

**PENENTUAN RESIKO GEMPABUMI BERDASARKAN POLA
PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM DENGAN
METODE ATKINSON BOORE
(Studi Kasus Wilayah Jawa Barat)**

SKRIPSI

Oleh:

INDANA ZULFA

NIM. 14640017



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENENTUAN RESIKO GEMPABUMI BERDASARKAN POLA
PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM DENGAN
METODE ATKINSON BOORE
(Studi Kasus Wilayah Jawa Barat)**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

**Jurusan Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S. Si)**

Oleh:

**INDANA ZULFA
NIM. 14640017**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENENTUAN RESIKO GEMPABUMI BERDASARKAN
POLA PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM DENGAN
METODE ATKINSON BOORE
(Studi Kasus Wilayah Jawa Barat)

SKRIPSI

Oleh:
Indana Zulfa
NIM. 14640017

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
pada tanggal: 07 Desember 2018

Pembimbing I,



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Pembimbing II,



Umaiyatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Menyetujui,
Ketua Jurusan Fisika




Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

PEMETAAN RESIKO KERUSAKAN AKIBAT GEMPABUMI BERDASARKAN
POLA PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM DENGAN
METODE ATKINSON BOORE
(Studi Kasus Wilayah Jawa Barat)

SKRIPSI

Oleh:
Indana Zulfa
NIM. 14640017

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Pesyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S. Si)
Pada Tanggal 21 Desember 2018

Penguji Utama	: <u>Irian, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	: <u>Farid Samsu Hananto, MT</u> NIP. 19740513 201312 1 001	
Sekretaris Penguji	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji	: <u>Umaivatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indana Zulfa
NIM : 14640017
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Penentuan Resiko Gempabumi Berdasarkan Pola Percepatan Getaran Tanah Maksimum dengan Metode Atkinson Boore (Studi Kasus Wilayah Jawa Barat)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri. Kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 17 November 2018
Yang membuat Pernyataan,

A library stamp from the University of Maulana Malik Ibrahim (UMMI) Malang, dated 17 November 2018. The stamp includes the text 'UNIVERSITAS MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG', 'PUSAT PERPUSTAKAAN', and '6000'. Below the stamp is a handwritten signature and the name 'Indana Zulfa' with the NIM number '14640017'.
6000
Indana Zulfa
NIM. 14640017

MOTTO

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ ۗ

Allah changeth not the condition of a folk until they (first) change that which is in their hearts (Q.S Ar-Ra'd[13]:11)

“Lebih baik mencoba meski ada kemungkinan buruk untuk gagal di dalamnya. Karena dengan mencoba, setidaknya kita sudah selangkah lebih maju daripada hanya diam ditempat”

-Ndan-



HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada

Orang yang sangat berjasa dalam hidup saya, Abah dan Mama.
Seseorang yang tak pernah lelah mendokan serta mengorbankan waktu,
materi, tenaga dan pikiran untuk kesuksesan anak-anaknya
Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk melangkah sejauh ini.

Teruntuk kakak-kakak dan adik-adik saya
Seseorang yang selalu mendukung saya dalam segala hal dan terkadang
sudah rela berkorban atas segala sesuatunya untuk saya.

Teruntuk kamu, Terimakasih.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya penulisan skripsi ini tak lepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus sebagai Dosen Pembimbing I Skripsi.
4. Umaiatus Syarifah, M.A., selaku pembimbing II Skripsi.
5. Dr. I Nyoman Sukanta, S.SI, M.T., selaku kepala Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Geofisika Kelas 1 Yogyakarta yang telah membantu dalam proses perizinan pelaksanaan Tugas Akhir di Kantor Stasiun Geofisika Kelas 1 Yogyakarta.
6. Nugroho Budi Wibowo, M.Si., selaku pembimbing selama di Yogyakarta yang telah membantu dalam proses pengolahan data dan selalu memberi arahan-arahan hingga penyelesaian skripsi ini dengan sabar dan ikhlas, semoga Allah membalas segala kebaikannya.
7. Seluruh Staff BMKG dan Stasiun Geofisika Kelas 1 Yogyakarta, khususnya Mba Juwita yang terkadang saya repoti.

8. Keluarga khususnya Abah dan mama yang selama ini selalu memberikan dukungan, doa serta semangat agar penulis senantiasa diberikan kemudahan dalam setiap langkahnya.
9. Sigma Nur Rismawati dan Andi Athiyah Anshariyah, sahabat sekaligus tutor andalanku yang sabar mengajari berbagai ilmu termasuk ilmu kehidupan dari awal semester hingga sekarang.
10. Sahabat-sahabat yang telah membantu dan memberikan dukungan serta semangat dalam proses penulisan skripsi hingga selesai dan selalu ada disaat saya membutuhkan, Terimakasih Mayang Fauni dan Pituwolasku tercinta.
11. Keluarga besar Alm. Kyai Dardiri Lempuyangan khususnya Mba Lilik sekeluarga yang sudah dengan ikhlas dan sabar saya repoti selama kurang lebih 1,5 bulan selama saya di Jogja.
12. Keluarga MB 37 Malang, yang telah menemani di tahun terkhirku di Malang.
13. Teman-teman seperjuangan Fisika 14 dan Geofisika 14 tercinta yang sungguh sangat luar biasa membersamai selama proses perkuliahan. Trimaksih sudah berjuang bersama.
14. Semua pihak yang membantu secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu persatu demi kesuksesan penyelesaian skripsi ini.

Malang, 27 Oktober 2018

Penulis

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, dengan mengucapkan syukur alhamdulillah rabbil ‘alamiin penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Segala puji bagi Allah SWT atas segala nikmat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul “Pemetaan Resiko Kerusakan Akibat Gempabumi Berdasarkan Pola Percepatan Getaran Tanah Maksimum dengan Metode Atkinson Boore (Studi Kasus Wilayah Jawa Barat)”. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun ummatnya dari zaman jahiliyyah menuju zaman yang terang benderang dengan segala ilmu yang sangat luar biasa yang terus menerus akan selalu mengalami perkembangan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekurangan, untuk itu penulis mohon maaf yang setulus-tulusnya. Semoga Allah ridhoi dan Allah bimbing selalu setiap langkah kita. Aaamin

Malang, 27 Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
UCAPAN TERIMAKASIH	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Struktur Bumi/Lapisan Bumi	9
2.1.1 Kerak Bumi (<i>Crust</i>)	10
2.1.2 Selimut (<i>Mantel</i>)	10
2.1.3 Inti (<i>Core</i>)	11
2.2 Gempabumi	12
2.3 Klasifikasi Gempabumi	16
2.4 Jenis-jenis Gempabumi Vulkanik	19
2.5 Gelombang Seismik	23
2.5.1 Gelombang Badan	23
2.5.2 Gelombang Permukaan	25
2.6 Kecepatan Gelombang Geser (V_{s30})	26
2.7 Fungsi Atenuasi	28
2.8 Sumber-Sumber Gempa	31
2.9 Parameter Gempabumi	32
2.10 Percepatan Getaran Tanah Maksimum	36
2.11 Intensitas Gempabumi	37
2.12 Pola Struktur Regional Jawa Barat	38
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	42
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	42
3.3 Perhitungan Percepatan Getaran Tanah (PGA) Maksimum	43
3.4 Diagram Alir Tahapan Penelitian	45
3.5 Diagram Alir Penelitian	46

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Tahapan Pengolahan Data.....	49
4.2 Analisis Data dan Pembahasan	55
4.2.1 Analisis Percepatan Getaran Tanah (PGA) Maksimum	59
4.2.2 Analisis Percepatan Getaran Tanah (PGA) Maksimum Berdasarkan Kepadatan Penduduk	63
4.3 Gempabumi dalam Pandangan Al-Qur'an	67

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran.....	74

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Tektonik Indonesi.....	4
Gambar 1.2 Peta Persebaran Getaran Tanah pada Bulan Desember 2007 Wilayah Jawa Barat dan Banten.....	5
Gambar 2.1 Susunan Lapisan Utama Bumi	9
Gambar 2.2 Dinamika Bumi	11
Gambar 2.3 Mekanisme Penjalaran Gelombang P	24
Gambar 2.4 Mekanisme Penjalaran Gelombang S	24
Gambar 2.5 Mekanisme Penjalaran Gelombang Rayleigh	25
Gambar 2.6 Mekanisme Penjalaran Gelombang Love	26
Gambar 2.7 Lingkungan Tektonik Sistem Penunjaman Dua Lempeng.....	39
Gambar 2.8 Pola Struktur Regional Jawa Barat-Jawa Tengah	40
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	45
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data	46
Gambar 4.1 Titik Gempabumi Wilayah Penelitian.....	51
Gambar 4.2 Grid atau Titik Pengukuran Berdasarkan Nilai V_s30 $0,0083^\circ \times 0,0083^\circ$	53
Gambar 4.3 Grid atau Titik Pengukuran $0,5^\circ \times 0,5^\circ$	54
Gambar 4.4 Model Segmentasi dan Parameter Sumber Gempa Subduksi (<i>Megatrust</i>) Wilayah Indonesia.....	57
Gambar 4.5 Peta Percepatan Getaran Tanah (PGA) Maksimum Wilayah Jawa Barat Grid $0,0083^\circ \times 0,0083^\circ$	60
Gambar 4.6 Peta Percepatan Getaran Tanah (PGA) Maksimum Wilayah Jawa Barat Grid $0,5^\circ \times 0,5^\circ$	60
Gambar 4.7 Peta Resiko Akibar Gempabumi Wilayah Jawa Barat.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Klasifikasi <i>Site Class</i> berdasarkan NEHRP.....	28
Tabel 2.2 Korelasi Konvensi Nilai Magnitudo	34
Tabel 2.3 Magnitudo, Efek Karakteristik, Frekuensi dan Skala MMI Gempabumi	38
Tabel 4.1 Data Gempabumi Signifikan dan Merusak Wilayah Jawa Barat Tahun 1997-2018 Berdasarkan Parameter Metode Atkinson Boore (2003).....	51
Tabel 4.2 Skala Intensitas Gempabumi.....	57
Tabel 4.3 Data Penduduk Jawa Barat	64



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai V_{s30} USGS

Lampiran 2 Nilai Percepatan Getaran Tanah (PGA) Maksimum Sesuai V_{s30}

Lampiran 3 Nilai Percepatan Getaran Tanah (PGA) Maksimum dengan Grid
 $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$



ABSTRAK

Zulfa, Indana. 2018. **Penentuan Resiko Gempabumi Berdasarkan Pola Percepatan Getaran Tanah Maksimum Dengan Metode Atkinson Boore (Studi Kasus Wilayah Jawa Barat)**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M. Si (II) Umaiyyatus Syarifah, M. A

Kata Kunci: Gempabumi, PGA (*Peak Ground Acceleration*), *Vs30*, Mitigasi

Gempabumi merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia. Salah satu wilayah yang sering terjadi gempabumi adalah Provinsi Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai percepatan getaran tanah (PGA) maksimum di wilayah Jawa Barat berdasarkan data gempabumi antara tahun 1997-Maret 2018 serta untuk menghasilkan pola peta percepatan getaran tanah maksimum untuk mengetahui letak daerah rawan kerusakan gempabumi di wilayah Jawa Barat. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) tertinggi sebesar 100-130 gal yaitu wilayah Sukabumi. Sedangkan wilayah yang mempunyai nilai percepatan getaran tanah (PGA) terendah yaitu wilayah Garut, Pangandaran dan Purwakarta dengan nilai percepatan getaran tanah (PGA) sebesar 10 gal. Adapun wilayah yang mempunyai tingkat rawan kerusakan tinggi akibat gempabumi berdasarkan nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) adalah wilayah Sukabumi, Bogor, Cianjur, Indramayu, dan Cirebon. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan informasi kepada Pemerintah dan masyarakat setempat dan dapat dijadikan bahan perbandingan serta dapat digunakan juga untuk keperluan perencanaan bangunan tahan gempa dan mampu dijadikan sebagai referensi dalam upaya mitigasi bencana gempabumi di wilayah Jawa Barat agar dapat meminimalisir kerusakan-dan-korban-jiwa-yang-ditimbulkan.

ABSTRACT

Zulfa, Indana. 2018. **Determination of Earthquake Risk Based on Maximum Land Vibration Acceleration Pattern by Boore Atkinson Method (Case Study of West Java Areas)**. A Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Drs. Abdul Basid, M. Si (II) Umayyatus Syarifah, M. A

Keywords: Earthquake, PGA (Peak Ground Acceleration), Vs30, Mitigation

Earthquake is one of the frequent disasters in Indonesia. One area of frequent earthquake is the province of West Java. This study aims to determine the value of Maximum Land Vibration Acceleration in West Java earthquake based on the data between 1997-March 2018 as well as to produce a pattern of maximum land vibration acceleration map to see location of areas which are prone to earthquake damage. Analysis of the results showed that the maximum ground vibration acceleration value which is generated is 100-130 gal. Region having the highest value of ground vibration acceleration is region of Sukabumi. Hereinafter Bogor, Indramayu and Cirebon are with ground vibration acceleration value in 60-90 gal and the lowest value of ground vibration acceleration is found in Garut, Pangandaran and Purwakarta with ground vibration acceleration value on 10 gal. The result of this study is expected to be used as material of information to the Government and local communities obviously to be used as a material comparison and also for the purposes of planning earthquake resistant buildings. Being able to be used as a reference in earthquake disaster mitigation efforts of West Java in order to minimize damage and loss caused.

ملخص

زلفى، عندنا ٢٠١٨. تحديد مخاطر الزلازل اعتمادًا على نمط التسارع الأرضي الأقصى مع أسلوب أتكينسون بور (دراسة حالة لمنطقة جاوة الغربية). البحث الجامعي، قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. إشراف: (١) د. عبد السيد الماجستير (٢) اومية الشريفة، الماجستير

الكلمة المفتاحية: زلزال، تسريع الأرض الذروة (PGA)، التخفيف Vs30

الزلازل واحد من أكثر الكوارث المتكررة في إندونيسيا واحدة من المناطق ذات الزلازل المتكررة هي مقاطعة جاوة الغربية. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد القيمة القصوى لتسريع اهتزاز الأرض (PGA) في منطقة جاوة الغربية استنادًا إلى بيانات الزلازل في الفترة ما بين ١٩٩٧ و مارس ٢٠١٨، ولإنتاج نمط خريطة تسارع اهتزازية أرضية قصوى لتحديد موقع المناطق المعرضة لضرر الزلزال في..منطقة جاوة الغربية.من نتائج التحليل تظهر أن أقصى تسارع اهتزاز الأرض المنتجة هو ١٠٠ - ١٣٠ غال. المنطقة التي لديها أعلى تسارع اهتزاز أرضي (PGA) هي سوكمومي، ثم، بوغور، اندرمايو و جيريبون مع قيم تسارع اهتزاز الأرض (PGA) من ٦٠ - ٩٠. جالون وأصغر قيمة تسارع اهتزاز الأرض (PGA) في غاروت و فاغندران و فورواكرتا مع قيمة تسارع اهتزاز الأرض (PGA) من ١٠ غالون. من المتوقع استخدام نتائج هذه الدراسة كمعلومات مادية للحكومة والمجتمعات المحلية ويمكن استخدامها كمواد مقارنة ويمكن استخدامها أيضًا لأغراض تخطيط المباني المقاومة للزلازل ويمكن استخدامها كمرجع في جهود التخفيف من كارثة الزلزال في غرب جاوا من أجل تقليل الأضرار والإصابات إلى أدنى حد ممكن. الذي تسببت فيه.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempabumi merupakan fenomena alam yang setiap saat dapat terjadi di permukaan bumi. Gempabumi ini menyebabkan guncangan atau getaran yang besarnya beragam. Besarnya guncangan akibat gempabumi beragam mulai dari yang sangat kecil sehingga sulit dirasakan, sampai ke guncangan yang sangat dahsyat sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh. Apabila terjadi gempabumi, salah satu efek yang ditimbulkan pada suatu tempat adalah percepatan tanah pada permukaan. Dengan mengetahui nilai percepatan tanah di suatu daerah maka dapat kita jadikan acuan dalam pembuatan bangunan tahan gempa, sehingga dapat mengurangi resiko yang ditimbulkan.

Gempabumi didefinisikan sebagai getaran tanah karena pembebasan energi tiba-tiba di kerak Bumi (Elnashai dan Luigi, 2008). Sejarah gempabumi sudah ada selama manusia hidup dan merupakan salah satu sumber bencana alam yang berpotensi berbahaya terhadap aktivitas manusia. Gempabumi merupakan suatu kejadian alami yang sampai saat ini belum dapat diprediksi waktu, kapan, dan seberapa kuat intensitas gempabumi yang akan terjadi secara akurat. Gempabumi menjadi salah satu sumber bencana yang wajib diwaspadai oleh manusia, karena selain tidak dapat diprediksi, gempabumi juga sering mengakibatkan kerusakan yang cukup fatal, seperti kerusakan pada infrastruktur, jalan raya bahkan sampai menimbulkan korban jiwa.

Fenomena gempabumi terdapat dalam al-Quran surat al-Zalzalah [99]: 1-2 (Kemenag RI, 2010).

إِذَا زُلْزِلَتِ الْأَرْضُ زِلْزَالَهَا ۖ وَأَخْرَجَتِ الْأَرْضُ أَثْقَالَهَا ۖ

Artinya: “Apabila bumi digoncangkan dengan guncangan (yang dahsyat), dan bumi telah mengeluarkan beban-beban berat (yang dikandung)nya,” (Q.S al-Zalzalah [99]: 1-2)

Dari ayat tersebut yang dimaksud dengan gempabumi adalah guncangan. Gempabumi dalam Bahasa Arab diistilahkan dengan *al-Zalzalah*. Menurut arti bahasa, kata *al-Zalzalah* itu sendiri diambil dari kata *zalla yazulu zallan wa zalalan wa mazallatan* yang artinya *istirsaal al-rijli min ghair qashd* (tergelincirnya kaki atau jatuhnya-kaki-dengan-tanpa-disengaja) (Abha,-2013).

Dari *isytiqaaq* di atas, kemudian muncullah kata *al-Zalzalah* dan *al-Tazalzul* dengan makna *al-Idlthiraab* yang artinya adalah gelombang besar, guncangan besar dan pergerakan yang besar (Abha, 2013). Lu’luis Ma’luf menjelaskan bahwa gempabumi adalah adanya guncangan bumi yang besar dan cepat yang bisa menyebabkan terpecah-pecahnya jarak kerak bumi sebagai akibat dari pergerakan lempeng bumi (Ma’luff dalam Abha, 2013).

Peak Ground Accelaration (PGA) atau Percepatan Getaran Tanah Maksimum akibat gempabumi adalah percepatan getaran tanah maksimum yang terjadi pada suatu titik pada posisi tertentu dalam suatu kawasan yang dihitung dari akibat semua gempabumi yang terjadi pada kurun waktu tertentu dengan memperhatikan besar magnitudo dan jarak hiposenternya, serta periode dominan tanah dimana titik tersebut berada.

Menurut Handewi (2014) setiap gempa yang terjadi akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu tempat (*site*). Nilai percepatan tanah yang akan diperhitungkan pada perencanaan bangunan adalah nilai percepatan tanah maksimum. Percepatan tanah maksimum adalah nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat akibat getaran gempabumi dalam periode waktu tertentu.

Secara astronomis, letak Indonesia berada di $6^{\circ}\text{LU} - 11^{\circ}\text{LS}$ dan $95^{\circ}\text{BT} - 141^{\circ}\text{BT}$. Adapun pengaruh letak astronomis Indonesia antara lain adalah Indonesia memiliki curah hujan yang tinggi, memiliki ekosistem hutan hujan tropis yang bernilai tinggi, memiliki penyinaran matahari yang lebih lama, kelembapan udaranya tinggi, serta memiliki 3 daerah waktu yaitu Waktu Indonesia bagian Barat, Waktu Indonesia bagian Tengah dan Waktu Indonesia bagian Timur. Indonesia juga terletak antara dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia dan diantara dua samudera yaitu Samudera India dan Samudera Pasifik. Benua dan samudera merupakan komponen lempeng kerak bumi yang paling utama. Secara tektonik Indonesia terletak antara tiga lempeng utama (*mega triple junction*) yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Tiga lempeng tersebut saling berinteraksi membentuk kepulauan Indonesia yang secara geologi sangat kompleks. Kondisi ini menyebabkan Indonesia mempunyai tingkat seismisitas dan termasuk pada wilayah yang memiliki zona dengan tingkat kegempaan yang relatif tinggi.

Gerakan antar tiga lempeng tersebut yaitu Lempeng Eurasia relatif diam, Lempeng Indo-Australia bergerak ke Utara dan menghujam ke bawah Lempeng Eurasia, sedangkan Lempeng Pasifik bergerak ke arah Barat dan menghujam di

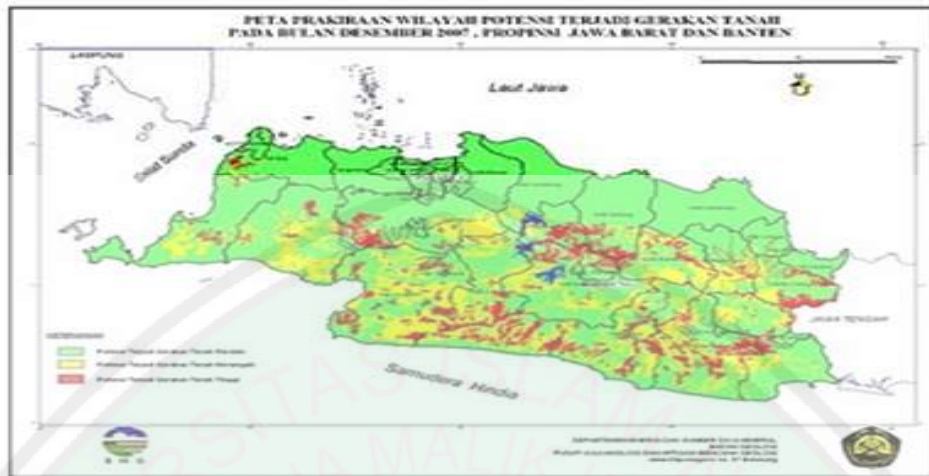
bawah dua lempeng yang lain. Pergerakan ini menimbulkan pergeseran Lempeng Tektonik pada batas lempeng yang berada di Selatan pulau Jawa dan akan membentuk sesar regional maupun lokal dimana terjadi pelepasan energi berupa gempa bumi tektonik.



Gambar 1.1 Peta Tektonik Indonesia

(Sumber: <https://fiflowers.wordpress.com/geofisika/keaktifan-tektonik-indonesia>)

Pulau Jawa merupakan wilayah Indonesia yang paling padat penduduk dan infrastrukturnya. Berdasarkan tatanan seismotektoniknya, pulau ini merupakan bagian dari satuan seismotektonik. Menurut Martodjojo (1984) Jawa Barat sebagai bagian dari Pulau Jawa yang merupakan pulau terluar dari busur Selatan Asia, disamping itu adanya penunjaman ini maka pulau Jawa memiliki kondisi geologi yang unik dan rumit. Pada jaman Pra Tersier Jawa Barat merupakan kompleks mélange yaitu zona percampuran antara batuan Kerak Samudera dengan batuan Kerak Benua. Terdiri dari Batuan Metamorf, Vulkanik dan Batuan Beku, yang diketahui hanya dari pemboran di bagian Utara laut Jawa Barat.



