

**LAPORAN AHIR**  
**PENELITIAN HIBAH BERSAING**



**JUDUL PENELITIAN :**

**Akselerasi Algoritma Marching Cube dengan *General Purpose Graphical Processing*  
*Unit* (GPGPU) untuk Membangun Pencitraan Medis 3D**

Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun

**TIM PENGUSUL :**

<b>Candra Irawan, M.Kom</b>	<b>NIDN: 0628057201</b>
<b>Fajar Agung Nugroho, M.CS</b>	<b>NIDN: 0611048402</b>
<b>Erika Devi Udayanti, M.CS</b>	<b>NIDN: 0620118701</b>

**UNIVERSITAS DIAN NUSWANTORO**

**OKTOBER 2013**

**HALAMAN PENGESAHAN  
PENELITIAN HIBAH BERSAING**

**Judul Kegistan** : AKSELERASI ALGORITMA MARCHING CUBE MENGGUNAKAN  
GENERAL PURPOSES GRAPHICAL PROCESSING UNIT (GPGPU) UNTUK  
MEMBANGUN PENCITRAAN MEDIS DALAM 3D

**Kode>Nama Rumpun Ilmu** : 123 / Ilmu Komputer

**Ketua Peneliti**

A. Nama Lengkap : CANDRA IRAWAN S.Kom., M.Kom.  
B. NIDN : 0628057201  
C. Jabatan Fungsional : Lektor  
D. Program Studi : Sistem Informasi  
E. Nomor HP : 08122834112  
F. Surel (e-mail) : candra@dosen.dinus.ac.id

**Anggota Peneliti (1)**

A. Nama Lengkap : FAJAR AGUNG NUGROHO  
B. NIDN : 0611048402  
C. Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS DIAN NUSWANTORO

**Anggota Peneliti (2)**

A. Nama Lengkap : ERIKA DEVI UDAYANTI  
B. NIDN : 0620118701  
C. Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS DIAN NUSWANTORO

**Lama Penelitian Keseluruhan** : 2 Tahun

**Penelitian Tahun ke** : 2

**Biaya Penelitian Keseluruhan** : Rp 69.000.000,00


**Biaya Tahun Berjalan** :

- diusulkan ke DIKTI	Rp 69.000.000,00
- dana internal PT	Rp 0,00
- dana institusi lain	Rp 0,00
- inkind sebutkan	

Mengetahui  
Dekan FK Udinus  
  
(Dr. Abdul Syukur, Drs, MM)  
NIP/NIK 0686341992017



Semarang, 27 - 11 - 2013,  
Ketua Peneliti,

  
(CANDRA IRAWAN S.Kom., M.Kom.)  
NIP/NIK0686111995076

Menyetujui  
Kepala Pusat Penelitian  
  
(Jun Basmawati, S.Si, M.Si)  
NIP/NIK 06861119800193



## RINGKASAN

Akselerasi dari algoritma *Marching Cube* pada rekonstruksi citra medis 2dimensi (2D) ke dalam citra medis 3 dimensi (3D) telah berhasil dilakukan. Akselerasi dilakukan dengan membangun paralelisasi terhadap algoritma marching cube pada GPGPU dengan mengimplementasikan CUDA programming technology. Target jangka panjang yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu diimplementasikannya visualization tool rekonstruksi citra medis 3D sebagai alat bantu penyedia informasi bagi ahli medis dalam melakukan diagnosa penyakit pasien. Secara

Dasar dilakukannya penelitian ini adalah rekonstruksi citra medis 2D ke dalam citra medis 3D. Proses rekonstruksi citra 3D cukup memakan waktu (*time consuming*) dan kinerja *processor*. Sedangkan kemampuan hardware komputer terus meningkat hingga dapat digunakan untuk komputasi umum (*general purpose*), sehingga dari kelebihan inilah dimanfaatkan untuk menyelesaikan masalah *time consuming* yang ada pada proses rekonstruksi citra medis 3D.

## PRAKATA

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat, hidayah, dan karuniaNya telah memperkenankan penulis untuk menyelesaikan laporan kemajuan penelitian Hibah Bersaing (HIBER) yang berjudul “Akselerasi Algoritma *Marching Cube* dengan GPGPU untuk Membangun Pencitraan Medis 3D”.

Selama melaksanakan penelitian ini, banyak sekali bantuan dan dukungan yang telah diperoleh. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang diantaranya adalah :

1. Bapak Dr. Ir. Edi Noersasongko, M.Kom selaku rektor Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
2. Ibu Juli Ratnawati, SE, M.Si selaku Kepala Pusat Penelitian Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
3. Bapak Dr. Abdul Syukur, Drs, MM selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
4. Rekan- rekan dosen Fakultas Ilmu Komputer Udinus yang telah berbagi ilmu dalam menjalankan penelitian.

Sungguh penelitian hibah bersaing ini bukanlah tanpa kelemahan, untuk itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat diharapkan. Akhir kata, semoga laporan kemajuan penelitian ini dapat bermanfaat.

Semarang, 25 November 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN</b> .....	<b>3</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>4</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>5</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>6</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>7</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>8</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>9</b>
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH.....	9
1.2 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KE 1 .....	10
1.3 LUARAN YANG DIHARAPKAN.....	10
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>11</b>
2.1 CITRA MEDIS .....	11
2.2 ALGORITMA MARCHING CUBE (MC).....	12
2.3 GENERAL PURPOSE GRAPHICAL PROCESSING UNIT (GPGPU) .....	13
2.4 CUDA TECHNOLOGY .....	15
<b>BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b> .....	<b>18</b>
3.1 TUJUAN PENELITIAN.....	18
3.2 MANFAAT PENELITIAN.....	18
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
4.1 DESAIN PENELITIAN .....	19
4.2 PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA .....	20
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>21</b>
5.1 CAPAIAN PENELITIAN.....	21
5.2 HAMBATAN DAN PENANGANAN .....	22
<b>BAB VI RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA</b> .....	<b>23</b>
6.1. TUJUAN PENELITIAN TAHUN KEDUA .....	23
6.2 RANCANGAN PENELITIAN .....	23
6.3 JADWAL PELAKSANAAN.....	24
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>26</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>27</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>29</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 : CUDA Software Development Environment .....	17
Tabel 2 : Target dan Capaian Penelitian .....	21
Tabel 3 : Tabel Hambatan dalam Penelitian .....	22

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 : IsoSurface dari dataset CT Lobster.....	12
Gambar 2 : Pola Kubus Imajiner Algoritma Marching Cube.....	13
Gambar 3: Alokasi Transistor untuk CPU dan GPU .....	14
Gambar 4 : Model Memory GPU .....	16
Gambar 5 : Arsitektur CUDA (Corporation 2009).....	17
Gambar 6 : Tahapan Penelitian Selama 2 Tahun.....	19
Gambar 7 : Rancangan Penelitian Tahun ke 2.....	24

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Justifikasi Penggunaan Dana.....	29
Lampiran 2 Dataset Medical Image .....	31
Lampiran 3 Perbandingan Hasil <i>Runtime Medical Image</i> Pada CPU Dan GPU.....	34
Lampiran 4 Grafik Perbandingan Hasil <i>Runtime Medical Image</i> antar CPU dan GPU .....	37
Lampiran 5 Bukti Penerimaan Publikasi .....	38
Lampiran 6 Draft Artikel Publikasi Nasional SEMANTIK .....	39



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang Masalah

Kehadiran pengolahan citra (*image processing*) merupakan bukti pesatnya perkembangan teknologi komputer. Cakupan area pemanfaatan dari pengolahan citra sangat luas hingga merambah ke berbagai disiplin ilmu dan aplikasi. Salah satu bidang keilmuan yang memanfaatkan pengolahan citra untuk berbagai fungsi adalah ilmu kedokteran yaitu yang dikenal dengan citra medis (*medical image*). Citra medis diperoleh dari berbagai modalitas pencitraan seperti foto X-ray atau *Rontgen*, *Computerized Tomography* (CT) , *Ultrasound* (US) maupun *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Hasil gambar yang diperoleh dari modalitas pencitraan tersebut adalah serangkaian irisan (*slice*) gambar medis 2D (Wang 2009).

Pencitraan medis 2D pada umumnya sulit diinterpretasikan (Archirapatkave et al. 2011). Padahal informasi yang terkandung dalam citra medis sangat penting bagi para tenaga ahli medis untuk dapat mendiagnosis penyakit dan mendukung pengambilan *treatment* yang harus diberikan. Karena kebutuhan akan data yang lebih rinci terhadap kondisi pasien, maka diperlukan penyajian citra yang lebih detail dan mudah dibaca secara visual. Oleh karena itu untuk memudahkan penginterpretasian citra dilakukan transformasi citra medis 2D ke 3D yang hampir menyerupai bentuk asli objek.

Banyak metode dan algoritma yang diusulkan dalam melakukan rekonstruksi citra 3D, dan dalam penelitian ini akan digunakan algoritma *Marching Cube* (MC) yang merupakan algoritma *iso-surfacing* yang paling populer (Weber et al. 2002),(Qian et al. 2009). Algoritma MC bekerja dengan merekonstruksi model 3D dari kumpulan citra 2D yang mempunyai singgungan dan membangun kubus- kubus (*cube*) kecil imajiner.

