

**PEMETAAN TINGKAT RESIKO KERUSAKAN AKIBAT GEMPA
BUMI DI WILAYAH JAWA BARAT BERDASARKAN POLA
PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DENGAN METODE
MC.GUIRRE.R.K
(Studi Kasus Data Gempa Bumi Antara Tahun 1990-2015)**

SKRIPSI

Oleh:

MIFTAHUL KURNIAWAN

NIM. 09640026



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**PEMETAAN TINGKAT RESIKO KERUSAKAN AKIBAT GEMPA BUMI
DI WILAYAH JAWA BARAT BERDASARKAN POLA PERCEPATAN
TANAH MAKSIMUM DENGAN METODE MC.GUIRRE.R.K
(Studi Kasus Data Gempa Bumi Antara Tahun 1990-2015)**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

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

Oleh:

**MIFTAHUL KURNIAWAN
NIM. 09640026**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

PEMETAAN TINGKAT RESIKO KERUSAKAN AKIBAT GEMPA BUMI DI
WILAYAH JAWA BARAT BERDASARKAN POLA PERCEPATAN TANAH
MAKSIMUM DENGAN METODE MC.GUIRRE.R.K
(Studi Kasus Data Gempa Bumi Antara Tahun 1990-2015)

SKRIPSI

Oleh:

MIFTAHUL KURNIAWAN

NIM. 09640026

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal: 6 Juni 2016

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Dr. Ahmad Nasichudin, M.A
NIP. 19730705 200003 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

HALAMAN PENGESAHAN

PEMETAAN TINGKAT RESIKO KERUSAKAN AKIBAT GEMPA BUMI DI
WILAYAH JAWA BARAT BERDASARKAN POLA PERCEPATAN TANAH
MAKSIMUM DENGAN METODE MC.GUIRRE.R.K
(Studi Kasus Data Gempa Bumi Antara Tahun 1990-2015)

SKRIPSI

Oleh:

MIFTAHUL KURNIAWAN

NIM. 09640026

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 27 Juni 2016

Penguji Utama	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	<u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	
Sekretaris Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji	<u>Dr. Ahmad Nasichuddin, M.A</u> NIP. 19730705 200003 1 002	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Miftahul Kurniawan
NIM : 09640026
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains Dan Teknologi
Judul Penelitian : Pemetaan Tingkat Resiko Kerusakan Akibat Gempa Bumi Di Wilayah Jawa Barat Berdasarkan Pola Percepatan Tanah Maksimum Dengan Metode Mc.Guirre.R.K (Studi Kasus Data Gempa Bumi Antara Tahun 1990-2015)

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

Malang, 30 Juni 2016

Yang Membuat Pernyataan,

Miftahul Kurniawan
NIM. 09640026

MOTTO

*Sebesar Apapun Masalah Dalam Hidup Kita Jika Kita
Menerima Dan Menjalani Dengan Ikhlas Maka Itu Semua
Hanyalah Cobaan.*

إِيَّاكَ نَعْبُدُ وَإِيَّاكَ نَسْتَعِينُ ﴿١٦٠﴾

*"Hanya Engkau-lah yang Kami sembah, dan hanya kepada Engkau-lah
Kami meminta pertolongan".*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Yang Utama dari Segalanya...

Sembah sujud serta syukur kepada Allah Swt. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikan ku kekuatan dan membekaliku dengan ilmu. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad Saw.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

Ayahanda ROHANI, S.Pdi dan Ibunda SRINGATIN, S.Pd tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih tak terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada ayah dan ibu yang telah memberikan kasih sayang dan segala dukungan yang tak terhingga dan tak mungkin dapat ku balasanya dengan selembar kertas bertuliskan kata cinta dan persembahan.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah Swt yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pemetaan Tingkat Resiko Kerusakan Akibat Gempa Bumi Di Wilayah Jawa Barat Berdasarkan Pola Percepatan Tanah Maksimum Dengan Metode Mc.Guirre.R.K (Studi Kasus Data Gempa Bumi Antara Tahun 1990-2015) ”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring doa dan harapan *jazakumullahahsanaljaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan proses penulisan skripsi.
4. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran, bimbingan, dan bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Dr. Ahmad Nasichuddin, M.A selaku dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan di bidang integrasi Sains dan al-Quran serta Hadits.
6. Segenap dosen, laboran dan admin Jurusan Fisika, dosen agama Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.

7. Orang tua, Rohani, S.Pdi dan Sringatin, S.Pd, adik Putri, dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan moral dan material, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Aamiin Yaa Rabbal Alamin*.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 30 Juni 2016

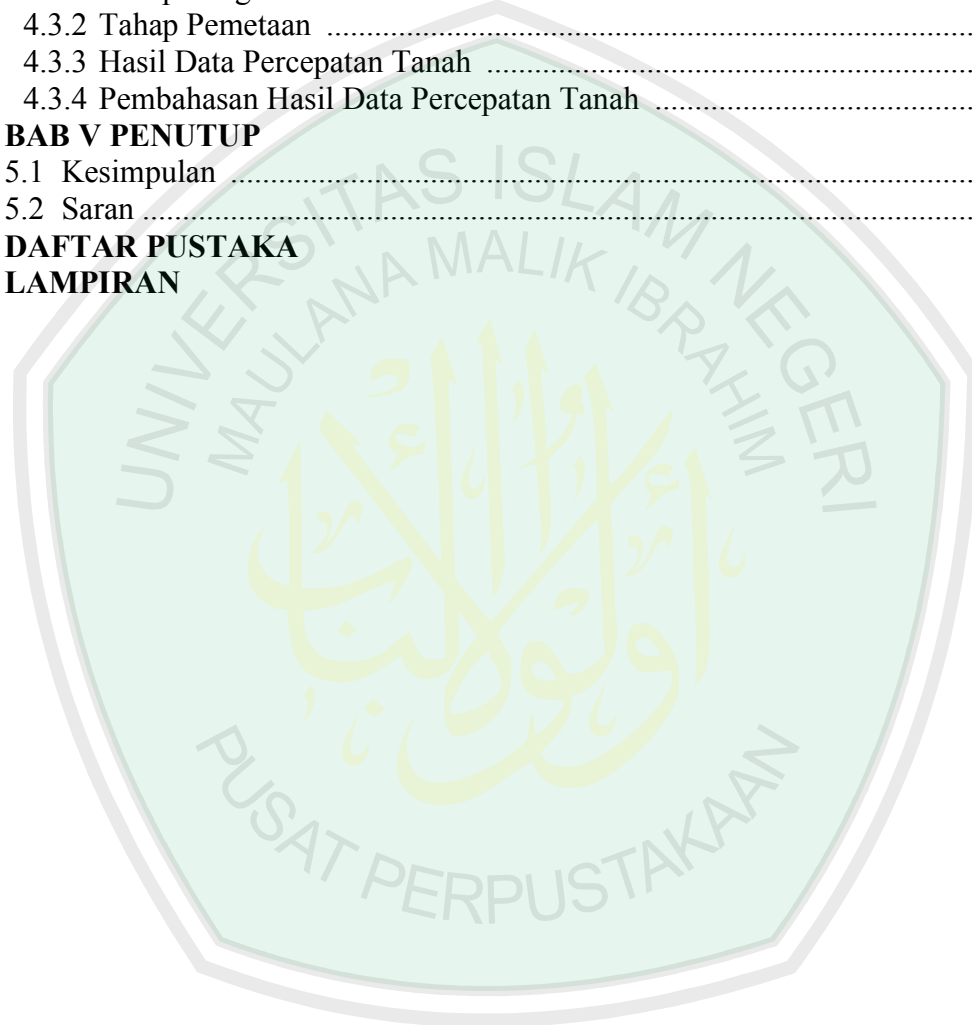
Penulis



DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Gempa Bumi	6
2.1.1 Tektonisme	6
2.1.2 Vulkanisme	7
2.1.3 Seisme (gempa)	7
2.2 Gempa Bumi dalam Al-Qur'an	10
2.3 Proses Terjadinya Gempa Bumi	12
2.4 Teori Tektonik Lempeng	14
2.5 Batas Pertemuan Lempeng	15
2.6 Akibat Pergeseran Lempeng Tektonik	17
2.7 Klasifikasi Gempa Bumi	17
2.8 Karakteristik Gempa Bumi	20
2.8.1 Patahan	20
2.8.2 Gelombang Seismik	22
2.9 Parameter Gempa Bumi	26
2.9.1 Waktu Kejadian Gempa Bumi (jam, menit, detik)	26
2.9.2 Lokasi Pusat Gempa Bumi Di Permukaan Bumi/Episenter (koordinat lintang dan bujur)	27
2.9.3 Kedalaman Sumber Gempa Bumi (km)	27
2.9.4 Kekuatan/magnitudo Gempa Bumi (skala richter)	27
2.9.5 Intensitas Gempa Bumi(MMI)	27
2.10 Mitigasi	37
2.11 Kondisi Geologi Jawa Barat	38
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.2 Jenis Data	37

3.3 Metode Perhitungan dan Pengolahan Data	40
3.4 Diagram Alir	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Dan Analisis Gempa Bumi Berdasarkan Episenter	43
4.1.1 Data Dan Analisis Menurut Hiposenter Atau Kedalaman Gempa.....	44
4.1.2 Data Dan Analisis Magnitudo	54
4.2 Hasil Perhitungan	64
4.3 Pembahasan	65
4.3.1 Tahap Pengolahan Data	66
4.3.2 Tahap Pemetaan	66
4.3.3 Hasil Data Percepatan Tanah	66
4.3.4 Pembahasan Hasil Data Percepatan Tanah	66
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Tektonik Di Kepulauan Indonesia.....	1
Gambar 2.1	Pertemuan Lempeng Divergen	16
Gambar 2.2	Lempeng Tektonik Konvergen.....	16
Gambar 2.3	Lempeng Tektonik Transform	16
Gambar 2.4	Patahan Mendatar Atau Strike Slip Fault	20
Gambar 2.5	Patahan Turun Atau Gravity Fault	21
Gambar 2.6	Patahan Naik Atau Trust Fault	21
Gambar 2.7	Patahan Miri/Mencong Atau Oblique Slip Fault.....	21
Gambar 2.8	Sampel Sismogram.....	22
Gambar 2.9	Gelombang P (Pressure Wave).....	23
Gambar 2.10	Gelombang S (Shere Wave)	24
Gambar 2.11	Gelombang R (Rayleigh Wave)	25
Gambar 2.12	Gelombang L (Love Wave).....	26
Gambar 2.13	Pembagian Fisiografi Jawa Barat	39
Gambar 2.14	Peta Geologi Regional Jawa Barat.	42
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	46
Gambar 4.1	Peta Jawa Barat Berdasarkan Data Gempa Tahun 1990-2015	47
Gambar 4.2	Kedalaman Gempa Bumi Di Jawa Barat.....	50
Gambar 4.3	Magnitudo Gempa Di Jawa Barat	52
Gambar 4.4	Jawa Barat 99 Titik Site	55
Gambar 4.5	Langkah Awal Menjalankan Software Arcview	56
Gambar 4.6	Menu Awal Arcview GIS 3.3	57
Gambar 4.7	Memilih Peta Yang Diteliti	57
Gambar 4.8	Hasil Peta Yang Diteliti.....	58
Gambar 4.9	Cara Memasukkan Data	58
Gambar 4.10	Cara Menampilkan Grid.	59
Gambar 4.11	Hasil Grid	60
Gambar 4.12	Cara Menampilkan Kontur	60
Gambar 4.13	Cara Merubah Tampilan Peta	61
Gambar 4.14	Memilih Tampilan Peta Sesuai Nama Kabupaten/Kota.....	62
Gambar 4.15	Hasil Peta Berdasarkan Warna Nama Kabupaten/Kota	62
Gambar 4.16	Peta Jawa Barat Berdasarkan Warna Dan Nama Kabupaten/ Kota	63
Gambar 4.17	Kontur Percepatan Tanah Maksimum Jawa Barat	63
Gambar 4.18	Peta Jawa Barat Berdasarkan Nilai PGA	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pembagian Wilayah Indonesia Berdasarkan Tingkat Bahaya Gempa Bumi	37
Tabel 4.1	Nama Kota Dan Kabupaten Di Jawa Barat	48
Tabel 4.2	Nama Kota Propinsi Jawa Barat	64
Tabel 4.3	Klasifikasi Daerah Jawa Barat Berdasarkan Pola-Pola Yang Dihasilkan Dengan Metode Mc.Guirre.R.K.....	65



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Gempa Bumi Di Jawa Barat Antara Tahun 1990-2015 Yang Sudah Disortir
- Lampiran 2 Hasil Nilai PGA Di Jawa Barat
- Lampiran 3 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Kurniawan, Miftahul. 2016. **Pemetaan Tingkat Resiko Kerusakan Akibat Gempa Bumi di Wilayah Jawa Barat Berdasarkan Pola Percepatan Tanah Maksimum Dengan Metode Mc.Guirre.R.K(Study Kasus Data Gempa Bumi Antara Tahun 1990-2015)**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basith, M.Si (II) Dr. Ahmad Nasichuddin, M.A

Kata Kunci: Gempa Bumi, PGA (*Peak Ground Acceleration*), Mitigasi

Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengetahui nilai percepatan getaran tanah maksimum di wilayah Jawa Barat berdasarkan data gempa bumi antara tahun 1990-2015, menggunakan Metode Mc. Guirre R.K. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa harga nilai percepatan tanah maksimum yang dihasilkan 174,582-192,292 g. Nilai percepatan tanah di daerah Bogor, mempunyai nilai percepatan tertinggi yaitu 174,582-192,292 g, berikutnya Purwakarta yang memiliki nilai percepatan tanah 139,161-156,871 g, daerah Sukabumi, Cianjur, Sumedang dengan nilai percepatan tanah maksimumnya 121,45-139,161g, dan nilai percepatan tanah terkecil terdapat di daerah Tasikmalaya, Garut, Ciamis dengan nilai percepatan tanah 32,898-50,608 g. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan informasi kepada Pemerintah Daerah maupun Pemerintah Pusat serta masyarakat sebagai referensi dalam masalah mitigasi di daerah Jawa Barat agar dapat meminimalisir kerusakan akibat gempa bumi.

ABSTRACT

Kurniawan , Miftahul . 2016. **Mapping Risk Level Of Earthquake Damage in West Java Based On Acceleration Land Pattern Using Mc.Guirre.RK Maximum Method (Case Study Data Earthquake Between the Years 1990-2015)**. Thesis , Department of Physics , Faculty of Science and Technology , State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Drs. Abdul Basith , M.Sc. (II) Dr. Ahmad Nasichuddin, M.A

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

This study aims to determine the value of the maximum ground vibration acceleration in West Java by earthquake data between the years 1990-2015 by using the method of Mc. Guirre R.K. The analysis showed that the value of the maximum ground acceleration was generated from 174.582 to 192.292 g. The ground acceleration value in Bogor had the maximum value of 174.582 to 192.292 g. In addition Purwakarta had the value of 139.161 to 156.871 g, Sukabumi, Cianjur, Sumedang had maximum value of 121,45-139,161g. On the other side Tasikmalaya, Garut, Ciamis had the minimum value of 32.898 to 50.608 g. The results of this study were expected to be used as information for the local governments and the central government as well as society West Java in order to minimize the damage caused by the earthquake.

ملخص

الكرنبيلاوان، مفتاح. 2016. رسم خرائط درجة المجازفة الفسادية ترتب عليه زلزال في قطر الجاوى الغربية على أساس نموذج إسراع الأرض حدى أعلى بطريقة "Mc.Guirre.R.K" (دراسة الحالة بيانات الزلزال بين السنة 1990-2015 م). البحث الجامعي. قسم الفيزياء. كلية علوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول : عبد البسيد الماجستير، والمشرف الثاني : أحمد نصيح الدين الماجستير.

الكليمة الرئيسية : الزلزال، (PGA (Peak Ground Acceleration، التخفيف

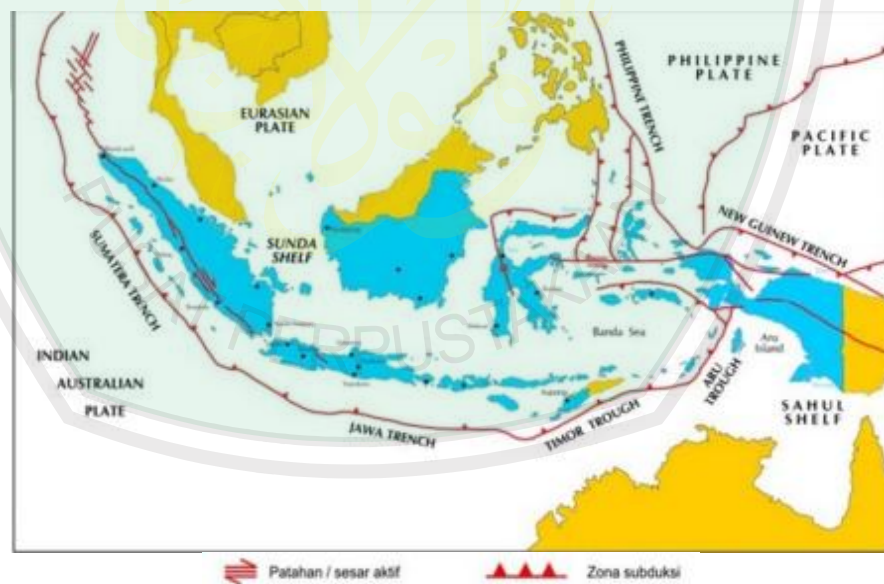
كان أهداف البحث لمعرفة قمة إسراع رعشة الأرض حدأعلى في قطر الجاوى الغربية على أساس بيانات الزلزال بين السنة 1990-2015 م لمعلومات تخفيف الزلزال في قطر الجاوى الغربية باستخدام طريقة "Mc.Guirre.R.K". ظهر نتيجة التحليل أن كلفة قمة إسراع الأرض حد الأعلى ناتج يبلغ 174,582-192,292 جرام. أما قمة إسراع الأرض في بوغور لدى قمته يبلغ 174,582-192,292 جرام، وفي بورواكارتا لدى قمته يبلغ 139,161-156,871 جرام، وفي سوكابومي، وجيانجور، وسوميدانق قمة إسراع الأرض حد الأعلى ناتج يبلغ 121,45-139,161 جرام. قمة إسراع الأرض أصغر يوجد في منطقة تاسيكمالايا، وغاروت، وجياميس يبلغ قمته 32,898-50,608 جرام. نتيجة البحث يرجو أن يجعل معلومات حكومة المنطقة أو الإتحادي أو المجتمع لمصدر المشكلات التخفيفية في منطقة الجاوى الغربية لكي أن يكون منقص الفساد ترتب عليه زلزالا.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geografis, kepulauan Indonesia terletak di antara 6° LU dan 11° LS serta di antara 95° BT dan 141° BT dan terletak pada perbenturan tiga lempeng kerak bumi yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng India Australia. Ditinjau secara geologis, kepulauan Indonesia berada pada pertemuan dua jalur gempa utama, yaitu jalur gempa Sirkum Pasifik dan jalur gempa Alpide Transasiatic. Karena itu, kepulauan Indonesia berada pada daerah yang mempunyai aktivitas gempa bumi cukup tinggi.



Gambar 1.1 Peta Tektonik di Kepulauan Indonesia (Pandi, 2011).

Dari gambar 1.1, dapat diketahui bahwa ternyata Indonesia berada dalam zona patahan dan zona subduksi dari ketiga lempeng tersebut. Zona subduksi ini

terjadi ketika lempeng samudera bertabrakan dengan lempeng benua sehingga menimbulkan potensi gempa. Ada tiga zona subduksi yang letaknya mengelilingi pulau-pulau di Indonesia, subduksi pertama adalah tumbukan antara lempeng Eurasia dan lempeng Australia yang terjadi di lepas pantai barat Pulau Sumatera, lepas pantai selatan Pulau Jawa, lepas pantai Selatan kepulauan Nusa Tenggara, dan berbelok ke arah utara perairan Maluku sebelah selatan. Sedangkan subduksi kedua adalah tumbukan antara lempeng Australia dan Pasifik yang terjadi di sekitar Pulau Papua serta subduksi ketiga yang merupakan tumbukan antara ketiga lempeng tersebut yang terjadi di sekitar Sulawesi. Selain itu, Indonesia juga berada dalam zona patahan aktif yaitu di sekitar Pulau Sumatera dan di Sulawesi bagian utara.

