

**PEMODELAN TSUNAMI BERDASARKAN *SEISMIC GAP*
DAN PERHITUNGAN ENERGI POTENSIAL (STUDI
KASUS : PESISIR JAWA BARAT DAN SEKITARNYA)**

(Skripsi)

Oleh

MUCHAMMAD FARIZI



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2019**

ABSTRACT

TSUNAMI MODELING BASED ON SEISMIC GAP AND CALCULATION OF POTENTIAL ENERGY (STUDY CASE: COASTAL JAVA WEST AND SURROUNDING)

By

MUCHAMMAD FARIZI

The Pangandaran earthquake and tsunami that occurred on 17 July 2006 was the source of energy release in the subduction zone of Java. A similar earthquake and tsunami also occurred in the Pancer region of East Java. In general it can be said that the Java subduction zone segment which has not released its accumulated tectonic energy is a potential source of earthquake and tsunami in the future, which is a seismic gap zone. The purpose of this study is (i) Calculating seismic potential energy in each seismic gap zone based on 2007 Natawidjaja research; (ii) Determine the tendency of types of faults that occur in the study area; (iii) Making a tsunami simulation based on the calculation of potential energy; iv) Analyze tsunami simulations and areas affected by maximum tsunami wave heights. From the results of the tsunami simulation the highest maximum tsunami wave height was obtained in the simulation of GAP 1, which is 8 meters in scenario 1. And in the simulation of GAP 2 it reached 10.3 meters in scenario 1. The areas affected by the maximum height in the GAP 1 tsunami simulation are Ciletuh Bay and Jayagiri Village, while the GAP 2 tsunami simulations are Pangandaran, Turtle Bay, and Ambal District. From the results of tsunami simulations GAP 1 and GAP 2 in the three scenarios show the pattern of changes in the maximum height of the tsunami waves which decreases with the depth of the earthquake. The shallower the earthquake the greater the height of the tsunami waves produced.

Keywords: *Seismic Gap*, The Maximum Height of Tsunami Waves and Potential Energy.

ABSTRAK

PEMODELAN TSUNAMI BERDASARKAN *SEISMIC GAP* DAN PERHITUNGAN ENERGI POTENSIAL (STUDI KASUS : PESISIR JAWA BARAT DAN SEKITARNYA)

Oleh
Muchammad Farizi

Gempa dan tsunami Pangandaran yang terjadi pada 17 juli 2006 sumbernya adalah pelepasan energi di zona subduksi Jawa. Gempa dan tsunami yang serupa juga pernah terjadi di wilayah Pancer Jawa Timur. Secara umum dapat dikatakan bahwa segmen zona subduksi Jawa yang belum melepaskan akumulasi energi tektoniknya merupakan sumber gempa dan tsunami yang potensial di masa mendatang, yakni merupakan zona *seismic gap*. Tujuan penelitian ini yaitu (i) Menghitung energi potensial kegempaan pada masing – masing zona *seismic gap* yang berdasarkan penelitian Natawidjaja 2007; (ii) Menentukan kecenderungan jenis sesar yang terjadi di wilayah penelitian; (iii) Membuat simulasi tsunami berdasarkan hasil perhitungan energi potensial; (iv) Menganalisis simulasi tsunami dan daerah yang terdampak ketinggian maksimum gelombang tsunami. Dari hasil simulasi tsunami didapatkan ketinggian maksimum gelombang tsunami tertinggi pada simulasi GAP 1 yaitu 8 meter pada skenario 1. Dan pada simulasi GAP 2 mencapai 10.3 meter pada skenario 1. Daerah terdampak dengan ketinggian maksimum pada simulasi tsunami GAP 1 yaitu Teluk Ciletuh dan Desa Jayagiri, Sedangkan pada simulai tsunami GAP 2 yaitu Pangandaran, Teluk Peny, dan Kecamatan Ambal. Dari hasil simulasi tsunami GAP 1 dan GAP 2 pada ketiga skenario menunjukkan pola perubahan ketinggian maksimum gelombang tsunami yang semakin menurun seiring dengan kedalaman gempanya. Semakin dangkal gempa semakin besar ketinggian gelombang tsunami yang dihasilkan.

Kata Kunci: *Seismic Gap*, Ketinggian Maksimum Gelombang Tsunami dan Energi potensial

**PEMODELAN TSUNAMI BERDASARKAN *SEISMIC GAP* DAN
PERHITUNGAN ENERGI POTENSIAL (STUDI KASUS : PESISIR
JAWA BARAT DAN SEKITARNYA)**

Oleh

Muchammad Farizi

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PEMODELAN TSUNAMI BERDASARKAN SEISMIC GAP DAN PERHITUNGAN ENERGI POTENSIAL (STUDI KASUS : PESISIR JAWA BARAT DAN SEKITARNYA)**

Nama Mahasiswa : **Muhammad Farizi**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415051043

Program Studi : Teknik Geofisika

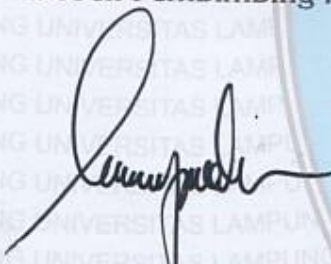
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

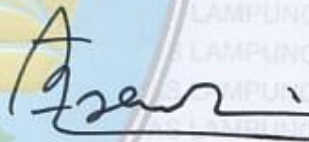
1. Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

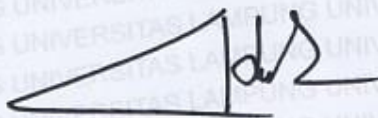


Karyanto, S.Si., M.T.
NIP. 19691230 199802 1001



Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP. 19720928 199903 1001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika



Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP. 19750911 200012 1002

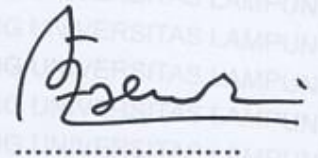
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji


Ketua : Karyanto, S.Si., M.T.



Sekretaris : Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**



Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, B.Sc., M.Sc., Ph.D., IPU.
NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Agustus 2019

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Agustus 2019



Muchammad Farizi

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi, Lampung Utara, Lampung pada Tanggal 14 Agustus 1996, anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Nopal Yazid dan Ibu Patma Hidayat.

Penulis mengawali pendidikan di TK Muslimin Kotabumi pada tahun 2001 dan melanjutkan ke SDN 4 Tanjung Aman Kotabumi pada tahun 2002, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama di SMPN 1 Kotabumi pada tahun 2008, dan kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah atas di SMAN 3 Kotabumi pada tahun 2011.

Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Reguler Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di berbagai organisasi, penulis terdaftar sebagai Anggota Sosial Budaya Masyarakat di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika “Bhuwana” (HIMA TG BHUWANA) pada tahun 2015-2017. Penulis juga terdaftar sebagai Staf Ahli dalam Dinas Sosial dan Politik di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) Universitas Lampung pada tahun 2015-2018. Penulis juga terdaftar sebagai Kepala Bidang Sosial Masyarakat di Ikatan Mahasiswa Lampung Utara (IKAM LAMPURA) pada tahun 2016-2017.

Pada Bulan Februari – Maret 2017 penulis melakukan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Stasiun BMKG Kotabumi, Lampung Utara dengan tema : “**Studi B-value Untuk Analisis Seismisitas Berdasarkan Data Gempabumi Periode 1985-2014 Wilayah Lampung**”. Pada Bulan Januari – Maret 2018 penulis melakukan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pardawaras, Kec. Semaka, Kab. Tanggamus. Pada Bulan Agustus – Oktober 2018 penulis melaksanakan Tugas Akhir di Stasiun BMKG Kotabumi, Lmapung Utara, Lampung dengan tema: “**Pemodelan Tsunami Berdasarkan *Seismic Gap* dan Perhitungan Energi Potensial (Studi Kasus : Pesisir Jawa Barat dan Sekitarnya)**”

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahilalamin

Karyaku ini kupersembahkan untuk kedua orangtuaku, Bapak dan Ibukku yang sangat aku sayangi, terimakasih atas doa dan kebaikan yang tidak pernah berhenti senantiasa selalu diberikan kepadaku, segala cinta kasih dan sayang yang tidak pernah pudar ini, semuanya akan selalu aku ingat sampai kapanpun, hingga saat raga ini tak mampu lagi untuk mengingat...

Aku sangat menyayangi kalian

Juga untuk kedua adikku Balqis dan Ipa, terimakasih atas segala bentuk dukungan yang kalian berikan

MOTTO

“Barang siapa beriman kepada Alloh dan Hari Akhir, maka hendaklah ia berkata
baik atau diam”
Nabi Muhammad S.A.W

“Terbentur, Terbentur, Terbentur, TERBENTUK!”
Tan Malaka

“Hidup itu seperti sepeda, agar tetap seimbang kau harus terus bergerak”
Albert Einstein

“If you don’t take risks, you can’t create a future”
Monkey D Luffy

“Life’s about making choices, some will be good choices, some will be bad. But
every choices you make, shapes your future”
Muchammad Farizi

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah S.W.T yang telah melimpahkan segala rezeki, petunjuk, dan ilmu kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pemodelan Tsunami Berdasarkan Seismic Gap dan Perhitungan Energi Potensial (Studi Kasus : Pesisir Jawa Barat dan Sekitarnya)**”. Skripsi ini merupakan hasil dari Tugas Akhir yang penulis laksanakan di BMKG Kotabumi, Lampung Utara.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan bermanfaat untuk penambahan ilmu dimasa yang akan datang. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Karenanya, atas segala kekurangan dan ketidaksempurnaan skripsi ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun kearah perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Demikian kata pengantar ini, semoga penelitian ini dapat bermanfaat untuk masa kini dan mendatang.

Penulis

Muchammad Farizi

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena atas bantuan, rahmat, dan karunia-Nya skripsi ini dapat penulis selesaikan. Sholawat dan salam semoga tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad Sallallahu'alaihi Wasallam.

Penulis tidak lupa mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah berkenan memberikan bantuan berupa ilmu, pengarahan dan semangat.

Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. **Mamak dan Buyah**, kedua orangtuaku tercinta yang selama ini menjadi motivasi terbesarku untuk menyelesaikan pendidikan ini. Terimakasih atas segala dukungan yang diberikan kepadaku selama ini, semoga kita diberikan umur yang panjang dalam kesehatan dan kebahagiaan agar bersama - sama kita dapat menikmati kebrhasilanku.
2. **Balqis dan Ipa**, kedua adikku terimakasih untuk waktu dan tenaga yang kalian luangkan saat bersama. Semoga kita dapat membahagiakan mamak dan buyah di dunia dan akhirat.
3. **Keluarga besar Abdullah dan Tihang A. Basri**, atas segala dukungan dan doa yang kalian berikan baik secara langsung dan tidak. Doa kalian selama ini adalah salah satu penyebab keberhasilan dalam menyelesaikan kuliah dan skripsi ini.

4. **Bapak Adhi Wibowo, S.T., M.Sc.**, selaku pembimbing sewaktu penelitian di BMKG Kotabumi, terimakasih banyak bapak atas segala ilmu dan saran yang telah diberikan juga kesedian dalam membimbing penulis.
5. **Bapak Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
6. **Bapak Karyanto, S.Si., M.T.**, selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing penulis selama pelaksanaan Tugas Akhir. Terimakasih banyak bapak atas segala kesabaran, waktu, ilmu, motivasi, saran, dan banyak hal lainnya.
7. **Bapak Dr. Ahmad Zaenudin S.Si., M.T.**, selaku dosen pembimbing II atas semua kesabaran, bimbingan, kritikan, saran dan kesedian untuk meluangkan waktu disela-sela kesibukannya.
8. **Bapak Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan nasehat sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
9. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung; **Bapak Prof.Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.**, **Bapak Dr. Muhammad Sarkowi, S.Si., M.Si.**, **Bapak Rustadi, S.Si., M.T.**, **Bapak Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.**, **Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.**, **Bapak Alimuddin Muchtar, S.Si., M.Si.**, **Bapak Rahmad Catur Wibowo, S.T., M.Eng.**, **Bapak I Gede Boy, S.Si., M.Eng.** yang telah memberikan banyak pembelajaran dan bantuan selama menempuh studi di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.

10. Seluruh Staf Tata Usaha Jurusan Teknik Geofisika Unila, **Pak Legino, Mas Pujono, Mbak Dhea, Pak Marsuno dan Mas Dayat** yang telah memberi banyak bantuan dalam proses administrasi.
11. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kotabumi sebagai institusi yang telah memberi kesempatan untuk melaksanakan Tugas Akhir.
12. **Bapak Anton Sugiharto, S.Kom.**, selaku pimpinan BMKG Kotabumi yang telah mengizinkan dan membantu penulis dalam melaksanakan Tugas Akhir.
13. **Mba Ferina, Mas Devid, Pak Tris, Pak Agung, Pak Rudi, Bu Titi** serta seluruh pegawai BMKG Kotabumi yang telah banyak membantu penulis saat melaksanakan Tugas Akhir.
14. **Aulia Huda Pinandita, Delvia Elesta, Desta Amanda, Fitria Purnamasari, Nur Indah Safitri, Pratiwi Ayurizky Partika, Umi Imro'atun Nurdiana, Ummi Hanifah, Alfa Ardes Ardana, Arief Irfan Hutomo, Fajar Izdiharudin Prakasa, Filza Aupar, Gaffar Rifqi Pambudi, Ghiat Malano Surya, Morales Sibarani, Nana Malana, Rahmad Iqbal, Rhaka Sanjaya, Rinaldi Okka Saputra Ahza, Sofyan Frida Yendra, Kak Widya Setyo Aji dan Kak Ryan Tanjung, Aji Wahyu Pulungan**, untuk segala waktu, bantuan, kebersamaan, candaan dan banyak hal. Terimakasih telah berteman baik selama ini. Kalian semua sangat berharga dan tidak akan terlupa, semoga silaturahmi kita dapat selalu terjaga.

15. **Keluarga besar Teknik Geofisika 2014**, yang telah bersama-sama dari awal kita menginjakkan kaki di TG Unila. Terimakasih atas waktu, cerita, kebersamaan, bantuan yang kalian bagikan kepada saya.
16. **Keluarga besar Hima TG Unila.**
17. **Gilang, Noval dan Agung** teman kecil yang sudah besar, yang sudah seperti saudara. Terimakasih rek untuk semua bentuk bantuan dan dukungan yang telah di berikan
18. **Keluarga Besar KOBUM'14** semoga kita selalu berjaya di darat, laut dan udara rek
19. **Abang Ozi, Kak Umi, Adik Vio, Adik Nindi, Bagus, Eki, Nadia, Vita, Nanda, Yunita, Abi, Pindo, Riki, Jaka, Adi, Tiya** terimakasih atas canda dan tawa selama KKN
20. Semua pihak lain yang membantu berkontribusi yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

DAFTAR ISI

	halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
SAMPUL DALAM	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	ix
MOTTO	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xxi
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Lokasi dan Lokasi Penelitian	5
2.2. Geologi Regional	6
2.3. Struktur Regional	6

III. TEORI DASAR

3.1. Gempa Bumi	10
3.2. Teori Tektonik Lempeng.....	12
3.3. Parameter Bidang dan Jenis Sesar	14
3.4. Celah Kegempaan	15
3.5. Energi Gempa Bumi.....	17
3.6. Tsunami.....	18
3.7. Karakteristik Gempabumi Pembangkit Tsunami.....	19
3.8. Sumber Pembangkit Tsunami	20
3.9. Pengukuran Tinggi Tsunami	21
3.10. <i>Theory Shallow Water</i>	21

IV. METODELOGI PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
4.2. Alat dan Bahan.....	23
4.3. Data Penelitian	24
4.4. Pengolahan Data	24
4.5. Diagram Alir	27

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Seismisitas Daerah Penelitian	29
5.2. Celah Kegempaan	30
5.3. Energi Potensial	31
5.4. Peta Pesebaran Focal Mechanism pada Zona Celah Kegempaan.....	32
5.5. Pemodelan Tsunami.....	33
5.5.1 Pemodelan Tsunami akibat Gempabumi pada Zona GAP 1	35
1. Skenario 1(GAP 1)	37
2. Skenario 2(GAP 1)	37
3. Skenario 3(GAP 1)	38
5.5.2 Pemodelan Tsunami akibat Gempabumi pada Zona GAP 2.....	40
1. Skenario 1(GAP 2)	42
2. Skenario 2(GAP 2)	42
3. Skenario 3(GAP 2)	43
5.6. Analisis Simulasi Tsunami	45

5.6.1 Dampak Gelombang Tsunami GAP 1	45
5.6.2 Dampak Gelombang Tsunami GAP 2.....	47
5.6.3 Ketinggian Gelombang Tsunami	49

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan	52
6.2. Saran	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta Tektonik Kepulauan Indonesia (modifikasi dari Inatews.bmkg.go.id)	1
Gambar 2. Peta seismisitas Pulau Jawa (Natawidjaja, 2007)	3
Gambar 3. Lokasi Penelitian di pesisir Jawa Barat dan sekitarnya (Modifikasi dari Natawidjaja, 2007).....	5
Gambar 4. Tektonik pulau Jawa (Natawidjaja, 2007)	7
Gambar 5. Pola Struktur Pulau Jawa (Martodjojo dan Pulunggono, 1994)	9
Gambar 6. Pola patahan dasar (USGS, 1996).....	15
Gambar 7. Peta seismisitas pulau Jawa tahun 1973 – 2007 (Natawidjaja, 2007)	16
Gambar 8. Pergerakan Tsunami (Modifikasi Sugito dan Nanin, 2008)	18
Gambar 9. Kecepatan dan Ketinggian Tsunami tergantung pada Kedalaman Laut (Inatews.bmkg.go.id).....	19
Gambar 10. Pergerakan deformasi lempengan samudra diikuti pergerakan permukaan air laut berdasarkan teori elastisitas Okada (Modifikasi dari JMA, 2007)	20
Gambar 11. Diagram Alir	28

Gambar 12. Peta seismisitas daerah penelitian periode 1900 – 2017 (Modifikasi dari Natawidjaja, 2007).....	29
Gambar 13. Celah kegempaan wilayah penelitian (Modifikasi dari Natawidjaja, 2007).....	30
Gambar 14. Peta persebaran <i>focal mechanism</i> pada zona GAP	33
Gambar 15. Detik pertama perubahan muka air laut setelah gempabumi GAP 1 terjadi, (a) skenario 1, (b) skenario 2, (c) skenario 3	36
Gambar 16. Peta estimasi ketinggian maksimum gelombang tsunami skenario 1 pada simulasi GAP 1	37
Gambar 17. Peta estimasi ketinggian maksimum gelombang tsunami skenario 2 pada simulasi GAP 1	38
Gambar 18. Peta estimasi ketinggian maksimum gelombang tsunami skenario 3 pada simulasi GAP 1	39
Gambar 19. Detik pertama perubahan muka air laut setelah gempabumi GAP 2 terjadi, (a) skenario 1, (b) skenario 2, (c) skenario 3	41
Gambar 20. Peta estimasi ketinggian maksimum gelombang tsunami skenario 1 pada simulasi GAP 2	42
Gambar 21. Peta estimasi ketinggian maksimum gelombang tsunami skenario 2 pada simulasi GAP 2	43
Gambar 22. Peta estimasi ketinggian maksimum gelombang tsunami skenario 3 pada simulasi GAP 2	44
Gambar 23. Peta wilayah terdampak gelombang tsunami GAP 1 berdasarkan skenario 1	46

Gambar 24. Peta wilayah terdampak gelombang tsunami GAP 2 berdasarkan skenario 1	48
Gambar 25. Grafik linier ketinggian gelombang tsunami pada simulasi GAP 1	49
Gambar 26. Grafik linier ketinggian gelombang tsunami pada simulasi GAP 2	50

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. <i>Time Schedule</i> penelitian.....	23
Tabel 2. Hasil perhitungan energi pada masing – masing zona	32
Tabel 3. Parameter masing – masing skenario pemodelan tsunami GAP 1 (USGS, 2006)	34
Tabel 4. Parameter masing – masing skenario pemodelan tsunami GAP 2 (USGS, 2006)	34
Tabel 5. Daftar wilayah dengan ketinggian gelombang tsunami terburuk berdasarkan skenario 1 simulasi tsunami GAP 1	45
Tabel 6. Daftar wilayah dengan ketinggian gelombang tsunami terburuk berdasarkan skenario 1 simulasi tsunami GAP2	47