Di sisi lain, perkembangan grafis komputer mulai masuk pada era *general purpose*. Pemanfaatan kartu grafis yang tidak lagi berfokus pada pengolah grafis saja, namun juga dapat digunakan untuk tujuan umum yaitu *general computation* (Q. Huang et al. 2008). Sehingga fungsi kartu grafis sangat mendukung dalam proses komputasi rekonstruksi citra 3D. Untuk dapat menghasilkan kualitas citra yang lebih baik, maka penelitian ini akan menggunakan teknologi *General Purpose Graphical Processing Unit* (GPGPU). Dengan

memanfaatkan GPGPU akan mengurangi waktu (*time consuming*) rekonstruksi citra 2D ke dalam 3D. Selain itu, dengan GPGPU akan lebih menghemat biaya (*cost*) karena dapat memanfaatkan sejumlah processor yang ada pada GPU. Di sisi lain, untuk dapat mengoptimalkan kerja dari GPU dalam melakukan pemrosesan secara paralel, *Compute Univide Device Architecture* (CUDA) diadopsi sebagai arsitektur pemrograman paralel.

## 1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian Tahun Ke 1

Merujuk pada masalah *response time* dalam proses rekonstruksi citra medis 3D algoritma marching cube dan paralelisasi *surface rendering* sebagai instrumen akselerasi, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengurangi waktu pemrosesan (*time consuming*) pada transformasi citra medis 2 dimensi (2D) ke dalam citra medis 3 dimensi (3D) dengan rincian sebagai berikut :

1. Merancang, membuat, dan menguji paralelisasi algoritma marching cube pada proses rekonstruksi citra medis 2D ke dalam citra medis 3D. Paralelisasi dibangun diatas graphical processing unit (GPU) dengan CUDA technology. Serta mengembangkan interface sistem navigasi dan operasi rotasi xyz pada visualisasi citra medis 3D. (Tahun Pertama)
2. Membangun, mengimplementasikan, menguji navigasi dan operasi rotasi xyz pada visualisasi citra medis 3D terhadap real data citra medis MRI/ ST- scan. Penyempurnaan kemampuan baca terhadap citra medis dengan dimensi citra yang besar. (Tahun Kedua)

## 1.3 Luaran Yang Diharapkan

Luaran yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Akselerasi visualisasi citra medis 3D : tercapai *improvement* performa dari proses visualisasi citra medis 3D dengan melakukan paralelisasi pada CUDA platform
2. *Prototype Visualization Tool* : dihasilkan prototype dari *medical image visualization tool* yang dapat diaplikasikan untuk mendukung rekonstruksi citra medis 3D.
3. Publikasi karya ilmiah : dokumentasi hasil penelitian dipublikasikan melalui konferensi nasional maupun internasional.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Citra Medis

Digitalisasi *image* atau citra membuktikan perkembangan teknologi yang semakin pesat. Sebagai bentuk informasi visual, *image* menjadi komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting (Putra 2010). Kemampuan digitalisasi *image* mengevolusi dunia kedokteran dengan adanya citra medis (*medical image*). Istilah pencitraan medis atau yang biasa dikenal dengan *medical imaging* merupakan suatu metode dalam memvisualisasikan tubuh manusia untuk mendukung penanganan medis bagi para pasien dengan maksud menganalisa, mendiagnosis suatu penyakit dalam ilmu kedokteran. Tujuan utama digitalisasi citra medis ini adalah merepresentasikan citra medis dalam bentuk digital yang mendukung transfer gambar dan pengarsipan serta untuk memanipulasi informasi diagnosis visual yang lebih bermanfaat (Wong et al. 1995).

Teknik- teknik dalam pencitraan medis seperti *X-ray*, *Ultrasound*, *CT-scan* dan juga *MRI* telah secara luas digunakan untuk melakukan suatu diagnosis terhadap penyakit (Archirapatkave et al. 2011). *Magnetic Resonance Imaging* (*MRI*) merupakan suatu alat kedokteran dibidang pemeriksaan diagnostik radiologi, yang menghasilkan rekaman gambar potongan penampang tubuh atau organ manusia dengan menggunakan medan magnet berkekuatan antara 0,064 – 1,5 tesla (1 tesla = 1000 Gauss) dan resonansi getaran terhadap inti atom hidrogen (Suswati Susy 2004).

Berbeda dengan citra yang lain, pola citra yang terkandung pada citra medis cukup rumit untuk dapat dilakukan analisis. Kerumitan pola citra medis ini karena terdapat berbagai jenis jaringan (*tissue*) pembangun tubuh manusia (Budiman 2007). Pengolahan citra medis memiliki dua tujuan utama (Freedman, Artz, and Mun 1997), meningkatkan keakuratan diagnosis dokter dari pengolahan gambar yang dilakukan, serta adanya peningkatan efisiensi dari pengolahan citra tersebut sehingga dapat menekan biaya diagnosis.

## 2.2 Algoritma Marching Cube (MC)

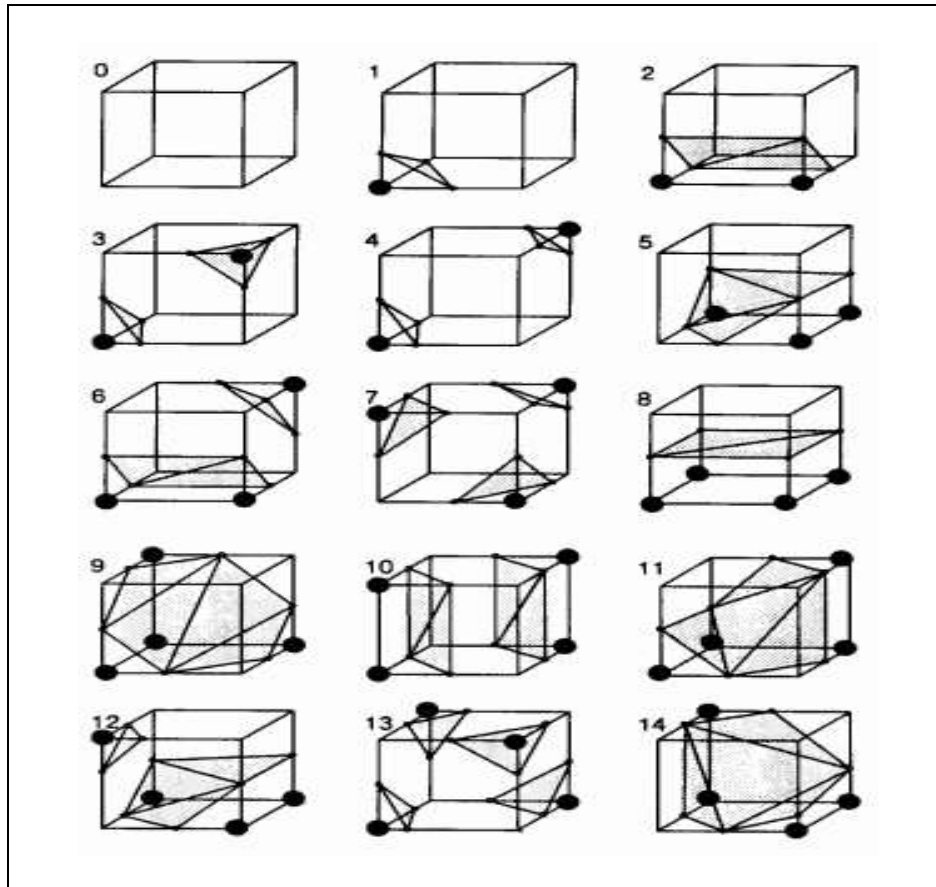
Algoritma *Marching Cube* (MC) pertama kali dikemukakan pada tahun 1987 oleh Lorensen dan Cline (Lorensen 1987). Diantara algoritma *isosurfacing*, marching cube merupakan algoritma yang paling populer. Sebagai contoh pada gambar 1 menunjukkan *isosurface* cangkang lobster yang telah diekstrak dari CT dataset. Algoritma MC telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang ilmu, termasuk biomedik, biokimia, maupun lingkungan hidup.



Gambar 1 : IsoSurface dari dataset CT Lobster

Algoritma marching cube bekerja dengan merekonstruksi model 3D dari kumpulan citra 2D yang memiliki singgungan. Untuk merekonstruksi model 3D tersebut, MC membangun kubus- kubus (*cube*) imajiner seperti yang tampak pada Gambar 2.

Kedelapan sudut dari kubus imajiner marching dibentuk oleh *pixel* dari dua gambar yang berdekatan dimana setiap sudut dapat menjadi *pixel* putih atau *pixel* hitam. Hal ini kemudian menyebabkan algoritma marching cube memiliki  $2^8 = 256$  konfigurasi, atau setelah memperhitungkan refleksi dan rotasi, marching cube dapat dikatakan memiliki 15 pola yang diilustrasikan pada gambar 2.



**Gambar 2 : Pola Kubus Imajiner Algoritma Marching Cube**

Dalam pengimplementasiannya, algoritma MC telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang ilmu seperti biomedik (Yim et al. 2003), biokimia, maupun lingkungan hidup. MC telah dikembangkan untuk dapat bekerja secara *multithread* dan mendapat hasil yang cukup signifikan ketika dijalankan pada *processor dual-core* maupun *quad-core*.