Pulau Jawa merupakan wilayah Indonesia yang paling padat penduduk dan infrastrukturnya. Berdasarkan tatanan seismotektoniknya, Pulau ini merupakan bagian dari satuan seismotektonik busur sangat aktif dan busur aktif. Guna mewaspadaai bencana gempa bumi di kawasan ini perlu dilakukan suatu kajian mendasar tentang analisa percepatan getaran tanah maksimum, serta menentukan wilayah-wilayah potensi gempa bumi serta bahaya yang ditimbulkan. Risiko bahaya gempa bumi sangat ditentukan oleh kepadatan penduduk dan infrastruktur di suatu wilayah yang telah dinyatakan rawan bencana dan risiko gempa bumi (Nurhidayat, 2011).

Gempa bumi (*earthquakes*) adalah getaran tanah yang ditimbulkan oleh lewatnya gelombang seismik yang dipancarkan oleh suatu sumber energi elastik yang dilepaskan secara tiba-tiba. Gelombang yang dipancarkan menjalar melalui

batuan–batuan di dalam bumi. Gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam yang sangat merusak dan sering kali lebih menakutkan dibandingkan dari letusan gunung berapi, karena guncangan gempa bumi akibat patahan ini langsung pada tanah, yang sejak dulu dianggap stabil (Emmons dkk, 1960).

Telah jelas bahwa al-Qur'an banyak sekali menerangkan tentang segala sesuatu mengenai kejadian-kejadian alam, salah satunya adalah gempa bumi. Dalam abad modern ini tak sedikit kejadian alam yang sebelumnya telah termaktub dalam al-Qur'an telah terbukti secara ilmiah tentang hal tersebut. Dalam al-Qur'an telah ditegaskan oleh Allah secara umum tentang terjadinya gempa bumi dalam perspektif al-Qur'an. Firman Allah dalam surat Al Fajr 21:

كَلَّا إِذَا دُكَّتِ الْأَرْضُ دَكًّا دَكًّا (٢١)

“Jangan (berbuat demikian), apabila bumi digoncangkan berturut-turut”(QS. al-Fajr:21).

Di Jawa Barat, kabupaten yang hampir seluruhnya berada di wilayah rawan bencana alam terdapat di wilayah Jawa Barat bagian selatan dan tengah seperti Sukabumi, Cianjur, Garut, Tasikmalaya, Ciamis, Bogor, Kabupaten Bandung dan Kuningan (BPLHD Jawa Barat, 2010), yang dipengaruhi oleh tatanan geologi yang kompleks. Umumnya bencana yang terjadi tersebut mengakibatkan penderitaan bagi masyarakat, baik berupa korban jiwa manusia kerugian harta benda, maupun kerusakan lingkungan serta musnahnya hasil-hasil pembangunan yang telah dicapai (BAKORNAS, 2002). Karakteristik gempa bumi di Jawa Barat yang dapat menimbulkan bencana, pada umumnya akibat dari pergerakan sesar

aktif dengan magnitudo yang tidak terlalu besar tetapi memiliki kedalaman yang dangkal (Supartoyo dan Surono, 2008).

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengetahui nilai percepatan getaran tanah maksimum di wilayah Jawa Barat berdasarkan data gempa bumi antara tahun 1990-2015?
2. Bagaimana model kontur percepatan getaran tanah maksimum untuk daerah Jawa Barat berdasarkan data gempa bumi selama periode 1990-2015?
3. Bagaimana mengetahui letak daerah rawan kerusakan gempa bumi di daerah Jawa Barat?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui nilai percepatan getaran tanah maksimum di wilayah Jawa Barat berdasarkan data gempa bumi antara tahun 1990-2015, sebagai informasi mitigasi bahaya gempa bumi di wilayah Jawa Barat.
2. Dapat memodelkan kontur percepatan getaran tanah maksimum daerah Jawa Barat berdasarkan data gempa bumi antara tahun 1990-2015.
3. Dapat mengetahui pola percepatan getaran tanah maksimum untuk mengetahui letak daerah rawan kerusakan gempa bumi di daerah Jawa Barat.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Daerah yang diteliti di wilayah Jawa Barat yang terletak di titik koordinat $104^{\circ} 48' \text{ BT}$ - $108^{\circ} 48' \text{ BT}$ dan $5^{\circ} 50' \text{ LS}$ - $7^{\circ} 50' \text{ LS}$
2. Data yang digunakan adalah data gempa bumi 01 Januari 1990 sampai 31 Desember 2015 dengan magnitude 0-8 SR dan kedalaman (h) 0-70 Km.
3. Data yang digunakan diambil dari data seismologi ISC.
4. Metode yang digunakan adalah Mc. Guirre R.K

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan informasi kepada Pemerintah Daerah maupun Pemerintah Pusat serta masyarakat sebagai referensi dalam masalah mitigasi di daerah Jawa Barat agar dapat meminimalisir kerusakan akibat gempa bumi.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Gempa Bumi

Sebelum masuk ke definisi gempa, hal yang harus diketahui adalah proses terbentuknya kulit bumi. Kulit bumi terbentuk oleh tenaga endogen, yaitu tenaga yang berasal dari dalam bumi yang menyebabkan perubahan pada kulit bumi. Secara umum tenaga endogen dibagi dalam tiga jenis yaitu tektonisme, vulkanisme dan seismik atau gempa (Pandi, 2011):

2.1.1 Tektonisme

Tektonisme merupakan tenaga yang berasal dari dalam bumi yang mengakibatkan perubahan letak (dislokasi) ratapan dan patahan kulit pada bumi dan batuan. Berdasarkan jenis gerakan dan luas wilayah yang mempengaruhinya, tenaga tektonik dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu gerak orogenesis dan gerak epirogenesa. Gerak orogenesis adalah gerakan tenaga endogen yang relatif cepat dan meliputi daerah yang relatif sempit, gerakan ini menyebabkan terbentuknya pegunungan contohnya terbentuknya daerah lipatan pegunungan muda Sirkum Pasifik, sedangkan gerakan epirogenesa adalah gerakan sebaliknya. Gerak epirogenesa dibagi lagi menjadi 2 bagian yaitu gerak positif dan gerak epirogenesa negatif, yang disebut sebagai gerak epirogenesa positif adalah apabila permukaan bumi bergerak turun sehingga seolah-olah permukaan laut tampak naik, sedangkan yang disebut gerak epirogenesa negatif adalah apabila permukaan bumi bergerak naik sehingga seolah-olah permukaan laut tampak turun.

2.1.2 Vulkanisme

Vulkanisme adalah semua gejala alam yang terjadi akibat adanya aktivitas magma. Vulkanisme terjadi akibat adanya tektonisme, kegiatan tektonisme ini yang akan menyebabkan aliran lava dalam litosfer ke lapisan atasnya bahkan sampai ke permukaan bumi. Kegiatan magma inilah yang dinamakan sebagai vulkanisme.

2.1.3 Seisme (gempa)

Gempa bumi merupakan gejala alam yang ditimbulkan oleh adanya aktivitas alamiah di permukaan atau di bawah permukaan bumi, oleh sebab itu sebagai fenomena alam, gempa bumi tidak dapat dipisahkan sebagai fenomena alam lainnya seperti aktifitas gunung berapi (vulkanik).

Gempa bumi (*earthquakes*) adalah getaran tanah yang ditimbulkan oleh lewatnya gelombang seismik yang dipancarkan oleh suatu sumber energi elastik yang dilepaskan secara tiba-tiba. Gelombang yang dipancarkan menjalar melalui batuan-batuan di dalam bumi. Gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam yang sangat merusak dan sering kali lebih menakutkan dibandingkan dari letusan gunung berapi, karena guncangan gempa bumi akibat patahan ini langsung pada tanah, yang sejak dulu dianggap stabil (Emmons dkk, 1960).

Dalam sumber lain dinyatakan bahwa gempa bumi adalah getaran dalam bumi yang terjadi sebagai akibat terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi. Gempa bumi didefinisikan sebagai rambatan gelombang pada massa batuan atau tanah yang berasal dari hasil pelepasan energi kinetik yang berasal dari dalam bumi. *Sumber energi* yang dilepaskan dapat berasal dari hasil tumbukan lempeng, letusan gunung api, atau

longsor massa batuan atau tanah. Hampir seluruh kejadian gempa berkaitan dengan satu patahan yaitu tahapan devormasi batuan atau aktivitas tektonik dan dikenal sebagai gempa tektonik (Noor, 2006).

Istilah gempa bumi telah dikemukakan oleh banyak orang khususnya orang yang berkecimpung dalam bidang ini. Salah satu teori yang hingga kini dapat diterima oleh para ahli kebumihantoran untuk menjelaskan mekanisme dan sebaran kejadian gempa bumi adalah teori lempeng tektonik (*theory of plate tectonic*). Gempabumi akan terjadi apabila terjadi penumpukan energi pada batas lempeng bersifat konvergen (bertumbukan), divergen (saling menjauh) dan transform (berpapasan) atau pada sesar (patahan) dan blok batuan tersebut tidak mampu lagi menahan batas elastisitasnya, sehingga akan dilepaskan sejumlah energi dalam bentuk rangkaian gelombang seismik yang dikenal sebagai gempa bumi (Supartoyo dan Surono, 2008).

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 gerak 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).

Kejadian gempa bumi lainnya berkaitan dengan aktivitas sesar aktif pada kerak bumi. Adapun jenis sesar/patahan aktif penyebab gempabumi yang dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu sesar naik (*thrust/reverse fault*), sesar turun (*normal fault*) dan sesar mendatar (*strike slip fault*) (Supartoyo dan Surono, 2008).

Di dalam buku Geografi Regional Republik Indonesia (Sandy, 1996), ada beberapa gejala alam yang sangat mempengaruhi kehidupan bagi rakyat Indonesia, salah satu gejala alam yang dimaksud adalah gempa. Menurut Sandy (1996) gempa adalah hal bergetarnya muka bumi, namun menurut J.A Katili (1967), gempa bumi adalah sebuah gejala geologi yang terjadi karena pelepasan tenaga-tenaga yang terkumpul di dalam bumi dan ia juga mengatakan bahwa getaran-getaran gempa bumi merambat melalui muka bumi dan dalaman bumi.

Menurut Hunt (2004), gempa bumi merupakan guncangan pada permukaan bumi yang dihasilkan dari gelombang seismik akibat pelepasan energi secara tiba-tiba dari dalam bumi (Supartoyo dan Surono, 2008). Menurut Noor (2005), gempa bumi adalah getaran dalam bumi yang terjadi sebagai akibat dari terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi. Besarnya guncangan bumi beragam mulai dari yang sangat kecil sehingga sulit dirasakan sampai kepada guncangan yang dahsyat, sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh.

Pada gempa yang terjadi di Jawa Barat tanggal 2 September 2009 tersebut, kerusakan bangunan pada umumnya disebabkan oleh kontruksi bangunan tidak dirancang tahan gempa bumi, lokasi bangunan terletak pada bagian atas

punggungan dan pada endapan rombakan gunung api muda (Supartoyo dan Surono, 2009).

2.2 Gempa Bumi dalam Al-Qur'an

Al-Qur'an sudah menjelaskan berabad-abad lalu tentang kedasyatan gempa bumi. Allah Swt sering menggambarkan peristiwa gempa bumi sebagai azab bagi mereka yang lalai kepada Allah Swt, akan tetapi ada juga penggambaran gempa bumi yang merupakan nikmat dari Allah Swt. Gempa bumi merupakan fenomena alam paling mengerikan dan dahsyat korbannya. Gempa bumi menjadi bencana paling menakutkan yang sering kali tak ada makhluk yang kuasa menghindar dari bahayanya. Pada saat terjadi gempa, bumi seolah murka dan hendak memporak-porandakan seluruh isinya. Ada beberapa pemaknaan yang serupa dengan sifat-sifat gempa bumi, sebagai berikut (Gofar, 2008):

1. (زلزل) *Zalzala*, yang mempunyai arti guncangan.
2. (رجف) *Rajafa*, yang mempunyai arti goncangan.
3. (رج) *Rojja*, yang mempunyai arti goyang.
4. (دك) *Dakka*, yang mempunyai arti roboh.

Dari keempat kata di atas secara pasti tidak berartikan gempa, hal ini dikarenakan istilah gempa itu sendiri baru terdengar dan mencuat pada akhir-akhir ini. Dalam arti kata di atas akan mendapatkan sebagai sebuah kejadian gempa bumi ketika disandingkan dengan kata selanjutnya sebagai sebuah kejadian atau fenomena gempa, seperti (الارض) *al- 'ard* (Gofar, 2008).

Dari empat kata yang ditawarkan di atas, ditemukan 7 ayat yang menceritakan langsung mengenai fenomena gempa bumi yang juga diikuti oleh sebab akibat dari kejadian gempa bumi tersebut, 3 ayat terdapat pada surat al-A'raf yakni : ayat 78, 91, dan 155, kemudian surat al-Ankabut pada ayat 37, surat al-Waqi'ah ayat 4, kemudian al-Fajr pada ayat 21 dan yang terakhir pada surat al-Zalzalah ayat 1 (Sahil, 2007).

فَأَخَذَتْهُمُ الرَّجْفَةُ فَأَصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جِثْمِينَ ﴿٩١﴾

“Kemudian mereka ditimpa gempa, Maka jadilah mereka mayat-mayat yang bergelimpangan di dalam rumah-rumah mereka” (QS.Al A'raf: 91).

Pada ayat ini kata gempa bumi didapatkan pada penyebutan kata (رجف) rojafa dari segi bahasa berarti guncangan yang sangat besar (Munawwir, 1997). Adapun kandungan dari ayat tersebut ada mengenai kisah mereka yang mendustai Nabi Syu'aib as. Atas apa yang sudah diperingatkan dan telah disampaikan malah dengan gampang untuk diabaikan sehingga ancaman Allah benar-benar dilanjutkan kepada mereka berupa siksaan. Siksaan itu adalah gempa yang mengguncangkan bumi tempat tinggal mereka sekaligus mengguncangkan hati mereka, sehingga jasmani mereka ditimpa reruntuhan dan merekapun mengalami *shock* yang menjadikan mereka mayat-mayat yang bergelimpangan dalam kediaman mereka dan rata dengan tanah. Sampai-sampai dilukiskan mereka masing-masing dan seolah-olah mereka tidak pernah bertempat tinggal disana. Hal ini menggambarkan bahwasannya tidak ada bekas-bekas peninggalan yang dapat menjadi bukti dari keberadaan mereka (Shihab, 2002).

Allah memberitahu tentang kerasnya kekufuran, kesombongan dan keangkuhan mereka. Juga memberitahukan tentang kesesatan yang melanda diri mereka serta sikap hati mereka yang menolak terhadap kebenaran. Di sini Allah memberitahukan, bahwa mereka ditimpa gempa yang sangat dahsyat, sebagaimana mereka menggoncangkan Syu'aib dan para pengikutnya serta mengancam mereka dengan pengusiran (Abdullah, 2003).

Gempa dan mayat-mayat yang bergelimpangan, sebagai balasan terhadap intimidasi dan kesombongan mereka, sebagai balasan atas tindakan mereka untuk menyakiti dan memfitnah. Sebagai penyangkalan terhadap perkataan mereka, *“Sesungguhnya jika kamu mengikuti Syu'aib, tentu kamu jika berbuat demikian menjadi orang-orang yang merugi”*, yaitu perkataan yang mereka ucapkan ketika mereka menakut-nakuti dan mengancam kaum mukminin dengan kerugian, maka Allah menetapkan dengan nada penghinaan yang sangat jelas bahwa kerugian itu bukan bagian orang-orang yang mengikuti Nabi Syu'aib, tetapi bagian orang lain, yaitu orang-orang yang mendustakan Nabi Syu'aib seolah-olah mereka belum pernah berdiam di kota itu, orang-orang yang mendustakan Nabi Syu'aib mereka itulah orang-orang yang merugi (Qutbh, 2001).

2.3 Proses Terjadinya Gempa Bumi

Apabila dua buah lempeng bertumbukan, maka pada daerah batas antara dua lempeng akan terjadi tegangan. Salah satu lempeng akan menyusup ke bawah lempeng yang lain, masuk ke bawah lapisan astenosfer. Pada umumnya lempeng samudera akan menyusup ke bawah lempeng benua, hal ini disebabkan lempeng samudera mempunyai densitas yang lebih besar dibandingkan dengan lempeng

benua. Apabila tegangan tersebut telah sedemikian besar sehingga melampaui kekuatan kulit bumi, maka akan terjadi kehancuran pada kulit bumi tersebut di daerah terlemah. Kulit bumi yang hancur tersebut akan melepaskan energi atau tegangan sebagian atau seluruhnya untuk kembali kekeadaan semula. Pada daerah batas inilah timbul gempa bumi (Idawati, 2005).

Untuk terjadinya suatu gempa bumi diperlukan beberapa syarat, antara lain (Idawati, 2005):

- a. Gerakan relatif dari lempeng tektonik atau blok-blok lempeng tektonik,
- b. Pembangunan stress.
- c. Pelepasan energi.

Menurut teori patahan (*theory fracture*) bahwa pada waktu terjadinya gempa bumi akan dilepaskan sejumlah energi tertentu akibat patahan yang terjadi secara tiba-tiba dan gelombang seismik yang dipancarkan dapat dirasakan oleh alat seismograf, jadi dapat diketahui bahwa gempa bumi adalah hasil pelepasan energi dari suatu patahan kerak bumi dimana patahan itu merupakan sumber gempa (Sulaiman, 1989).

Gempa bumi sering menimbulkan kerugian dan korban adalah gempa bumi tektonik. Gempa bumi tektonik disebabkan oleh pergeseran lempeng-lempeng tektonik. Menurut teori lempeng tektonik kerak bumi terpecah-pecah menjadi bagian yang disebut lempeng (*plate earth*). Di bumi terdapat tujuh lempeng besar (*Mega Plate*) di antaranya: lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, lempeng Indo-Australia, lempeng Antartika, lempeng Amerika, lempeng Nazca, dan lempeng Afrika (Fulki, 2011).

Lempeng-lempeng tersebut bergerak dengan arah dan kecepatan berbeda. Menurut teori konveksi pergerakan lempeng-lempeng ini disebabkan oleh arus konveksi. Bumi ini tersusun oleh dua bagian yaitu lithosfer dan Asthenosfer. Asthenosfer bersifat fluida yang kental dan mempunyai densitas lebih kecil dan bersuhu tinggi. Lithosfer mempunyai densitas lebih besar dan bersifat kaku serta mudah patah, karena gerakan perputaran bumi secara terus menerus maka pada asthenosfer yang bersuhu tinggi timbul arus. Arus ini disebut arus konveksi. Arus ini selalu bergerak dari tekanan tinggi ke tempat tekanan yang rendah. Gerakan dari asthenosfer akan menggerakkan lithosfer yang berada di atasnya. Maka lithosfer yang berupa lempeng-lempeng tersebut akan bergerak (Sulaiman, 1989).

2.4 Teori Tektonik Lempeng

Teori tektonik lempeng merupakan perkembangan dari konsep pengapungan benua (*continental drift*) dari Wegener (1924) dan konsep pemekaran dasar samudera (*sea-floor spreading*) dari Hess (1962), serta konsep *transform fault* dari Wilson (1965) (Rusydi, 1998).

Teori tektonik lempeng membagi bagian bumi menjadi dua lapisan. Lapisan paling luar disebut lapisan litosfer, bersifat dingin dan kaku (rigid). Di bawah litosfer ini ada lapisan astenosfer yang panas dan mudah mengalami perubahan bentuk meskipun tidak cair, dan dapat mengalir dibawah pengaruh tegangan. Lapisan litosfer ini seolah-olah “hanyut” diatas astenosfer, sehingga terjadi gerakan saling meregang dan gerakan saling menekan. Akibat pergerakan lempeng ini maka di sekitar perbatasan lempeng terjadi akumulasi energi. Jika

tidak bisa ditahan energi itu akan terlepas yang menyebabkan patahan atau deformasi pada lapisan kerak bumi dan terjadilah gempa tektonik (Afnimar, 2009).

Lempeng tektonik terbentuk oleh kerak benua (*continental crust*) ataupun kerak samudra (*oceanic crust*), dan lapisan batuan teratas dari mantel bumi (*earth's mantle*). Kepadatan material pada kerak samudera lebih tinggi dibanding kepadatan pada kerak benua. Demikian pula, elemen-elemen zat pada kerak samudera (*mafik*) lebih berat dibanding elemen-elemen pada kerak benua (*felsik*). Karena suhu dan tekanan dilapisan atmosfer yang sangat tinggi, maka batubatuan di lapisan ini bergerak mengalir seperti cairan (*fluid*). Litosfer terpecah ke dalam beberapa lempeng tektonok yang saling bersinggungan satu dengan lainnya (Baxter, 2000).

