

THESIS

**KOMPUTASI PARALEL BERBASIS GPU CUDA
UNTUK PEMODELAN 2D TSUNAMI DENGAN
METODE LATTICE BOLTZMANN**



Efraim Ronald Stefanus Moningkey
No. Mhs : 125301907/PS/MTF

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2014



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

PROGRAM PASCASARJANA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : EFRAIM RONALD STEFANUS MONINGKEY
Nomor Mahasiswa : 125301907/PS/MTF
Konsentrasi : Mobile Computing
Judul Tesis : Komputasi Paralel Berbasis GPU Cuda untuk Pemodelan 2D
Tsunami dengan Metode Lattice Boltzmann.

Nama Pembimbing

Tanggal

Tanda Tangan

Dr.Pranowo, ST., MT

Y.Sigit Purnomo WP,ST., M.Kom.

29/4/14



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

PROGRAM PASCASARJANA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : EFRAIM RONALD STEFANUS MONINGKEY
Nomor Mahasiswa : 125301907/PS/MTF
Konsentrasi : Mobile Computing
Judul Tesis : Komputasi Paralel Berbasis GPU Cuda untuk Pemodelan 2D
Tsunami dengan Metode Lattice Boltzmann.

Nama Pembimbing

Dr. Pranowo, ST., MT
(Ketua)

Y. Sigit Purnomo WP, ST., M. Kom
(Sekertaris)

Thomas Suselo, ST., MT
(Anggota)

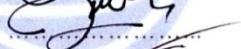
Tanggal

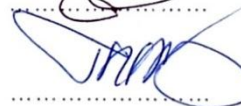
29/04/14

29/04/14

29-04-14

Tanda Tangan





Ketua Program Studi



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

PERNYATAAN

Nama : EFRAIM RONALD STEFANUS MONINGKEY
Nomor Mahasiswa : 125301907/PS/MTF
Konsentrasi : *Mobile Computing*
Judul Tesis : Komputasi Paralel Berbasis GPU Cuda Untuk
Pemodelan 2d Tsunami Dengan Metode lattice
Boltzmann

Menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil karya pribadi dan bukan duplikasi dari karya tulis yang telah ada sebelumnya. Karya tulis yang telah ada sebelumnya dijadikan penulis sebagai acuan dan referensi untuk melengkapi penelitian dan dinyatakan secara tertulis dalam penulisan acuan dan daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 2014

Efraim Ronald Stefanus Moningkey

INTISARI

Tsunami ini merupakan kejadian alam yang dipengaruhi adanya aktifitas yang terjadi di dasar laut, aktifitas ini dapat berupa gempa laut, gunung berapi meletus, atau hantaman meteor di laut, tanah longsor di dasar laut. Tsunami Aceh adalah salah satu bencana terhebat abad 21, diawali dengan gempa 9.1 SR mengakibatkan kematian di Aceh mencapai 200 ribu jiwa, belum termasuk di daerah lain seperti Thailand, Sri Lanka, India, Maladewa, dan pesisir timur Afrika. Mengingat bahaya tsunami maka dalam penelitian ini dibuat sebuah perancangan pemodelan menggunakan paralelel computing untuk memodelkan tsunami yang terjadi di Aceh, menggunakan NVdia CUDA dan menggunakan metode lattice Boltzmann D2Q9. Pemodelan ini diharapkan dapat membantu untuk mengetahui arah perambatan gelombang tsunami.

Kata kunci: Tsunami, Parallel computing, Lattice Boltzmann, NVidia Cuda

ABSTRACT

Tsunami is a natural occurrence that affected the existence of activities that occur on the seafloor, these activities can be a sea earthquakes, erupting volcanoes, or a meteor hit the ocean, landslides on the seafloor. Tsunami Aceh is one of the greatest disasters of the 21st century, beginning with the 9.1 magnitude earthquake in Aceh resulted in deaths reach 200 thousand inhabitants, not included in other areas such as Thailand, Sri Lanka, India, Maldives, and the east coast of Africa. Given the tsunami hazard in this study made a modeling design using paralelel computing for modeling tsunami in Aceh, using NVIDIA CUDA and lattice Boltzmann method D2Q9. This model is expected to help to determine the direction of propagation of the tsunami wave.

Keywords: Tsunami, Parallel computing, Lattice Boltzmann, NVidia Cuda

MOTTO

*I DO THE BEST
JESUS DO THE REST*



HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan hasil karyaku ini teristimewa kepada:

Tuhan YESUS KRISTUS,

Terima kasih, Tuhan YESUS sungguh baik menjaga, melindungi dan memberikan berkat yang terbaik sehingga Thesis ini bias selesai dengan baik.