Gambar 1.2 Peta Persebaran Getaran Tanah pada Bulan Desember 2007 Wilayah Jawa Barat dan Banten

(Sumber: <http://geologiindonesiapulaujawa.blogspot.co.id/>)

Menurut Sutrisno dan Satria (2015) Propinsi Jawa Barat merupakan salah satu bagian wilayah Indonesia yang rawan bencana gempa bumi. Gempabumi yang terjadi di daerah Jawa Barat berasal dari zona subduksi di lepas pantai Selatan Jawa dan Palung Sunda di Selat Sunda untuk gempa dengan kedalaman dangkal, menengah, dan dalam (Zen, MT dalam Sutrisno, 2015). Disamping Zona Subduksi dan Palung Sunda, gempabumi yang terjadi di Jawa Barat juga bersumber dari zona sesar mendatar seperti, Sesar Baribis, dan Sesar Cimandiri yang merupakan bagian dari Zona Sesar besar Jawa (Ratman dkk dalam Sutrisno, 2015). Sesar-sesar tersebut menyebabkan terjadinya gempabumi dengan kedalaman dangkal sampai menengah. Kondisi geologi permukaan dan kualitas bangunan merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan besar kecilnya bencana gempa. Banyak korban jiwa dan harta benda terjadi akibat buruknya kualitas bangunan dan kondisi geologi permukaan yang tidak stabil. Kondisi geologi permukaan secara kuantitatif dinyatakan dengan parameter percepatan tanah

maksimum (*Peak Ground Accelaration*) yang berasal dari rekaman *accelerograph* pada saat gempa besar terjadi (Soehaimi dkk dalam Sutrisno, 2015).

Data *accelerograph* merupakan data percepatan tanah maksimum yang riil dan akurat untuk memberikan informasi dalam hal perencanaan bangunan tahan gempa di lokasi tertentu. Untuk wilayah Indonesia rekaman *accelerograph* tersebut masih sangat terbatas jumlahnya di tempat-tempat tertentu dan distribusinya belum merata. Kondisi ini menyebabkan sulitnya memperoleh data rekaman absolut harga percepatan tanah maksimum. Oleh karena untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum akibat gempabumi sering dilakukan perhitungan secara empiris.

Metode Atkinson Boore merupakan salah satu metode yang mengalami perkembangan terus menerus. Fungsi atenuasi Atkinson dan Boore (2003) merupakan hubungan atenuasi gerakan tanah untuk gempa-gempa yang terjadi pada zona subduksi yang merupakan *input* penting untuk analisis seismik hazard di berbagai bagian dunia. Model atenuasi Atkinson dan Boore (2003) dapat digunakan untuk sumber gempa subduksi pada zona megathrust dan beniof. Hubungan atenuasi ini juga dikembangkan dengan kompilasi *database* respon spektra dari catatan gerakan tanah kuat dengan momen magnituda $M=5$ SR sampai dengan $M=8.5$ SR yang terjadi pada zona subduksi seluruh dunia, termasuk di dalamnya kejadian *interface* dan *intraslab*. Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat dikatakan bahwa metode Atkinson dan Boore (2003) ini sangatlah cocok jika digunakan untuk menghitung percepatan getaran tanah di wilayah Jawa Barat karena sesuai dengan geologi wilayah Jawa Barat.

Penelitian terdahulu tentang percepatan getaran tanah maksimum di wilayah Jawa Barat dengan metode Mc. Guirre. R. K tahun 1990-2015, hasil penelitiannya adalah percepatan getaran tanah maksimum tertinggi sebesar 174,582-192,292 gal yaitu di daerah Bogor dan yang terendah sebesar 32,898-50,608 gal di daerah Tasikmalaya, Garut, dan Ciamis serta daerah yang mempunyai tingkat rawan kerusakan akibat gempa bumi dari yang paling rawan sampai yang paling rendah berturut-turut adalah mulai dari Bogor, disusul Purwakarta dan Sukabumi, dan yang paling rendah tingkat kerawanannya adalah di daerah Cianjur, Sumedang, Tasikmalaya, Garut, dan Ciamis.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana nilai percepatan getaran tanah maksimum di wilayah Jawa Barat berdasarkan data gempa bumi antara tahun 1997-2018?
2. Bagaimana pola peta percepatan getaran tanah maksimum untuk mengetahui letak daerah rawan kerusakan gempa bumi di wilayah Jawa Barat?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui nilai percepatan getaran tanah maksimum di wilayah Jawa Barat berdasarkan data gempa bumi selama periode 1997-2018, sebagai informasi mitigasi bahaya gempa bumi di wilayah Jawa Barat.
2. Untuk mengetahui pola pemetaan percepatan getaran tanah maksimum agar bisa mengetahui letak daerah rawan kerusakan gempa bumi di wilayah Jawa Barat.

1.4 Batasan Masalah

1. Wilayah yang diteliti adalah wilayah Jawa Barat dengan koordinat $106,404^{\circ}$ BT- $109,026^{\circ}$ BT dan $-5,42^{\circ}$ LS - $9,086^{\circ}$ LS.
2. Data gempabumi yang digunakan adalah data gempa periode 1997-Maret 2018 berdasarkan data gempa signifikan wilayah Jawa Barat serta data reposito yang didapatkan melalui web BMKG dan Stasiun Geofisika Kelas 1 Yogyakarta.
3. Metode yang digunakan adalah fungsi atenuasi Atkinson Boore (2003).

1.5 Manfaat Penelitian

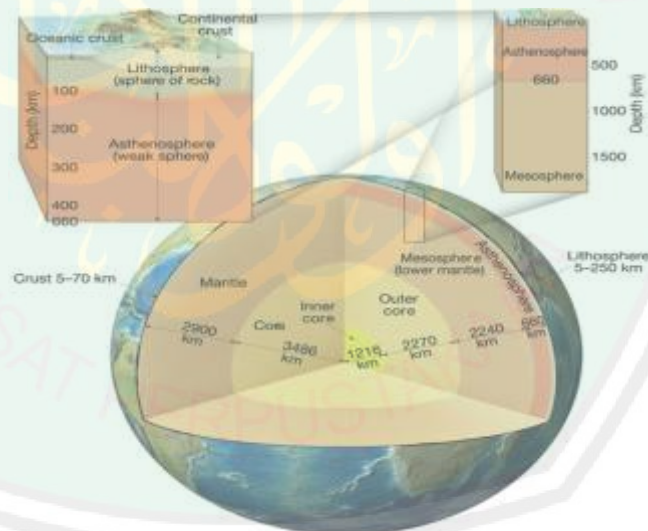
1. Untuk mengetahui percepatan getaran tanah maksimum dan intensitas gempabumi di wilayah Jawa Barat periode 1997-2018 dengan menggunakan metode Atkinson Boore (2003).
2. Untuk memberikan informasi dan sebagai bahan referensi kepada pemerintah dan masyarakat setempat dalam usaha mitigasi bencana di wilayah Jawa Barat agar dapat meminimalisir kerusakan akibat gempabumi.
3. Masyarakat diharapkan dapat mengambil pelajaran atau hikmah dari bencana yang terjadi agar lebih waspada.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Struktur Bumi/ Lapisan Bumi

Berdasarkan penelitian dengan bantuan berbagai ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah disebutkan sebelumnya, para ahli menyusun suatu teori tentang kerangka bumi. Berdasarkan teori tersebut mereka telah membagi bumi dalam tiga bagian besar, yaitu (Munir, 2003):

1. Kerak bumi (*Crust*)
2. Selimut (Mantel)
3. Inti (*Core*).



Gambar 2.1 Susunan Lapisan Utama Bumi
(Sumber: Munir, 2003)

Secara skematik ketiga susunan utama bumi tersebut disajikan dalam gambar 2.1. Dari gambar tersebut, tampak jelas posisi setiap lapisan yang ada di luar dan di dalam (Munir, 2003).

2.1.1 Kerak Bumi (*Crust*)

Kerak bumi adalah lapisan paling luar dari bumi yang bersifat keras dan padat. Lapisan ini terdiri dari batuan sedimen, batuan beku, dan metamorphosis dengan unsur utama oksigen dan silikon dan memiliki ketebalan kurang lebih 85 km. Kerak bumi sebagai lapisan terluar bumi terdiri dari dua bagian, yaitu kerak samudera dan kerak benua. Kerak samudera mempunyai ketebalan sekitar 5-20 km sedangkan kerak benua mempunyai ketebalan sekitar 20-70 km. Lapisan kerak bumi hanya 0,5 % dari volume bumi secara keseluruhan (Prasetya, 2006).

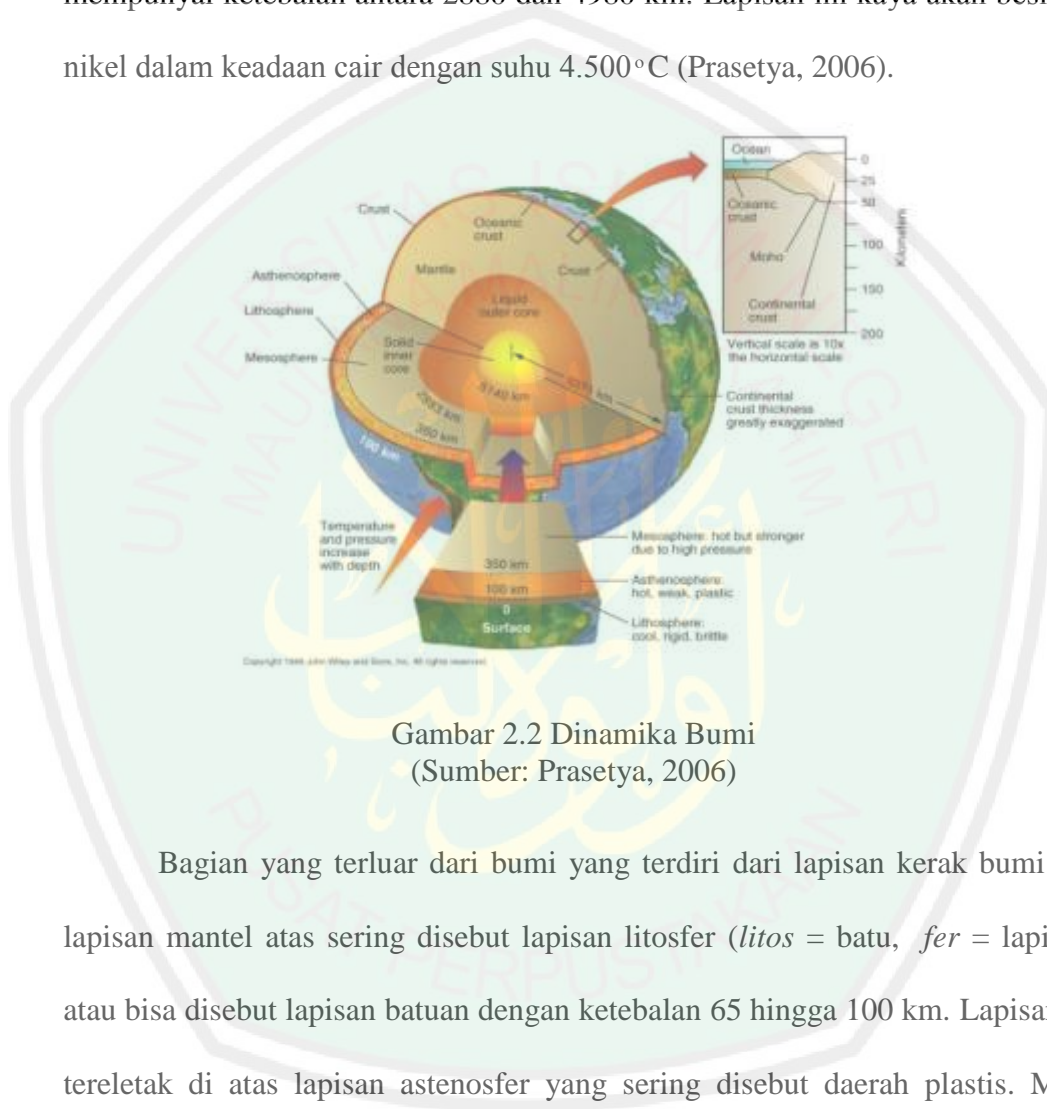
Bagian bawah kerak bumi ini terdapat lapisan peralihan yang mempunyai perubahan sifat fisis yang tajam antara kerak bumi dan lapisan mantel, terutama massa jenis dan sifat elastisitas batuan yang sering disebut lapisan MOHO. Lapisan MOHO ini ditemukan oleh seorang ahli geologi bernama Mohorovicic pada tahun 1909 (Prasetya, 2006).

2.1.2 Selimut (*Mantel*)

Mantel bumi mempunyai 2 bagian, yaitu bagian atas atau disebut mantel luar. Lapisan ini terdiri dari ultra basal dan mineral dengan densitas antara 3,3 dan 4,3 gram/cm³, dan mempunyai ketebalan 40 dan 400 km. Yang kedua, yaitu bagian di bawahnya atau disebut dengan mantel bagian dalam dengan ketebalan 900-2700 km dan densitas antara 4,5 dan 5,5 gram/cm³. Lapisan ini terdiri dari senyawa padat MgO, SiO₂, dan sebagainya (Prasetya, 2006).

2.1.3 Inti (Core)

Terdiri atas inti luar dan inti dalam. Inti luar bersifat cairan pekat yang mempunyai ketebalan antara 2880 dan 4980 km. Lapisan ini kaya akan besi dan nikel dalam keadaan cair dengan suhu 4.500°C (Prasetya, 2006).



Gambar 2.2 Dinamika Bumi
(Sumber: Prasetya, 2006)

Bagian yang terluar dari bumi yang terdiri dari lapisan kerak bumi dan lapisan mantel atas sering disebut lapisan litosfer (*litos* = batu, *fer* = lapisan) atau bisa disebut lapisan batuan dengan ketebalan 65 hingga 100 km. Lapisan ini terletak di atas lapisan astenosfer yang sering disebut daerah plastis. Maka seolah-olah lapisan litosfer ini “mengapung” di atas astenosfer. Akibatnya lapisan litosfer ini retak-retak sehingga ada yang saling meregang (*divergensi*) dan saling menekan (*konvergensi*). Pada daerah yang saling meregang akan terjadi pemisahan antara dua lapisan litosfer. Dan sebaliknya, pada daerah yang saling menekan akan terjadi penunjaman dimana lapisan litosfer yang satu masuk ke

bawah lapisan litosfer yang lain. Kedua peristiwa inilah yang kemudian dikenal dengan teori Tektonik Lempeng (Prasetya, 2006).

2.2 Gempabumi

Gempabumi (atau dalam bahasa Inggrisnya *earthquakes*) merupakan salah satu bencana alam paling misterius bagi umat manusia. Terjadi bisa dengan tiba-tiba dan kapan saja tidak mengenal waktu. Gempabumi datang begitu mendadak, tidak lebih dari beberapa detik kejadiannya mampu meruntuhkan bangunan-bangunan sehingga rata dengan tanah. Akibatnya, saat gempa terjadi yang ada hanya kepanikan dan kegelisahan tanpa tahu apa yang harus diperbuat (Prasetya, 2006).

Gempabumi adalah pergeseran tiba-tiba dari lapisan tanah di bawah permukaan bumi. Ketika pergeseran ini terjadi, maka timbul getaran yang disebut gelombang seismik. Gelombang ini menjalar ke segala arah menjauhi pusat gempa (*hiposenter*), namun beberapa hanya tercatat di *seismograph*, dan beberapa ada yang sampai ke permukaan bumi dan dirasakan oleh manusia. Getaran yang sampai ke permukaan bumi ini bisa bersifat merusak dan sangat tergantung dengan kekuatan sumber gempabumi, kedalamannya dari permukaan tanah dan tidak kalah pentingnya adalah mutu bangunan yang dilewati oleh gelombang seismik ini. Jika mutu bangunannya sangat rapuh akan mudah runtuh dan mengakibatkan banyaknya korban jiwa (Prasetya, 2006).

Allah SWT berfirman:

وَالْأَرْضِ ذَاتِ الصَّدَعِ ﴿١٢﴾

Artinya: “*Demi bumi yang memiliki celah-celah (rekahan)*”.
(QS. Al Thariq [86]:12)

Sumpah al-Quran di dalam ayat tersebut menurut pemahaman ulama klasik adalah tanah bercelah (membelah) agar tumbuh-tumbuhan bisa tumbuh dengan baik. Namun, tatkala makna kata *ارض* di dalam al-Quran mencangkup tanah yang menutupi bebatuan daratan; massa daratan yang kita huni; dan planet bumi sebagai unit astronomi tertentu, maka sumpah al-Quran terkait dengan ayat “*Demi bumi yang memiliki celah-celah*” mesti mempunyai seluruh makna bumi seperti di dalam penjelasan sebagai berikut (El Naggar, 2010):

a. Terbelahnya tanah untuk tumbuh-tumbuhan

Secara leksikal, kata *shad'* صدع adalah pecah di dalam tanah, yaitu bumi bergerak di dua sisi levelnya lalu berbentuk kurva atau vertikal miring. Tanah biasanya terdiri dari mineral tanah liat yang bercampur atau tidak bercampur dengan pasir dan dari mineral berbutir halus (diameternya kurang 0,004 mm). Pada dasarnya terbentuk dari silikat alumunium berbentuk rembesan timbal balik antara silikat dioksida dan alumina dengan sejumlah unsur lain. Bagian atas permukaannya bermuatan listrik positif atau negatif sesuai dengan jenis tanah liatnya (El Naggar, 2010).

Tanah liat termasuk mineral rekat dan materi lekat yang mempunyai daya sebar di dalam materi lain karena butirannya halus. Disamping itu juga,

tanah liat memiliki daya serap air dengan kuantitas yang cukup banyak jatuh ke tanah atau mengairinya, maka tanah menjadi gempur dan mekar (El Naggar, 2010).

b. Celah-Celah Batu Karang Daratan

Umumnya patahan bumi terletak pada kumpulan patahan yang seimbang dan menyilang di dalam dua arah atau lebih, meskipun ada yang tidak mempunyai arah tertentu yang biasanya sedikit dalam. Begitu juga, patahan kerak bumi terjadi karena pendinginan magma batu karang yang mendorong dari dalam bumi yang terdekat dengan permukaan atau permukaannya di dalam bentuk luapan vulkanik (El Naggar, 2010).

Pembentukan patahan kerak bumi mempunyai hikmah yang sangat berarti, karena merupakan langkah penting bagi korosi dan abrasi batu karang, dimana berfungsi sebagai celah bagi berbagai faktor abrasi ke dalam batu karang. Selanjutnya, berfungsi bagi pembentukan tanah bumi, sedimen dan bebatuan sedimen. Tanpa tanah tidak ada pertanian di bumi, tanpa sedimen bebatuan tidak ada minyak dan gas bumi serta berbagai kekayaan lainnya seperti batu bara, fosfat uap dan lainnya. Begitu juga distribusi patahan litosfir dapat membuat lokasi dari sejumlah konsentrasi mineral penting seperti emas, perak, tembaga, timah, dan lainnya, juga menentukan saluran beberapa sungai atau pembentukan beberapa gua dan galian pelebaran di dalam batu karang (El Naggar, 2010).

Rekahan memainkan peranan penting di dalam pembentuk dataran tinggi dan dataran rendah bumi, mata air, beberapa pemendaman minyak,

disamping membantu proses berbagai abrasi di dalam pembentukan saluran dan aliran air, pembentukan lembah dan jalur air. Begitu juga membantu di dalam semua orises abrasi dan pendataran permukaan bumi berikut dengan pembentukan tanah, sedimen dan bebatuan sedimen, termasuk kekayaan bumi bersamanya. Rekahan juga merupakan salah satu faktor peruntuhan permukaan bumi, disamping salah satu faktor konstruksi bagi terbentuknya gunung, bukit, dan dataran tinggi dan bagi terbentuknya basin, gua dan dataran rendah bumi (El Naggar, 2010).

c. Rekahan Bumi Sebagai Planet Melalui Lembah Dasar Laut

Pada tiga dekade terakhir ini para ilmuwan mengetahui bahwa bumi kita ini dikelilingi secara total oleh jaringan besar “rekahan raksasa” yang diumpamakan para ahli sebagai pateri bola tenis. Rekahan raksasa ini memanjang sampai ribuan kilometer di seluruh arah dengan kedalaman berkisar antara 65 hingga 70 km di bawah dasar laut dan samudera dan diantara 100 hingga 150 km di bawah benua yang memecah litosfer secara total menjadi sejumlah lempengan yang disebut “Lempengan Litosfer” yang terapung diatas zona Astenofir (zona kawasan lemah bumi), yaitu kawasan lentur semi meleleh berdensitas tinggi dan kohesi (El Naggar, 2010).

Gerak lempengan Litosfer tersebut menjadi sebab merayap, menyatu dan pecahnya benua secara periodik yang dinamakan “Sirkulasi Benua dan Lautan”. Dimana benua dengan laut memanjang seperti laut memanjang seperti laut merah terbagi kepada dua massa bumi yang saling menjauh akibat

meluasnya dasar laut yang memisahkannya hingga berubah menjadi samudera (El Naggar, 2010).

Sumber lain menyatakan bahwa gempabumi adalah getaran dalam bumi yang terjadi sebagai akibat terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi. Gempabumi didefinisikan sebagai rambatan gelombang pada massa batuan atau tanah yang berasal dari hasil pelepasan energi kinetik yang berasal dari dalam bumi. *Summer energy* yang dilepaskan dapat berasal dari hasil tumbukan lempeng, letusan gunungapi, atau longsor massa batuan atau tanah. Hampir seluruh kejadian gempa berkaitan dengan satu patahan yaitu tahapan deformasi batuan atau aktivitas tektonik dan dikenal sebagai gempa tektonik (Noor, 2006).

Sebaran kegempaan di Indonesia terjadi pada batas pertemuan lempeng. Ketika dua lempeng bumi bertumbukan, lempeng dengan kerapatan massa lebih besar akan menyusup ke bawah. Gerakan lempeng tersebut akan melambat akibat gesekan dengan selubung bumi lainnya. Perlambatan gerakan tersebut akan menyebabkan penumpukan energi di zona tumbukan (zona subduksi) dan zona patahan di dekatnya. Akibatnya, di zona-zona tersebut akan terjadi patahan batuan yang diikuti lepasnya energi secara tiba-tiba. Besar kecilnya energi yang dilepas tergantung seberapa besar batas elastisitas lempeng terlampaui. Proses pelepasan energi ini menimbulkan getaran partikel ke segala arah. Getaran-getaran inilah yang disebut gempa tektonik (Winardi, 2006).

2.3 Klasifikasi Gempabumi

Gempabumi berdasarkan kedalamannya dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu (Sanjaya, 2008):

- a. Gempabumi dangkal, gempabumi dangkal adalah gempabumi yang hiposenternya berada kurang dari 60 km dari permukaan bumi. Di Indonesia gempabumi dangkal letaknya terpencar di sepanjang sesar aktif dan patahan aktif. Gempabumi dangkal menimbulkan kerusakan besar dan semakin dangkal tempat terjadinya gempabumi maka daya perusakannya semakin besar.
- b. Gempabumi menengah, gempabumi menengah adalah gempabumi yang hiposenternya berada antara 60 km – 300 km di bawah permukaan bumi. Di Indonesia gempabumi menengah terbentang sepanjang Sumatra sebelah Barat, Jawa sebelah Selatan, selanjutnya Nusa Tenggara antara Sumbawa dan Maluku, akhirnya sepanjang Teluk Tomini, Laut Maluku ke Filipina. Gempabumi menengah dengan fokus kurang dari 150 km di bawah permukaan masih dapat menimbulkan kerusakan.
- c. Gempabumi dalam, gempabumi dalam adalah gempabumi yang hiposenternya berada lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi. Di Indonesia gempabumi dalam berada di Laut Jawa, Laut Flores, Laut Banda dan Laut Sulawesi. Gempabumi dalam tidak membahayakan.

Bila mengamati suatu rangkaian getaran pada peristiwa gempabumi, maka secara umum dapat dikatakan bahwa gempabumi adalah suatu peristiwa dengan rangkaian getaran yang meliputi getaran gempa pendahuluan (*Fore Shock*),

getaran utama (*Main Shock*), dan getaran susulan (*After Shock*). Punya tidaknya ketiga jenis getaran itu pada suatu peristiwa gempabumi, sangat ditentukan oleh *homogenitas* fisik batuan pada lokasi gempabumi itu terjadi (Gare, 2001).