2.5 Batas Pertemuan Lempeng

Tipe pertemuan lempeng tektonik adalah (Atmojo, 2009):

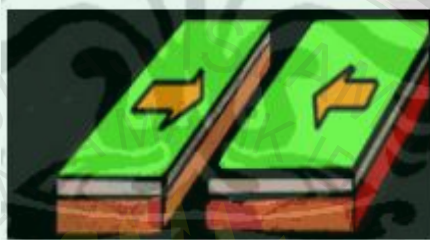
1. Divergen
 - a. Pertemuan lempeng tektonik yang saling menjauh
 - b. Pada daerah ini terbentuk lempeng benua baru ditandai dengan adanya palung dasar laut
 - c. Proses pergerakan semacam ini disebut sebagai *sea floor spreading*



Gambar 2.1 Pertemuan Lempeng Divergen (Atmojo, 2009)

2. Konvergen

- a. Pertemuan lempeng tektonik yang bertumbukan
- b. Salah satu lempeng yang densitasnya lebih besar akan menyusup di bawah lempeng lain yang densitasnya lebih ringan dan membentuk zona subduksi



Gambar 2.2 Lempeng Tektonik Konvergen (Atmojo, 2009)

3. Transform

Pertemuan lempeng tektonik yang bergerak secara lateral, dan saling melewati, sehingga tidak terbentuk lapisan baru.



Gambar 2.3 Lempeng Tektonik Transform (Atmojo, 2009)

2.6 Akibat Pergeseran Lempeng Tektonik

Pergerakan lempeng kerak bumi ada 3 macam yaitu pergerakan yang saling mendekati, saling menjauh dan berpapasan. Pergerakan lempeng saling mendekati akan menyebabkan tumbukan dimana salah satu dari lempeng akan menujam ke bawah yang lain. Daerah penujaman membentuk suatu palung yang dalam, yang

biasanya merupakan jalur patahan yang kuat. Di belakang jalur penunjaman akan terbentuk rangkaian kegiatan magnetik dan gunung api serta berbagai cekungan pengendapan. Salah satunya terjadi di Indonesia, pertemuan antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia menghasilkan jalur penunjaman di selatan Pulau Jawa dan jalur gunung api Sumatera, Jawa dan Nusa Tenggara dan berbagai cekungan seperti cekungan Sumatera Utara, Sumatera Tengah, Sumatera Selatan dan cekungan Jawa Utara. Pergerakan lempeng saling menjauh akan menyebabkan penipisan dan peregangan kerak bumi dan akhirnya terjadi pengeluaran material baru dari mantel membentuk jalur magnetic atau gunung api (Agus, 2009).

2.7 Klasifikasi Gempa Bumi

Menurut Munir (2003), ada tiga penyebab utama dari suatu gempa, dan atas dasar itu gempa bumi dapat diklasifikasikan menjadi empat macam, yaitu: tektonik, vulkanik, runtuhan dan buatan.

a) Gempa tektonik

Gempa tektonik adalah gempa bumi yang terjadi karena pergeseran-pergeseran kerak bumi, atau dengan kata lain yang bertalian dengan peristiwa-peristiwa tektonisme. Dari sekian banyak peristiwa tektonisme, yang paling banyak menghasilkan gempa adalah tektonisme yang mengakibatkan dislokasi yang dikenal dengan nama patahan. Pergeseran kerak bumi di sepanjang bidang patahan menimbulkan guncangan yang kemudian merambat ke segala arah melalui materi-materi penyusun bumi (Munir, 2003). Sebaran pusatpusat gempa (episenter) di dunia tersebar di

sepanjang batas-batas lempeng (*divergen, konvergen, maupun transform*), oleh karena itu terjadinya gempa bumi sangat berkaitan dengan teori Tektonik Lempeng (Noor, 2003). Teori tektonik lempeng adalah suatu teori yang mendasarkan pada hipotesa “Pemekaran Lantai Samudra” dan hipotesa “Pengapungan Benua”. Hipotesa pemekaran lantai samudra menjelaskan bahwa bagian kulit bumi yang ada di dasar samudra Atlantik tepatnya di pematang tengah samudra (*mid-oceanicridges*) terjadi suatu pembentukan material baru yang berasal dari dalam bumi. Hipotesa pengapungan benua menjelaskan tentang bagian kulit bumi yang terdiri dari kerak benua dan kerak samudra mengapung di atas suatu lapisan pijar yang bersifat semi-plastis dan berada pada bagian atas mantel bumi (Noor, 2005). Gempa tektonik merupakan gempa yang paling dahsyat, meluas dan banyak merusak serta paling sering terjadi. Sekitar 93% dari semua gempa yang tercatat di seluruh dunia, tergolong gempa tektonik. (Munir, 2003).

b) Gempa vulkanis

Gempa vulkanis adalah gempa bumi yang terjadi karena aktivitas vulkanisme, baik sebelum, sedang atau sesudah letusan. Magma yang keluar lewat pipa-pipa gunung api bergeser dengan batuan penyusun tubuh gunung api, getarannya diteruskan ke segala arah lewat materi yang menyusun kerak bumi. Umumnya gempa vulkanis tidak begitu hebat, dan daerahnya terbatas sekitar gunung api saja. Hanya sekitar 7% dari seluruh gempa yang tercatat diseluruh dunia (Munir, 2003).

c) Gempa Terban (Runtuhan)

Gempa terban adalah gempa yang disebabkan oleh adanya runtuh, termasuk di dalamnya adalah *rock fall* (longsor), atap gua bawah tanah runtuh (biasanya di daerah kapur), ataupun runtuh di dalam lubang tambang. Guncangannya tidak begitu hebat dan daerahnya sangat terbatas hanya radius sekitar 1 hingga 2 kilometer. Tempat bahayanya bersifat lokal dan terjadi pada tempat curam dan biasanya pada lahan gundul (Munir, 2003). Menurut Noor (2003), gempa yang umumnya hanya dirasakan secara lokal dan getarannya sendiri tidak menyebabkan kerusakan yang signifikan atau kerugian harta benda maupun jiwa manusia disebut gempa minor.

d) Gempa Buatan

Gempa buatan adalah getaran bumi yang terjadi karena adanya aktivitas manusia di kulit bumi menyebabkan getaran yang cukup berarti. Peledakan buatan, dalam proses pembuatan jalan tembus di pegunungan batu dengan menggunakan bahan peledak, batu kokoh akan hancur, bersamaan dengan itu pula terjadi guncangan di sekitarnya. Daerah yang dipengaruhi oleh getaran buatan ini hanya sekitar 1 hingga 100 meter, sedangkan daerah yang lebih jauh lagi pada umumnya tidak merasakan getaran. Namun demikian karena guncangannya tidak sehebat pada gempa tektonik maupun vulkanik maka gempa buatan ini biasanya tidak membawa akibat yang serius (Munir, 2003).

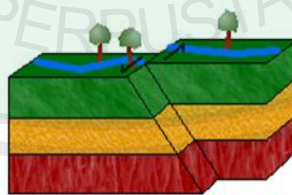
2.8 Karakteristik Gempa Bumi

2.8.1 Patahan.

Pembagian jenis patahan dapat dilakukan berdasarkan pada arah pergerakan bidang patahan, pergerakan relatif antara *hanging wall* dan *foot wall* dan juga letak patahan yang berhubungan dengan bentuk patahan. Jika pembagian patahan didasarkan berdasarkan arah *slip* sepanjang bidang patahan maka terdapat tiga jenis patahan yaitu *dip-slip*, *strike-slip* dan *oblique-slip*. Pada *dip-slip*, bidang gelincir dari patahan terjadi pada sudut *dip* patahan. Pada *strike-slip* bidang gelincir terletak sepanjang *strike* sedangkan pada *oblique-slip* pergerakan terjadi secara diagonal terhadap bidang patahan. Patahan ini kombinasi antara patahan mendatar dengan patahan naik atau turun (Bell, 2007).

a) Patahan mendatar atau *slip fault*

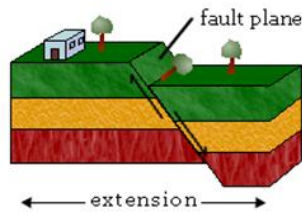
Yaitu pergerakan blok secara lateral (*horizontal/vertical*) baik searah jarum jam ataupun berlawanan dengan arah jarum jam. Pada umumnya sudutnya α mendekati 90°



Gambar 2.4 Patahan Mendatar atau *Strike Slip Fault* (Bell, 2007)

b) Patahan turun atau *gravity fault*

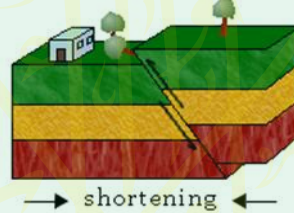
Yaitu blok atas bergerak relatif terhadap blok dibawahnya. Hal ini disebabkan oleh gaya kompresi dan umumnya mempunyai sudut $45^\circ < \alpha < 90^\circ$



Gambar 2.5 Patahan Turun atau *Gravity Fault* (Bell, 2007)

c) Patahan naik atau *trust fault*

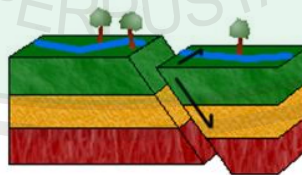
Yaitu pergeseran blok dimana salah satu blok bergerak relatif terhadap blok yang lainnya, sehingga pergerakannya naik. Hal ini karena adanya gaya tension, umumnya mempunyai sudut $0^\circ < \alpha < 45^\circ$



Gambar 2.6 Patahan Naik atau *Trust Fault* (Bell, 2007)

d) Patahan miring/mencong atau *oblique slip fault*

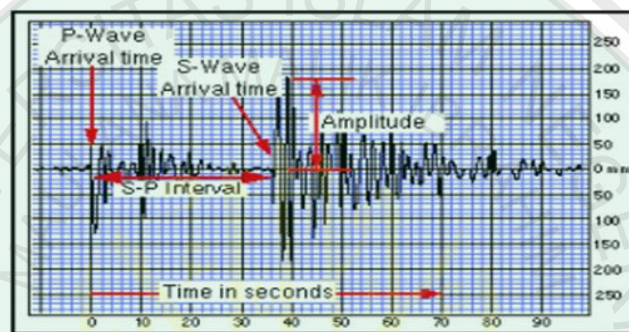
Yaitu pergerakan blok sebagai akibat dari dip slip fault dan *strike slip fault*



Gambar 2.7 Patahan Miring/mencong atau *Oblique Slip Fault* (Bell, 2007)

2.8.2 Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang menjalar di dalam bumi yang disebabkan karena adanya deformasi struktur di bawah bumi akibat adanya tekanan ataupun tarikan karena sifat keelastisitasan bumi. Gelombang ini membawa energi kemudian menjalar ke segala arah di seluruh bagian bumi dan mampu dicatat oleh Seismograf (Bormann, 2002).

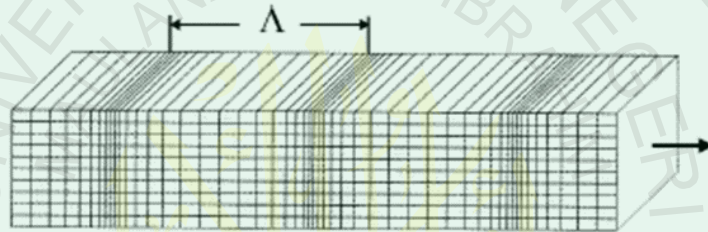


Gambar 2.8 Sampel Seismogram
(warniaqurrataayyun.blogspot.com/2011/12/gelombang-seismic.html)

Jika tegangan yang ditimbulkan sudah melampaui kekuatan atau elastisitas batuan pada kulit bumi, maka dengan sendirinya akan terjadi patahan pada kulit bumi yang terlemah. Kulit bumi yang patah tersebut akan melepaskan energi atau tegangan sebagian atau seluruhnya untuk kembali ke keadaan semula. Peristiwa pelepasan energi ini disebut gempa bumi (Bormann, 2002).

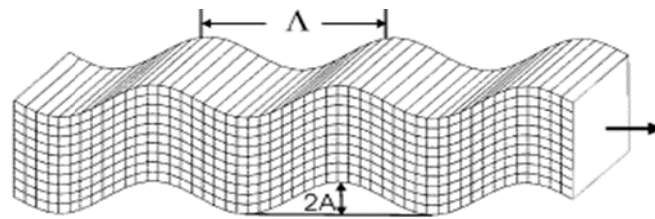
Secara umum gelombang seismik dibagi menjadi dua yakni gelombang badan (*Body Wave*) dan gelombang permukaan (*Surface Wave*). Gelombang badan merambat dalam badan medium yang berarti dapat pula merambat di permukaan medium. Gelombang badan sendiri dapat menjadi dua jenis, yakni (Bormann, 2002):

- a. Gelombang P atau gelombang primer, gelombang ini merupakan gelombang longitudinal dimana gerakan partikel medium yang dilewati searah dengan arah penjalarannya. Gelombang P adalah gelombang longitudinal seperti gelombang bunyi. Gelombang-gelombang itu mempunyai laju hingga 14 km/s dan dapat melalui padatan, cairan dan gas. Karena bergerak lebih cepat dari pada gelombang S, gelombang P merupakan yang pertama tiba pada detektor gempa (sehingga disebut "primer").



Gambar 2.9 Gelombang P (*Pressure Wave*) (Bormann, 2002)

- b. Gelombang S atau gelombang sekunder, gelombang S merupakan gelombang transversal dimana gerakan partikelnya tegak lurus dengan arah penjaran gelombangnya. Gelombang S adalah gelombang geseran transversal yang menjalar dengan laju 3,5 km/s. Gelombang ini memiliki kecepatan 60% lebih lambat dari gelombang P dan hanya dapat menjalar melalui padatan karena cairan dan gas tidak dapat menyokong tegangan geser. Gelombang S sendiri digolongkan menjadi dua. *Pertama*, gelombang SV yakni gelombang S yang partikelnya terpolarisasi pada bidang vertikal. *Kedua*, gelombang SH yaitu gelombang S yang partikelnya horizontal.

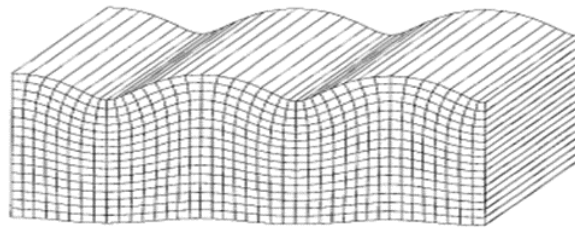


Gambar 2.10 Gelombang S (*Shere Wave*) (Bormann, 2002)

Baik gelombang P maupun gelombang S dapat membantu untuk mencari letak hiposenter dan episenter gempa. Saat kedua gelombang ini berjalan di dalam dan permukaan bumi, keduanya mengalami pemantulan (*reflection*) dan pembiasan (*refraction*) atau membelok, persis seperti sebuah cahaya yang seolah membelok saat menembus kaca bening.

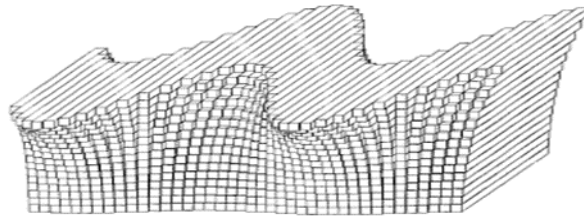
Sedangkan gelombang permukaan adalah gelombang yang terpadu oleh suatu permukaan bidang batas medium, oleh karena itulah gelombang ini mempunyai amplitudo yang mengecil dengan cepat terhadap kedalaman atau jarak dari permukaan. Ada 3 macam gelombang permukaan, yaitu (Bormann, 2002):

1. Gelombang Rayleigh (R), yaitu gelombang yang terpadu pada permukaan bebas (*free boundary*) medium berlapis maupun homogen dengan gerakan partikel *eleptik retrograd*. Gelombang Rayleigh membuat permukaan bumi bergulung seperti ombak di lautan. Gelombang Rayleigh menimbulkan efek gerakan tanah yang sirkular. Hasilnya tanah bergerak naik turun seperti ombak di laut. Gelombang Rayleigh merambat dengan kecepatan sekitar 0.804 km perdetik pada permukaan bumi.



Gambar 2.11 Gelombang R (*Rayleigh Wave*) (Bormann, 2002)

2. Gelombang Love (L), merupakan gelombang terpadu pada permukaan bebas medium berlapis dengan gerakan partikel seperti gelombang SH. Gelombang love merupakan tipe gelombang permukaan yang terbentuk karena interferensi konstruktif dari pantulan-pantulan gelombang seismik pada permukaan bebas. Gelombang love lebih cepat daripada gelombang Rayleigh dan lebih dulu sampai pada seismograf. Suatu pandu gelombang bisa dibuat ketika sinar datang menumbuk permukaan bebas pada sudut kritis, karena menahan energi di dekat permukaan. Pergerakan partikel untuk gelombang Love sejajar dengan permukaan tapi tegak lurus dengan arah rambatnya. Karena gelombang Love memerlukan lapisan dengan kecepatan yang rendah pada seluruh setengah ruang untuk ada, gelombang tersebut selalu dispersif. Gelombang *love* menimbulkan efek gerakan tanah yang horizontal, dan tidak menghasilkan perpindahan vertikal. Gelombang Love pada umumnya merambat dengan kecepatan sekitar 2.413 km perdetik pada permukaan bumi.



Gambar 2.12 Gelombang L (*Love Wave*) (Bormann, 2002)

3. Gelombang Stonely, yakni gelombang yang terpadu pada bidang batas antara dua medium (antar permukaan atau *interface wave*) dengan gerakan partikel serupa dengan gelombang SV.

2.9 Parameter Gempa Bumi

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 gempa bumi (Waluyo, 1990).

Menurut (Waluyo, 1990) Secara umum parameter gempabumi terdiri dari:

2.9.1 Waktu Kejadian Gempa Bumi (jam, menit, detik)

Waktu kejadian gempa bumi (*Origin Time*) adalah waktu terlepasnya akumulasi tegangan (*stress*) yang berbentuk penjalaran gelombang gempa bumi dan dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinated*).

2.9.2 Lokasi Pusat Gempa Bumi Di Permukaan Bumi/Episenter (koordinat lintang dan bujur)

Episenter adalah titik di permukaan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari Hiposenter atau Fokus gempabumi. Tempat inilah yang mendapat getaran yang paling keras dan tentunya menderita kerusakan yang terhebat pula. Lokasi Episenter dibuat dalam sistem koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur.

2.9.3 Kedalaman Sumber Gempa Bumi (km)

Kedalaman sumber gempa bumi adalah jarak hiposenter dihitung tegak lurus dari permukaan bumi. Kedalaman dinyatakan oleh besaran jarak dalam satuan km.

2.9.4 Kekuatan/magnitudo Gempa Bumi (skala richter)

Kekuatan gempabumi atau Magnitudo adalah ukuran kekuatan gempa bumi, menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempa bumi terjadi dan merupakan hasil pengamatan Seismograf. Magnitudo menggunakan skala Richter (SR).

Berdasarkan Skala Richter (SR) besarnya gempa dibagi menjadi empat:

- | | |
|---------------------------|----------------|
| a. <5 skala Richter | = kecil |
| b. 5–6,4 skala Richter | = sedang |
| c. >6,4–7,4 skala Richter | = besar |
| d. >7,4 skala Richter | = sangat besar |

2.9.5 Intensitas Gempa Bumi (MMI)

Intensitas gempa bumi adalah ukuran kerusakan akibat gempa bumi berdasarkan hasil pengamatan efek gempa bumi terhadap manusia, struktur bangunan dan lingkungan pada tempat tertentu. Skala intensitas menunjukkan kerusakan akibat getaran pada lokasi kerusakan. Intensitas merupakan fungsi dari magnitudo, jarak dan kekuatan, dan kondisi geologis/batuan setempat, dinyatakan dalam skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*).

Berdasarkan kedalaman sumber gempa, gempa bumi dikelompokkan menjadi (Fulky, 2011):

1. Gempa bumi dangkal, dimana kedalaman hiposenternya kurang dari 66 km di bawah permukaan bumi.
2. Gempa bumi menengah, dimana kedalaman hiposenter antara 66 km-450 km di bawah permukaan bumi.
3. Gempa bumi dalam, dimana kedalaman hiposenternya lebih dari 450 km di bawah permukaan bumi.

