

Prosiding

Seminar Nasional

Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah

Magister Teknik Sipil Universitas Lampung

Hotel Novotel - Bandar Lampung
3 Mei 2012

Organized by:



Lampung Post



Prosiding Seminar Nasional
Magister Teknik Sipil Universitas Lampung

"Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah"

03 Mei 2012, Hotel Novotel - Bandar Lampung

Pengarah:

1. Gubernur Provinsi Lampung (Drs Sjacharoedin.ZP. SH)
2. Dekzm Fakultas Teknik Unila (Dr. Lusmeilia Afriam,D.E.A.)
3. Ketua Bappeda Provinsi Lampung (Ir. Fahrizal Darminto, MA)
4. Kepala Dinas Perhubungan Provinsi Lampung (Drs. Ishak, MH)
5. Ketua KIAT Fakultas Teknik Unila (Ir. Hi. Berlian Tihang, MM)
6. Ir. Anshori Djausal, MT
7. Wakil Pimpinan Umum Lampung Post (Bpk. Djadjat Sudradjat)
8. Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Unila (DR. Dyah Indriana K. S.T.,M.Sc.)
9. Ketua HPJI (Ir. A. Lianurzen, MT)

Penyunting:

1. Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T.,M.Sc.
2. Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T.,M.T.
3. Dr. Ahmad Zakaria, Ph.D.
4. Siti Nurul Khotimah, S.T.,M.Sc.

Cover Designer & Editor:

Moh. Andi Susanto

ISBN :978-602-19441-1-0

Sekretariat:
Jln. Prof. Soemantri Brojonegoro No.1 Gedungmeneng
Bandar Lampung 35145
Telepon (0721) 704947, Fax (0721) 704947, ext 225

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi ALLAH SWT., Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan Rahmat dan Nikmat-Nya kepada kita semua. Dalam rangka mewujudkan Tri Dharma Perguruan Tinggi, Magister Teknik Sipil Universitas Lampung bekerja sama dengan Lampung Post telah menyelenggarakan Seminar Nasional Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah di Bandar Lampung pada tanggal 3 Mei 2012. Seminar Nasional ini dihadiri oleh para ahli, akademisi, praktisi, maupun profesional di bidang infrastruktur dan pengembangan wilayah serta sektor terkait.

Artikel ilmiah yang disajikan pada seminar ini meliputi segala aspek yang berkaitan dengan infrastruktur dan pengembangan wilayah yaitu kebijakan dan kerjasama pemerintah-swasta dalam pembangunan infrastruktur dan pengembangan wilayah, infrastruktur dan moda transportasi dalam mendukung pengembangan wilayah, serta daya dukung lingkungan dalam pembangunan infrastruktur dan pengembangan wilayah.

Presentasi serta diskusi yang berlangsung selama seminar ini diharapkan memberikan sumbangan pemikiran terhadap konsep, strategi, maupun berbagi pengalaman tentang pembangunan infrastruktur dan pengembangan wilayah di Indonesia umumnya, dan di provinsi Lampung khususnya. Terima kasih kepada panitia pelaksana, panitia pengarah, dewan penyunting, penulis artikel serta semua pihak yang telah membantu terselenggaranya seminar ini.

Bandar Lampung, 10 Mei 2012
Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil
Universitas Lampung

Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Halaman i
KATA PENGANTAR	ii

Nama	Judul	
1. Kebijakan dan Kerjasama Pemerintah Swasta dalam Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah		

Agus Triono	PRESPEKTIF HUKUM TENTANG PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DALAM RANGKA PENGEMBANGAN WILAYAH DI ERA OTONOMI DAERAH	1
Eka Kurniawan	PENGEMBANGAN INDUSTRI SEKUNDER BERBASIS KOMIDITI KOPI DALAM UPAYA MEMBANGUN KLUSTER EKONOMI ANDALAN DI KABUPATEN LAMPUNG BARAT	11
Eko Bagus Delianto	KERJASAMA PEMERINTAH DAN SWASTA (KPS) STUDI KASUS: INFRASTRUKTUR AIR MINUM	19
Kristianto Usman	STUDI PENYUSUNAN <i>MASTER PLAN</i> TERMINAL AGRIBISNIS (TA) DI PENENGAHAN-LAMPUNG SELATAN	36
Lukman Hakim	ANALISIS PERTUMBUHAN EKONOMI, KETIMPANGAN ANTAR KABUPATEN/KOTA, DAN SEKTOR UNGGULAN : STUDI PROVINSI LAMPUNG	46
Marlia Eka Putri A.T.	KONSEP HUKUM PENATAAN RUANG DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR UNTUK PENGEMBANGAN WILAYAH BERDASARKAN OTONOMI DAERAH	51
Moh. Waspa Kusuma Budi	JEMBATAN SELAT SUNDA DAN PEMBANGUNAN PEREKONOMIAN DI PROVINSI LAMPUNG	57
Muhammad Hutri	MODEL KEUNTUNGAN DAN <i>OVERHEAD</i> DALAM MENYUSUN HARGA PERKIRAAN SENDIRI (HPS) UNTUK PEKERJAAN KONSTRUKSI PADA INSTANSI PEMERINTAH	63

Nelia Aida	PENGARUH <i>SPILLOVER EFFECT</i> PROVINSI DKI JAKARTA DAN PROVINSI SUMATERA SELATAN TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI PROVINSI LAMPUNG	75
Nurmayani	KEBIJAKAN PEMERINTAH DAERAH PROPINSI LAMPUNG DALAM PEMUNGUTAN PAJAK KENDARAAN BERMOTOR SEBAGAI UPAYA PERBAIKAN INFRASTRUKTUR DI PROPINSI LAMPUNG	87
Selvi Diana Meilinda	PENGEMBANGAN WILAYAH BERBASIS KEBIJAKAN GENDER (Evaluasi Pengarusutamaan Gender dalam Program <i>Rural Infrastructure Support</i> PNPM Propinsi Lampung)	94
Upik Hamidah	PENGADAAN TANAH UNTUK KEPENTINGAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DALAM RANGKA PENGEMBANGAN WILAYAH	109
Yuda Romdania	ANALISA EKONOMI TEKNIK PADA KAWASAN <i>WATER FRONT CITY</i>	122