Gempabumi berdasarkan urutan waktu terjadinya (Mogi, 1967):

a) Tipe I

Yaitu gempabumi utama dalam (*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*) 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 di daerah gunungapi. Gempabumi ini terjadi pada daerah yang struktur mediumnya tidak seragam dengan *stress* yang bekerja terkonsentrasi pada area yang terbatas.

Gempabumi berdasarkan sumber kegempaanannya dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu (Subardjo, 2005):

- a) Gempabumi Vulkanik, gempabumi ini terjadi akibat adanya aktivitas magma yang biasa terjadi sebelumnya gunungapi meletus. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan terjadinya ledakan yang juga akan menimbulkan gelombang seismik. Gempabumi tersebut hanya terasa disekitar lokasi gunungapi tersebut.
- b) Gempa Tektonik, gempabumi ini disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng-lempeng tektonik yang mempunyai kekuatan sangat bervariasi. Gempabumi ini banyak menimbulkan kerusakan atau bencana alam di permukaan bumi, getaran gempabumi yang kuat mampu menjalar keseluruh bagian bumi.
- c) Gempabumi Runtuhan, gempabumi ini biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun pada daerah pertambangan, jenis gempabumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal.
- d) Gempabumi Buatan, gempabumi buatan adalah getaran pada bumi yang disebabkan oleh aktivitas dari manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir atau palu yang dipukulkan ke permukaan bumi untuk kegiatan eksplorasi.

2.4 Jenis-jenis Gempabumi Vulkanik

Gempa vulkanik terjadi di dalam dan di sekitar tubuh gunungapi. Gempa vulkanik menunjukkan adanya interaksi antara dua proses geologi, yakni migrasi magma dan aktivitas lempeng tektonik. Kegiatan seismik dapat memberikan informasi mengenai daerah penyimpanan magma yang merupakan daerah dengan

kecepatan seismik rendah. Aktivitas intrusi dan ekstrusi magma menimbulkan potensi seismik didalam kerak bumi atas dan zona tektonik (Maryanto, 2016).

Berdasarkan kedudukan sumber gempanya (posisi kegiatan magma), maka gempabumi vulkanik dapat dibedakan menjadi empat jenis gempa yaitu:

a. Gempabumi Vulkanik Dalam

Kedalaman sumber gempanya antara 2 sampai 30 km. Gempabumi ini banyak persamaannya dengan gempabumi tektonik, terutama mengenai gempa susulannya (*after shocks*). Terjadi pada saat menjelang letusan suatu gunungapi, atau sebagai pertanda bahwa suatu gunungapi tengah mulai aktif (Mulyo,2004).

Sumber dari tipe gempa ini terletak di bawah gunungapi pada kedalaman 1 km sampai 20 km, biasanya muncul pada gunungapi yang aktif. Penyebab gempa ini adalah adanya magma yang naik ke permukaan yang disertai rekahan-rekahan. Ciri utama dari gempa tipe ini mempunyai waktu tiba gelombang P dan S yang sangat jelas (Dawid, 2015).

Gempa vulkanik dalam memiliki frekuensi yang mencapai 8 Hz dan gelombang P dapat di *picking* dengan mudah. Amplitudo yang dihasilkan dari perekaman pada beberapa stasiun hampir sama, bergantung pada ketinggian dan jarak dari puncak. Untuk gempa vulkanik dalam, perbedaan antara gelombang P dan S dapat dengan mudah terbaca pada semua stasiun. Kedalaman dari gempa vulkanik dalam adalah sekitar 2,5 sampai 5 km dibawah puncak (Ratdomopurbo, 2000).

b. Gempabumi Vulkanik Dangkal

Sumber gempanya terletak pada kedalaman kurang dari 2 km. Jenis ini timbul pada saat mendekati terjadinya letusan, selama berlangsungnya letusan, dan setelah letusan itu berakhir (Mulyo, 2004).

Dawid (2015) mengatakan bahwa sumber gempa vulkanik tipe B diperkirakan kurang dari 1 km di bawah gunungapi yang aktif. Gerakan awalnya cukup jelas dengan waktu tiba gelombang S yang tidak jelas dan mempunyai harga magnitudo yang kecil.

Gempa vulkanik dangkal mempunyai bentuk gelombang dan frekuensi yang hampir sama dengan gempa vulkanik dalam, tetapi gelombang S lebih susah untuk di picking, hal tersebut dikarenakan jarak antara sumber dan penerima lebih kecil. Kedalaman dari VTB adalah <1,5 kilometer dibawah puncak (Ratdomopurbo, 2000).

c. Gempabumi Ledakan

Gempabumi ini terjadi sehubungan dengan tengah berlangsungnya ledakan suatu gunungapi. Sumber gempanya sangat dangkal, kurang dari 1 kilometer (Mulyo, 2004).

Gempabumi ini disebabkan oleh terjadinya letusan yang bersifat eksplosif. Berdasarkan hasil pengamatan seismik sampai saat ini dapat dikatakan bahwa gerakan pertama dari gempa letusan adalah *push-up* atau gerakan ke atas. Dengan kata lain, gempa letusan ditimbulkan oleh mekanisme sebuah sumber tunggal yang positif (Dawid, 2015).

d. Getaran Vulkanik atau Tremor

Getaran atau tremor vulkanik terjadi terus menerus sehingga menciptakan suasana tidak tenang. Sumber gempanya terletak dari mulai kedalaman 30 kilometer sampai permukaan.

Dawid (2015) mengatakan bahwa gempa tremor dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Tremor Harmonik, getaran yang menerus secara sinusoidal. Kedalaman sumber gempa diperkirakan 5 km – 15 km.
2. Tremor Spasmodik, getaran terus menerus tetapi tidak beraturan. Sumber gempabumi diperkirakan mempunyai kedalaman antara 45 km sampai 60 km.

Salah satu contoh dari tremor adalah letusan tipe Hawaii yang selalu berulang tiap beberapa detik dan akan berakhir dalam waktu yang cukup lama. Tremor yang ditimbulkan oleh letusan-letusan tersebut selalu berulang-ulang, sehingga dalam seismogram terlihat sebagai getaran yang menerus saling bertumpukan (Maryanto, 2016).

Mulyo (2004) mengatakan bahwa gempabumi dangkal dan gempabumi ledakan apabila terjadi terus menerus dengan selang waktu hanya beberapa detik dapat menyebabkan getaran vulkanik (tremor). Pada gunungapi berbatuan basalt, getaran vulkanik terasa lebih kuat karena sifat batumannya sangat peka terhadap rambatan gelombang.

2.5 Gelombang Seismik

Ketika terjadi gempa bumi, macam-macam gelombang seismik terbentuk. Gelombang seismik adalah gelombang elastik yang merambat dalam bumi. Bumi sebagai medium gelombang terdiri dari beberapa lapisan batuan yang antar satu lapisan dengan lapisan lainnya mempunyai sifat fisis yang berbeda. Ketidakkontinuan sifat medium ini menyebabkan gelombang seismik yang merambat sebagian energinya dan akan dipantulkan serta sebagian energi lainnya akan diteruskan ke medium di bawahnya (Telford, dkk, 1976). Gelombang seismik dibagi menjadi dua yaitu:

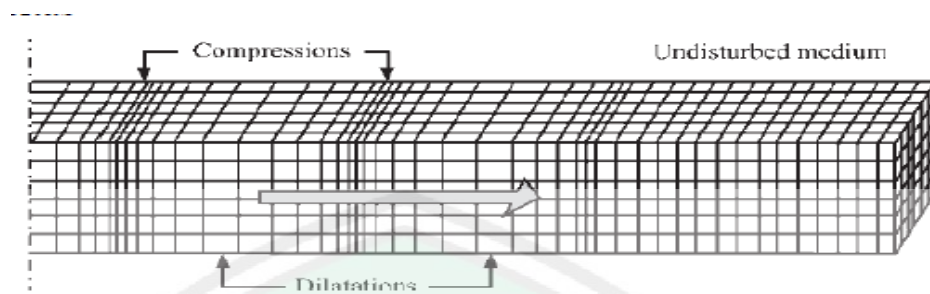
1. Gelombang badan
2. Gelombang permukaan

2.5.1 Gelombang Badan

Gelombang badan dapat merambat ke dalam bumi. Kecepatan gelombang badan tergantung pada densitas dan sifat elastik dari batuan dan tanah yang dilewatinya. Gelombang badan dibedakan menjadi dua yaitu gelombang P dan gelombang S.

a. Gelombang P

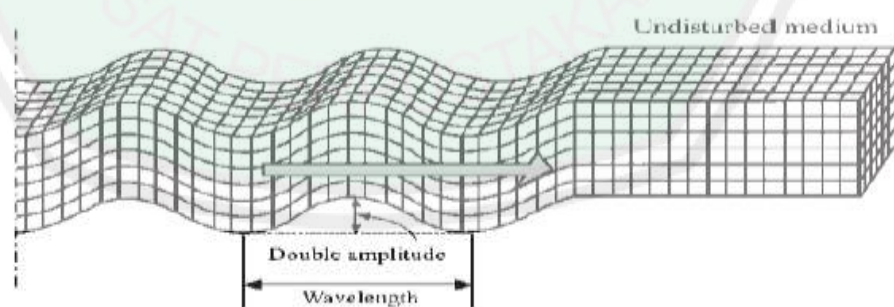
Gelombang P ditunjukkan pada gambar 2.3, juga dikenal sebagai gelombang primer, gelombang kompresi atau gelombang longitudinal, dapat merambat melalui medium padat dan cair. Gelombang P merambat lebih cepat, sekitar 1,5 sampai 8 kilometer per detik (Elnashai dan Luigi, 2008).



Gambar 2.3 Mekanisme Penjalaran Gelombang P
(Sumber: Elnashai dan Luigi, 2008)

b. Gelombang S

Gelombang S (Gambar 2.4), juga dikenal sebagai gelombang sekunder, gelombang geser atau gelombang transversal. Menyebabkan deformasi ketika merambat disuatu materi. Gerakan dari partikel individu adalah tegak lurus kearah perambatan gelombang S. Arah dari perpindahan partikel bisa digunakan untuk membagi gelombang S menjadi 2 komponen, SV (perpindahan sumbu vertikal) dan SH (perpindahan sumbu horizontal). Gelombang S tidak dapat merambat dalam medium cair (Krammer, 1996).



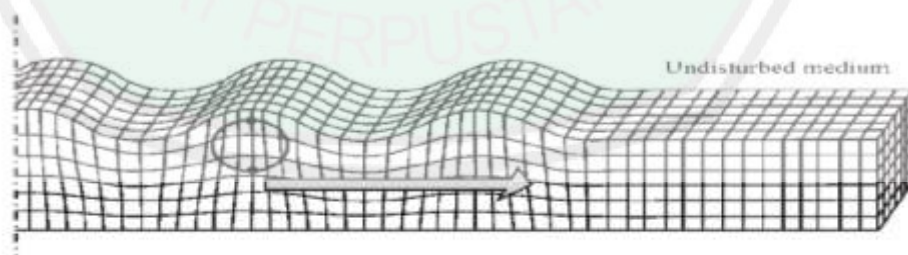
Gambar 2.4 Mekanisme Penjalaran Gelombang S
(Sumber: Elnashai dan Luigi, 2008)

2.5.2 Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan adalah hasil interaksi antara gelombang badan dan permukaan pada lapisan bumi. Gelombang permukaan merambat sepanjang permukaan bumi dengan amplitudo yang terus menurun secara eksponensial. Pada sumber gempa yang jauh, gelombang permukaan lebih dominan. Pada jarak yang lebih besar 2 kali lipat dari pada ketebalan kerak bumi, gelombang permukaan akan menghasilkan gerakan tanah maksimum dibandingkan oleh gelombang badan. Gelombang permukaan dibedakan menjadi dua yaitu gelombang Rayleigh dan gelombang Love (Kramer, 1996).

a. Gelombang Rayleigh

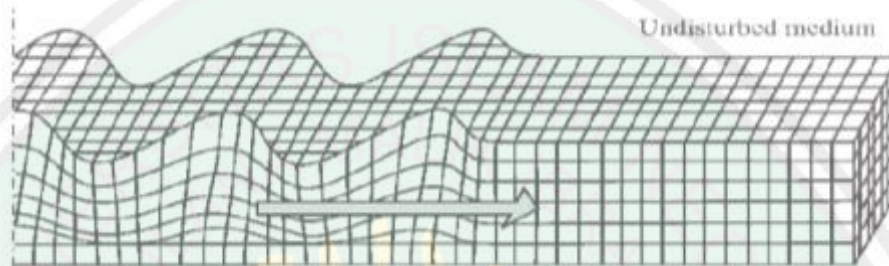
Gelombang Rayleigh (Gambar 2.5) bisa berada di semua jenis medium permukaan tanah. Gelombang ini dihasilkan dari interaksi gelombang P dan SV dengan permukaan bumi, melibatkan gerakan partikel vertikal dan horizontal. Gelombang Rayleigh merambat dengan kecepatan sekitar 1.12 m/s sehingga menimbulkan efek gerakan tanah yang sirkuler dan hasilnya tanah akan bergerak naik turun seperti ombak di laut (Kramer, 1996).



Gambar 2.5 Mekanisme Penjalaran Gelombang Rayleigh
(Sumber: Elnashai dan Luigi, 2008)

b. Gelombang Love

Gelombang Love (Gambar 2.6) merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal, yakni merupakan gelombang SH yang penjarannya paralel dengan permukaan.



Gambar 2.6 Mekanisme Penjalaran Gelombang Love
(Sumber: Elnashai dan Luigi, 2008)

Kecepatan gelombang Love bergantung panjang gelombangnya dan bervariasi sepanjang permukaan. Kecepatan gelombang Love lebih cepat dari pada gelombang Rayleigh dan lebih dulu sampai pada seismograph. Gelombang Love Menyebabkan tanah mengalami pergeseran ke arah horizontal (Elnashai dan Luigi, 2008)

2.6 Kecepatan Gelombang Geser (V_{s30})

V_{s30} merupakan kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter dari permukaan. Menurut Roser dan Gosar (2010) nilai V_{s30} digunakan untuk klasifikasi batuan berdasarkan kekuatan getaran gempabumi akibat efek lokal serta digunakan untuk keperluan dalam perancangan bangunan tahan gempa. V_{s30} merupakan data yang penting dan paling banyak digunakan dalam geofisika untuk menentukan karakteristik struktur bawah permukaan hingga kedalaman 30 meter.

Menurut Wangsadinata (2006) hanya lapisan-lapisan batuan sampai kedalaman 30 meter saja yang menentukan pembesaran gelombang gempa.

V_{s30} adalah rata-rata kecepatan gelombang *shear* di kedalaman 30 meter dari permukaan tanah yang telah banyak digunakan di *Ground Motion Prediction Equations* (GMPEs), meskipun V_{s30} sendiri tidak bisa mewakili *site effect* karena kecepatan gelombang *shear* di kedalaman 30 meter dari permukaan, kedalaman *bedrock*, dan rasio impedansi antara lapisan tanah dan *bedrock*, semuanya berkontribusi secara signifikan terhadap respon *site* (Castellaro dkk, 2008). Zhao dan Xu (2012) menyatakan bahwa dalam GMPE atau hubungan empiris lainnya, jika 2 parameter memiliki kolerasi bagis, parameter lainnya bisa digunakan untuk mengganti yang lainnya dalam GMPE, seperti dijelaskan dalam rumus berikut:

$$T_{Vs30} = \frac{120m}{Vs30} \quad (2.1)$$

Sehingga,

$$Vs30 = f \times 120m \quad (2.2)$$

dimana: T_{Vs30} = periode pada kecepatan *shear* di kedalaman 30 meter (sekon)
 V_{s30} = kecepatan *shear* di kedalaman 30 meter (m/s)
 f = frekuensi dominan (Hz)

Pada ketinggian yang lebih tinggi, semakin curam lereng dan semakin dekat jarak dari gunung atau perbukitan, nilai V_{s30} menjadi semakin besar. Di bagian hulu sungai pegunungan (daerah elevasi tinggi dengan lereng curam), ukuran butir endapan lebih besar dan kedalaman *bedrock* dangkal, sehingga nilai V_{s30} menjadi lebih besar (Wakamatsu, dkk, 2006). Berikut merupakan persamaan V_{s30} menurut Matsuoka 2006 dkk:

$$\text{Log } Vs30 = a + b \text{ Log } Ev + c \text{ Log } Sp + d \text{ Log } Dm \pm \sigma \quad (2.3)$$

dimana: $Vs30$ = Rata-rata kecepatan gelombang geser (m/s)

Ev = Elevasi (m)

Sp = Tangen dari *slope* * 1000

Dm = Jarak (km) dari gunung atau bukit pra tersier atau tersier

$Vs30$ merupakan parameter geoteknik yang sangat berguna untuk analisis gelombang seismik. Karakteristik atau sifat batuan sangat dibutuhkan untuk menganalisis sifat dinamis batuan, sehingga kekakuan batuan, dan kuat geser tanah dapat diketahui, dengan mengukur kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 m. Berikut merupakan Tabel yang menjelaskan pembagian *Site Class* untuk klasifikasi $Vs30$ (Riyanti, 2017):

Tabel 2.1 Klasifikasi *Site Class* berdasarkan NEHRP (FEMA 302, 1997).

Kelas Tanah	Deskripsi Umum	$Vs30$ (m/s)
A	Batuan keras	>1500
B	Batuan	750-1500
C	Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak	350-350
D	Tanah sedang	175-350
E	Tanah lunak	<175

2.7 Fungsi Atenuasi

Tidak tersedianya data untuk menurunkan suatu fungsi atenuasi di wilayah Indonesia, pemakaian fungsi atenuasi yang diturunkan dari wilayah lain tidak dapat dihindari. Pemilihan fungsi atenuasi ini didasarkan pada kesamaan kondisi geologi dan tektonik dari wilayah dimana fungsi atenuasi itu dibuat. Fungsi atenuasi yang digunakan sebagian besar sudah menggunakan *Next Generation Attenuation* (NGA), dimana atenuasi ini dalam pembuatannya sudah menggunakan data gempa global (*world wide data*). Hingga saat ini belum ada fungsi atenuasi yang dihasilkan dari catatan gempa di wilayah Indonesia. Oleh

karena itu, untuk analisis seismik hazard ini biasa menggunakan fungsi atenuasi dari daerah lain yang memiliki kemiripan tektonik dan geologi wilayah Indonesia. Dasar pemilihan fungsi atenuasi yang paling penting adalah berdasarkan mekanisme kejadian gempa dimana secara umum dikategorikan dalam zona gempa subduksi (*megathrust*), zona gempa *background* dan zona gempa *shallow crustal* (patahan). Berikut adalah beberapa penjelasan rinci yang berkaitan dengan fungsi atenuasi yang digunakan untuk analisis sumber gempa subduksi diantaranya adalah (Riyanti, 2017):

1. Fungsi-atenuasi-dengan-persamaan-Youngs-dkk

Fungsi atenuasi Youngs 1997 adalah fungsi atenuasi untuk memprediksi PGA dan respon spektra pada zona *interface* dan *intraslab* dengan magnitude gempa $\geq 5,0$ dan jarak lokasi ke sumber yang diproyeksi pada permukaan antara 10-500 km. Percepatan maksimum akan meningkat seiring dengan semakin dalamnya sumber gempa. Bentuk dari fungsi atenuasi-tersebut adalah-sebagai-berikut:

Untuk-batuan-(rock):

$$\ln(y) = 0,2418 + 1,414 M_w - 2,552 \ln [r_{rup} + 1,7818 e^{0,554 M_w}] + 0,00607 H + 0,3846 Z_t \quad (2.4)$$

Untuk tanah (Soil):

$$\ln(y) = 0,6687 + 1,438 M_w - 2,329 \ln [R + 1,097 e^{0,617 M_w}] + 0,00648 H + 0,3643 Z_{ss} + 0,3846 Z_t \quad (2.5)$$

dimana:

- y = spectra acceleration (g)
- M_w = momen magnitudo
- r_{rup} = jarak terdekat ke rupture (km)

- H = kedalaman (km)
 Zt = tipe sumber gempa (0 untuk *interface* dan 1 untuk *intraslab*)
 Zss = (Shallow Soil) kedalaman batuan ke batuan dasar (kecepatan dalam 30m dari permukaan).

2. Fungsi atenuasi Atkinson dan Boore (2003)

Fungsi atenuasi Atkinson dan Boore 2003 ini digunakan untuk sumber gempa subduksi. Fungsi atenuasi ini dapat digunakan untuk analisis bahaya gempa di berbagai daerah di dunia dengan moment magnitudo antara 5 sampai-8,3. Untuk zona subduksi baik untuk *interface* maupun *intraslab*.

Bentuk dari fungsi atenuasi tersebut adalah sebagai berikut (Douglas, 2004):

$$\log y = c_1 + c_2 M + c_3 h + c_4 R - g \log R + c_5 slSc + c_6 slS_D + c_7 slS_E \quad (2.6)$$

$$R = \sqrt{D_{fault}^2 + \Delta^2} \quad (2.7)$$

$$\Delta = 0,00724 10^{0,507M} \quad (2.8)$$

$S_C = 1$ untuk NEHRP type soil B ($360 < V_s < 760$ m/s) dan $S_C = 0$, untuk tipe tanah-lain

$S_D = 1$ untuk NEHRP type soil C ($180 < V_s < 360$ m/s) dan $S_D = 0$, untuk tipe tanah lain

$S_E = 1$ untuk NEHRP type soil D ($V_s < 180$ m/s) dan $S_D = 0$, untuk tipe tanah lain

$g = 10^{(1,2 - 0,13M)}$ untuk *interface* dan $g = 10^{(0,301 - 0,01M)}$ untuk *intraslab*

$sl = *1$ untuk $PGA_{rx} \leq 100$ cm/s² atau frekuensi < 1 Hz

* $1 - (f - 1) (PGA_{rx} - 100) / 400$ untuk $100 \leq PGA_{rx} \leq 500$ cm/s² atau frekuensi $1 < f < 2$ Hz

* $1 - (f - 1)$ untuk $PGA_{rx} \geq 500$ cm/s² ($1 < f < 2$ Hz)

* $1 - (PGA_{rx} - 100) / 400$ untuk $100 < PGA_{rx} < 500$ cm/s² atau frekuensi $f \geq 2$ Hz

* 0 untuk $PGA_{rx} \geq 500$ cm/s² atau frekuensi $f \geq 2$ Hz

dimana:

y = Percepatan getaran tanah (PGA) (cm/s²)

M = Momen Magnitudo dengan $M = 8,5$ untuk *interface* dengan $M > 8,5$ dan $M = 8,0$ untuk *intraslab* dengan $M > 8,0$

h = kedalaman sumber gempa, jika $h > 100$ maka $h = 100$ km

D_{fault} = jarak terdekat dengan titik sumber yang diproyeksi ke permukaan (km)

PGATX = prediksi PGA di bedrock (NEHRP type soil B) (cm/s).