### **2.3 General Purpose Graphical Processing Unit (GPGPU)**

Dengan meningkatnya model permainan (*game*) dan animasi 3 dimensi (3D), pengembang dari *Graphical Processing Unit* (GPU) meningkatkan kinerja processor yang tertanam dalam GPU menjadi perangkat yang mendukung paralelisasi komputasi (Nickolls 2011). Kartu grafis atau *graphic card* didesain untuk mengolah gambar dan pemrosesan grafis pada suatu *personal computer* (PC) yang memerlukan penghitungan intensif dan penghitungan kerja paralel yang tinggi. Sekarang ini, GPU telah bertransformasi fungsi, yang mulanya hanya mampu memproses grafis sekarang mampu melakukan tugas pemrosesan

sama seperti yang dilakukan CPU. Transformasi ini kemudian dikenal dengan era *General Purpose Graphical Processing Unit* (GPGPU). Perumulla, menyebutkan bahwa evolusi dari GPU yaitu kemampuan pemrograman *hardware* dan pengembangan *software* berevolusi bersama untuk mentransformasikan kartu grafis menjadi GPGPU (Perumalla 2006).

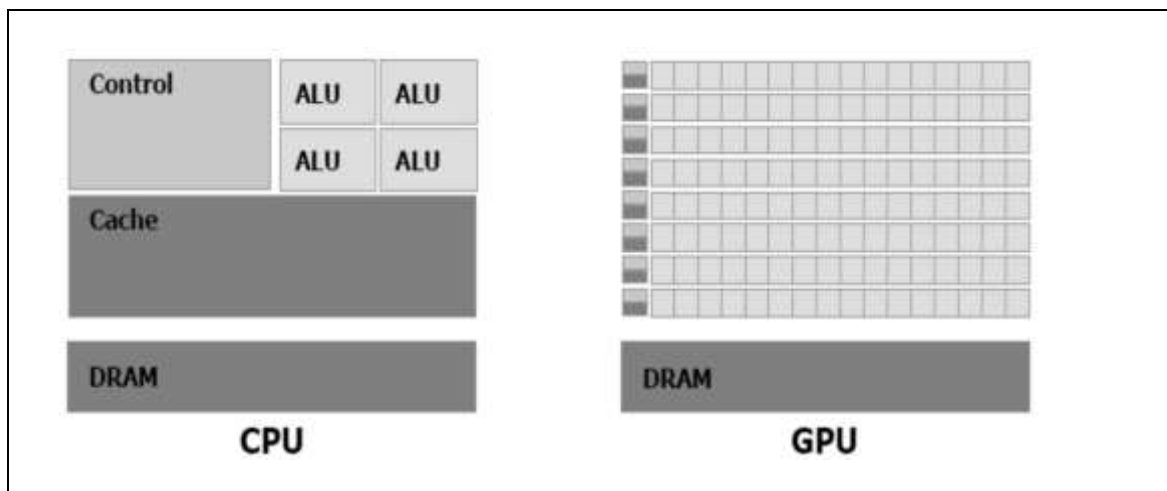
GPU memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan CPU dalam hal performanya yaitu sebagai berikut :

1. GPU memproses lebih cepat dari CPU

Dalam GPU diberikan lebih banyak transistor untuk melakukan pemrosesan data daripada hanya untuk *data catching* dan mengontrol alur kerja, yang mana membuatnya mampu melakukan lebih banyak proses *floating point* setiap detiknya dibanding dengan CPU.

2. GPU lebih cocok untuk perhitungan data paralel

Kartu grafis ini (GPU) secara khusus cocok untuk menyelesaikan masalah yang bisa diekspresikan dalam perhitungan data paralel dengan intensitas aritmatika yang tinggi.



**Gambar 3: Alokasi Transistor untuk CPU dan GPU**

Keberhasilan dari GPGPU sebagai *hardware accelerator* tidak jauh dari keberadaan pemrograman GPGPU seperti NVIDIA CUDA. Pemrograman paralel ini memungkinkan untuk menulis kode program untuk GPU dengan antarmuka mirip dengan Bahasa C / C++. Beberapa *framework* memodelkan GPU sebagai arsitektur klasik *many-core*, seperti yang tampak pada Gambar 3, yang mana mengekspos fitur perangkat keras untuk komputasi umum.

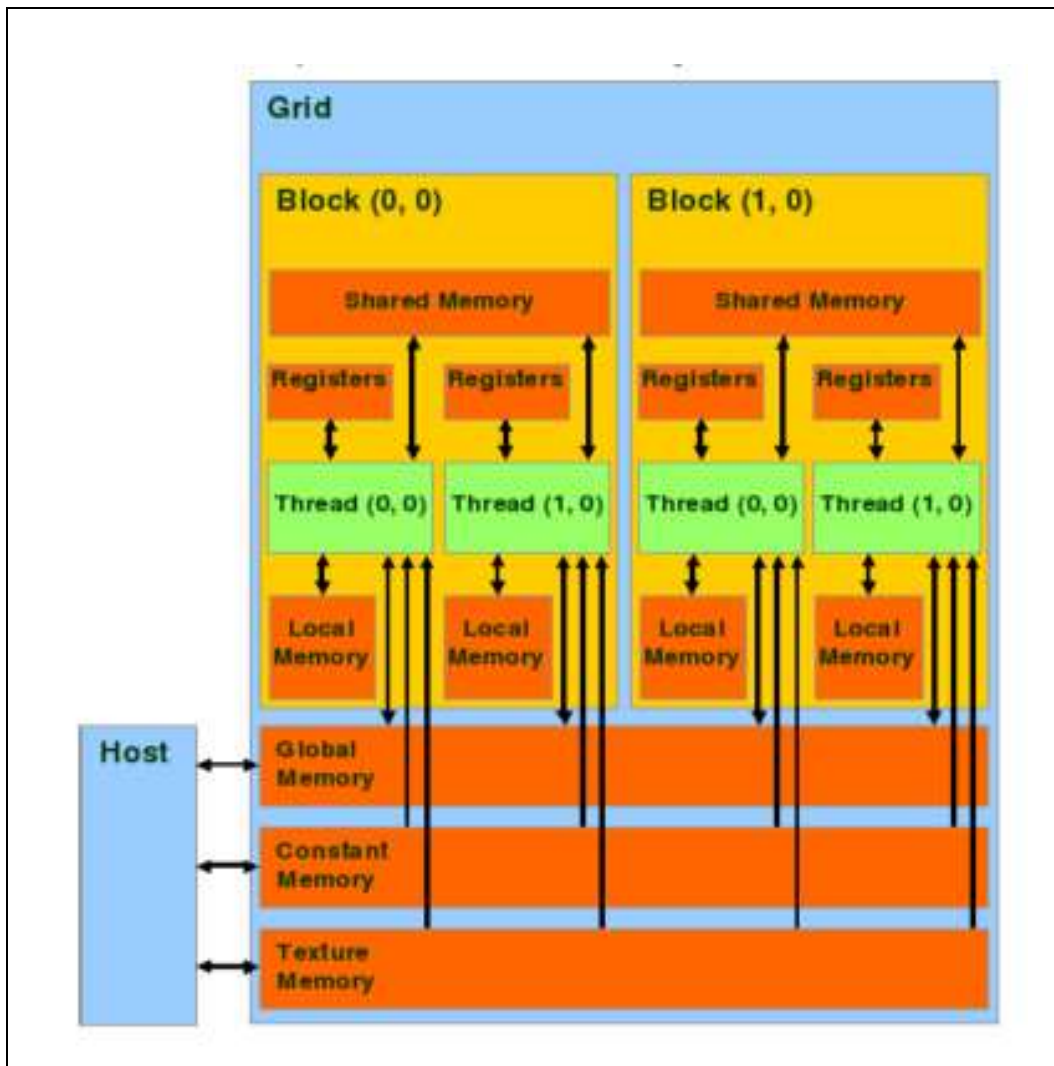
Seperti yang telah disebutkan diatas bahwa struktur dari GPU adalah berbeda dengan CPU. Untuk CPU memiliki keterbatasan pemrosesan, sedangkan pada GPU mampu memiliki ratusan bahkan lebih unit- unit pemrosesan kecil yang membuat GPU cocok untuk aplikasi- aplikasi paralel yang berjalan dengan sangat efisien. Meskipun evolusi dari GPU mampu melakukan perhitungan dan pemrosesan seperti yang dilakukan CPU, namun ada beberapa aplikasi tertentu tetap memerlukan eksekusi dari keduanya. CPU akan melakukan bagian pemrosesan sekuensial, dan GPU akan melakukan pemrosesan paralel. Untuk dapat mengakses kemampuan keduanya diperlukan penjemabatan sebagai mediator yaitu pemrograman paralel.

## 2.4 CUDA Technology

Pada tahun 2006, sebuah perusahaan kartu grafis yaitu NVIDIA memperkenalkan sebuah arsitektur baru untuk dapat lebih memanfaatkan kemampuan kartu grafisnya. NVIDIA memperkenalkan arsitektur pemrosesan paralel yang disebut *Compute Univide Device Architecture* atau *CUDA Technology*. Model pemrograman CUDA ini mampu mendukung penggabungan kerja antara CPU dan GPU.