2. Infrastruktur dan Moda Transportasi dalam Mendukung Pengembangan Wilayah

Abdul Mukahfi	ANALISIS BERBAGAI PEMICU KEMACETAN DI JALAN ZAINAL ABIDIN PAGAR ALAM BANDAR LAMPUNG	130
Andius Dasa Putra	EVALUASI TEKNIS FASILITAS SISI UDARA UNTUK DAPAT DIDARATI PESAWAT BERBADAN LEBAR (<i>WIDE BODY AIRCRAFT</i>) (Studi Penyiapan Bandara Radin Inten II sebagai Embarkasi Haji Provinsi Lampung)	130
Anwarudin	MODEL PENGEMBANGAN TERPADU TERMINAL KHUSUS CPO PADA PELABUHAN MULTIPURPOSE EKSISTING	139
Budi Aji Purwoko	PENINGKATAN SISTEM INTERLOKING DAN HUBUNGAN BLOK PERSINYALAN MIS 801 DI STASIUN SEMARANG TAWANG (STUDI KASUS ALAT PENDETEKSI SARANA KERETA API)	140
Djarot Tri Wardhono	VARIABEL-VARIABEL DALAM PENERIMAAN <i>SMART CARD</i> DENGAN <i>THEORY PLANNED BEHAVIOUR</i> (TPB)	149

Fandi Suratman	SARANA TRANSPORTASI DI KOTA BANDAR LAMPUNG	156
Ginta Wiryasenjaya Gazali	LAMPUNG <i>CONNECTION</i> BAKAUHENI-SUKADANA-MENGGALA-BALAMBANGAN UMPU	161
Hanif Adi Yudhitami	PENINGKATAN AKSESIBILITAS ZONA 1 DAN ZONA 8 DI KABUPATEN NGAWI	169
I Made Suraharta	EVALUASI SISTEM JALAN ARTERI DENGAN BEBERAPA SIMPANG YANG DIKENDALIKAN DENGAN SISTEM TUNGGAL (STUDI KASUS : KORIDOR JALAN GATOT SUBROTO BARAT KOTA DENPASAR, BALI)	178
I.B. Ilham Malik	PENGINTEGRASIAN PEMBANGUNAN MEGAPROYEK INFRASTRUKTUR LAMPUNG	194
Ida Susanti	PENGARUH INFRASTRUKTUR TRANSPORTASI BAGI PERKEMBANGAN PEREKONOMIAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH	202
Lucia Nathania C. A	JEMBATAN SELAT SUNDA	206
Marulin Febrita	ANALISA TINGKAT KEBISINGAN PADA DAERAH YANG BERDEKATAN DENGAN REL KERETA API (STUDI KASUS : LINTAS JAKARTA KOTA – MANGGARAI)	212
Muhammad Baqiyudin Nadjib	KAJIAN FAKTOR-FAKTOR PENGHAMBAT PENGADAAN TANAH PADA PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI PROVINSI JAWA BARAT (STUDI KASUS: WADUK JATIGEDE)	222
Muiz Thohir	MENGEMBANGKAN <i>TRANSIT ORIENTED DEVELOPMENT</i> DI KORIDOR JEMBATAN SELAT SUNDA	231
Rahayu Sulistyorini	PELUANG PENGEMBANGAN TRANSPORTASI INTERMODA DI PROPINSI LAMPUNG	238
Restita Winandi	TINJAUAN KEBERADAAN MALL RAMAYANA ROBINSON TERHADAP ASPEK PEDESTRIAN AREA DAN PARKIR DI KOTA BANDAR LAMPUNG	250

Sri Susanti ANALISA TINGKAT AKSESIBILITAS DAN KARAKTERISTIK PENUMPANG BRT TRANS BANDAR LAMPUNG 258

Tas'an Junaedi KONDISI DAN KINERJA TRANSPORTASI DI DAERAH OTONOMI BARU (Studi Kasus di Kabupaten Pringsewu) 266

3. Daya Dukung Lingkungan dalam Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah

Agus Sugiri PEMBUATAN MESIN PENYANGRAI KACANG TANAH UNTUK MENINGKATKAN PENDAPATAN MASYARAKAT DESA MUTARALAM KECAMATAN WAY TENONG KABUPATEN LAMPUNG BARAT 275

Ahmad Zaenudin PENCITRAAN RESISTIVITAS BAWAH PERMUKAAN UNTUK MONITORING BADAN JALAN LINTAS SUMATERA –LAMPUNG SELATAN 281

Ahmad Zakaria SIMULASI WAKTU PERAMBATAN DAN TINGGI GELOMBANG TSUNAMI AKIBAT MELETUSNYA GUNUNG ANAK KRAKATAU 289

Bagus Sapto Mulyatno PENENTUAN *AQUIFER* AIR TANAH DI DAERAH LAMPUNG TENGAH DENGAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS 298

Citra Dewi PERANAN INFRASTRUKTUR DATA SPASIAL NASIONAL DALAM Mendukung KEGIATAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN 304

Citra Persada PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR TERPADU DALAM PENGEMBANGAN WILAYAH METROPOLITAN BANDARLAMPUNG YANG BERKELANJUTAN 309

Dwi Joko Winarno KAJIAN HIDRO-OSEANOGRAFI PASANG SURUT DAN ARUS PASANG SURUT DALAM PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR PELABUHAN DI TELUK LAMPUNG 323

Dyah Indriana Kusumastuti SIGNIFIKANSI ANALISIS HIDROLOGI DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DAN PENGEMBANGAN WILAYAH DI PROVINSI LAMPUNG 333

