

TESIS

**VISUALISASI FLUIDA SATU DAN DUA FASE DENGAN
PEMROGRAMAN PARALEL GPU CUDA**



ARIFIYANTO HADINEGORO

No. Mhs.: 115301619/PS/MTF

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMAJAYA YOGYAKARTA
2013**



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : ARIFIYANTO HADINEGORO
Nomor mahasiswa : 115301619/PS/MTIF
Konsentrasi : SOFT COMPUTING
Judul tesis : VISUALISASI FLUIDA SATU FASE DAN DUA FASE
DENGAN PEMROGRAMAN PARALEL GPU CUDA

NAMA PEMBIMBING

TANGGAL

TANDA TANGAN

Dr. Pranowo, ST., MT.

15-4-13

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

13-04-2013



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : ARIFIYANTO HADINEGORO
Nomor mahasiswa : 115301619/PS/MTIF
Konsentrasi : SOFT COMPUTING
Judul tesis : VISUALISASI FLUIDA SATU FASE DAN DUA FASE
DENGAN PEMROGRAMAN PARALEL GPU CUDA

NAMA PENGUJI	TANGGAL	TANDA TANGAN
Dr. Pranowo, ST., MT. (ketua)	26-4-13	
Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D. (anggota)	25-4-2013	
Yudi Dwiandiyanta, ST., MT. (anggota)	25-4-2013	

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI
PROGRAM
PASCASARJANA
(Dra. Ernawati, MT.)

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arifiyanto Hadinegoro
Nomor Mahasiswa : 115301619/PS/MTIF
Jurusan : Teknik Informatika
Konsentrasi : Soft Computing
Judul tesis : Visualisasi Fluida Satu Dan Dua Fase Dengan
Pemrograman Paralel GPU CUDA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini tidak pernah terdapat karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis yang menjadi rujukan dalam naskah ini dan di sebutkan di dalam daftar pustaka atau menyebutkan sumber asli dan penulis aslinya dalam tulisan naskah ini.

Yogyakarta, 25 mei 2013

(Arifiyanto Hadi negoro)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Kuasa yang telah memberikan banyak berkah dan petunjuk-Nya kepada penulis sehingga di berikan kesempatan dan kesehatan dalam menyelesaikan penyusunan tesis ini terselesaikan.

Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak menerima masukan dan saran dari pihak lain, oleh sebab itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membatu memberikan semangat bimbingan petunjuk dalam penyusunan laporan dari awal hingga akhir penelitian. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Dra. Ernawati M.T., selaku ketua Program Studi Magister Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Pranowo S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan masukan yang sangat berarti selama penyusunan tesis ini.
3. Bapak Prof. Ir. Suyoto M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dan kesempatannya untuk membimbing penulisan tesis ini.
4. Bapak Yudi Dwiandiyanta,ST.,MT., selaku dosen penguji, terima kasih untuk saran dan masukannya.
5. Seluruh Dosen Program Pascasarjana Magister Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang tidak bisa di sebutkan satu persatu, terima kasih atas ilmu yang telah di berikan, semoga ilmu yang penulis dapat bisa bermanfaat.
6. Terima kasih pada Dr. Graham Pullan dari Cambridge University untuk kode programnya yang saya gunakan dan saya modifikasi.
7. Terima kasih untuk seluruh perhatian dan dukungannya dari keluarga ku tercinta Papa, Mama, Mbak Dillah, mas Hairul sekeluarga, Pak Dhe dan Bu Dhe Bambang sekeluarga .
8. Teman-teman Magister Teknik Informatika angkatan September 2011 kelas sore (Mas Nazarudin, Mas Oyama, Rasyid, Satya, Oscar, Bambang, Mbak

Rini, Mbak Suci), kelas pagi (Pak Patris, Pak Noel, Martinus, Bimo, Mbak Esthi, Mas Budi , Rico dan teman-teman lainnya seangkatan).

9. Teman-teman Magister Teknik Informatika Angkatan Januari 2012, Pak Ono, Pak Aji, Mas Fajar, Mbak Ragil dan teman-teman lainnya), terima kasih untuk kebersamaan dalam perkuliahan kita.
10. Sahabat sahabatku seperjuangan yang special, mas Didik, Ardi , Edi , mbak Sari, Selvi, Fani, Lina, terima kasih untuk semua dukungan doa dan semangatnya.
11. Semua pihak yang membantu secara tidak langsung dan tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih dan salam sukses untuk kita semua, semoga amal kebaikan kalian di balas berlipat ganda oleh Tuhan Yang Maha Kuasa. Amin.

