

**ANALISIS PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM UNTUK
MENENTUKAN KERENTANAN SEISMIK DAN TINGKAT RESIKO
GEMPA BUMI DI JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh:
NURUL FIRDAUSIYAH
NIM. 16640065



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**ANALISIS PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM UNTUK
MENENTUKAN KERENTANAN SEISMIK DAN TINGKAT RESIKO
GEMPA BUMI DI JAWA TIMUR**

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:**

**NURUL FIRDAUSIYAH
NIM. 16640065**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

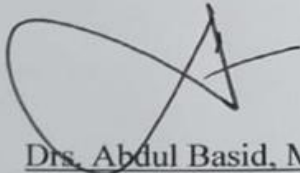
**ANALISIS PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM UNTUK
MENENTUKAN KERENTANAN SEISMIK DAN TINGKAT RESIKO
GEMPA BUMI DI JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh:
Nurul Firdausiyah
NIM. 16640065

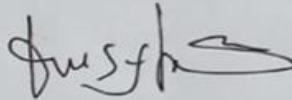
Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal, 16 Desember 2022

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Mubasyiroh, S.Si., M.pd.I
NIP. 19790502 20180201 2 208

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM UNTUK MENENTUKAN KERENTANAN SEISMIK DAN TINGKAT RESIKO GEMPA BUMI DI JAWA TIMUR

SKRIPSI

Oleh:
Nurul Firdausiyah
NIM. 16640065

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 18 Desember 2022

Ketua Penguji	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Anggota I	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Pembimbing I	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Pembimbing II	<u>Mubasyiroh, S.Si., M.pd.I</u> NIP. 19790502 20180201 2 208	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurul Firdausiyah

NIM : 16640065

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum Untuk Menentukan Kerentanan Seismik dan Tingkat Resiko Gempa Bumi di Jawa Timur

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil dari penelitian ini tidak terdapat unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang telah dibuat oleh orang lain, kecuali yang dikutip dalam naskah disebabkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur penjiplakan maka saya akan bersedia untuk mempertanggung jawabkan serta menerima sanksi yang sudah ditetapkan

Malang, 16 Desember 2022
Yang Membuat Pernyataan



Nurul Firdausiyah
NIM. 16640065

MOTTO

Usaha yang membentukmu. Kamu akan menyesal suatu hari nanti jika kamu tidak melakukan yang terbaik sekarang. Jangan berpikir ini terlambat, tapi teruslah kerjakan. Semuanya membutuhkan waktu, tetapi tidak ada yang bertambah buruk karena berlatih, jadi teruslah berlatih. Kamu mungkin mengalami depresi, tapi itu bukti bahwa kamu kuat dan sudah berbuat baik.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tuhan sembahanku, Allah SWT sang pencipta, penguasa alam jagat raya yang mengatur kehidupan di alam semesta yang indah dan menakjubkan ini, Tuhan sang pemberi nikmat dan rahmat kepada seluruh makhluk-Nya “*Alhamdulillahillobbil ‘alamiin*”, semoga lembaran-lembaran ini menjadi amal sholeh dan selalu dalam ridho-Nya

Junjunganku, Nabi Muhammad SAW yang memberi cahaya dihati umatnya dan membawa kesejahteraan pada Alam Semesta ini dalam bentuk ilmu pengetahuan dan menjadi suri tauladan bagi seluruh umat, serta berharap di hari akhir nanti mendapat syafa’atnya pada hari kiamat “*Allahumma sholli ‘ala saiyyidina Muhammad waala ‘ali saiyyidina Muhammad*”

Orang tua ku Bapak Lutfi M dan Ibu Syamsiyah yang pengorbanannya sangat besar dan tiada banding. Kalimat sempurna adalah orang tua yang selalu mendoakan anaknya dimanapun dan kapanpun

Para dosen dan pembimbing yang telah menunjukkan kebesaran Tuhan melalui keindahan dan keluasan ilmu yang tak terhingga nilainya, terutama dibidang ilmu fisika. Terima kasih sudah berlapang dada dan memberikan waktunya. Semoga berkah dan bermanfaat di dunia sampai akhirat

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “ANALISIS PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM UNTUK MENENTUKAN KERENTANAN SEISMIK DAN TINGKAT RESIKO GEMPA BUMI DI JAWA TIMUR”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang cerah dan penuh dengan ilmu pengetahuan yang luar biasa saat ini.

Dalam melakukan penyusunan tugas akhir ini, penulis sangat sadar sepenuhnya bahwa dalam kepenulisan ini tidak terlepas dari bimbingan, semangat serta dukungan dari banyak pihak, baik bersifat moril ataupun materil, maka dari itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. HM. Zainuddin, MA., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
3. Dr. Imam Tazi, M.Si. Selaku ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Drs. Abdul Basid, M.Si., selaku dosen pembimbing Fisika
5. Mubasyiroh, S.Si., M.pd.I selaku dosen Pembimbing Integrasi
6. Keluarga Khususnya Ayah Lutfi M dan Ibu Syamsiyah sebagai kekuatan terbesar bagi penulis yang selalu senantiasa mendoakan dan mendukung

penulis hingga diberi kemudahan sampai akhir, serta keluarga besar dalam penulisan skripsi. dukungan secara moril, moral, materi, mental, dan lain sebagainya yang sangat berharga.

7. Ar. Akhmad Fatah Yasin, IAI dan Yulinda, S.Pd.Sd sekeluarga, terima kasih sudah memberikan ruang, kesempatan serta motivasi bagi penulis dan bersedia menjadi tempat pulang yang selalu direpoti selama proses pengerjaan tugas akhir
8. H. Aunur Rofiq, Lc., M.Ag., Ph.D dan Anneu Susana sekeluarga, terima kasih banyak sudah menjadi orang tua kedua penulis yang selalu di repoti dan bersedia menjadi tempat pulang bagi penulis.
9. Bawean Foundation Scholarship yang sudah memberikan fasilitas kepada penulis, hingga dapat merasakan bangku kuliah dan juga sebagai motivator terbesar bagi penulis.
10. Amaliyah hidayati S.Si yang sudah membantu dan mengajari penulis dalam proses tugas akhir
11. Uswatun Hasanah dan Najmatus syahiroh, terima kasih sudah memberikan tempat peristirahatan untuk penulis
12. Muhammad Daud Yusuf sebagai kakak dan tempat keluh kesah, terima kasih sudah membantu baik bersifat moril maupun materil kepada penulis
13. Keluarga Fisika 16 dan Geofisika 16 yang selalu memberikan cinta dan dukungan kepada penulis serta kebersamai selama proses perkuliahan.
14. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu sudah mendoakan dan membantu penulis hingga dapat menyelesaikan semuanya Teman-teman

Fisika, yang selalu memberi semangat dan dukungan dalam menyusun skripsi ini.

15. Serta terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, namun penulis tidak mengurangi rasa terima kasih atas jasa bantuannya.

Penulisan berharap semoga Skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 4 September 2022

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.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
المخلص.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Struktural Bumi.....	7
2.1.1 Kerak Bumi.....	8
2.1.2 Mantel Bumi	8
2.1.3 Inti Bumi.....	8
2.2 Gempa Bumi	9
2.3 Klasifikasi Gempa Bumi	11
2.4 Gelombang Seismik.....	14
2.4.1 Gelombang Badan (Body Wave).....	16
2.4.2 Gelombang Permukaan (Surface Wave)	17
2.5 Proses Terjadinya Gempa Bumi	19
2.6 Teori Tektonik Lempeng	21
2.7 Batas Pertemuan Lempeng	22
2.8 Percepatan Tanah.....	24
2.9 Parameter Gempa Bumi.....	25
2.10 Intensitas Gempa Bumi.....	35
2.11 Tingkat Resiko Gempa Bumi	37
2.12 Fungsi Atenuasi	23
2.13 Manfaat dan Hikmah Gempa Bumi dalam Perspektif Islam	40
BAB III METODE PENELITIAN	46

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	46
3.2	Instrumentasii Penelitian	46
3.3	Jenis Data.....	46
3.4	Perhitungan dan Input Data	47
3.5	Diagram Alir.....	50
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		50
4.1	Pengolahan Data	50
4.2	Data dan Pembahasan	53
4.3	Analisis Peta Percepatan Tanah (PGA)	65
4.4	Analisis Peta Resiko Gempa Bumi	74
4.5	Gempa Bumi dalam Perspektif Islam	79
BAB V PENUTUP.....		86
5.1	Kesimpulan.....	86
5.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN.....		90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Susunan Lapisan bumi.....	9
Gambar 2.2	Gelombang Primer.....	10
Gambar 2.3	Gelombang Sekunder	11
Gambar 2.4	Gelombang reyligh	13
Gambar 2.5	Gelombang love.....	16
Gambar 2.6	Lempeng tektonik divrgen.....	17
Gambar 2.7	Lempeng tektonik convergent	17
Gambar 2.8	Lempeng tektonik transform	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 4.1	Titik Gempa Bumi di wilayah penelitian	20
Gambar 4.2	Hasil grid penelitian provinsi Jawa Timur	22
Gambar 4.3	Tampilan Peta SHP kecamatan pada Provinsi Jawa Timur	48
Gambar 4.4	Tampilan Raster Analysis.....	49
Gambar 4.5	Tampilan editing peta percepatan getaran tanah maksimum ...	50
Gambar 4.6	Tampilan Peta Resiko Gempabumi Metode Donovan	50
Gambar 4.7	Peta Percepatan Getaran Tanah Maksimum Metode Mc Guirre	51
Gambar 4.8	Peta Percepatan Getaran Tanah Maksimum Metode Donovan	53
Gambar 4.9	Peta Intensitas Metode Mc Guirre	54
Gambar 4.10	Peta Intensitas Metode Donovan	55
Gambar 4.11	Peta Resiko Gempabumi Metode Donovan	56
Gambar 4.12	Peta Resiko Gempabumi Metode Mc Guirre	57
Gambar 4.13	Kerusakan Rumah Akibat Gempabumi di Kabupaten Malang	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Magnitudo Gempa	21
Tabel 2.2 Kolerasi Konversi Magnitudo	23
Tabel 2.3 Konversi Nilai PGA ke Intensitas	24
Tabel 2.4 Skala MMI	25
Tabel 2.5 Magnitudo, Efek karakter	28
Tabel 2.6 Skoring Komponen	29
Tabel 4.1 Data Gempa Merusak 1972-2022 di Jawa Timur	43
Tabel 4.2 Skoring Indikator	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Percepatan Getaran Tanah Maksimum Metode Mc Guirre	77
Lampiran 2	Hasil Percepatan Getaran Tanah Maksimum Metode Donovan	87
Lampiran 3	Hasil Scoring Peta Resiko Metode Mc Guirre	96
Lampiran 4	Hasil Scoring Peta Resiko Donovan.....	113
Lampiran 5	Analisis Peta PGA Metode Mc Guirre	129
Lampiran 6	Analisis Peta PGA Metode Donovan	130