Laksmi Irianti	PERBANDINGAN KETAHANAN SULFAT PADA BETON YANG MENGGUNAKAN SEMEN PCC DENGAN BETON YANG MENGGUNAKAN SEMEN OPC+ FLY ASH	342
Lilies Widodojoko	MEKANISME PENYUSUTAN DAN PENGARUH <i>SET ACCELERATOR</i> PADA BETON TEMBAK	350
Muhammad Jafri	PENGARUH WAKTU PERENDAMAN PADA STABILISASI MENGGUNAKAN ABU GUNUNG MERAPI TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG ORGANIK	360
Muh Sarkowi	ANALISA KESTABILAN DAERAH RENCANA JEMBATAN SELAT SUNDA BERDASRKAN DATA GEOLOGI, GEOFISIKA DAN SEISMOLOGI	370
Nur Arifaini	KONSTRUKSI SLAB BETON SEBAGAI PELAPIS KEDAP AIR PADA TANAH DASAR JALAN KERETA API UNTUK MENCEGAH TERJADINYA MUD PUMPING	377
Pio Ranap Tua Naibaho	PERILAKU PERBAIKAN STRUKTUR BALOK KANTILEVER AKIBAT <i>OVERLOADING</i> DENGAN MENGGUNAKAN <i>CARBON FIBRE REINFORCED PLATE CROSS</i>	385
Ratna Widyawati	PERKUATAN STRUKTUR BETON AKIBAT ALIH FUNGSI BANGUNAN DENGAN MENGGUNAKAN BAJA STRIP	401
Rustadi	GEOLOGI BATUAN DAERAH TELUK LAMPUNG DAN KONSEKUENSI TERHADAP BAHAYA KEGEMPAAN	411
Siti Nurul Khotimah	DESAIN OPTIMAL DRAINASE PERKOTAAN YANG BERKELANJUTAN	416
Suharno	RESIKO GEMPA BUMI DI PROVINSI LAMPUNG	430
Suharno	HIDUP NYAMAN DI LOKASI BERPOTENSI GEMPA BUMI TINGGI	440

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : **Simulasi waktu perambatan dan tinggi gelombang tsunami akibat meletusnya gunung anak Krakatau.**
(http://staff.unila.ac.id/ahmadzakaria/files/2013/01/paper-az-mts-2012_2a.pdf)

Penulis : Ir. Ahmad Zakaria, Ph.D.

NIP : 19670514 199303 1002

Instansi : Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Publikasi : Prosiding Seminar Nasional Magister Teknik Sipil Universitas Lampung. Pengembangan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah (3 Mei 2012).
: ISBN: 978-602-19441-1-0
Volume 1, Halaman 289 – 297, 3 Mei 2012

Penerbit : Sekretariat Magister Teknik Sipil, Gedung E Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro 1, Bandar Lampung 35145. Telepon (0721) 704947, Fax (0721) 704947, ext 225

Bandar Lampung, 12 Februari 2012

Mengetahui,
Pembantu Dekan I Fakultas Teknik
Universitas Lampung

Penulis,



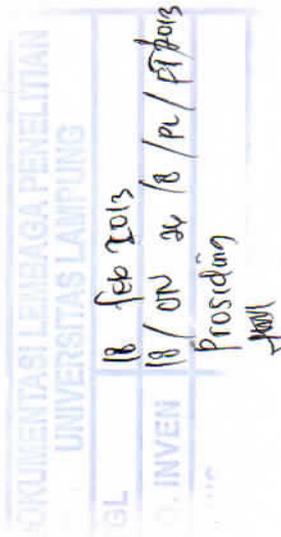
Helmy
Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 19750928 200112 1002

Ahmad Zakaria

Ir. Ahmad Zakaria, Ph.D.
NIP. 19670514 199303 1002

Menyetujui:
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Lampung

Admi Svarif
Dr. Eng. Admi Svarif,
NIP. 19670103 199203 1003



SIMULASI WAKTU PERAMBATAN DAN TINGGI GELOMBANG TSUNAMI AKIBAT MELETUSNYA GUNUNG ANAK KRAKATAU

Ahmad Zakaria¹ Kartini Susilowati²

1. Laboratorium Hidrolika dan Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Sipil,
Fakultas Teknik, Universitas Lampung,
Bandar Lampung, Indonesia, 35145
e-mail:ahmadzakaria@unila.ac.id
2. Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

Abstrak

Model numerik perambatan gelombang panjang digunakan untuk memodelkan perambatan gelombang tsunami, baik yang disebabkan oleh gempa tektonik maupun gempa vulkanik atau akibat meletusnya gunung berada di laut. Pada penelitian ini dipresentasikan simulasi perambatan gelombang tsunami akibat meletusnya gunung anak Krakatau dengan kekuatan yang sama dengan kekuatan Krakatau tahun 1883. Diasumsikan sumber tsunami sama dengan lokasi gunung anak Krakatau sekarang. Dari lokasi tersebut gelombang tsunami merambat menuju pantai Provinsi Lampung. Persamaan gelombang panjang non linier dua dimensi (2-D) dengan solusi pendekatan beda hingga metode eksplisit (*explicit finite-difference method*) dapat dipergunakan untuk mensimulasikan perambatan gelombang tsunami. Gelombang tsunami setinggi lebih dari 12 meter dapat mencapai lokasi rencana pembangunan Jembatan Selat Sunda dalam waktu 35 menit.