Titik di dalam bumi dimana gempa terpusat dinyatakan dengan litang, bujur dan kedalaman di bawah permukaan disebut *fokus* atau *hypocenter*. Sedangkan titik permukaan bumi vertikal di atas fokus merupakan *epicenternya*. Terjadinya gempa bumi biasanya diiringi oleh beberapa macam guncangan, diantaranya (Fulky, 2011):

a. Foreshock

Deretan guncangan yang terjadi sebelum gempa bumi, tak ada tanda-tanda berapa lama gempa akan terjadi setelah foreshock ini.

b. Aftershock

Deretan guncangan yang terjadi setelah gempa bumi. Dapat terjadi selama berbulan-bulan.

c. Swarm

Sejumlah besar guncangan kecil tanpa ada gempa bumi utama. Berdasarkan kekuatan, gempa bumi diklasifikasikan menjadi (Fulky, 2011):

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

Konsep kekuatan gempa bumi pertama kali diperkenalkan oleh C.F.Richter pada tahun 1935 dengan mengusulkan skala kekuatan logaritma yang lazim disebut sebagai Skala Richter. Ada dua macam skala gempa yang biasa digunakan sebagai ukuran kekuatan gempa bumi (Leet, 2007):

1. Skala Kekuatan Gempa (Magnitudo)

Magnitudo gempa bumi merupakan jumlah energi yang dilepaskan di pusatnya dan diukur dengan satuan Skala Richter. Skala ini dikembangkan oleh seorang ahli seismologi bernama Charles Richter. Dalam penentuannya skala ini dapat dikonversi dari jarak episenter. Peningkatan satu satuan skala sebanding dengan peningkatan 30 kali energi yang dilepaskan di pusatnya. Dapat dibayangkan jika satu gempa bumi dengan magnitudo 7,5 Skala Richter akan melepaskan 30 kali lebih banyak energi dibandingkan dengan

satu gempa dengan magnitudo 6,5 Skala Rither. Magnitudo yang paling kecil masih bisa dirasakan oleh manusia 3,5 Skala Rither (Leet, 2007).

Jenis gempa berdasarkan kekuatan gempa (magnitudo), terdiri atas (Leet, 2007):

- a. Gempa sangat besar (*great earthquake*), yaitu gempa bumi dengan magnitudo >8 Skala Richter.
- b. Gempa besar (*major earthquake*), yaitu gempa bumi dengan magnitudo 7 sampai dengan 8 Skala Richter.
- c. Gempa sedang (*moderate earthquake*), yaitu gempa bumi dengan magnitudo antara 5 sampai dengan 7 Skala Richter.
- d. Gempa kecil (*small earthquake*), yaitu gempa bumi dengan magnitudo 3 sampai 5 Skala Richter.
- e. Gempa mikro (*micro earthquake*), yaitu gempa bumi dengan magnitudo antara 1 sampai 3 Skala Richter.

2. Skala Intensitas Gempa

Bersifat lebih subyektif. Intensitas gempa bumi merupakan skala kedua yang dipakai dalam menyatakan sebuah gempa bumi. Skala intensitas menunjukkan tingkat kerusakan di permukaan bumi. Skala ini dikembangkan oleh Mercalli pada tahun 1902, seorang ahli seismologi dari Italia dan sekarang lebih dikenal dengan skala Mercalli yang dimodifikasi, digunakan untuk menggambarkan intensitas pengaruh gempa bumi terhadap manusia berdasarkan goncangan (goyahnya bangunan), pecahnya kaca, retaknya tanah, larinya orang-orang keluar. Bangunan dan permukaan bumi dalam

satuan angka dari I sampai XII. Skala lain yaitu Medvedev – Sponhever – Karnik yang lebih familiar digunakan di Eropa dan Skala Rossi Forrel. Berdasarkan kedalaman sumber gempa, di Indonesia terdiri dari (Leet, 2007):

- a. Gempa dangkal (*shallow earthquake*), yaitu gempa bumi dengan kedalaman 0–65 km.
- b. Gempa menengah (*intermediate earthquake*), yaitu gempa bumi dengan kedalaman 66–450 km.
- c. Gempa dalam (*deep earthquake*), yaitu gempa bumi dengan kedalaman > 450 km.

3. Percepatan Tanah

Percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Pada bangunan yang berdiri di atas tanah memerlukan kestabilan tanah agar bangunan tetap stabil. Percepatan getaran tanah maksimum adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempabumi. Nilai percepatan tanah maksimum dihitung berdasarkan magnitudo dan jarak sumber gempa yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan, serta nilai periode dominan tanah daerah tersebut (Fauzi dkk, 2005).

Percepatan tanah permukaan disuatu tempat yang disebabkan oleh getaran seismik bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah (*alluvial deposit*) di tempat tersebut (Delfebriyadi,

2008). Sifat-sifat lapisan tanah ditentukan oleh periode dominan tanah dari lapisan tanah tersebut bila ada getaran seismik. Periode getaran seismik dan periode dominan tanah akan mempengaruhi besarnya percepatan pergerakan batuan dasar dan permukaan. Sedangkan perbedaan respon seismik pada *ground surface* akan menentukan faktor perbesaran G/T . (Delfebriyadi, 2008).

Pada bangunan yang berdiri di atas tanah memerlukan kestabilan tanah tersebut agar bangunan tetap stabil. Percepatan gelombang gempa yang sampai di permukaan bumi disebut juga percepatan tanah, merupakan gangguan yang perlu dikaji untuk setiap gempa bumi, kemudian dipilih percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) untuk dipetakan agar bisa memberikan pengertian tentang efek paling parah yang pernah dialami suatu lokasi (Delfebriyadi, 2008).

Parameter getaran gelombang gempa yang dicatat oleh seismograf umumnya adalah simpangan kecepatan atau *velocity* dalam satuan kine (cm/dt). Selain *velocity* tentunya parameter yang lain seperti displasemen (simpangan dalam satuan mikrometer) dan percepatan (akselerasi dalam satuan gal atau cm/dt^2) juga dapat ditentukan. Parameter percepatan gelombang seismik atau sering disebut percepatan tanah merupakan salah satu parameter yang penting dalam seismologi teknik atau *earthquakes engineering*. Besar kecilnya percepatan tanah tersebut menunjukkan resiko gempa bumi yang perlu diperhitungkan sebagai salah satu bagian dalam perencanaan bangunan tahan gempa (Ibrahim, 2004).

Semakin besar magnitudo suatu gempa berarti besar energi yang dipancarkan dari sumber gempa tersebut semakin besar, sehingga percepatan permukaan tanah yang timbul juga semakin besar pula. Semakin dalam hiposenter dan semakin jauh jarak episenter maka percepatan permukaan tanah yang timbul menjadi semakin kecil. Faktor lain yang juga menentukan besarnya percepatan permukaan tanah yaitu tingkat kepadatan tanah di tempat tersebut. Jadi, percepatan permukaan tanah yang timbul berbanding lurus dengan magnitudo dan berbanding terbalik dengan jarak episenter, kedalaman hiposenter, dan kepadatan tanah (Ibrahim, 2004).

Jarak episenter dapat ditentukan dengan formula empiris, yaitu (Afnimar, 2009):

$$\Delta = \cos^{-1}[\cos\theta_E \cos\theta_S + \sin\theta_E \sin\theta_S \cos(\phi_S - \phi_E)] \quad (2.1)$$

Dimana:

Δ = jarak episenter

θ_E = lintang posisi episenter

θ_S = lintang stasiun pengamat

ϕ_E = bujur posisi episenter

ϕ_S = bujur stasiun pengamat

Setelah jarak episenter diketahui, maka dihitung jarak hiposenter dengan persamaan di bawah ini (Afnimar, 2009):

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2} \quad (2.2)$$

Dimana:

R = hiposenter (km)

h = kedalaman (km)

Δ = menyatakan episenter (km)

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. Meskipun gempabumi yang kuat tidak sering terjadi tetapi tetap sangat membahayakan kehidupan manusia. Salah satu hal yang penting dalam penelitian seismologi adalah mengetahui kerusakan akibat getaran gempabumi terhadap bangunan-bangunan di setiap tempat. Hal ini diperlukan untuk menyesuaikan kekuatan bangunan yang akan dibangun di daerah tersebut (Ibrahim, 2004).

Ada guncangan tanah dengan percepatan tertentu, ada massa bangunan dengan tingkat kekakuan tertentu, telah mengakibatkan bangunan rumah bergerak. Dalam keadaan tidak ada guncangan tanah (statis), bangunan hanya menerima atau memikul beban (gaya) gravitasi yaitu: beratnya sendiri (beban mati), dan berat yang terjadi akibat penggunaannya (beban hidup). Bila ada guncangan tanah (getaran gempa), bangunan mengalami pengaruh getaran gempa yang diteruskan melalui pondasi ke bagian atasnya (Gare, 2010).

Oleh sebab itu untuk keperluan bangunan tahan gempa harga percepatan tanah dapat dihitung dengan cara pendekatan dari data historis gempabumi. Beberapa formula empiris PGA antara lain metode Donovan, Esteva, Murphy - O'Brein, Gutenberg – Richter, Kanai, Kawasumi dan lain-lain. Formula-formula empiris tersebut ditentukan berdasarkan suatu kasus

gempabumi pada suatu tempat tertentu, dengan memperhitungkan karakteristik sumber gempabuminya, kondisi geologi dan geotekniknya.

Formula Kanai perhitungan percepatan tanahnya memperhitungkan site effect yang direpresentasikan oleh periode dominan tanah di site tersebut (Edwiza, 2008):

- a. Model percepatan tanah pada permukaan secara empiris oleh Mc.Guirre R.K (1963) ditulis sebagai berikut:

$$\alpha = 472.3 \times 10^{0.278 M} \times (R + 25)^{-1.301} \quad (2.3)$$

Dimana:

α = percepatan tanah pada permukaan (gal)

M = magnitudo permukaan (SR)

R = jarak hiposenter (km)

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$$

Δ = Jarak episenter (km)

h = kedalaman sumber gempa (km)

- b. Model percepatan tanah rumusan Kawashumi (1950):

$$\text{Log } \alpha = M - 5.45 - 0.00084(R - 100) + \left(\text{Log } \frac{100}{R} \right) \times \left(\frac{1}{0.4342} \right) \quad (2.4)$$

Dimana:

α = percepatan tanah pada permukaan (gal)

M = magnitudo permukaan (SR)

R = jarak hiposenter (km)

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$$

Δ = Jarak episenter (km)

h = kedalaman sumber gempa (km)

c. Model percepatan tanah Patwardhan (Haris, 2012):

$$\ln \alpha = \ln(363) + 0.587 Ms - 1.05 \ln (D + 0.864 e^{0.463 Ms}) \quad (2.5)$$

Dimana:

α = percepatan tanah permukaan (gal)

Ms = magnitudo gelombang permukaan

D = jarak hiposenter (km)

d. Model percepatan tanah Esteva (Ibrahim, 2004):

$$\alpha = \frac{5600(\exp^{0.8 Ms})}{(D+40)^2} \quad (2.6)$$

Dimana:

α = percepatan tanah permukaan (gal)

Ms = magnitudo gelombang permukaan

D = jarak hiposenter (km)

e. Rumus percepatan tanah permukaan dari Richter memasukkan nilai intensitas pada tempat dimana dilakukan pengamatan, dapat ditulis sebagai berikut (Edwiza, 2008):

$$\log a = \frac{I}{3} - 0.5 \quad (2.7)$$

$$I_0 = 1.5(Ms - 0.5) \quad (2.8)$$

Dimana:

α_0 = Percepatan tanah permukaan (gal)

I_0 = Intensitas pada sumber (skala MMI)

I = Intensitas pengamatan (skala MMI)

M_s = Magnitudo gelombang permukaan

Untuk mendapatkan data intensitas, berdasarkan *Beca Carter Hollings & Ferner Ltd.* bekerjasama dengan *The Indonesian Counterpart Team* telah meluncurkan “Seismic Zone for Building Construction in Indonesia” dimana wilayah Indonesia dibagi ke dalam 6 enam zona tingkat bahaya gempa bumi (Rockhim, 2008):

Tabel 2.1 Pembagian wilayah Indonesia berdasarkan tingkat bahaya gempa bumi

Zona	Percepatan Tanah Maksimum (gal)	Intensitas (MMI)
1	>323.4	>IX
2	245 – 323.4	VIII – IX
3	196 – 245	VII – VIII
4	127 – 196	VI – VII
5	39.2 – 127	V – VI
6	<39.2	V

2.10 Mitigasi

Mitigasi adalah suatu proses berbagi tindakan pencegahan untuk meminimalkan dampak negatif bencana dan alam terhadap manusia, harta benda, infrastruktur dan lingkungan, baik kesiapan ataupun tindakan-tindakan pengurangan resiko jangka panjangnya (Abdillah, 2010).

Mitigasi bencana mencakup baik perencanaan dan pelaksanaan tindakan-tindakan untuk mengurangi resiko-resiko yang terkait dengan bahaya-bahaya karena ulah manusia dan bahaya alam yang sudah diketahui, dan proses perencanaan untuk respon yang efektif terhadap bencana-bencana yang benar-benar terjadi (Abdillah, 2010).

Dalam mendukung mitigasi bencana khususnya gempa bumi, perlu diketahui beberapa karakteristik dari gempa itu sendiri, bahwa gempa bumi itu (Abdillah, 2010):

- 1) Berlangsung dalam waktu yang singkat belum
- 2) Lokasi kejadian hanya tertentu saja
- 3) Akibatnya dapat menimbulkan bencana
- 4) Berpotensi terulang kembali (gempa susulan)
- 5) Belum dapat diprediksi/diperkirakan
- 6) Tidak dapat dicegah, tetapi akibat yang ditimbulkan dapat dikurangi.

2.11 Kondisi Geologi Jawa Barat

Bentuk permukaan bumi yang kita lihat sekarang merupakan hasil dari suatu proses geologi sebagai tenaga endogen dan pengaruh faktor cuaca sebagai tenaga eksogen yang menyebabkan batuan mengalami proses pelapukan. Dengan demikian daerah yang telah terangkat akan mengalami proses denudasi sehingga terbentuk bukit-bukit dan dataran (peneplain), proses pengangkatan dan patahan akan menimbulkan zona-zona lemah sehingga akan terbentuk lembah-lembah sungai dan penerobosan magma ke permukaan dalam bentuk kegiatan vulkanisme yang menghasilkan batuan vulkanik. Seperti yang membentuk fisiografi Jawa Barat yang memiliki karakteristik geologi terdiri dari pedataran alluvial, perbukitan lipatan dan gunungapi. Secara fisiografi terbagi menjadi 4 bagian (Van Bemmelen 1949) yaitu:



Gambar 2.13 Pembagian Fisiografi Jawa Barat (Van Bemmelen, 1949)

1. Zona Jakarta (Pantai Utara)

Daerah ini terletak di tepi laut Jawa dengan lebar lebih kurang 40 Km terbentang mulai dari Serang sampai ke Cirebon. Sebagian besar tertutupi oleh endapan alluvial yang terangkut oleh sungai-sungai yang bermuara di laut Jawa seperti Ci Tarum, Ci Manuk, Ci Asem, Ci Punagara, Ci Keruh dan Ci Sanggarung. Selain itu endapan lahar dari Gunung Tangkuban Parahu, Gunung Gede dan Gunung Pangrango menutupi sebagai zona ini dalam bentuk vulkanik alluvial fan (endapan kipas alluvial) khususnya yang berbatsan dengan zona Bandung.

2. Zona Bogor

Zona ini membentang mulai dari Rangkasbitung melalui Bogor, Purwakarta, Subang, Sumedang, Kuningan dan Manjalangka. Daerah ini merupakan perbukitan lipatan yang terbentuk dari batuan sedimen tersier laut dalam membentuk suatu Antiklonorium, di beberapa tempat mengalami patahan yang diperkirakan pada zaman Pliosen-Plistosen sezaman dengan

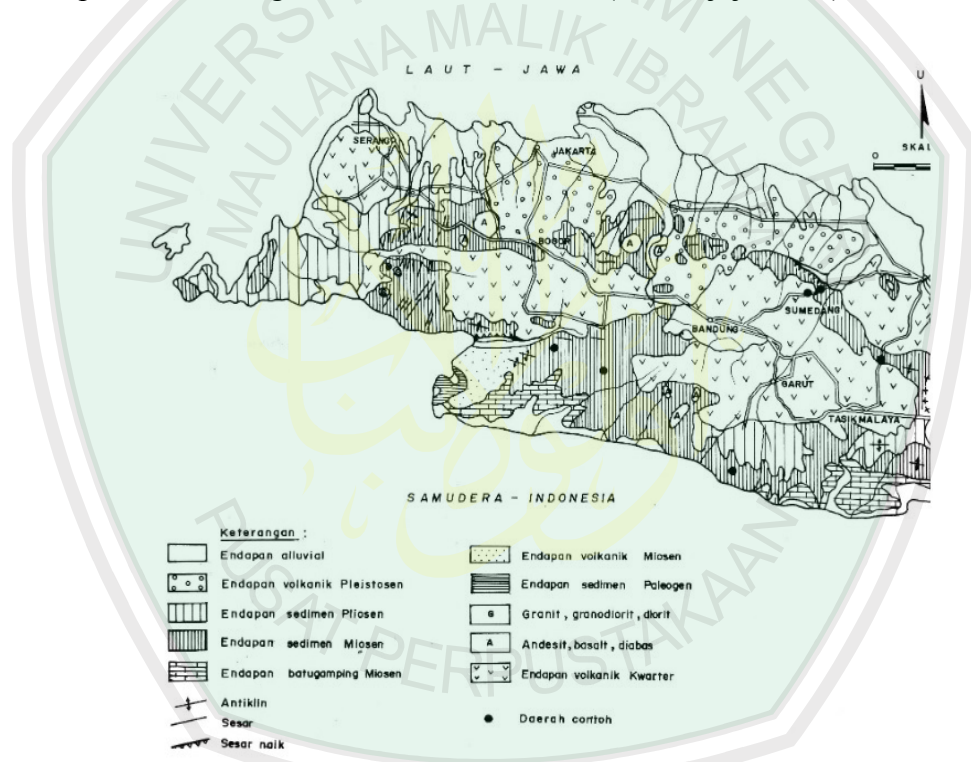
terbentuknya patahan Lembang dan pengangkatan Pegunungan Selatan. Zona Bogor sekarang terlihat sebagai daerah yang berbukit-bukit rendah di sebagian tempat secara sporadis terdapat-bukit-bukit dengan batuan keras yang dinamakan vulkanik neck atau sebagai batuan intrusi seperti Gunung Parang dan Gunung Sanggabuwana di Plered Purwakarta, Gunung Kromong dan Gunung Bulgir sekitar Majalengka. Batas antara zona Bogor dengan zona Bandung adalah Gunung Ciremai (3.078 meter) di Kuningan dan Gunung Tampomas (1.684 meter) di Sumedang.

3. Zona Bandung

Zona Bandung merupakan daerah gunung api, zona ini merupakan suatu depresi jika dibanding dengan zona Bogor dan Zona Pegunungan Selatan yang mengapitnya yang terlipat pada zaman tersier. Zona Bandung sebagian besar terisi oleh endapan vulkanik muda produk dari gunung api disekitarnya. Gunung-gunung berapi terletak pada dataran rendah antara kedua zona itu dan merupakan dua barisan di pinggir zona Bandung pada perbatasan zona Bogor dan zona Pegunungan Selatan. Walaupun zona Bandung merupakan suatu depresi, ketinggiannya masih cukup besar, misalnya depresi Bandung dengan ketinggian 650–700 m dpl. Zona Bandung sebagian terisi oleh endapan-endapan alluvial dan vukanik muda (kwarter), tetapi di beberapa tempat merupakan campuran endapan tertier dan kwarter. Pegunungan tertier itu adalah:

- a. Pegunungan Bayah (Eosen) yang terjadi atas bagian Selatan yang terlipat kuat, bagian tengah terdiri atas batuan andesit tua dan bagian Utara yang merupakan daerah peralihan dengan zona Bogor.
- b. Bukit di lembah Ci Mandiri dekat Sukubumi, yang terletak pada ketinggian 570-610 m merupakan kelanjutan dari pegunungan Bayah. Antara Cibadak dan Sukabumi terdapat punggung-punggung yang merupakan *horst*, yang menjulang di atas endapan vulkanik daerah itu. Di sebelah Timur Sukabumi terdapat dataran Lampegan pada ketinggian 700-750 m, yang mungkin seumur dengan plateau Lengkong di Pegunungan Selatan.
- c. Bukit-bukit Rajamandala (Oligosen) dan plateau Rongga termasuk ke dataran Jampang (Pliosen) di Pegunungan Selatan. Dibandingkan dengan plateau Rongga, keadaan Raja mandala lebih tertoreh-toreh oleh lembah. Plateau Rongga merupakan peralihan antara zona Bandung dan Pegunungan Selatan terletak pada ± 1.000 m serta merupakan bukit-bukit dewasa dan tua. Daerah ini melandai ke dataran Batujajar (650 m) di zona Bandung.
- d. Bukit-bukit Kabanaran yang terletak di Timur Banjar zona Bandung itu lebarnya 20-40 km, terdiri atas dataran-dataran dan lembah-lembah. Bagian Barat Banten merupakan kekecualian, karena disana tidak terdapat depresi dan daerahnya terdiri atas kompleks pegunungan yang melandai dengan bukit-bukit rendah.