I. PENDAHULUAN

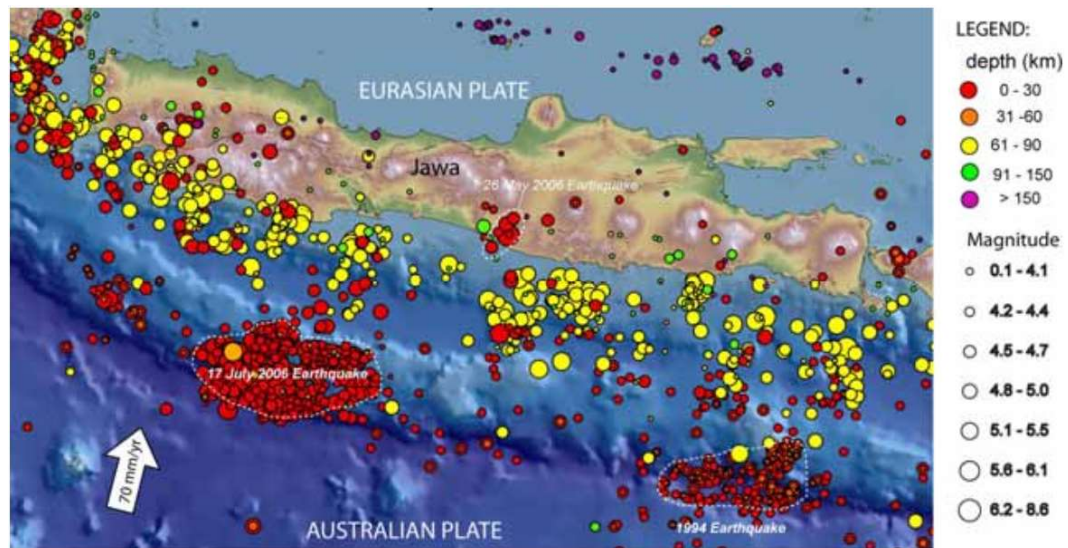
1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai wilayah dengan tatanan geologi yang unik dan rumit, pada **Gambar 1** dapat dilihat Indonesia terletak pada jalur pertemuan tiga lempeng besar, yaitu Lempeng Indo-Australia, yang relatif bergerak ke utara, Lempeng Eurasia, yang relatif bergerak ke selatan, dan Lempeng Pasifik yang relatif bergerak ke barat . Indonesia secara tektonik bersifat labil dan merupakan kawasan pinggir benua yang paling aktif di dunia. Akibat dari kondisi tersebut, pada daerah pertemuan antar lempeng dan pada daerah-daerah sesar aktif sering terjadi gempa bumi dan juga rawan akan tsunami (Subardjo dan Ibrahim, 2004).



Gambar 1. Peta Tektonik Kepulauan Indonesia (modifikasi dari Inatews.bmkg.go.id)

Pulau Jawa yang terlihat saat sekarang adalah akibat adanya pergerakan dua lempeng yang bergerak saling mendekat dan mengalami tabrakan, dimana proses tersebut relatif bergerak menyerong (*oblique*) antara Lempeng Samudra Hindia pada bagian barat daya dan Lempeng Benua Asia bagian Tenggara (Eurasian), dimana Lempeng Samudra Hindia akan menyusup ke Lempeng Asia Tenggara sehingga menghasilkan Palung Jawa (*Java trench*) dengan pergerakan relatif 7 cm/tahun. (Liu, 1983). Zona subduksi menjadi salah satu zona yang berpotensi menghasilkan bencana alam. Salah satu bencana alam yang berpotensi pada zona ini adalah gempa bumi pembangkit tsunami. Di Indonesia, 90 % kejadian gempa bumi pembangkit tsunami disebabkan oleh aktivitas zona subduksi (Pribadi dkk, 2013). Gempa dan tsunami Pangandaran yang terjadi pada 17 juli 2006 sumbernya adalah pelepasan energi di zona subdusi Jawa, gempa dan tsunami serupa juga pernah terjadi di wilayah Pancer Jawa Timur **Gambar 2**. Secara umum dapat dikatakan bahwa segmen zona subduksi Jawa yang belum melepaskan akumulasi energi tektoniknya merupakan sumber gempa dan tsunami yang potensial di masa mendatang, yakni merupakan zona *seismic gap* (Natawidjaja, 2007).



Gambar 2. Peta seismisitas Pulau Jawa (Natawidjaja, 2007)

Pemodelan tsunami berdasarkan celah kegempaan dan energi potensial pada wilayah ini menjadi sangatlah penting mengingat potensi gempabumi dan tsunami pada wilayah ini masih sangat besar. Dengan melakukan pemodelan tsunami di segmen ini diharapkan dapat diaplikasikan ke dalam program mitigasi bencana tsunami dan juga sebagai dasar pengambilan keputusan untuk evakuasi pada potensi tsunami saat terjadi gempabumi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka masalah penelitian yang hendak di analisis yaitu celah kegempaan dan energi potensial sebagai parameter pemodelan tsunami.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, berdasarkan latar belakang diatas yaitu sebagai berikut,

1. Menghitung energi potensial kegempaan pada masing – masing zona celah kegempaan yang ditentukan berdasarkan penelitian Natawidjaja 2007
2. Menentukan kecenderungan jenis sesar yang terjadi di wilayah penelitian
3. Membuat simulasi tsunami berdasarkan hasil perhitungan energi potensial
4. Menganalisis simulasi tsunami dan daerah yang terdampak ketinggian maksimum gelombang tsunami pada simulasi GAP 1 dan simulasi GAP 2

1.4 Batasan Masalah

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data gempa bumi pada kordinat $106^{\circ} - 110^{\circ}$ BT dan $6^{\circ} - 10^{\circ}$ LS dengan periode 1900 – 2017. Penulisan ini difokuskan pada penentuan zona celah kegempaan berdasarkan penelitian Natawidjaja (2007) yang selanjutnya akan dihitung energi potensialnya untuk proses pemodelan tsunami.

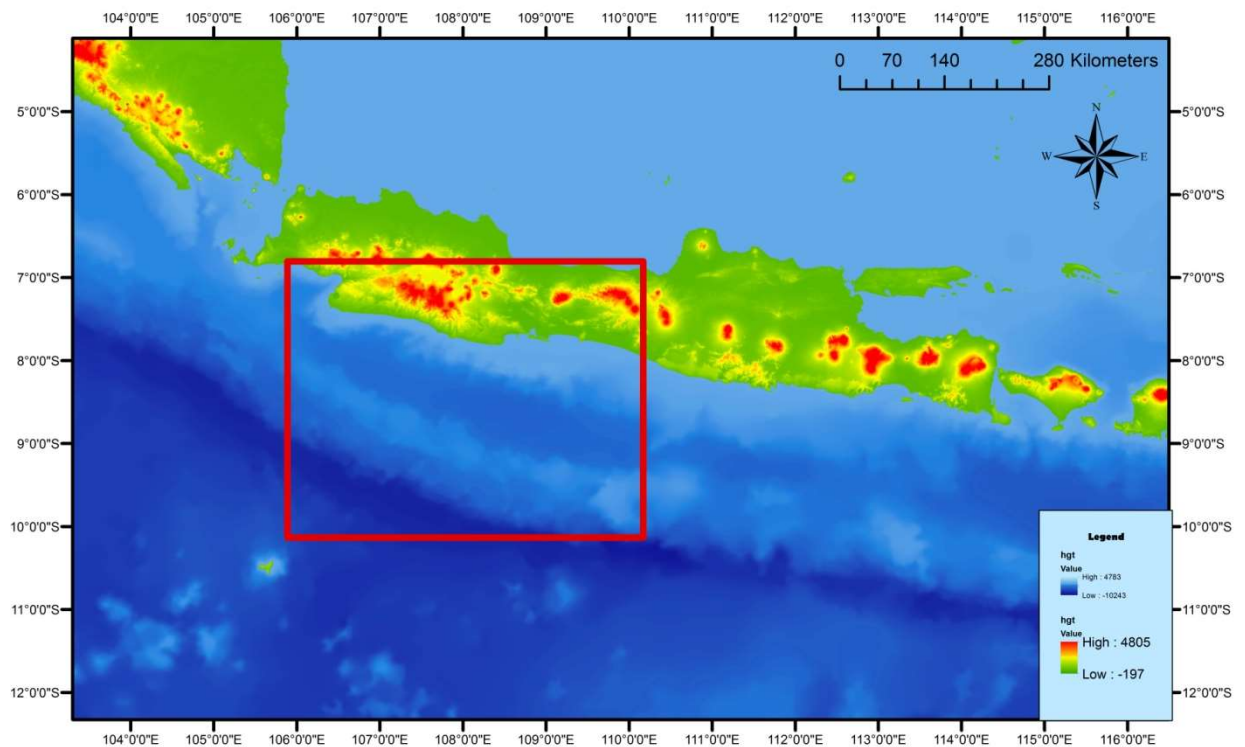
1.5 Manfaat Penelitian

Dampak dari tsunami sangatlah dahsyat, sebagai pembelajarannya yaitu tsunami aceh pada tahun 2004 yang memakan ratusan ribu jiwa. Diharapkan hasil dan informasi dari penelitian ini dapat menjadi bahan perencanaan pencegahan atau mitigasi pada wilayah pesisir dan lainnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Letak dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini yaitu di pesisir Jawa Barat dan sekitarnya, dengan kordinat $106^{\circ} - 110^{\circ}$ BT dan $6^{\circ} - 10^{\circ}$ LS. Pulau Jawa berada di tepi tenggara Daratan Sunda (Sundaland). Pada Daratan Sunda ini terdapat dua sistem gerak lempeng; Lempeng Laut Cina Selatan di utara dan Lempeng Samudera Hindia di selatan. Lempeng Laut Cina Selatan (Eurasia) (Longley, 1997).