Papa Herry E. Moningkey, Sth dan Mama Jeane Kawengian.

Istri tercinta Angelina Mumu, dan my little hero Elfan Moningkey.

Oma Ani Kawengian – Mamangkey.

Terima kasih atas segala doa dan dukungannya.

Orang tua mantu, Kel. Mumu-Pai, Teman-teman seperjuangan MTF angkatan

Januari 2013 terima kasih buat doa dan dukungannya.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis sampaikan kepada Tuhan Yesus Kristus yang baik karena hanya karena berkat dan kuasanya sehingga tesis dengan judul Komputasi Paralel berbasis GPU Cuda Untuk Pemodelan 2d Tsunami Dengan Metode lattice Boltzmann. Tesis ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 2 (S2) pada Program Studi Magister Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Tesis ini dapat terlaksana dengan baik atas bimbingan dan bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. TUHAN YESUS KRISTUS yang selalu setia, penuh kasih karunia dan memberikan pertolongan terbaik sehingga tesis ini dapat selesai dengan baik.
2. Bapak Dr. Pranowo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan banyak waktu dan tenaga untuk membantu penulis dalam memberikan arahan dan masukan terkait tesis yang penulis kerjakan.
3. Bapak Y. Sigit Purnomo W.P., S.T., M.Kom. Sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak arahan, koreksi dan masukan untuk perbaikan tesis penulis.
4. Ibu Dra. Ernawati, M.T., selaku mantan Ketua Prodi MTF
5. Bapak Thomas Suselo, ST., MT. selaku dosen penguji yang telah menguji tugas akhir penulis.
6. Alm. Pdt. Nico A. Kawengian, dan Oma Ani Kawengian – Mamangkey, motifator terbaik dalam hidupku
7. Papa Herry E. Moningkey, Sth dan Mama Jeane Kawengian orang tua yang mendukung dalam segala hal.
8. Istri tercinta Angelina Mumu, dan my little hero Elfan Moningkey.
9. Orang tua mantu Papa Yance mumu dan Mama Zusje pai atas dukungannya.

10. Bapak Pdt. Tony Budiman dan ibu yang selalu mendoakan penulis.
11. Teman-teman seperjuangan MTF Angkatan Januari 2013. Terima kasih atas kebersamaan dan kekompakan kita selama ini.

Penulis menyadari tesis ini masi jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk dijadikan acuan perbaikan ke arah yang lebih baik. Akhir kata, semoga laporan tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, April 2014

Penulis

DAFTAR ISI

THESIS	i
PENGESAHAN TESIS.....	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN TESIS.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN.....	iv
INTISARI.....	v
ABSTRACT.....	vi
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR SIMBOL.....	xviii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1. 1. Latar Belakang.....	1

