

# **TESIS**

## **VISUALISASI MODEL PERAMBATAN GELOMBANG TSUNAMI DI PERAIRAN ACEH DENGAN METODE LATTICE BOLTZMANN**



**Nazaruddin Ahmad**  
**No. Mhs: 115301634/PS/MTF**

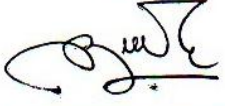
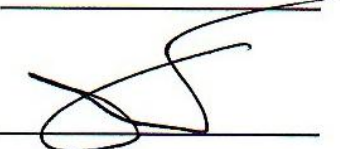
**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
2013**



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

**PENGESAHAN TESIS**

**NAMA** : NAZARUDDIN AHMAD  
**Nomor Mahasiswa** : 115301634/PS/MTF  
**Konsentrasi** : Soft Computing  
**Judul Tesis** : Visualisasi Model Perambatan Gelombang Tsunami  
Di Perairan Aceh Dengan Metode Lattice Boltzmann

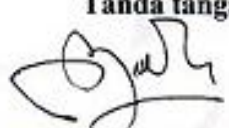


<b>Nama Pembimbing</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Tanda tangan</b>
<b>Dr. Pranowo, ST.,MT.</b>	<u>5/2/13</u>	 _____
<b>Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D.</b>	<u>4 Feb 2013</u>	 _____



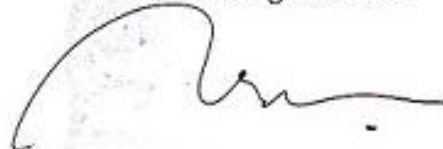
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
**PROGRAM PASCASARJANA**  
**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA**

PENGESAHAN TESIS

**NAMA** : NAZARUDDIN AHMAD  
**Nomor Mahasiswa** : 115301634/PS/MTF  
**Konsentrasi** : Soft Computing  
**Judul Tesis** : Visualisasi Model Perambatan Gelombang Tsunami  
Di Perairan Aceh Dengan Metode Lattice Boltzmann

Nama Penguji	Tanggal	Tanda tangan
Dr. Pranowo, ST, MT. (Ketua)	<u>27-2-2013</u>	
Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D. (Sekretaris)	<u>27-2-2013</u>	
Patricia Ardanari, S.Si., MT (anggota)	<u>27-2-2013</u>	

Ketua Program Studi



( Dra. Ernawati, MT )

## **PERNYATAAN**

Yang bertandatangan di bawah ini :

**Nama : Nazaruddin Ahmad**

**No. Mhs : 115301634/PS/MTF**

**Jurusan : Teknik Informatika**

**Konsentrasi : Soft Computing**

**Judul Tesis : Visualisasi Model Perambatan Gelombang Tsunami  
Di Perairan Aceh Dengan Metode Lattice Boltzmann**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini tidak pernah 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 yang menjadi rujukan dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka atau menyebutkan sumber asli dan penulis aslinya dalam tulisan naskah ini.

Yogyakarta, 27 Februari 2013

Yang membuat pernyataan



Nazaruddin Ahmad

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Kuasa yang telah memberikan banyak berkah dan petunjuk-Nya kepada penulis sehingga diberikan kesempatan dan kesehatan dalam penyusunan tesis ini dengan judul **“Visualisasi Model Perambatan Gelombang Tsunami Di Perairan Aceh Dengan Metode Lattice Boltzmann”**. Tesis ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan tingkat strata dua (S2) pada **Program Pascasarjana Magister Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta**.

Penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah membantu penulis dari awal penelitian hingga akhir penelitian. Untuk itu, dengan segala hormat penulis mengucapkan 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/Ibu, selaku dosen penguji, terima kasih untuk saran dan masukannya.
5. Dosen Program Pascasarjana Magister Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan, semoga ilmu yang penulis dapat bisa bermanfaat.
6. Institusi Universitas Jabal Ghafur Sigli dan Yayasan Pembangunan Kampus Jabal Ghafur Sigli yang telah memberikan kesempatan dan bantuan selama penulis menempuh perkuliahan dari awal hingga selesai. Terima kasih kepada Ketua Yayasan Pembangunan Kampus Jabal Ghafur Sigli Drs. H. Hanif Basyah, Rektor Universitas Jabal Ghafur Sigli Prof. Dr. Ir. BI. Ansari M.Pd, Dekan

Fakultas Teknik Informatika Drs. T. Sofyan Suri S.T., Ketua Program Studi Teknik Informatika Husaini S.T., M.Kom, rekan-rekan pengajar Fakultas Teknik Informatika, rekan-rekan karyawan Fakultas Teknik Informatika yang telah memberikan dukungan, nasehat dan doanya.

7. Teman-teman Magister Teknik Informatika angkatan September 2011 kelas sore (my best friend Mas Arif, 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).
8. 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.
9. Keluarga besar Blimbing Sari yang telah menjadi keluargaku di jogja.
10. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih dan salam sukses untuk kita semua, semoga amal kebaikan kalian dibalas 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, Februari 2013

Penulis

(Nazaruddin Ahmad)

*Terima kasih ku ucapkan kepada:*

*Ayahanda dan Ibunda tercinta  
Drs. H. Ahmad Habib Lubis dan Hj. Rostina  
yang telah mendidik dari kecil hingga dewasa sekarang ini,  
memberikan doa dan bimbingannya sehingga penulis bisa menempuh pendidikan  
sampai selesai.*

*Ayahanda Drs. H. Syahidin Hakim  
yang telah memberikan doa dan bimbingannya.*

*Yang tercinta Istriku  
Ratna Susanti SE.Ak,  
Yang tersayang Anakku  
Muhammad Luthfi Fadli  
sudah mendampingi penulis dalam susah dan senang selama di perantauan.*

*Kakanda ku,  
Rosyidah Lubis S.Ag., M.Ag., & Taufik Hidayat,  
Syarifuddin Lubis A.Md., & Marinda AMd,  
Nrs. Faridah Hanum Lubis S.Kep., & Muhammad Nizar S.Pd,  
Adinda Mawaddah Ahmad AMd.Keb., & Bripka. Kariyanta Sitepu,  
yang telah memberikan semangat dan doa kepada penulis untuk terus berjuang  
sampai selesai.*

*Kepada keponakanku yang lucu-lucu  
Kiki, Nurul, Sofi, Nada, Alfi, Keisya, Nabila, Silla, Nina, ... ( Om sum  
ucapkan terima kasih yaaaaa... jadi anak yang berbakti kepada kedua  
orangtua yaaaa... ).*

*Abang Dr. Ir. Erwinsyah MSc., Abang Nilmansyah SH., Abang Firmansyah  
Skom., Abang Hikmansyah ST. M.Art., Bang Yus, Bang Neon, Bang Nola,  
Bang Andi sekeluarga, Yuli sekeluarga di Depok, Bang Andi Herizon  
sekeluarga, Bang Ola sekeluarga, Wawak, Oli sekeluarga, terima kasih atas  
bantuan dan doanya.*