Harapan penulis, semoga penelitian ini membawa manfaat bagi agama, penulis pribadi , masyarakat luas dan dunia pendidikan.

Yogyakarta, 25 Mei 2013

Penulis

(Arifiyanto Hadinegoro)

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TESIS.....	i
PENGESAHAN TESIS.....	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR KODE	x
DAFTAR SIMBOL	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Tujuan Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Tinjauan Pustaka	7
2.2. Landasan Teori	10
2.2.1. Visualisasi	10
2.2.2. Fluida.....	11
2.2.3. Aliran fluida.....	12
a. Aliran satu fase (single phase).....	12
b. Aliran Multi fase (multiphase).....	12
2.2.4. <i>Lattice Boltzmann Method (LBM)</i>	12
2.2.5. <i>Lattice Boltzmann</i> untuk multi fase	19
2.2.6. Komputasi paralel.....	19

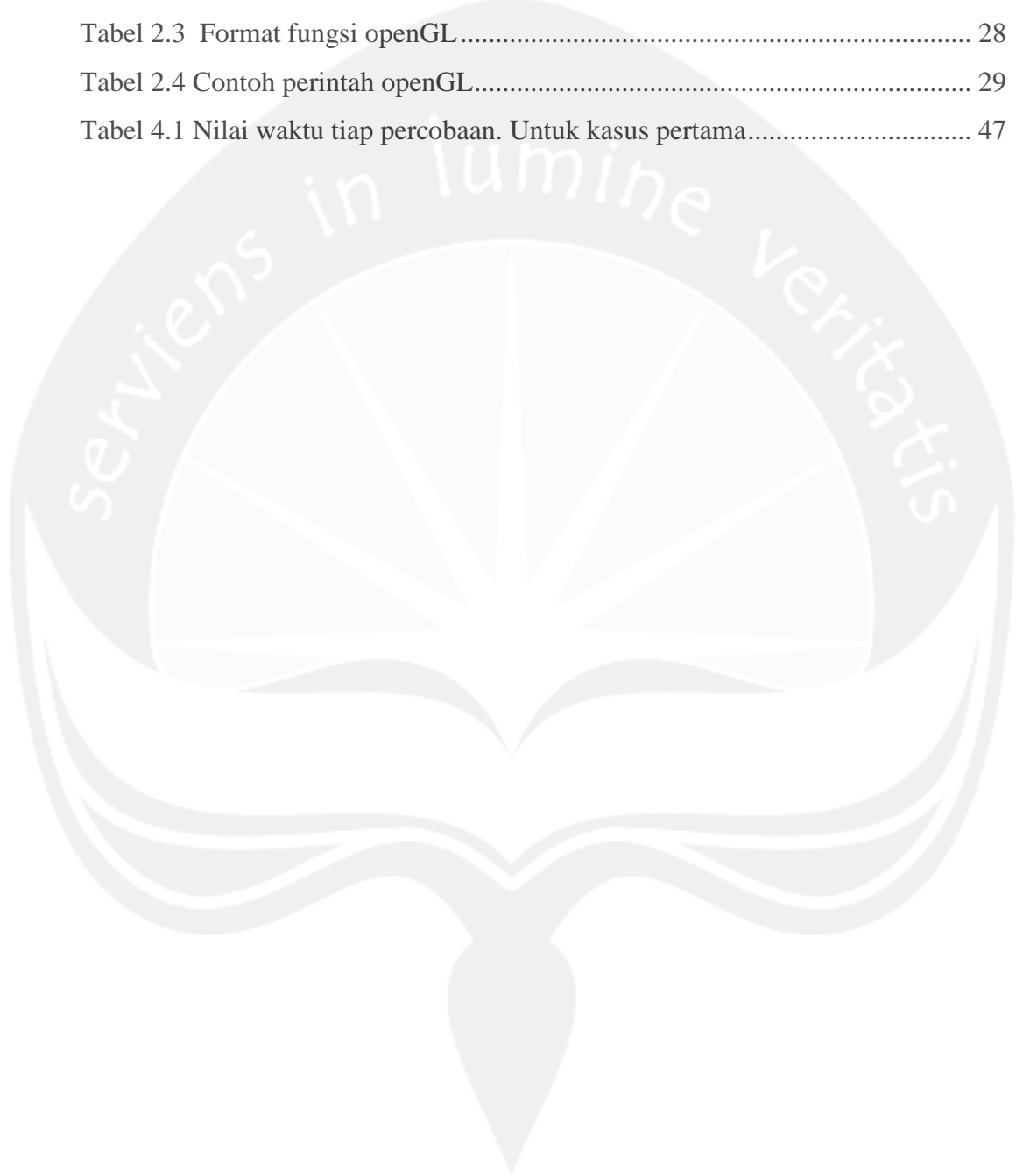
2.2.7.	CUDA (<i>Compute Unified Device Architecture</i>)	22
2.2.8.	OpenGL.....	27
3.	BAB III.....	30
	METODELOGI PENELITIAN.....	30
3.1.	Alat dan bahan.	30
3.3.	Langkah Langkah Penelitian.....	31
4.	BAB IV	35
	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	35
4.1.	Hasil Penelitian.....	35
4.1.1.	Pengembangan program simulasi visualisasi fluida satu fase dan dua fase dengan metode Lattice Boltzmann.	35
4.1.2.	Pengembangan kode	35
4.1.3.	Hasil simulasi fluida.....	36
4.1.4.	Implementasi komputasi paralel.	39
4.1.5.	Hasil nilai waktu iterasi.....	43
4.2.	Pembahasan.....	45
	BAB V.....	51
	KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1.	Kesimpulan	51
5.2.	Saran	51
	DAFTAR PUSTAKA	53
	LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Visualisasi arah gerakan <i>lattice</i> D2Q9	13
Gambar 2.2 Pengaturan <i>lattice</i> untuk model D2Q9. (Mohamad, 2011, p.63)	17
Gambar 2.3 (a) Ilustrasi tumbukan sel tunggal pada <i>Lattice</i> D2Q9	18
Gambar 2.4 Perbandingan performa GPU dan CPU (Nvidia, 2012)	21
Gambar 2.5 GPU lebih banyak transistor ke pengolahan data. (nvidia, 2012)	22