NVIDIA CUDA merupakan sebuah SDK yang dirilis oleh perusahaan kartu grafis NVIDIA dengan tujuan memungkinkan *programmer* mengakselerasi *general purpose-computation* dengan menggunakan sumber daya komputasi yang ada pada GPU modern (Sanders. Jason 2010). CUDA terdiri dari model hardware dan software yang memperbolehkan eksekusi komputasi pada GPU NVIDIA modern dalam bentuk data paralel. *Multiprosesor* yang terdiri dari sejumlah *Single Instruction Multiple Data* (SIMD) yang mengimplementasikan GPU yang mana sebuah *Arithmetic Logical Unit* (ALU) merepresentasikan *processor*. Konsep dari SIMD dalam GPU menjalankan *command* yang sama pada waktu yang sama untuk setiap *processor* dalam sebuah *multiprocessor*.

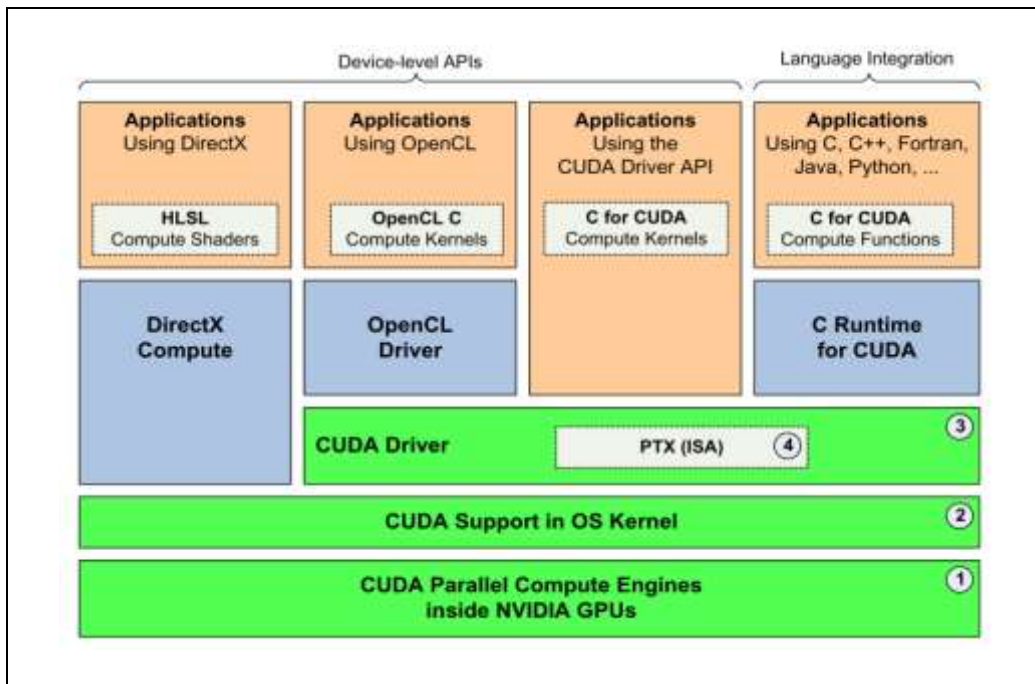
Gambar 4 menunjukkan arsitektur memori pada GPU (Q. Huang et al. 2008). Ditunjukkan bahwa masing- masing level eksekusi memiliki sebuah tipe *memory* yang saling terhubung yang kemudian disebut sebagai hirarki memori. Setiap processor memiliki akses ke register lokal. Pada level *multiprocessor* disebut *shared memory*. Selain itu ada juga sebuah device memori untuk keseluruhan *device processor* yaitu *global memory*.



**Gambar 4 : Model Memory GPU (Q. Huang et al. 2008)**

Pemrograman CUDA merupakan sebuah *interface* untuk dapat mengakses komputasi paralel GPU dengan menuliskan *code* yang berjalan langsung pada *device*. Beberapa istilah dalam CUDA yang biasa digunakan adalah *device* yang mewakili GPU, dan *host* yang merupakan CPU. Untuk arsitektur CUDA ditunjukkan dalam Gambar 5. Terlihat bahwa CUDA *framework* terdiri dari beberapa bagian. Sejumlah *library- library* optimasi untuk CUDA yang disediakan oleh NVIDIA seperti FFT, Blas, math.h, dan lain sebagainya. Hal yang paling utama dalam CUDA *framework* adalah *compiler* NVIDIA C yang disebut NVCC.





**Gambar 5 : Arsitektur CUDA** (Corporation 2009)

Seperti yang disebutkan diawal bahwa CUDA merupakan sebuah *mix code* dari GPU dan CPU yang mana terisolasi *code* dari GPU dan CPU oleh *compiler* NVCC.

**Tabel 1 : CUDA Software Development Environment** (Corporation 2009)

Libraries	Advanced libraries that include BLAS, FFT, and other functions optimized for the CUDA architecture
C Runtime	The C Runtime for CUDA provides support for executing standard C functions on the GPU and allows native bindings for other high-level languages such as Fortran, Java, and Python
Tools	NVIDIA C Compiler (nvcc), CUDA Debugger (cudagdb), CUDA Visual Profiler (cudaprof), and other helpful tools
Documentation	Includes the CUDA Programming Guide, API specifications, and other helpful documentation
Samples	SDK code samples and documentation that demonstrate best practices for a wide variety GPU Computing algorithms and applications

## **BAB III**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **3.1 Tujuan Penelitian**

Dalam penelitian ini, tujuan khusus yang ingin dicapai adalah memberikan kemudahan bagi para staff medis dalam melakukasn analisa, diagnosa penyakit pasien dengan menyediakan visualisasi *3D medical image*.

#### **3.2 Manfaat Penelitian**

Suatu penelitian dilakukan tentunya untuk memperoleh manfaat tertentu yang ingin dicapai. Dalam penelitian ini beberapa manfaat yang diharapkan adalah sebagai berikut :

##### **a. Manfaat Praktis**

Penelitian ini memberikan visualisasi citra medis dalam 3D dengan *response time* yang sangat tinggi yang cocok dimanfaatkan oleh paramedis dalam melakukan diagnosa penyakit pada tubuh pasien.

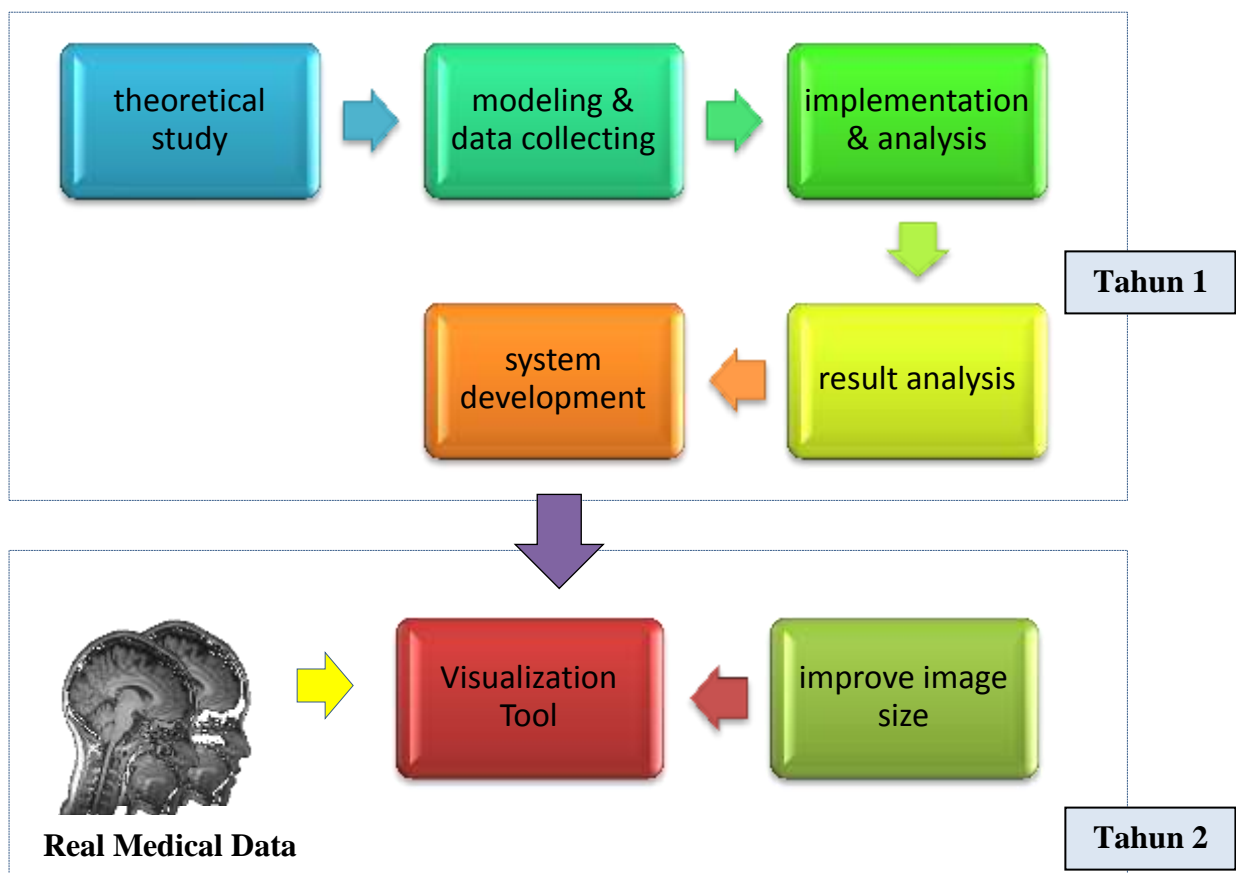
##### **b. Manfaat Akademis**

Dari sisi akademis, hasil dari penelitian akan dapat menambah kepustakaan keilmuan dalam bidang pencitraan medis. *Sharing knowledge* hasil penelitian dilakukan melalui publikasi karya ilmiah nasional maupun internasional.