Untuk Interface *untuk Intraslab*

$c_1 = 2,991$ $c_1 = -0,04713$

$c_2 = 0,03525$ $c_2 = 0,6909$

$c_3 = 0,00759$ $c_3 = 0,01130$

$c_4 = -0,00206$ $c_4 = -0,00202$

Untuk interface dan intraslab

$c_5 = 0,19$

$c_6 = 0,24$

$c_7 = 0,29$

2.8 Sumber-Sumber Gempa

Sumber-sumber gempa dalam program *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) dari USGS diklasifikasikan dalam tiga jenis zona sumber gempa, yaitu (Wells and Coppersmith, 1994):

1. Zona subduksi, yaitu zona kejadian gempa yang terjadi di dekat batas pertemuan antara lempeng samudera yang menunjam masuk ke bawah lempeng benua. Kejadian gempa akibat *thrust fault*, *normal fault*, *reverse slip* dan *strike slip* yang terjadi sepanjang pertemuan lempeng dapat diklasifikasikan sebagai zona subduksi. Dalam penelitian ini, zona subduksi yang dimaksud adalah zona *megathrust*, yakni sumber gempa subduksi dari permukaan hingga kedalaman 50 km. Untuk sumber subduksi dengan kedalaman lebih dari 50 km (zona *benioff*) akan dimodelkan sebagai sumber *deep background*.
2. Zona *fault*, yaitu zona kejadian gempa patahan dangkal (*Shallow Crustal Fault*) dengan mekanisme *strike-slip*, *reverse*, atau *normal* yang terjadi pada patahan-patahan yang sudah terdefinisi dengan jelas, termasuk soal

mekanisme, *slip rate*, *dip*, panjang patahan dan lokasinya. Sumber gempa patahan dangkal dimodelkan hingga kedalaman 15 km.

3. *Zona background*, yaitu sumber gempa yang belum diketahui secara jelas, tetapi pada tempat tersebut didapati adanya beberapa kejadian gempa (kejadian gempa yang belum diketahui sesarnya). Dalam program PSHA dari USGS, jika lokasi/posisi *strike* sumber *background* diyakini/diketahui keberadaannya maka sumber dapat dimodelkan sebagai *Fixed-strike*. Sebaliknya jika sumber tersebut tidak diketahui dengan jelas, maka sumber *background* dimodelkan sebagai sumber titik untuk magnitude kurang dari 6, dan sebagai *random strike* untuk gempa dengan magnitude lebih dari atau sama dengan 6. Panjang sumber gempa ditentukan dari besarnya magnitude (Wells and Coppersmith, 1994).

2.9 Parameter Gempabumi

Setiap kejadian gempabumi akan menghasilkan informasi seismik berupa rekaman sinyal berbentuk gelombang yang setelah melalui proses manual atau non manual akan menjadi data bacaan fase (*phase reading data*). Informasi seismik selanjutnya mengalami proses pengumpulan, pengolahan dan analisis sehingga menjadi parameter gempabumi. Parameter gempabumi tersebut antara lain (Amaliah, 2016):

1. Waktu terjadinya gempabumi (*origin time*)

Waktu terjadinya gempabumi atau yang dikenal dengan *origin time* adalah waktu pada saat terjadinya patahan atau runtuhannya yang menyebabkan terjadinya penjalaran gelombang seismik atau gempabumi.

2. Kedalaman sumber gempa

Kedalaman sumber gempa merupakan ukuran kedalaman pusat terjadinya patahan atau runtuh yang diukur dari permukaan bumi. Kedalaman sumber gempa bervariasi mulai dari dangkal, menengah dan dalam, yang batasan harganya tergantung dari keadaan tektonik setempat.

3. Jarak Episenter dan Hiposenter

Titik dalam perut bumi yang merupakan sumber gempa dinamakan hiposenter atau fokus. Proyeksi tegak lurus hiposenter ke permukaan bumi ini dinamakan episenter. Gelombang gempa merambat dari hiposenter ke patahan sesar fault rupture. Bila kedalaman fokus dari permukaan adalah 0-70 km, maka terjadilah gempa dangkal (*shallow earthquake*). Sedangkan bila kedalamannya antara 70-700 km, maka akan terjadi gempa dalam (*deep earthquake*) (Hartuti,2009).

Hiposenter adalah tempat terjadinya perubahan lapisan batuan atau dislokasi di dalam bumi sehingga menimbulkan gempabumi. Apabila hiposenter terletak di dasar laut maka getaran gempabumi yang terjadi dapat menimbulkan gelombang air pasang yang sangat besar dengan ketinggian mencapai puluhan meter atau biasa disebut *tsunami*. Episenter adalah tempat di permukaan bumi yang letaknya paling dekat dengan hiposenter. Letak episenter tegak lurus terhadap hiposenter, dan daerah di sekitar episenter adaah wilayah yang paing besar merasakan getaran gempabumi (Mulyo, 2004).

Jarak episenter ke koordinat titik pengamatan dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Amaliah, 2016):

$$\Delta = \sqrt{(X_2 - X_1)^2} + \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2} \quad (2.9)$$

Dimana :

- Δ = Jarak episenter (satuan derajat)
- X_1 = Latitude pada daerah pengukuran/pengamatan (satuan derajat)
- X_2 = Latitude pada sumber gempa (satuan derajat)
- Y_1 = Longitude pada daerah pengukuran/titik pengamatan (satuan derajat)
- Y_2 = Longitude pada sumber gempa (satuan derajat)

4. Magnitudo

Energi gempa (magnitudo) adalah suatu besaran gempabumi yang menyatakan besarnya energi yang dilepaskan oleh suatu gempa (ledakan) di pusatnya. Magnitudo menggunakan Skala Richter (SR). Dalam proses perhitungan percepatan tanah pada permukaan digunakan magnitudo *surfaces wafes* (Ms). Namun ada kalanya data diperoleh menggunakan magnitudo *body wafes* (mb), bila magnitudo gelombang permukaan (Ms) tidak diketahui dan hanya diketahui magnitudo gelombang *body* (Mb), Ms dapat dihitung dengan menggunakan rumusan empiris hubungan antara Ms dan Mb yaitu: $M_s = 1,59 M_b - 3,97$. Magnitudo gempa dapat dibedakan atas (Edwiza, 2008):

Tabel 2.2 Korelasi Konversi Nilai Magnitudo (Bormann, 2002)

0,75 Mb - 0,66 MB = 0,21
0,77 Mb - 0,64 MI = 0,73
0,86 Mb - 0,49 Ms = 1.94
0,80 MI - 0,60 Ms = 1,04

a. Magnitudo Lokal (M_l)

Magnitudo lokal pertama kali diperkenalkan oleh Richter (1935) berdasarkan pengamatan gempa bumi di California Selatan yang direkam menggunakan seismograf Wood-Anderson. Secara umum magnitudo lokal dirumuskan:

$$M_l = \log A + 3 \log \Delta - 2,92 \quad (2.10)$$

Dengan M_l adalah magnitudo lokal, A adalah amplitudo maksimum getaran tanah (μm) dan Δ adalah jarak episenter dengan stasiun pengamat (km), $\Delta < 600$ km.

b. Magnitudo Bodi (M_b)

Magnitudo bodi berdasarkan amplitudo gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Magnitudo ini digunakan untuk menghitung kekuatan gempa bumi dalam yaitu:

$$M_b = \log (A/T) + f(\Delta, h) + c \quad (2.11)$$

Dengan M_b adalah magnitudo bodi, A adalah amplitudo gelombang P (μm), T adalah periode (sekon), $f(\Delta, h)$ adalah fungsi jarak dan kedalaman dan c adalah koreksi stasiun.

c. Magnitudo Permukaan (M_s)

Magnitudo permukaan berdasarkan amplitudo gelombang permukaan. Magnitudo ini digunakan untuk menghitung kekuatan gempa dengan jarak lebih dari 600 km, periode 20 sekon, dan gempa dangkal ($h < 60$ km) dirumuskan:

$$M_s = \log A + \alpha \log \Delta + \beta \quad (2.12)$$

Dengan M_s adalah magnitudo permukaan, A adalah amplitudo maksimum (μm), Δ adalah jarak episenter (km) dan α , β adalah konstanta.

d. Magnitudo Momen (M_w)

Magnitudo momen merupakan magnitudo berdasarkan harga momen seismik. Momen seismik adalah dimensi pergeseran bidang sesar atau dari analisis gelombang pada *broadband* seismograf. Magnitudo ini dirumuskan:

$$M_w = (\text{Log } M_o) / 1,5 - 10,73 \quad (2.13)$$

Dengan M_w adalah magnitudo momen dan M_o adalah momen seismik.

e. Magnitudo Durasi (M_d)

Magnitudo durasi merupakan jenis magnitudo berdasarkan lamanya getaran gempa. Magnitudo ini berguna dalam kasus amplitudo getaran sangat besar (*off scale*) yang dirumuskan:

$$M_d = a \log t + b\Delta + c \quad (2.14)$$

Dengan M_d adalah magnitudo durasi, t adalah lamanya getaran (sekon), Δ adalah jarak hiposenter (km), a, b, c adalah konstanta.

2.10 Percepatan Getaran Tanah Maksimum

Percepatan getaran tanah maksimum adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gempabumi dalam periode tertentu. Percepatan dan intensitas akibat getaran gempabumi merupakan dua parameter yang saling berhubungan. Kedua parameter ini sangat penting dalam perancangan bangunan tahan gempa. Percepatan tanah adalah percepatan gelombang yang sampai ke permukaan bumi dengan satuan cm/detik^2 (gal) dan diukur dengan alat yang disebut *accelerograph* (Sari, 2011).

Faktor yang merupakan sumber kerusakan dinyatakan dalam parameter percepatan tanah. Sehingga data percepatan tanah maksimum akibat getaran gempabumi pada suatu lokasi menjadi penting untuk menggambarkan tingkat

resiko gempabumi pada suatu lokasi tertentu. Semakin besar percepatan tanah di suatu tempat, semakin besar resiko gempabumi yang terjadi. Perumusan ini tidak selalu benar, bahkan dari suatu metode lainnya tidak selalu sama. Namun cukup memberikan gambaran untuk resiko tinggi terhadap kerusakan gempabumi pada suatu daerah (Edwiza, 2008).

2.11 Intensitas Gempabumi

Tingkat kerusakan akibat gempabumi dapat diukur berdasarkan intensitasnya. Intensitas gempabumi adalah derajat kerusakan akibat gempabumi pada suatu daerah dan dilihat dari efek akibat getaran gempa. Besarnya intensitas sangat tergantung dari besarnya magnitudo, jarak dari sumber gempa, kondisi geologi, dan struktur bangunannya. Intensitas tinggi biasanya terjadi pada daerah yang dekat dengan sumber gempa dibandingkan tempat yang jauh dari sumber gempa (Edwiza, 2008).

Rumus untuk mengkonversi dari nilai PGA ke MMI adalah sebagai berikut (Wald, 1999):

$$I_{mm} = 3,66 \log (PGA) - 1,66 \quad (2.7)$$

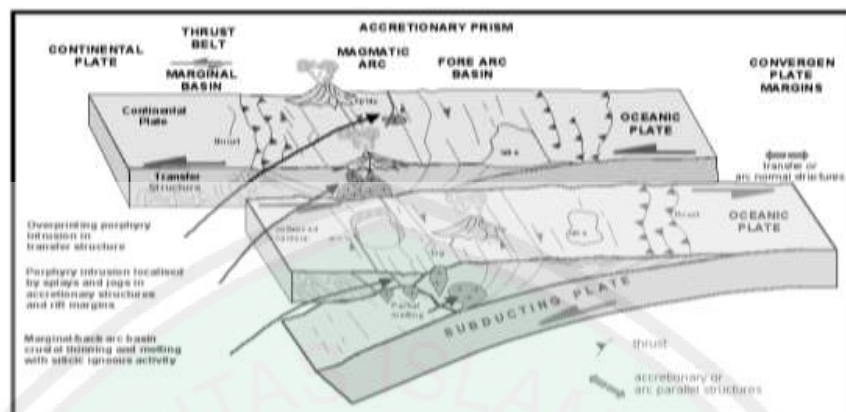
Intensitas terkuat terjadi di daerah episenter. Intensitas gempabumi yang paling banyak digunakan adalah skala *Mercally* yang biasa disebut MMI (*Modified Mercally Intensity*). Skala ini mempunyai 12 tingkatan akibat gempabumi, dimulai dari yang lemah sampai yang kuat. Tingkat intensitas gempabumi dapat dilihat pada table berikut ini (Edwiza, 2008):

Tabel 2.3 Magnitudo, Efek Karakteristik, Frekuensi dan Skala MMI Gempabumi (Skinner dan Porter, 1992)

Magnitudo (Skala Richter)	Efek Karakteristik Goncangan Skala pada Daerah Berpenduduk	Jumlah Pertahun	Skala Intensitas <i>Modified</i> Mercalli (MMI)
< 3,4	Hanya terekam oleh seismograf	800.000	I
3,5-4,2	Dirasakan oleh beberapa orang	30.000	II dan III
4,3-4,8	Dirasakan oleh banyak orang	4.800	IV
4,9-5,4	Dirasakan oleh setiap orang	1.400	V
5,5-6,1	Kerusakan bangunan kecil	500	VI dan VII
6,2-6,9	Kerusakan banyak bangunan	100	VIII dan IX
7,0-7,3	Kerusakan serius, jembatan jembatan terpuntir, tembok-tembok retak	15	X
7,4-7,9	Kerusakan besar, bangunan-bangunan ambruk	4	XI
>8,0	Kerusakan total, gelombang-gelombang terasa di permukaan tanah, benda-benda terlempar	Satu kali dalam 5-10 Tahun	XII

2.12 Pola Struktur Regional Jawa Barat

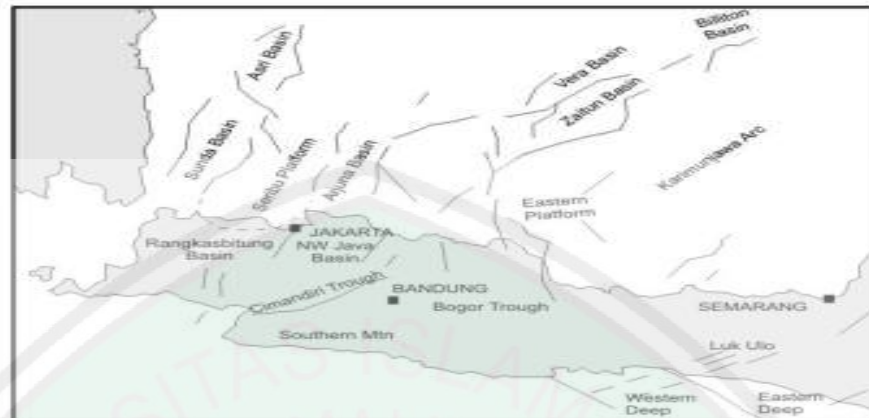
Tektonik Jawa dipengaruhi oleh tumbukan Lempeng Eurasia dengan Lempeng India-Australia. Interaksi antar lempeng ini telah menghasilkan suatu tatanan geologi yang kompleks khususnya untuk Jawa Barat dan Banten. Tektonik global yang merupakan suatu rangkaian peristiwa geologi mulai dari pemecahan kontinen, penunjaman, tumbukan, pergeseran antar lempeng hingga seluruh proses ikutannya. Secara keseluruhan peristiwa ini telah menghasilkan tatanan tektonik berupa palung, busur luar non vulkanik, busur depan, busur gunungapi dan cekungan belakang busur (Hilmi dan Iyan, 2008).



Gambar 2.7 Lingkungan Tektonik Sistem Penunjaman Dua Lempeng
(Sumber: Hilmi dan Iyan, 2008)

Struktur geologi Jawa telah banyak dipelajari oleh peneliti baik melalui data foto udara, citra satelit, peneliti lapangan, data geofisik hingga data pemboran. Berdasarkan berbagai macam peneliti itu (Pulunggono dan Martodjojo, 1994) berpendapat bahwa pada dasarnya di pulau Jawa ada 3 (tiga) pola struktur yang dominan, masing-masing adalah Pola Maratus, Pola Sunda dan Pola Jawa (Pulunggono dan Martodjojo, 1994).

Wilayah Jawa, sesar regional berarah timur laut Barat daya dinamakan sebagai pola *Meratus*, diwakili oleh sesar Cimandiri. Sesar ini membentang mulai dari Pelabuhan Ratu Sukabumi hingga mencapai daerah pegunungan Meratus di Kalimantan Timur. Pola struktur berarah Utara-Selatan dinamakan sebagai pola Sunda yang diwakili oleh sesar-sesar yang membatasi beberapa cekungan di Jawa Barat Utara, contohnya Cekungan Sunda dan Cekungan Arjuna (Pulunggono dan Martodjojo, 1994).



Gambar 2.8 Pola Struktur Regional Jawa Barat-Jawa Tengah
(Sumber: Hilmi dan Iyan, 2008)

Pola struktur yang ketiga adalah sesar berarah Barat-Timur yang umumnya berada di daratan pulau Jawa. Di Jawa Barat, struktur ini diwakili oleh sesar Baribis. Saat ini diyakini bahwa Pola Meratus yang berarah Timur laut-Barat daya merupakan struktur yang paling tua di Pulau Jawa. Pola ini membentuk Tinggian Karimun Jawa di kawasan Laut Jawa yang diperkirakan menerus ke arah Barat daya melalui Luk Ulo di Jawa Tengah hingga bergabung dengan kelurusan sesar Cimandiri di Jawa Barat. Sesar-sesar di pola Meratus berumur mulai kapur sampai Paleosen. Di pulau Jawa sesar-sesar ini diaktifkan kembali oleh tektonik yang lebih muda (Pulunggono dan Martodjojo, 1994).

Pola Sunda yang berarah Utara-Selatan terbentuk lebih muda dibandingkan pola Meratus. Dari data seismik di lepas pantai Jawa Barat, menunjukkan bahwa pola Sunda mengontrol pembentukan cekungan sedimentasi dan pola ini juga mengaktifkan kembali pola Meratus pada umur Eosen Akhir-Oligosen Akhir. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pola Sunda tersebut lebih muda daripada pola Meratus. Pola Jawa yang berarah Barat-Timur merupakan pola yang

termuda yang mengaktifkan kembali (*over-print*) seluruh pola yang ada sebelumnya. Sesar Baribis adalah contoh struktur sesar naik yang mewakili pola Jawa (Pulunggono dan Martodjojo, 1994).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kantor Badan Meteorologi Klimatologi dan Stasiun Geofisika Kelas 1 Yogyakarta yang berada di Jl. Wates km 8 Balecatur, Kecamatan Gamping, Sleman, Yogyakarta. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 07 Juli 2018 sampai 20 September 2018.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat keras (*Hardware*) berupa Laptop/PC.
2. Perangkat lunak (*Software*)
 - a. Sistem Operasi Windows 10.
 - b. Surfer 12 (dibuat oleh Golden Software, Inc) digunakan untuk membuat desain peta penelitian.
 - c. Microsoft Word 2010 digunakan untuk menyusun draft skripsi.
 - d. Microsoft Excel 2010 digunakan untuk mengolah data.
 - e. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data gempa bumi di wilayah Jawa Barat berdasarkan data gempa signifikan yang didapatkan dari database BMKG Yogyakarta dan data repositori gempa di web BMKG periode 1997 sampai Maret 2018.

3.3 Perhitungan Percepatan getaran tanah maksimum (PGA)

Untuk mendapatkan nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dapat menggunakan langkah sebagai berikut:

- a. Pembuatan grid, yang dalam hal ini disesuaikan dengan nilai V_{s30} yaitu $0,0083^\circ \times 0,0083^\circ$ atau setara dengan $0,9213 \text{ km} \times 0,9213 \text{ km}$
- b. Mencari nilai jarak episenter dari masing-masing grid ke titik gempa dengan menggunakan data garis lintang dan bujur dari masing-masing grid karena setiap grid memiliki garis lintang dan bujur yang berbeda-beda. Adapun persamaan yang digunakan adalah:

$$D_{\text{fault}} = (x_2 - x_1) + (y_2 - y_1) \quad (3.1)$$

Dimana:

Δ = Jarak episenter (derajat),

y_2 = Lintang daerah perhitungan yang dalam hal ini adalah lintang dari masing-masing grid (derajat)

y_1 = Lintang episenter gempabumi (derajat)

x_2 = Bujur episenter gempabumi (derajat),

x_1 = Bujur daerah perhitungan yang dalam hal ini adalah bujur dari masing-masing grid (derajat).

Jarak episenter yang diperoleh dijadikan dalam satuan kilometer dengan konversi $1^\circ = 111 \text{ km}$.

- c. Menghitung jarak hiposenter dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$R = \sqrt{D_{\text{fault}}^2 + \Delta^2} \quad (3.2)$$

Dimana:

R = Jarak hiposenter (km)

D_{fault} = Nilai Jarak Episenter

Δ = $0,00724 \cdot 10^{0.507M}$

- d. Setelah nilai jarak hiposenter sudah didapatkan, maka kita bisa menghitung nilai percepatan getaran tanah dengan metode Atkinson Boore (2003) dengan menggunakan nilai magnitudo sumber gempabumi.

Rumus Atkinson Boore (2003) dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Log } Y = c_1 + c_2 M + c_3 h + c_4 R - g \log R + c_5 s l S_C + c_6 s l S_D + c_7 s l S_E \quad (3.3)$$

Dimana:

Log Y	= percepatan getaran tanah maksimum (gal)
M	= magnitudo- gelombang permukaan (Mw)
h	= Kedalaman gempa (km)
R	= nilai dari jarak hiposenter (km)
g	= bergantung pada besarnya magnitudo gempa, adapun rumus yang digunakan untuk mengitung nilai g adalah $g = 10^{(1,2 - 0,13M)}$ untuk <i>interface</i> (gempa dangkal) $g = 10^{(0,301 - 0,01M)}$ untuk <i>intraslab</i>
Sc, SD dan SE	= konstanta yang nilainya bergantung pada kondisi tanah
Sc	= 1 untuk NEHRP type soil B ($360 < V_s < 760$ m/s) dan Sc = 0, untuk tipe tanah-lain
SD	= 1 untuk NEHRP type soil C ($180 < V_s < 360$ m/s) dan SD = 0, untuk tipe tanah lain
SE	= 1 untuk NEHRP type soil D ($V_s < 180$ m/s) dan SD = 0, untuk tipe tanah lain
sl	= konstanta yang nilainya bergantung pada nilai PGA
sl	= *1 untuk $PGA_{rx} \leq 100$ cm/s ² atau frekuensi <1 Hz *1 (f -1) ($PGA_{rx} -100$)/400 untuk $100 \leq PGA_{rx} \leq 500$ cm/s ² atau frekuensi $1 < f < 2$ Hz * 1- (f -1) untuk $PGA_{rx} \geq 500$ cm/s ² ($1 < f < 2$ Hz) * 1 - ($PGA_{rx} -100$)/400 untuk $100 < PGA_{rx} < 500$ cm/s ² atau frekuensi $f \geq 2$ Hz * 0 untuk $PGA_{rx} \geq 500$ cm/s ² atau frekuensi $f \geq 2$ Hz
PGATX	= prediksi PGA di bedrock (NEHRP type soil B) (cm/s).
	<i>Untuk Interface</i> <i>untuk Intraslab</i>
	c ₁ = 2,991 c ₁ = - 0,04713
	c ₂ = 0,03525 c ₂ = 0,6909
	c ₃ = 0,00759 c ₃ = 0,01130
	c ₄ = -0,00206 c ₄ = - 0,00202
	<i>Untuk interface dan intraslab</i>
	c ₅ = 0,19
	c ₆ = 0,24
	c ₇ = 0,29

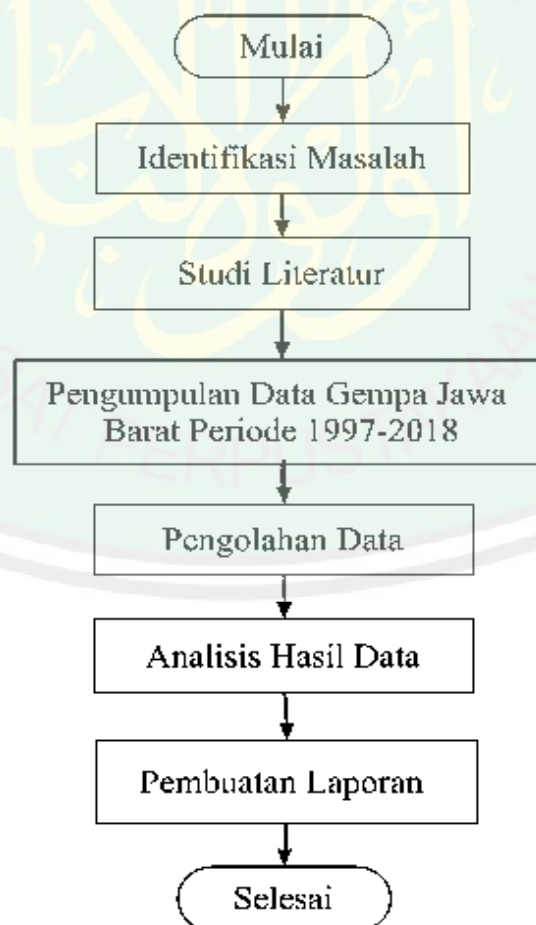
Nilai Sc, SD, SE yang digunakan dalam perhitungan tergantung pada nilai Vs30 dari masing-masing grid. Jika nilai Vs30 tersebut masuk dalam kategori Sc, maka nilai SD dan SE bernilai 0. Jika nilai Vs30 tersebut masuk dalam kategori SD, maka nilai Sc dan SE bernilai 0. Jika nilai Vs30 tersebut

masuk dalam kategori S_E , maka nilai S_C dan S_D bernilai 0. Adapun nilai s_l yang digunakan dalam perhitungan, semuanya disamakan bernilai 1. Hal ini dikarenakan nilai PGA yang dihasilkan tidak lebih dari 500 gal.