Gambar 3. Lokasi Penelitian di pesisir Jawa Barat dan sekitarnya (Modifikasi dari Natawidjaja, 2007)

2.2. Geologi Regional

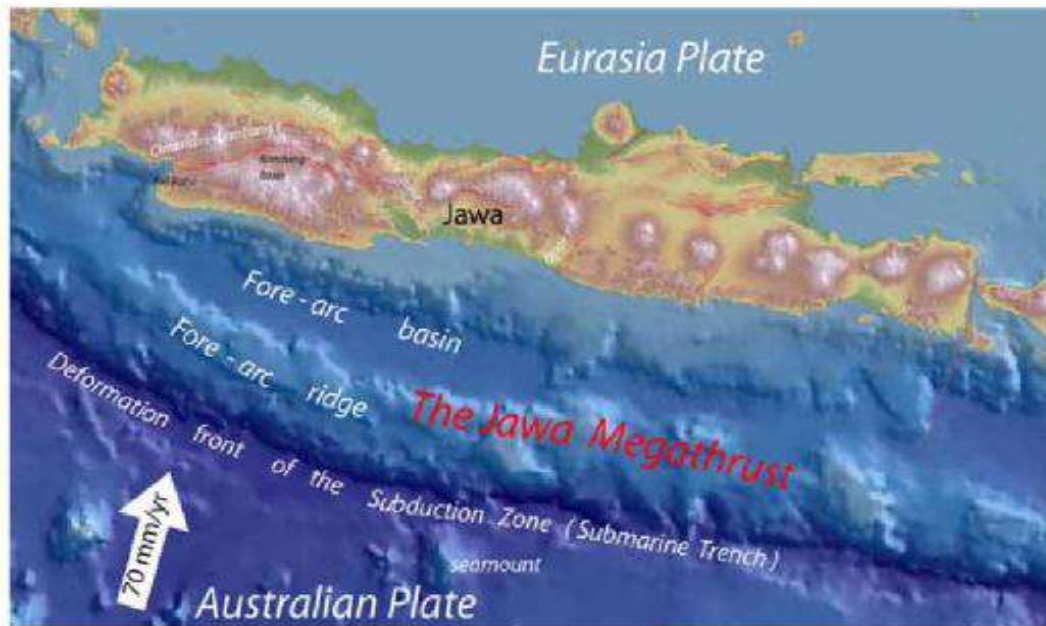
Pulau Jawa terletak di bagian selatan dari Paparan Sunda dan terbentuk dari batuan yang berasosiasi dengan suatu aktif margin dari lempeng yang konvergen. Pulau tersebut terdiri dari kompleks busur pluton-vulkanik, *accretionary prism*, zona subduksi, dan batuan sedimen. Jawa Barat sebagai bagian dari Pulau Jawa merupakan pulau terluar dari busur selatan Asia, disamping itu dengan adanya penunjaman ini maka Pulau Jawa memiliki kondisi geologi yang unik dan rumit. Pada jaman pra tersier Jawa Barat merupakan kompleks melange yaitu zona percampuran antara batuan kerak samudra dengan batuan kerak benua. Terdiri dari batuan metamorf, vulkanik dan batuan beku, yang diketahui hanya dari data pemboran dibagian utara laut Jawa barat (Martodjojo dan Pulunggono,1994).

Daerah Jawa Barat dibagi menjadi 4 bagian berdasarkan karakteristik morfologi dan tektoniknya yaitu zona dataran Aluvial Jawa Utara, Zona Bogor, Zona Bandung, Zona penunungan selatan. Berdasarkan pembagian zona ini, daerah penelitian termasuk lajur Pegunungan Selatan Jawa Barat, Lajur Depresi Tengah dan Lajur Bogor dan termasuk dalam Segmen Cekungan Bogor dan Segmen Banten (Martodjojo dan Pulunggono, 1994).

2.3. Struktur Regional

Pulau Jawa merupakan bagian dari sistem busur kepulauan yang kemenerusannya dapat ditarik dari Burma di sebelah barat laut Andaman, Sumatra, sampai ke Lengkung Banda di Indonesia bagian timur, garis lintasan tersebut dapat dilihat

pada **Gambar 1** yang ditunjukkan dengan garis panah kuning (Koesoemadinata, 1985). Interaksi konvergen antara Lempeng Samudera Hindia-Australia dengan Lempeng Eurasia menghasilkan sistem busur kepulauan ini. Interaksi ini terjadi dengan Lempeng Samudera Hindia-Australia bergerak ke utara yang menunjam ke bawah tepian Benua Eurasia yang relatif tidak bergerak (Asikin, 1992).



Gambar 4. Tektonik pulau Jawa (Natawidjaja, 2007)

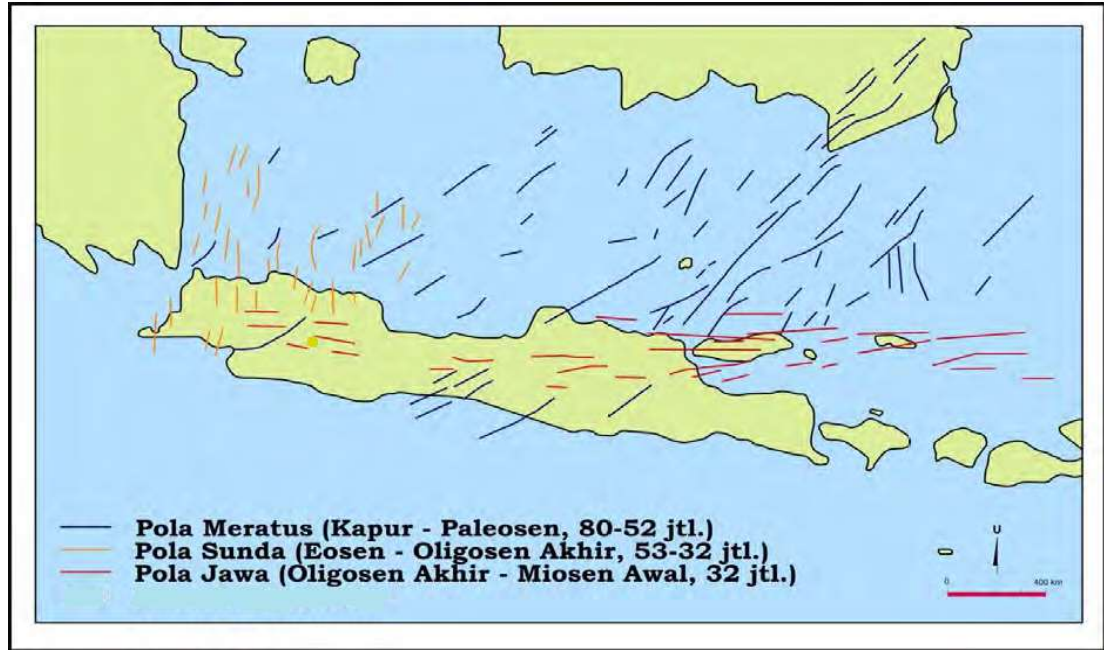
Pada **Gambar 4** dapat dilihat *fore-arc basin* (cekungan busur muka) dan *fore-arc ridge* (punggungan busur muka) hasil dari interaksi konvergen antara lempeng Samudera Hindia-Australia dengan Lempeng Eurasia.

Interaksi konvergen ini juga menyebabkan terbentuknya jalur subduksi yang berkembang semakin muda ke arah baratdaya-selatan dan ke arah utara. Pada zaman Kapur-Paleosen, jalur subduksi ini dapat ditelusuri dari Jawa Barat bagian selatan (Ciletuh), Pegunungan Serayu (Jawa Tengah), dan Laut Jawa bagian timur sampai ke bagian tenggara Kalimantan dengan jalur magmatik yang terdapat pada daerah lepas Pantai Utara Jawa. Jalur subduksi ini akan membentuk punggungan

bawah permukaan laut yang terletak di selatan Pulau Jawa selama Zaman Tersier. Hal ini menunjukkan pada akhir Zaman Kapur hingga Oligo-Miosen terjadi pergerakan jalur subduksi ke arah selatan. Pada Zaman Neogen sampai Kuartar, jalur magmatik Pulau Jawa kembali bergerak ke arah utara dengan jalur subduksi yang relatif tidak bergerak. Hal ini menunjukkan pada Zaman Neogen penunjamannya lebih landai dibanding dengan pada Zaman Paleogen (Katili dalam Asikin, 1992).

Evolusi tektonik di atas dikuatkan oleh hasil penelitian Martodjojo dan Pulunggono (1994), yang menyimpulkan bahwa pada dasarnya di Pulau Jawa terdapat tiga arah kelurusan struktur yang dominan yaitu,

- Pola Meratus yang berarah timurlaut-baratdaya, diwakili oleh Sesar Cimandiri di Jawa Barat, yang dapat diikuti ke timurlaut sampai batas timur Cekungan Zaitun dan Cekungan Biliton.
- Pola Sunda yang berarah utara-selatan, diwakili oleh sesar-sesar yang membatasi Cekungan Asri, Cekungan Sunda, dan Cekungan Arjuna.
- Pola Jawa yang berarah barat-timur, diwakili oleh sesar-sesar naik seperti Baribis, serta sesar-sesar naik di dalam Zona Bogor



Gambar 5. Pola Struktur Pulau Jawa (Martodjojo dan Pulunggono, 1994)

III. TEORI DASAR

3.1. Gempabumi

Berdasarkan teori *Elastic Rebound* yang dinyatakan oleh Reid yang merupakan Seismolog Amerika, bahwa Gempabumi merupakan gejala alam yang disebabkan oleh pelepasan energi regangan elastis batuan yang disebabkan adanya deformasi batuan yang terjadi pada lapisan lithosfer. Deformasi batuan terjadi akibat adanya tekanan (*stress*) dan regangan (*strain*) pada lapisan bumi. Tekanan atau regangan yang terus-menerus menyebabkan daya dukung pada batuan akan mencapai batas maksimum dan mulai terjadi pergeseran dan akhirnya terjadi patahan secara tiba-tiba, (Bullen dan Bruce, 1985).