ABSTRAK

Firdausiyah, Nurul. 2022. **Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum Untuk Menentukan Kerentanan Seismik Dan Tingkat Resiko Gempa Bumi Di Jawa Timur**. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Mubasyiroh, S.S., M.Pd.I

Kata Kunci: Gempa Bumi, Percepatan Getaran Tanah Maksimum, Resiko Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran tanah yang ditimbulkan oleh gelombang seismic yang dipancarkan oleh suatu sumber energi elastic yang dilepaskan secara tiba-tiba. Gelombang yang dipancarkan menjalar melalui batuan-batuan di dalam bumi. Apabila gempa bumi terjadi akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerentanan seismik dan untuk mengetahui peta resiko gempa bumi di Jawa Timur dengan menggunakan 2 metode penelitian berdasarkan data katalog gempa bumi yang diambil dari USGS dengan periode tahun 1972-2022. Berdasarkan pembatasan wilayah Jawa Timur dengan koordinat yang dibatasi oleh garis lintang dan bujur antara $6^{\circ}50'LS - 9^{\circ}LS$ dan $111^{\circ}BT - 115^{\circ}BT$. Dengan memilih magnitude ≥ 5 SR dengan kedalaman ≤ 60 km. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa nilai tertinggi percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dengan menggunakan metode Mc Guirre memiliki kisaran nilai antara 95 - 118 gal berada pada skala VI MMI. Sedangkan nilai percepatan getaran tanah maksimum dengan menggunakan metode Donovan memiliki kisaran nilai antara 96 - 120 gal berada pada skala VI MMI. Berdasarkan hasil dari kedua metode tersebut setelah dikorelasikan dengan data historis gempa yang merusak di Jawa Timur, wilayah yang diperkirakan mempunyai tingkat resiko tertinggi akibat gempa bumi diantaranya kecamatan Panggul, Ambulu, Tanggul, Serono, Genteng, Glenmore, Purwohardjo, Tegaldlimo, Candipuro, Wajak, Sendul, Kalipare, Doko, Wlingi, Berbek, Torjun, Robatal, Omben.. Tingginya tingkat resiko tersebut dipengaruhi oleh nilai Intensitas maksimum dan kepadatan penduduk.

ABSTRACT

Firdausiyah, Nurul. 2022. **Analysis of Maximum Ground Vibration Acceleration to Determine Seismic Vulnerability and Earthquake Risk Level in East Java.** Physics Department, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Mubasyiroh, S.S., M.Pd.I

Keywords: Earthquake, Maximum Ground Vibration Acceleration, Earthquake Risk

Earthquakes are ground vibrations caused by seismic waves emitted by a sudden release of elastic energy sources. Emitted waves propagate through the rocks in the earth. If an earthquake occurs, it will cause one ground acceleration value in an area. This study aims to determine the level of seismic vulnerability and to determine the earthquake risk map in East Java using 2 research methods based on earthquake catalog data taken from the USGS 1972-2022 period. Based on the territorial restrictions of East Java with coordinates bounded by latitude and longitude between 6050LS – 90LS and 1110E – 1150E. By choosing a magnitude ≥ 5 SR with a depth of ≤ 60 km. The analysis results show the highest maximum ground vibration acceleration (PGA) value using the McGuire method that has a value range between 95 - 118 gal on the VI MMI scale. While the maximum ground vibration acceleration value using the Donovan method has a range between 96 – 120 gal on the VI MMI scale. Based on the results of the two methods after being correlated with historical data of destructive earthquakes in East Java, the areas that are estimated to have the highest level of risk due to the earthquakes are Panggul, Ambulu, Tanggul, Serono, Genteng, Glenmore, Purwohardjo, Tegaldlimo, Candipuro, Wajak, Sendul, Kalipare, Doko, Wlingi, Berbek, Torjun, Robatal, Omben. The high level of risk influenced by the maximum intensity value and population density.

الملخص

الفردوسية، نور. 2022. تحليل الحد الأقصى لتسريع اهتزاز الأرض لتحديد الضعف الزلزالي ومستويات مخاطر الزلازل في جاوي شرقي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (I) عبد الباسد، الماجستير، (II) مباشرة، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: الزلازل، الحد الأقصى لتسريع اهتزاز الأرض، مخاطر الزلازل.

الزلازل هي اهتزازات أرضية ناتجة عن الموجات الزلزالية المنبعثة من مصدر الطاقة المرنة التي تنطلق فجأة. تنتشر إذا حدث زلزال، فسوف يتسبب في قيمة تسارع الأرض في منطقة الموجات المنبعثة من خلال الصخور في الأرض. ما. هدفت هذا البحث إلى تحديد مستوى الضعف الزلزالي وتحديد خريطة مخاطر الزلازل في جاوي شرقي باستخدام طريقتين بحثيتين بناءً على بيانات كتالوج الزلازل المأخوذة من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية للفترة 1972-2022. و $LS^0 - 6^{050} LS$ تحدها خطوط الطول والعرض بين استنادًا إلى حدود جاوي شرقي مع إحداثيات 60 كم. ظهرت نتائج التحليل أن أعلى قيمة $\geq 5 SR$ عن طريق اختيار حجم $111^{0}BT - 115^{0}BT$ لها نطاق قيم بين 95-118 جالون على Mc Guirre باستخدام طريقة PGA لتسريع اهتزاز الأرض الأقصى لها نطاق قيم Donovan الأقصى لقيمة تسريع اهتزاز الأرض باستخدام طريقة . بينما الحد $VI MMI$ مقياس . بناءً على نتائج الطريقتين بعد ارتباطهما بالبيانات التاريخية للزلازل $VI MMI$ بين 96-120 جالون على مقياس المدمرة في جاوي شرقي، فإن المنطقة التي يُقدر أن لديها أعلى مستوى من المخاطر بسبب الزلازل هي مناطق تيجال ديمو الفرعية، روجو جامبي، جامبيران، سيرونو، تمبورنجو، سيلو، كابات، سينجوجوتو، إمانكمينت، كاليبوارو، بلاطة، مومبلساري، بادونج، باساساري، باسيريان، يوسويلانجون، كانديبو، تيمبوساري، واجاك، بونكوكوسومو، جابونج، باجاك، كاليبوار، دوكوه نجاجوم، سينجوساري، داو، بونجوك، تالون، سوتو جويو، وونوتيرتو، كاليبوار، نجورو، تراواس، بيرك، ديويك، بارون، جوندانج، نغاوي، بارون، ماديون، تاكيران، سوکورنجو، موجو، كجرامبونج، بارانج، رباتال، طرجون، سانفانج، سراسيه، جونونج كيدول، قاقاف، كيبون أجونج. تأثر المستوى المرتفع للمخاطر بالقيمة القصوى للكثافة والكثافة السكانية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geografis Indonesia terletak di daerah katulistiwa dengan morfologi yang beragam dari daratan sampai pegunungan. Keragaman morfologi ini banyak dipengaruhi oleh faktor geologi terutama dengan adanya aktifitas pergerakan tiga batas pertemuan lempeng besar tektonik (*triple junction plate convergence*) yaitu Lempeng Indo-Australia yang bergerak relatif ke utara, Lempeng Eurasia yang bergerak relatif ke tenggara dan Lempeng Pasifik yang bergerak relatif ke barat, di sekitar perairan Indonesia. Pergerakan lempeng-lempeng tektonik tersebut menyebabkan wilayah Indonesia menjadi daerah yang rawan terhadap gempa. Belum lagi, dengan adanya patahan-patahan lokal yang saling bergerak satu sama lain, hal ini semakin memperbesar resiko terjadinya gempa bumi.

Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang terletak pada zona pertemuan dua lempeng tektonik besar, yaitu Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Gerak aktif lempeng Indo-Australia ini senantiasa bergerak relatif ke utara dengan kelajuan kurang lebih 5-6 cm per tahun menunjam di bawah Lempeng Eurasia. Kedua lempeng inilah yang merupakan generator utama aktifitas gempa bumi di Jawa Timur, dengan jenis subduksi yang dimiliki adalah tegak lurus (*frontal*). Lempeng Eurasia bergerak dari arah utara ke selatan tenggara, sedangkan lempeng Indo-Australia bergerak dari arah selatan ke arah utara. Gempa bumi merupakan sebuah pergerakan atau getaran yang terjadi secara tiba-tiba akibat adanya pergerakan atau pelepasan energi yang terjadi dipermukaan bumi. Pelepasan energi yang secara tiba-tiba mengakibatkan munculnya gelombang

seismik, yang bersifat menghancurkan pada berbagai hal yang berada diatas berhubungan dengan atenuasi, yaitu berkurangnya energi gempa karena adanya pengaruh medium rambat (lapisan bawah bumi) menuju permukaan kerak bumi. Atenuasi dapat dihitung melalui persamaan yang telah dirumuskan oleh para ahli peneliti kegempaan. Dari hasil pengolahan data dan persamaan atenuasi dapat diperoleh data percepatan gempa maksimum. Besar kecilnya percepatan tanah menunjukkan resiko gempa bumi.

