatan dan kesabaran kepada penulis.
2. Bapak, Mathias Tura Sabon dan Mama, Yohana Lipat Bali, adik, Handi Raya dan adik, Ina Mala yang terus mendoakan dan memberikan semangat serta dukungan kepada penulis.
3. Keluarga yang selalu setia menemani dan memberikan hiburan serta penguatan.
4. Prof. Ir. Djoko Budiyanto, M.Eng., Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang memberikan kesempatan untuk menempuh studi S2 dan dukungan finansial kepada penulis.

5. Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Dr. Pranowo, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
7. Seluruh Dosen dan Staf Pengajar Program Studi Magister Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu penulis selama masa kuliah.
8. Teman-teman seangkatan pada Fakultas Pascasarjana terkhususnya program studi Magister Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
9. Teman-teman seperjuangan yang mendalami bidang *computer vision*: Aldi , Fabian, Eka dan Roni.
10. Sahabat-sahabat Grup GAJE (Cipta, Nelson, Alfi, Robert, Reno, Andre, El dan Vendy) yang memberikan semangat kepada penulis.
11. Teman-teman Komunitas Mahasiswa NTT Atma Jaya Yogyakarta (KOMANTTA) yang selalu menghibur dan memberikan semangat kepada penulis.
12. Teman-teman Keluarga Mahasiswa Adonara Yogyakarta (KMAY) yang tetap mendukung penulis.
13. Teman-teman SMA yang selalu menanyakan kabar dan memberikan semangat kepada penulis.

14. Teman hidup yang selalu memberi semangat, arahan dan dengan sabar pengarahan dan motivasi : Valentine Ivon Bahy

15. Seluruh teman-teman yang mendukung penulis yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan waktu dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
INTISARI	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Kontribusi Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Tujuan Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
BAB III LANDASAN TEORI.....	12
3.1 Citra Medis.....	12
3.2 Segmentasi Citra	14
3.3 Level Set.....	15
3.4 Lattice Boltzmann	17
3.5 Fuzzy Clustering	20

3.6	GPU CUDA.....	21
BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN	27
4.1	Bahan Penelitian.....	27
4.2	Alat Penelitian	29
4.3	Langkah-Langkah Penelitian.....	33
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	49
5.1	Pengujian dengan menggunakan komputer uji pertama	50
5.1.1	Menampilkan hasil penelitian secara serial CPU dan paralel GPU	50
5.1.1.1	Pengujian pada citra medis yang berukuran 512x512 pixel.....	50
5.1.1.2	Pengujian pada citra medis yang berukuran 512x512 pixel.....	52
5.1.1.3	Pengujian pada citra medis yang berukuran 1024x1024 pixel....	55
5.1.1.4	Pengujian pada citra medis yang berukuran 1356x1536 pixel....	58
5.1.1.5	Pengujian pada citra medis yang berukuran 2048x2048 pixel....	60
5.1.1.6	Pengujian pada citra medis yang berukuran 2560x2560 pixel....	63
5.1.1.7	Pengujian pada citra medis yang berukuran 4096x4096 pixel....	65
5.1.2	Membandingkan kecepatan waktu hasil segmentasi secara CPU dan GPU	68
5.2	Pengujian dengan menggunakan komputer uji kedua.....	70
5.2.1	Menampilkan hasil penelitian secara serial CPU dan paralel GPU	71
5.2.1.1	Pengujian pada citra medis yang berukuran 512x512 pixel.....	71
5.2.1.2	Pengujian pada citra medis yang berukuran 512x512 pixel.....	73
5.2.1.3	Pengujian pada citra medis yang berukuran 1024x1024 pixel....	76
5.2.1.4	Pengujian pada citra medis yang berukuran 1356x1536 pixel....	78

5.2.1.5	Pengujian pada citra medis yang berukuran 2048x2048 pixel....	81
5.2.1.6	Pengujian pada citra medis yang berukuran 2560x2560 pixel....	83
5.2.1.7	Pengujian pada citra medis yang berukuran 4096x4096 pixel....	86
5.2.2	Membandingkan kecepatan waktu hasil segmentasi secara CPU dan GPU	88
5.3	Membandingkan kontur hasil segmentasi dengan data benchmark.....	91
5.4	Membandingkan <i>speed up</i> pada komputer uji 1 dan komputer uji 2.....	93
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		95
6.1	Kesimpulan	95
6.2	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA		97