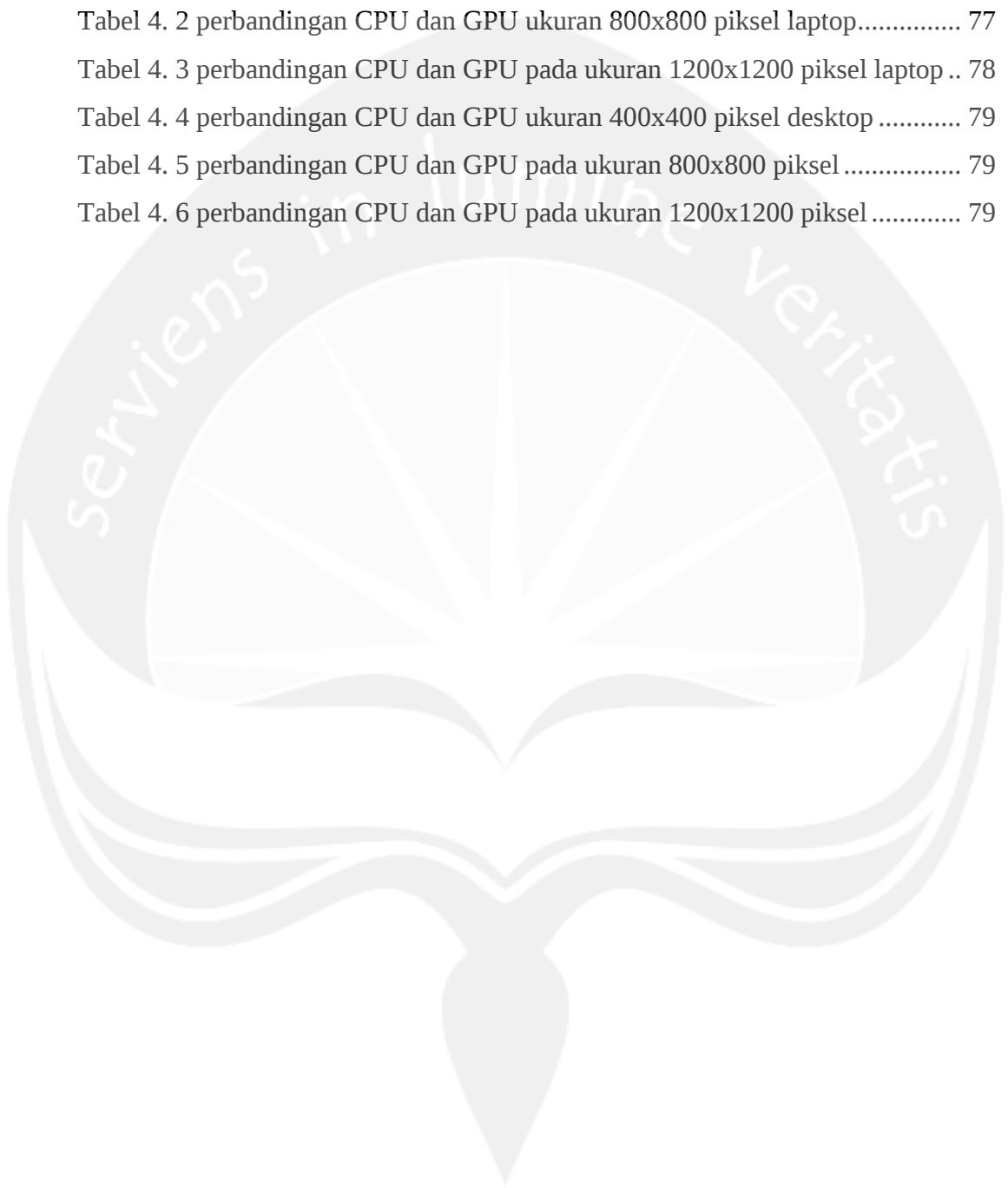
1. 2. Rumusan Masalah.....	3
1. 3. Batasan Masalah	3
1. 4. Tujuan Penelitian	3
1. 5. Manfaat penelitian	4
1. 6. Keaslian Penelitian.....	4
1. 7. Sistematika Penulisan	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.1.1. Penelitian Tsunami.....	6
2.1.2. Metode Lattice Boltzmann Untuk Air Dangkal	6
2.1.3. Metode Lattice Boltzmann Dengan GPU	7
2.1.4. NVidia CUDA Untuk Metode Lattice Boltzmann.....	8
2.2. Tsunami.....	9
2.3. Metode Lattice Boltzmann.....	9
2.3.1. Aliran Fasa Tunggal.....	10
2.3.2. Model D2Q2 Lattice Boltzmann.....	11
2.3.3. Persamaan Lattice Boltzmann.....	12

2.3.4.	Kondisi Batas (Boundary Condition).....	16
2.3.5.	Tumbukan Dan Aliran (Collision and Streaming).....	19
2.4.	Metode Lattice Boltzmann Untuk Persamaan Air Dangkal	22
2.5.	Algoritma Metode Lattice Boltzmann	25
2.6.	Komputasi Paralel.....	27
2.7.	CUDA (Compute Unified Device Architecture)	29
2.8.	Model Komputasi CUDA.....	34
2.9.	Implementasi Paralelisasi pada GPU	36
2.10.	Tsunami pada GPU	41
BAB III		43
METODOLOGI PENELITIAN.....		43
3.1.	Alat Penelitian.....	43
3.1.1.	Software	43
3.1.2.	Hardware	44
3.2.	Langkah –langkah penelitian	45
3.2.1.	Metode Kepustakaan.....	45
3.2.2.	Metode Pembuatan Perangkat Lunak	45
3.2.3.	Coding.....	46