Jawa Barat sebagai bagian dari Pulau Jawa merupakan pulau terluar dari busur selatan Asia, disamping itu dengan adanya penunjaman ini maka Pulau Jawa memiliki kondisi geologi yang unik dan rumit. Pada jaman pra tersier Jawa Barat merupakan kompleks melange yaitu zona percampuran antara batuan kerak samudra dengan batuan kerak benua. Terdiri dari batuan metamorf, vulkanik dan batuan beku, yang diketahui hanya dari data pemboran dibagian utara laut Jawa barat (Martodjojo,1984).



Gambar 2.14 Peta Geologi Regional Jawa Barat (Sampurno, 1976)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang Pemetaan Tingkat Resiko Kerusakan Akibat Gempa Bumi Di Wilayah Jawa Barat Berdasarkan Pola Percepatan Tanah Maksimum Dengan Metode Mc.Guirre.R.K (Studi Kasus Data Gempa Bumi Antara Tahun 1990-2015) akan dilaksanakan bulan April 2016 dan bertempat di Laboratorium Geofisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Jenis Data

Data diperoleh dari data katalog gempa bumi yang diambil dari ISC dengan periode dari tahun 1990-2015 berdasarkan pembatasan wilayah daerah Jawa Barat. Dengan memilih magnitudo 0-8.0 SR dengan kedalaman 0-70 km serta dengan batasan wilayah. $5^{\circ} 50' - 7^{\circ} 50' \text{LS}$ dan $104^{\circ} 48' - 108^{\circ} 48' \text{BT}$.

3.3 Metode Perhitungan dan Pengolahan Data

Perhitungan percepatan tanah maksimum diawali dengan membagi daerah Jawa Barat dengan jarak masing-masing grid grid $0.15 \times 0.15^{\circ}$. Langkah-langkah dalam menghitung nilai percepatan tanah maksimum adalah sebagai berikut:

- 1) Menyusun data historis gempa bumi pada daerah Jawa Barat tahun 1990-2015 berdasarkan latitudo, longitudo, magnitudo dan kedalaman dengan batasan wilayah $5^{\circ} 50' - 7^{\circ} 50' \text{LS}$ dan $104^{\circ} 48' - 108^{\circ} 48' \text{BT}$, diambil data gempa bumi dari 0-8 SR dan digambar peta episenter.

2) Membagi Jawa Barat menjadi beberapa grid, masing-masing grid $0.15 \times 0.15^\circ$ dengan menggunakan ArcViewGIS 3.3.

3) Menghitung jarak episenter dengan rumus:

$$\Delta = \cos^{-1}[\cos\theta_E \cos\theta_S + \sin\theta_E \sin\theta_S \cos(\phi_S - \phi_E)] \quad (3.1)$$

Dimana:

Δ = jarak episenter

θ_E = lintang posisi episenter

θ_S = lintang stasiun pengamat

ϕ_E = bujur posisi episenter

ϕ_S = bujur stasiun pengamat

4) Menghitung jarak hiposenter dengan menggunakan rumus:

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2} \quad (3.2)$$

Dimana:

R = jarak hiposenter

Δ = jarak episenter

h = kedalaman sumber gempa

5) Menghitung harga percepatan tanah maksimum di tiap titik grid pengamatan dengan menggunakan model empiris Mc.Guirre R.K sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{472.3 \times 10^{0.278 M_s}}{(R + 25)^{1.301}} \quad (3.3)$$

dimana:

α = percepatan tanah permukaan (gal)

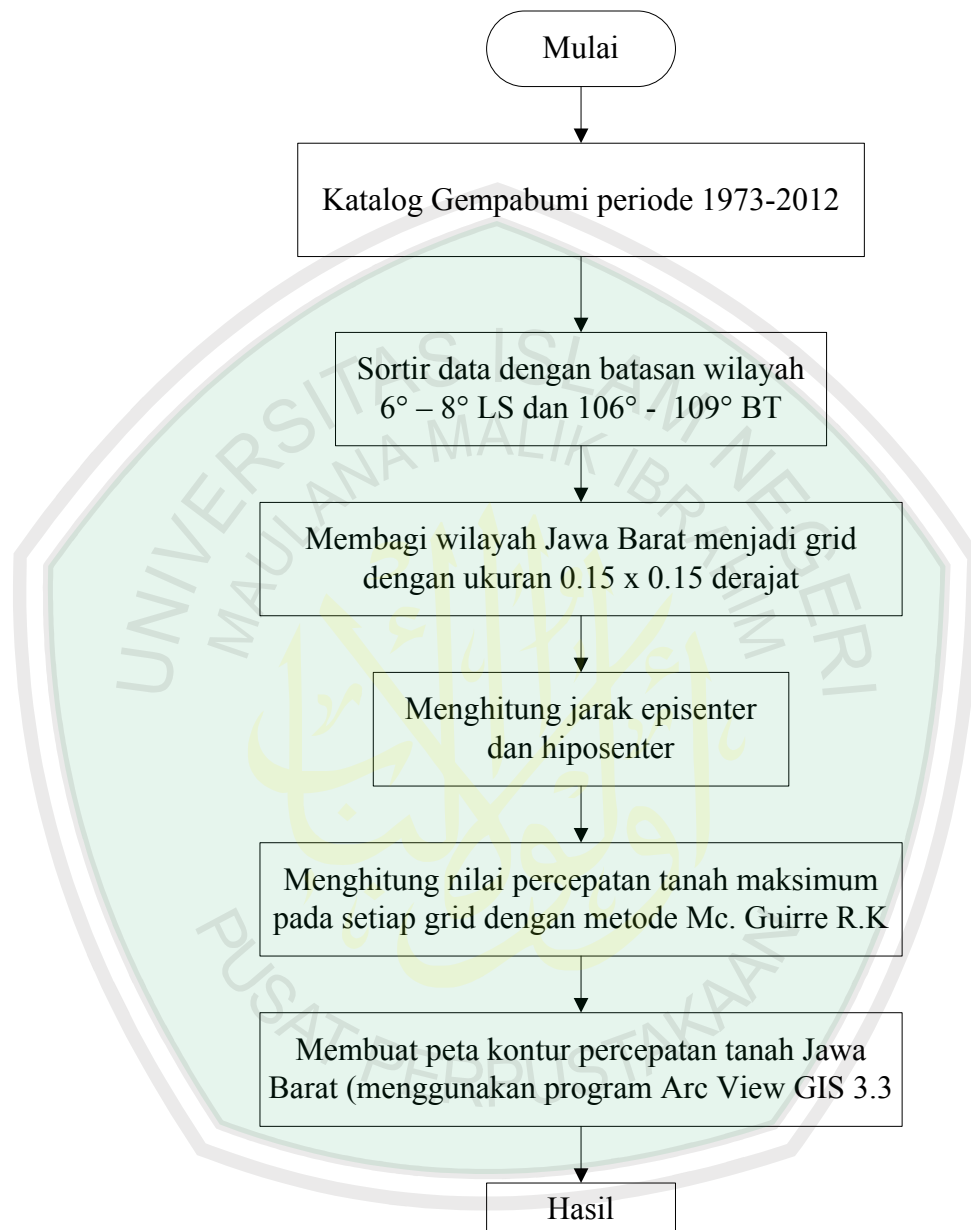
M_s = magnitudo gelombang permukaan

R = jarak hiposenter (km)

- 6) Kemudian pada setiap tempat (titik grid) diambil harga maksimumnya sehingga diperoleh harga percepatan maksimum pada tempat tersebut.
- 7) Membuat peta kontur percepatan tanah maksimum dengan program ArcViewGIS 3.3



3.4 Diagram Alir

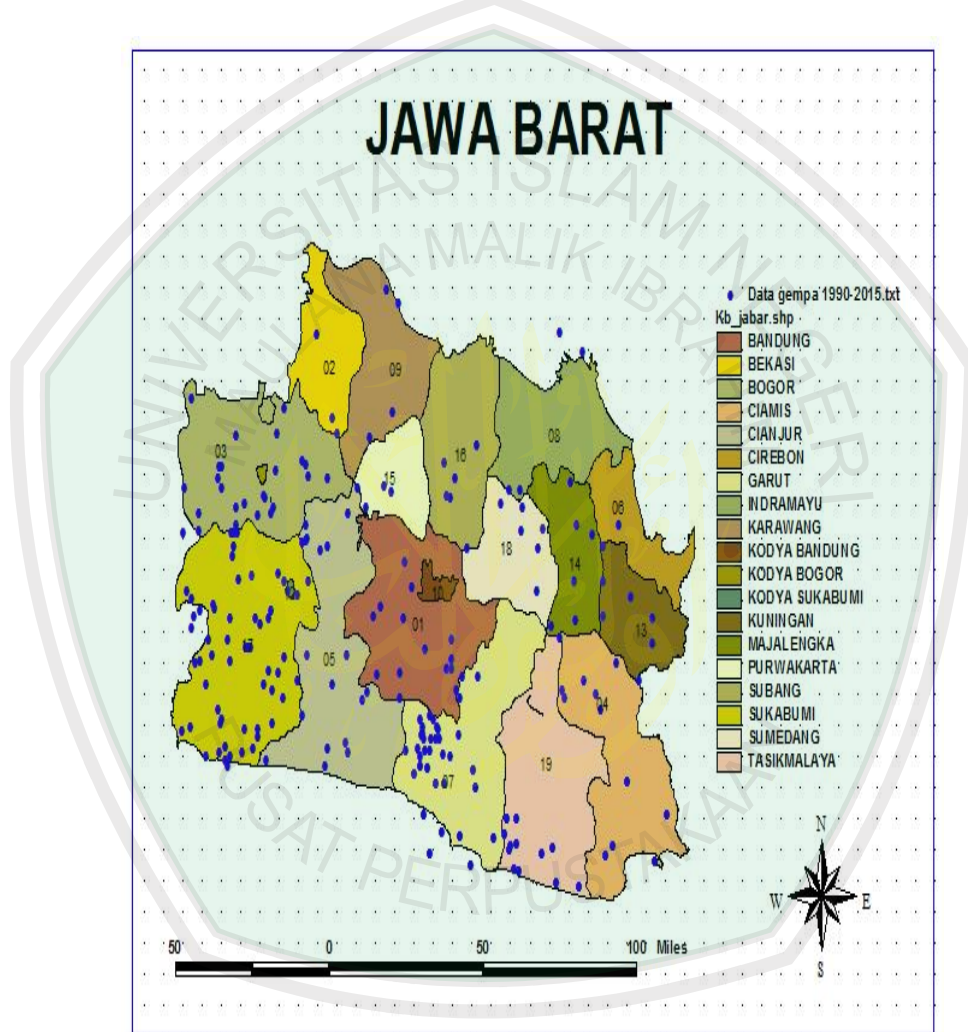


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Dan Analisis Gempa Bumi Berdasarkan Episenter



Gambar 4.1 Peta Jawa Barat Berdasarkan Data Gempa Bumi Tahun 1990-2015

Tabel 4.1 Nama Kota dan Kabupaten di Jawa Barat

No	Nama Kabupaten/Kota	No	Nama Kabupaten/Kota
1	Bandung	10	Kota Bandung
2	Bekasi	12	Kota Sukabumi
3	Bogor	13	Kuningan
4	Ciamis	14	Majalengka
5	Cianjur	15	Purwakarta
6	Cirebon	16	Subang
7	Garut	16	Sukabumi
8	Indramayu	17	Sumedang
9	Karawang	18	Tasikmalaya

Episenter adalah titik di permukaan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari Hiposenter atau Fokus gempa bumi. Tempat inilah yang mendapat getaran yang paling keras dan tentunya menderita kerusakan yang terhebat pula. Lokasi Episenter dibuat dalam sistem koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur.

Peta di atas adalah peta gempa bumi yang terjadi di daerah Jawa Barat dari tahun 1990–2015. Data gempa yang diperoleh data gempa yang terekam di ISC. Jawa Barat sendiri terletak di $104^{\circ}40'$ BT– $108^{\circ}48'$ BT dan $5^{\circ}50'$ LS– $7^{\circ}50'$ LS. Jawa Barat merupakan Propinsi yang terletak di ujung sebelah barat Pulau Jawa. Ibu kota Jawa Barat adalah Bandung. Sebelah barat berbatasan dengan Selat Sunda dan sebelah utara berbatasan dengan DKI Jakarta dan Laut Jawa. Sedangkan sebelah timur berbatasan dengan Jawa Tengah dan sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Hindia.

Wilayah Jawa Barat terdiri dari 16 Kabupaten dan 9 Kota, yaitu: Kabupaten Bogor, Kabupaten Sukabumi, Kabupaten Cianjur, Kabupaten Bandung, Kabupaten Garut, Kabupaten Tasikmalaya, Kabupaten Ciamis,

Kabupaten Kuningan, Kabupaten Cirebon, Kabupaten Majalengka, Kabupaten Sumedang, Kabupaten Indramayu, Kabupaten Subang, Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Karawang dan Kabupaten Bekasi. Selain itu juga termasuk Kota Bogor, Kota Sukabumi, Kota Bandung, Kota Cirebon, Kota Bekasi, Kota Depok, Kota Tasikmalaya, Kota Cimahi, dan Kota Banjar.

Dari peta data gempa diatas dapat dilihat bahwa di Jawa Barat yang sering sekali terjadi gempa yaitu di Kabupaten Sukabumi, adapun Kabupaten atau Kota yang banyak terjadi gempa bumi juga seperti di Kabupaten Garut dan Kabupaten Bogor. Kota atau Kabupaten yang jarang sekali terjadi gempa yaitu di daerah Indramayu dan Cirebon.

Sukabumi masuk ke dalam zona Bandung. zona Bandung itu sendiri merupakan daerah gunung api, zona ini merupakan suatu depresi jika dibanding dengan zona Bogor dan zona Pegunungan Selatan yang mengapitnya yang terlipat pada zaman tersier. Zona Bandung sebagian besar terisi oleh endapan vulkanik muda produk dari gunung api disekitarnya . Gunung-gunung berapi terletak pada dataran rendah antara kedua zona itu dan merupakan dua barisan di pinggir zona Bandung pada perbatasan zona Bogor dan zona Pegunungan Selatan. Walaupun zona Bandung merupakan suatu depresi, ketinggiannya masih cukup besar, misalnya depresi Bandung dengan ketinggian 650–700 m dpl. Zona Bandung sebagian terisi oleh endapan-endapan alluvial dan vukanik muda (kwarter), tetapi di beberapa tempat merupakan campuran endapan tertier dan kwarter. Mungkin itu yang menyebabkan daerah Sukabumi sering sekali terjadi gempa.

JAWA BARAT

Data gempa 1990-2015 ts 1

- 0 - 9,3
- 6,3 - 21,3
- 21,3 - 38,8
- 38,8 - 55,5
- 55,5 - 69,9

Kb. gbarshp

- BAKANDUNG
- BEKASI
- BOGOR
- CIAMIS
- CIANJUR
- CIREBON
- GARUT
- INDRAMAYU
- KARAWANG
- KIDAYABANDUNG
- KIDYABOGOR
- KIDYASUKABUMI
- KUNINGAN
- MALILANGKA
- PURWAKARTA
- SUBANG
- SUKABUMI
- SUMEDANG
- TASIKMALAYA

0 50 100 Miles

N
W E
S

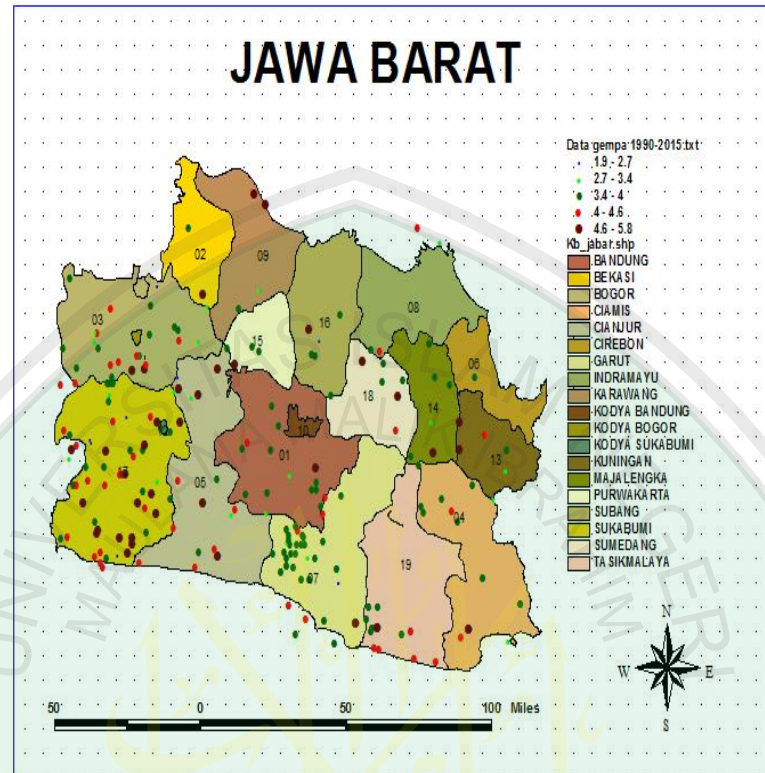
Gambar 4.2 Kedalaman Gempa Bumi di Jawa Barat

Kedalaman sumber gempa bumi adalah jarak hiposenter dihitung tegak lurus dari permukaan bumi. Kedalaman dinyatakan oleh besaran jarak dalam

satuan km. Dari gambar di atas bisa diketahui bahwa titik gempa mempunyai warna yang berbeda-beda, pemberian warna ini bertujuan agar bisa mengetahui klasifikasi gempa di daerah Jawa Barat berdasarkan kedalaman gempa yang terjadi. Untuk gempa yang paling dangkal ditandai dengan warna hijau muda yaitu dari kedalaman 0-6,3 km, untuk warna hijau tua yaitu dari kedalaman 6,3-21,3 km, untuk warna biru yaitu dari kedalaman 21,3-38,8 km, untuk warna merah yaitu dari kedalaman 38,8-55,5 km, sedangkan gempa yang terdalam yang pernah terjadi di Jawa Barat dari tahun 1990-2015 yaitu dari kedalaman 55,5-69,9 km dan ditandai dengan warna merah tua.

Dari gambar di atas bisa diketahui bahwa gempa yang masuk dalam kategori gempa dangkal sering terjadi di Subang, ada tiga kali gempa yang terjadi di daerah Subang dengan kedalaman dangkal yaitu dari kedalaman 0-6,3 km. Sedangkan daerah yang sering terjadi gempa dengan kedalaman yang cukup dalam yaitu di daerah Sukabumi, ada 7 kali gempa yang masuk dalam kategori gempa yang terdalam yaitu dari kedalaman 55,5-69,9 km.

4.1.2 Data Dan Analisis Magnitudo



Gambar 4.3 Magnitudo Gempa di Jawa Barat

Kekuatan gempa bumi atau Magnitudo adalah ukuran kekuatan gempa bumi, menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempa bumi terjadi dan merupakan hasil pengamatan Seismograf. Magnitudo menggunakan skala Richter (SR).

Berdasarkan Skala Richter (SR) besarnya gempa dibagi menjadi empat:

- <5 skala Richter = kecil
- 5–6,4 skala Richter = sedang
- >6,4–7,4 skala Richter = besar
- >7,4 skala Richter = sangat besar

Dari gambar diatas bisa diketahui daerah mana saja yang sering terjadi gempa dengan kekuatan yang paling kecil sampai yang paling besar. Daerah Sukabumi merupakan daerah yang paling sering terjadi gempa dari gempa yang berkekuatan kecil sampai gempa yang termasuk dalam kategori gempa dengan skala besar juga terjadi di daerah Sukabumi. Walaupun daerah yang lain juga terjadi gempa dengan kekuatan kecil sampai yang besar tapi tidak sebanyak di daerah Sukabumi.

4.2 Hasil Perhitungan

Dalam penelitian Pemetaan Tingkat Resiko Kerusakan Akibat Gempa Bumi Di Wilayah Jawa Barat Berdasarkan Pola Percepatan Tanah Maksimum Dengan Metode Mc.Guirre R.K(Studi Kasus Data Gempa Antara Tahun 1990-2015) ini data yang diperoleh dari ISC. Data yang diperoleh tersebut yaitu data gempa tahun 1990–2015, di Jawa Barat dengan magnitudo mulai dari 0–8 skala richter, dan dengan kedalaman mulai 0–70 km. Data diperoleh disortir kemudian data tersebut dihitung dengan metode Mc.Guirre agar diketahui nilai percepatan tanahnya.