Sumber terjadinya Gempabumi menurut (Hoernes dalam Ibrahim, 2005) dikelompokkan menjadi:

1. Gempabumi vulkanik, ialah Gempabumi yang terjadi karena adanya aktifitas vulkanik.
2. Gempabumi terban/runtuhan, yaitu Gempabumi yang terjadi karena adanya runtuh atau longsoran dari massa batuan.
3. Gempabumi buatan, yaitu Gempabumi yang disebabkan manusia
4. Gempabumi tektonik, yaitu Gempabumi yang terjadi karena adanya gejala tektonik alam misalnya adanya pergeseran lempeng benua atau sesar.

Berdasarkan dalamnya sumber gempa menurut (Bath dalam Ibrahim, 2005), Gempabumi dikelompokkan menjadi :

1. Gempabumi dangkal, dimana kedalaman hiposenternya kurang dari 66 km di bawah permukaan bumi.
2. Gempabumi menengah, dimana kedalaman yang terjadi karena adanya ledakan dinamit atau ledakan nuklir. hiposenter antara 66 km–450 km di bawah permukaan bumi.
3. Gempabumi dalam, dimana kedalaman hiposenternya lebih dari 450 km di bawah permukaan bumi.

Berdasarkan kekuatan menurut (Hagiwara dalam Ibrahim, 2005), Gempabumi diklasifikasikan menjadi,

1. Gempa sangat besar, $M > 8,0$
2. Gempa besar, $7,0 < M < 8,0$
3. Gempa sedang, $4,5 < M < 7,0$
4. Gempa mikro, $1,0 < M < 4,5$
5. Gempa ultra mikro, $M < 1,0$

Pola mekanisme terjadinya gempa diatas tergantung pada keadaan struktur kulit bumi dan distribusi gaya/stress yang bekerja. Stress yang bekerja pada gempa tektonik yang terjadi umumnya adalah seragam/*uniform*, sehingga perbedaan yang terjadi adalah merupakan perbedaan keadaan struktur/medium daerah bersangkutan.

Menurut Mogi (1967) pola umum terjadinya Gempabumi dibedakan dalam 3 (tiga) jenis,

- a. Tipe I, yaitu Gempabumi utama (*main shock*) tanpa didahului gempa permulaan (*fore shock*), tetapi diikuti dengan banyak Gempabumi susulan (*after shock*). Gempabumi tipe ini biasanya terjadi di daerah yang mempunyai medium homogen dengan stress yang bekerja hampir merata (*uniform*). Sebagian besar Gempabumi tektonik yang terjadi di bumi tergolong jenis ini.
- b. Tipe II, yaitu Gempabumi utama (*main shock*) didahului gempa-gempa pendahuluan (*fore shock*) dan kemudian diikuti gempa susulan (*after shock*) yang cukup banyak jumlahnya. Gempabumi tipe ini terjadi pada daerah dengan struktur batuan yang tidak seragam dengan distribusi stress yang bekerja tidak seragam.
- c. Tipe III, yaitu Gempabumi dimana tidak terdapat gempa utama (*main shock*), biasa disebut Gempabumi “*swarm*”. Gempabumi tipe ini terjadi dalam daerah yang terbatas, biasanya terjadi didaerah gunung api. Gempabumi ini terjadi pada daerah yang struktur mediumnya tidak seragam dengan stres yang bekerja terkonsentrasi pada area yang terbatas.

3.2. Teori Tektonik Lempeng

Konsep Tektonik Lempeng menjelaskan bahwa kulit bumi terdiri atas beberapa bagian lempeng yang tegar, yang bergerak satu terhadap lainnya, di atas massa liat astenosfir yang kecepatannya rata-rata 10 cm/tahun atau 100 KM/10 juta tahun (Morgan dan Hamilton, dalam Alzwar dkk, 1987). Dalam konsep tektonik

lempeng tersebut, lempeng-lempeng kulit bumi bergerak dari punggung tengah samudera, dimana dibentuknya kerak baru, menuju garis busur vulkanik lainnya dan menuju rantai pegunungan aktif. Kulit bumi dibagi menjadi tujuh lempeng litosfir yang sangat besar, masing-masing terdiri atas lempeng benua maupun lempeng samudra dengan banyak lempeng kecil. Apabila dua lempeng yang berbeda sifat saling mendekat, misalnya lempeng samudra mendekati lempeng benua, maka umumnya lempeng samudra akan masuk ditekuk ke bawah lempeng benua. Tipe ini disebut sebagai tubrukan tipe Cordilera. Kadang-kadang lempeng samudra yang bergerak mendekati lempeng benua akan ditekuk ke atas sehingga seolah tersesar-sungkupkan. Gejala tubrukan seperti ini disebut sebagai subduksi (Alzwar dkk, 1987).

Gugusan kepulauan Indonesia merupakan pertemuan lempeng Pasifik dan lempeng Australia (di bagian timur), serta Lempeng Eurasia dan Lempeng Hindia (di bagian barat). Hadirnya lempeng besar beserta lempeng yang lebih kecil (Lempeng Caroline dan Lempeng Laut Filipina) menyebabkan tatanan tektonik kepulauan Indonesia menjadi rumit. Menurut Katili (1980), konsep Tektonik Lempeng yang telah di-terapkan di busur kepulauan Indo-nesia oleh beberapa peneliti seperti Hatherton & Dickinson ; Fitch ; Fitch & Molnar ; Hamilton, terbukti telah menjelaskan berbagai fenomena geologi dan geofisika serta mempermudah dalam memahami Indonesia, dan juga digunakan untuk memprediksi penyebaran dan umur batuan.

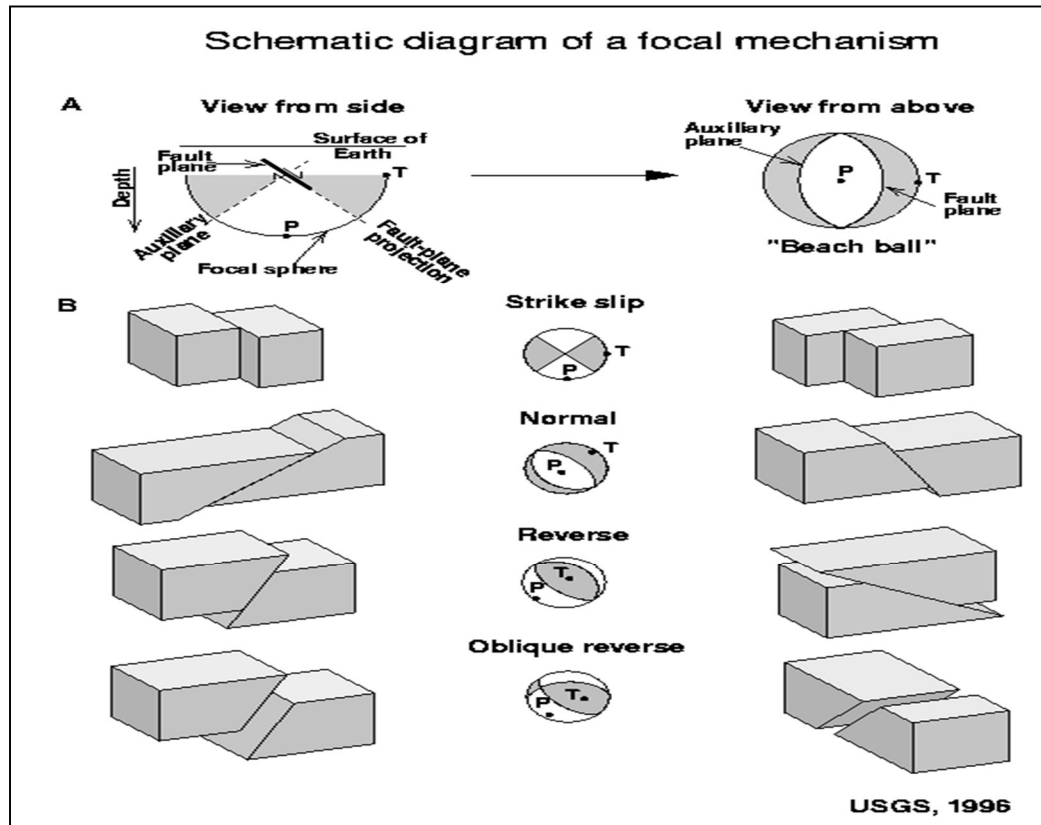
3.3. Parameter Bidang dan Jenis Sesar

Setiap patahan yang terjadi pasti akan menghasilkan parameter-parameter bidang patahan yang dapat menentukan jenis sesar berdasarkan parameter *strike*, *dip*, dan *rake* sebagai berikut ,

1. Sesar geser, jika $\delta = 90^\circ$ dan $\lambda = 0^\circ$ (geser kiri) atau $\lambda = 180^\circ$ (geser kanan)
2. Sesar turun, jika $\delta \neq 0^\circ$ dan $\delta \neq 90^\circ$ dan $-180^\circ \leq \lambda \leq 0^\circ$
3. Sesar naik, jika $\delta \neq 0^\circ$ dan $\delta \neq 90^\circ$ dan $0^\circ \leq \lambda \leq +180^\circ$

Sesar atau patahan terjadi karena tekanan yang sangat kuat, terlebih bila berlangsung sangat cepat. Batuan tidak hanya retak akan tetapi akan terjadi pergeseran posisi. Bidang patahan merupakan bidang miring. Jenis-jenis sesar yaitu,

1. Sesar mendatar (*strike-slip fault*) yakni arah gerak blok sesar horizontal. Sesar ini terbagi dua yaitu,
 - *Right lateral* yaitu gerak sesar mendatar yang searah dengan jarum jam.
 - *Left lateral* yaitu gerak sesar mendatar yang berlawanan dengan arah jarum jam.
2. Sesar tidak mendatar yakni arah gerak sesar atau vertikal atau miring, sesar ini ada tiga yaitu,
 - Sesar turun (*normal fault*) yaitu sesar yang turun lebih rendah dari pada blok dasar.
 - Sesar naik (*reverse fault*) yaitu bloknya naik relatif terhadap blok dasar.
 - Sesar miring (*oblique fault*) yaitu blok vertikal yang diiringi dengan gerakan horizontal, (Sunarjo, dkk., 2010).