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Desain Penelitian

Guna mencapai *goal* yang diinginkan, rancangan penelitian yang dikaji terbagi dalam 2 bagian dengan melalui beberapa tahapan penelitian seperti yang terlihat pada gambar 6. Pada bagian pertama penelitian yaitu Tahun 1, difokuskan pada inialisasi pemodelan sekuensial dan paralel rekonstruksi citra medis 3D. Dimulai dari pengidentifikasian *current problem* dan studi literatur guna memperoleh teknik rekonstruksi citra 3D, serta teori paralelisasi pada GPU. Selanjutnya proses pengumpulan dataset *medical image* yang dilanjutkan dengan *pre-processing data*. Implementasi kode program untuk rekonstruksi citra medis sekuensial pada CPU dan model paralel pada GPU. Tahapan selanjutnya adalah analisa *response time* terhadap komputasi rekonstruksi yang dibuat. Selanjutnya dilakukan publikasi hasil penelitian, dan dari hasil akselerasi komputasi dikembangkan antarmuka pengguna *3D medical image*.



**Gambar 6 : Tahapan Penelitian Selama 2 Tahun**

Pada bagian kedua, penelitian berfokus pada penyempurnaan penelitian tahun pertama yaitu meningkatkan kemampuan *running* data dari citra berdimensi 256 x 256 x 256 ke citra berdimensi 512 x 512 x 512. Yangmana data yang akan diujikan nantinya akan digunakan real medical image hasil MRI ataupun CT-Scan.

## **4.2 Pengumpulan dan Analisis Data**

Dalam penelitian ini, terdapat dua jenis data yang digunakan. Data yang pertama adalah data yang terkumpul melalui studi literatur yang berbeda- beda, seperti jurnal, *conference paper*, *text book*, dan artikel lainnya. Kegiatan dilakukan untuk mengidentifikasi *current state* dari *medical image*, modalitas yang menghasilkan pencitraan medis, juga visualisasi citra medis. Selain itu juga diperoleh kumpulan teknik rekonstruksi citra 3D, dan kemampuan paralelisasi kartu grafis atau GPU.

Data alat dan bahan juga dikumpulkan dalam tahapan ini. Selain itu dataset citra medis semuanya dikumpulkan dan disortir data yang akan digunakan. Selanjutnya dilakukan preprocessing data, translasi dataset ke dalam format yang dapat dibaca. Data yang digunakan dalam penelitian terlampir. Pada tahap akhir, pengumpulan data dilakukan terhadap hasil implementasi komputasi rekonstruksi citra medis 3D sekuensial dan paralel. Perbandingan *time taken* proses rekonstruksi dan visualisasi citra medis 3D dibuat.

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas hasil yang telah dicapai hingga saat ini, serta hambatan yang ditemui selama pengerjaan penelitian dan penanganan hambatan yang dihadapi.

#### 5.1 Capaian Penelitian

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh berbagai capaian atau hasil penelitian. Realisasi dari hasil penelitian yang telah dicapai terlihat pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2 : Target dan Capaian Penelitian**

No	Kegiatan	Hasil	Realisasi Capaian
<b>1</b>	<b>Identifikasi Masalah</b>		
	a. Identifikasi <i>current problem</i>	Uraian <i>current problem</i> yang akan diselesaikan	100%
	b. Studi literatur paralelisasi algoritma MC		100%
	c. Penyusunan Metode Penelitian yang akan dilakukan	Diagram alur Metode Penelitian	100%
<b>2</b>	<b>Preprocessing Data</b>		
	a. Pemetaan kebutuhan <i>device</i> dan <i>software</i>	Daftar kebutuhan perangkat pengembangan. Diagram alir teknik rekonstruksi citra 3D	100%
	b. Pengumpulan dataset	Dataset <i>medical image</i> siap pakai yaitu file “.raw”	100%
	c. Preprocessing data <i>medical image</i>		100%
	d. Translasi model ke dalam kode pemrograman		100%
<b>3</b>	<b>Implementasi dan Pengembangan Aplikasi</b>		
	a. <i>Debugging</i>	Implementasi Framework : <i>Running</i> dataset pada CPU dan GPU	90%
	b. Rekonstruksi citra medis 3D pada CPU (10x)		90%
	c. Rekonstruksi citra medis 3D pada GPU (10x)		90%
<b>5</b>	<b>Evaluasi</b>		
	Rekapitulasi <i>time taken</i> ” <i>triangualtion process</i> ”	Perbandingan <i>time taken</i> untuk masing- masing <i>image</i>	100%
<b>6</b>	<b>Publikasi</b>		
	Publikasi I - Nasional	Hasil review <i>current state</i> visualisasi citra medis	100%
<b>7</b>	<b>Desain Visualization tool</b>		

No	Kegiatan	Hasil	Realisasi Capaian
	a. Desain Interface untuk Visualization tool	Integrasi rekonstruksi citra medis 3D ke dalam GUI	100%
	b. <i>Code implementation</i>		100%
<b>8</b>	<b>Pengambilan Kesimpulan dan Penulisan Laporan</b>		
	a. Pengambilan Kesimpulan	Kesimpulan penelitian, beserta kendala yang dihadapi selama penelitian	100%
	b. Penulisan Laporan	Laporan dan usulan topik penelitian selanjutnya yang relevan	100%

## 5.2 Hambatan dan Penanganan

Dalam menjalankan penelitian ini, terdapat beberapa hambatan baik internal maupun eksternal. Beberapa hambatan tersebut telah ditangani, namun beberapa lainnya masih dalam proses pencarian solusi. Berikut adalah hambatan yang ditemui beserta penanganan yang telah dilakukan.

**Tabel 3 : Tabel Hambatan dalam Penelitian**

No	Hambatan	Penanganan
1	Penentuan GPU <i>device</i> yang akan digunakan	Mencari rujukan <i>device</i> relevan untuk GPU NVIDIA
2	Pengumpulan dataset yang sesuai untuk digunakan	Mendiskusikan dengan <i>researcher</i> lain, yaitu <i>researcher</i> untuk beberapa paper rujukan guna menanyakan <i>data source</i> yang digunakan.
3	<i>System software crash</i>	Install ulang <i>system software</i> (Windows 8) maupun <i>application software</i> yaitu Ms. Visual Studio 2010 diganti ke 2008
4	Desain <i>code</i> dari algoritma Marching Cube	Menambah <i>library</i> baru pada CUDA <i>toolkit</i>
5	Reading dataset berukuran lebih dari 256 x 256 x 256 tidak berhasil di-run	Masih dalam pencarian solusi

## **BAB VI**

### **RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA**

Dari serangkaian kegiatan penelitian yang telah dilakukan, masih terdapat beberapa target capaian yang belum terealisasi. Selanjutnya capaian yang belum terealisasi menjadi target penelitian tahun berikutnya yaitu penelitian tahun ke dua.

#### **6.1. Tujuan Penelitian Tahun Kedua**

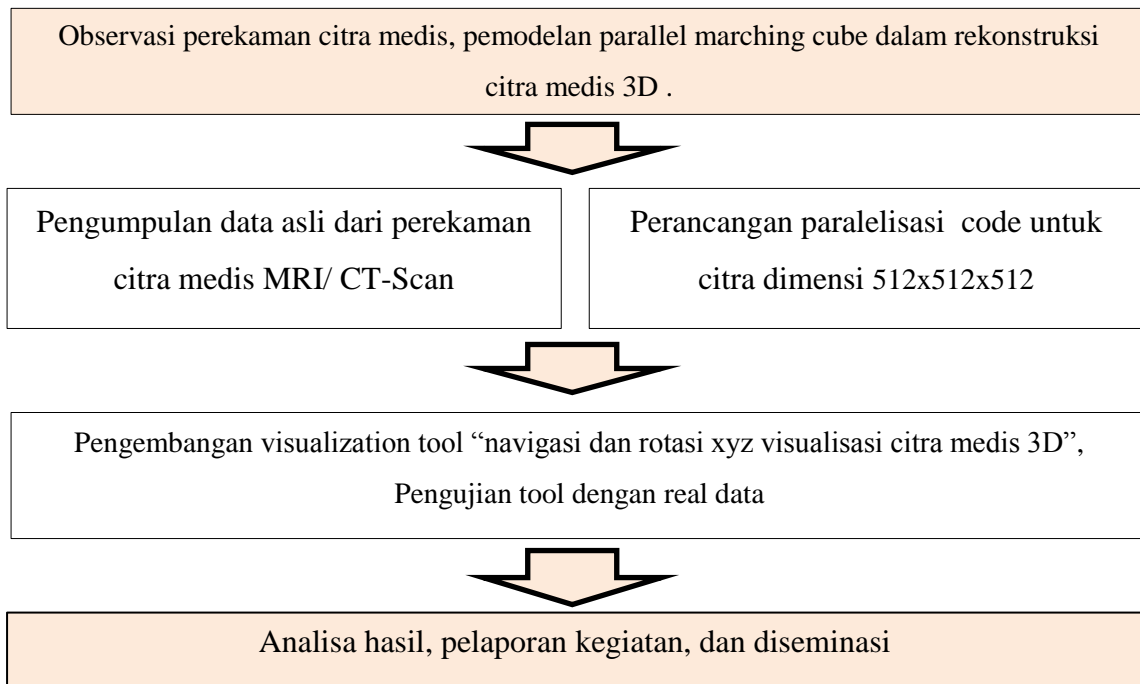
Untuk penelitian tahun ke 2, yangmana secara umum bertujuan untuk menyempurnakan kekurangan pada penelitian tahun pertama. Secara khusus beberapa tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan kemampuan *running* data dari citra berdimensi 256 x 256 x 256 ke citra berdimensi 512 x 512 x 512
2. Menyimpulkan hasil penelitian yang dilakukan dan mengidentifikasi area *research* yang relevan untuk penelitian selanjutnya.
3. Melakukan publikasi hasil penelitian baik lingkup nasional maupun internasional untuk hasil akhir penelitian.