Gempa bumi adalah getaran tanah yang ditimbulkan oleh gelombang seismic yang dipancarkan oleh suatu sumber energi elastic yang dilepaskan secara tiba-tiba. Gelombang yang dipancarkan menjalar melalui batuan-batuan di dalam bumi. Apabila gempa bumi terjadi akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu tempat. Percepatan getaran tanah maksimum adalah suatu nilai yang dihitung di titik pengamatan/titik penelitian pada permukaan bumi dari riwayat gempa bumi dengan nilai perhitungan dipilih yang paling besar. Nilai percepatan tanah yang akan diperhitungkan pada perencanaan bangunan adalah nilai percepatan tanah maksimum. Percepatan tanah maksimum adalah nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat akibat getaran gempa bumi dalam periode waktu tertentu.

Gempa bumi yang terjadi akan memberikan satu nilai percepatan tanah di suatu tempat. Nilai percepatan atau gerakan tanah juga disebut *ground motion attenuation*. Tempat – tempat tersebut akan memiliki satu nilai percepatan tanah terbesar akibat gempa bumi yang pernah terjadi. Nilai percepatan tanah maksimum penting untuk diketahui agar dapat memprediksi seberapa kuat getaran tanah dan efek yang dirasakan ketika terjadi gempa bumi.

Besarnya guncangan bumi beragam mulai dari yang sangat kecil sehingga sulit dirasakan, sampai ke guncangan yang sangat dahsyat. Apabila terjadi gempa bumi,

salah satu efek yang ditimbulkan pada suatu tempat adalah percepatan tanah pada permukaan sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh. Persebaran PGA dapat dijadikan sebagai acuan dalam dasar pembuatan bangunan tahan gempa dengan mengetahui daerah mana yang rawan terhadap gempa bumi.

Peak Ground Accelaration (PGA) atau percepatan Getaran tanah maksimum akibat gempa bumi merupakan percepatan getaran tanah maksimum yang terjadi pada suatu titik posisi tertentu dalam suatu wilayah yang dihitung dari akibat gempa bumi yang terjadi pada suatu waktu dengan memperhatikan amplitude dan besarnya magnitude beserta jarak hiposenter, serta priode dominan tanah dimana adanya titik tersebut.

Ada beberapa ayat Al Quran yang menerangkan tentang fenomena yang terjadi dimuka bumi salah satunya adalah gempa bumi. Tak sedikit kejadian yang terjadi pada era modern ini, yang sebelumnya sudah tercantum dalam Al Quran dan terbukti secara ilmiah tentang hal itu. Dalam hal ini ditegaskan Allah SWT dalam Al Quran secara umum terjadinya gempa bumi dan perspektif Al Quran. Sebagaimana Firman Allah dalam surat Al Fajr: 21

كَلَّا إِذَا دُكَّتِ الْأَرْضُ دَكًّا دَكًّا (الفجر ٢١)

Artinya: Jangan (berbuat demikian). apabila bumi digoncangkan berturut-turut (Qs. AlFajr: 21)

Menurut tafsir Ibnu Katsir surat Al Fajr :21, menjelaskan bahwa telah diratakan sehingga menjadi rata tanpa ada gunung-gunung, dan semua makhluk dibangkitkan dari kubur mereka untuk menghadap tuhan. (Jangan berbuat demikian) lafal kalla ini adalah kalimat cegahan supaya jangan melakukan hal-hal tersebut. (Apabila bumi digoncangkan berturut-turut) artinya secara terus-menerus sehingga hancur dan musnahlah semua bangunan-bangunan yang ada dipermukaannya. (Tafsir Al Jalalin, Al Fajr 89:21).

Atenuasi atau percepatan gerakan tanah adalah rumusan suatu gerakan tanah akibat gempa (percepatan, kecepatan, dan simpangan). Secara matematis dapat dijelaskan bahwa atenuasi gerakan tanah adalah suatu hubungan antara parameter gempa (percepatan, kecepatan, simpangan, intensitas gempa, magnitudo gempa) dengan jarak lokasi pencatat gempa (jarak episenter, jarak hiposenter, jarak terdekat). Dengan rumusan atenuasi yang sudah diketahui maka gerakan tanah ataupun intensitas gempa di suatu tempat relatif terhadap sumber gempa dapat diprediksi (Prawirodikromo, 2012).

Penelitian yang dilakukan oleh (Ulfa Qanita FB, 2018) wilayah Jawa Timur berdasarkan gempa bumi antara tahun 1960-2017, menggunakan metode Donovan dari hasil analisis menunjukkan bahwa nilai percepatan tanah maksimum yang dihasilkan 22.2-397.5 gal. sedangkan untuk metode Esteva diketahui nilai percepatan tanah maksimum di Jawa Timur berkisar antara 1,8 – 74,1 gal Berdasarkan hasil pemetaan nilai percepatan tanah maksimum dengan metode Esteva dapat diketahui bahwa wilayah selatan penelitian mempunyai nilai percepatan tanah maksimum relatif tinggi, lebih tepatnya pada samudra hindia yang berbatasan dengan wilayah kabupaten Pacitan, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Malang, Lumajang, Jember dan Banyuwangi. Dikarenakan wilayah tersebut terdapat palung yang merupakan zona pertemuan antara lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia.

(Syamsuddin, 2014) dari perhitungan yang sudah dilakukan mendapatkan nilai percepatan tanah di Jawa Timur dengan rentang nilai dari 16,97 gal - 512,08 gal. Dalam penelitian yang sudah dilakukan pada tahun 2017 yaitu pada wilayah Jawa Timur terdapat enam kabupaten yang memiliki potensi kerusakan yang tinggi, yaitu kabupaten Malang, Kediri, Bojonegoro, Tuban dan kabupaten Nganjuk,

karena dari keenam kabupaten tersebut memiliki nilai percepatan tanah diatas 400 gal. Mayasyafa (2016) juga melakukan penelitian menggunakan metode Mc. Guirre R.K di wilayah Jawa Timur dimulai dari pengambilan data gempa bumi tektonik priode 1985-2014 dengan magnitudo gempa $\geq 3SR$ dan kedalaman ≥ 300 km diketahui bahwa nilai PGA rata-rata terendah berada di wilayah pulau Madura bagian timur yakni bertepatan di kabupaten Sumenep yang berada diposisi $6^{\circ}50LS$ dan $114^{\circ}BT$ sebesar 9,48 gal, sedangkan PGA tertinggi berada di kabupaten Jember dengan posisi $8^{\circ}50 LS$ dan $113^{\circ}BT$ sebesar 40,05 gal.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana tingkat kerentanan seismik di Jawa Timur?
2. Bagaimana peta resiko gempa bumi di Jawa Timur?

1.3 Tujuan penelitian

1. Untuk mengetahui tingkat kerentanan seismik di Jawa Timur
2. Untuk mengetahui peta resiko gempa bumi di Jawa Timur

1.4 Batasan Masalah

1. Wilayah Jawa Timur yang diteliti dengan koordinat yang dibatasi oleh garis lintang dan bujur antara $6^{\circ}50'LS - 9^{\circ}LS$ dan $111^{\circ}BT - 115^{\circ}BT$
2. Data yang digunakan data gempa dalam kurun waktu 1972-2022 yang bersumber pada USGS.
3. Gempa yang dianalisis adalah gempa dangkal dengan kedalaman ≤ 60 km dan kekuatan magnitudo sebesar $\geq 5 SR$

1.5 Manfaat Penelitian

1. Untuk mengetahui tingkat kerentanan seismik di Jawa Timur berdasarkan data gempa bumi periode tahun 1972 - 2022 dengan menggunakan metode Mc

Guire dan Donovan dan mengetahui cara pemetaan resiko gempa dengan menggunakan software Arcgis

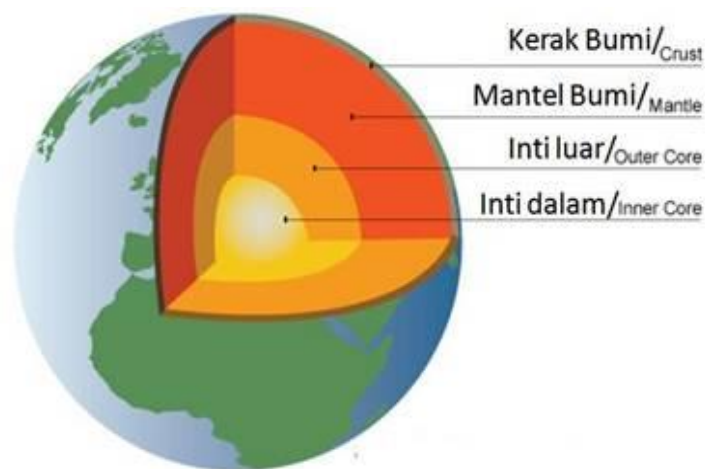
2. Untuk memberikan informasi kepada pemerintah masyarakat setempat dalam usaha mitigasi bencana di wilayah Jawa Timur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktural Bumi

Penelitian dengan berbagai bantuan sains dan teknologi yang telah disebutkan oleh beberapa ahli telah menyusun teori tentang kerangka bumi. Berdasarkan teori tersebut mereka telah membagi bumi dalam tiga bagian besar, yaitu (Munir, 2003):



Gambar 2.1 Susunan Lapisan Bumi
(<https://www.zonareferensi.com/lapisan-bumi>)

Pada gambar 2.1 ketiga susunan utama bumi sudah di jelaskan, dari gambar tersebut tampak jelas susunan lapisan bumi yang ada di luar dan di dalam beserta posisinya (Munir, 2003).