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi Komputer Pertama.....	30
Tabel 4.2 Spesifikasi Komputer Kedua	31
Tabel 4.3 Software pada Komputer Pertama	33
Tabel 4.4 Software pada Komputer Kedua.....	33
Tabel 5.1 Perbandingan kecepatan waktu secara serial dengan CPU dan paralel dengan GPU.....	68
Tabel 5.2 Perbandingan kecepatan waktu secara serial dengan CPU dan paralel dengan GPU.....	89
Tabel 5.3 Perbandingan contour hasil segmentasi, citra asli (a), segmentasi hasil metode Arbelaez POCV2006 [33] (b), segmentasi hasil metode FRLBM [6] (c), segmentasi hasil penelitian ini dengan GPU (d), dan segmentasi oleh manusi (e)	92
Tabel 5.4 Perbandingan speed up pada komputer uji 1 dan komputer uji 2.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Contoh Segmentasi Citra Medis pada Suatu objek [7]	2
Gambar 3. 1 Sistem koordinat citra yang berukuran MxN [20]	13
Gambar 3. 2 gambar CT-scan beserta contoh hasilnya.....	13
Gambar 3. 3 Contoh Fungsi Level Set.....	16
Gambar 3. 4 Skema D2Q5 beserta arah kecepatan particle distribution function	18
Gambar 3. 5 Ilustrasi langkah streaming	19
Gambar 3. 6 Arsitektur CUDA [28].....	22
Gambar 3. 7 Interaksi urutan eksekusi CPU-GPU.....	23
Gambar 3. 8 Model memory dalam piranti GPU [28]	24
Gambar 4.1 citra_rw_01 Gambar 4.2 citra_rw_02 Gambar 4.3 citra_rw_03	28
Gambar 4.4 citra_rw_04 Gambar 4.5 citra_rw_05 Gambar 4.6 citra_rw_06 ...	28
Gambar 4.7 citra_rw_07	28
Gambar 4.8 citra_bm_1 Gambar 4.9 citra_bm_2 Gambar 4.10 citra_bm_3 ..	29
Gambar 4.11 citra_bm_4 Gambar 4.12 citra_bm_5 Gambar 4.13 citra_bm_6	29
Gambar 4.14 citra_bm_7	29
Gambar 4.15 Flowchart Langkah-Langkah penelitian	34
Gambar 5. 1 Citra Asli berukuran 512x512	50
Gambar 5. 2 Hasil Segmentasi secara serial CPU	51

Gambar 5. 3 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	51
Gambar 5. 4 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 512×512, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c).....	52
Gambar 5. 5 Citra Asli berukuran 512x512	53
Gambar 5. 6 Hasil Segmentasi secara serial CPU	53
Gambar 5. 7 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	54
Gambar 5. 8 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 512×512, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c).....	55
Gambar 5. 9 Citra Asli berukuran 1024x1024.....	56
Gambar 5. 10 Hasil Segmentasi secara serial CPU	56
Gambar 5. 11 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	57
Gambar 5. 12 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 1024×1024, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c).....	57
Gambar 5. 13 Citra Asli berukuran 1356x1356.....	58
Gambar 5. 14 Hasil Segmentasi secara serial CPU	59
Gambar 5. 15 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	59
Gambar 5. 16 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 1356×1356, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c).....	60
Gambar 5. 17 Citra Asli berukuran 2048x2048.....	61

Gambar 5. 18 Hasil Segmentasi secara serial CPU	61
Gambar 5. 19 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	62
Gambar 5. 20 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 2048×2048, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c)	62
Gambar 5. 21 Citra Asli berukuran 2560x2560.....	63
Gambar 5. 22 Hasil Segmentasi secara serial CPU	64
Gambar 5. 23 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	64
Gambar 5. 24 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 2560×2560, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c)	65
Gambar 5. 25 Citra Asli berukuran 4096x4096.....	66
Gambar 5. 26 Hasil Segmentasi secara serial CPU	66
Gambar 5. 27 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	67
Gambar 5. 28 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 4096×4096, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c)	67
Gambar 5. 29 Grafik perbandingan kecepatan waktu secara serial dengan CPU dan paralel dengan GPU.....	69
Gambar 5. 30 Speed up dengan GPU	70
Gambar 5. 31 Citra Asli berukuran 512x512.....	71
Gambar 5. 32 Hasil Segmentasi secara serial CPU	72
Gambar 5. 33 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	72