- e. Mencari nilai maksimum pada setiap grid event gempa bumi dari hasil hitungan nilai percepatan pergerakan tanah.

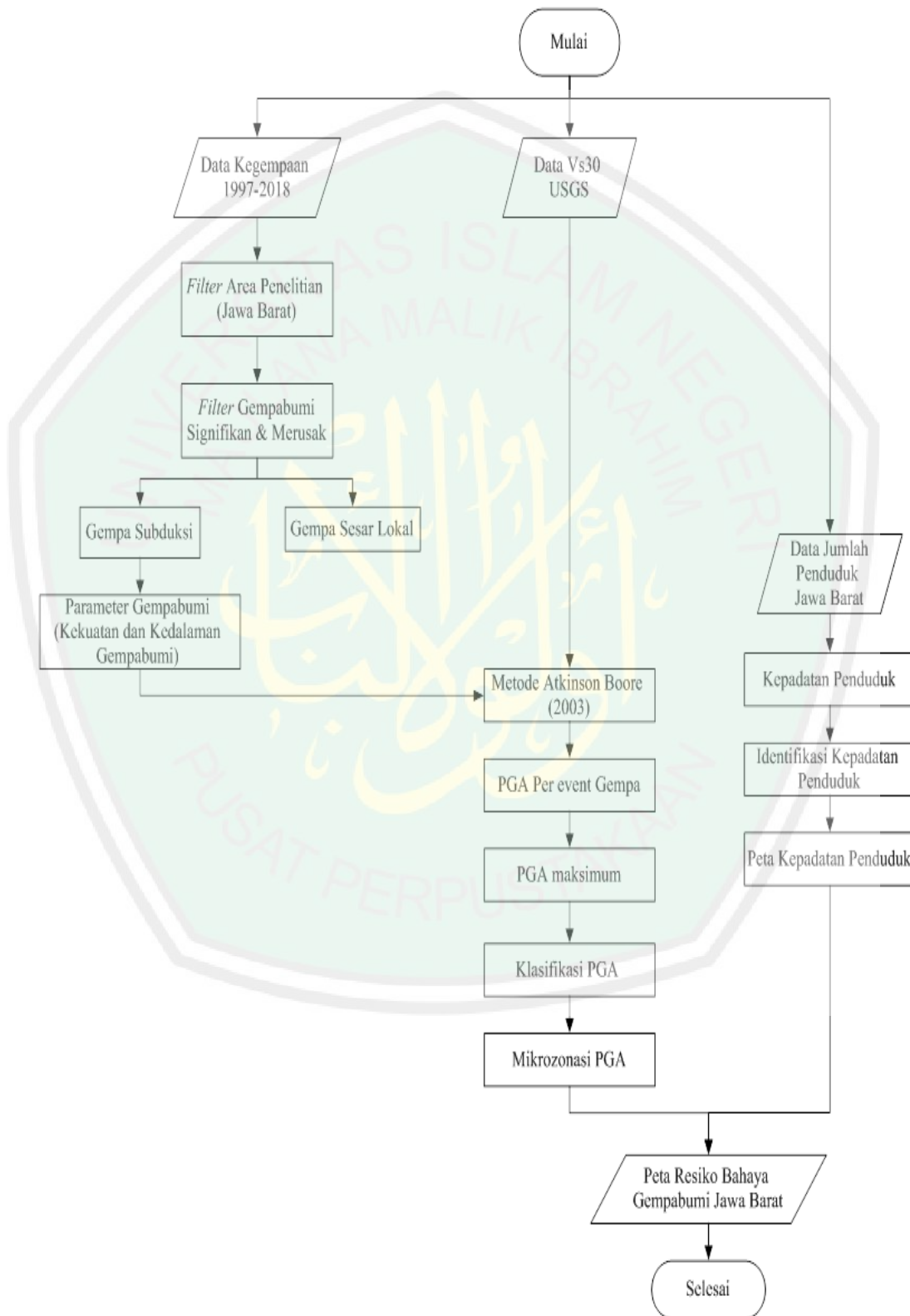
3.4 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Pada proses penelitian terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan untuk menghasilkan peta percepatan getaran tanah maksimum, tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada (Gambar-3.1)



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengolahan Data

Pertama, dilakukan pengumpulan data baik data gempabumi wilayah Jawa Barat tahun 1997-Maret 2018, data $Vs30$ dan data Penduduk Jawa Barat terbaru yaitu tahun 2016. Data gempa yang diperoleh kemudian difilter sesuai dengan parameter-parameter metode Atkinson Boore (2003). Data $Vs30$ yang didapatkan berupa peta berbentuk xyz yang kemudian diubah mejadi excel agar datanya berubah menjadi angka-angka sehingga dapat terbaca. Sedangkan data penduduk Jawa Barat yang didapatkan adalah data penduduk tahun 2016 yang dapat diakses pada halaman www.bps.go.id.

Kedua, menghitung nilai percepatan getaran tanah (PGA) sesuai dengan rumus atenuasi metode Atkinson Boore (2003) kemudian dicari nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dari seluruh kejadian gempabumi di wilayah Jawa Barat tahun 1997-Maret 2018. Setelah itu, kemudian menghitung kepadatan penduduk wilayah Jawa barat yang dapat dihitung dari data penduduk wilayah Jawa Barat yang sudah didapatkan.

Ketiga, membuat peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA) wilayah Jawa Barat dari seluruh kejadian gempabumi yang sesuai dengan metode Atkinson Boore (2003) tahun 1997- Maret 2018. Setelah peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dibuat, maka selanjutnya adalah membuat peta resiko gempabumi yang dibuat berdasarkan nilai percepatan getaran maksimum (PGA) setiap kejadian gempa dengan grid $0.5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ yang digabungkan dengan nilai kepadatan penduduk wilayah Jawa Barat.

Keempat, menganalisis data serta peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dan peta resiko gempabumi kemudian membandingkan keduanya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai percepatan getaran tanah (PGA) merupakan Salah satu nilai yang didapatkan dari perhitungan data gempabumi. *Peak Ground Accelaration* (PGA) atau Percepatan Getaran Tanah Maksimum akibat gempabumi adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gempabumi dalam periode tertentu. Percepatan getaran tanah maksimum merupakan salah satu parameter yang sering digunakan dalam memperkirakan tingkat kerusakan tanah akibat guncangan gempabumi. Semakin besar nilai percepatan getaran tanah (PGA) suatu daerah maka akan semakin besar pula nilai intensitas gempabumi. Tingginya suatu nilai percepatan getaran tanah (PGA) yang diperoleh pada suatu wilayah disebabkan karena daerah tersebut lebih dekat dengan sumber gempa sehingga juga akan mempengaruhi terhadap nilai intensitas gempabumi yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil pertemuan Tim Teknis Revisi Peta Gempa Indonesia pada tahun 2010, data pencatatan *accelograph* yang telah dilakukan oleh BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) merupakan data percepatan yang berada di permukaan tanah. Disamping itu juga disampaikan bahwa kondisi lapisan tanah dimana alat pendeteksi gerakan tanah ditempatkan juga tidak diketahui secara pasti, sehingga ketepatan data pencatatan percepatan gerakan tanah juga belum diketahui secara pasti. Ketidakpastian data pencatatan percepatan getaran tanah (*Peak Ground Acceleration*) yang dimiliki oleh BMKG menyebabkan belum ditemukannya atau dibuat fungsi atenuasi untuk wilayah Indonesia.

Wilayah Indonesia, tidak ada ketentuan khusus atau data khusus yang tersedia untuk menurunkan fungsi atenuasi. Oleh karena itu, pemilihan fungsi atenuasi yang digunakan untuk meneliti suatu wilayah di Indonesia didasarkan pada kesamaan kondisi geologi dan tektonik dari suatu wilayah rumus atenuasi tersebut dibuat, kemudian disesuaikan dengan kondisi geologi dan tektonik wilayah penelitian untuk dicari kecocokannya sehingga bisa ditentukan penggunaan rumus fungsi atenuasi yang tepat pada wilayah penelitian. Dasar pemilihan fungsi atenuasi yang paling penting adalah berdasarkan mekanisme kejadian gempabumi, dimana secara umum dikategorikan dalam sumber gempa subduksi, sumber gempa *background* dan sumber gempa *fault*. Adapun penjelasan dari sumber-sumber gempa tersebut dapat dilihat pada penjelasan 2.8.

Berdasarkan kondisi tersebut, dalam upaya menambah informasi dan ilmu pengetahuan di bidang kegempaan khususnya, baik dari segi teori maupun aplikasi maka dalam penelitian ini digunakanlah metode yang berdasarkan sumber gempa subduksi *Megathrust* menggunakan fungsi atenuasi yang dikembangkan oleh Atkinson Boore (2003).

4.1 Analisis Tahapan Pengolahan Data

Dalam penelitian penentuan resiko gempabumi berdasarkan pola percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dengan metode Atkinson Boore (2003) di wilayah Jawa Barat ini terdapat tiga data yang digunakan dalam proses perhitungan nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA). Data-data tersebut yaitu data gempabumi wilayah Jawa Barat tahun 1997- Maret 2018, data *Vs30 USGS*, dan data penduduk Jawa Barat. Adapun data gempabumi yang digunakan

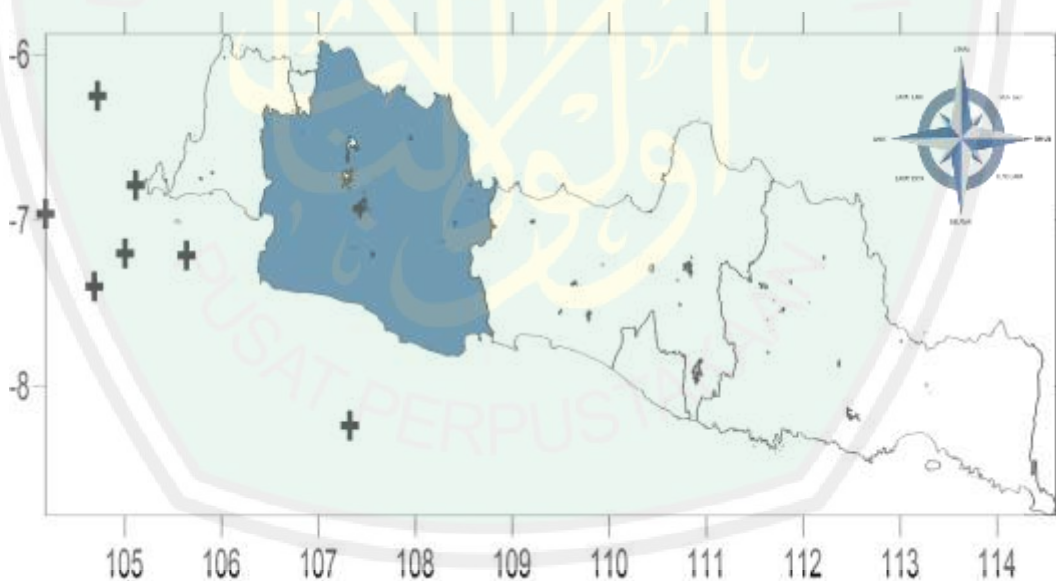
berasal dari dua sumber data, yaitu dari *database* kejadian gempa bumi signifikan dan merusak yang terdapat di Stasiun Geofisika dan BMKG Kelas 1 Yogyakarta dan dari web resmi BMKG yang diakses pada halaman www.bmkg.go.id.

Setelah data gempa bumi didapatkan, langkah selanjutnya adalah memilih/memfilter data gempa sesuai dengan parameter-parameter metode Atkinson-Boore (2003). Adapun parameter-parameter tersebut adalah kekuatan gempa yang diambil harus 5-8,3 SR, kedalaman gempa yang digunakan adalah kedalaman gempa dangkal, yaitu kedalaman gempa bumi <60 km, jenis magnitudo yang digunakan adalah M_w (Magnitudo momen), dan gempa bumi tersebut masuk dalam kategori gempa subduksi. Zona subduksi atau bisa juga disebut dengan penunjaman muncul diakibatkan adanya penunjaman dimana lempeng samudera akan menunjam ke bawah lempeng benua. Hal ini disebabkan karena kerak samudera lebih padat dibandingkan kerak gunungapi. Ketika lempeng samudera menunjam ke bawah lempeng benua itulah yang disebut dengan zona subduksi. Zona subduksi akan memberikan tenaga yang kuat pada lempeng benua sehingga menyebabkan batuan meleleh yang kemudian membentuk dapur magma dan magma mengalir keluar menyebabkan erupsi gunung merapi. Parameter-parameter tersebut berdasarkan buku John Douglas yang berjudul "*Ground Motion Estimation Equation 1964-2003*". Data gempa bumi yang didapatkan merupakan data hasil sortir dari total 68 titik kejadian gempa yang mempunyai kekuatan gempa 5 SR keatas. Adapun data gempa wilayah Jawa Barat periode 1997-Maret 2018 yang sesuai dengan parameter-parameter tersebut terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Data Gempabumi Signifikan dan Merusak Wilayah Jawa Barat Tahun 1997- 2018 Berdasarkan Parameter Metode Atkinson Boore (2003)

Tempat, Tanggal kejadian Gempabumi	Bujur Timur (°)	Lintang Selatan (°)	Kedalaman (km)	Kekuatan gempa (SR)
Jakarta, 17/03/1997	104.69	-7.4	33	6
Pulau Panaitan, 21/12/1999	105.64	-7.21	33	6
Pandeglang, 25/10/2000	105	-7.2	33	6.5
Selat Sunda, 27/06/2002	104.181	-6.96	11	6.5
Tasikmalaya, 02/09/2009	107.32	-8.24	30	7.3
Selat Sunda, 16/04/2013	104.72	-6.25	48	6.68
Selat Sunda, 16/10/2009	105.11	-6.79	10	6.4

dari tabel tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1 posisi gempabumi wilayah penelitian yaitu wilayah Jawa Barat sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Titik Gempabumi Wilayah Penelitian

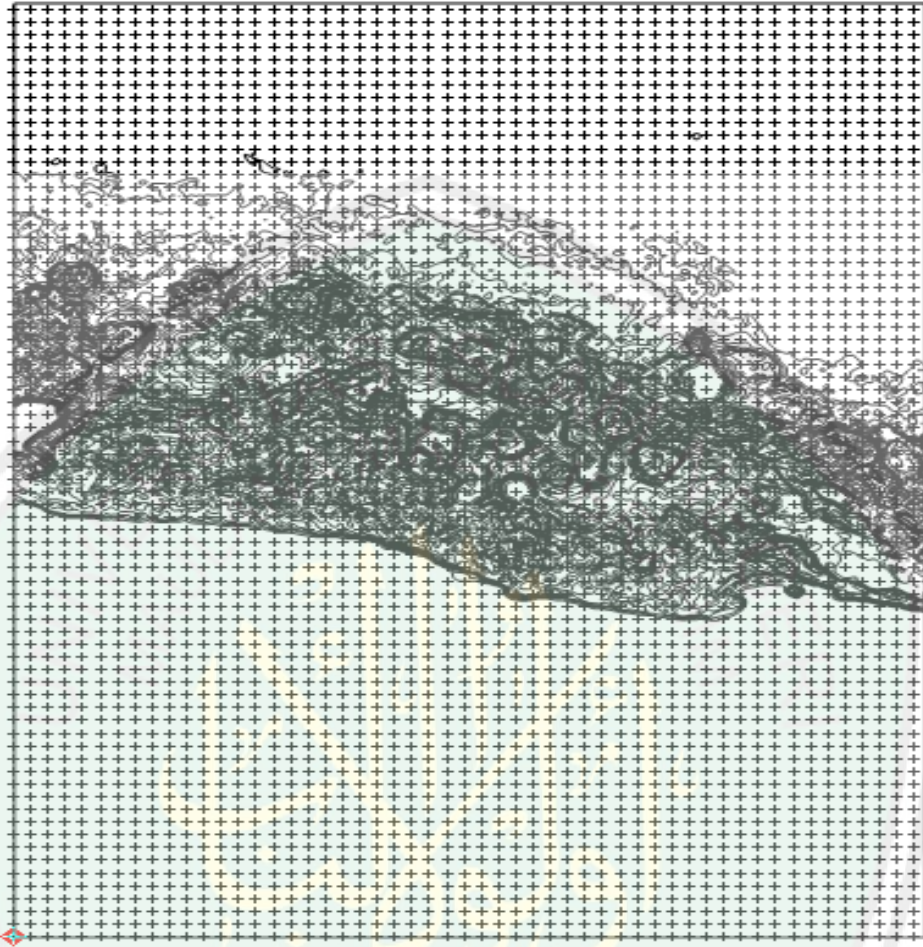
Setelah data gempabumi yang sesuai dengan parameter-parameter metode Atkinson Boore (2003) didapatkan, data kedua yang digunakan pada penelitian ini adalah data V_{s30} USGS. V_{s30} merupakan nilai kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter. Parameter V_{s30} dinilai penting untuk mengevaluasi perilaku

dinamis dari tanah di bawah permukaan dangkal. Parameter V_{s30} juga seringkali digunakan dalam perhitungan GMPEs sebagai indikasi bahaya gempa bumi. Pada tahap ini, penentuan nilai V_{s30} yang digunakan adalah berdasarkan data V_{s30} USGS dimana data tersebut sudah ada di BMKG dan Stasiun Geofisika Kelas 1 Yogyakarta berupa peta dengan format xyz yang kemudian diubah ke bentuk Ms Excel terlebih dahulu agar data tersebut berubah menjadi angka sehingga data V_{s30} dapat terbaca. Adapun data V_{s30} dapat dilihat pada lampiran 1.

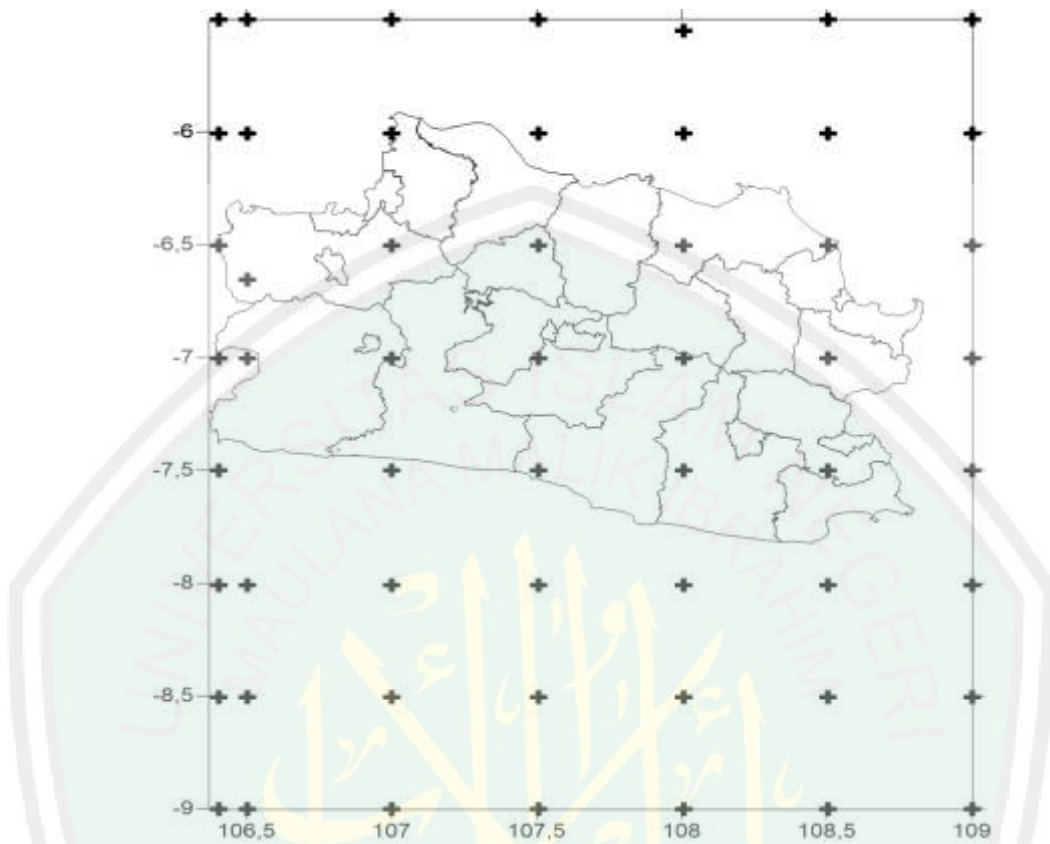
Setelah data gempa bumi yang sesuai dengan parameter-parameter metode Atkinson Boore (2003) dan data V_{s30} diperoleh, maka data terakhir yang digunakan pada penelitian ini adalah data jumlah penduduk Jawa Barat yang dapat diakses di www.bps.go.id dimana data terbaru yang didapatkan adalah data penduduk Jawa Barat tahun 2016.

Setelah ketiga data didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut dengan cara sebagai berikut:

1. Menentukan grid atau titik pengukuran daerah penelitian yang dalam hal ini adalah wilayah Jawa Barat. Adapun ukuran grid atau titik pengukuran yang digunakan menyesuaikan ukuran grid dari nilai V_{s30} yaitu $0,0083^\circ \times 0,0083^\circ$ atau setara dengan $0,9213 \text{ km} \times 0,9213 \text{ km}$. Akan tetapi, grid yang dihasilkan dari nilai V_{s30} tersebut dianggap terlalu rapat sehingga dibuatlah grid baru dengan ukuran $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ atau setara dengan $55,5 \text{ km} \times 55,5 \text{ km}$. Hal ini dikarenakan akan berpengaruh terhadap hasil peta dari perhitungan percepatan getaran tanah maksimum. Adapun gambar grid tersebut dapat dilihat pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.2 Grid atau Titik Pengukuran berdasarkan nilai $Vs30$ $0,0083^{\circ} \times 0,0083^{\circ}$



Gambar 4.3 Grid atau titik pengukuran $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$

2. Menghitung jarak episenter dan hiposenter dari masing-masing grid yang sudah ditentukan sehingga akan diperoleh jarak episenter dan hiposenter dari masing-masing grid.
3. Setelah jarak episenter dan hiposenter didapatkan kemudian langkah selanjutnya adalah menghitung nilai percepatan getaran tanah (PGA) setiap kejadian gempa bumi menggunakan metode Atkinson Boore (2003) dengan menggunakan (persamaan 2.6).
4. Mencari nilai percepatan getaran tanah maksimum setiap kejadian gempa dari masing-masing grid.