2.1.1 Kerak bumi

Kerak bumi adalah lapisan terluar yang bersifat keras dan padat. Lapisan ini terdiri dari batuan beku, batuan sedimen, batuan metamorf dengan unsur utama oksigen dan silicon. Suhu di kerak bumi secara terus menerus naik sekitar 30 derajat Celcius perkilometranya, seiring dengan kedalamannya, berbeda halnya dengan

gradien panas bumi akan semakin rendah pada lapisan kerak yang lebih dalam. Pada batas bawah kerak bumi, temperaturnya mencapai 1100 derajat Celcius.

2.1.2 Mantel Bumi

Mantel Bumi mempunyai 2 Bagian yaitu: lapisan atas dan lapisan bawah. Lapisan ini terdiri dari lapisan ultra basal dan mineral dengan densitas 3.3 dan 4.3 gram/cm³ dan mempunyai ketebalan 40 dan 400 km. Lapisan di bawahnya atau disebut dengan mantel bagian bagian dalam dengan ketebalan 900-2700 km dengan densitas 4.5 dan 5.5 gram. Lapisan ini terdiri dari beberapa senyawa padat yaitu MgO, SiO₂ dan sebagainya (Prasetya, 2006)

2.1.3 Inti Bumi

Inti bumi terdiri dari inti luar dan inti dalam, yang mana inti luar bersifat cairan pekat yang mempunyai ketebalan 2880 dan 4980 km. lapisan ini banyak mengandung besi dan nikel dengan keadaan cair bersuhu 4.500°C (Prasetya, 2006). Bagian terluar bumi terdiri dari kerak bumi dan lapisan mantel atas yang disebut dengan litosfer. Secara umum, berdasarkan zat penyusunnya, inti bumi dibagi menjadi dua bagian yakni inti bumi bagian luar atau outer core serta inti bumi bagian dalam atau inner core.

2.2 Gempa bumi

Gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam yang paling mengerikan, fenomena ini terjadi secara tiba-tiba. Gempa bumi juga merupakan bencana alam yang ditakuti dan satupun makhluk tidak dapat menghindar Ketika bencana ini terjadi. Selain memakan korban, kejadian ini juga menyebabkan kerugian beberapa pihak.

Gempa bumi adalah pergeseran secara tiba-tiba lapisan tanah yang ada di permukaan bumi. Pada saat pergeseran ini terjadi maka timbulah getaran yang biasa disebut gelombang seismic. Gelombang ini menjalar keseluruh arah dan menjauhi sumber gempa sehingga tercatat di *seismograph*, dan beberapa juga naik kepermukaan bumi sehingga dapat dirasakan semua makhluk yang ada dipermukaan bumi. Getaran yang sampai ke permukaan bumi bersifat merusak, jadi oleh sebab itu banyak pohon dan bangunan-bangunan roboh setelah terjadinya gempa bumi (Prasetya, 2006).

Menurut (Noor, 2006), gempa bumi adalah getaran dalam bumi yang terjadi akibat terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba di dalam deformasi. Besarnya guncangan bumi beragam mulai yang kecil sulit dirasakan hingga yang besar sehingga mengakibatkan kerusakan di permukaan bumi.

Sumber lain mengatakan bahwa gempa bumi merupakan getaran dalam bumi yang terjadi akibat terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi. Gempa bumi juga didefinisikan sebagai rambatan gelombang pada massa batuan atau tanah yang asalnya dari pelepasan energi kinetic dari dalam bumi. Sumber energi yang dilepaskan berasal dari tumbukan lempeng, longsor dan letusan gunungapi.

Energi yang dilepaskan pada saat terjadinya patahan tersebut dapat berupa energi deformasi, energi gelombang dan lain-lain. Proses gempa bumi terjadi Ketika dua buah lempeng bertumbukan dan pada daerah batasan antara dua lempeng terjadi tegangan, dimana salah satu lempeng akan menyusup kebawah lempeng yang lain masuk ke bawah lapisan asthenosfer. Lempeng Benua mempunyai densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan densitas Lempeng

Samudra, maka yang terjadi yaitu lempeng Samudra akan menyusup ke bawah Lempeng Benua.

Menurut buku Geografi Indonesia (Sandy, 1996) ada beberapa gejala alam yang sangat mempengaruhi pada kehidupan rakyat di Indonesia salah satunya adalah gempa. Gempa adalah getaran yang terjadi di muka bumi, namun menurut J.A Katili (1967) gempa bumi merupakan gejala geologi yang terjadi akibat pelepasan tenaga-tenaga yang terkumpul di dalam bumi dan getaran-getaran gempa bumi merambat melalui muka bumi serta dalam bumi.

Di Indonesia sebaran kegempaan terjadi pada batas pertemuan lempeng. Ketika antara dua lempeng terjadi tumbukan, maka lempeng dengan kerapatan massa lebih besar akan menyusup ke bawah. Gerakan lempeng akan melambat akibat gesekan yang terselubung bumi lainnya. Perlambatan Gerakan tersebut akan menyebabkan terjadinya penumpukan energi pada zona tumbukan (zona subduksi) dan zona patahan yang ada disekitarnya. Pada zona-zona tersebut berakibat akan terjadi patahan batuan yang diikuti lepasnya energi secara tiba-tiba. Seberapa besar energi yang dilepas berkaitan dengan batas elastisitas lempeng yang terlampaui. Pada proses ini menimbulkan getaran partikel kesegala arah. Getaran ini yang disebut dengan gempa tektonik (Winardi,2006).

2.3 Klasifikasi Gempa bumi

Berdasarkan kedalamannya gempa dibagi menjadi 3 macam yaitu :

1. Gempa Dangkal

Gempa Dangkal adalah gempa bumi yang hiposenternya dibawah 60 km dari permukaan bumi. Gempa bumi dangkal berasal dari patahan aktif dan sesar aktif. Gempa dangkal menimbulkan kerusakan yang amat besar. Semakin

dangkal tempat terjadinya gempa maka tingkat kerusakan juga akan semakin besar juga.

2. Gempa Menengah

Gempa Menengah adalah gempa bumi yang hiposenternya berada antara 60 km-300 km dibawah permukaan bumi. Gempa menengah tersebar sepanjang Sumatra bagian barat, Jawa sebelah selatan, Nusa Tenggara antara Sumbawa dan Maluku berakhir di Teluk Tomini, laut Maluku ke Filipina dengan focus kurang dari 150 km.

3. Gempa Dalam

Gempa Dalam adalah gempa bumi yang hiposenternya diatas 300 km dibawah permukaan bumi. Gempa Dalam berada di Laut Jawa, Laut Flores, Laut Belanda, dan Laut Sulawesi. Gempa dalam tidak membahayakan.

Secara umum dapat dikatakan bahwa Gempa bumi adalah suatu peristiwa yang meliputi tiga jenis getaran yaitu getaran awal atau pendahuluan (*Fore Shock*), getaran utama (*Main Shock*), getaran susulan (*After Shock*). Ada atau tidaknya ketiga jenis getaran tersebut pada suatu gempa bumi, sangat ditentukan oleh *Homogenitas* fisik batuan pada lokasi gempa bumi (Gare, 2001)

Gempa berdasarkan sumber kegempaan dibagi menjadi empat jenis gempa, yaitu (Subardjo, 2005):

1. Gempa Vulkanik

Gempa vulkanik adalah gempa yang terjadi akibat adanya aktivitas gunung meletus. Apabila tingkat keaktifannya tinggi maka akan menyebabkan terjadinya gelombang seismic. Gempa ini hanya terjadi disekitar gunung api. Ada dua jenis gempa Vulkanik yaitu Vulkanik- Tektonik tipe A dan Vulkanik-Tektonik tipe B.

a. Vulkanik-Tektonik tipe A (Vulkanik dalam)

Merupakan gempa dengan kedalaman lebih dari 2 km dibawah puncak gunung dengan rentang frekuensi antara 5-8 Hz. Pada gunung merapi, gempa VTA merupakan gempa dengan magnitudo terbesar. Gempa VTA memiliki gelombang P dan S yang dapat dibedakan dari waktu tiba gelombang, selisih waktu tiba gelombang P dan S sampai 5 detik.

b. Vulkanik-Tektonik tipe B (Vulkanik dangkal)

Merupakan gempa dengan kedalaman kurang dari 2 Km dibawah puncak gunung dengan frekuensi dominan 4-7 Hz. Pada gunung merapi, gelombang P dan S tidak dapat dibedakan. Menurut Latter (1981) mekanisme sumber gempa ini terjadi di batuan yang setengah padat (*partially molten material*), yang dapat diartikan terjadi di dalam konduit. Gempa ini mempunyai frequency lebih rendah dari gempa VT, sekitar 3-7 Hz.

2. Gempa Tektonik

Gempa Tektonik adalah suatu gempa bumi yang terjadi akibat adanya aktifitas tektonik yaitu pergeseran lempeng-lempeng yang mempunyai kekuatan berbeda-beda. Gempa bumi jenis ini banyak membuat kerusakan atau bencana dipermukaan bumi, getarannya mampu menjalar keseluruh permukaan. Gempa tektonik juga gempa bumi yang sering terjadi diseluruh dunia.

3. Gempa Runtuhan

Gempa Runtuhan adalah gempa bumi yang terjadi akibat adanya runtuh, termasuk di dalamnya ada longsor, atau runtuh didalam lubang. Biasanya gempa ini terjadi pada daerah kapur. Gempa ini tidak berdampak atau tidak membahayakan dan tidak menyebabkan kerusakan.

4. Gempa Buatan

Gempa buatan adalah suatu getaran yang disebabkan oleh aktifitas manusia, seperti peledakan nuklir, atau palu yang dipukulkan ke permukaan bumi sehingga terjadi kegiatan eksplorasi. Daerah yang dipengaruhi getaran ini hanya 1-100 meter. Apabila lebih dari itu sudah tidak merasakan getaran.