#### **6.2 Rancangan Penelitian**

Dalam penelitian tahun kedua, rancangan penelitian yang akan dilaksanakan disajikan dalam gambar 7. Penelitian dimulai dengan studi lapangan untuk mengetahui perekaman citra medis pada berbagai modalitas pencitraan yang ada. Untuk menyempurnakan kekrangan tahun pertama yaitu pembacaan citra medis berdimensi lebih dari 256x256x256, dilakukan pemodelan dan pembuatan *sourcecode* paralel algoritma marching cube yang baru.

Pengumpulan data yaitu dikumpulkan citra medis asli hasil perekaman kondisi pasien yang berupa citra hasil MRI ataupun CT-scan. Kemudian dikembangkan *visualization tool* lanjutan dari navigasi dan rotasi xyz visualisasi citra medis 3D. Dilanjutkan proses pengujian sistem dengan pembacaan dan rekonstruksi citra medis yang sudah diperoleh. Dan dilakukan analisa hasilnya. Pada akhir kegiatan akan dilakukan diseminasi dari penelitian yang dilakukan dan pelaporan akhir kegiatan.



**Gambar 7: Rancangan Penelitian Tahun ke 2**

### 6.3 Jadwal Pelaksanaan

Dalam pelaksanaannya, penelitian tahun ke dua dijadwalkan seperti yang terlihat pada tabel kegiatan berikut ini.

NO	KEGIATAN	Waktu Pelaksanaan Bulan Ke							Indikatr Kerja
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
1	Preparasi alat dan bahan								Tersedianya alat yang akan digunakan
2	Onsite research								Studi lapangan terhadap perekaman citra medis
3	Data gathering								Citra medis asli terkumpul untuk ujicoba
4	Perancangan paralelisasi								Source code algoritma MC untuk membaca citra dengan dimensi 512x512x512
5	Pengembangan visualization tool								Sourcecode visualization tool “navigasi dan rotasi xyz visualisasi citra medis



									3D”
6	Instalasi system								Visualization tool yang terintegrasi
7	Pengujian tool dengan real data								Rekonstruksi citra medis 3D dengan dimensi yang lebih besar
8	Analisa Hasil dan diseminasi								Evaluasi hasil
9	Laporan Akhir								Laporan penelitian, draft artikel publikasi

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari sejumlah kegiatan penelitian yang telah dilakukan, akselerasi algoritma marching cube dalam rekonstruksi citra medis 3D berhasil dicapai. Paralelisasi terhadap algoritma marching cube dilakukan dengan memanfaatkan GPU menggunakan CUDA paralel programming.

Hingga saat ini telah dikembangkan *graphical user interface system* visualisasi pencitraan medis 3D hasil rendering dataset MRI/CT-Scan. Dari hasil analisa yang dilakukan, diketahui bahwa paralel marching cube memiliki response time yang lebih kecil dibandingkan dengan sekuensial marching cube. Semakin besar citra yang direkonstruksi maka akan semakin kecil response time yang dihasilkan. Akan tetapi untuk citra medis dengan dimensi lebih dari 256x256x256 belum dapat terbaca. Sehingga inilah yang akan dijadikan penelitian tahapan berikutnya. Selain itu pembacaan citra medis asli juga akan menjadi acuan target penelitian berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Archirapatkave, Virasin, Hendra Sumilo, Simon Chong Wee See, and Tiranee Achalakul. 2011. "GPGPU Acceleration Algorithm for Medical Image Reconstruction." *2011 IEEE Ninth International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications*: 41–46. <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5951880> (August 18, 2013).
- Budiman, Ade Surya. 2007. "Pengolahan dan Eksplorasi Informasi Citra Medis dengan Segmentasi Amplitudo." Universitas Andalas.
- Corporation, NVIDIA. 2009. "NVIDIA CUDA Architecture." *Compute* (April).
- Freedman, Matthew, Dorothy Steller Artz, and Seong Ki Mun. 1997. "Image Processing of Medical Radiographs for Single Image Display." (443): 12–16.
- Huang, Qihang, Zhiyi Huang, Paul Werstein, and Martin Purvis. 2008. "GPU as a General Purpose Computing Resource." *2008 Ninth International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies*: 151–158. <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4710975> (June 20, 2011).
- Lorenson, William E; Harvey E Cline. 1987. "MARCHING Cubes: A High Resolution 3D Surface Reconstruction Algorithm." In *ACM*, ACM.
- Nickolls, J. 2011. "NVIDIA CUDA software and GPU parallel computing architecture." *Microprocessor Forum*, May. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Nvidia+cuda?#4> (November 11, 2011).
- Perumalla, K.S. 2006. "Discrete-event execution alternatives on general purpose graphical processing units (GPGPUs)." *Proceedings of the 20th Workshop on Principles of ...*: 74–81. <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1630711> (October 7, 2013).
- Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. CV. Andi Offset Yogyakarta.
- Qian, Feng, Xiuli Ma, Wanggen Wan, and Jinglin Zhang. 2009. "A novel surface rendering algorithm for 3D reconstruction of medical images." *IET International Communication Conference on Wireless Mobile & Computing (CCWMC 2009)*: 484–487. <http://digital-library.theiet.org/content/conferences/10.1049/cp.2009.1996>.
- Sanders, Jason, Edward Kandrot. 2010. "CUDA by Example, An Introduction to General Purpose Graphical Processing Unit." *Review Literature And Arts Of The Americas*.
- Suswati Susy, Notosiswoyo Mulyono; 2004. "Pemanfaatan MRI Sebagai Sarana Diagnosa Pasien.pdf." *Media Litbang Kesehatan Volume XIV Nomor 3 Tahun 2004*.

- Wang, Hongjian. 2009. "Three-Dimensional Medical CT Image Reconstruction." *2009 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*: 548–551. <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5203032> (September 9, 2013).
- Weber, G.H., G. Scheuermann, H. Hagen, and B. Hamann. 2002. "Exploring scalar fields using critical isovalues." *IEEE Visualization, 2002. VIS 2002. 2*: 171–178. <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1183772>.
- Wong, S., L. Zaremba, D. Gooden, and H.K. Huang. 1995. "Radiologic image compression-a review." *Proceedings of the IEEE* 83(2): 194–219. <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=364466>.
- Yim, Peter J, G Boudewijn C Vasbinder, Vincent B Ho, and Peter L Choyke. 2003. "Isosurfaces as deformable models for magnetic resonance angiography." *IEEE transactions on medical imaging* 22(7): 875–81. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12906241>.

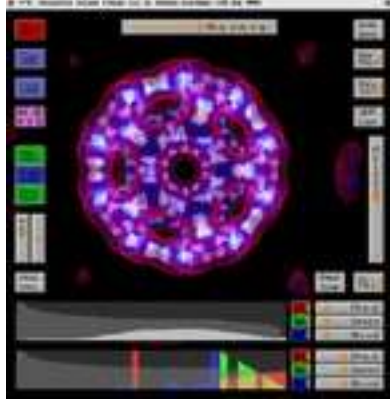
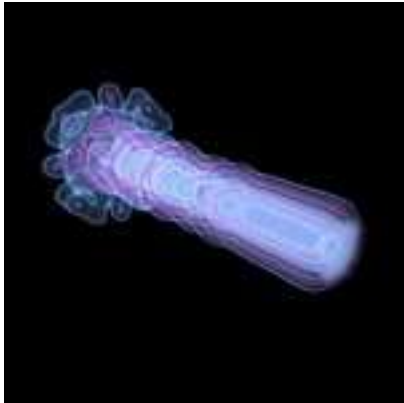
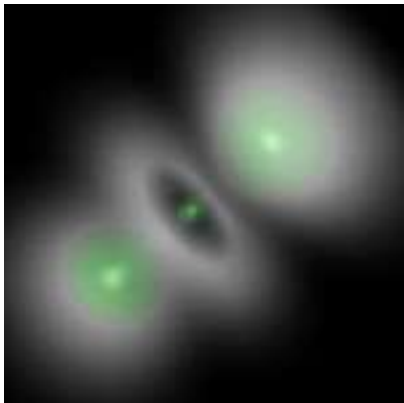
## LAMPIRAN