5. Memfilter nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) yang sesuai dengan grid $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$.
6. Membuat peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA) sesuai nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dari setiap *event* gempa bumi dan grid yang digunakan. Dalam hal ini, peta yang dibuat ada dua yaitu peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dengan grid $0,0083^{\circ} \times 0,0083^{\circ}$ yang sesuai dengan nilai V_{s30} dan peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dengan grid $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$.
7. Menghitung nilai kepadatan penduduk Jawa Barat dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kepadatan penduduk} = \frac{\text{Jumlah Penduduk (Jiwa)}}{\text{Luas Wilayah (km}^2\text{)}}$$
8. Menggabungkan nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) wilayah Jawa Barat dengan nilai kepadatan penduduk Jawa Barat.
9. Membuat peta resiko akibat gempa bumi wilayah Jawa Barat.

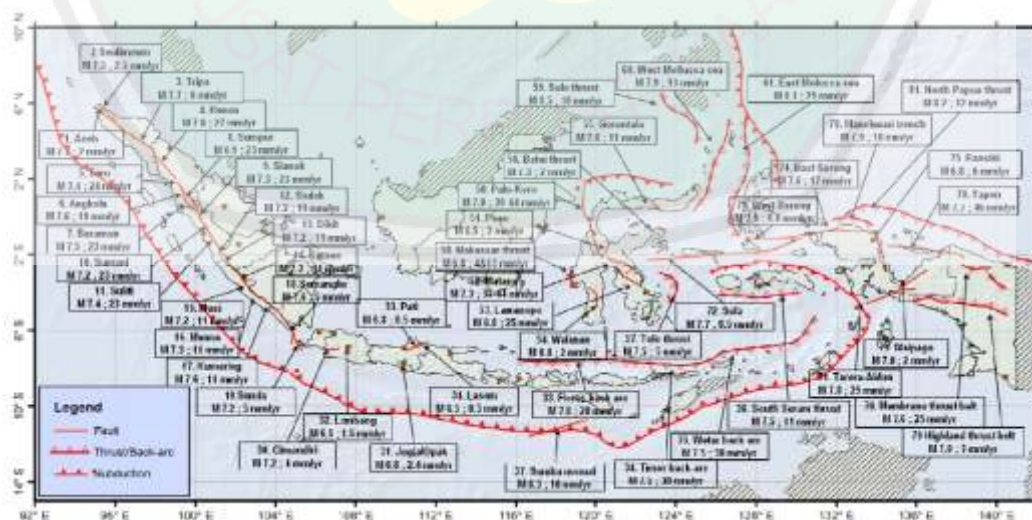
4.2 Analisis Data dan Pembahasan

Wilayah yang diamati dalam penelitian ini adalah wilayah Jawa Barat yang terdapat di Pulau Jawa. Pulau Jawa merupakan salah satu wilayah yang rawan akan terjadinya gempa bumi di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh adanya tektonik regional wilayah Jawa yang dikontrol oleh tektonik tunjaman selatan Jawa. Akibat dari adanya tunjaman Selatan Jawa tersebut, maka terbentuklah struktur-struktur geologi regional yang berada di wilayah daratan Jawa. Struktur tersebut dapat diamati mulai dari Jawa bagian Barat hingga Jawa bagian Timur.

Jawa Barat merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang merupakan bagian terluar dari busur selatan Asia Pulau Jawa. Sehingga, dengan adanya

penunjaman tersebut Pulau Jawa bisa dikatakan sebagai sebuah pulau yang memiliki kondisi geologi yang unik dan rumit. Selain itu, Jawa Barat juga merupakan salah satu wilayah Indonesia yang masuk dalam kategori rawan bencana gempa bumi. Hal ini dikarenakan wilayah Jawa Barat berasal dari zona subduksi di lepas pantai Selatan Jawa dan Palung Sunda di Selat Sunda. Sehingga penelitian gempa bumi yang dilakukan di wilayah Jawa Barat dinilai sangatlah perlu dilakukan guna mewaspadaai bahaya bencana gempa bumi yang akan terjadi.

Model sumber subduksi merupakan model yang didapat dari data seismotektonik yang sudah teridentifikasi dengan baik. Parameter model ini meliputi lokasi subduksi yang dituangkan dalam koordinat Bujur dan Lintang dari area subduksi yang bisa didapatkan dari data gempa historis, serta batas kedalaman area subduksi. Batas kedalaman maksimum dari sumber gempa adalah 50 km atau merupakan daerah *Megathrust*. Sumber-sumber gempa subduksi yang digunakan adalah *Megathrust* segmen Jawa.



Gambar 4.4 Model Segmentasi dan Parameter Sumber Gempa Subduksi (*Megathrust*) Wilayah Indonesia

Sumber : (<http://agung-sabtaji.blogspot.com/2012/12/nama-dan-kecepatan-patahan-gempabumi-di.html>)

Adapun tabel skala intensitas gempabumi yang digunakan sebagai acuan dalam analisis adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Skala Intensitas Gempabumi (Rahman dkk, 2015) dan (Allan, 1982)

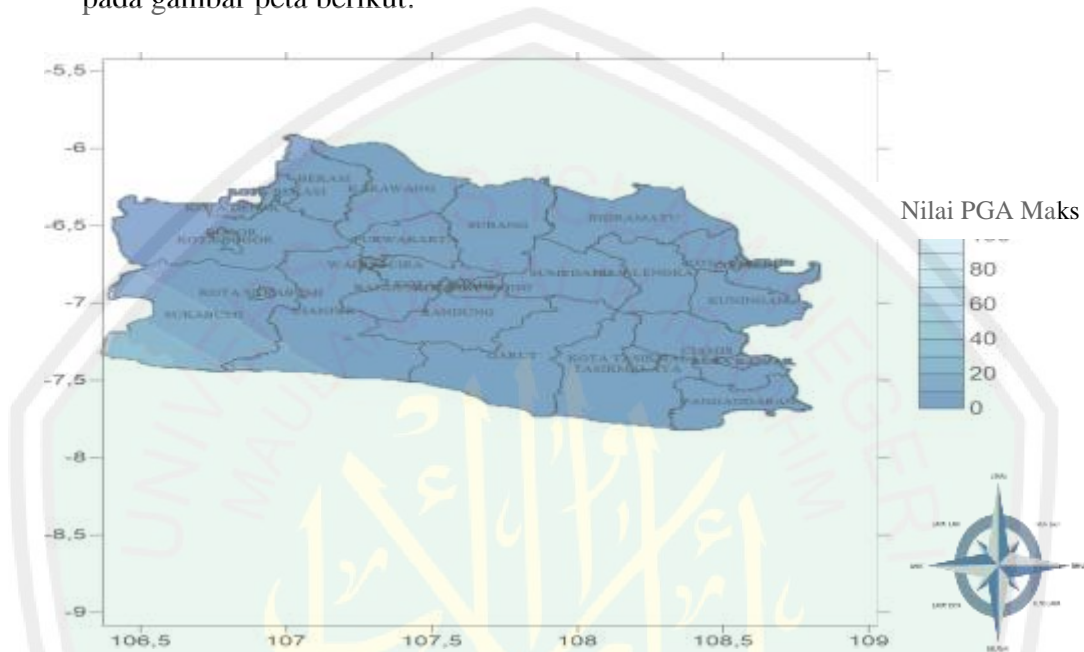
No	Intensitas Gempa (MMI)	Peak Acceleration (Gal)	Dampak
1	I	<1,7	Tidak terasa
2	II-III	1,7-14	Terasa di dalam rumah, terutama ditingkat atas-atas bangunan atau tempat-tempat yang tinggi. Getaran yang dirasakan seperti ada truk kecil lewat.
3	IV	14-39	Terasa di dalam rumah seperti ada truk berat lewat atau terasa seperti ada barang berat yang menabrak dinding rumah. Barang-barang yang bergantung bergoyang-goyang, jendela dan pintu berderik, barang pecah-belah pecah, gelas-gelas gemerincing, dinding, dan rangka rumbah berbunyi.
4	V	39-92	Dapat dirasakan di luar rumah. Orang tidur terbangun, cairan tampak bergerak-gerak dan tumpah sedikit. Barang perhiasan rumah yang kecil dan tidak stabil bergerak atau jatuh. Pintu-pintu terbuka tertutup, pigura-pigura dinding bergerak, lonceng bandul berhenti atau mati atau tidak cocoknya jalannya.
5	VI	92-180	Terasa oleh semua orang. Banyak orang lari keluar karena terkejut. Orang sedang berjalan kaki terganggu. Jendela berderit. Gerabah, barang pecah-belah pecah, barang-barang kecil dan buku jatuh dari raknya, gambar-gambar jatuh dari dinding. Mebel-mebel bergerak atau berputar. Plester dinding yang lemah pecah-pecah dan pohon terlihat bergoyang.
6	VII	180-340	Dapat dirasakan oleh orang yang sedang mengemudi mobil. Orang yang sedang berjalan kaki sulit untuk berjalan dengan baik, langit-langit dan bagian-bagian konstruksi bangunan pada tempat yang tinggi rusak. Tembok yang tidak kuat pecah, plester tembok dan batu-batu

			tembok yang tidak terikat kuat jatuh. Terjadi sedikit pergeseran dan lekukan-lekukan pada timbunan pasir dan batu kerikil.
7	VIII	340-650	Mengemudi mobil terganggu. Terjadi kerusakan pada bangunan-bangunan yang kuat karena bagian-bagian yang runtuh. Kerusakan terjadi pada tembok-tembok yang dibuat tahan terhadap getaran-getaran horizontal dan beberapa bagian tembok runtuh. Cerobong asap, monumen-monumen, menara-menara, dan tangki air yang berada di atas berputar atau jatuh. Rangka rumah berpindah dari fondasinya. Dinding-dinding yang tidak terikat dengan baik akan jatuh atau terlempar. Ranting-ranting pohon patah dari dahannya. Tanah yang basah dan lereng yang curam terbelah.
8	IX	650-1240	Bangunan yang tidak kuat hancur. Bangunan yang kuat mengalami kerusakan berat. Fondasi dan rangka bangunan rusak. Pipa dalam tanah putus. Tanah merekah. Di daerah alluvium pasir dan lumour keluar dari dalam tanah.
9	X+	>1240	Pada umumnya semua tembok, rangka rumah dan fondasi rusak. Rel kereta api rusak berat. Garis pandang cakrawala terganggu. Batu-batu dan barang-barang besar berpindah tempat, dan ada yang terlempar ke udara.

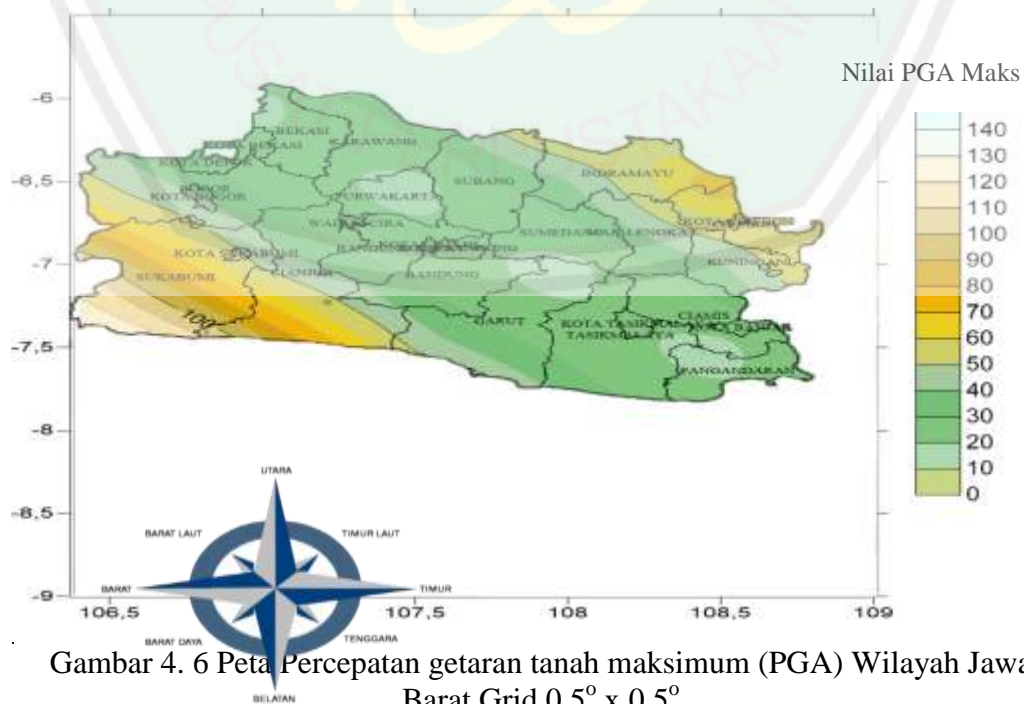
4.2.1 Analisis Percepatan getaran tanah maksimum (PGA)

Nilai dari percepatan getaran tanah maksimum atau *peak ground acceleration* (PGA) ini ditentukan dengan menggunakan Atkinson Boore (2003) berdasarkan persamaan 2.6. Percepatan getaran tanah (PGA) dinyatakan dalam satuan percepatan gravitasi (*Gravitational Acceleration* = gal) atau cm/s^2 . Nilai percepatan tanah maksimum yang dihasilkan menunjukkan tingkat

resiko bencana yang terjadi. Hasil dari perhitungan percepaan getaran tanah maksimum dengan metode Atkinson Boore (2003) tersebut dapat ditunjukkan pada gambar peta berikut:



Gambar 4. 5 Peta Percepatan getaran tanah maksimum (PGA) Wilayah Jawa Barat Grid $0,0083^{\circ} \times 0,0083^{\circ}$



Gambar 4. 6 Peta Percepatan getaran tanah maksimum (PGA) Wilayah Jawa Barat Grid $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data gempa bumi Jawa Barat periode tahun 1997-Maret 2018. Adanya data penelitian yang digunakan dalam kurun waktu lama tersebut diharapkan dapat dijadikan bahan perbandingan serta dapat digunakan juga untuk keperluan perencanaan bangunan tahan gempa, sehingga dapat dimanfaatkan oleh orang banyak.

Dilihat dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa sumber-sumber gempa yang digunakan pada penelitian ini adalah kejadian gempa yang terjadi di sepanjang jalur subduksi dan kejadian gempa yang terjadi di wilayah sekitar Jawa Barat. Gempa-gempa tersebut kemudian dipilih sesuai dengan parameter-parameter metode Atkinson Boore (2003) yang telah dijelaskan sebelumnya.

Gambar 4.5 merupakan hasil pemetaan dari perhitungan percepatan getaran tanah maksimum (PGA) wilayah Jawa Barat yang dihitung dengan menggunakan metode Atkinson Boore (2003) berdasarkan grid nilai V_{s30} dari USGS wilayah Jawa Barat yaitu dengan nilai grid $0,0083^{\circ} \times 0,0083^{\circ}$ atau setara dengan $0,9213 \text{ km} \times 0,9213 \text{ km}$. Dilihat dari Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa wilayah yang mempunyai nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) tertinggi adalah wilayah Sukabumi dan Cianjur bagian selatan dengan nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) sebesar 40-90 gal. Jika melihat pada tabel 4.2, nilai PGA sebesar 40-90 gal termasuk dalam skala V MMI dan memberikan efek guncangan yang lumayan keras sehingga dapat dirasakan oleh orang-orang yang berada di luar rumah serta mempunyai tingkat resiko ringan terhadap bangunan. Sedangkan nilai percepatan getaran tanah

maksimum (PGA) dengan grid $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ atau setara dengan $55,5 \text{ km} \times 55,5 \text{ km}$ dapat dilihat pada gambar 4.6.

Gambar 4.6 dapat diketahui pada bahwa wilayah Jawa Barat yang mempunyai nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) tertinggi adalah wilayah Sukabumi, Kota Sukabumi, Kota Bogor, Cianjur, Indramayu bagian Timur Laut, Kota Cirebon dan Cirebon dengan memiliki nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) sebesar 50-130 gal. Jika dilihat pada tabel 4.2, nilai percepatan getaran tanah (PGA) 50-130 gal termasuk dalam skala V-VI MMI yang memberikan efek guncangan yang dapat dirasakan oleh semua orang, hiasan-hiasan di dinding bergerak-gerak hingga banyak orang lari keluar karena terkejut dan orang yang sedang berjalan kaki pun terganggu. Disusul wilayah Bogor bagian tengah, Majalengka, Kuningan, Indramayu bagian Barat Daya Bekasi, Kota Bekasi, Kota Depok, Bogor bagian Timur Laut, Karawang, Subang, Purwakarta, Waduk Citra, Bandung, Kota Bandung, Garut, Tasikmalaya, Kota Tasikmalaya, Pangandaran, Kota Banjar, Ciamis, Sumedang, Majalengka bagian Selatan, Kuningan bagian Barat Daya dan Garut dengan memiliki nilai percepatan getaran tanah (PGA) maksimum sebesar 10-30 gal atau setara dengan skala II-IV MMI. Jika dilihat pada tabel 4.2, gempa tersebut memberikan efek guncangan yang dirasakan orang-orang yang ada di rumah seperti ada truk yang lewat dan membuat barang-barang yang bergantung bergoyang-goyang.

Salah satu akibat yang terjadi akibat adanya gempa bumi adalah pergerakan tanah. Semakin besar nilai percepatan getaran tanah maksimum

pada suatu daerah, maka semakin besar pula resiko gempa bumi yang terjadi. Besar kecil nilai percepatan getaran tanah maksimum dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya seperti besar kecilnya nilai magnitudo atau kekuatan gempa, kedalaman gempa, episenter dan hipisenter serta kondisi geologi daerah penelitian. Daerah yang memiliki nilai percepatan getaran tanah tinggi bisa dikatakan bahwa daerah tersebut memiliki tingkat kerawanan dan tingkat resiko kerusakan terhadap gempa bumi lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lain yang memiliki nilai percepatan getaran tanah yang lebih rendah. Sehingga diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan informasi dan bisa dijadikan sebagai referensi kepada pemerintah dan masyarakat setempat dalam upaya mitigasi bencana gempa bumi agar dapat meminimalisir kerusakan dan korban jiwa yang ditimbulkan akibat gempa bumi tersebut.

4.2.2 Analisis Percepatan getaran tanah maksimum (PGA) Berdasarkan Kepadatan Penduduk

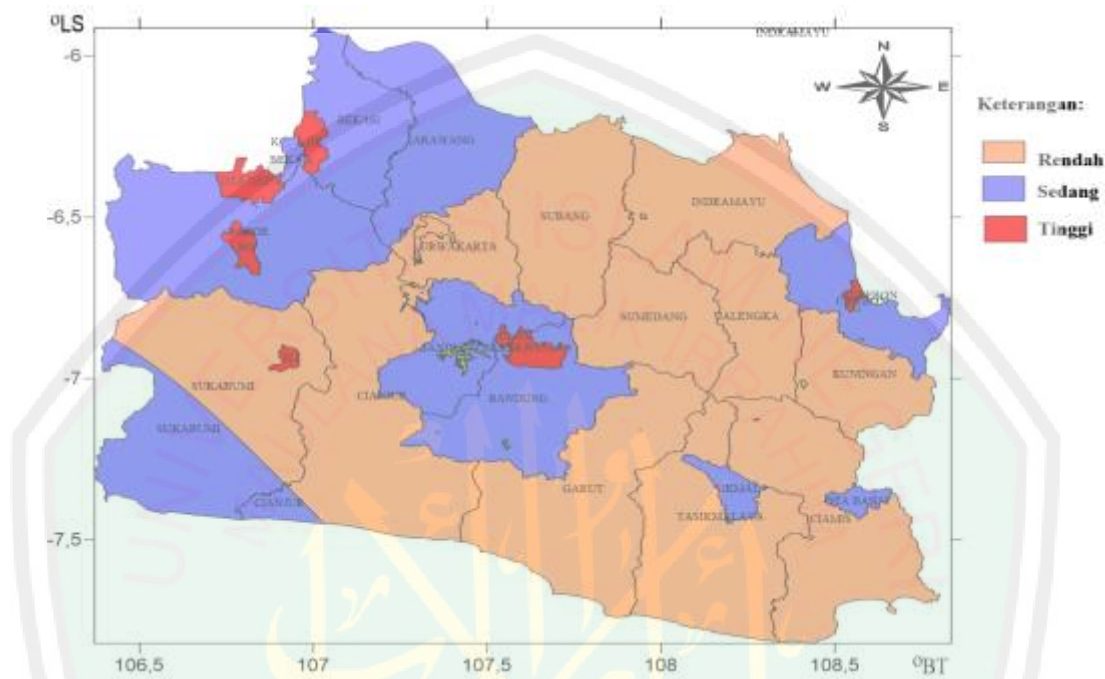
Wilayah Jawa Barat terbagi menjadi dua bagian, yaitu wilayah kota dan wilayah kabupaten. Terdapat 18 kabupaten dan 10 kota. Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu provinsi yang memiliki jumlah penduduk yang padat dibandingkan dengan provinsi lain yang ada di pulau Jawa. Adapun jumlah penduduk serta luas wilayah dari masing-masing kota dan kabupaten yang terdapat di provinsi Jawa Barat adalah:

Tabel 4.3 Data Penduduk Jawa Barat (www.bps.go.id)

No	Provinsi Jawa Barat	Data Penduduk Tahun 2016	Luas Wilayah (km ²)	Kepadatan Penduduk
1.	Bogor	5587390	2710.62	2061.296
2.	Sukabumi	2444616	4145.7	589.6751
3.	Cianjur	2250977	3840.16	586.1675
4.	Bandung	3596623	1767.96	2034.335
5.	Garut	2569505	3074.07	835.8642
6.	Tasikmalaya	1742276	2551.19	682.9268
7.	Ciamis	1175389	1414.71	830.8339
8.	Kuningan	1061886	1110.56	956.1717
9.	Cirebon	2142999	984.52	2176.694
10.	Majalengka	1188004	1204.24	986.5176
11.	Sumedang	1142097	1518.33	752.206
12.	Indramayu	1700815	2040.11	833.6879
13.	Subang	1546000	1893.95	816.2834
14.	Purwakarta	932701	825.74	1129.534
15.	Karawang	2295778	1652.2	1389.528
16.	Bekasi	3371691	1224.88	2752.67
17.	Bandung Barat	1648387	1305.77	1262.387
18.	Pangandaran	392817	1010	388.9277
19.	Kota Bogor	1064687	118.5	8984.7
20.	Kota Sukabumi	321097	48.25	6654.86
21.	Kota Bandung	2490622	167.67	14854.31
22.	Kota Cirebon	310486	37.36	8310.653
23.	Kota Bekasi	2787205	206.61	13490.17
24.	Kota Depok	2179813	200.29	10883.28
26.	Kota Cimahi	594021	39.27	15126.59
27.	Kota Tasikmalaya	659606	171.61	3843.634
28.	Kota Banjar	181901	113.49	1602.793

Analisis percepatan getaran tanah maksimum (PGA) selain menghasilkan peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA) juga dapat menghasilkan peta resiko akibat gempa bumi. Peta resiko akibat gempa bumi ini dibuat berdasarkan nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) grid 0,5° x 0,5° yang digabungkan dengan nilai kepadatan penduduk wilayah Jawa Barat tahun 2016.

Peta resiko akibat gempa bumi di wilayah Jawa Barat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.7 sebagai berikut:



Gambar 4.7 Peta Resiko Akibat Gempabumi Wilayah Jawa Barat

Dilihat dari gambar 4.7 dapat diketahui bahwa wilayah yang mempunyai resiko paling tinggi akibat gempa bumi adalah wilayah yang berwarna merah. Wilayah tersebut adalah Kota Depok, Kota Bekasi, Bandung Barat, Kota Cirebon, Kota Bogor dan Kota Cimahi. Kemudian, wilayah yang diperkirakan mendapatkan resiko sedang akibat gempa bumi adalah wilayah yang ditandai dengan warna biru. Wilayah tersebut adalah Sukabumi bagian Barat Daya, Bandung, Bekasi, Karawang, Bogor, Tasikmalaya, Kota Banjar dan Cirebon dan wilayah yang diperkirakan mendapatkan dampak atau resiko terkecil akibat gempa bumi adalah wilayah yang ditandai dengan warna merah muda, yaitu wilayah Subang, Purwakarta, Indramayu, Sumedang, Majalengka, Kuningan, Cianjur, Tasikmalaya, Garut, Cianjur dan Sukabumi bagian Utara.