Gambar 5. 34 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 512×512, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c)	73
Gambar 5. 35 Citra Asli berukuran 512x512.....	74
Gambar 5. 36 Hasil Segmentasi secara serial CPU	74
Gambar 5. 37 Hasil Segmentasi secara paralel GPU.....	75
Gambar 5. 38 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 512×512, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c)	75
Gambar 5. 39 Citra Asli berukuran 1024x1024.....	76
Gambar 5. 40 Hasil Segmentasi secara serial CPU	77
Gambar 5. 41 Hasil Segmentasi secara paralel GPU.....	77
Gambar 5. 42 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 1024×1024, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c)	78
Gambar 5. 43 Citra Asli berukuran 1356x1356.....	79
Gambar 5. 44 Hasil Segmentasi secara serial CPU	79
Gambar 5. 45 Hasil Segmentasi secara paralel GPU.....	80
Gambar 5. 46 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 1356×1356, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c)	80
Gambar 5. 47 Citra Asli berukuran 2048x2048.....	81
Gambar 5. 48 Hasil Segmentasi secara serial CPU	82

Gambar 5. 49 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	82
Gambar 5. 50 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 2048×2048, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c)	83
Gambar 5. 51 Citra Asli berukuran 2560x2560	84
Gambar 5. 52 Hasil Segmentasi secara serial CPU	84
Gambar 5. 53 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	85
Gambar 5. 54 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 2560×2560, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c)	85
Gambar 5. 55 Citra Asli berukuran 4096x4096	86
Gambar 5. 56 Hasil Segmentasi secara serial CPU	87
Gambar 5. 57 Hasil Segmentasi secara paralel GPU	87
Gambar 5. 58 Hasil segmentasi untuk citra medis berukuran 4096×4096, citra asli (a), kontour hasil segmentasi dengan CPU (b) dan kontour hasil segmentasi dengan GPU (c)	88
Gambar 5. 59 Grafik perbandingan kecepatan waktu secara serial dengan CPU dan paralel dengan GPU	90
Gambar 5. 60 Speed up dengan GPU	91

BAB I

PENDAHULUAN

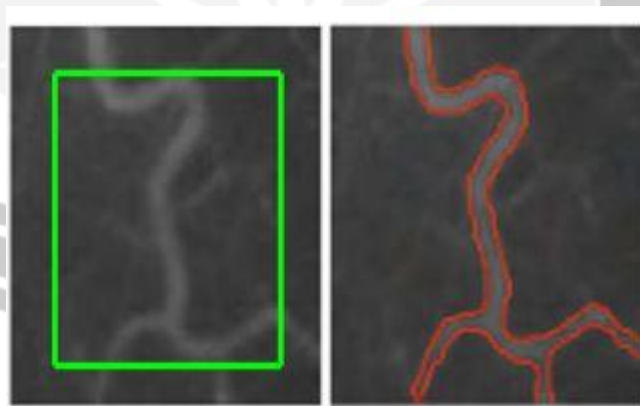
1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi membawa banyak kemajuan dalam berbagai bidang kehidupan seperti, bidang pemerintahan, bidang pendidikan, bidang militer hingga bidang kesehatan. Dalam bidang pemerintahan misalnya, mulai muncul berbagai teknologi yang dapat membantu kerja pemerintah. Misalnya, memanfaatkan teknologi untuk mengimplementasikan *Smart Government*. Dalam bidang pendidikan juga tidak ketinggalan. Para siswa dapat belajar secara otodidak melalui berbagai media *online* yang ada. Sementara dalam bidang kesehatan, perkembangan teknologi juga membawa dampak yang baik. Sebagai contoh, dengan kemajuan teknologi para tenaga medis dapat melihat bagian dalam organ tubuh manusia. Organ bagian dalam tubuh manusia dapat dilihat oleh tenaga medis menggunakan alat-alat seperti X-ray, *Computed Tomography (CT) scan* dan *Magnetic Resonance Imaging (MRI) scan*. Kemudian melalui alat-alat tersebut menghasilkan citra medis. Citra medis inilah yang digunakan oleh para tenaga medis untuk melihat dan mendeteksi suatu penyakit yang berada dalam tubuh manusia [1] [2].

Konsep dasar dalam alat-alat kesehatan seperti X-ray, *Computed Tomography (CT) scan* dan *Magnetic Resonance Imaging (MRI) scan* menerapkan konsep segmentasi, dimana memisahkan bagian yang dideteksi dengan bagian lainnya. Segmentasi merupakan proses yang utama dan penting dalam *image processing, computer vision, biomedical image, and pattern recognition* [3].

Segmentasi merupakan proses pengelompokkan citra kedalam beberapa bagian. Dimana proses pengelompokkan ini berdasarkan beberapa kriteria yang sama seperti warna atau tekstur. Tujuan proses segmentasi adalah menyederhanakan citra ke bagian yang lebih kecil sehingga memudahkan para tenaga medis dalam menganalisis suatu penyakit pada citra tersebut [4].