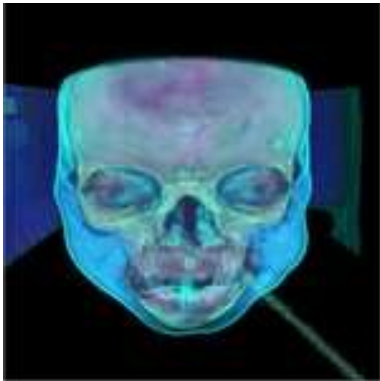
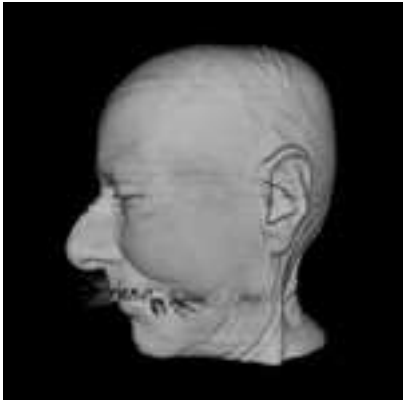
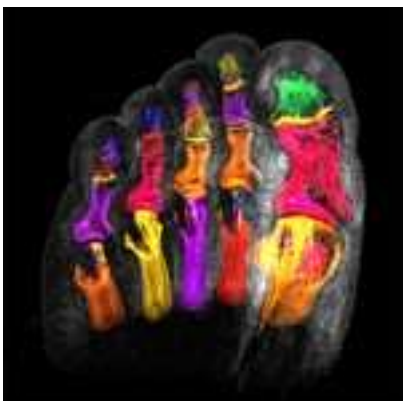
### Lampiran 1 Justifikasi Penggunaan Dana

No	Komponen	Satuan			Realisasi	Ket	
<b>1. Gaji dan Upah</b>							
No	Pelaksana	Jumlah Pelaksana	Waktu (Jam/Pertemuan)	Minggu	Honor/Pertemuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Ket
1	Peneliti Utama	1	2.0	40	32,000	2,560,000	
2	Anggota Peneliti	2	2.0	40	31,500	5,040,000	
3	PPH21 (5%)	-	-	-	-	400,000	Dari total honor selama penelitian 8.000.000
<b>Sub total</b>						<b>8,000,000</b>	
<b>2. Bahan dan Peralatan Penunjang Penelitian</b>							
No	Nama alat	Kegunaan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (rupiah)	Ket	
1	ATK	Peralatan Penunjang Kegiatan Harian	1	483,100	483,100	Harga ATK tidak sama	
2	Printer	Pencetakan laporan dan bahan	10	200,000	2,000,000		
3	Kertas HVS	Pencetakan laporan dan bahan	4	38,500	154,000		
4	Tinta	Pencetakan laporan dan bahan	3	98,000	294,000	Tinta Hitam	
5	Tinta	Pencetakan laporan dan bahan	9	98,000	882,000	Tinta Warna	
6	Langganan Internet	Koneksi internet	10	150,000	1,500,000		
7	Buku	Bahan Pustaka	2	-	467,300	Harga buku tidak sama	
8	Personal Computer	Perangkat Keras	10	900,000	9,000,000	CPU + Monitor	
9	Monitor 23"	Display monitor	10	350,000	3,500,000		
10	GPU NVIDIA	device untuk paralel	1	-	3,716,900		
11	UPS	Supply daya	10	250,000	2,500,000		
12	Flash Disk	Storage data	2	257,000	514,000		
13	Modem HSUPA	Koneksi internet	1	360,800	360,800		
14	Pengumpulan data	Dataset yang akan digunakan	3	250,000	750,000		
15	Preprocess data	Translasi dataset yang akan digunakan	3	500,000	1,500,000		
16	Design Code	Code algoritma	1	2,000,000	2,000,000		
17	Design Code	Desain prototipe	1	1,000,000	1,000,000		
18	Materai	Surat Kontrak	16	7,000	112,000		
19	Materai	Kwitansi	10	4,000	40,000		

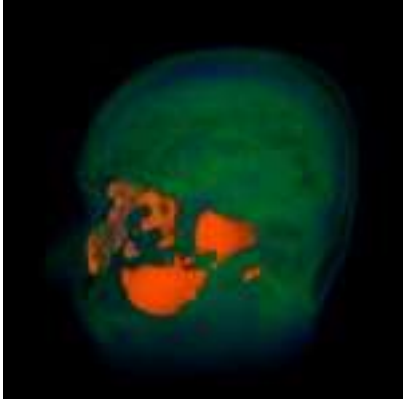
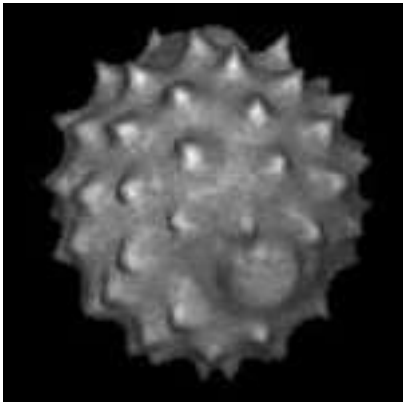

20	PPN	Pajak	1	3,340,909	3,340,909	Potong otomatis waktu dana cair tahap 1
21	PPN	Pajak	1	1,431,818	1,431,818	Potong otomatis waktu dana cair tahap 2
<b>Sub total</b>					<b>35,546,827</b>	
<b>3. Perjalanan dan Akomodasi</b>						
No	Jenis Pengeluaran		Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Ket
1	Biaya perjalanan dalam dan luar kota		-	-	544,540	Biaya perjalanan tidak selalu sama
2	Konsumsi Meeting		-	-	2,440,815	Biaya konsumsi tidak selalu sama jadi hanya dicantumkan total biaya konsumsi saja
<b>Sub total</b>					<b>2,985,355</b>	
<b>4. Lain- lain</b>						
No	Jenis Pengeluaran		Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Ket
1	Registrasi artikel ke konferensi nasional yang telah di acc		1	500,000	500,000	
2	Seminar Semantik 2013		2	250,000	500,000	
3	Persiapan konferensi internasional yang telah di acc		1	500,000	500,000	
4	Sewa mobil		2	350,000	700,000	
5	Pulsa Komunikasi		10	100,000	3,000,000	Untuk 3 orang selama 10 bulan
6	Pelaporan kemajuan		4	50,000	200,000	
7	Pelaporan Akhir		8	75,000	600,000	
8	Proposal Tahun 2		3	40,000	120,000	
<b>Sub total</b>					<b>6,000,000</b>	
<b>TOTAL PENGGUNAAN DANA</b>					<b>52,532,182</b>	
<b>5. Pemasukan</b>						
No	Jenis Pemasukan		Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Ket
1	Dana Cair Tahap 1		0.7	52,500,000	36,750,000	
2	Dana Cair Tahap 2		0.3	15,750,000	15,750,000	
<b>Total Pemasukan</b>					<b>52,500,000</b>	
<b>Sisa dana hingga saat ini</b>					<b>-32,182</b>	

## Lampiran 2 Dataset Medical Image




No	Dataset	Nama	Dimensi
1		Bucky Ball	32x32x32
2		Fuel	64x64x64
3		Hydrogen	128x128x128

4		Vismale	128x256x256
5		Baby	256x256x128
6		Head	256x256x128
7		Foot	256x256x128

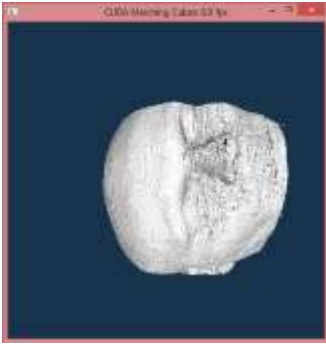


8		MRI Head	256x256x256
9		Daisy	192x180x168
10		MRI Women	256x256x109

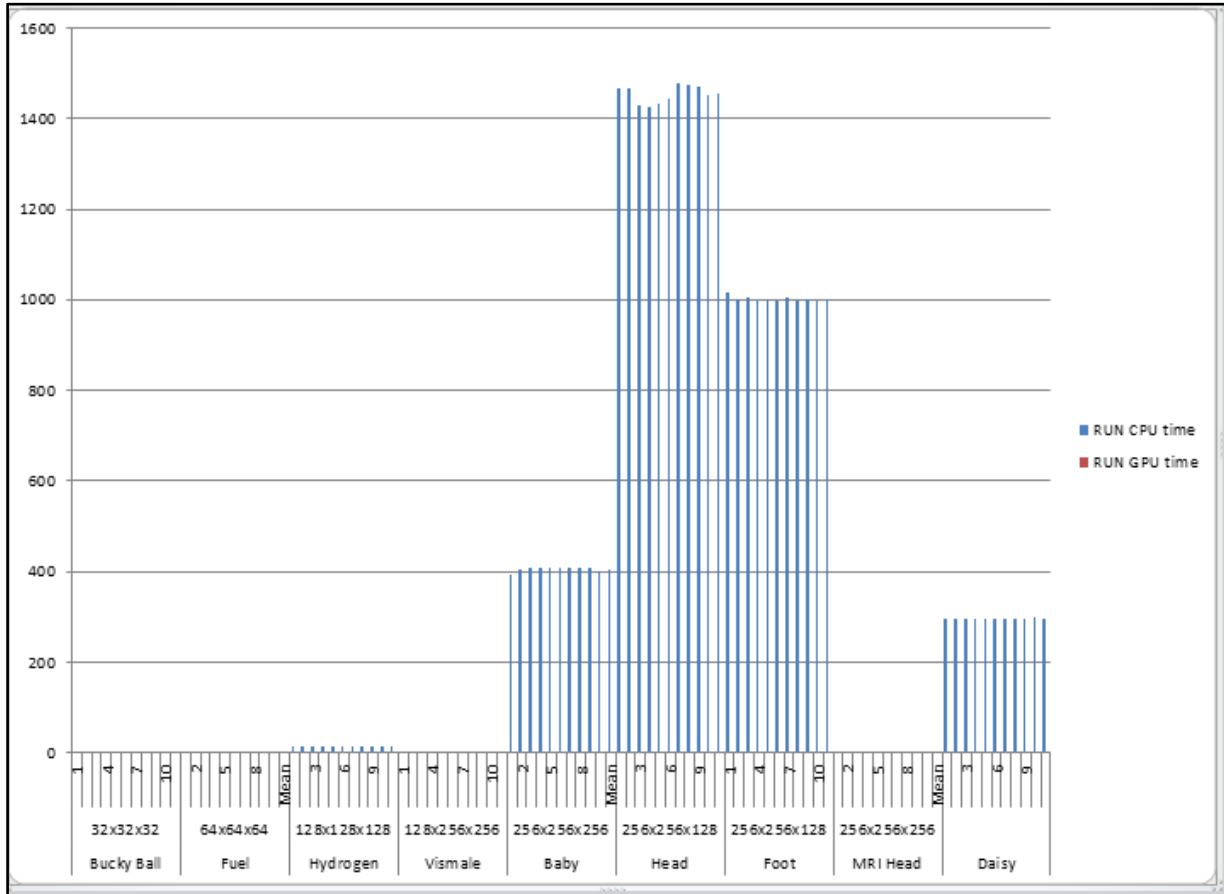
Lampiran 3 Perbandingan Hasil *Runtime Medical Image* Pada CPU Dan GPU