Gambar 6. Pola patahan dasar (USGS, 1996)

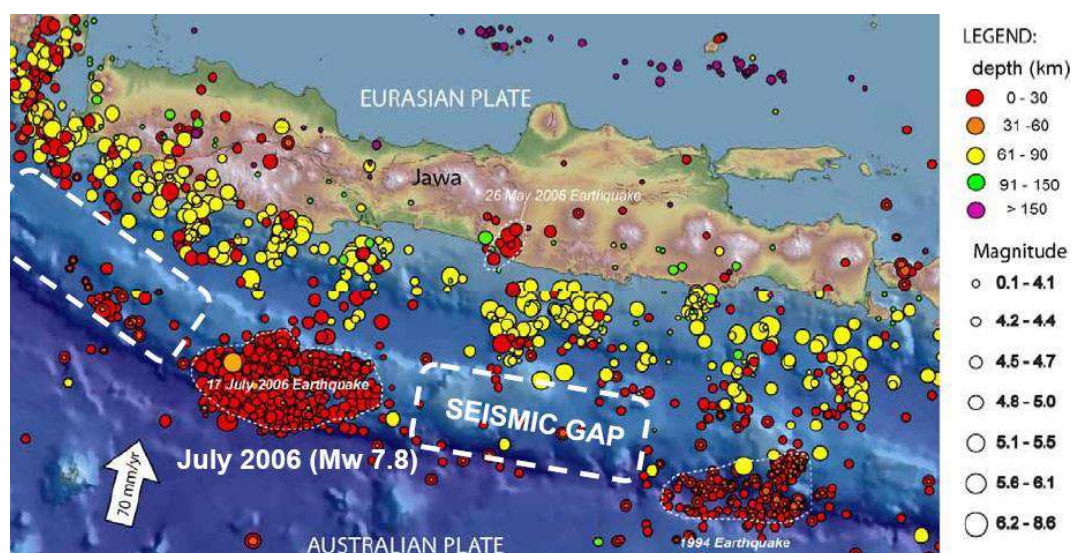
3.4. Celah Kegempaan

Celah kegempaan atau biasa disebut (*Seismic gap*) adalah kawasan yang aktif secara tektonik namun sangat jarang mengalami gempa bumi dalam jangka waktu yang lama. Dalam pengertian lain, *seismic gap* juga dapat digambarkan sebagai suatu kawasan yang diketahui pernah mengalami gempa bumi besar kemudian bersifat pasif dalam waktu yang sangat lama. Karena jarang terjadi pelepasan energi gempa bumi, kemungkinan terjadinya gempa bumi dengan energi yang besar sangat tinggi, karena adanya akumulasi energi. Oleh karena itu wilayah – wilayah yang terindikasi sebagai *Seismic Gap* sangat perlu untuk diperhatikan

sebagai langkah awal mitigasi bencana. *Seismic gap* pertama kali diperkenalkan oleh Fedotov pada tahun 1965 dan Mogi pada tahun 1969 ketika memetakan kejadian-kejadian gempa di zona subduksi Alaska-Aleutian (Nishenko dan Sykes, 1993).

Seismic gap yang berpotensi mengalami gempabumi dengan energi yang besar tidak hanya terdapat di Sumatera, tetapi tersebar di hampir seluruh kawasan Indonesia. Kertapati, (2006), menjelaskan keberadaan daerah *seismic gap* pada beberapa daerah subduksi di Indonesia dengan tingkat prioritas potensi gempabumi yang berbeda. Natawidjaja, (2007), juga menjelaskan bahwa di Indonesia terdapat 9 kawasan yang diduga sebagai daerah *seismic gap*, diantaranya kawasan Simeleu, Mentawai, Selat Sunda, Selatan Jawa, Utara Papua, Utara Halmahera dan wilayah Laut Maluku yang berbatasan langsung dengan Sulawesi Utara, untuk *seismic gap* di Selatan Jawa sendiri dapat dilihat pada

Gambar 7



Gambar 7. Peta seismisitas pulau Jawa tahun 1973 – 2007 (Natawidjaja, 2007)

3.5. Energi Gempabumi

Energi Gempabumi umumnya dihasilkan dari proses pergerakan lempeng-lempeng tektonik yang saling bertumbukan atau saling bergesekan sehingga terakumulasi energi pada suatu titik. Jika lapisan tersebut tidak mampu menahannya, maka energi akan lepas dan terjadilah Gempabumi tektonik akibat dari patahan yang disebabkan pelepasan energi tersebut, (Ibrahim, 2005). Bentuk energi yang dilepaskan saat terjadinya gempabumi antara lain adalah energi deformasi gelombang. Energi deformasi dapat dilihat pada perubahan bentuk volume sesudah terjadinya gempabumi seperti misalnya tanah naik, tanah turun, pergeseran batuan dan lainlain. Sedangkan energi gelombang akan menggetarkan medium elastik disekitarnya dan akan menjalar ke segala arah.

Gutenberg dan Richter (1942) membuat penyeragaman dari nilai magnitudo yang dikenal dengan "*Unitied Magnitude*" sebagai rata-rata dari nilai m_b dan M_s . Dengan nilai magnitudo tersebut diperoleh hubungan antara energi terhadap magnitudo sebagai berikut,

$$\log E = 11,3 + 1,8 M_s \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana, E adalah energi di pusat gempa, dalam satuan erg dan M adalah magnitudo. Sedangkan rumusan energi secara terpisah yang disepakati secara Internasional dipilih rumusan dari (Bath dalam Ibrahim, 2005), yang dinyatakan untuk m_b dan M_s berturut-turut sebagai berikut,

$$\log E = 5,78 + 2,48 m_b \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\log E = 12,24 + 1,44 M_s \dots\dots\dots(3.3)$$

3.6. Tsunami

Tsunami berasal dari bahasa Jepang yaitu “**tsu**” yang berarti pelabuhan dan “**nami**” yang berarti gelombang besar, sehingga tsunami dapat diartikan sebagai “gelombang pelabuhan”. Istilah ini pertama kali muncul di kalangan nelayan Jepang. Karena panjang gelombang tsunami sangat besar, pada saat berada di tengah laut, para nelayan tidak merasakan adanya gelombang ini. Namun setibanya kembali ke pelabuhan, mereka mendapati wilayah di sekitar pelabuhan tersebut rusak parah. Karena itulah mereka menyimpulkan bahwa gelombang tsunami hanya timbul di wilayah sekitar pelabuhan, dan tidak di tengah lautan yang dalam, (Sunarjo, dkk., 2010).



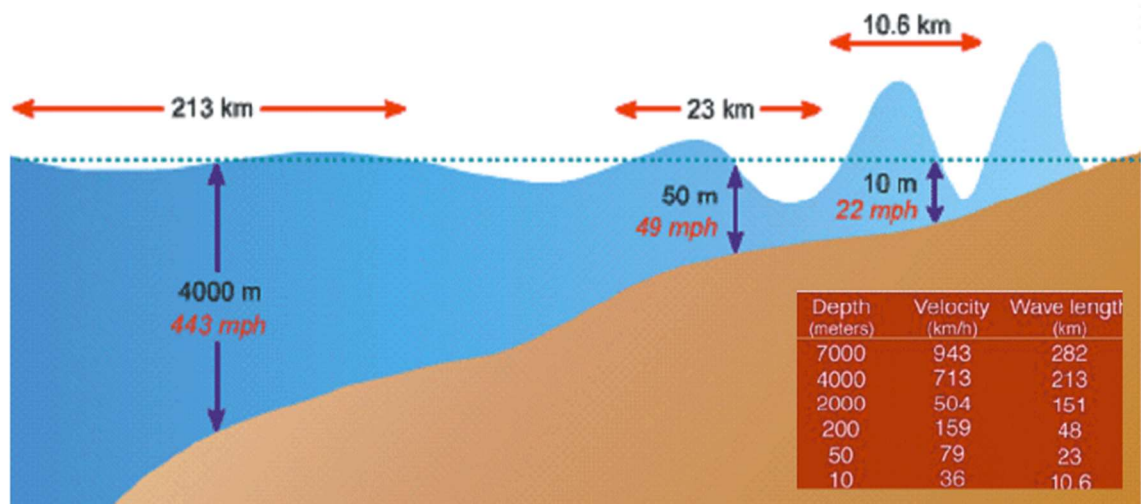
Gambar 8. Pergerakan Tsunami (Modifikasi Sugito, 2008)

Gelombang tsunami merupakan gelombang perairan dangkal (*shallow water wave*), dimana panjang gelombannya bisa mencapai beberapa ratus kilometer dengan amplitude gelombang yang kecil ± 1 meter diperairan dalam. Gelombang perairan dangkal memiliki kecepatan rambat yang berbanding lurus dengan akar kedalaman laut dan dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi. Hubungan antara kecepatan rambat gelombang dan kedalaman laut ditunjukkan sebagai berikut,

$$c = \sqrt{gh} \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana c adalah kecepatan rambat tsunami (m/s), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), dan h adalah kedalaman laut (m) (UNESCO, 2006).

Berdasarkan Persamaan 3.4 Semakin besar kedalaman lautnya maka semakin besar pula kecepatan gelombangnya. Kecepatan rambat gelombang tsunami adalah 800 km/jam untuk perairan dalam, 200 km/jam untuk perairan menengah, dan 25 km/jam ketika di darat (Latief, 2000).