Segmentasi citra memiliki peranan yang penting dalam bidang kesehatan. Dimana segmentasi digunakan untuk membagi citra medis kedalam beberapa bagian yang lebih kecil dan mendeteksi bagian tertentu yang penting. Segmentasi juga dapat digunakan untuk memisahkan objek dengan latar belakangnya. Hal ini membuat citra medis menjadi lebih mudah untuk dianalisis oleh para tenaga medis [5] [6]. Berikut penulis menampilkan contoh proses segmentasi pada citra medis yang ditunjukkan dalam Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Contoh Segmentasi Citra Medis pada Suatu objek [7]

Gambar 1.1 merupakan citra medis pembuluh darah. Dapat dilihat bahwa dengan melakukan proses segmentasi pada citra pembuluh darah maka hanya objek pembuluh darah yang terseleksi. Segmentasi citra medis sulit dilakukan secara

manual oleh para tenaga medis, karena keberadaan *noise* dan artifak yang dapat mengaburkan citra, selain itu ukuran citra medis yang semakin besar juga menambah sulitnya segmentasi. Dengan melihat keadaan tersebut maka algoritma komputer segmentasi citra perlu terus dikembangkan [5].

Banyak algoritma atau metode yang telah dikembangkan untuk melakukan proses segmentasi terkhususnya proses segmentasi pada citra medis. Metode-metode tersebut seperti Active Contour, K-Means, Level Set, dan Lattice Boltzmann. Metode Active Contour diusulkan oleh Chan dan Vese. Kelemahan dari metode ini adalah sulit melakukan proses segmentasi pada objek yang berlubang selain itu metode ini juga tidak cocok untuk citra yang memiliki intensitas tidak homogen. Akan tetapi metode ini telah banyak dilakukan modifikasi untuk memperoleh hasil segmentasi yang lebih baik [8] [9]. Metode K-Means merupakan algoritma unsupervised learning yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan proses segmentasi. Hal ini dilakukan dengan menentukan nilai k dari centroid. Akan tetapi dalam memprediksi nilai k tersebut, bukanlah suatu hal yang mudah dan dapat mengurangi kecepatan komputasi [10] [11].

Metode Level Set yang dimulai dalam pendekatan Hamilton-Jacobi memiliki keuntungan yaitu dapat menangani bentuk garis yang kompleks dan memiliki tingkat keakuratan yang tinggi [6]. Metode ini menggunakan model persamaan matematika yang berupa *Partial Differential Equation* (PDE) untuk menentukan kurva level-set yang membatasi objek dalam suatu gambar secara otomatis. Kelemahan metode ini adalah penyelesaian model matematika secara numerik dengan metode *finite difference* yang memakan waktu relatif lama. Balla-

Arabé dkk [6] mengusulkan penyelesaian model matematika yang berupa PDE tersebut dengan metode Lattice Boltzmann (LB) dengan kombinasi Fuzzy clustering untuk menangani batas obyek yang terlihat kabur. Metode usulan tersebut dapat mengurangi waktu komputasi untuk proses segmentasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis ingin mempercepat waktu dalam proses segmentasi citra medis berdasarkan metode yang diusulkan oleh Balla-Arabé secara paralel menggunakan Graphical Processing Unit (GPU) dengan Library *Compute Unified Device Architecture* (CUDA). Adapun judul yang dalam penelitian ini adalah “Segmentasi Citra Medis Menggunakan Lattice Boltzmann dan Fuzzy Clustering Berbasis Komputasi Paralel Gpu Cuda”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah, Bagaimana mengembangkan komputasi paralel pada segmentasi citra medis menggunakan metode *Lattice Boltzmann* dan *Fuzzy Clustering*?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah maka batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Dataset citra yang digunakan adalah citra medis *grayscale*.
- 2) Ukuran citra yang digunakan sebagai dataset bervariasi mulai dari 512x512 piksel, 1024x1024 piksel, 1536x1536 piksel, 2048x2048 piksel, 2560x2560 piksel hingga 4096x4096 piksel.
- 3) Dalam penelitian ini untuk proses segmentasi yang berjalan pada GPU penulis hanya menggunakan global memori.

1.4 Kontribusi Penelitian

Kontribusi peneliti dalam penelitian ini adalah dalam bidang keilmuan yang mana peneliti menghasilkan proses segmentasi citra dengan pengembangan komputasi parallel menggunakan metode *Lattice Boltzmann dan Fuzzy Clustering*. Peneliti berharap hasil yang diperoleh dapat berguna dan bermanfaat dalam bidang keilmuan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dilakukan oleh penulis terdiri dari manfaat secara teoritis dan manfaat secara praktis. Secara lebih terperinci kedua manfaat tersebut dijelaskan sebagai berikut :

- Manfaat Teoritis

Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan kerangka pemahaman yang baru bagi para akademis mengenai proses segmentasi citra khususnya citra medis dengan menggunakan metode *Lattice Boltzmann dan Fuzzy Clustering* berbasis GPU CUDA. Dimana dengan menerapkan konsep GPU maka proses segmentasi dapat menjadi lebih cepat. Penulis juga berharap penelitian ini dapat membantu para peneliti selanjutnya yang memiliki topik yang berkaitan dengan segmentasi citra medis.