3.2.3.1. Coding CPU	47
3.2.3.2. Coding GPU.....	50
BAB IV	56
PEMBAHASAN	56
4.1. Pengolahan Citra.....	56
4.1.1. Pengambangan (<i>Thresholding</i>)	60
4.1.2. Citra Biner.....	63
4.2. Pengujian.....	65
4.3. Hasil Pengujian	65
4.3.1. Simulasi Fluida	65
4.3.2. Visualisasi Perambatan Gelombang Tsunami	67
4.3.3. Waktu Komputasi.....	77
BAB V.....	81
KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
5.1. Kesimpulan	81
5.2. Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Perbandingan CPU dan GPU ukuran 400x400 piksel laptop	77
Tabel 4. 2 perbandingan CPU dan GPU ukuran 800x800 piksel laptop.....	77
Tabel 4. 3 perbandingan CPU dan GPU pada ukuran 1200x1200 piksel laptop ..	78
Tabel 4. 4 perbandingan CPU dan GPU ukuran 400x400 piksel desktop	79
Tabel 4. 5 perbandingan CPU dan GPU pada ukuran 800x800 piksel	79
Tabel 4. 6 perbandingan CPU dan GPU pada ukuran 1200x1200 piksel	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Model D2Q9 arah dan kecepatan	11
Gambar 2. 2 Model D2Q9 fungsi distribusi nilai f_i	13
Gambar 2. 3 Arah kecepatan aliran pada bidang fluida dan solid	17
Gambar 2. 4 Langkah kondisi bounce-back	18
Gambar 2. 5 Pengaturan <i>lattice</i> untuk model D2Q9	20
Gambar 2. 6 Ilustrasi tumbukan sel tunggal pada D2Q9	21
Gambar 2. 7 Gelombang air dangkal	24
Gambar 2. 8 Bagan alir untuk metode lattice Boltzmann	26
Gambar 2. 9 Perbandingan kecepatan GPU dengan CPU (Webb, 2010).	30
Gambar 2. 10 Arsitektur CPU dan GPU (Webb, 2010)	31
Gambar 2. 11 Perbandingan <i>bandwidth</i> memori CPU dan GPU	32
Gambar 2. 12 Arsitektur CUDA GPU	33
Gambar 2. 13 Threads block dan grid	35
Gambar 2. 14 Penjumlahan 2 vektor	36
Gambar 2. 15 Alokasi <i>block threads</i> untuk penjumlahan vektor	40
Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi penelitian	46
Gambar 3. 2 Definisi titik <i>lattice</i>	47
Gambar 4. 1 peta Aceh	57
Gambar 4. 2 Peta pulau Jawa	57
Gambar 4. 3 Peta Jepang	58
Gambar 4. 4 Peta aceh pengolahan manual	58
Gambar 4. 5 Peta Jawa pengolahan manual	59
Gambar 4. 6 Peta Jepang pengolahan manual	59
Gambar 4. 7 Algoritma untuk menentukan piksel 0 dan 1	61
Gambar 4. 8 Hasil <i>threshold</i> citra peta Aceh	61
Gambar 4. 9 Hasil <i>threshold</i> citra peta Jawa	62
Gambar 4. 10 Hasil <i>threshold</i> citra peta Jepang	62

Gambar 4. 11 <i>Code</i> memanggil gambar	64
Gambar 4. 12 Perambatan gelombang pada iterasi ke-10	66
Gambar 4. 13 Perambatan gelombang pada iterasi ke-100	66
Gambar 4. 14 Perambatan gelombang pada iterasi ke-150	67
Gambar 4. 15 Perambatan gelombang peta Aceh iterasi 5	68
Gambar 4. 16 Perambatan gelombang peta Aceh iterasi 25	69
Gambar 4. 17 Perambatan gelombang peta Aceh iterasi 50	69
Gambar 4. 18 Perambatan gelombang peta Aceh iterasi 75	70
Gambar 4. 19 Perambatan gelombang peta Aceh iterasi 100	70
Gambar 4. 20 Perambatan gelombang saat peta Jawa 5	71
Gambar 4. 21 Perambatan gelombang saat peta Jawa 25	71
Gambar 4. 22 Perambatan gelombang saat peta Jawa 50	72
Gambar 4. 23 Perambatan gelombang saat peta Jawa 75	72
Gambar 4. 24 Perambatan gelombang saat peta Jawa 100	73
Gambar 4. 25 Perambatan gelombang Jepang 5	73
Gambar 4. 26 Perambatan gelombang Jepang 25	74
Gambar 4. 27 Perambatan gelombang Jepang 50	74
Gambar 4. 28 Perambatan gelombang Jepang 75	75
Gambar 4. 29 Perambatan gelombang Jepang 100	75
Gambar 4. 30 <i>Code</i> menentukan titik awal tsunami	76
Gambar 4. 31 Perbandingan kecepatan penggunaan kartu grafik laptop dan desktop	80

DAFTAR SIMBOL

i, j	Koordinat Kartesian
t	Waktu
$\vec{v}$	Vektor kecepatan
u_x	Komponen kecepatan untuk sumbu x
u_y	Komponen kecepatan untuk sumbu y
ω	Bobot nilai lattice
$\vec{e}$	Vektor arah kecepatan lattice
P	Tekanan
g	Gravitasi
μ	Viskositas dinamis
ν	Viskositas kinematik
ρ	Densitas
∇	Nabla
η	Elevasi tinggi gelombang