Kata kunci : *gelombang panjang, pendekatan beda hingga, anak Krakatau*

1. PENDAHULUAN

Provinsi Lampung merupakan provinsi dimana wilayahnya dekat dengan Gunung Anak Krakatau. Karenanya pesisir pantai Provinsi Lampung rawan terhadap bencana tsunami, apabila Gunung Anak Krakatau meletus seperti 125 tahun yang lalu. Bencana tsunami juga pernah dialami oleh masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir pantai provinsi Lampung, akibat meletusnya Gunung Krakatau pada tanggal 26-27 Agustus 1883, yang menelan korban jiwa lebih kurang 36.000 orang. Saat kejadian, tinggi muka air laut di wilayah pantai kota Bandar Lampung dapat mencapai 22 meter (Mahi dan Zakaria, 2008). Oleh karena itu kemungkinan terulangnya kejadian tsunami seperti di tahun 1883 silam adalah sangat mungkin karena, sejak tahun 1927 sampai tahun 2005, yaitu selama 75 tahun ketinggian Gunung Anak Krakatau ini sudah mencapai 315 meter. Selain itu, tanggal 26 Oktober 2007, badan PVBMG pernah menetapkan kondisi gunung ini dalam status Siaga/level III, hal ini karena kondisi aktivitas vulkaniknya cukup tinggi. Ini menunjukkan bahwa resiko akan meletusnya gunung ini dalam waktu dekat adalah mungkin (Mahi dan Zakaria, 2008). Akan tetapi karena tuntutan perkembangan kota dan provinsi di Sumatra pada umumnya dan Lampung pada khususnya, pembangunan Jembatan Selat Sunda (JSS) perlu dilakukan secepatnya. Sehingga, informasi tinggi dan waktu perambatan gelombang tsunami untuk mengukur resiko bencana terhadap konstruksi jembatan perlu diketahui.

Untuk dapat memperkirakan resiko tsunami bila Gunung Anak Krakatau meletus dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan mensimulasikan gelombang tsunami secara numerik. Pemodelan simulasi gelombang tsunami sudah banyak dilakukan peneliti, baik akibat gempa vulkanik maupun tektonik. Untuk dapat pemodelan tsunami sudah

pernah dilakukan oleh Goto dan Shuto (1983), Goto dan Ogawa (1992), Kowalik dan Murty (1993), Marchuk dkk (2001), Horrillo dkk (2004, 2006), Watts dkk (2003, 2005), Shigihara dkk (2005), Kowalik dan Proshutinsky (2006). Untuk pemodelan tsunami akibat gempa vulkanik juga pernah dilakukan, antara lain oleh Kawamata dkk (1993) Hantoro dkk (2007). Disini Hantoro dkk (2007) melakukan pengkajian ulang peristiwa tsunami yang ditimbulkan akibat Krakatau tahun 1883. Dalam pemodelan simulasi tsunami persamaan hidrodinamik dengan pendekatan eksplisit beda hingga akurasi order 2 dipergunakan.

Pada penelitian ini, persamaan perambatan gelombang panjang non linier dua dimensi (2-D) dikembangkan untuk mensimulasikan perambatan gelombang permukaan di laut dangkal. Simulasi numerik dari perambatan gelombang non linier dua dimensi (2-D) juga dipergunakan Kreyszig (1993). Pada penelitiannya Kreyszig (1993) mendiskusikan masalah perambatan gelombang satu dimensi. Pembahasan lain mengenai perambatan gelombang non linier dua dimensi juga dipresentasikan oleh Horrillo dkk (2006) yang mempelajari masalah dispersi dari run up gelombang dua dimensi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang dipergunakan di dalam studi ini adalah dengan menggunakan pendekatan numerik. Dengan pendekatan numerik, biaya yang dibutuhkan menjadi lebih murah dibandingkan menggunakan pemodelan fisik.

Pada penelitian ini, persamaan gelombang panjang non linier dua dimensi (2-D) diaplikasikan untuk memodelkan perambatan gelombang tsunami ini sama dengan yang dipergunakan Kreyszig (1993) dan Horrillo dkk (2006).

Untuk mensimulasikan perambatan gelombang non linier dua dimensi (2-D), persamaan momentum gerak gelombang permukaan dan persamaan kontinuitas dapat dipresentasikan sebagai berikut,

a. Persamaan momentum,

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - r.u.f \quad (\text{Pers. 1})$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial y} + u \frac{\partial v}{\partial x} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} - r.v.f \quad (\text{Pers. 2})$$

b. Persamaan kontinuitas

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = - \frac{\partial(Du)}{\partial x} - \frac{\partial(Dv)}{\partial y} \quad (\text{Pers. 3})$$

Dimana:

$$f = \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{D}$$

η = elevasi dari permukaan air

r = koefisien gesek = 0.025

- h = kedalaman air
 u = kecepatan gelombang arah x
 v = kecepatan gelombang arah y
 g = percepatan gravitasi
 D = kedalaman air total
 $D = h + \eta$
 Δt = step waktu = 0,01 detik
 $\Delta x = \Delta y = \text{grid ruang} = 850 \text{ meter}$

Solusi dari persamaan perambatan gelombang non linier dua dimensi yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah menggunakan pendekatan beda hingga metode eksplisit. Dengan metode ini, pendekatan dilakukan menggunakan akurasi orde dua sebagai berikut,

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u_{i,j}^{k+1} - u_{i,j}^k}{\Delta t} \quad (\text{Pers. 4})$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} = u_{i,j}^k \left(\frac{u_{i+1,j}^k - u_{i,j}^k}{\Delta x} \right) \quad (\text{Pers. 5})$$

$$v \frac{\partial u}{\partial y} = v_{i,j}^k \left(\frac{u_{i,j+1}^k - u_{i,j}^k}{\Delta y} \right) \quad (\text{Pers. 6})$$

$$g \frac{\partial \eta}{\partial x} = g \left(\frac{\eta_{i+1,j}^k - \eta_{i,j}^k}{\Delta x} \right) \quad (\text{Pers. 7})$$

$$r.u.f = r.u_{i,j}^k \cdot \frac{\sqrt{(u_{i,j}^k)^2 + (v_{i,j}^k)^2}}{D_{i,j}^k} \quad (\text{Pers. 8})$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{v_{i,j}^{k+1} - v_{i,j}^k}{\Delta t} \quad (\text{Pers. 9})$$

$$v \frac{\partial v}{\partial y} = v_{i,j}^k \left(\frac{v_{i,j+1}^k - v_{i,j}^k}{\Delta y} \right) \quad (\text{Pers. 10})$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} = u_{i,j}^k \left(\frac{v_{i+1,j}^k - v_{i,j}^k}{\Delta x} \right) \quad (\text{Pers. 11})$$