- Manfaat Praktis

Penulis berharap penelitian ini dapat memberi masukan bagi para medis khususnya dalam bidang radiologi. Selain itu penulis juga berharap penelitian ini dapat membantu para akademis yang

melakukan penelitian dalam bidang segmentasi citra terkhususnya segmentasi citra medis sebagai sumber referensi.

1.6 Tujuan Penelitian

Tantangan yang dihadapi dalam proses segmentasi citra medis adalah gambar obyek dengan batas kabur dan ukuran citra yang relative besar, sehingga proses pemilahan obyek-obyek tersebut relative sukar dan memakan waktu relative lama. Oleh karena itu dalam penelitian ini algoritma parallel berbasis GPU CUDA untuk Level Set dengan metode Lattice Boltzmann dan kombinasi Fuzzy clustering dipilih untuk dikembangkan lebih lanjut guna menghadapi tantangan tersebut. Adapun tujuan penelitian ini menambahkan beberapa usulan untuk metode tersebut diatas :

- Implementasi metode Lattice Boltzmann dan Fuzzy Clustering menggunakan Parallel GPU CUDA untuk mempercepat waktu eksekusi program.
- Dengan mengimplementasikan metode Lattice Boltzmann dan Fuzzy Clustering menggunakan Parallel GPU CUDA, maka proses segmentasi citra beresolusi di atas 2000 x 2000 dapat dilakukan dengan lebih cepat.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini secara garis besar berdasarkan tata tulis laporan yang telah ditetapkan oleh Jurusan Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta akan diuraikan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pertama membahas tentang masalah umum dari laporan tesis yang menjabarkan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan serta sistematika laporan tesis.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua berisi membahas tentang uraian sistematis tentang hasil-hasil penelitian yang didapat oleh peneliti sebelumnya serta pustaka lainnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis.

BAB 3 LANDASAN TEORI

Bab ketiga membahas tentang dasar teori yang memiliki hubungan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Berikut secara garis besar berikut penulis menjabarkan beberapa *point* penting yang terdapat di dalam bab tiga : citra medis, segmentasi citra, partial differential equation (PDE), fuzzy clustering, level set, lattice boltzmann dan parallel CUDA.

BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN

Bab keempat membahas tentang alat dan bahan yang dibutuhkan oleh penulis serta langkah-langkah yang dilakukan oleh penulis dalam menunjang penelitian ini.

BAB 5 PEMBAHASAN

Pada lima membahas tentang hasil penelitian dan pembahasan terpadu. Pembahasan berisi tentang analisis dilakukan terhadap hasil yang diperoleh, ditinjau secara utuh baik kualitatif, kuantitatif maupun normatif.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab enam membahas tentang kesimpulan yang didapat dari penelitian yang dilakukan oleh penulis. Selain itu penulis juga menyampaikan saran, baik yang berupa kritik maupun gagasan berkaitan dengan penelitian ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