Sebelum mengetahui nilai percepatan tanah pada wilayah Jawa Barat, yang perlu dilakukan adalah menghitung jarak episenter dengan rumus:

$$\Delta = \cos^{-1}[\cos \theta_E \cos \theta_S + \sin \theta_E \sin \theta_S \cos(\phi_S - \phi_E)] \quad (4.1)$$

dimana:

Δ = jarak episenter

θ_E = lintang posisi episenter

θ_S = lintang stasiun pengamat

ϕ_S = bujur posisi episenter

ϕ_E = bujur stasiun pengamat

Kemudian menghitung jarak hiposenter dengan menggunakan rumus:

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2} \quad (4.2)$$

dimana:

R = jarak hiposenter

Δ = jarak episenter

h = kedalaman sumber gempa

Yang terakhir menghitung harga percepatan tanah maksimum di tiap titik grid pengamatan dengan menggunakan model empiris Mc.Guirre R.K sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{472,3 \times 10^{0,728 Ms}}{(R+25)^{1,301}} \quad (4.3)$$

dimana:

α = percepatan tanah permukaan (gal)

M_s = magnitudo gelombang permukaan

R = jarak hiposenter (km)

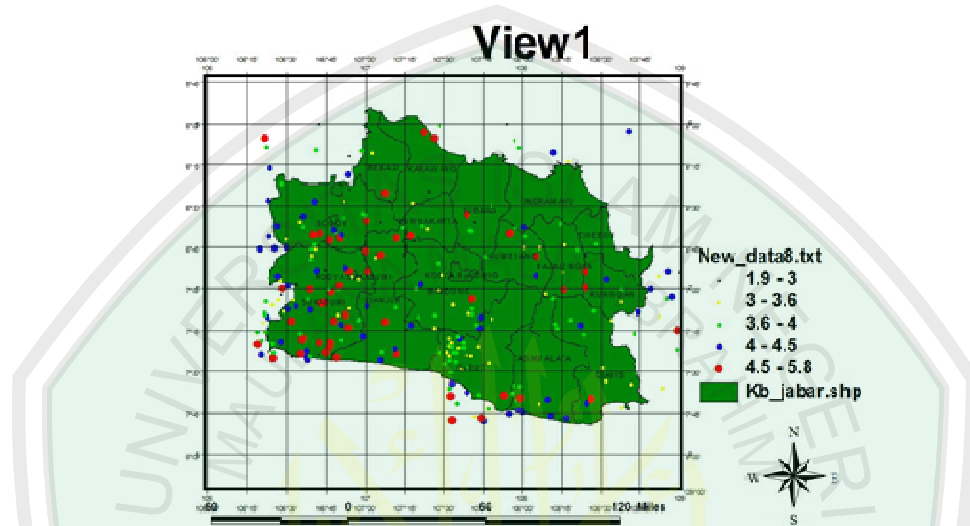
4.3 Pembahasan

Langkah–langkah dalam membuat peta percepatan tanah maksimum (PGA) adalah sebagai berikut:

4.3.1 Tahap Pengolahan Data

1. Sebelum memetakan suatu wilayah yang diinginkan maka perlu dilakukan menyusun data–data gempa yang diperlukan.

2. Membagi Jawa Barat menjadi beberapa grid, pada setiap grid jarak yang dipakai dalam penelitian ini yaitu $0.15 \text{ derajat} \times 0.15 \text{ derajat}$. Setelah dibagi gridnya maka diperoleh 99 titik sitenya.



Gambar 4.4 Jawa Barat 99 Titik Site

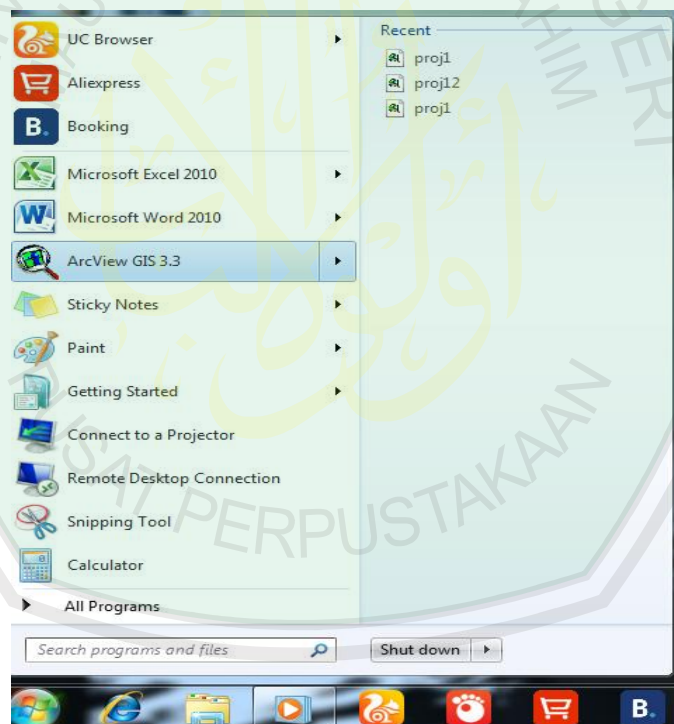
3. Menghitung jarak antara koordinat hiposenter ke tiap-tiap grid/site yang ditentukan sehingga diperoleh jarak hiposenter tiap-tiap grid/site.
4. Setelah jarak hiposenter diperoleh maka dilakukan perhitungan percepatan tanah maksimumnya dengan pendekatan empiris dengan metode Mc.Guirre R.K.
5. Menghitung nilai percepatan tanah maksimum untuk setiap grid/site dengan metode Mc.Guirre R.K, setelah didapatkan nilai percepatan tanah maksimumnya dipilih nilai yang besar untuk setiap grid.

4.3.2 Tahap Pemetaan

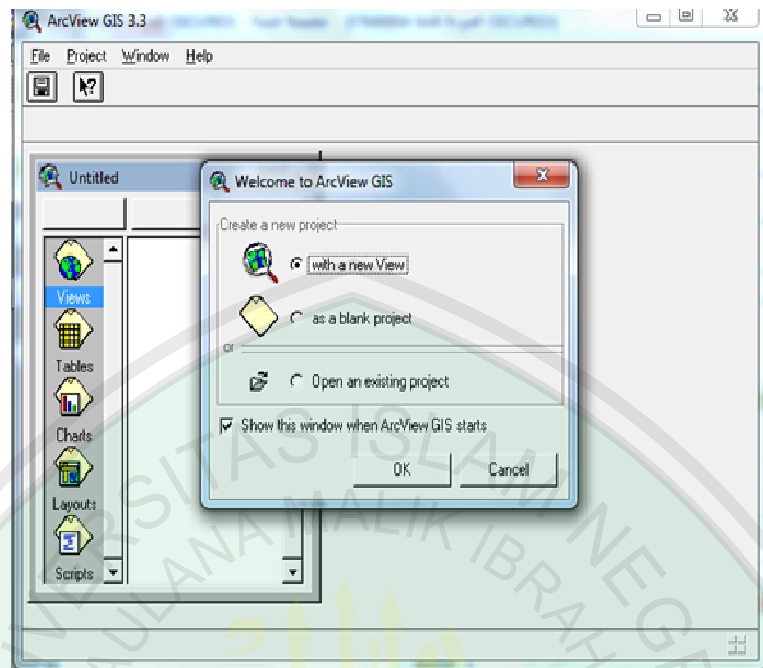
Tahap pemetaan dilakukan setelah perhitungan nilai percepatan tanah maksimum pada setiap site selesai, tahapan selanjutnya adalah melakukan pengonturan pada peta. Melalui pengonturan tersebut, informasi percepatan tanah

maksimum yang disampaikan akan lebih mudah untuk diterima oleh orang lain yang memakai peta tersebut. Adapun pemetaan pada modul ini, akan menggunakan software pemetaan *Arcview GIS 3.3*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pemetaan ini sebagai berikut:

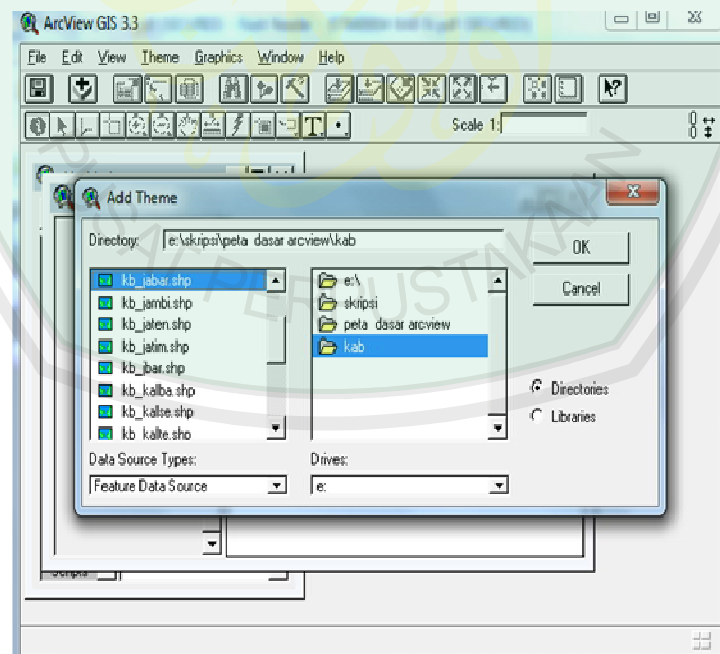
1. Pada tahap proses awal adalah penyimpanan *file* hasil analisis dengan menggunakan *extension .txt ataupun .dbf*. setelah data *diconvert* dalam bentuk *.txt atau .dbf*, selanjutnya program *Arcview GIS 3.3* dijalankan. Setelah itu dimasukkan peta dasar Jawa Barat kedalam program dalam peta dasar.



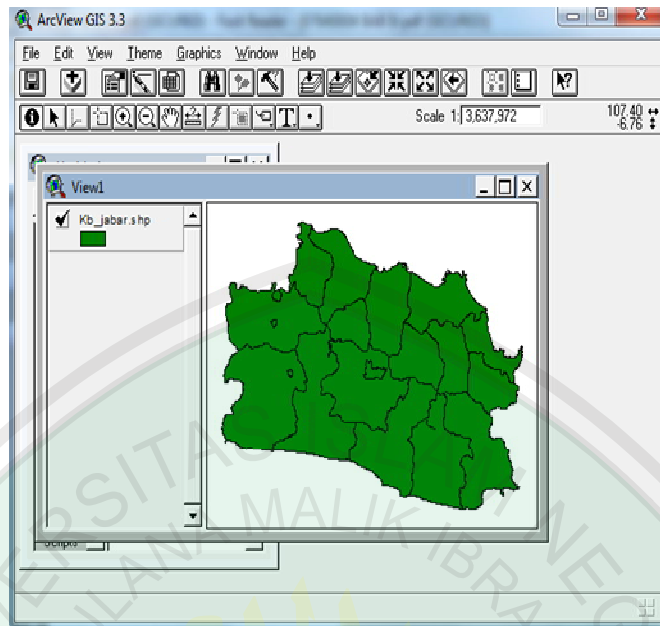
Gambar 4.5 Langkah Awal Menjalankan Software *Arcview GIS 3.3*



Gambar 4.6 Menu Awal *Arcview GIS 3.3*



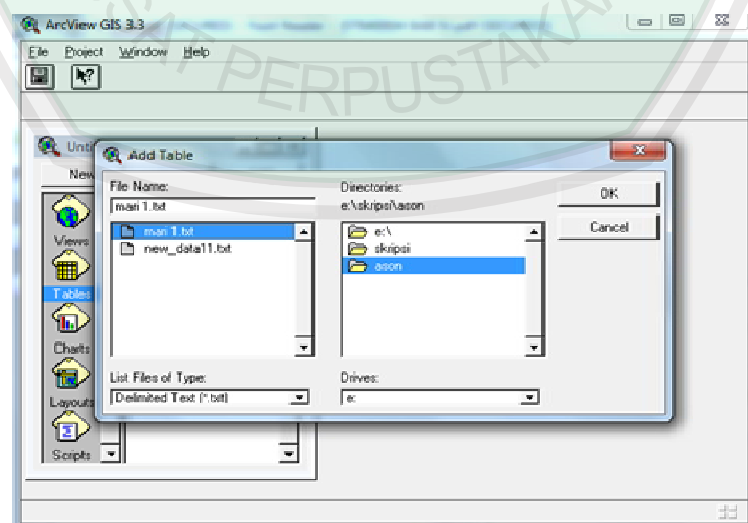
Gambar 4.7 Memilih Peta Yang Diteliti



Gambar 4.8 Hasil Peta Yang Diteliti

- Setelah peta dasar Jawa Barat dijalankan, tahap selanjutnya adalah *table* data *.txt* dari hasil perhitungan Mc Guire R.K percepatan tanah tersebut dimasukkan kedalam program.

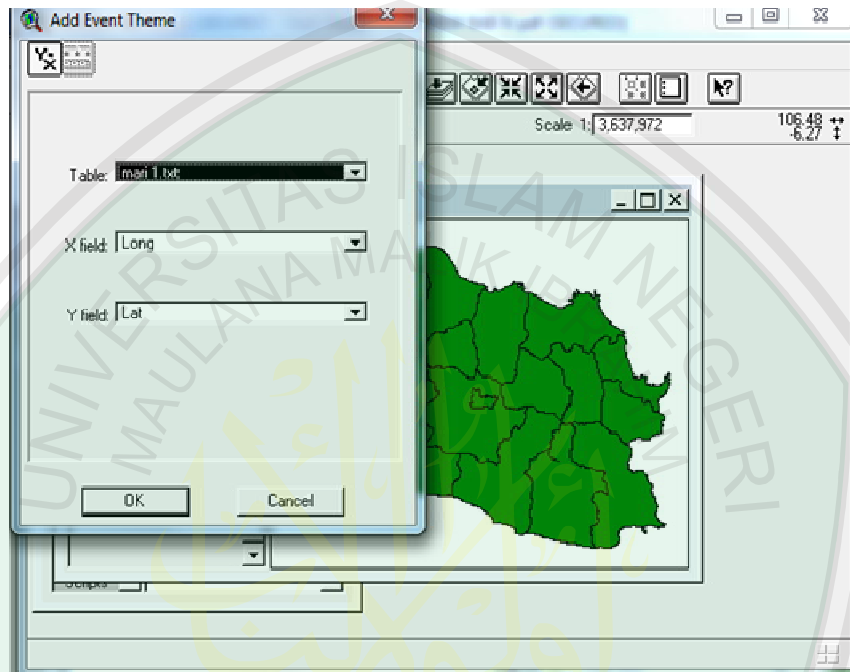
Klik TABLE→FILE TABLE→ADD→.TXT



Gambar 4.9 Cara Memasukkan Data

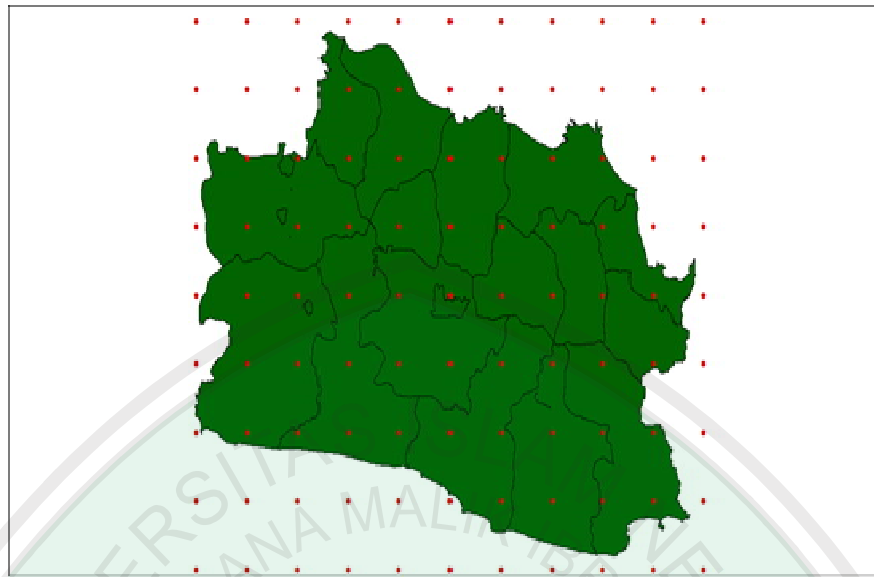
3. Tahap selanjutnya adalah menampilkan grid-grid tersebut dalam *layer* tampilan.

KLIK VIEW→ADD THEME



Gambar 4.10 Cara Menampilkan Grid

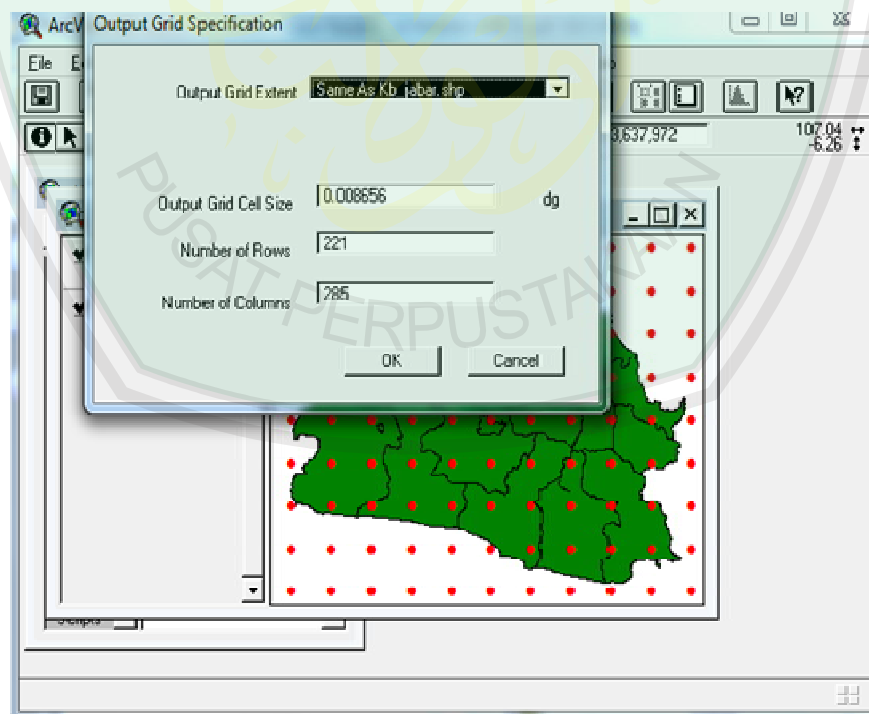
Dalam kotak dialog *Add Event Theme* harus bahwa untuk *x field* adalah bujur/longitudo dan *Y field* adalah lintang/latitudo.