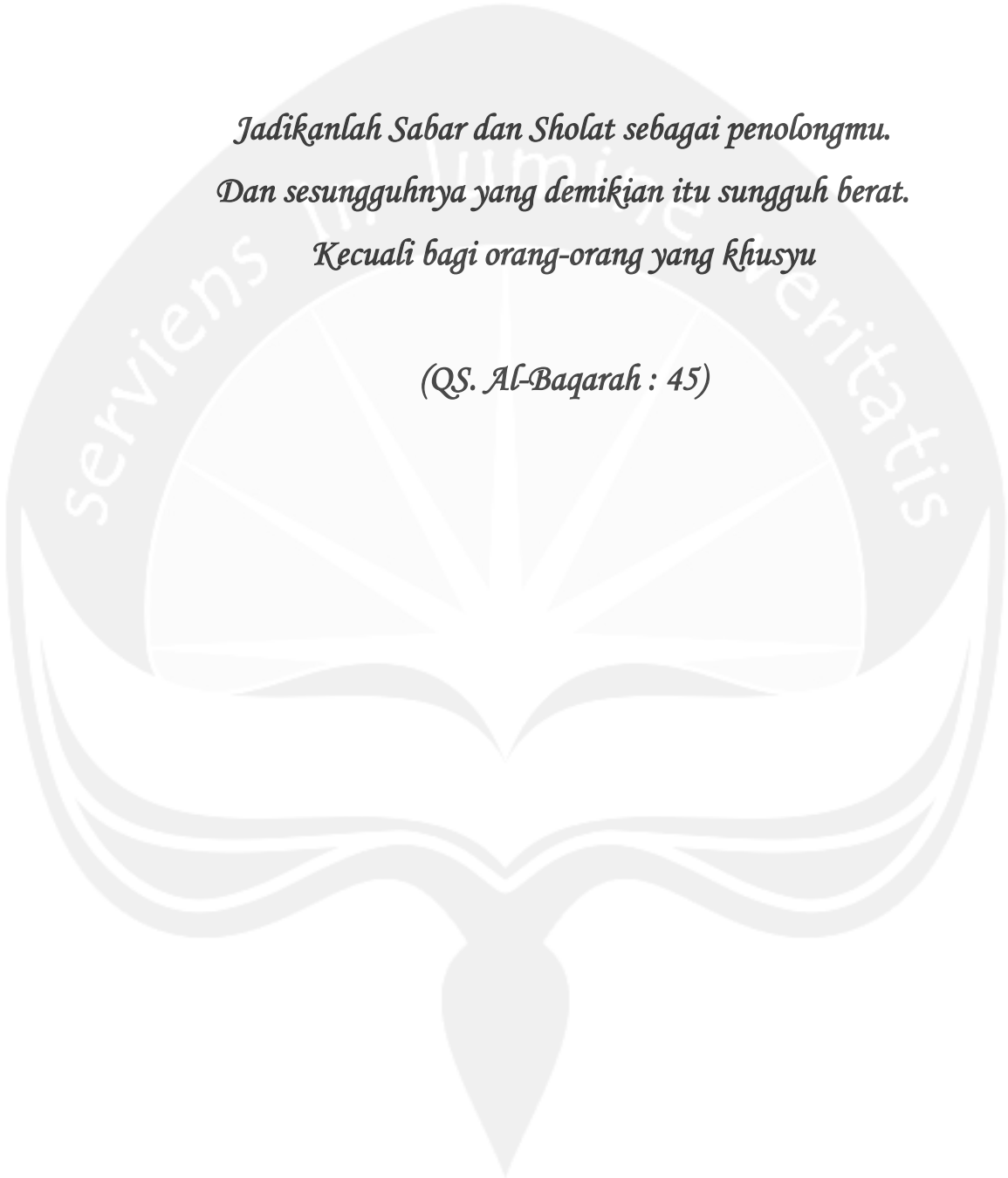
*Buat semua Pak Chikku dan Bibiku yang tercinta, terima kasih atas doanya  
dan bimbingannya.*

*Buat Bang Nassar sekeluarga di Bekasi, Bang Luthfi sekeluarga di Langsa,  
Kak Imah sekeluarga di Langsa, Uda Zain sekeluarga di Samarinda, Putri  
Rahmi DE di Semarang, Bang Anshori Lubis di Manambin  
terima kasih atas bantuannya sehingga penulis dapat menyelesaikan  
studi ini.*

*Renungan :*

*Jadikanlah Sabar dan Sholat sebagai penolongmu.  
Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat.  
Kecuali bagi orang-orang yang khusyu*