Gambar 2.6 CUDA untuk bahasa pemrograman dan aplikasi program interface. (nvidia, 2012)	23
Gambar 2.7 Struktur unit pemroses pada CUDA (nvidia, 2012)	24
Gambar 2.8. Model memori perangkat CUDA	25
Gambar 2.9. Alur kerja OpenGL	28
Gambar 3.1 Sketsa kasus pertama	32
Gambar 3.2 Sketsa visualisasi kasus kedua	32
Gambar 3.3 Sketsa visualisasi fluida kasus ke tiga.	32
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> langkah penelitian	34
Gambar 4.1 hasil tampilan visualisasi	37
Gambar 4.2 Urutan visualisasi untuk kasus pertama pada CPU dan GPU	37
Gambar 4.3 Visualisasi kasus 2 fase kasus ke dua GPU dan CPU	38
Gambar 4.4 Hasil Visualisasi kasus ke tiga untuk aliran fluida	38
Gambar 4.5 Hasil visualisasi GPU <i>lattice</i> 160x160	39
Gambar 4.6 Dekomposisi <i>array</i> 2 dimensi	39
Gambar 4.7 Block <i>threads</i> pada GPU CUDA (nvidia, 2012)	41
Gambar 4.8 Grafik hasil simulasi pada kasus pertama pada CPU	43
Gambar 4.9 Grafik hasil simulasi pada pertama droplet pada GPU	43
Gambar 4.10 Grafik hasil simulasi pada kedua pada CPU	44
Gambar 4.11 Grafik hasil simulasi pada kasus kedua pada GPU	44
Gambar 4.12 Grafik hasil simulasi pada kasus ketiga pada GPU.	44
Gambar 4.13. Grafik hasil simulasi pada kasus ketiga pada CPU.	45
Gambar 4.14 Maksimal jumlah <i>lattice</i> GPU kasus 1	46
Gambar 4.15 Maksimal jumlah <i>lattice</i> GPU kasus 2	46
Gambar 4.16 Grafik perbandingan GPU dan CPU pada iterasi 1000.	48
Gambar 4.17 Grafik perbandingan GPU dan CPU pada iterasi 1000.	49
Gambar 4.18 Perbandingan waktu GPU dan CPU kasus 3.	49
Gambar 4.19 Perbandingan waktu GPU dan CPU kasus 2	50
Gambar 4.20 Perbandingan waktu GPU dan CPU kasus 3	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fitur <i>memory device</i>	25
Tabel 2.2 Beberapa perintah untuk pemrograman CUDA.....	26
Tabel 2.3 Format fungsi openGL.....	28
Tabel 2.4 Contoh perintah openGL.....	29
Tabel 4.1 Nilai waktu tiap percobaan. Untuk kasus pertama.....	47