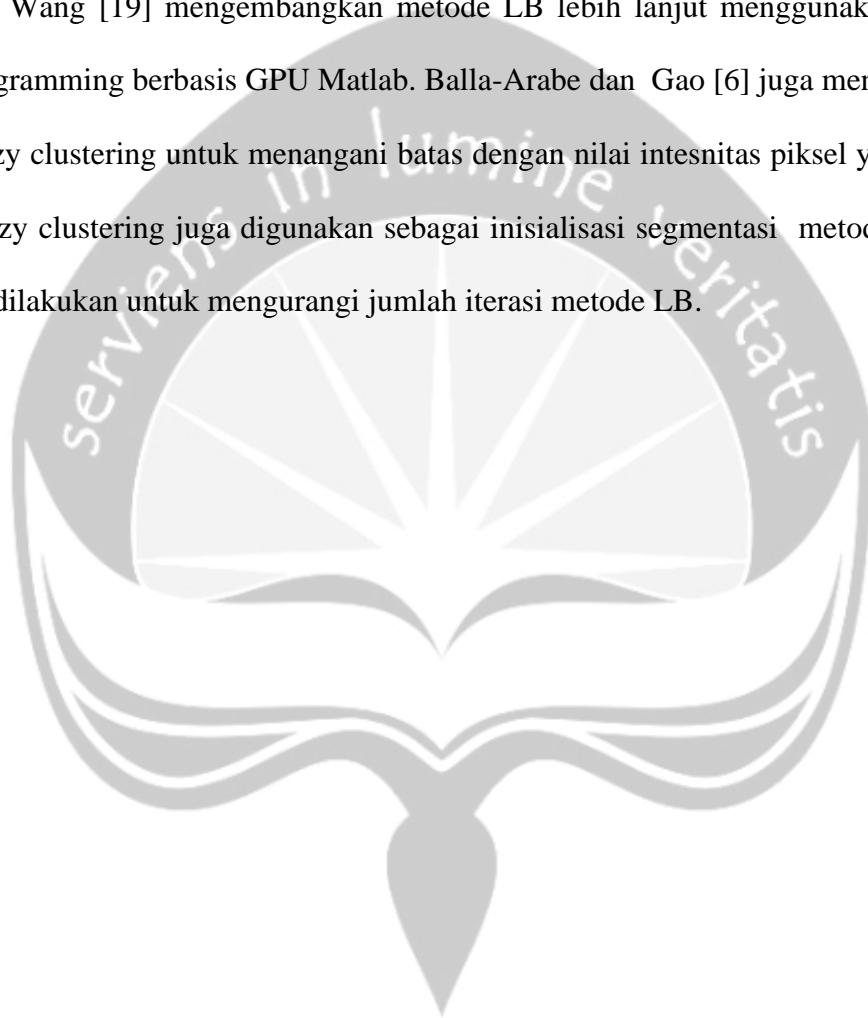
Bab kedua berisi membahas tentang uraian sistematis tentang hasil-hasil penelitian yang didapat oleh peneliti sebelumnya serta pustaka lainnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis.

Saat ini, para peneliti secara intensif berusaha mengembangkan metode segmentasi citra digital, sehingga performa metode segmentasi meningkat terus. Secara umum teknik segmentasi citra dikelompokkan menjadi dua, yaitu: pixel classification dan tracking variational boundary [12]. Pixel classification adalah proses mengelompokkan piksel-piksel dalam citra ke dalam beberapa kelas yang berbeda. Metode ini menentukan pertama terlebih dahulu jumlah kelas tujuan (K). Seringnya nilai dari K diasumsikan dari pengetahuan sebelumnya berdasarkan anatomi tubuh manusia. Kelemahan teknik ini adalah sensitif terhadap noise. Sedangkan tracking variational boundary memanfaatkan informasi intensitas, spasial dan pola dari citra. Teknik ini mencari batas-batas bagian atau obyek tertentu dalam suatu citra berdasar nilai intensitas dan posisi spasial piksel. Teknik ini lebih akurat, tetapi mempunyai beban komputasi yang lebih berat. Contoh teknik segmentasi citra medis yang menggunakan pixel classification adalah region growing, region splitting, k-means clustering, fuzzy c-means clustering sedangkan contoh tracking variational boundary adalah active contour, edge detection, level set [13] [14].

Metode Level Set merupakan metode yang saat ini mendapat banyak perhatian para peneliti untuk pengembangan lebih lanjut. Metode Level Set pada awalnya dikembangkan oleh Osher dan Sethian [15]. Metode ini melibatkan suatu fungsi spasial yang dapat dinyatakan sebagai kontur dengan nilai absolut vektor normal tegak lurus terhadap kontur adalah selalu satu. Kontur tersebut dapat berubah bentuk secara dinamis menurut waktu mengikuti gradien piksel, sehingga dapat digunakan untuk mencari batas dan melingkupi area suatu obyek dalam citra. Persamaan model dari fungsi level set tersebut berbentuk Persamaan Differensial Parsial bertipe hiperbolik nonlinear. Persamaan ini diselesaikan menggunakan metode numerik yang disebut metode Beda Hingga. Kelemahan metode ini adalah beban komputasi yang tinggi dan kontur mengalami penyusutan karena efek dispersi numerik, sehingga untuk perhitungan waktu yang lama maka akurasi perhitungan akan berkurang signifikan.