*(QS. Al-Baqarah : 45)*





## DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan .....	i
Kata Pengantar .....	ii
Halaman Persembahan .....	iv
Daftar Isi .....	v
Daftar Gambar .....	vii
Daftar Simbol .....	ix
Intisari .....	x
Abstract .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
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 Metode Penelitian .....	4
1.7 Keaslian Penelitian .....	5
1.8 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Tsunami .....	7
2.2 Penelitian Tsunami .....	8
2.3 Segmentasi Citra .....	11
2.4 Simulasi .....	12
2.5 Pemodelan .....	12
2.6 Asumsi Air Dangkal ( <i>Shallow Water Assumption</i> ) .....	13
2.7 OpenGL .....	14
<b>BAB III DASAR TEORI .....</b>	<b>15</b>
3.1 Teori Lattice Boltzmann .....	15
3.1.1 Aliran Fasa Tunggal .....	15
3.1.2 Model D2Q9 Lattice Boltzmann .....	16
3.1.3 Persamaan Lattice Boltzmann .....	17
3.1.4 Kondisi Batas ( <i>Boundary Condition</i> ) .....	21
3.1.5 Tumbukan dan Aliran ( <i>Collision and Streaming</i> ) .....	23
3.2 Metode Lattice Boltzmann Untuk Persamaan Air Dangkal .....	26
3.3 Algoritma Metode Lattice Boltzmann .....	29

BAB IV PEMBAHASAN.....	31
4.1 Pengolahan Citra Awal .....	31
4.2 Pengambangan ( <i>Thresholding</i> ).....	32
4.3 Citra Biner ( <i>Binary Image</i> ).....	34
4.4 Inisialisasi Kondisi.....	37
4.4.1 Menentukan Makroskopik .....	38
4.4.2 Menentukan Tumbukan ( <i>Collision</i> ).....	39
4.4.3 Menentukan Aliran ( <i>Streaming</i> ).....	40
4.4.4 Menentukan Kondisi Batas .....	40
4.5 Simulasi Fluida .....	42
4.6 Visualisasi Perambatan Gelombang Tsunami .....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	51
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	51
DAFTAR PUSTAKA .....	53
LAMPIRAN.....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses pembuatan model .....	13
Gambar 3.1	Model D2Q9 arah dan kecepatan.....	17
Gambar 3.2	Model D2Q9 fungsi distribusi nilai $f_i$ .....	18
Gambar 3.3	Arah kecepatan aliran pada bidang fluida dan solid .....	22
Gambar 3.4	Langkah kondisi <i>bounce-back</i> .....	22
Gambar 3.5	Pengaturan <i>lattice</i> untuk model D2Q9 .....	24
Gambar 3.6a	Ilustrasi tumbukan sel tunggal pada <i>lattice</i> D2Q9.....	23
Gambar 3.6b	Proses aliran setelah proses tumbukan .....	25
Gambar 3.7	Gelombang air dangkal.....	27
Gambar 3.8	Bagan alir untuk metode <i>Lattice Boltzmann</i> .....	29
Gambar 4.1	Peta wilayah Aceh dan Sumatera Utara.....	31
Gambar 4.2	Peta hasil pengolahan dengan Paint.....	32
Gambar 4.3	Algoritma menentukan nilai piksel pada citra .....	33
Gambar 4.4a	Hasil proses mesh citra peta .....	34
Gambar 4.4b	Hasil pembangkitan warna biru ( <i>blue</i> ) citra peta.....	34
Gambar 4.4c	Hasil <i>threshod</i> citra peta .....	34
Gambar 4.5a	Citra peta hitam-putih .....	35
Gambar 4.5b	Representasi biner dari citra hitam-putih.....	35
Gambar 4.6	Algoritma konversi citra biner .....	35
Gambar 4.7	Defenisi titik <i>lattice</i> .....	37
Gambar 4.8a	Perambatan gelombang saat iterasi = 20 .....	42
Gambar 4.8b	Perambatan gelombang saat iterasi = 40 .....	42
Gambar 4.8c	Perambatan gelombang saat iterasi = 60 .....	42
Gambar 4.8d	Perambatan gelombang saat iterasi = 90 .....	42
Gambar 4.9a	Perambatan gelombang saat iterasi = 25 .....	44
Gambar 4.9b	Perambatan gelombang saat iterasi = 50 .....	44