Gempa bumi berdasarkan berdasarkan kekuatannya dibedakan menjadi lima bagian yaitu (Subardjo, 2004)

- a. Gempa bumi yang sangat besar dengan magnitudo 8 SR
- b. Gempa bumi besar dengan magnitudo antara 7-8 SR
- c. Gempa bumi merusak dengan magnitudo antara 5-6 SR
- d. Gempa bumi sedang dengan magnitudo antara 4-5 SR
- e. Gempa bumi kecil dengan magnitudo antara 3-4 SR

2.4 Gelombang Seismik

Ketika gempa bumi terjadi, ada macam-macam gelombang seismic terbentuk. Gelombang merupakan sesuatu yang merambat melalui suatu medium akibat sumber getar. Sumber getar gelombang yang terjadi akan menimbulkan tekanan sehingga terjadi tegangan (Sugiantoro, 1989):

Gelombang seismik merupakan gelombang yang merambat melalui bumi, perambatan ini bergantung pada keelastisan batuan yang ada di bumi. Gelombang seismik dapat ditimbulkan dengan dua metode yaitu metode aktif dan metode pasif. Metode aktif adalah metode penimbunan gelombang seismik secara aktif atau disengaja menggunakan campur tangan manusia yang biasanya digunakan untuk eksplorasi. Metode pasif adalah penimbunan gelombang seismik secara tidak disengaja atau alamiah contohnya seperti gempa. Gelombang seismik termasuk

dalam gelombang elastik karena medium yang dilalui yaitu bumi. Oleh karena itu penjaran gelombang seismik bergantung pada elastisitas batuan yang dilewatinya. Teori lempeng tektonik telah menjelaskan bagaimana pergerakan dari lempeng bumi. Pergerakan lempeng bumi menyebabkan deformasi atau batuan berubah bentuk. Deformasi akibat pergerakan ini berupa tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) (Susilawati, 2008).

Gelombang seismic adalah gelombang yang menjalar di dalam bumi. Disebabkan oleh adanya deformasi struktur di bawah permukaan bumi akibat adanya tekanan ataupun tarikan karena sifat keelastisan bumi. Gelombang ini mampu membawa energi dan kemudian dicatat oleh seismograph (Boormann, 2002)

Gelombang seismik merupakan gerakan batuan yang terjadi getaran secara tiba-tiba di sepanjang celah sesar dalam bumi yang mentransmisikan energi dalam bentuk gelombang. Gelombang yang merambat pada selat bumi di bawah permukaan bumi disebut dengan “gelombang badan”. Sedangkan gelombang yang merambat dari episenter ke sepanjang permukaan bumi disebut dengan “gelombang permukaan” (Hartutii, 2009)

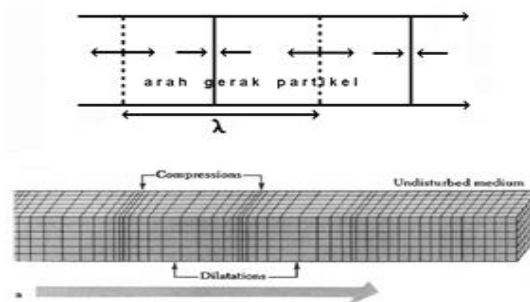
Gelombang seismik ada yang merambat melalui interior bumi disebut dengan body wave dan ada juga yang merambat melalui permukaan bumi yang disebut surface wave. Body wave dibedakan menjadi dua berdasarkan arah getarnya. Gelombang P (longitudinal) merupakan gelombang yang arah getarnya searah dengan arah perambatan gelombang, sedangkan gelombang yang arah getarnya tegak lurus dengan arah rambatannya disebut gelombang S (transversal). Surface wave terdiri atas Rayleigh wave dan Love wave (Nurdiyanto dkk., 2011)

1. Gelombang Badan (Body Wave)

Gelombang badan dapat merambat ke dalam bumi. Kecepatan gelombang tergantung pada densitas dan sifat keelastisan batuan dan tanah yang di lewati. Gelombang badan ada dua macam yaitu gelombang primer dan gelombang sekunder.

2. Gelombang Primer

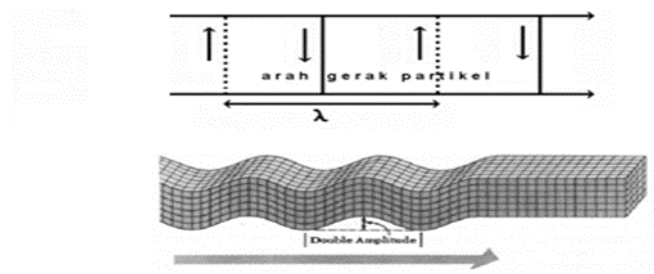
Gelombang Primer atau yang sering disebut dengan gelombang P. Gelombang ini merupakan gelombang longitudinal dimana gerakan partikel medium yang dilewati searah dengan penjarannya. Gelombang P sama halnya dengan gelombang bunyi. Gelombang ini mempunyai laju hingga 14 km/s dan dapat melalui padatan, cairan dan gas. Gelombang ini bergerak lebih cepat dibandingkan dengan gelombang sekunder atau gelombang S.



Gambar 2.2 Gelombang Primer (Haris, 2006)

3. Gelombang Sekunder

Gelombang Sekunder atau sering disebut dengan gelombang S. Gelombang ini merupakan gelombang transversal yang artinya gerakan partikelnya tegak lurus dengan arah penjarannya. Gelombang S adalah gelombang geseran transversal yang menjalar dengan laju 3.5 km/s. Gelombang ini lebih lambat dibandingkan gelombang P, dan hanya bisa merambat di padatan, cairan sedangkan gas tidak dapat dilalui karena gas tidak dapat menyokong tegangan geser.



Gambar 2.3 Gelombang Sekunder (Haris, 2006)

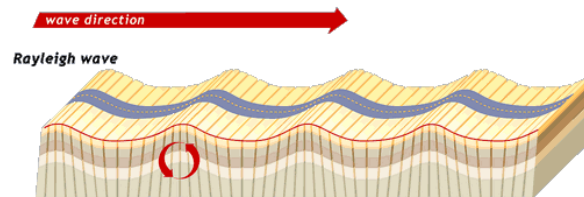
Gelombang P dan gelombang S sama-sama bisa membantu untuk mencari letak hiposenter dan episenter. Saat kedua gelombang berjalan dipermukaan bumi keduanya mengalami pantulan (*reflection*) dan pembiasan (*refraction*) atau pembelokan.

4. Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)

Gelombang permukaan adalah hasil interaksi antara gelombang badan dan lapisan bumi. Gelombang permukaan menjalar sepanjang permukaan bumi dengan amplitudo yang terus menurun secara eksponensial. Pada sumber gempa yang jauh, gempa permukaan lebih dominan. Terdapat dua macam gelombang permukaan yaitu gelombang rayleigh dan gelombang love. Gelombang rayleigh dapat menimbulkan gerakan tanah yang sirkular. Hal ini dapat menyebabkan tanah bergerak naik turun seperti ombak laut. Sedangkan gelombang love dapat mengakibatkan gerakan tanah horizontal dan tidak menghasilkan perpindahan vertical.

5. Gelombang Reyleigh

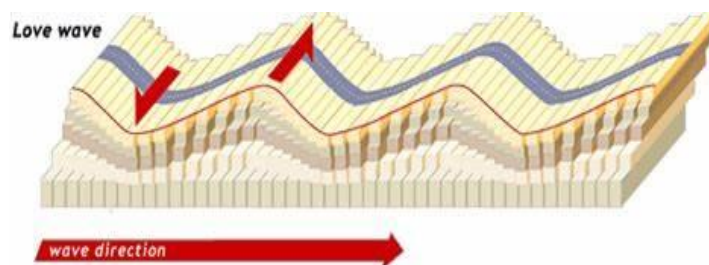
Gelombang reyleigh merupakan gelombang yang bisa berada di semua medium permukaan tanah. Gelombang reyleigh membuat permukaan bumi tergulung seperti ombak di laut. Gelombang reyleigh dapat merambat dengan kecepatan 1.12 km/s sehingga dapat menimbulkan efek getaran tanah yang bergerak naik seperti ombak di laut (Kremer, 1996)



Gambar 2.4 Gelombang reyligh
(<http://kokokepo.blogspot.com/search/label/Seismologi>)

6. Gelombang Love

Gelombang love merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal yakni penjalaran bersifat paralel. Kecepatan gelombang love bergantung pada panjang permukaannya. Kecepatan gelombang love lebih cepat dari pada gelombang reyleigh dan lebih dulu terekam di seismograph. Gelombang love mengakibatkan tanah bergeser secara horizontal (Elnashai dan Luigi,2008)



Gambar 2.5 Gelombang love
(<http://kokokepo.blogspot.com/search/label/Seismologi>)

2.6 Proses Terjadinya Gempa bumi

Apabila ada dua lempeng bertumbukan maka daerah batas antara dua lempeng akan terjadi tegangan. Salah satu lempeng menuju kebawah dan lempeng yang satunya masuk ke dalam lapisan atmosfer. Pada umumnya lempeng samudra menyusup di bawah lempeng benua, hal ini disebabkan karena densitas lempeng samudra lebih besar dibandingkan lempeng benua. Apabila tegangan besar melampaui kekuatan kulit bumi, maka terjadi kehancuran pada kulit bumi di daerah terlemah. Kulit bumi yang hancur akan melepaskan energi atau tegangan sebagian atau keseluruhan untuk kembali pada keadaan semula. Pada daerah ini akan terjadi gempa bumi. Terjadinya gempa bumi diperlukan beberapa syarat, diantaranya yaitu (Idawati, 2005):

- A. Gerakan relatif dari lempeng tektonik.
- B. Pembangunan stress.
- C. Pelepasan energi.