No	Gambar	Nama	Dimensi	Rata-rata dalam detik	
				CPU	GPU
1		Bucky Ball	32x32x32	0.5282	1.0333
2		Fuel	64x64x64	1.951	1.0449
3		Hydrogen	128x128x128	15.3845	1.0615

4		Vismale	128x256x256	Tidak Berhasil	1.1482
5		Baby	256x256x256	405.4075	1.0671
6		Head	256x256x128	1454.3221	1.074
7		Foot	256x256x128	1002.6492	1.0854

8		MRI Head	256x256x256	Whole Day	1.1058
9	No Result	Daisy	192x180x168	295.4445	<i>Just can run in CPU</i>
10	No Result	MRI Woman	256x256x109	<i>Can not run both in CPU and in GPU</i>	<i>Can not run both in CPU and in GPU</i>

**Lampiran 4 Grafik Perbandingan Hasil *Runtime Medical Image* antar CPU dan GPU**



## Lampiran 5 Bukti Penerimaan Publikasi



SEMANTIK 2013 • PESERTA • KEGIATAN • KEPANTAIAN • INFORMASI • DAFTAR PESERTA KESELURUHAN

**semantik**  
Sistem Pendukung Teknologi Informasi & Perilaku Sosial

UNIVERSITAS MERCU BUANA SEMARANG

**Industri Kreatif dalam Perspektif Kearifan Lokal Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi**

REGISTRASI PESERTA | TANGGAL PENTING | DOWNLOAD TEMPLATE | KONTAK

			Review	
24	Dwi Sunaryono	Generator Halaman HTML untuk Pembuatan Media Cetak Digital Berbasis Windows Metro Style	Diterima	Kontak
25	Eko Hari Rachmawanto	Steganografi Pengamanan Data Gambar Penyakit dengan Hybrid SLT-DCT	Diterima	Latar Belakang
26	Eni Endaryati, S.Kom, M.Si	INDEPENDENSI, KEAHLIAN PROFESIONAL DAN PENGALAMAN KERJA PENGAWAS PADA KOPERASI SIMPAN PINJAM	Diterima	Lokasi Kegiatan
27	ENY SOFIYATUN, S.Si, M.Si, M.Sc	STUDI SEBARAN SPASIAL BERBAGAI GOLONGAN PESTISIDA PADA LAHAN PERTANIAN KENTANG DI DESA KEPAKISAN KECAMATAN BATUR KABUPATEN BANJARNEGARA TAHUN 2013	Diterima	Paper & Poster
28	Erika Levi Udayanti	Visualisasi dan Rekonstruksi 3D Citra Medis - Review	Diterima	Peserta
29	Esti Suryani	Identifikasi Penyakit Acute Lymphoblastic Leukemia (ALL) Menggunakan 'Fuzzy Rule-Based System' Berdasarkan Morfologi Citra Sel Darah Putih	Diterima	SEMANTIK 2013
				Tujuan
				125x125 BANNER
				12 BA

## Lampiran 6 Publikasi Nasional SEMANTIK 2013

SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI INFORMASI & KOMUNIKASI TERAPAN 2013 (SEMANTIK 2013)  
Semarang, 16 November 2013

ISBN: 979-26-0266-6

### Visualisasi dan Rekonstruksi 3D Citra Medis: *Review*

Candra Irawan<sup>1</sup>, Erika Devi Udayanti<sup>2</sup>, Fajar Agung Nugroho<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang 50131  
E-mail : candra@dosens.dinus.ac.id; erikadevi@research.dinus.ac.id; fajar.nugroho@research.dinus.ac.id

#### ABSTRAK

*Kajian ini bertujuan untuk memberikan literature review dalam visualisasi citra medis 3D (tiga dimensi ruang) dan teknik rekonstruksi citra. Masing-masing teknik rekonstruksi dan penerapannya akan dipaparkan. Surface rendering dan volume rendering adalah teknik rekonstruksi citra 3D yang paling banyak digunakan. Algoritma marching cube sebuah algoritma isosurfacing merekonstruksi model 3D dari kumpulan citra 2D (dua dimensi ruang) yang mempunyai singgungan. Marching Squares menghasilkan contour guna memilih thresholds dalam rekonstruksi 3D. Pada bagian ahir, kajian ini juga akan memaparkan bahasan mengenai beberapa software aplikasi yang digunakan dalam pengolahan visualisasi citra medis seperti MIPAV, VTK, dan IDL.*

**Kata kunci :** Citra Medis, Visualisasi, Rekonstruksi, Citra 3D

#### 1. PENDAHULUAN

Kehadiran pengolahan citra (*image processing*) merupakan bukti pesatnya perkembangan teknologi komputer. Cakupan area pemanfaatan dari pengolahan citra sangat luas hingga merambah ke berbagai disiplin ilmu dan aplikasi. Salah satu bidang keilmuan yang memanfaatkan pengolahan citra untuk berbagai fungsi adalah ilmu kedokteran yaitu yang dikenal dengan citra medis (*medical image*). Tren pengolahan citra menjadikan pengolahan citra biomedik menjadi area penelitian yang semakin menarik.

Citra medis diperoleh dari berbagai modalitas pencitraan seperti foto X-ray atau Rontgen, *Computerized Tomography* (CT), *Ultrasound* (US) maupun *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Hasil gambar yang diperoleh adalah serangkaian irisan gambar medis 2D [1]. Seperti yang disampaikan oleh Kraugustceliana, citra medis mampu menunjukkan hingga bagian terdalam tubuh pasien sehingga citra medis menjadi salah satu media utama dalam analisis suatu penyakit [2]. Akan tetapi, pencitraan medis gambar 2D pada umumnya sulit untuk diinterpretasikan [3]. Informasi yang terkandung dalam citra medis sangat penting bagi para tenaga ahli medis untuk dapat mendiagnosis penyakit dan mendukung pengambilan treatment yang harus diberikan. Perkembangan visualisasi citra terus mengalami kemajuan, salah satunya adalah rekonstruksi citra 2D menjadi 3D. Berbeda dengan pengolahan citra medis yang memfokuskan pada pengembangan optimalisasi citra, teknik visualisasi menekankan kemudahan bagi ahli medis menganalisis citra secara visual pada layar [2]. Visualisasi merupakan pembangunan sebuah model interaktif dari suatu objek dan lingkungannya [4].

Di sisi lain, perkembangan teknologi grafis komputer terus meningkat. Kemampuan pengolah grafis masuk dalam pengolahan citra biomedik untuk mendukung visualisasi yang lebih baik. Hal ini sangat mendukung penginterpretasian citra medis 2D menjadi citra 3D yang menyerupai objek asli. Dengan visualisasi 3D akan memudahkan paramedis melakukan diagnosa memungkinkan dilakukan penelusuran penyakit [1].

Dalam kajian ini akan dipaparkan *current state* dari beberapa *literature* pada visualisasi dan rekonstruksi citra medis 3D. Pengenalan citra medis akan dibahas pada subbab 2. Selanjutnya akan dipaparkan visualisasi 3D terhadap citra medis pada subbab 3 dan diikuti visualisasi tool pada subbab 4. Pada subbab 5 adalah bagian penutup dari kajian ini.

#### 2. CITRA MEDIS

Digitalisasi gambar atau citra membuktikan perkembangan teknologi yang semakin pesat. Sebagai bentuk informasi visual, citra (*image*) menjadi komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting [5]. Pengolahan citra merupakan suatu sistem dimana proses dilakukan dengan masukan berupa citra dan hasilnya juga berupa citra [6]. Kemampuan digitalisasi gambar mengevolusi dunia kedokteran dengan adanya citra medis. Tujuan utama digitalisasi citra medis ini adalah merepresentasikan citra medis dalam bentuk digital yang mendukung transfer gambar dan pengarsipan serta untuk memanipulasi informasi diagnosis visual yang lebih bermanfaat [7].