DAFTAR KODE

Kode 4.1 Kode multi fase.....	35
Kode 4.2 Kode penggambaran Fluida dengan bentuk lingkaran dan dataran.....	36
Kode 4.3 Pengambilan nilai yang Rho untuk visualisasi.....	36
Kode 4.4 Algoritma <i>Kernel</i> berbasis CPU.....	40
Kode 4.5 Algoritma <i>Kernel</i> berbasis CPU 2.....	40
Kode 4.6 penginisialan <i>block thread</i>	40
Kode 4.7 <i>Kernel</i> model pada kelas <i>collide</i>	41
Kode 4.8 Alokasi memori pada GPU.....	42
Kode 4.9 Copy nilai P, u, v, dan rho.....	42
Kode 4.10 Copy nilai data dari CPU ke <i>block thread</i> GPU.....	42

DAFTAR SIMBOL

i, j Koordi nat Kartesian

t Waktu

V Vektor kecepatan

u_x Komponen kecepatan untuk sumbu x

u_y Komponen kecepatan untuk sumbu y

ω Bobot nilai *lattice*

e Vektor arah kecepatan *lattice*

P Tekanan

G Gravitasi

μ Viskositas dinamis

ν Viskositas kinematik

ρ *Densitas* (kerapatan)

Ψ interaksi potensial

Ω perubahan tumbukan

e_n nilai titik arah

F interaksi antar *densitas* yang berbeda.

INTISARI

Penggunaan grafis pada komputer saat ini semakin di minati, seperti simulasi visualisasi fluida yang telah banyak di jumpai pada game dan film. Pembuatan simulasi visualisasi fluida di butuhkan prosesor yang memiliki kecepatan tinggi untuk menghasilkan hasil yang bagus, namun saat ini kecepatan prosesor telah mengalami titik jenuh, tidak seperti pada era sebelumnya, berbeda untuk GPU(*graphical processing unit*) kecepatannya semakin bertambah setiap tahunnya.

Dalam tesis ini mencoba untuk membuat simulasi fluida dalam dua dimensi dengan kondisi satu fase dan dua fase dengan menerapkan komputasi paralel GPU CUDA (*compute unified device architecture*), menggunakan metode Lattice Boltzmann dan library grafik OpenGL untuk menampilkan visualisasi dari hasil simulasi.

Visualisasi fluida satu fase dan dua fase dengan penerapan komputasi paralel dengan jumlah titik tertentu mampu memberikan peningkatan kecepatan komputasi yang cukup tinggi di bandingkan dengan tanpa penerapan komputasi paralel GPU CUDA.

Kata kunci : *Visualisasi, simulasi, multi fase komputasi paralel, GPU CUDA*

ABSTRACT

The use of computer graphics in today's increasingly in demand, like a fluid simulation visualization has been encountered in games and movies. Making fluid simulation visualization in need processors that have high speed to produce a good result, but this time speeds the processor has a drop-off, unlike in the previous era, in contrast to the GPU (graphical processing unit) speeds is growing every year.

In this thesis tries to make a fluid simulation in two dimensions with condition of one phase and two phase by implementing a parallel GPU computing CUDA (compute unified device architecture), using Lattice Boltzmann method and OpenGL graphics library to display the visualization of simulation results.

Visualization of the fluid phase and two phases with the application of parallel computing with certain number of points to provide increased computing speed fairly high in comparison without use parallel computing of CUDA GPU.

Keywords: Visualization, simulation, multiphase, parallel computing, GPU