Gambar 9. Kecepatan dan Ketinggian Tsunami tergantung pada Kedalaman Laut (Inatews.bmkg.go.id)

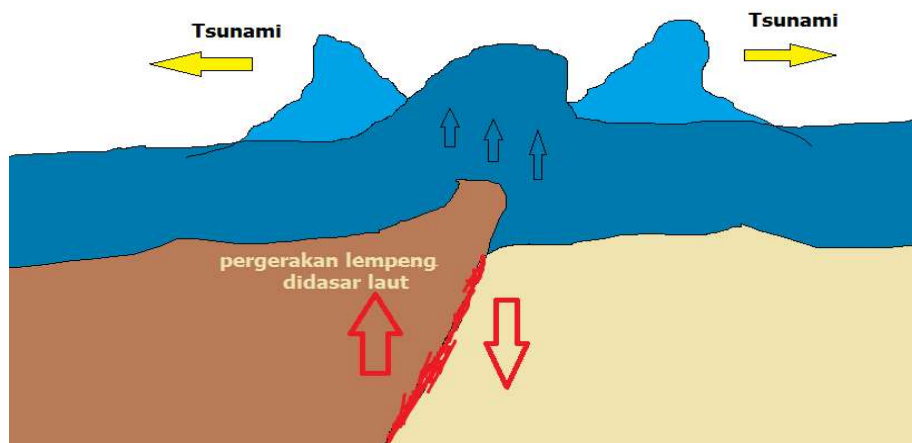
3.7. Karakteristik Gempabumi Pembangkit Tsunami

Gempabumi yang menyebabkan terjadinya tsunami disebut *tsunamigenic earthquake*. Sedangkan *tsunami earthquake* atau gempabumi tsunami merupakan gempa yang menyebabkan tinggi tsunami yang lebih besar dibandingkan dengan perkiraan perhitungan momen magnitude gempanya. Karakteristik dari *tsunami earthquake* adalah,

1. Proses patahan (*rupture*) gempa bumi yang pelan dan panjang (Kanamori, 1972)
2. Durasi patah (*rupture*) yang lama, sekitar 100 detik (Satake dan Tanioka, 1999)
3. Terjadi pada batas lempeng yang memiliki *plate coupling* yang lemah (Satake dan Tanioka, 1999)
4. Sumber gempa terletak di lapisan sedimen yang dangkal dan di batas lempeng dekat palung (*trench*) (Satake dan Tanioka, 1999)
5. Lokasi patahan di dasar laut, dengan kedalaman dangkal, magnitudo $M > 6.0$, tipe patahannya menghasilkan deformasi vertical.

3.8. Sumber Pembangkit Tsunami

Area sumber tsunami dianggap mengikuti bidang deformasi sesar Gempabumi di dasar laut berdasarkan teori elastisitas Okada. Prinsip ini diberikan pada model numeric tsunami sebagai nilai rekaan dari perambatan gelombang tsunami.



Gambar 10. Pergerakan deformasi lempengan samudra diikuti pergerakan permukaan air laut berdasarkan teori elastisitas Okada (Modifikasi dari JMA, 2007)

Deformasi dasar laut yang dapat membangkitkan tsunami adalah deformasi arah vertikal (sesar naik atau sesar turun). Pergerakan vertikal lantai samudera naik (*uplift*) atau turun dengan cepat sebagai respon dari Gempabumi, maka akan menaikkan dan menurunkan air laut dalam skala besar. Karakteristik gempa tektonik yang dapat menyebabkan terjadinya tsunami, dapat dipenuhi oleh jenis gempa tektonik di zona subduksi. Berikut adalah parameter sesar yang berhubungan dengan deformasi bawah permukaan, (Imamura, 2006).

3.9. Pengukuran Tinggi Tsunami

Pemodelan tsunami memberikan hasil tinggi tsunami di stasiun pasang surut artifisial yang terdapat di muka pantai. Tinggi tsunami di tepi pantai dihitung dengan Persamaan Green dalam Athanasius (2009) sebagai berikut:

$$H = \sqrt[4]{\frac{h1}{h}} H1 \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana

- H : tinggi tsunami di pantai,
- h : kedalaman laut di pantai ($h = 1m$)
- $H1$: tinggi tsunami di stasiun pasang surut
- $h1$: kedalaman laut di stasiun pasang surut

3.10. Teori *Shallow Water*

Gelombang tsunami umumnya bergerak secara lambat dan terlihat seperti gelombang perairan dangkal (*shallow water*). Untuk gelombang perairan dangkal dan gelombang transisi, cepat rambat gelombangnya normal dan sama dengan fase cepat rapat gelombang. Periode untuk interval antara setiap puncak berurutan,

perbedaan antara beberapa menit hingga kurang lebih dua jam, bergantung dari kedalaman air, tipe, ukuran dan orientasi spasial dari proses inisiasi di *origin area*. Ketika gelombang memasuki perairan dangkal, kecepatan dan panjang gelombang tsunami menjadi semakin rendah sedangkan ketinggian gelombangnya semakin tinggi serta periode gelombang tidak berubah (UNESCO, 2006).

Shallow water dalam aproksimasi linier membawa gelombang tsunami sampai batas validitas model air dangkal linier (biasanya, kedalaman 20-50 meter) dan kemudian memperkirakan amplitudo tsunami pesisir puncak dengan hukum *Green*. Dalam pemodelan tsunami menggunakan *EasyWave* maupun *software* lain seperti TUNA dan TUNAMI, bergantung pada konservasi massa dan perhitungan momentum yang telah dirata-rata kedalamannya. Penjalaran tsunami memenuhi syarat yang penting untuk menggunakan *Shallow Water Equation* (SWE):

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad \dots(3.7)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad \dots(3.8)$$

dimana, perubahan *volume* per panjang unit (M,N) pada arah x- dan y- berhubungan dengan kedalaman rata-rata cepat rambat gelombang u dan v dengan $M = u(h + \eta) = uD$, dan $N = v(h + \eta) = vD$, dimana h adalah kedalaman *mean sea* dan η adalah elevasi air sesuai dengan tsunami. Sebagai catatan, g adalah akselerasi gravitasi dan D adalah total kedalaman air ($D = h + \eta$) (Koh, 2009).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika (BMKG) Kotabumi pada tanggal 13 Agustus 2018 sampai 12 Oktober 2018, dengan judul “Pemodelan Tsunami Berdasarkan Celah Kegempaan dan Perhitungan Energi Potensial (Studi Kasus Wilayah Jawa Barat dan Sekitarnya)”.

Tabel 1. *Time Schedule* penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Studi Literatur	■	■	■	■								
2	Pengumpulan Data	■											
3	Pengolahan data dan diskusi		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
4	Intepretasi dan pembahasan		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
5	Seminar Usul			■									
6	seminar Hasil											■	
7	Seminar Komprehensif												■

4.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop

2. *Software* easyWave
3. Microsoft Excel
4. *Software* ArcGis
5. *Software* GMT

4.3. Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data gempa bumi periode 1900 - 2017 di selatan laut Jawa Barat dan sekitarnya pada kordinat 106° – 110° BT dan 6° L – 10° LS yang diperoleh dari ISC , USGS, dan BMKG dengan parameter longitude dan latitude serta magnitude untuk menghitung energi potensial. Dan juga menggunakan data gempa bumi periode 1900 – 2017 dengan parameter tipe “GMT psmecca” yang diperoleh dari Global CMT pada kordinat GAP yang telah ditentukan untuk melihat kecendrungan *focal mechanism* pada wilayah tersebut. Dalam hal ini digunakan juga data parameter sumber dari gempabumi pembangkit tsunami yang terjadi di laut Pangandaran pada 17 juli 2006 yang diperoleh dari Global CMT dan USGS.

4.4. Pengolahan Data

1. Menentukan zona celah kegempaan (*seismic gap*)

Penentuan *seismic gap* ini dilakukan dengan membuat peta seismisitas wilayah penelitian dengan data gempa bumi 1900 – 2017 yang diperoleh dari ISC, USGS, dan BMKG dengan parameter lintang, bujur, kedalaman dan magnitudo, lalu

tentukan zona *seismic gap* nya berdasarkan penelitian natawidjaya 2007. Setelah ditentukan zona GAP nya, ambil data gempa pada zona *seismic gap* tersebut dengan parameter lintang, bujur, waktu (tanggal, bulan, tahun), dan magnitudo, untuk menghitung energi potensial pada masing – masing zona.

2. Menghitung energi potensial gempabumi ditiap zona celah kegempaan

Perhitungan energi potensial gempa bumi ini dilakukan dengan metode kuadrat terkecil (*least square*). Data yang digunakan adalah data gempa yang terjadi di zona celah kegempaan yang telah ditentukan sebelumnya sejak tahun 1900 sampai dengan 2017, dimana data gempa tahun 1900 – 1959 bersumber dari USGS, data gempa tahun 1960 – 2008 bersumber dari ISC, serta data gempa 2009 – 2017 bersumber dari BMKG. Tahap - tahap yang dilakukan dalam menghitung energi potensial pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung energi pertahun, sejak tahun 1900 sampai dengan 2017 Namun sebelum menghitung energi total, terlebih dahulu ubah satuan magnitudo seluruh gempa menjadi M_s (*magnitude surface*) dengan cara melakukan konversi pada satuan magnitudo seluruh gempa menjadi M_s (*magnitude surface*). Hal itu di karenakan rumusan internasional dalam perhitungan energi gempa adalah rumusan dari Bath dimana menggunakan skala M_s atau M_b .
- b. Menghitung energi lepas (E_1) dan energi ekspektasi pertahun (E_2). Pada perhitungan E_1 menggunakan nilai energi gempa sejak tahun 1900 sampai

dengan 2017. Sementara pada perhitungan E2 menggunakan data gempa bumi dengan magnitudo > 7 yang terakhir terjadi.

- c. Menghitung energi total gempa bumi, yakni dengan cara menjumlahkan energi yang terlepas dengan energi ekspektasi.
- d. Menghitung energi potensial gempa bumi dengan cara menghitung energi setelah tahun gempa bumi besar terakhir, diselisihkan dengan energi seharusnya.

3. Membuat bola *focal mechanism*

Pembuatan bola *focal* ini dilakukan dengan menggunakan *software* GMT 5.4.4. dengan data gempa pada masing – masing kordinat GAP. Data gempa yang terjadi ini diperoleh dari *global CMT* dengan format data GMT psmeca periode 1900 - 2017. Dari *focal mechanism* ini kita melihat kecenderungan pola sesar yang terjadi di wilayah tersebut. Tujuannya untuk mengetahui kesamaan pola sesar yang terjadi di zona celah kegempaan dengan gempabumi pembangkit tsunami pada 17 juli 2006 di pangandaran, sebagai acuan untuk menggunakan parameter sumber gempa tersebut dalam pemodelan tsunami.