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

Gempa bukan hanya merugikan namun juga memakan banyak korban pada saat kejadian. Gempa bumi ini dikenal sebagai gempa tektonik. Gempa tektonik terjadi akibat 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 yaitu 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 yang berbeda. Menurut teori konveksi pergerakan lempeng-lempeng ini dipengaruhi oleh arus konveksi. Bumi terdiri dari dua bagian yaitu Lithosfer dan Atherosfer. Atherosfer bersifat fluida yang bersifat kental dan mempunyai densitas lebih kecil dan bersuhu tinggi. Litosfer bersifat densitas lebih besar sehingga lebih kaku dan mudah patah, karena Gerakan perputaran bumi. Secara terus menerus maka pada atherosfer yang bersuhu tinggi timbul arus. Arus ini yang disebut dengan arus konveksi, arus ini selalu bergerak dari tekanan tinggi menuju tekanan rendah. Gerakan dari Atherosfer akan menggerakkan Lithosfer yang berada di atasnya.

2.7 Teori Tektonik Lempeng

Teori tektonik lempeng membagi bagian bumi menjadi dua lapisan, yaitu lapisan paling luar yang disebut lapisan litosfer dan lapisan atherosfer. Lapisan litosfer bersifat dingin, kaku. Di bawah lapisan litosfer terdapat lapisan atherosfer yang bersifat panas dan mudah mengalami perubahan bentuk meskipun tidak cair, dan dapat mengalir dibawah pengaruh tegangan. Lapisan litosfer ini seolah olah hanyut diatas atherosfer, sehingga terjadi gerakan merenggang dan gerakan saling menekan. Akibat pergerakan lempeng ini maka disekitar perbatasan terjadi akumulasi energi. Jika tidak bisa ditahan maka energi itu akan dilepas yang menyebabkan patahan atau deformasi pada lapisan kerak bumi dan terjadila gempa tektonik (Afnimar, 2009).

Lempeng tektonik terbentuk oleh kerak benua (*continental crust*) ataupun kerak Samudra (*oceanic crust*) dan batuan lapisan teratas mantel bumi (*earth mantle*).

Kerak benua lebih tinggi kepadatannya dibandingkan material kepadatan kerak samudera. Demikian pula zat elemen pada kerak samudra (*mafik*) lebih berat dibandingkan elemen pada kerak benua (*felsik*). Karena suhu dan tekanan dilapisan atmosfer yang sangat tinggi maka bebatuan dilapisan ini bergerak mengalir seperti cairan (*fluid*). Litosfer terpecah kedalam beberapa lempeng tektonik dan saling bersinggungan satu dengan lainnya (Baxters, 2000)

Pada dasarnya pergerakan lempeng kerak bumi dapat dibedakan atas pergerakan yang, saling menjauh, berpapasan dan saling mendekati. 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 penujaman akan terbentuk rangkaian kegiatan magmatic dan gunung api serta berbagai cekungan pengendapan (Haris, 2006)

Batas Pertemuan Lempeng Tipe pertemuan lempeng tektonik adalah (Atmojo, 2009)

a. Divergen

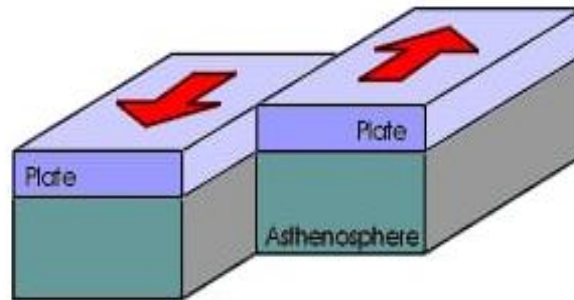
Divergen merupakan pertemuan lempeng tektonik yang saling menjauh, pada daerah ini terbentuk lempeng benua baru ditandai dengan adanya palung dasar laut. Proses pergerakan disebut sebagai *sea floor spreading*.

Gambar 2.6 Lempeng tektonik divergen

(<https://www.tes.com/lessons/ZuyWtedW6iv9Mw/types-of-plate-boundaries>)

b. Konvergen

Konvergen merupakan pertemuan lempeng tektonik yang saling bertumbukan,



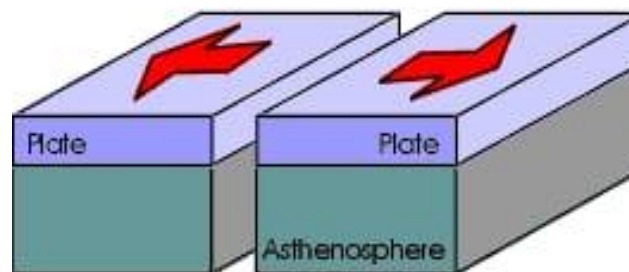
salah satu lempeng yang densitasnya lebih besar akan menyusup di bawah lempeng lainnya yang densitasnya lebih ringan dan membentuk zona subduksi.

Gambar 2.7 Lempeng tektonik convergent

(<https://www.tes.com/lessons/ZuyWtedW6iv9Mw/types-of-plate-boundaries>)

c. Transform

Transform merupakan pertemuan lempeng tektonik yang bergerak secara lateral dan saling melewati sehingga tidak terbentuk lapisan baru.



Gambar 2.8 Lempeng tektonik transform

(<https://www.tes.com/lessons/ZuyWtedW6iv9Mw/types-of-plate-boundaries>)

2.8 Percepatan Tanah

Percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam hingga pada suatu keadaan tertentu bangunan yang ada di atas permukaan harus stabil. Percepatan gelombang gempa yang sampai di permukaan tanah disebut juga percepatan tanah. percepatan gelombang juga merupakan

gangguan yang perlu di kaji untuk setiap gempa bumi, kemudian dipilih percepatan tanah maksimum atau PGA untuk dipetakan agar bisa memberikan pengertian tentang resiko paling tinggi disuatu lokasi.

Parameter percepatan gelombang gempa yang terekam oleh seismograph umumnya simpangan atau *velocity* dalam satuan kine (cm/dt), selain itu juga ada *velocity* dalam satuan micrometer atau disebut dengan *displacement*, percepatan dalam satuan gal atau cm/dt^2 atau disebut dengan *acceleration*. Percepatan tanah merupakan salah satu parameter penting dalam seismologi teknik. Besar kecilnya percepatan tanah menunjukkan resiko gempa bumi yang diperhitungkan sebagai salah satu perencanaan bangunan tahan gempa. Semakin besar magnitude gempa maka energi yang dipancarkan dari sumber juga semakin besar, sehingga percepatan permukaan tanah yang timbul juga semakin besar. Semakin dalam hiposenter maka akan semakin kecil percepatan permukaan tanah yang timbul dan jarak semakin jauh. Tingkat kepadatan tanah juga Sebagian dari factor untuk menentukan besarnya percepatan permukaan tanah. Beberapa kerusakan gempa bumi tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya kekuatan gempa bumi dari pusat gempa bumi, namun juga dapat dipengaruhi oleh kondisi geologi lokal atau efek tapak lokal (*local site effect*). Beberapa kejadian gempa bumi yang terjadi pada suatu daerah sangat rentan untuk terjadinya peristiwa *likuifaks*. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan antara lain ukuran butir, muka air tanah, dan percepatan getaran tanah maksimum. Bangunan-bangunan yang memiliki kekuatan luar biasa dapat saja dibuat, sehingga bila terjadi gempa bumi dengan getaran yang kuat tidak mempengaruhi bangunan tersebut. Nilai percepatan tanah dapat dihitung

langsung dengan menggunakan *seismograph* khusus yang disebut *strong motion seismograph* atau *accelerograf* (Ibrahim, 2004)

2.9 Parameter Gempa bumi

Parameter sumber gempa bumi yang sering di analisis yaitu waktu asal terjadinya gempa, posisi lintang, bujur, episenter, kedalaman sumber, waktu kejadian gempa, magnitudo dan intensitas gempa (Sunarjo, 2012)

1. Waktu Asal

Waktu asal gempa atau biasa disebut dengan *origin time* merupakan waktu terjadinya gempa bumi yang tepat pada sumbernya dikedalaman tertentu. Pada waktu itu akumulasi tegangan (*stress*) terlepas dalam bentuk waktu pejalaran gempa bumi. Waktu asal ditandai dengan hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinate*).

2. Arah dan kedalaman

Arah kedalaman menunjukkan arah titik datangnya gempa bumi yang terjadi sesuai dengan matahari. Kedalaman sumber adalah jarak hiposenter yang dihitung tegak lurus dari permukaan bumi. Kedalaman ditentukan oleh besaran jarak dalam satuan km.

3. Energi Gempa

Bentuk energi gempa yang dilepaskan saat terjadinya gempa yaitu deformasi gelombang. Energi deformasi dapat dilihat pada perubahan volume setelah terjadinya gempa, seperti pergeseran batuan, tanah naik dan tanah turun. Energi gelombang akan menggetarkan medium elastis yang ada disekitarnya, dan akan menjalar ke segala arah. Ukuran besarnya energi gempa bumi ditentukan dengan istilah magnitudo gempa bumi.

Besar energi gempa bumi yang dilepaskan tergantung dari karakteristik batuan yang ada dan besarnya *stress* terdapat pada suatu batuan. Pada suatu batuan yang rapuh, *stress* yang terkandung tidak terlalu besar karena langsung dilepaskan melalui gempa-gempa kecil. Sedangkan batuan yang lebih kuat menyimpan tegangan (*stress*) yang lebih besar. Hal tersebut terjadi karena energi dikumpulkan lebih lama dan pada saat batuan tersebut tidak mampu lagi menahan tegangan tersebut maka akan terjadi gempa bumi dengan magnitudo yang besar.