Selain peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA), peta resiko akibat gempa bumi ini juga bisa dijadikan referensi pemerintah atau masyarakat sekitar dalam upaya mitigasi bencana. Kedua peta tersebut bisa jadi tidak sepenuhnya sama. Adanya perbedaan diantara kedua peta tersebut dikarenakan beberapa faktor diantaranya adalah ketika gempa yang terjadi di suatu wilayah mempunyai magnitudo atau kekuatan gempa yang besar, akan tetapi kepadatan penduduk di daerah tersebut relatif rendah sehingga resiko yang didapat oleh masyarakat sekitar akibat gempa tersebut tidak akan menjadi tinggi. Salah satu contohnya adalah Kota Cimahi dan Bandung Barat. Kedua wilayah tersebut bila dilihat pada gambar 4.6 peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA) mempunyai nilai percepatan getaran tanah (PGA) sebesar 30-40 gal atau bila dilihat dari tabel 4.2 sebanding dengan skala IV-V MMI yang hanya berdampak dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan benda-benda ringan yang bergantung bergoyang dan jendela kaca bergetar. Akan tetapi, jika melihat pada gambar 4.7 peta resiko akibat gempa bumi wilayah Jawa Barat wilayah Bandung Barat dan Kota Cimahi memiliki tingkat resiko yang tinggi karena memiliki kepadatan penduduk yang tinggi sehingga kerusakan yang dialami oleh kedua wilayah tersebut juga akan parah.

Jawa Barat merupakan wilayah yang berasal dari zona sumber gempa subduksi. Berdasarkan penjelasan zona sumber gempa subduksi pada 2.8, zona subduksi yang dimaksud adalah zona *megathrust*, yakni sumber gempa subduksi dari permukaan hingga kedalaman 50 km. Untuk sumber subduksi dengan kedalaman lebih dari 50 km (zona *benioff*) akan dimodelkan sebagai sumber *deep*

background. Jarak antara Jakarta dan Jawa Barat adalah ± 20 km, sehingga berdasarkan penelitian analisis *hazard* gempa dan usulan *ground motion* pada batuan dasar kota Jakarta dianggap mempunyai kemiripan dalam hal sumber gempa yang berpengaruh dengan penelitian ini. Hutapea (2009) menyatakan bahwa sumber gempa yang diperhitungkan dalam penelitian gempa di wilayah Jakarta antara lain adalah *Megathrust* Sumatra, *Megathrust* Jawa, *Benioff* Sumatera, *Benioff* Jawa, *Shallow Background* Pelat Sunda, Sesar Sumatra, Sesar Cimandiri, Sesar Lembang, Sesar Baribis dan Sesar Bumiayu.

Sejauh ini belum ada alat yang dapat mendeteksi kapan gempabumi akan terjadi, dimana gempabumi akan terjadi dan besarnya gempabumi yang akan terjadi. Oleh karena itu, dengan adanya penelitian yang dilakukan setidaknya akan memberikan gambaran tentang wilayah-wilayah mana yang rawan dan memiliki resiko yang tinggi apabila terjadi gempabumi sehingga dapat meminimalisir korban akibat gempabumi dan dapat dijadikan sebagai referensi dalam upaya mitigasi.

4.3 Gempabumi dalam Pandangan al-Quran

Al-Quran merupakan wahyu Allah SWT yang diberikan kepada Nabi Muhammad SAW melalui perantara Malaikat Jibril dan bernilai ibadah bagi siapa saja yang membaca, mendengar serta mempelajarinya. Selain itu, al-Quran juga sebagai pedoman hidup, petunjuk hidup, sumber hukum bagi umat manusia di seluruh bumi ini khususnya bagi umat yang memeluk agama Islam.

Gempabumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi yang diakibatkan oleh adanya pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba sehingga

menghasilkan gelombang seismik. Penyebab dari peristiwa gempabumi adalah karena adanya pergerakan lempeng bumi atau kerak bumi yang berubah pada tempat yang tidak semestinya.

Istilah gempabumi secara *terminologi* diartikan dengan adanya goncangan yang dahsyat disebutkan dalam al-Quran dengan beragam macam sebagaimana berikut (Abha, 2013):

a. Goncangan Jiwa (Bukan Gempabumi)

Goncangan jiwa ini lebih dikenal dengan istilah galau, yaitu hilangnya harapan seseorang yang berubah menjadi sebuah keputusan kemudian muncul lagi harapan tersebut dan akhirnya berujung keputusan sehingga datanglah situasi kegalauan.

هٰذَا لِكۡ اَبۡتَلٰى الْمُؤۡمِنُوۡنَ وَاَزۡلٰجُوۡا زَلٰلًا شَدِيۡدًا ﴿١١﴾

Artinya: “Disitulah diuji orang-orang mukmin dan digoncangkan (hatinya) dengan goncangan yang sangat” (QS. Al-Ahzab[33]:11)

b. Goncangan Bumi (Gempabumi yang terjadi)

Gempabumi di sini diartikan dengan gempabumi secara umum yaitu dengan adanya gerakan dan goncangan bumi dari keadaan sebelumnya yang secara lahir tenang menuju gerakan yang tiba-tiba menggoncang dan membolak-balikkan bumi.

يٰۤاَيُّهَا النَّاسُ اتَّقُوۡا رَبَّكُمۡ ۚ اِنَّ زَلٰۤزَلَةَ السَّاعَةِ شَيۡءٌ عَظِيۡمٌ ﴿١﴾

Artinya: “Hai manusia, bertakwalah kepada Tuhanmu; Sesungguhnya kegoncangan hari kiamat itu adalah suatu kejadian yang sangat besar (dahsyat)” (QS. Al-Hajj[22]:1).

c. Gempabumi yang Tiada Bandingannya (Tunggal)

Jika di atas telah disebutkan adanya gempabumi yang benar-benar terjadi karena adanya sebab-sebab alamiah atau sering disebut dengan sebab-sebab yang bersifat

membumi dan ‘alamiyyah (*tahtiyyat-‘alamiyyah*) sebagaimana layaknya gempa-gempa yang terjadi di bumi ini, maka ada sebuah gempa yang terjadi karena memang murni kehendak Allah atau lebih dikenal dengan gempabumi yang timbul murni karena sebab yang bersifat melangit dan murni campur tangan Allah (*fauqiyyah-ilahiyyah*). Gempabumi yang semacam ini hanya terjadi sekali saja dan tidak ada bandingannya (tunggalnya) dalam sejarah gempabumi.

وَلَمَّا جَاءَ مُوسَىٰ لِمِيقَاتِنَا وَكَلَّمَهُ رَبُّهُ قَالَ رَبِّ أَرِنِي إِلَيْكَ ۚ قَالَ لَن
 تَرِنِي وَلَٰكِنِ أَنْظِرْ إِلَى الْجَبَلِ فَإِنِ اسْتَقَرَّ مَكَانَهُ فَسَوْفَ تَرِنِي ۚ فَلَمَّا
 تَجَلَّىٰ رَبُّهُ لِلْجَبَلِ جَعَلَهُ دَكًّا وَخَرَّ مُوسَىٰ صَعِقًا ۚ فَلَمَّا أَفَاقَ قَالَ
 سُبْحَانَكَ تُبْتُ إِلَيْكَ وَأَنَا أَوَّلُ الْمُؤْمِنِينَ ﴿١٤٣﴾

Artinya:

“Dan tatkala Musa datang untuk (munajat dengan kami) pada waktu yang Telah kami tentukan dan Tuhan Telah berfirman (langsung) kepadanya, berkatalah Musa: "Ya Tuhanku, nampakkanlah (diri Engkau) kepadaku agar Aku dapat melihat kepada Engkau". Tuhan berfirman: "Kamu sekali-kali tidak sanggup melihat-Ku, tapi Lihatlah ke bukit itu, Maka jika ia tetap di tempatnya (sebagai sediakala) niscaya kamu dapat melihat-Ku". tatkala Tuhannya menampakkan diri kepada gunung itu, dijadikannya gunung itu hancur luluh dan Musa pun jatuh pingsan. Maka setelah Musa sadar kembali, dia berkata: "Maha Suci Engkau, Aku bertaubat kepada Engkau dan Aku orang yang pertama-tama beriman" (QS. Al-A'raf[7]:143).

Ayat-ayat diatas menunjukkan tentang berbagai macam pandangan al-Quran terhadap gempabumi. Jauh dari sebelum para ilmu geofisika ataupun geologi menjelaskan tentang gempabumi, al-Quran telah menjelaskan terlebih dahulu secara garis besar terkait gempabumi.

Para ilmuwan menganggap bahwa segala sesuatu yang terjadi di bumi tidaklah begitu saja melainkan melalui proses yang timbul melalui gejala-gejala

alam yang terjadi. Gejala alam sangat dipengaruhi oleh tindakan manusia sebagai makhluk yang diberi tanggung jawab untuk menjaga, memelihara, membudi daya, mengembangkan dan hingga menikmati alam (Abha, 2013).

Pada hakikatnya gempabumi adalah getaran atau serentetan getaran dari kulit bumi yang bersifat tidak abadi dan kemudian menyebar ke segala arah. Getaran ini sebetulnya bergetar secara kontinu dengan kekuatan relatif kecil sehingga hanya bisa dideteksi dengan alat. Getaran tersebut tidak bisa dikatakan sebagai gempabumi bila sifat getarannya terus-menerus. Jadi suatu gempabumi harus mempunyai waktu awal dan waktu akhir yang jelas.

Terjadinya gempabumi tidak semuanya bersumber dari kesalahan manusia dan atau karena murka Allah, akan tetapi gempabumi terjadi bisa juga karena memang sudah kehendak dari Allah, dengan seizin-Nya bencana apapun bisa terjadi termasuk bencana gempabumi dan tidak ada yang tahu kapan dan dimana bencana tersebut akan terjadi. Akan tetapi, bencana alam juga bisa terjadi karena faktor ulah tangan manusia. Hal ini dikarenakan manusia yang tidak dapat melestarikan alam bahkan tidak peduli terhadap alam sehingga suatu bencana akan mudah datang (Ma'ruf, 2011)

Jika gempabumi terjadi, maka hal tersebut merupakan ketetapan yang tidak bisa dibantah dan dihindari oleh manusia. Namun dari kejadian itu, ada beberapa usaha yang dapat dilakukan manusia ketika bencana gempabumi. Berdasarkan penelitian pemetaan resiko gempabumi berdasarkan pola percepatan getaran tanah maksimum (PGA) di wilayah Jawa Barat, maka akan diketahui wilayah-wilayah mana saja yang mempunyai resiko dan bahaya tinggi ketika gempabumi terjadi.

Dari hasil tersebut, maka pemerintah dan masyarakat setempat dapat meningkatkan kewaspadaan dan keamanan sehingga ketika gejala-gejala gempabumi muncul di wilayah tersebut masyarakat dapat lebih cepat dan tanggap dalam mengevakuasi dirinya serta sekitarnya dengan mudah sehingga akan meminimalisir korban jiwa serta kerugian akibat bencana gempabumi tersebut. Selain itu, tentu ada hikmah dan pelajaran berharga yang harusnya dapat dipahami dari adanya tanda-tanda tersebut. Hanya orang-orang yang dapat membaca dari semua kejadian dan belajar dari kejadian itulah mendapatkan hikmah dan manfaat yang besar, sebesar dampak yang ditimbulkan dari gempabumi itu sendiri.

Hikmah yang dapat diambil dari kejadian gempabumi itu sendiri diantaranya adalah dengan terjadinya gempabumi, manusia sebenarnya sedang diingatkan secara dini bahwa gempa adalah baru sebagian yang sangat kecil dari proses maha dahsyat yang memang akan terjadi pada hari kiamat, yang bukan hanya bersifat lokal tetapi juga kehancuran tata surya dan alam semesta ini. Gempabumi dan semua jenis bencana alam yang terjadi di atas bumi ini tidaklah terjadi begitu saja dengan sendirinya melainkan sesuai dengan kehendak dan ketentuan Allah SWT, sehingga manusia tidak perlu terlalu jatuh dalam kesedihan dan kesusahan yang mengantarkan pada kurang produktifnya mereka di masa setelah terjadinya gempabumi. Sebaliknya, dengan adanya gempabumi dan bencana-bencana lain, manusia harus termotivasi untuk memperbaiki sistem keimanan dan sistem kehidupan lingkungan agar berjalan seiring dan searah dengan kemajuan sikap religiulitas dan kemajuan lingkungan sekitar (Abha, 2013).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa gempabumi merupakan suatu bencana yang tidak dapat diprediksi kapan dan dimana akan terjadi. Oleh karena itu, adanya penelitian percepatan getaran tanah maksimum (PGA) di wilayah Jawa Barat ini diharapkan mampu memberikan informasi kepada pemerintah dan masyarakat setempat dalam upaya mitigasi bencana sehingga dapat meminimalisir korban jiwa serta kerusakan yang didapatkan jika terjadi bencana gempabumi.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) tertinggi sebesar 90-130 gal yaitu wilayah Sukabumi, Indramayu, dan Cirebon. Sedangkan wilayah yang mempunyai nilai percepatan getaran tanah (PGA) sedang sebesar 31-89 gal yaitu wilayah Bogor, Cianjur, dan wilayah yang mempunyai nilai percepatan getaran tanah (PGA) terendah yaitu wilayah Majalengka, Kuningan, Bekasi, Depok, Karawang, Subang, Purwakarta, Waduk Citra, Bandung, Garut, Tasikmalaya, Pangandaran, Banjar, Ciamis, Sumedang, Majalengka, dan Garut dengan memiliki nilai percepatan getaran tanah (PGA) maksimum sebesar 10-30 gal
2. Wilayah yang mempunyai tingkat rawan kerusakan akibat gempa bumi berdasarkan nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dari yang paling rawan berturut-turut adalah mulai dari wilayah Sukabumi, Indramayu dan Cirebon disusul wilayah Bogor, dan Cianjur. Sedangkan wilayah yang paling rendah tingkat kerawanannya adalah wilayah Majalengka, Kuningan, Bekasi, Depok, Karawang, Subang, Purwakarta, Waduk Citra, Bandung, Garut, Tasikmalaya, Pangandaran, Banjar, Ciamis, Sumedang, Majalengka, dan Garut.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan metode yang digunakan dalam penelitian lebih dari satu sehingga bisa dijadikan sebagai bahan perbandingan serta rentan waktu untuk data yang digunakan pada penelitian diharapkan lebih lama atau diperpanjang agar hasil kontur peta percepatan getaran tanah (PGA) lebih maksimal.



DAFTAR PUSTAKA

- Abha, Muhammad Makmun. 2013. *Gempabumi dalam Tafsir Al-Qur'an (Tafsir Tematik)*. ESENSIA Vol. XIV No. 1.
- Allan, Ludman. 1982. *Physical Geology*. United States of America: McGraw-Hill, Inc.
- Amaliah, Kiki Rezki. 2016. *Percepatan Tanah Maksimum (PGA) dan MMI di Sulawesi Utara*. Jurnal UNHAS Repository. Makassar: UNHAS.
- Ariska,-Ika.-2016.-Geologi-Pulau-Jawa. <http://geologiindonesua.blogspot.co.id//>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2018.
- BMKG. 2015. <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg>. Diakses pada tanggal 27 Maret 2018.
- Bormann, Peter. 2002. *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP Vol 1)*. Jakarta: P.D Hobie Karya.
- Bormann, Peter. 2002. *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP Vol 1)*. GeoForschungs Zentrum Potsdam, Germany.
- BPS. 2016. www.bps.go.id. Diakses pada tanggal 27 Agustus.2018.
- Castellaro, S., f. Mulargia and P. L. Rossi. 2008. *Vs30: Proxy for Seismic Amplification?* Seismol. Res. Letters; 79:4. 540-543.
- Dawid, Sepry. 2015. *Penentuan Lokasi Pergerakan Magma Gunung Api Soputan Berdasarkan Studi Sebaran Hiposenter Gempa Vulkanik Periode Mei 2013 – Mei 2014*. Manado: Jurnal Ilmiah Sains. Vol. 15 No. 2.
- Douglas, John. 2004. *Ground Motion Estimation Equation 1964-2003*. London: Imperial College London.
- Edwiza, Daz. 2008. *Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa SUMBAR*. No 29, Vol. 1.
- El Naggat, Zaghoul. 2010. *Selektta dari Tafsir Ayat-Ayat Kosmos dalam Al-Qur'an Al-Karim Jilid 3*. Kairo-Mesir: Shorouk International Bookshop.
- Elnashai, A. S and Sarno D. Luigi. 2008. *Fundamentals of Earthquakes Engineering*. Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wilts. England.

- FEMA 302., 1997. *NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulation for New Building and Other Structure*. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C
- Gare, Mans. 2001. *Refleksi-Mitigasi Praha Tektonik dan Tsunami Indonesia Kasus Gempa Flores*. Bandung: Ars Group.
- Handewi, Istiqorini., Sujito, dan Daeng Achmad Suaidi. 2014. *Analisis Percepatan Tanah Maksimum Gempabumi Tektonik Wilayah Jawa Timur menggunakan Metode Danovan*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Hartuti, Evi Rine. 2009. *Buku Pintar Gempa*. Yogyakarta: DIVA Press.
- Hilmi, Faisal dan Iyan Haryanto. 2008. *Pola Struktur Regional Jawa Barat*. Bandung: *Bulletin of Scientific Contribution*. Vol 6. No 1.
- Hutapea, Brigman Marihat. 2009. *Analisis Hazard Gempa dan Usulan Ground Motion pada Batuan Dasar untuk Kota Jakarta*. Bandung: *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil* Vol. 16 No 3.
- Kemenag RI. 2010. *Al Qur'an Tajwid dan Terjemahan*. Bandung: PT Sygma Examedia Arkanleema.
- Kramer, S. L. 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice-Hall. Inc, London.
- Martodjojo, S. 1984. *Evolusi Cekungan Bogor Jawa Barat*. Bandung: ITB.
- Ma'ruf, Hernedi. 2011. *Bencana Alam dan Kehidupan Manusia dalam Prespektif Al-Qur'an*. Yogyakarta: Elsaq.
- Maryanto, Sukir. 2016. *Seismik Vulkanologi*. Malang: UB Press.
- Matsuoka, M., Wakamatsu, K., Fujimoto, K. dan Midorikawa, S., 2006. Average Shear-Wave Velocity Mapping Using Japan Engineering Geomorphologic Classification Map. *Structural Eng./Earthquake Eng., JSCE*, Vol.23, No.1, 57s-68s, 2006 April. (Translated from a paper which originally appeared on *Journal of Structural Mechanics and Earthquake Engineering*, JSCE, No.794/I-72, pp.239-251, 2005 July).
- Menteri Pekerjaan Umum. 2007. *Pedoman Penata Ruang Kawasan Rawan Letusan Gunung Berapi dan Kawasan Rawan Gempabumi*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang.
- Mogi, K. 1967. *Earthquake and Fracture*. Amsterdam: Tectonophysic-Elsevier Publishing Company.

- Mulyo, Agung. 2004. *Pengantar Ilmu Kebumihan (Pengetahuan Geologi untuk Pemula)*. Bandung: Pustaka Setia.
- Munir, Mochammad. 2003. *Geologi Lingkungan*. Malang: Banyumedia Publishing.
- Noor, D. 2006. *Geologi Lingkungan*. Yogyakarta: Garaha Ilmu.
- Prasetya, Tiar. 2006. *Gempabumi Ciri dan Cara Menanggulangnya*. Yogyakarta: Gitanagari.
- Pulonggono, A dan S. Martodjojo, 1994. *Perubahan Tektonik Paliogen dan Neogen merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa, Proceeding Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozoik hingga Kuart*.
- Rahman, Yeni., Zuhendri Kamus, dan Rachmad Billyanto. 2015. *Analisis Sistem Instrumen Meter P-Alert dan Data Hasil Pengukurannya*. Pillar of Physics. Vol. 5.
- Ratdomopurbo, A dan G. Poupinet. 2000. *An overview of the seismicity of Merapi volcano (Java, Indonesia), 1983-1994*. Journal of Volcanology and Geothermal Research 100 (2000) : 193-214.
- Riyanti, Azis. 2017 *Analisis Zona Bahaya Gempa Berdasarkan Metode Deterministik dan Pendekatan Geomorfologi Kota Padang Sumatera Barat*. Skripsi. Lampung: Universitas Lampung.
- Roser, J. dan Gosar. A., 2010. *Determination of Vs30 for seismic ground classifications in the Ljubljana area*, Acta Geotechnica Slovenia.
- Sabtaji, Agung. 2012. <http://agung-sabtaji.blogspot.com/2012/12/nama-dan-kecepatan-patahan-gempabumi-di.html>. Diakses pada tanggal 10 November 2018.
- Sanjaya, Irman. 2008. *Pengenalan Gempabumi*. Yogyakarta: BMKG.
- Sari, Pungki Nur Endah. 2011. *Analisis Perhitungan PGA dengan Menggunakan Metode McGUIRRE dan Intesitas Gempabumi serta Jalur Sesar untuk Mengetahui Tingkat Resiko Gempabumi di Jawa Barat*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Skinner, Brian J dan Porter, Stephen C. 1992. *The Dynamic Earth an Introduction to Physical Geology*, Jon Wiley and Son, Inc, Usa.
- Subardjo, Gunawan Ibrahim. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta: BMKG.

- Sutrisno dan Satria Putra Perdana. 2015. *Penentuan Percepatan Tanah Maksimum di Daerah Jawa Barat dan Sekitarnya dengan Metode Atkinson Boore*. Jurnal al-FIZIYA. No. 2, Volume IX.
- Telford, W., Geldart, L., Sheriff, R., and Keys, D. 1976. *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press.
- Tim Revisi Peta Gempabumi Indonesia. 2010. *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Wakamatsu, K dan M. Matsuoka. 2006. *Development of the 7.5-Arc-Second Engineering Geomorphologic Classification Database and its Application to Seismic Microzoning*. Bulletin of Earthquakes. Universitas Tokyo: Vol. 81, pp 317-324.
- Wald d. J., Quitoriano V., Heaton T. H, and Kanamori H. 1999. *Relationships Between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity and Modified Mercalli Intensity in California*. *Earthquake Spectra*, 15 No. 3.
- Wangsadinata,W. 2006. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2002*. Shortcourse HAKI 2006. Jakarta.
- Wells, D.L., and Coppersmith, K.J., 1994, New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 84, No. 4, pp. 974-1002.
- William, Howel dan Alexander R. McBirney. 1969. *Geology and Petrology of the Galapagos Island*. Amerika: Geological Society of America.
- Winardi, A. 2006. *Gempa Jogja, Indonesia & Dunia*. Jakarta: Gramedia.
- Wordpress. 2013. <https://fiflowers.wordpress.com/geofisika/keaktifan-tektonik-indonesia/>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2018.
- Zhao, J X and Xu, H. 2012. *Calibration of Combined Site Parameter of Vs30 and Bedrock Depth for Ground-Motion Prediction Equations Using Strong-Motion Records from Japan*. Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan, China.