Gambar 4.11 Hasil Grid

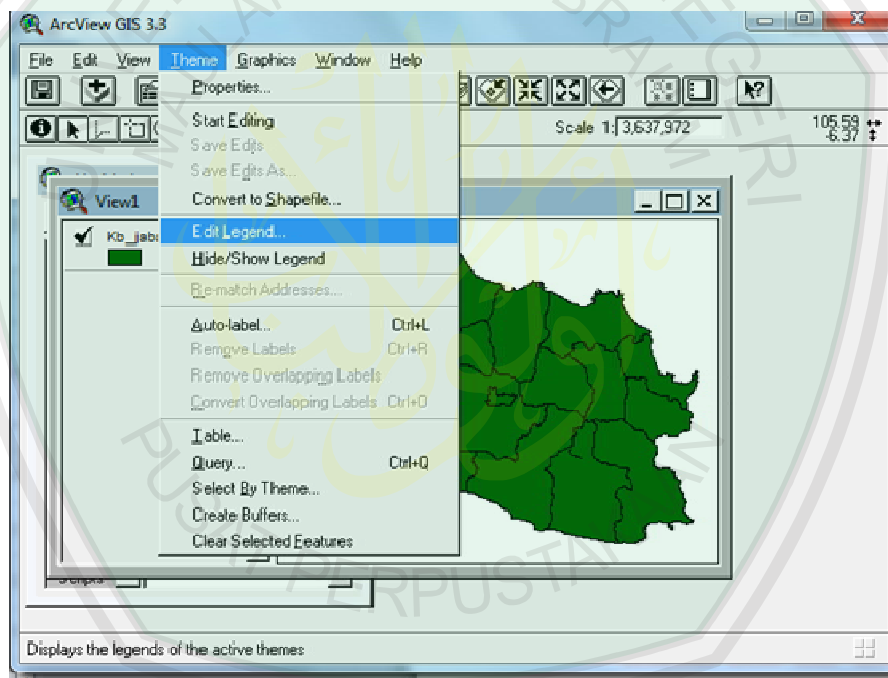
4. Setelah grid kita munculkan, tahap selanjutnya yaitu di interpolasi

KLIK SURFACE →INTERPOLATE GRID

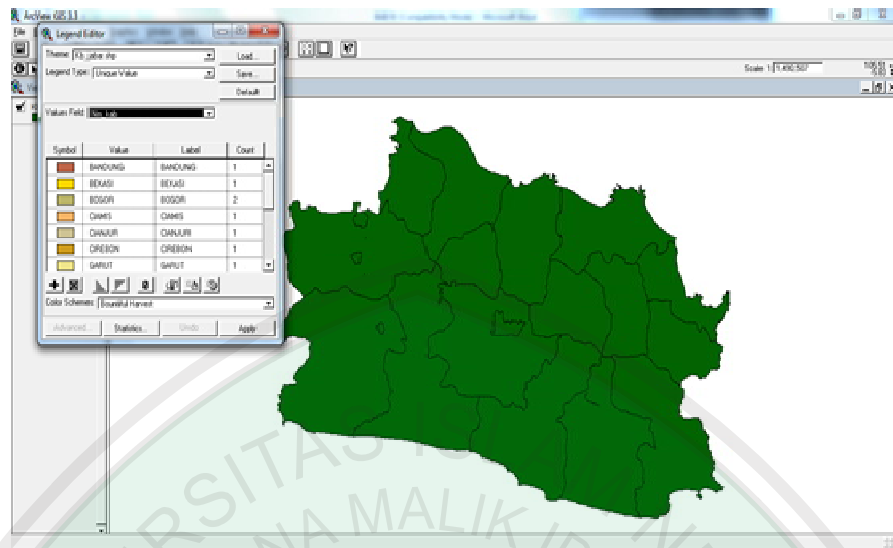


Gambar 4.12 Cara Menampilkan Kontur

Tahap selanjutnya di ganti *Z Value Field*-nya dengan nilai percepatan tanahnya (*A max*) dan klik OK. Pada proses selanjutnya peta yang telah di interpolasi tersebut dicentang agar dapat ditampilkan pada layar. Untuk tampilan awal, *range* antar interpolasi masih acak, untuk merubahnya kita bisa lakukan dibagian legend editornya dengan cara mengeklik 2x interpolasi tersebut. Tahap selanjutnya kita bisa mengatur *value*, *label* serta warna sesuai keinginan kita.

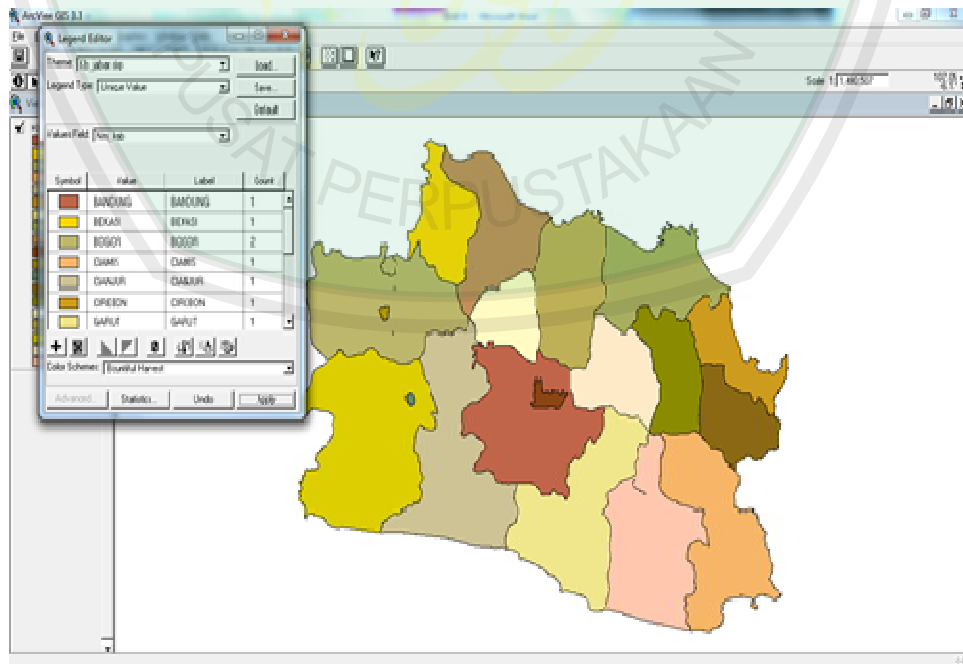


Gambar 4.13 Cara Merubah Tampilan Peta



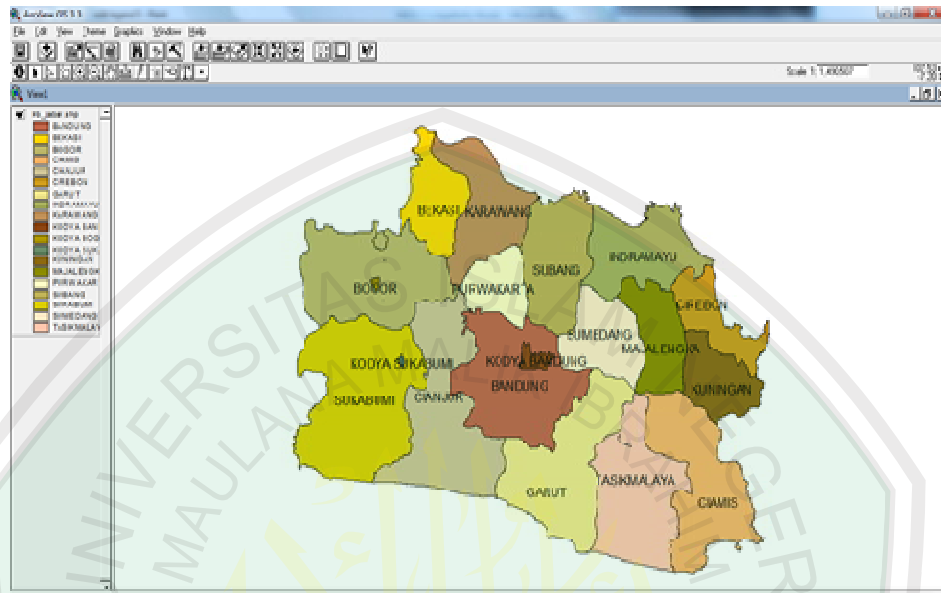
Gambar 4.14 Memilih Tampilan Peta Sesuai Nama Kabupaten/Kota

Untuk menampilkan nama kabupaten tiap tiap daerah cara yang dilakukan adalah memilih *theme* terus mencari *auto label*. Klik *auto label* maka akan muncul nama kabupaten dari setiap daerah yang diwarnai.



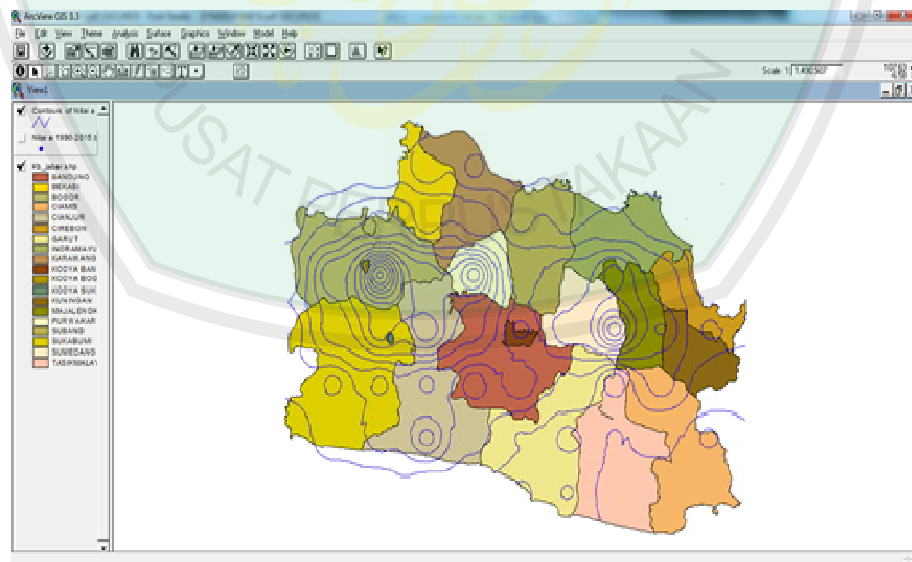
Gambar 4.15 Hasil Peta Berdasarkan Warna Nama Kabupaten/Kota

Maka akan muncul peta dengan nama kabupaten sesuai warna yang telah kita pilih.



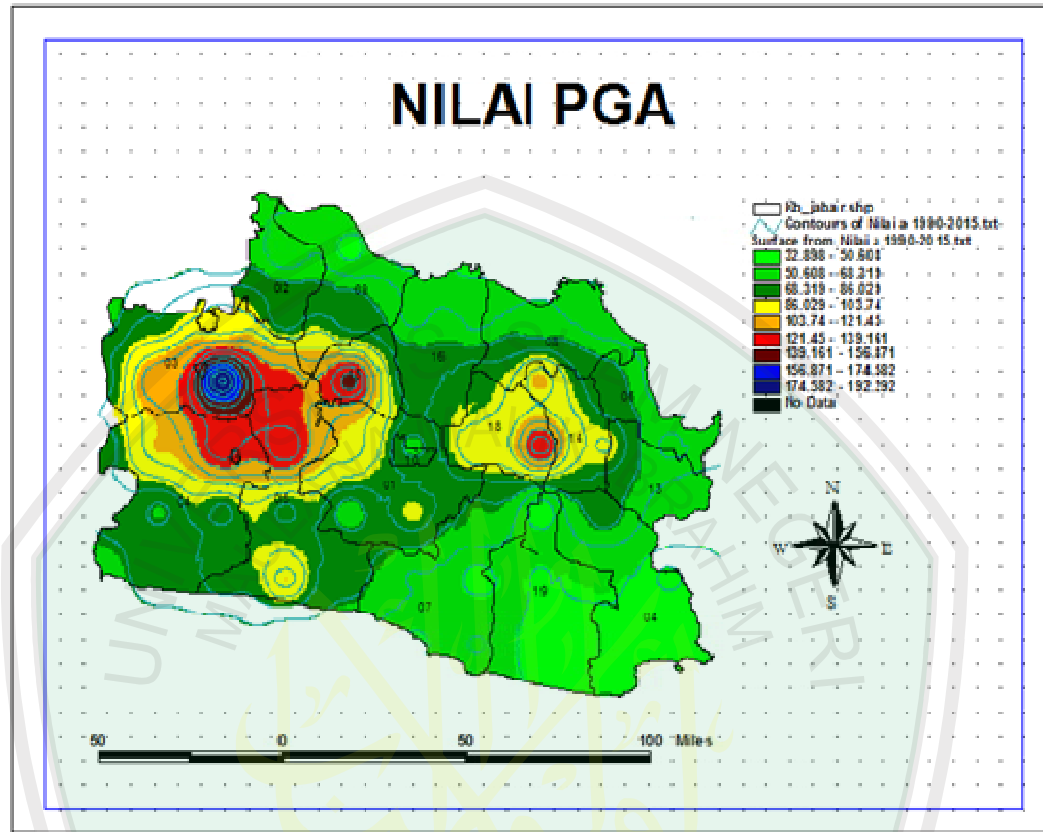
Gambar 4.16 Peta Jawa Barat Berdasarkan Warna Dan Nama Kabupaten/Kota

5. Untuk pembuatan kontur, diklik item **SURFACE** → **CREAT CONTOURS**.



Gambar 4.17 Kontur Percepatan Tanah Maksimum Jawa Barat

4.3.3 Hasil Data Percepatan Tanah



Gambar 4.18 Peta Jawa Barat Berdasarkan Nilai PGA

Tabel 4.2 Nama Kota Propinsi Jawa Barat

No	Nama Kabupaten/Kota	No	Nama Kabupaten/Kota
1	Bandung	10	Kota Bandung
2	Bekasi	12	Kota Sukabumi
3	Bogor	13	Kuningan
4	Ciamis	14	Majalengka
5	Cianjur	15	Purwakarta
6	Cirebon	16	Subang
7	Garut	16	Sukabumi
8	Indramayu	17	Sumedang
9	Karawang	18	Tasikmalaya

4.3.4 Pembahasan Hasil Data Percepatan Tanah

Dalam penelitian ini data yang diambil selama tahun 1990-2015. Data dengan periode waktu yang lama tersebut diharapkan dapat menjadi bahan perbandingan yang lengkap dan bisa digunakan untuk keperluan perencanaan bangunan. Harga percepatan getaran tanah maksimum gempa bumi dapat dihitung dengan cara pendekatan historis gempa bumi.

Hasil pemetaan yang didapat dari perhitungan percepatan tanah maksimum dengan metode Mc Guirre R.K yang ditunjukkan (Gambar 4.18) dapat dilihat bahwa nilai percepatan tanah maksimum yang diperoleh di daerah Jawa Barat yaitu berkisar antara 174,582-192,292 g. Daerah yang memiliki nilai percepatan tertinggi di daerah Jawa Barat yaitu terletak di daerah Kabupaten Bogor. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Klasifikasi daerah Jawa Barat berdasarkan pola-pola yang dihasilkan dengan metode Mc. Guirre R.K

No	Daerah/Kabupaten	A Mc. Guirre R.K (g)
1	Bogor	174,582-192,292
2	Purwakarta	139,161-156,871
3	Sukabumi, Cianjur, Sumedang	121,45-139,161
4	Tasikmalaya, Garut, Ciamis	32,898-50,608

Dilihat dari klasifikasi di atas dapat dilihat bahwa daerah Kabupaten Bogor memiliki percepatan tanah yang tinggi yaitu 174,582-192,292 g. Disusul daerah kedua yaitu daerah Purwakarta yang memiliki percepatan tanah yang tinggi yaitu 139,161-156,871 g, yang ketiga daerah yang memiliki nilai percepatan tanah tinggi yaitu daerah Kabupaten yaitu Sukabumi, Cianjur, Sumedang yang memiliki nilai percepatan tanah maksimum 121,45-139,161 g.

Dari nilai percepatan tanah maksimum yang tinggi berarti daerah Kabupaten Bogor merupakan salah satu daerah di Jawa Barat yang mempunyai tingkat kerawanan terhadap gempa bumi, dan berpengaruh terhadap besarnya bahaya tingkat kerusakan yang tinggi pula dibandingkan daerah-daerah yang lain di Jawa Barat. Untuk daerah lain yang mempunyai nilai percepatan tanah yang cukup tinggi dan mempunyai tingkat kerusakan terhadap bangunan yang cukup tinggi walaupun tidak begitu bahaya, seperti di Purwakarta, Sukabumi, Cianjur dan Sumedang. Sedangkan untuk daerah Tasikmalaya, Garut dan Ciamis mempunyai nilai percepatan tanah yang paling kecil yaitu 32,898-50,608 g, dan mempunyai tingkat kerusakan terhadap bangunan yang kecil.

Setiap gempa yang terjadi akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu tempat. Karena Semakin besar nilai percepatan tanah maksimum yang pernah terjadi disuatu tempat, semakin besar resiko gempabumi yang mungkin terjadi. Besarnya nilai percepatan tanah maksimum sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya seperti kondisi geologi daerah yang diteliti, besarnya magnitudo atau kekuatan gempa, kedalaman gempa, dan episenter.

Dilihat dari kondisi geologi Kabupaten Bogor itu sendiri termasuk dalam zona Bogor. Zona ini membentang mulai dari Rangkasbitung melalui Bogor, Purwakarta, Subang, Sumedang, Kuningan dan Manjalangka. Daerah ini merupakan perbukitan lipatan yang terbentuk dari batuan sedimen tersier laut dalam membentuk suatu Antiklonorium, di beberapa tempat mengalami patahan yang diperkirakan pada zaman Pliosen-Plistosen sezaman dengan terbentuknya patahan Lembang dan pengangkatan Pegunungan Selatan.

Daerah yang termasuk dalam zona Bogor ini tergolong daerah yang mempunyai nilai percepatan tanah maksimum yang cukup besar dari pada daerah lain yang ada di Jawa Barat yang termasuk dalam zona lain selain zona Bogor. Dilihat dari geologi zona Bogor, zona ini tersusun dari batuan-batuan keras yang dinamakan vulkanik neck atau sebagai batuan intrusi dari gunung berapi. Mungkin dari penyusun batuan bawah tanah ini yang menyebabkan daerah dalam zona Bogor mempunyai nilai percepatan yang tinggi, apalagi daerah Bogor sendiri yang memiliki nilai percepatan tanah maksimum yang paling besar.

Di daerah Bogor sendiri juga pernah terjadi gempa dengan magnitudo antara 4-5,8, gempa dengan kekuatan tersebut juga menjadi salah satu faktor pendukung nilai percepatan tanah maksimum di daerah Jawa Barat. Gempa-gempa yang terjadi di daerah Bogor termasuk kategori gempa dangkal yaitu antara 0-6,3 km, dari kedalaman gempa juga mempengaruhi nilai percepatan tanah maksimum di suatu daerah tersebut. Semakin dangkal gempa yang terjadi dengan magnitudo yang besar maka nilai percepatan tanahnya semakin besar. Di Jawa Barat sendiri gempa bumi sering sekali terjadi di daerah Sukabumi, tetapi daerah-daerah lain yang juga sering terjadi gempa seperti di daerah Garut dan Bogor. Dari hasil penelitian yang diperoleh bahwa nilai percepatan tanah maksimum di Jawa Barat yaitu berada di daerah Bogor walaupun dilihat dari episenternya bahwa daerah yang sering sekali terjadi gempa di daerah Sukabumi. Belum tentu daerah yang sering sekali terjadi gempa nilai percepatan tanah maksimumnya juga besar. Jika faktor-faktor pendukung besarnya nilai percepatan tanah maksimum tidak mendukung di daerah yang sering terjadi gempa tersebut.

Di Bogor walaupun gempa yang terjadi tidak sesering di Sukabumi tetapi nilai percepatan tanah maksimumnya besar, hal ini disebabkan oleh faktor-faktor yang mendukung besarnya nilai percepatan tanah maksimum di daerah tersebut seperti kondisi geologi, magnitudo gempa/kekuatan gempa dan kedalaman gempa.

Memang sejauh ini belum ada alat yang mendeteksi kapan gempa bumi akan terjadi. Tetapi dengan adanya penelitian serupa dan dari hasil penelitian yang dilakukan setidaknya akan memberikan gambaran tentang daerah yang rawan terjadi gempa bumi yang rawan dengan kerusakan akibat dari gempa bumi. Agar dapat meminimalisir korban akibat gempa bumi.

Ada beberapa cara yang digunakan oleh para ilmuwan Geofisika maupun Geologi untuk meminimalisir korban yang diakibatkan oleh gempa. Mulai dari pemetaan daerah rawan gempa hingga membuat instrumen yang terkait. Hal tersebut tak terlepas dari pemahaman awal mengenai parameter yang didapatkan dari gempa bumi serta mengenai konsep awal gempa bumi itu sendiri, dan bagaimana gempa bumi itu bisa terjadi. Jauh sebelum teknologi berkembang, al-Qur'an telah menjelaskan secara garis besar mengenai gempa bumi.

Dari kejadian gempa bumi ini sebenarnya ada dua makna yang bisa kita ambil, yaitu yang pertama sebagai anugerah dan musibah. Anugerah yang dimaksud adalah anugerah bagi manusia yang selama hidupnya melakukan perbuatan yang baik seperti yang telah diperintahkan oleh Allah, sedangkan musibah bagi manusia yang selama hidupnya melakukan kejelekan atau melakukan hal yang telah dilarang oleh Allah.

Dari hasil penelitian ini dicari adalah nilai percepatan tanah maksimum, yang mana nilai percepatan tanah maksimum ini akan dijadikan kontur agar bisa dijadikan informasi untuk meminimalisir dampak kerusakan atau korban jiwa akibat gempa bumi. Dalam penelitian ini yang diteliti tentang tanah, berbicara tentang tanah dalam al-Qur'an telah dijelaskan bahwa manusia diciptakan dari tanah sebelum mereka dilahirkan ke bumi. Seperti dijelaskan dalam al-Qur'an surat ar-Rum: 20:

وَمِنْ آيَاتِهِ أَنْ خَلَقَكُمْ مِنْ تُرَابٍ ثُمَّ إِذَا أَنْتُمْ بَشَرٌ تَنْتَشِرُونَ ﴿٢٠﴾

“Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya ialah Dia menciptakan kamu dari tanah, kemudian tiba-tiba kamu (menjadi) manusia yang berkembang biak” (QS. ar-Rum: 20).