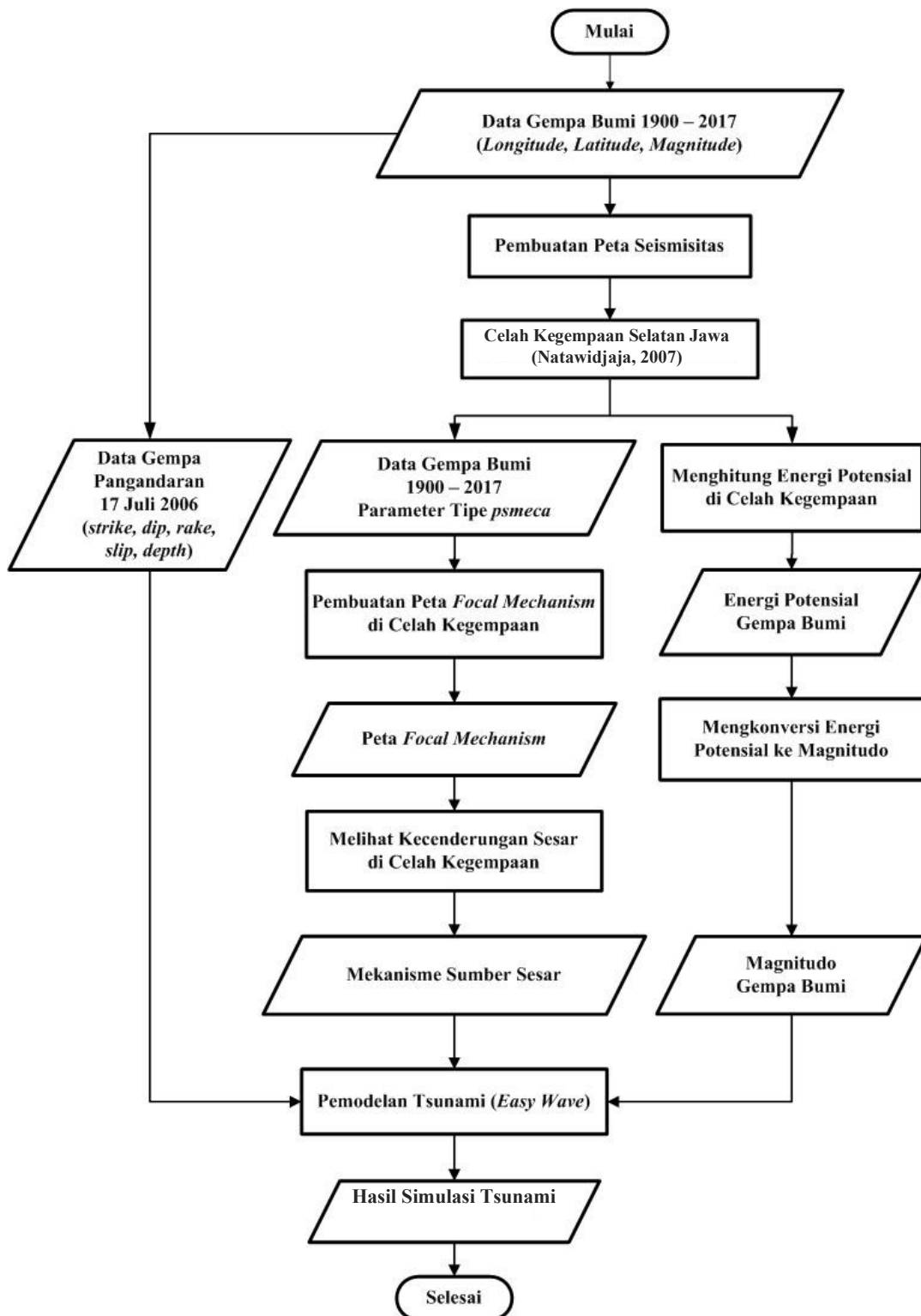
4. Membuat pemodelan simulasi tsunami

Pembuatan simulasi tsunami menggunakan parameter - parameter (*strike*, *dip*, *depth*, dan *rake*) gempa pembangkit tsunami, dimana parameter tersebut adalah parameter gempa 17 juli 2006 yang diperoleh dari USGS. Sementara nilai magnitudo didapatkan dari hasil perhitungan energi potensial yang kemudian

dikonversikan menjadi magnitudo. Simulasi dilakukan dengan tiga kali skenario pada masing-masing zona GAP

4.5. Diagram Alir

Adapun prosedur dari penelitian ini telah dicantumkan dalam diagram alir berikut pada **Gambar 10**,



Gambar 11. Diagram alir penelitian

VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Pada zona GAP 1 terdapat 31 gempa dengan energi potensial Ms 8.8 dan pada GAP 2 terdapat 29 gempa dengan energi potensial Ms 8.8.
2. Pola kecendrungan *focal mechanism* pada masing – masing zona GAP yaitu *thrust fault*.
3. Ketinggian maksimum gelombang tsunami tertinggi pada simulasi GAP 1 yaitu 8 meter pada skenario 1. Dan pada simulasi GAP 2 ketinggiannya mencapai 10.3 meter pada skenario 1.
4. Daerah dengan ketinggian maksimum pada simulasi tsunami GAP 1 yaitu di Teluk Ciletuh dan Desa Jayagiri. Sedangkan pada simulasi tsunami GAP 2 daerah ketinggian maksimum yaitu di Pangandaran, Teluk Penyu, dan Kecamatan Ambal.
5. Semakin dangkal gempa semakin besar ketinggian gelombang tsunami yang dihasilkan, diperlihatkan dari hasil simulasi tsunami GAP 1 dan GAP 2 pada ketiga skenario yang telah dilakukan menunjukkan pola perubahan ketinggian maksimum gelombang tsunami yang semakin menurun seiring dengan kedalaman gempanya.

6.2 Saran

Adapun saran – saran untuk dapat memperbaiki penelitian ini guna mendapatkan hasil yang maksimal sebaiknya dilakukan perhitungan dan analisis faktor - faktor yang mempengaruhi estimasi waktu tiba dan ketinggian gelombang tsunami sampai ke bibir pantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzwar, M., Samodra, H., dan Tarigan, J.J., 1987. *Pengantar Ilmu Gunung api*. Nova.
- Asikin, S., 1992. *Diktat Geologi Struktur Indonesia*. Jurusan Teknik Geologi. Institut Teknologi Bandung.
- Athanasius, C., 2009. Pengaruh Geomorfologi Pantai Terhadap Gelombang Tsunami. *Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi*, Vol.4 No. 3. 39-51 Hal: 3.
- Bullen, K. E., dan Bruce, A. B., 1985. *An Introduction To The Theory Of Seismology*. Fourth Edition. Cambridge University Press.
- Gutenberg, B., dan Richter, C.F., 1942. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. *Bulletin Of The Seismol. Soc. Am.*, 32: 163-191.
- <https://earthquake.usgs.gov/learn/topics/beachball.php>. diakses 24 oktober 2018. pukul 22.00 WIB.
- https://inatews.bmkg.go.id/new/about_inatews.php?urt=14, diakses 24 oktober 2018. pukul 22.45 WIB.
- https://inatews.bmkg.go.id/new/tentang_eq.php, diakses 24 oktober 2018. pukul 22.20 WIB.
- Ibrahim, G. dan Subardjo, 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Imamura, F., Yalciner, A. C., dan Ozyurt, G., 2006. *Tsunami Modelling Manual, DCRC (Disaster Control Research Center)*. Tohoku University. Japan.

- JMA (Japan Meteorological Agency), March 2007 Edition. *Draft of Manual on Operation Systems for Tsunami Warning Service..*
- Kanamori, H., 1972. Mechanism of tsunami earthquake. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 6: 246-259.
- Katili, J.A., 1980. Geochronology of west Indonesia and its implicaton on plate tectonic. *Geo-tectonics of Indonesia, A modern view*. Directorate General of Mines. (VII+)271 pp., Jakarta, p. 181-198.
- Kertapati, E., 2006. *Aktivitas Gempabumi di Indonesia. Perspektif Regional pada Karakteristik Gempabumi Merusak*. Badan Geologi. Bandung.
- Koh, H. L., The, S. Y., Majid, T. A., Lau, T. L., dan Ahmad, F., 2012. Earthquake and Tsunami Research in USM. *The Role of Disaster Research Nexus*. *Pertanika J. Sci. & Technol.* 20 (1): 151 – 163. ISSN: 0128-7680.
- Latief, H., 2000. *Tsunami Modelling, Risk Assesment, and Mitigation*. Pusat Penelitian Kelautan. Institut Teknologi Bandung.
- Liu, C.S., 1983. New Constraints on the tectonic evolution of the eastern indian Ocean. *Earth Planetary Sci. Letters*,65,331-342.
- Longley, I. M., 1997. *The tectonostratigraphic evolution of SE Asia*. in Fraser, A. J.
- Martodjojo, S., dan Pulunggono, A., 1994. *Geotektonik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozoik Hingga Kuartar*. Makalah Seminar Geologi. Jurusan Teknik, Universitas Gajah Mada. yogyakarta.
- Mogi, K., 1967. Earthquake and Fracture. *Tectonophysics Volume 5*. Elsevier Publishing Company. Amsterdam. Netherlands. Pages 35 – 55.
- Natawidjaja, D. H., 2007. *Tectonic Setting Indonesia dan Pemodelan Gempa dan Tsunami*. Pelatihan Pemodelan Tsunami Run-up. Kementerian Negara Riset dan Teknologi RI. 20 Agustus 2007.
- Nishenko, S. P., dan Sykes, L. R., 1993. Comment on Seismic gap hypothesis. *J. Geophys. Res.* 98: 9909-9916.
- Pribadi, S., Anfimar, Puspito, dan Ibrahim, G., 2013. Characteristic Of Earthquake Generate Tsunami In Indonesia Based On Source Parameter Analysis. *J. Math. Fund. Scl., Vol. 45, No. 2, 2013, 189-207.*

Satake, K., dan Tanioka, Y., 1999, Source of Tsunami and Tsunamigenic Earthquake in Subduction Zones. *Pure and Applied Geophysics*. 154: 467-483.

Sugito, N., T., 2008, *Tsunami*, Jurusan Pendidikan Geografi, Universitas Pendidikan Indonesia.

Sunarjo., Gunawan, M. T., dan Pribadi, S., 2010. *Gempabumi Edisi Populer*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.

UNESCO. 2006. Tsunami Glossary. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. *International Tsunami Information Centre*. IOC/INF-1221, Hawaii.