4. Magnitude

Kekuatan gempa bumi atau magnitudo adalah ukuran kekuatan gempa yang menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempa bumi. Berikut adalah jenis – jenis magnitudo gempa:

Tabel 2.1 Jenis – Jenis Magnitudo Gempa (Prawirodikromo, 2012)

No.	Nama	Definisi	Aplikasi
1.	<i>Local Magnitudo</i> (M_L)	Magnitudo gempa local, <i>wave length</i> 300 – 6000 m. Untuk jarak episenter $R < 1000$ km.	Untuk gempa dengan M_L 3-7
2.	<i>Surface Magnitudo</i> (M_s)	Magnitudo gempa berdasar <i>surface wave</i> untuk $R > 1000$ km. <i>Wave length</i> 60 km.	Untuk gempa dengan $M_s = 5 - 7,5$

3.	<i>Body Magnitudo</i> (M_b)	Untuk gempa berdasar pada <i>P-wave</i>	Untuk gempa dengan $M_b = 5-7$
4.	<i>Moment Magnitudo</i> (M_w)	Dihitung berdasarkan <i>elastic strain energy released.</i>	Untuk $M_w > 7,5$

Dari beberapa jenis magnitudo di atas yang paling sering digunakan adalah magnitudo local M_L biasanya disebut dengan Magnitudo *Skala Richter (SR)*. Magnitudo ini dikembangkan pertama kali pada tahun 1935 oleh seorang seismologis Amerika, Charles. F. Richter, untuk mengukur kekuatan gempa di California. Richter mengukur gempa berdasarkan nilai amplitude maksimum gerakan tanah pada jarak 100 km dari gempa. Besarnya geombang ini tercatat oleh seismograf yang dapat mendeteksi tanah mulai dari 0,00001 mm hingga 1 m. Untuk menyederhanakan angka yang terlalu besar ini, Richter menggunakan bilangan logaritma berbasis 10. Ini berarti setiap kenaikan angka 1 pada skala Richter menunjukkan amplitude 10 kali lebih besar (Hartuti, 2009). Jenis magnitudo gempa yang diperoleh dari data historis gempa dapat berupa Magnitudo local (M_L), Magnitudo gelombang badan (M_b), dan Momen Magnitudo (M_w). Jenis Magnitudo yang digunakan dalam suatu rumus atenuasi berbeda-beda, oleh karena itu diperlukan suatu konversi magnitudo yang didapatkan dari data historis gempa ke dalam magnitudo yang sesuai dengan rumus atenuasi. Korelasi konversi dapat dilihat dalam tabel di bawah ini

Tabel 2.2 Korelasi Konversi Magnitudo (Irsyam, M., dkk, 2010)

$M_w = 0,143 M_s^2 - 1,051 M_s + 7,285$
$M_w = 0,114 M_b^2 - 0,556 M_b + 5,560$

$M_w = 0,787 M_E - 1,537$
$M_b = 0,125 M_L^2 - 0,389 M_L - 3,51$
$M_L = 0,717 M_D + 1,003$

5. Episenter

Episenter adalah titik yang berada di atas permukaan bumi dan tepat berada di atas titik pusat gempa bumi. Episenterum adalah titik atau garis di permukaan bumi sebagai tempat gelombang gempa dirambatkan ke wilayahnya. Letak episentrum adalah tegak lurus dengan hiposentrum.

Menghitung Jarak episenter ke masing - masing koordinat dengan:

$$\Delta^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

Dimana:

Δ = Jarak episenter (satuan derajat)

X1 = Latitude pada daerah pengukuran (satuan derajat)

X2 = Latitude pada sumber gempa (satuan derajat)

Y1 = Longitude pada daerah pengukuran (satuan derajat)

Y2 = Longitude pada sumber gempa (satuan derajat)

6. Hiposenter

Hiposenter (pusat gempa) adalah titik atau garis dalam litosfer yang menjadi tempat terjadinya gempa. Dari hiposentrum, gelombang seismik dirambatkan ke permukaan bumi berupa gelombang (primer) P dan gelombang (sekunder) S. Setelah sampai ke permukaan bumi gelombang tersebut dirambatkan oleh gelombang permukaan. Gelombang permukaan inilah yang sering menghancurkan wilayah yang dilaluinya. Untuk menghitung jarak hiposenter yaitu:

$$R^2 = \Delta^2 + h^2$$

7. Intensitas kerusakan

Tingkat kerusakan akibat gempa bumi dinyatakan dalam intensitas. Intensitas dihitung dari pengamatan langsung terhadap kerusakan gempa bumi. Intensitas dapat memberikan gambaran nilai kekuatan gempa bumi pada pusat gempanya. Untuk dapat mengamati tingkat kerusakan akibat gempa bumi maka digunakan skala intensitas. Skala intensitas di Indonesia adalah skala *Modified Mercally Intensity* (MMI) atau disebut sebagai intensitas Mercally.

Skala intensitas berbeda dengan skala magnitudo. Magnitudo dihitung dari alat pencatat gempa sedangkan intensitas didasarkan atas akibat langsung dari getaran bumi. Magnitudo memiliki besaran yang tetap untuk sebuah gempa. Sedangkan intensitas berbeda sesuai dengan kondisi tempat kejadian gempa bumi. Intensitas yang besar akan terjadi pada tanah yang lunak/gembur dibandingkan dengan tanah yang padat/*bedrock*. Skala intensitas dapat diperoleh dari nilai percepatan tanah maksimum (PGA). Namun diperlukan konversi dari nilai PGA ke dalam skala MMI. Adapun konversi nilai PGA ke Intensitas dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Konversi nilai PGA ke Intensitas (Rahman, dkk,2015)

Intensitas	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+
PGA	<1,7	1.7-14	14-39	39-92	92-180	180-340	340-650	650-1240	>1240

Tabel dibawah ini merupakan deskripsi mengenai *Modified Mercally Intensity* (MMI) atau disebut sebagai intensitas Mercally. Skala MMI ini memiliki 12 tingkatan akibat gempa bumi. Adapun deskripsi skala MMI tersebut yaitu:

Tabel 2.4 Skala MMI (Allan,1982)

Deskripsi Rinci	Skala MMI
Tidak terasa.	I

Terasa di dalam rumah, terutama ditingkat atas-atas bangunan atau tempat – tempat yang tinggi. Getaran yang dirasakan seperti ada truk kecil.	II
Terasa di dalam ruangan. Benda-benda yang menggantung berayun. Getaran dirasakan seperti getaran truk yang berjalan.	III
Terasa di dalam rumah, pintu dan jendela berayun, gelas berdenting. Bentrokan barang pecah belah. Getaran terasa seperti melewati truk-truk besar atau seperti peluru menghantam dinding	IV
Terasa di luar ruangan. Orang yang tidur terbangun. Cairan disuatu wadah sebagian tumpah. Benda kecil yang tidak stabil terlempar atau rusak. Pintu berayun, pigura – pigura dinding bergerak, Jam pendulum berhenti atau mulai berubah kecepatannya	V
Dirasakan oleh semua di luar ruangan dan di dalam ruangan. Banyak orang yang ketakutan dan keluar ruangan. Piring, kaca jendela, dan gelas pecah. Dinding retak.	VI
Orang yang sedang berjalan kaki sulit berjalan dengan baik. Benda bergantung bergetar, furniture rusak. Lonceng besar berdering. Retakan besar di dinding, Tembok yang tidak kuat pecah, plester tembok dan batu-batu tembok yang tidak terikat kuat jatuh.	VII
Mengemudi mobil terpengaruh, Terjadi kerusakan pada bangunan-bangunan yang kuat karena bagian – bagian yang runtuh. Kerusakan terjadi pada tembok-tembok yang dibuat tahan terhadap getaran-getaran horizontal dan beberapa bagian tembok runtuh. Dinding-dinding mobil runtuh Sebagian. Beberapa	VIII

kerusakan pada pasangan bata. Ranting pohon besar patah, Retakan tanah dan lereng yang curam terbelah.	
Bangunan yang tidak kuat hancur. Kepanikan umum. Kerusakan umum pada pondasi. Retakan yang mencolok di tanah, Pipa bawah retak, Di daerah aluviasi pasir dan lumpur keluar dari dalam tanah.	IX
Kebanyakan pasangan bata dan struktur rangka hancur Bersama pondasinya. Beberapa bangunan kayu yang kokoh hancur, Jembatan hancur, kerusakan serius di area bendungan, tanggul. Terjadi longsor besar, Pasir dan lumpur bergeser secara horizontal dipantai dan tanah datar.	X
Rel kereta bengkok, Jaringan pipa bawah tanah benar-benar tidak berfungsi	XI

s

8. Intensitas Gempa Bumi

Tingkat kerusakan akibat gempa bumi dapat dilihat dari nilai intensitasnya. Intensitas gempa bumi adalah derajat kerusakan akibat gempa bumi pada suatu daerah yang dilihat dari getaran gempa bumi. Besar kecilnya intensitas sangat bergantung pada magnitudo, jarak dari sumber gempa, kondisi geologi dan struktur bangunannya. Intensitas tinggi biasanya terjadi ditempat yang dekat dengan sumber gempa dari pada tempat yang jauh dari sumber gempa (Edwiza, 2008)

Rumus untuk mengkonversi nilai PGA ke MMI adalah sebagai berikut (Wald d, Quitoriano V, Heaton T, & Kanamori H, 1999)

$$Imm = 3.66 \log(PGA) - 1.66$$

Intensitas terkuat terjadi di daerah episenter. Intensitas gempa bumi yang banyak digunakan adalah skala *Mercally* yang biasa disebut MMI (*Modified Mercally Intensity*). Skala ini mempunyai 12 tingkatan akibat gempa bumi, dimulai dari yang paling lemah hingga yang terkuat. Tingkatan intensitas dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Edwiza, 2008):

Tabel 2.5 Magnitudo, Efek karakteristik, Frekuensi dan Skla MMI Gempa Bumi (Skinner & Potter)