Gambar 4.9c	Perambatan gelombang saat iterasi = 150 .....	44
Gambar 4.9d	Perambatan gelombang saat iterasi = 250 .....	44
Gambar 4.10a	Perambatan gelombang saat iterasi = 15 .....	45
Gambar 4.10b	Perambatan gelombang saat iterasi = 60 .....	45
Gambar 4.11a	Perambatan gelombang saat iterasi = 75 .....	46
Gambar 4.11b	Perambatan gelombang saat iterasi = 90 .....	46
Gambar 4.12a	Perambatan gelombang saat iterasi = 150 .....	47
Gambar 4.12b	Perambatan gelombang saat iterasi = 350 .....	47
Gambar 4.13a	Perambatan gelombang saat iterasi = 15 .....	48
Gambar 4.13b	Perambatan gelombang saat iterasi = 60 .....	48
Gambar 4.13c	Perambatan gelombang saat iterasi = 80 .....	48
Gambar 4.13d	Perambatan gelombang saat iterasi = 120 .....	48
Gambar 4.14a	Perambatan gelombang saat iterasi = 150 .....	49
Gambar 4.14b	Perambatan gelombang saat iterasi = 350 .....	49

## 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
$\omega$	Bobot nilai lattice
$\vec{e}$	Vektor arah kecepatan lattice
$P$	Tekanan
$g$	Gravitasi
$\mu$	Viskositas dinamis
$\nu$	Viskositas kinematik
$\rho$	Densitas
$\nabla$	Nabla
$\eta$	Elevasi tinggi gelombang

## INTISARI

Gelombang tsunami dapat terjadi akibat gempa bumi, pergeseran lempeng atau gunung meletus yang terjadi di perairan laut. Bencana tsunami yang terjadi di Banda Aceh pada 26 Desember 2004 disebabkan oleh gempa bumi di dasar laut yang menyebabkan air laut merambat naik ke daratan. Hal ini dapat terjadi karena Indonesia khususnya Aceh berada pada jalur pergerakan lempeng aktif.

Dari permasalahan di atas maka dikembangkan sebuah model simulasi fluida untuk model perambatan gelombang tsunami dalam bentuk 2 dimensi menggunakan pendekatan persamaan air dangkal (*shallow water equations*) dengan metode *Lattice Boltzmann*. Aliran fluida yang digunakan adalah aliran fase tunggal pada bidang *lattice* D2Q9. Metode ini mampu digunakan dan diimplementasikan untuk masalah aliran fluida, diproses menggunakan bahasa C ditambah dengan library grafik OpenGL.

Dengan simulasi numerik aliran fluida, menghasilkan visualisasi perambatan gelombang tsunami yang baik untuk wilayah perairan laut Aceh dalam bentuk dua dimensi. Hal ini juga dapat digunakan untuk mempelajari perambatan gelombang tsunami pada wilayah perairan laut dan diharapkan dapat membantu dalam mendukung keputusan untuk mitigasi bencana.

**Kata kunci :**

*Tsunami, simulasi, fluida, visualisasi, Lattice Boltzmann, Shallow water equations.*

## ABSTRACT

Tsunami waves can happen by the earthquake, volcanic eruption or drift that occurs in marine waters. The tsunami in Banda Aceh on December 26, 2004 caused by the an earthquake on the ocean floor which causes sea water creeping up to the mainland. This can happen because Indonesia is on track especially Aceh active plate movement.

From that problems then developed a simulation model to fluid tsunami wave propagation in a two dimensional *shallow water equations* approach with the *Lattice Boltzmann* method. The flow of fluid used is a single phase flow field *D2Q9 lattice*. This method can be used and implemented for fluid flow problems, are processed using the C language coupled with the OpenGL graphics library.

By numerical simulations of fluid flow, generating a tsunami wave propagation visualization is good agreement for sea area of Aceh in the form of two-dimensional. It can also be used to study tsunami wave propagation in the sea area and is expected to assist in decision support for disaster mitigation.

**Keyword :**

*Tsunami, simulation, fluid, visualization, Lattice Boltzmann, Shallow water equations.*