LAMPIRAN

LAMPIRAN I

Nilai Vs30 USGS

No	Bujur (°)	Lintang (°)	Vs30
1	106.4038013	-5.425941851	180
2	106.4038013	-5.434241851	180
3	106.4038013	-5.442541851	180
4	106.4038013	-5.450841851	180
5	106.4038013	-5.459141851	180
6	106.4038013	-5.467441851	180
7	106.4038013	-5.475741851	180
8	106.4038013	-5.484041851	180.083
9	106.4038013	-5.492341851	180.987
10	106.4038013	-5.500641851	181.117
11	106.4038013	-5.508941851	180.262
12	106.4038013	-5.517241851	180.016
13	106.4038013	-5.525541851	180
14	106.4038013	-5.533841851	180
15	106.4038013	-5.542141851	180
16	106.4038013	-5.550441851	180
17	106.4038013	-5.558741851	180
18	106.4038013	-5.567041851	180
19	106.4038013	-5.575341851	180
20	106.4038013	-5.583641851	180
21	106.4038013	-5.591941851	180
22	106.4038013	-5.600241851	180
23	106.4038013	-5.608541851	180
24	106.4038013	-5.616841851	180
25	106.4038013	-5.625141851	180
26	106.4038013	-5.633441851	180
27	106.4038013	-5.641741851	180
28	106.4038013	-5.650041851	180
29	106.4038013	-5.658341851	180
30	106.4038013	-5.666641851	180
31	106.4038013	-5.674941851	180
32	106.4038013	-5.683241851	180
33	106.4038013	-5.691541851	180
34	106.4038013	-5.699841851	180
35	106.4038013	-5.708141851	180
36	106.4038013	-5.716441851	180
37	106.4038013	-5.724741851	180
38	106.4038013	-5.733041851	180

39	106.4038013	-5.741341851	180
40	106.4038013	-5.749641851	180
41	106.4038013	-5.757941851	180
42	106.4038013	-5.766241851	180
43	106.4038013	-5.774541851	180
44	106.4038013	-5.782841851	180
45	106.4038013	-5.791141851	180
46	106.4038013	-5.799441851	180
47	106.4038013	-5.807741851	180
48	106.4038013	-5.816041851	180
49	106.4038013	-5.824341851	180
.....
.....
90100	108.0883	-8.521841851	180
90101	108.0883	-8.530141851	180
90102	108.0883	-8.538441851	180
90103	108.0883	-8.546741851	180
90104	108.0883	-8.555041851	180
90105	108.0883	-8.563341851	180
90106	108.0883	-8.571641851	180
90107	108.0883	-8.579941851	180
90108	108.0883	-8.588241851	180
90109	108.0883	-8.596541851	180
90110	108.0883	-8.604841851	180
90111	108.0883	-8.613141851	180
90112	108.0883	-8.621441851	180
90113	108.0883	-8.629741851	180
90114	108.0883	-8.638041851	180
90115	108.0883	-8.646341851	180
90116	108.0883	-8.654641851	180
90117	108.0883	-8.662941851	180
90118	108.0883	-8.671241851	180
90119	108.0883	-8.679541851	180
90120	108.0883	-8.687841851	180
90121	108.0883	-8.696141851	180
90122	108.0883	-8.704441851	180
90123	108.0883	-8.712741851	180
90124	108.0883	-8.721041851	180
90125	108.0883	-8.729341851	180
90126	108.0883	-8.737641851	180
90127	108.0883	-8.745941851	180
90128	108.0883	-8.754241851	180

90129	108.0883	-8.762541851	180
90130	108.0883	-8.770841851	180
90131	108.0883	-8.779141851	180
90132	108.0883	-8.787441851	180
90133	108.0883	-8.795741851	180
90134	108.0883	-8.804041851	180
90135	108.0883	-8.812341851	180
90136	108.0883	-8.820641851	180
90137	108.0883	-8.828941851	180
90138	108.0883	-8.837241851	180
90139	108.0883	-8.845541851	180
90140	108.0883	-8.853841851	180
90141	108.0883	-8.862141851	180
90142	108.0883	-8.870441851	180
90143	108.0883	-8.878741851	180
90144	108.0883	-8.887041851	180
90145	108.0883	-8.895341851	180
90146	108.0883	-8.903641851	180
90147	108.0883	-8.911941851	180
.....
.....
139943	109.0262	-7.666941851	253.589
139944	109.0262	-7.675241851	220.288
139945	109.0262	-7.683541851	198.157
139946	109.0262	-7.691841851	203.794
139947	109.0262	-7.700141851	223.456
139948	109.0262	-7.708441851	234.448
139949	109.0262	-7.716741851	233.443
139950	109.0262	-7.725041851	211.412
139951	109.0262	-7.733341851	189.494
139952	109.0262	-7.741641851	182.691
139953	109.0262	-7.749941851	181.968
139954	109.0262	-7.758241851	232.894
139955	109.0262	-7.766541851	371.435
139956	109.0262	-7.774841851	458.843
139957	109.0262	-7.783141851	479.602
139958	109.0262	-7.791441851	455.025
139959	109.0262	-7.799741851	320.649
139960	109.0262	-7.808041851	206.605
139961	109.0262	-7.816341851	181.498
140071	109.0262	-8.729341851	180
140072	109.0262	-8.737641851	180

140073	109.0262	-8.745941851	180
140074	109.0262	-8.754241851	180
140075	109.0262	-8.762541851	180
140076	109.0262	-8.770841851	180
140077	109.0262	-8.779141851	180
140078	109.0262	-8.787441851	180
140079	109.0262	-8.795741851	180
140080	109.0262	-8.804041851	180
140081	109.0262	-8.812341851	180
140082	109.0262	-8.820641851	180
140083	109.0262	-8.828941851	180
140084	109.0262	-8.837241851	180
140085	109.0262	-8.845541851	180
140086	109.0262	-8.853841851	180
140087	109.0262	-8.862141851	180
140088	109.0262	-8.870441851	180
140089	109.0262	-8.878741851	180
140090	109.0262	-8.887041851	180
140091	109.0262	-8.895341851	180
140092	109.0262	-8.903641851	180
140093	109.0262	-8.911941851	180
140094	109.0262	-8.920241851	180
140095	109.0262	-8.928541851	180
140096	109.0262	-8.936841851	180
140097	109.0262	-8.945141851	180
140098	109.0262	-8.953441851	180
140099	109.0262	-8.961741851	180
140100	109.0262	-8.970041851	180
140101	109.0262	-8.978341851	180
140102	109.0262	-8.986641851	180
140103	109.0262	-8.994941851	180
140104	109.0262	-9.003241851	180
140105	109.0262	-9.011541851	180
140106	109.0262	-9.019841851	180
140107	109.0262	-9.028141851	180
140108	109.0262	-9.036441851	180
140109	109.0262	-9.044741851	180
140110	109.0262	-9.053041851	180
140111	109.0262	-9.061341851	180
140112	109.0262	-9.069641851	180
140113	109.0262	-9.077941851	180
140114	109.0262	-9.086241851	180

LAMPIRAN II

Nilai Percepatan Getaran Tanah (PGA) Maksimum Sesuai Vs30

No	Bujur (°)	Lintang (°)	PGA Maksimum
1	106.4038013	-5.425941851	1.523955012
2	106.4038013	-5.434241851	1.539141472
3	106.4038013	-5.442541851	1.554514552
4	106.4038013	-5.450841851	1.570077098
5	106.4038013	-5.459141851	1.585832014
6	106.4038013	-5.467441851	1.601782253
7	106.4038013	-5.475741851	1.617930827
8	106.4038013	-5.484041851	1.634280804
9	106.4038013	-5.492341851	1.65083531
10	106.4038013	-5.500641851	1.66759753
11	106.4038013	-5.508941851	1.684570711
12	106.4038013	-5.517241851	1.701758161
13	106.4038013	-5.525541851	1.719163252
14	106.4038013	-5.533841851	1.736789422
15	106.4038013	-5.542141851	1.754640173
16	106.4038013	-5.550441851	1.772719078
17	106.4038013	-5.558741851	1.791029778
18	106.4038013	-5.567041851	1.809575986
19	106.4038013	-5.575341851	1.828361488
20	106.4038013	-5.583641851	1.847390143
21	106.4038013	-5.591941851	1.866665889
22	106.4038013	-5.600241851	1.886192741
23	106.4038013	-5.608541851	1.905974793
24	106.4038013	-5.616841851	1.926016223
25	106.4038013	-5.625141851	1.946321292
26	106.4038013	-5.633441851	1.966894347
27	106.4038013	-5.641741851	1.987739823
28	106.4038013	-5.650041851	2.008862245
29	106.4038013	-5.658341851	2.03026623
30	106.4038013	-5.666641851	2.051956491
31	106.4038013	-5.674941851	2.073937836
32	106.4038013	-5.683241851	2.096215175
33	106.4038013	-5.691541851	2.118793516
34	106.4038013	-5.699841851	2.141677974
35	106.4038013	-5.708141851	2.164873769
.....
.....
1210	106.42	-8.123441851	105.8946081

1211	106.42	-8.131741851	102.2175433
1212	106.42	-8.140041851	99.34503102
1213	106.42	-8.148341851	96.06361005
1214	106.42	-8.156641851	92.48790766
1215	106.42	-8.164941851	88.72477127
1216	106.42	-8.173241851	84.86802757
1217	106.42	-8.181541851	80.99588723
1218	106.42	-8.189841851	77.17047174
1219	106.42	-8.198141851	73.43879745
1220	106.42	-8.206441851	69.83459491
1221	106.42	-8.214741851	66.38047615
1222	106.42	-8.223041851	63.09011737
1223	106.42	-8.231341851	59.97026122
1224	106.42	-8.239641851	57.02244456
1225	106.42	-8.247941851	54.24442525
1226	106.42	-8.256241851	51.63132158
1227	106.42	-8.264541851	49.17649744
1228	106.42	-8.272841851	46.87223396
1229	106.42	-8.281141851	44.71022792
1230	106.42	-8.289441851	42.68195331
1231	106.42	-8.297741851	40.77891723
1232	106.42	-8.306041851	38.99283554
1233	106.42	-8.314341851	37.31574841
1234	106.42	-8.322641851	36.85675018
1235	106.42	-8.330941851	38.18034678
1236	106.42	-8.339241851	39.57471421
1237	106.42	-8.347541851	41.04463815
1238	106.42	-8.355841851	42.59524359
1239	106.42	-8.364141851	44.23200866
1240	106.42	-8.372441851	45.96077468
1241	106.42	-8.380741851	47.78775069
1242	106.42	-8.389041851	49.71950987
1243	106.42	-8.397341851	51.76297476
1244	106.42	-8.405641851	53.92538703
1245	106.42	-8.413941851	56.21425645
1246	106.42	-8.422241851	58.63728209
1247	106.42	-8.430541851	61.20223708
1248	106.42	-8.438841851	63.91680585
1249	106.42	-8.447141851	66.78836058
1250	106.42	-8.455441851	69.82366032
1251	106.42	-8.463741851	73.02845381
1252	106.42	-8.472041851	76.40696408

1253	106.42	-8.480341851	79.96123153
1254	106.42	-8.488641851	83.69029223
1255	106.42	-8.496941851	87.58917212
1256	106.42	-8.505241851	91.64768746
1257	106.42	-8.513541851	95.84905962
1258	106.42	-8.521841851	100.1683827
1259	106.42	-8.530141851	104.5710273
1260	106.42	-8.538441851	109.0111244
1261	106.42	-8.546741851	113.4303502
1262	106.42	-8.555041851	117.7573109
1263	106.42	-8.563341851	121.9078936
1264	106.42	-8.571641851	125.7869673
1265	106.42	-8.579941851	129.2917543
1266	106.42	-8.588241851	132.3170073
1267	106.42	-8.596541851	134.7618149
1268	106.42	-8.604841851	136.5374507
1269	106.42	-8.613141851	137.5752857
1270	106.42	-8.621441851	137.8335273
1271	106.42	-8.629741851	137.3015808
1272	106.42	-8.638041851	136.0011847
1273	106.42	-8.646341851	133.9840938
1274	106.42	-8.654641851	131.3267704
1275	106.42	-8.662941851	128.1230924
1276	106.42	-8.671241851	124.4763315
1277	106.42	-8.679541851	120.4915735
1278	106.42	-8.687841851	116.2694346
1279	106.42	-8.696141851	111.9015095
1280	106.42	-8.704441851	107.4676083
1281	106.42	-8.712741851	103.0345663
1282	106.42	-8.721041851	98.65627256
1283	106.42	-8.729341851	94.3745325
1284	106.42	-8.737641851	90.22041751
1285	106.42	-8.745941851	86.2158297
1286	106.42	-8.754241851	82.37508896
.....
.....
139945	109.0262	-7.683541851	1.005526771
139946	109.0262	-7.691841851	1.014687788
139947	109.0262	-7.700141851	1.023949107
139948	109.0262	-7.708441851	1.033312066
139949	109.0262	-7.716741851	1.042778025
139950	109.0262	-7.725041851	1.052348366

139951	109.0262	-7.733341851	1.062024493
139952	109.0262	-7.741641851	1.071807833
139953	109.0262	-7.749941851	1.081699836
139954	109.0262	-7.758241851	1.091701978
139955	109.0262	-7.766541851	0.981994325
139956	109.0262	-7.774841851	0.991109093
139957	109.0262	-7.783141851	1.000326094
139958	109.0262	-7.791441851	1.009646732
139959	109.0262	-7.799741851	1.143418076
139960	109.0262	-7.808041851	1.154113398
139961	109.0262	-7.816341851	1.164929884
139962	109.0262	-7.824641851	1.175869219
139963	109.0262	-7.832941851	1.186933112
139964	109.0262	-7.841241851	1.198123303
139965	109.0262	-7.849541851	1.209441563
139966	109.0262	-7.857841851	1.220889691
139967	109.0262	-7.866141851	1.232469517
139968	109.0262	-7.874441851	1.244182903
139969	109.0262	-7.882741851	1.256031744
139970	109.0262	-7.891041851	1.268017965
139971	109.0262	-7.899341851	1.280143528
139972	109.0262	-7.907641851	1.292410427
139973	109.0262	-7.915941851	1.304820689
139974	109.0262	-7.924241851	1.317376381
139975	109.0262	-7.932541851	1.330079602
139976	109.0262	-7.940841851	1.342932491
139977	109.0262	-7.949141851	1.355937224
139978	109.0262	-7.957441851	1.369096013
139979	109.0262	-7.965741851	1.382411114
139980	109.0262	-7.974041851	1.39588482
139981	109.0262	-7.982341851	1.409519465
139982	109.0262	-7.990641851	1.423317428
139983	109.0262	-7.998941851	1.437281127
139984	109.0262	-8.007241851	1.451413027
139985	109.0262	-8.015541851	1.465715636
139986	109.0262	-8.023841851	1.480191509
139987	109.0262	-8.032141851	1.494843245
139988	109.0262	-8.040441851	1.509673494
139989	109.0262	-8.048741851	1.524684954
139990	109.0262	-8.057041851	1.539880371
139991	109.0262	-8.065341851	1.555262545
139992	109.0262	-8.073641851	1.570834324

139993	109.0262	-8.081941851	1.586598614
139994	109.0262	-8.090241851	1.602558372
139995	109.0262	-8.098541851	1.618716612
139996	109.0262	-8.106841851	1.635076405
139997	109.0262	-8.115141851	1.651640879
139998	109.0262	-8.123441851	1.668413223
139999	109.0262	-8.131741851	1.685396686
140000	109.0262	-8.140041851	1.70259458
140001	109.0262	-8.148341851	1.72001028
140002	109.0262	-8.156641851	1.737647226
140003	109.0262	-8.164941851	1.755508924
140004	109.0262	-8.173241851	1.773598951
140005	109.0262	-8.181541851	1.791920951
140006	109.0262	-8.189841851	1.81047864
140007	109.0262	-8.198141851	1.829275808
140008	109.0262	-8.206441851	1.848316317
140009	109.0262	-8.214741851	1.86760411
140010	109.0262	-8.223041851	1.887143205
140011	109.0262	-8.231341851	1.9069377
140012	109.0262	-8.239641851	1.926991777
140013	109.0262	-8.247941851	1.947309701
140014	109.0262	-8.256241851	1.967895823
140015	109.0262	-8.264541851	1.988754583
140016	109.0262	-8.272841851	2.00989051
140017	109.0262	-8.281141851	2.031308227
140018	109.0262	-8.289441851	2.053012449
140019	109.0262	-8.297741851	2.07500799
140020	109.0262	-8.306041851	2.097299764
140021	109.0262	-8.314341851	2.119892786
140022	109.0262	-8.322641851	2.142792175
140023	109.0262	-8.330941851	2.166003157
140024	109.0262	-8.339241851	2.189531067
140025	109.0262	-8.347541851	2.213381355
140026	109.0262	-8.355841851	2.237559582
140027	109.0262	-8.364141851	2.262071431
140028	109.0262	-8.372441851	2.286922704
140029	109.0262	-8.380741851	2.312119326
140030	109.0262	-8.389041851	2.337667352
140031	109.0262	-8.397341851	2.363572966
140032	109.0262	-8.405641851	2.389842485
140033	109.0262	-8.413941851	2.416482365
140034	109.0262	-8.422241851	2.443499201

140035	109.0262	-8.430541851	2.470899735
140036	109.0262	-8.438841851	2.498690855
140037	109.0262	-8.447141851	2.526879601
140038	109.0262	-8.455441851	2.55547317
140039	109.0262	-8.463741851	2.58447892
140040	109.0262	-8.472041851	2.613904372
140041	109.0262	-8.480341851	2.643757217
140042	109.0262	-8.488641851	2.674045317
140043	109.0262	-8.496941851	2.704776715
140044	109.0262	-8.505241851	2.735959635
140045	109.0262	-8.513541851	2.767602488
140046	109.0262	-8.521841851	2.799713879
140047	109.0262	-8.530141851	2.83230261
140048	109.0262	-8.538441851	2.865377687
140049	109.0262	-8.546741851	2.898948325
140050	109.0262	-8.555041851	2.933023952
140051	109.0262	-8.563341851	2.967614218
140052	109.0262	-8.571641851	3.002729
140053	109.0262	-8.579941851	3.038378406
140054	109.0262	-8.588241851	3.074572785
140055	109.0262	-8.596541851	3.111322732
140056	109.0262	-8.604841851	3.148639093
140057	109.0262	-8.613141851	3.186532976
140058	109.0262	-8.621441851	3.225015757
140059	109.0262	-8.629741851	3.264099084
140060	109.0262	-8.638041851	3.303794891
140061	109.0262	-8.646341851	3.344115402
140062	109.0262	-8.654641851	3.385073139
140063	109.0262	-8.662941851	3.426680932
140064	109.0262	-8.671241851	3.468951931
140065	109.0262	-8.679541851	3.511899607
140066	109.0262	-8.687841851	3.555537771
140067	109.0262	-8.696141851	3.599880575
140068	109.0262	-8.704441851	3.64494253
140069	109.0262	-8.712741851	3.69073851
140070	109.0262	-8.721041851	3.737283767
140071	109.0262	-8.729341851	3.78459394
140072	109.0262	-8.737641851	3.832685068
140073	109.0262	-8.745941851	3.881573601
140074	109.0262	-8.754241851	3.93127641
140075	109.0262	-8.762541851	3.981810806
140076	109.0262	-8.770841851	4.033194545

140077	109.0262	-8.779141851	4.085445849
140078	109.0262	-8.787441851	4.138583415
140079	109.0262	-8.795741851	4.19262643
140080	109.0262	-8.804041851	4.247594589
140081	109.0262	-8.812341851	4.303508109
140082	109.0262	-8.820641851	4.360387742
140083	109.0262	-8.828941851	4.418254795
140084	109.0262	-8.837241851	4.477131146
140085	109.0262	-8.845541851	4.537039262
140086	109.0262	-8.853841851	4.598002215
140087	109.0262	-8.862141851	4.660043705
140088	109.0262	-8.870441851	4.723188074
140089	109.0262	-8.878741851	4.787460332
140090	109.0262	-8.887041851	4.852886171
140091	109.0262	-8.895341851	4.919491994
140092	109.0262	-8.903641851	4.98730493
140093	109.0262	-8.911941851	5.056352861
140094	109.0262	-8.920241851	5.126664445
140095	109.0262	-8.928541851	5.19826914
140096	109.0262	-8.936841851	5.271197229
140097	109.0262	-8.945141851	5.345479844
140098	109.0262	-8.953441851	5.421148998
140099	109.0262	-8.961741851	5.498237607
140100	109.0262	-8.970041851	5.576779523
140101	109.0262	-8.978341851	5.656809559
140102	109.0262	-8.986641851	5.738363524
140103	109.0262	-8.994941851	5.821478251
140104	109.0262	-9.003241851	5.906191631
140105	109.0262	-9.011541851	5.992542643
140106	109.0262	-9.019841851	6.080571395
140107	109.0262	-9.028141851	6.170319151
140108	109.0262	-9.036441851	6.261828373
140109	109.0262	-9.044741851	6.355142758
140110	109.0262	-9.053041851	6.450307273
140111	109.0262	-9.061341851	6.547368195
140112	109.0262	-9.069641851	6.646373155
140113	109.0262	-9.077941851	6.747371176
140114	109.0262	-9.086241851	6.850412717

LAMPIRAN III

Nilai Percepatan Getaran Tanah (PGA) Maksimum dengan grid 0,5° x 0,5°

Bujur (°)	Lintang (°)	PGA Maks
106.4038	-5.5006419	18.574467
106.4038	-6.0069419	30.628472
106.4038	-6.5049419	54.784858
106.4038	-7.0029419	113.21242
106.4038	-7.5009419	139.00851
106.4038	-8.0072419	184.76742
106.4038	-8.5052419	121.96013
106.4038	-9.0032419	76.87196
106.503	-5.5006419	16.959083
106.503	-6.0069419	27.614129
106.503	-6.6543419	58.056234
106.503	-7.0029419	97.027663
106.503	-8.0072419	202.32189
106.503	-8.5052419	78.482675
106.503	-9.0032419	52.807994
107.001	-5.5006419	39.407444
107.001	-6.0069419	17.087459
107.001	-6.5049419	27.394232
107.001	-7.0029419	47.92435
107.001	-7.5009419	97.027663
107.001	-8.0072419	152.18114
107.001	-8.5052419	202.32189
107.001	-9.0032419	78.482675
107.5073	-5.5006419	74.448363
107.5073	-6.0069419	39.407444
107.5073	-6.5049419	16.959083
107.5073	-7.0029419	27.161666
107.5073	-7.5009419	47.434978
107.5073	-8.0072419	97.027663
107.5073	-8.5052419	153.04374
107.5073	-9.0032419	200.26015
108.0053	-5.5504419	16.913346
108.0053	-6.0069419	79.737592
108.0053	-6.5049419	39.407444
108.0053	-7.0029419	16.824034
108.0053	-7.5009419	27.161666
108.0053	-8.0072419	48.309045
108.0053	-8.5052419	97.027663

108.0053	-9.0032419	153.04374
108.5033	-5.5006419	6.8835594
108.5033	-6.0069419	15.57295
108.5033	-6.5049419	79.737592
108.5033	-7.0029419	39.093634
108.5033	-7.5009419	16.824034
108.5033	-8.0072419	27.614129
108.5033	-8.5052419	48.309045
108.5033	-9.0032419	97.027663
109.0013	-5.5006419	3.7185674
109.0013	-6.0069419	6.9625664
109.0013	-6.5049419	15.57295
109.0013	-7.0029419	79.737592
109.0013	-7.5009419	39.093634
109.0013	-8.0072419	17.087459
109.0013	-8.5052419	27.614129
109.0013	-9.0032419	48.309045





**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Indana Zulfa
NIM : 14640017
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Penentuan Resiko Gempabumi Berdasarkan Pola Percepatan Getaran Tanah Maksimum dengan Menggunakan Metode Atkinson Boore (Studi Kasus Wilayah Jawa Barat)
Pembimbing I : Drs. Abdul Basid, M.Si.
Pembimbing II : Umayyatus Syarifah, M.A.

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	15 Februari 2018	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	17 Maret 2018	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
3	16 Juni 2018	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	
4	28 September 2018	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
5	25 Oktober 2018	Konsultasi Bab IV	
6	23 November 2018	Konsultasi Kajian Agama Bab I, II, & IV	
7	26 November 2018	Konsultasi Bab V	
8	28 November 2018	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	
9	30 November 2018	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	

Malang, 21 Desember 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003