$$g \frac{\partial \eta}{\partial y} = g \left(\frac{\eta_{i,j+1}^k - \eta_{i,j}^k}{\Delta y} \right) \quad (\text{Pers. 12})$$

$$r.v.f = r.v_{i,j}^k \cdot \frac{\sqrt{(u_{i,j}^k)^2 + (v_{i,j}^k)^2}}{D_{i,j}^k} \quad (\text{Pers. 13})$$

$$D_{i,j}^k = h_{i,j} + \eta_{i,j}^k \quad (\text{Pers. 14})$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{\eta_{i,j}^{k+1} - \eta_{i,j}^k}{\Delta t} \quad (\text{Pers. 15})$$

$$\frac{\partial(Du)}{\partial x} = D_{i,j}^k \left(\frac{u_{i,j}^k - u_{i-1,j}^k}{\Delta x} \right) + u_{i,j}^k \left(\frac{D_{i,j}^k - D_{i-1,j}^k}{\Delta x} \right) \quad (\text{Pers. 16})$$

$$\frac{\partial(Dv)}{\partial y} = D_{i,j}^k \left(\frac{v_{i,j}^k - v_{i,j-1}^k}{\Delta y} \right) + v_{i,j}^k \left(\frac{D_{i,j}^k - D_{i,j-1}^k}{\Delta y} \right) \quad (\text{Pers. 17})$$

Pada kenyataannya perambatan gelombang permukaan sebenarnya dibatasi suatu batas yang secara fisik tidak nyata. Ini disebut sebagai *non physical boundaries* atau sering disebut dengan batas terbuka (*open boundaries*). Untuk mensimulasikan perambatan gelombang yang dapat melewati batas tersebut, manipulasi persamaan matematika dipergunakan. Persamaan ini dimaksudkan untuk menghilangkan refleksi gelombang pada batas tersebut. Untuk itu sejumlah teknik dikembangkan, dimana masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan.

Pada penelitian ini, metode kondisi batas yang dipergunakan adalah kondisi batas metode *transparent boundaries*. Kondisi batas dimaksudkan untuk mereduksi gelombang yang merambat melewati batas domain perhitungan numeriknya karena pada batas tersebut refleksi gelombang tidak diperkenankan. Persamaan yang dipergunakan untuk kondisi batas sebagaimana diperkenalkan Reynolds (1978),

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + c \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0 \quad (\text{Pers. 18})$$

Menggunakan Persamaan (18), refleksi gelombang dari perhitungan numerik dapat direduksi. Dengan mempergunakan persamaan gelombang panjang non linier dan metode kondisi batas transparan Reynolds (1978), perambatan gelombang.

Setting Model

Sumber gelombang berupa gelombang titik, ini berupa gelombang tunggal. Ricker wavelet dipergunakan sebagaimana sumber gelombang tsunami (Zakaria, 2003). Pada penelitian ini, untuk memodelkan perambatan gelombang, dipergunakan skenario seperti dipresentasikan dalam peta (lihat Gambar 1). Skema numerik yang dipergunakan untuk mensimulasikan perambatan gelombang tsunami akibat meletusnya gunung anak Krakatau adalah sebagaimana dipresentasikan dalam Gambar 1. Bathymetri yang dipergunakan untuk simulasi numerik diambil dari GEBCO, dimana data mempunyai akurasi 30 detik (0,5 menit) dengan lebar grid $\Delta x = \Delta y = 850$ meter. Dimana lokasi gunung anak Krakatau diasumsikan sama dengan lokasi sumber gelombang tsunami, yaitu pada posisi $6^{\circ}06'00''$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}24'00''$ Bujur Timur. Tinggi gelombang pada posisi tersebut diasumsikan 200 meter. Prediksi kejadian meletusnya gunung anak Krakatau mempunyai kekuatan yang sama dengan dengan tinggi gelombang pada kejadian meletusnya gunung Krakatau tahun 1883. Untuk jumlah grid dari $5^{\circ}20'24''$ Lintang Selatan s/d $6^{\circ}42'30''$ Lintang Selatan, $105^{\circ}19'30''$ Bujur Timur s/d $106^{\circ}09'00''$ Bujur Timur di dalam model ini banyaknya adalah 181×181 grid.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

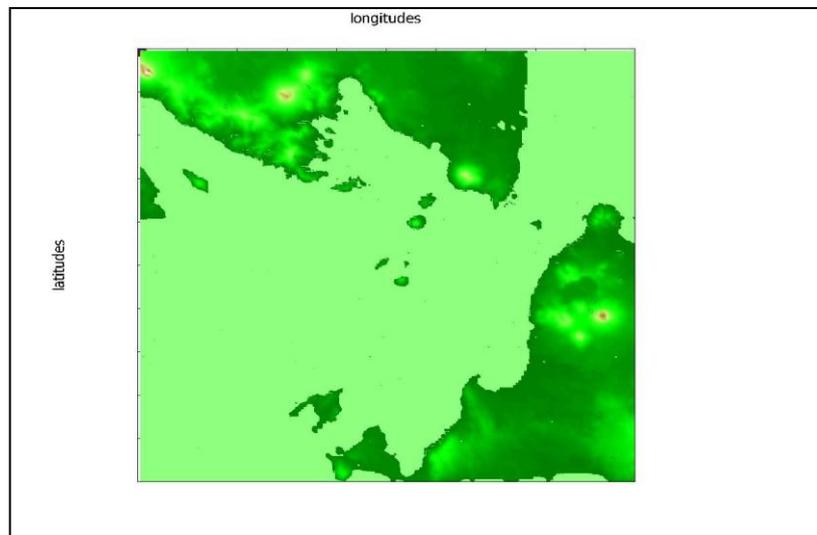
Hasil dari penelitian ini dipresentasikan dalam bentuk perambatan gelombang tsunami pada waktu perambatan t sama dengan 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, dan 80 menit sebagaimana dipresentasikan seperti dalam Gambar 1, Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. Hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh Hantoro dkk (2007) dan Zakaria (2009) adalah berupa waktu perambatan gelombang tsunami akibat meletusnya gunung Krakatau seperti dalam Tabel 1 berikut,