Para ahli tafsir menerangkan bahwa yang dimaksudkan dengan Allah Swt menjadikan manusia dari tanah, maksudnya ialah Allah Swt menjadikan manusia dari saripati yang berasal dari tanah. Seorang bapak dan seorang ibu memakan makanan yang berasal dari tanah, dari binatang ternak dan dari tumbuh-tumbuhan. Binatang ternak memakan tumbuh-tumbuhan dan berkembang dengan menggunakan zat-zat yang berasal dari tanah. Sebagaimana makanan yang dimakan ibu atau bapak itu menjadi mani. Sebagian ahli tafsir yang lain berpendapat bahwa yang dimaksud dengan “Allah menciptakan manusia dari tanah, ialah bapak manusia Adam diciptakan Allah Swt dari tanah.

Dari keterangan surat di atas mengenai asal mula penciptaan manusia yang telah ditafsirkan yaitu yang intinya manusia diciptakan dari tanah dan dalam penelitian ini juga mencari nilai percepatan tanah untuk meminimalisir kerusakan akibat gempa bumi. Tanah dan gempa bumi erat kaitannya apalagi bila terjadi

gempa maka akan ada akibat atau efek dari gempa tersebut. Apabila manusia lupa dengan kodratnya bahwa diciptakan dari tanah dan sering mengerjakan pekerjaan yang dilarang oleh Allah Swt maka Allah dengan mudahnya mengembalikan manusia-manusia tersebut kembali ke asalnya yaitu tanah dengan suatu musibah bagi mereka yaitu gempa bumi. Seperti dijelaskan dalam surat al-A'raf: 91 yang menceritakan tentang kaum yang lalai maka Allah menurunkan azabnya berupa gempa yang menyebabkan bangunan rumah mereka roboh rata dengan tanah.



BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan dan analisa pada bab IV dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Percepatan tanah maksimum tertinggi sebesar 174,582-192,292 g yaitu di daerah Bogor dan yang terendah sebesar nilai percepatan tanah 32,898-50,608 g daerah Tasikmalaya, Garut, dan Ciamis.
2. Daerah yang mempunyai tingkat kerawan kerusakan akibat gempa bumi dari yang paling rawan sampai yang paling rendah berturut-turut yaitu mulai dari Bogor, disusul Purwakarta dan Sukabumi, dan yang paling rendah tingkat kerawanannya di daerah Cianjur, Sumedang, Tasikmalaya, Garut, dan Ciamis.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya data penelitian dapat diambil dengan jangka waktu yang lebih lama dalam jangka 100 tahun atau lebih dari itu, agar hasil kontur percepatan tanah lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah. 2010. *Analisis Dan Keaktifan Resiko Gempa Bumi Pada Zona Subduksi Daerah Pulau Sumatra Dan Sekitarnya Dengan Metode Least Square*, Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Abdullah. 2003. *Lubaabut Tafsir Min Ibni Katsiir*, Bogor: Tim Pustaka Imam asy-Syafi'i.
- Bemmelen R W, Van. 1949. *The Geology Indonesia*. Tha Hague Martinus.
- Fulki, Ahmad. 2011. *Analisis Parameter Gempa b Value Dan PGA Di Daerah Papua*, Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Gofar, Mohamad. 2008, *Gempa Bumi Dalam Perspektif al-Qur'an*, Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Handewi, Istiqorini, Sujito, Daeng Achmad Suaidi. 2014. *Analisis Percepatan Tanah Maksimum Gempa Bumi Tektonik Wilayah Jawa Timur Menggunakan Metode Donovan*, Malang: Universitas Negeri Malang.
- Idawati, M. 2005. *Studi Percepatan Tanah Maksimum Akibat Aktivitas Gempa Bumi Di Daerah Sulawesi Selatan*, Tugas Akhir Program Studi Geofisika, Makassar: UNHAS.
- Ismail, Sulaiman. 1989. *Pendahuluan Seismologi Jilid ii A*, Balai Diklat Meteorogi Dan Geofisika, Jakarta: Departemen perhubungan.
- Jurnal Gunung Api & Mitigasi Bencana Geologi Vol. 1 Nomor 2. Bandung: Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral Badan Geologi Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Martodjojo, S. 1984. *Evolusi Cekungan Bogor Jawa Barat*. Bandung: ITB.

Munawwir, Ahmad W. 1997. *Al-Munawwir Kamus Arab*, Yogyakarta: Pustaka Progresif.

Noor, D. 2005. *Geologi Lingkungan*, Yogyakarta: Graha Ilmu.

Qutbh, Sayyid. 2001. *Fizalil-Qur'an IV*, dialih bahasakan oleh As'ad Yasin dan Abdul Aziz Salim Basyarahil, Jakarta: Gema Insani.

Riks, A dkk. 2013. *Model Hubungan Antara Percepatan Tanah Maksimum (Pga) Dengan Kecepatan Tanah Maksimum (Pgv) (Studi Kasus Wil. Sul-Bar)*, Makasar: Universitas Hasanuddin Makassar.

Sahil, Azharuddin. 2007. *Indeks Al-Qur'an Panduan Mudah Mencari Ayat Dan Kata Dalam Al-Qur'an*, Bandung: Mizan Pustaka.

Sampurno. 1976. *Geologi Daerah Longsor Jawa Barat*. Jakarta: Geologi Indonesia.

Sandy, I.M. 1996. *Republik Indonesia Geografi Regional*. Jakarta: Jurusan Geografi FMIPA Universitas Indonesia.

Shihab, M.Quraish. 2002. *Tafsir al-Misbah Pesan Kesan Dan Keserasian al-Qur'an*, Jakarta: Lentera Hati.

Supartoyo, dan Surono. 2009. *Kegempaan di Wilayah Jawa Barat dan Kejadian Gempa bumi Jawa Barat Selatan Tanggal 2 September 2009*.

Supartoyo dkk. 2008. *Katalog Gempa Bumi Merusak di Indonesia. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral*, Jakarta: Badan Geologi Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi.

Tommy, Pandi. 2011. *Analisa Risiko Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Tipe 142 Akibat Gempa (Studi Kasus: Rumah Tinggal Di Sebuah Perumahan Di Kota Depok)*, Jakarta: Universitas Indonesia.

Winardi, A. 2006. *Gempa Jogja, Indonesia & Dunia*, Jakarta: Gramedia.



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

DATA GEMPA YANG SUDAH DISORTIR

LATIT U D E	LONGIT U D E	M	DEP
-77.881	1.082.852	4.2	33
-77.881	1.082.852	4.2	33
-7.775	108.177	4.4	55.5
-7.775	108.177	4.4	55.5
-77.462	1.080.022	4.3	33
-77.462	1.080.022	4.3	33
-7.737	107.977	4.4	69.9
-7.737	107.977	4.4	69.9
-77.239	1.077.768	4	35
-77.239	1.077.768	4	35
-77.151	108.638	3.4	65.1
-77.151	108.638	3.4	65.1
-76.969	1.084.105	4.3	41.5
-76.969	1.084.105	4.3	41.5
-7.695	108.11	3.5	33
-7.695	108.11	3.5	33
-7.695	107.582	3.7	33
-7.695	107.582	3.7	33
-7.68	1.079.567	3.9	33
-7.68	1.079.567	3.9	33
-76.752	1.081.596	4.2	33
-76.752	1.081.596	4.2	33
-76.721	1.079.606	4	33
-76.721	1.079.606	4	33
-76.698	1.084.398	4.7	33
-76.698	1.084.398	4.7	33

-7.667	1.079.909	4.9	58.2
-7.667	1.079.909	4.9	58.2
-7.649	107.882	4.9	51.7
-7.649	107.882	4.9	51.7
-76.444	1.077.232	3.9	33
-76.444	1.077.232	3.9	33
-76.351	1.079.317	3.8	0
-76.351	1.079.317	3.8	0
-76.311	1.076.421	4.5	60.9
-76.311	1.076.421	4.5	60.9
-75.892	1.079.882	4	10
-75.892	1.079.882	4	10
-75.885	1.079.462	3.8	33
-75.885	1.079.462	3.8	33
-75.783	1.075.531	4.4	24.4
-75.783	1.075.531	4.4	24.4
-7.577	1.086.946	3.6	0
-7.577	1.086.946	3.6	0
-7.5	107.8	2.1	21
-7.5	107.8	2.1	21
-7.49	107.61	3.5	10
-7.49	107.61	3.5	10
-74.862	1.076.532	3.7	0
-74.862	1.076.532	3.7	0
-74.835	1.085.085	3.6	33
-74.835	1.085.085	3.6	33
-7.46	107.51	3.8	14
-7.46	107.51	3.8	14
-74.517	1.077.841	3.6	14.2
-74.517	1.077.841	3.6	14.2
-7.446	1.075.742	3.7	27.2

-7.446	1.075.742	3.7	27.2
-7.44	107.54	4	10
-7.44	107.54	4	10
-7.437	107.093	4.5	35.4
-7.437	106.631	4.2	33
-7.422	106.621	4.1	33
-74.197	1.068.162	4.6	69.1
-74.115	1.066.457	3.9	33
-74.114	1.065.293	2.4	60
-7.41	107.68	3.6	13
-7.41	107.54	3.5	2
-7.405	1.076.434	3.3	10
-7.4	107.2	4.8	2
-7.4	106.7	2.6	21
-7.4	1.065.914	4.6	33
-7.39	107.58	3.7	10
-7.39	107.56	4	10
-7.39	107.47	3.9	64
-73.897	1.067.521	4.9	52
-73.866	1.075.257	3.6	10
-7.386	1.071.038	3.9	0
-73.837	1.066.229	4.3	69.3
-7.368	1.071.847	4.3	35
-7.36	107.63	4	10
-7.36	107.61	3.8	12
-7.36	107.59	3.5	10
-7.356	1.075.517	3.8	10
-73.537	1.067.742	5.2	20.6
-7.35	107.72	3.6	10
-73.471	1.075.404	3.3	10
-7.34	107.55	3.7	10

-73.352	1.064.161	3.8	0
-7.33	107.62	3.7	10
-7.329	1.067.098	4.9	33
-73.282	1.067.757	4.8	33
-73.268	1.076.178	3.9	13.6
-73.268	1.075.505	3.6	9.7
-73.241	1.064.595	4.2	50.3
-73.141	1.065.977	4.8	69.9
-73.121	1.068.443	3.8	0
-7.305	1.066.041	4.7	50
-73.047	1.075.972	4.1	10
-7.3	107.54	3.6	23
-7.292	106.981	4.4	68.1
-7.291	1.075.852	3.7	0
-72.764	1.083.867	3.8	0
-7.275	106.587	3.9	33
-72.478	1.072.636	2.9	14
-72.413	1.077.259	4.3	35
-72.409	108.218	3.8	0
-7.24	107.44	3.4	10
-72.397	1.068.934	4.7	32.8
-7.226	108.366	4.2	38.8
-72.234	1.072.878	4.2	0
-7.22	107.71	3.7	15
-7.22	106.841	4.3	57.9
-72.156	1.082.042	3.7	33
-7.203	1.071.272	4.7	33
-7.2	106.8	4.8	45
-71.987	1.065.294	4.7	57.3
-71.903	1.085.664	3.3	35
-7.19	106.96	3.8	4

-71.897	1.083.091	4	0
-7.18	107.81	3.6	15
-71.781	1.077.347	4.1	48.9
-71.734	1.073.332	3.7	2
-71.663	1.074.397	4	0
-71.645	1.068.713	4.9	33
-71.607	106.826	3.6	0
-71.564	1.076.842	4	33
-71.527	1.076.626	3.6	10
-7.14	106.48	3.6	10
-71.394	1.084.567	3.7	48.7
-71.326	1.066.451	4.5	65
-71.309	1.065.019	4.4	33
-7.126	107.683	4	33
-71.197	1.068.987	3.4	10
-71.158	1.071.945	3.9	52.5
-71.134	1.070.067	4.2	33
-71.134	1.065.573	4.2	33
-7.097	107.562	3.4	33
-70.944	1.067.286	4.3	35
-70.937	1.067.166	4.6	45.6
-70.918	1.067.426	4.8	33
-7.08	108.63	3.3	18
-70.706	1.076.826	4.8	10
-7.07	106.54	3.6	10
-70.682	1.066.351	3.7	33
-70.622	1.081.934	3.8	0
-70.364	1.064.654	2.8	12
-70.316	1.081.546	3.6	0
-70.266	1.067.838	4.6	15.6
-7.012	108.266	5	37.1

-7.01	107.46	3.6	10
-70.094	1.086.299	3.7	0
-70.083	1.068.268	3.8	0
-70.066	1.066.459	4.8	52.4
-70.061	1.067.622	3.9	4.9
-70.036	1.064.742	4.8	12
-70.031	1.073.171	3.8	51.9
-7	108.4	4.8	12
-6.986	106.503	4.2	52.5
-69.839	1.068.351	4.8	13.1
-69.804	106.569	2.5	8
-69.767	1.073.521	4.2	10
-69.703	1.065.635	2.5	2
-6.95	106.46	3.6	27
-69.484	1.085.298	4.5	37.7
-69.404	1.069.619	3.6	0
-6.931	1.064.403	4.3	10
-6.929	1.069.156	3.6	0
-69.264	1.080.834	4.3	66.7
-69.175	1.074.955	3.5	33
-6.9	108.4	4.8	12
-6.9	108.26	3.1	10
-6.9	106.9	4.9	43
-68.996	1.070.106	4.8	33
-68.937	1.066.862	4.2	33
-68.857	1.067.473	2.7	17
-6.876	106.869	4.4	33
-68.465	1.074.613	3.8	33
-68.248	1.066.525	3.8	10
-6.81	107.07	3.1	30
-68.071	1.080.903	5.6	13.5

-68.061	1.077.556	3.9	6.3
-6.8	108.4	2.5	12
-6.8	107.1	4.9	21
-67.991	1.066.594	3.1	30
-67.872	106.985	2.8	11.3
-6.78	107	3.5	29
-67.751	1.070.044	5.7	2
-67.662	1.083.476	3.8	0
-6.76	106.68	3.6	3
-6.76	106.66	3.9	10
-67.593	1.066.495	3.7	10
-67.585	1.064.236	4.5	33
-67.543	1.064.961	4.3	11.9
-67.519	1.080.152	3.6	33
-67.497	1.081.171	3.6	48.9
-67.384	1.069.994	1.9	20
-67.375	1.066.731	3.7	10.1
-67.374	1.082.756	3.6	0
-67.341	1.084.724	3.7	0
-67.097	1.067.729	5	2
-6.701	1.064.966	3.5	0
-67.005	1.068.363	5.8	2
-6.7	107.2	4.8	2
-66.884	1.080.163	3.9	35
-66.852	1.072.855	5.5	2
-6.683	106.846	4.4	21.3
-6.683	1.066.694	4.6	16.5
-6.672	107.916	4.7	23.3
-6.672	106.714	4.6	33
-66.582	1.068.057	3.6	0
-66.549	1.076.768	3.8	0

-6.651	106.801	4.2	33
-66.497	1.076.634	3.7	4.9
-6.64	107.4	3.5	10
-6.636	107.954	3.9	0
-66.335	1.080.073	4.1	33
-66.319	1.072.421	4	35
-66.308	1.064.264	4	0
-66.268	1.066.037	4	33
-6.623	1.073.663	3.8	0
-6.613	108.242	4	33
-6.6	107.7	2.4	21
-6.6	107.1	3	12
-65.994	1.065.854	3.4	0
-65.924	1.070.094	4.6	11.2
-65.759	1.068.601	4	33
-65.667	1.066.027	4.5	27.7
-65.664	1.065.905	2.9	12
-65.607	106.998	3.8	0
-65.533	1.076.496	4.7	0
-65.499	106.984	3.8	0
-65.042	1.078.053	3.8	0
-6.48	107.3	3.5	13
-64.749	1.066.721	4.4	30
-64.705	1.068.624	3.6	0
-6.47	107.15	2.8	0
-6.426	107.127	4.8	33
-6.41	107.41	3	51
-6.4	106.9	2	69
-63.693	1.064.635	3.7	13.2
-62.342	1.082.996	3.4	0
-6.18	107.049	3.5	0

-6.179	1.081.933	4.1	0
-60.926	107.437	4.7	2
-60.546	1.073.797	4.7	12

LAMPIRAN 2.

HASIL PERHITUNGAN NILAI PGA

LAT	LONG	A
-5.875	106.375	344.422.892
-6.125	106.375	4.446.406.191
-6.375	106.375	576.140.529
-6.625	106.375	7.102.029.433
-6.875	106.375	6.884.253.869
-7.125	106.375	698.560.975
-7.375	106.375	6.088.185.885
-7.625	106.375	4.257.951.788
-7.875	106.375	3.273.018.507
-5.875	106.625	3.833.782.222
-6.125	106.625	5.314.286.935
-6.375	106.625	7.983.569.435
-6.625	106.625	1.196.989.668
-6.875	106.625	1.044.100.203
-7.125	106.625	6.728.746.142
-7.375	106.625	7.821.351.356
-7.625	106.625	5.769.337.626
-7.875	106.625	3.857.895.429
-5.875	106.875	3.954.652.813
-6.125	106.875	562.493.543
-6.375	106.875	911.746.426
-6.625	106.875	192.328.759
-6.875	106.875	1.369.667.368

-7.125	106.875	7.726.695.638
-7.375	106.875	8.442.318.837
-7.625	106.875	5.993.281.477
-7.875	106.875	392.477.578
-5.875	107.125	3.733.591.799
-6.125	107.125	5.073.389.364
-6.375	107.125	7.259.493.056
-6.625	107.125	1.231.873.254
-6.875	107.125	1.384.460.747
-7.125	107.125	7.775.957.179
-7.375	107.125	1.040.448.673
-7.625	107.125	6.065.710.577
-7.875	107.125	3.500.117.393
-5.875	107.375	3.309.970.557
-6.125	107.375	4.715.115.142
-6.375	107.375	761.492.516
-6.625	107.375	145.113.501
-6.875	107.375	1.027.616.491
-7.125	107.375	634.727.641
-7.375	107.375	729.920.654
-7.625	107.375	5.348.014.609
-7.875	107.375	3.345.985.717
-5.875	107.625	3.067.760.073
-6.125	107.625	4.119.570.633
-6.375	107.625	5.714.596.485
-6.625	107.625	7.271.171.372
-6.875	107.625	6.594.824.001
-7.125	107.625	8.891.452.732
-7.375	107.625	5.955.625.499
-7.625	107.625	4.720.642.653
-7.875	107.625	3.340.878.197

-5.875	107.875	2.965.589.392
-6.125	107.875	3.970.281.619
-6.375	107.875	5.671.966.526
-6.625	107.875	846.061.854
-6.875	107.875	9.645.463.027
-7.125	107.875	6.818.580.875
-7.375	107.875	4.632.813.491
-7.625	107.875	6.084.581.176
-7.875	107.875	3.493.956.548
-5.875	108.125	304.331.104
-6.125	108.125	4.147.780.691
-6.375	108.125	6.191.031.918
-6.625	108.125	1.059.567.599
-6.875	108.125	1.360.781.649
-7.125	108.125	4.147.780.691
-7.375	108.125	4.911.278.865
-7.625	108.125	4.513.525.091
-7.875	108.125	3.349.345.562
-5.875	108.375	2.909.397.633
-6.125	108.375	3.847.377.037
-6.375	108.375	5.348.851.873
-6.625	108.375	7.499.984.918
-6.875	108.375	9.098.767.409
-7.125	108.375	7.521.341.055
-7.375	108.375	5.076.359.811
-7.625	108.375	4.739.570.814
-7.875	108.375	4.129.938.167
-5.875	108.625	2.627.989.878
-6.125	108.625	3.288.931.936
-6.375	108.625	413.766.944
-6.625	108.625	4.970.396.803

-6.875	108.625	5.870.822.251
-7.125	108.625	544.359.864
-7.375	108.625	3.714.245.862
-7.625	108.625	4.754.715.966
-7.875	108.625	3.806.751.102
-5.875	108.875	2.298.409.744
-6.125	108.875	2.727.496.452
-6.375	108.875	3.188.820.276
-6.625	108.875	3.554.409.828
-6.875	108.875	3.636.632.254
-7.125	108.875	3.384.907.073
-7.375	108.875	294.182.718
-7.625	108.875	3.290.869.568
-7.875	108.875	2.848.758.417
		0