Dalam mengatasi kelemahan tersebut, metode Lattice Boltzmann (LB) diusulkan untuk solusi metode Level Set. Metode LB sebenarnya adalah metode mesoskopik yang dikembangkan berdasar teori mekanika statistik dan teori kinetika partikel gas. Metode LB mensimulasikan gerakan dan tumbukan partikel gas, dengan menggunakan transformasi Chapman Enskog maka dapat diperoleh persamaan diferensial parsial, termasuk fungsi level set. Keunggulan dari metode ini adalah implementasi ke dalam program komputer relative sederhana dan waktu eksekusinya lebih singkat. Wen dkk [16] mengembangkan metode LB berbasis integrasi tepi an area citra untuk proses segmentasi citra medis. Metode tersebut dapat digunakan untuk menangani citra yang tidak homogeny dengan baik. Chen

dkk [17] menggunakan metode parallel LB berbasis GPU untuk penapisan deteksi kontur citra alami. Waktu eksekusi bias dipersingkat 25 kali dan kontur tetap dapat terdeteksi meskipun citra terkontaminasi *noise*. Balla-Arabe dan Gao [18] menggunakan metode LB untuk segmentasi citra dalam histogram domain, hasil menunjukkan pendekatan tersebut lebih cepat dan cukup akurat. Balla-Arabe, Gao dan Wang [19] mengembangkan metode LB lebih lanjut menggunakan parallel programming berbasis GPU Matlab. Balla-Arabe dan Gao [6] juga menambahkan fuzzy clustering untuk menangani batas dengan nilai intensitas piksel yang kabur. Fuzzy clustering juga digunakan sebagai inisialisasi segmentasi metode LB. Hal ini dilakukan untuk mengurangi jumlah iterasi metode LB.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini penulis memaparkan kesimpulan kemudian memberikan saran yang dapat dimanfaatkan untuk penelitian kedepan.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

1. Penulis telah berhasil mengembangkan *code* program untuk proses segmentasi citra medis menggunakan metode *lattice boltzmann* dan *fuzzy clustering* berbasis GPU CUDA.
2. Penggunaan pemrograman paralel berbasis GPU CUDA dapat mempercepat waktu komputasi secara signifikan dibanding pemrograman secara serial dengan CPU. Dalam penelitian ini, pemrograman paralel dengan GPU CUDA menggunakan komputer uji 1 dapat mempercepat proses komputasi antara 8.74 kali hingga 10.36 kali. Sementara pemrograman paralel dengan GPU CUDA menggunakan komputer uji 2 dapat mempercepat proses komputasi antara 30.0 kali hingga 39.22 kali.
3. Proses segmentasi untuk citra berukuran lebih dari 2000×2000 dapat dilakukan tanpa kendala.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk bahan penelitian ke depan dengan beberapa saran sebagai berikut :

1. Pengembangan dengan menggunakan beberapa memory CUDA yang lain seperti *shared memory*, *texture memory*, dan lainnya sesuai perkembangan *library* CUDA sehingga dapat lebih mempercepat proses komputasi.
2. Pemilihan kriteria yang tepat untuk mengevaluasi hasil segmentasi masih perlu dikaji lagi.
3. Pengembangan dengan menggunakan GUI sehingga dapat membuat aplikasi menjadi lebih menarik dan lebih efisien untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Sudharshan Duth, V. Viswanath, and P. Sreekumar, "Robust MRI brain image segmentation method: A hybrid approach using level set and Fuzzy C-means clustering," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 2, pp. 751–758, 2016.
- [2] Y. Wu, W. Ma, M. Gong, H. Li, and L. Jiao, "Novel fuzzy active contour model with kernel metric for image segmentation," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 34, pp. 301–311, 2015.
- [3] B. Abdelkader and H. Latifa, "An efficient level set method based on global statistical information for image segmentation," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 7074, 2019.
- [4] G. Donatella and G. Donatella, "Color Image Segmentation Based On Principal Component Analysis With Application of Firefly Algorithm And Gaussian Mixture Model," *Int. J. Image Process.*, vol. 12, no. 4, pp. 101–112, 2018.
- [5] M. Sreerangappa, M. Suresh, and D. Jayadevappa, "Segmentation of Brain Tumor and Performance Evaluation Using Spatial FCM and Level Set Evolution," *Open Biomed. Eng. J.*, vol. 13, no. 1, pp. 134–141, 2019.
- [6] S. Balla-Arabé, X. Gao, and B. Wang, "A fast and robust level set method for image segmentation using fuzzy clustering and lattice boltzmann method," *IEEE Trans. Cybern.*, vol. 43, no. 3, pp. 910–920, 2013.
- [7] S. Zhou, J. Wang, M. Zhang, Q. Cai, and Y. Gong, "Correntropy-Based Level Set Method for Medical Image Segmentation and Bias Correction Neurocomputing Correntropy-based level set method for medical image