Tabel 1. Waktu perambatan gelombang tsunami

Lokasi	Hantoro dkk (2007)	Zakaria (2009)	Hasil Penelitian
Teluk Betung	79 menit	83 menit	
Merak	52 menit	58 menit	
Lokasi JSS	-	-	35 menit

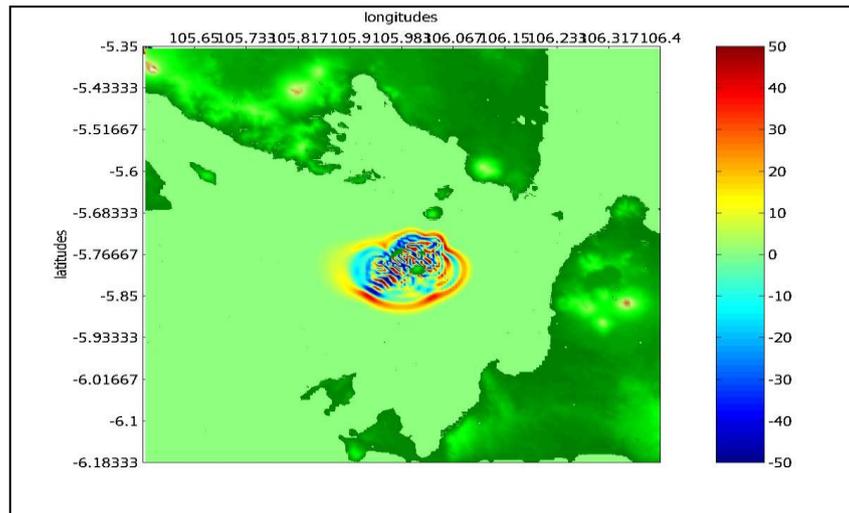
Dari hasil penelitian ini juga didapat bahwa tinggi gelombang tsunami pada lokasi rencana pembangunan Jembatan Selat Sunda dapat mencapai tinggi lebih dari 12 meter dengan waktu perambatan 35 menit.

Peta situasi perambatan gelombang tsunami dapat dilihat pada Gambar 1 berikut,

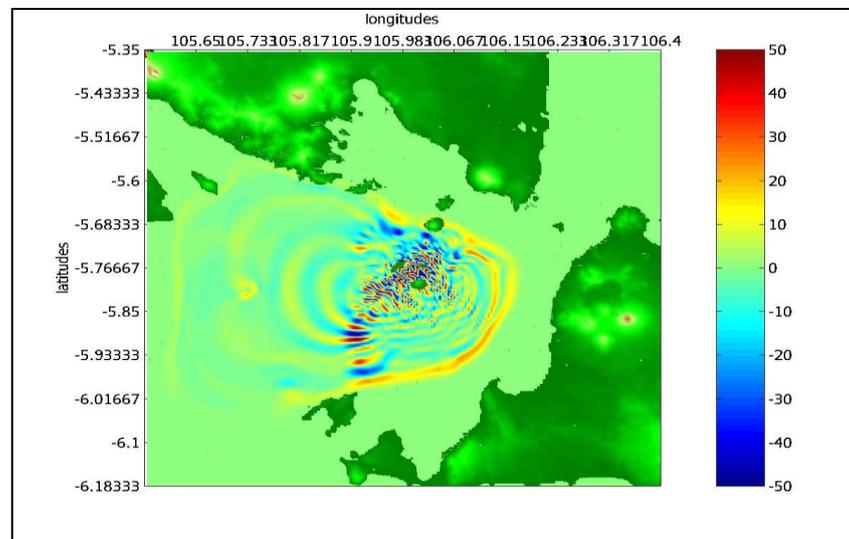


Gambar 1. Peta situasi daerah perambatan gelombang tsunami

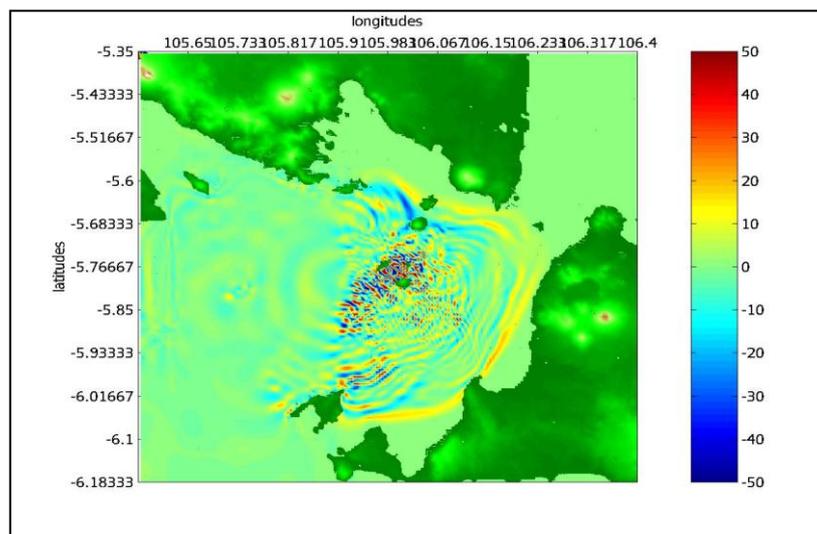
Gambar perambatan gelombang tsunami untuk waktu perambatan (t) sama dengan 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 menit dapat dilihat pada Gambar 2 s/d Gambar 8 berikut,



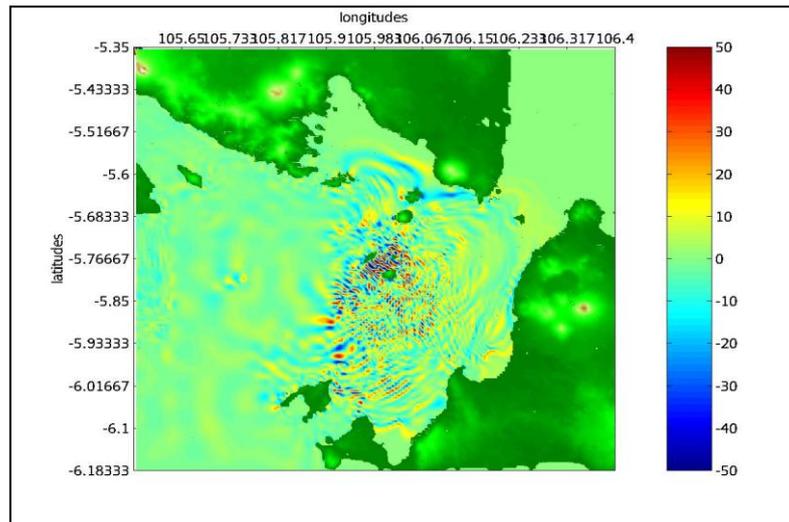
Gambar 2. Perambatan gelombang tsunami pada waktu $t = 10$ menit.



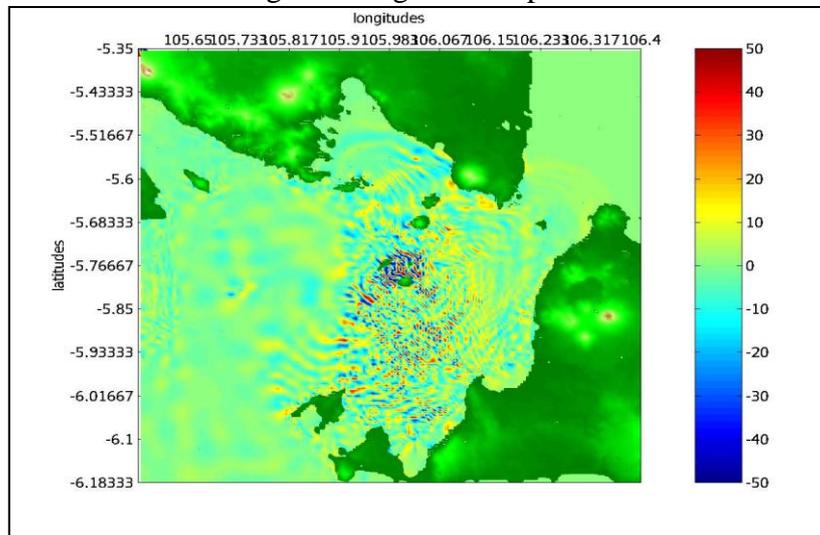
Gambar 3. Perambatan gelombang tsunami pada waktu $t = 20$ menit.



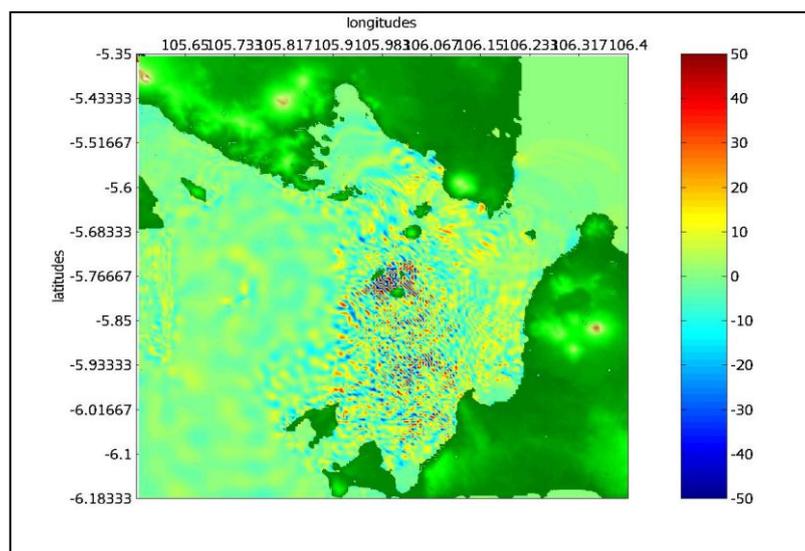
Gambar 4. Perambatan gelombang tsunami pada waktu $t = 30$ menit.



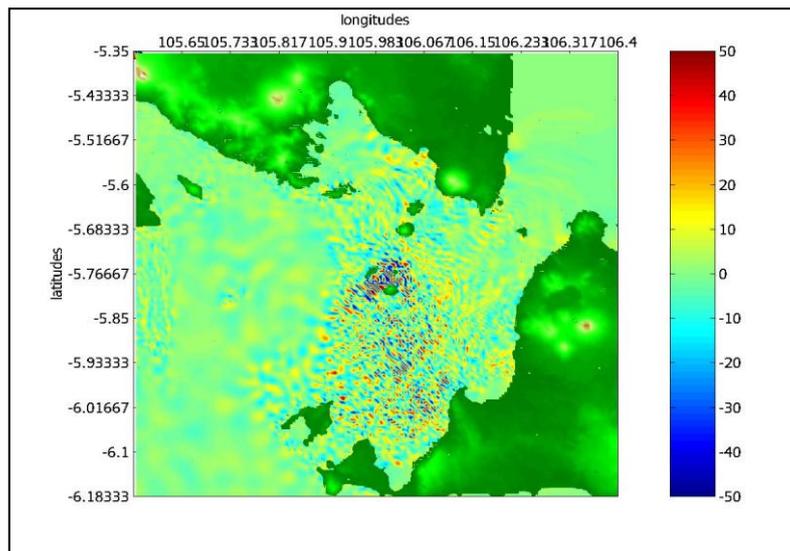
Gambar 5. Perambatan gelombang tsunami pada waktu $t = 40$ menit.



Gambar 6. Perambatan gelombang tsunami pada waktu $t = 50$ menit.