- segmentation and bias correction,” *Neurocomputing*, vol. 234, no. October 2018, pp. 216–229, 2017.
- [8] N. Shi and J. Pan, “An improved active contours model for image segmentation by level set method,” *Optik (Stuttg.)*, vol. 127, no. 3, pp. 1037–1042, 2016.
- [9] C. Huang and L. Zeng, “An active contour model for the segmentation of images with intensity inhomogeneities and bias field estimation,” *PLoS One*, vol. 10, no. 4, pp. 1–24, 2015.
- [10] I. Kalaivani, A. S. Oliver, R. Pugalenth, P. N. Jeipratha, A. A. S. Jeena, and G. Saranya, “Brain Tumor Segmentation Using Machine Learning Classifier,” *5th Int. Conf. Sci. Technol. Eng. Math. ICONSTEM 2019*, vol. 1, pp. 85–90, 2019.
- [11] N. Dhanachandra, K. Manglem, and Y. J. Chanu, “Image Segmentation Using K-means Clustering Algorithm and Subtractive Clustering Algorithm,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 54, pp. 764–771, 2015.
- [12] D. L. Pham, Chenyang Xu, and J. L. Prince, “Current methods in medical image segmentation,” *Annu. Rev. Biomed. Eng.*, vol. 2, pp. 315–337, 2000.
- [13] D. Mandal, A. Chatterjee, and M. Maitra, “Robust medical image segmentation using particle swarm optimization aided level set based global fitting energy active contour approach,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 35, pp. 199–214, 2014.
- [14] H. Wang and J. Oliensis, “Generalizing edge detection to contour detection for image segmentation,” *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 114, no. 7, pp.

- 731–744, 2010.
- [15] S. Osher, R. Fedkiw, and K. Piechor, *Level Set Methods and Dynamic Implicit Surfaces*. Springer, 2003.
- [16] J. Wen, Z. Yan, and J. Jiang, “Novel lattice Boltzmann method based on integrated edge and region information for medical image segmentation,” *Biomed. Mater. Eng.*, vol. 24, no. 1, pp. 1247–1252, 2014.
- [17] J. Chen, Z. Chai, B. Shi, and W. Zhang, “Lattice Boltzmann method for filtering and contour detection of the natural images,” *Comput. Math. with Appl.*, vol. 68, no. 3, pp. 257–268, 2014.
- [18] S. Balla-Arabé and X. Gao, “Image multi-thresholding by combining the lattice Boltzmann model and a localized level set algorithm,” *Neurocomputing*, vol. 93, pp. 106–114, 2012.
- [19] S. Balla-Arabe, X. Gao, and B. Wang, “GPU accelerated edge-region based level set evolution constrained by 2D gray-scale histogram,” *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 22, no. 7, pp. 2688–2698, 2013.
- [20] A. Kadir and A. Susanto, *Abdul Kadir Abd AdhiS dhiSusanto*. Yogyakarta, 2012.
- [21] V. Tyagi, *Understanding Digital Image Processing*. CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.
- [22] R. Kumar *et al.*, “Histogram thresholding in image segmentation: A joint level set method and Lattice Boltzmann method based approach,” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 455, no. December, pp. 529–539, 2017.
- [23] J.A.Sethian, “Level set methods and fast marching methods: evolving

interfaces in computational geometry, fluid mechanics, computer vision, and materials science, 2nd edition.” Cambridge University Press, 1999.

- [24] I. B. A. Amar Mitiche, *Variational and level set methods in image segmentation*. 2011.
- [25] A. Hagan and Y. Zhao, *Parallel 3D image segmentation of large data sets on a GPU cluste*. In: *Bebis G. et al. (eds) Advances in Visual Computing. ISVC 2009.*, vol. 5876. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009.
- [26] Dr.Pranowo, *Pengolahan Citra BErbasis PDE dengan OpenCV*. Yogyakarta: Cahaya Pustaka, 2016.
- [27] A. A. Mohammed, *Lattice Boltzmann Method: Fundamentals and Engineering Applications with Computer Codes*. New York: Springer, 2013.
- [28] J. Ghorpade, J. Parande, M. Kulkarni, and A. Bawaskar, “GPGPU Processing in CUDA Architecture,” *Adv. Comput. An Int. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 105–120, 2012.
- [29] J. S. and E. Kandrot, *Cuda By Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming*. USE: United States of America: Addison-Wesley Professional, 2010.
- [30] J. Cheng, M. Grossman, and T. McKercher, *Professional CUDA C Programming*, vol. 53, no. 9. USA: WROX, Indianapolis, 2014.
- [31] O. Team, “OpenCV,” <https://opencv.org/>, 2019. .
- [32] R. Laganiere, *OpenCV3 Computer Vision Application Programming Cookbook*, Third. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2017.
- [33] P. Arbeláez, “Boundary extraction in natural images using ultrametric

contour maps,” *2006 Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. Work. New York, USA., 2006.*