Gambar 7. Perambatan gelombang tsunami pada waktu $t = 1$ jam.



Gambar 8. Perambatan gelombang tsunami pada waktu $t = 1$ jam 20 menit.

Berdasarkan hasil penelitian yang dipresentasikan Gambar 2 sampai dengan Gambar 8 menunjukkan perambatan gelombang tsunami untuk setiap waktu t mulai dari 10 menit sampai dengan 80 menit. Dari penelitian dihasilkan 100 gambar simulasi perambatan gelombang tsunami, tetapi yang dipresentasikan dalam penelitian ini adalah hanya 8 gambar saja. Sumber gelombang yang dipergunakan untuk mensimulasikan letusan gunung anak Krakatau adalah berupa sumber gelombang titik dengan tipe Ricker wavelet. Signal atau gelombang yang disimulasikan ini adalah merupakan gelombang tunggal. Dengan menggunakan Ricker wavelet, gelombang yang dihasilkan lebih halus bila dibandingkan dengan gelombang sinus. Dari posisi koordinat $6^{\circ}06'00''$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}24'00''$ Bujur Timur, gelombang tsunami dengan ketinggian 200 meter merambat ke pantai provinsi Lampung. Dalam perambatannya gelombang terhalang oleh pulau-pulau disekitarnya, sehingga gelombang tsunami yang merambat terdispersi. Warna merah dengan skala maksimum 50 dan warna biru dengan skala minimum 50 menunjukkan maksimum dan minimum amplitudo gelombang tsunami, sedangkan warna hijau menunjukkan topografi atau ketinggian permukaan tanah.

Hasil penelitian yang dilakukan Hantoro dkk (2007) dan Zakaria (2009) ini dibandingkan dan menunjukkan bahwa waktu perambatan gelombang tsunami, yang mempresentasikan waktu perambatan gelombang tsunami mencapai pantai provinsi Lampung dan provinsi Banten menunjukkan kecocokan dan ini dipresentasikan dalam Tabel 1. Hasil penelitian ini dibandingkan dengan penelitian di atas dan ini menunjukkan bahwa gelombang setinggi lebih dari 12 meter merambat dan membutuhkan waktu 35 menit untuk mencapai lokasi tempat direncanakannya pembangunan JSS.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa gelombang tsunami dengan tinggi 12 meter dapat mencapai lokasi rencana JSS dalam waktu 35 menit. Persamaan gelombang panjang non linier dua dimensi dan dengan pendekatan beda hingga dapat dipergunakan untuk mensimulasikan perambatan gelombang tsunami akibat meletusnya gunung anak Krakatau.

DAFTAR PUSTAKA

- Goto, C. dan Shuto, 1983, Numerical simulation of tsunami propagations and run-up, In *Tsunami-Their Science and Engineering*, edited by K. Iida and T. Iwasaki, pp. 439-451. Terra Scientific Publ. Comp.; Tokyo.
- Goto, C. dan Ogawa, Y., 1992, Numerical method of tsunami simulation with leap-frog scheme, Disaster Control Research Center, Tohoku University.
- Horrillo J. J., Kowalik, Z. and Kornkven, E., 2004, The third international workshop on long-wave runup models, report.
- Horrillo, J., Kowalik, Z. Shigihara, Y., 2006, Wave dispersion study in the Indian Ocean tsunami of December 26, 2004, *Marine Geodesy*, Vol. 29, pp.149-166.
- Hantoro, W. S., Latief, H., Susilohadi, and Airlangga, A.Y., 2007, Volcanic tsunami of Krakatau: chronology model and its mitigation in Sunda Strait, *Proceedings of International Symposium on Geotechnical Hazards: Prevention, Mitigation and Engineering Response*. pp.331-354.
- Kreyszig, E., 1993, *Advanced Engineering Mathematics*, John Wiley & Sons, Inc. Singapore.
- Kowalik, Z., Proshutinsky T. dan Proshutinsky, A., 2006, Tide-tsunami interactions, *Science of Tsunami Hazards*, Vol. 24, No. 4, pp.242-256.
- Kowalik, Z. and Murty, T. S., 1993, Numerical simulation of two-dimensional tsunami runup, *Marine Geodesy*, Vol.16, pp.87-100.
- Mahi, A. K., Zakaria, A., 2008, Rencana strategis dan rencana aksi mitigasi bencana Kota Bandar Lampung, Laporan Proyek, DKP Profinsi Lampung, 156 hal.
- Marchuk, Andrei J. dan Anisimov, A., 2001, A method for numerical modeling run-up on the coast of an arbitrary profile, *ITS 2001 Proceedings*, Session 7, Number 7-27.
- Reynold, A. C., 1978, Boundary conditions for the numerical solution of wave propagation problems, *Geophysics* 43(6), pp 1099-1110.
- Shigihara, Y., K. Fujima, M. Homma and K. Saito, 2005, Numerical methods of linear dispersive wave equation for the practical problems, *Asian and Pacific Coasts*, Sept.4-8, Jeju, South Korea, pp.14.
- Watts, P Grill, S.T., Kirby, J. T., Fryer G. J., and Tappin, D. R., 2003, Landslide., tsunami case studies using a Boussinesq model and a fully nonlinear tsunami generation model, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 3, pp.391-402.
- Watts, P., Ioualalen, M., Grill, S., Shi, F. dan Kirby, J. T., 2005, Numerical simulation of December 26, 2004 Indian Ocean tsunami using higher order Boussinesq model, *Ocean waves measurement and analysis*, Fifth International Symposium WAVES 2005, 3rd July, 2005, Madrid, Spain, No. 221.
- Zakaria, A. 2009, Simulasi perambatan gelombang tsunami akibat meletusnya gunung anak Krakatau, *Seminar Sains MIPA Aplikasinya*, FMIPA UNILA, 16 - 17 November 2009, pp. 235-246.
- Zakaria, A., 2003, Numerical modelling of wave propagation using higher order finite-difference formulas, Thesis (Ph.D), Curtin University of Technology, Perth, W.A.