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

9. Tingkat Resiko Gempa Bumi

Pengertian resiko bencana adalah suatu potensi kerugian yang ditimbulkan akibat suatu bencana pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, kehilangan rasa aman, dan gangguan masyarakat. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kerentanan maka potensi bencana juga akan semakin tinggi. (BNPB, 2018) Menurut Tim Penyusun Kajian Risiko Bencana (2018), klasifikasi tingkat resiko bencana dapat dilakukan dengan skoring yaitu melakukan operasi matematika

dengan perkalian antara bobot dan nilai kelas yang telah dibuat. Dalam suatu kabupaten/kota nilai scoring menunjukkan klasifikasi kerawanan kabupaten/kota tersebut. Adapun tabel scoring dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.6 Scoring komponen penyusun Resiko Gempa Bumi oleh (BNPB, 2018)

Jenis Komponen	Kelas	Nilai	Skor
Komponen Bahaya (Intensitas Maksimum)	1 (Rendah)	100%	4
	2 (Sedang)	100%	8
	3 (Tinggi)	100%	12
Komponen Kerentanan (Kepadatan Penduduk)	1 (Rendah)	< 500	0,4
	2 (Sedang)	500 – 1000	0,8
	3 (Tinggi)	>1000	1,2
Komponen Kapasitas (Indeks Pembangunan Manusia)	1 (Rendah)	<55	1
	2 (Sedang)	55-85	2
	3 (Tinggi)	>85	3

Resiko bencana dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (BNPB, 2018)

$$\text{Resiko Bencana} = \text{Ancaman} \cdot \frac{\text{kerentanan}}{\text{kapasitas}}$$

Dengan *Resiko bencana*, dimana *Ancaman* dapat dihitung berdasarkan probabilitas spasial, frekuensi, maupun magnitudo dari 38 suatu fenomena gempa bumi, letusan gunungapi, dan yang lainnya. *Kerentanan* didapatkan berdasarkan parameter sosial misalnya kepadatan penduduk dan *Kapasitas* dapat dihitung berdasarkan kekuatan kebijakan dan kelembagaan, pengkajian resiko dan perencanaan, pengembangan informasi, Penanganan tematik kawasan rawan bencana, peningkatan efektivitas pencegahan dan mitigasi bencana, kesiapsiagaan bencana, dan pengembangan sistem pemulihan bencana.

2.12 Fungsi Atenuasi

Pemilihan fungsi atenuasi sangat penting, hal ini dilakukan sesuai dengan kondisi geologi suatu wilayah. Fungsi atenuasi yang digunakan sebagian besar sudah menggunakan *Next Generation Attenuation* (NGA), dimana atenuasi ini

pembuatannya sudah menggunakan data gempa global (*world wide data*). Nilai percepatan tanah dapat dihitung dengan pendekatan dari data histori gempa bumi. Menurut (Makrup, 2013) beberapa fungsi atenuasi untuk sumber gempa subduksi yaitu:

Persamaan Mc Guire

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

Dimana:

α : Percepatan tanah permukaan (gal)

M_s : Magnitudo gelombang permukaan

Persamaan Donovan

$$\alpha = \frac{1080 \times 10^{0.5Ms}}{(R + 25)^{1.32}}$$

2.13 Manfaat dan Hikmah Gempa Bumi dalam Perspektif Islam

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang sangat kompleks dan aktif sehingga menghasilkan gempa besar yang dapat menimbulkan bencana yang merusak. Gempa-gempa di Indonesia sering terjadi akibat adanya pergeseran plat tektonik. Menurut (Makrup, 2013) terdapat 3 plat tektonik besar yang bertumbukan dengan Indonesia yaitu plat Australia, India, dan Eurasia dan sembilan plat kecil yaitu plat Birma, plat laut Maluku, plat laut Banda, plat Timor, plat Filipina, Plat Caroline, plat Mauke dan plat Woodlark. Plat ini bergerak dengan berbagai tipe pergerakan yang berbeda dan telah membentuk zona gempa subduksi dan Zona patahan. Fenomena Lempeng Bumi telah dijelaskan di dalam Al-Qur'an pada Surah An-Naml ayat 88:

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنِعَ اللَّهُ الَّذِي أَنْفَقَ كُلَّ شَيْءٍ إِنَّهُ خَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ (النمل):
(٨٨)

Artinya : Dan kamu lihat gunung – gunung itu, kamu sangka dia tetap pada tempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. Begitulah perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu; sesungguhnya Allah Maha mengetahui apa yang kamu kerjakan (An-Naml:88)

Pada surah An-Naml ayat 88 menjelaskan bahwa gunung-gunung yang berjalan bagaikan awan tersebut adalah suatu perwujudan atau manifestasi adanya gerakan-gerakan lempeng tektonik benua maupun lempeng samudra. Semua gunung-gunung di bumi terletak diatas lempeng-lempeng tektonik tersebut.

Gempa bumi merupakan fenomena alam berdampak besar bagi kehidupan di bumi, kita tidak dapat mengetahui kapan kejadian seperti ini akan datang, dimana letak kejadiannya, seberapa kuat dan seberapa besar dampaknya. Jadi detiap orang diharuskan waspada. Untuk memelihara kehidupan di bumi Allah telah menciptakan manusia yang memiliki tanggung jawab untuk menggunakan, mengelola, dan memelihara alam semesta. Allah menciptakan alam untuk kemaslahatan dan kesejahteraan makhluk-Nya khususnya manusia. Namun banyak orang yang masih belum bisa menggunakannya dengan benar dan bertindak semaunya sendiri. Alam semesta harus tetap dijaga bersama dan digunakan dengan benar. Kerusakan karena bencana yang terjadi disebabkan oleh beberapa 106 faktor yaitu karena hukum alam yang sudah ditentukan oleh Allah atau dari perilaku manusia. Hal yang harus diketahui bahwa gempa bumi merupakan bencana yang berdampak besar bagi keadaan dan kehidupan di muka bumi. Kerusakan yang awalnya berdampak dalam skala kecil dan nantinya akan berubah menjadi skala

besar. terjadi berawal dari kecil dan lama-kelamaan akan berdampak besar. Di dalam Al-Qur'an telah menjelaskan terjadinya bencana alam di muka bumi dalam surat Q.S. Al-Mulk:16-17:

ءَأَمِنْتُمْ مَّن فِي السَّمَاءِ أَن يَخْسِفَ بِكُمْ الْأَرْضَ فَإِذَا هِيَ تَمُورًا ۚ أَمِنْتُمْ مَّن فِي السَّمَاءِ أَن يُرْسِلَ عَلَيْكُمْ حَاصِبًا ۗ

فَسَتَعْلَمُونَ كَيْفَ نَذِيرِ (الملك ٧١ - ٦١)

Artinya: “Apakah kamu merasa aman terhadap Allah yang (berkuasa) di langit bahwa Dia akan menjungkir balikkan bumi bersama kamu, sehingga dengan tiba-tiba bumi itu berguncang? (16) Apakah kamu merasa aman terhadap Allah yang (berkuasa) di langit bahwa dia akan mengirimkan badai yang berbatu. Maka kelak kamu akan mengetahui (akibat mendustakan) peringatanku (17)” (Q.S Al-Mulk: 16-17)

Dalam al-Quran, Allah S.W.T. menceritakan banyak manusia dimusnahkan oleh Allah melalui bencana alam. Antaranya kaum Nabi Nuh dimusnahkan dengan banjir, kaum Nabi Luth dimusnahkan dengan gempa bumi dan kaum 'Aad dimusnahkan dengan ribut taufan tujuh hari tujuh malam. Jelasnya, bencana alam yang memusnahkan kaum-kaum tersebut kerana hukuman Allah S.W.T. atas kekufuran dan kemungkaran mereka. Perihal ini ada dinyatakan dalam surah al-Ankabut ayat 40 Allah S.W.T. berfirman:

فَكُلًّا أَخَذْنَا بِذُنُوبِهِمْ ۖ فَمِنْهُمْ مَّنْ أَرْسَلْنَا عَلَيْهِ حَاصِبًا وَمِنْهُمْ مَّنْ أَخَذَتْهُ الصَّيْحَةُ وَمِنْهُمْ مَّنْ حَسَفْنَا بِهِ الْأَرْضَ وَمِنْهُمْ

مَّنْ أَعْرَفْنَا ۖ وَمَا كَانَ اللَّهُ لِيُظْلِمَهُمْ وَلَكِنْ كَانُوا أَنْفُسَهُمْ يَظْلِمُونَ (العنكبوت ٤٠)

Artinya: Maka masing-masing Kami binasakan dengan sebab dosanya, iaitu antaranya ada yang Kami hantarkan angin ribut menghujannya dengan batu dan ada yang dibinasakan dengan letusan suara yang menggempakan bumi dan ada yang Kami timbuskan dia di bumi dan ada pula yang Kami tenggelamkan di laut dan (ingatlah) Allah tidak sekali-kali menganiaya mereka, akan tetapi merekalah yang menganiaya diri sendiri (Al Ankabut: 40)

Peringatan ayat Allah S.W.T. tersebut hendaknya menjadi pelajaran bagi

kita bahawa akibat daripada kekufuran dan perbuatan maksiat yang dilakukan, akan

menjadi penyebab datangnya kemurkaan Allah. Ketahuilah bahawa setiap bencana yang menimpa manusia mempunyai tiga pengajaran yang berbeza. Bagi mereka yang terselamat daripada bencana, maka bencana yang menimpa orang lain merupakan peringatan bentuk kasih sayang daripada Allah agar mereka kembali pada jalan-Nya. Sedangkan bagi orang yang tidak beriman, maka bencana yang menimpa merupakan azab dan siksa dari Allah yang disebabkan oleh kekufuran dan kedurhakaan terhadap perintah Allah dan rasul-Nya. Perlu difahami bahawa bencana alam juga boleh berlaku disebabkan daripada kesilapan dan kerakusan manusia kerana mengejar kemewahan dunia. Demi wang ringgit bukit-bukau ditarah dan diruntuhkan, pembangunan dilaksanakan sesuka hati, pembakaran terbuka berleluasa, pembalakan haram menjadi-jadi dan pembuangan sampah di mana-mana.

Selain itu ada beberapa hadits shahih yang menjelaskan tentang hikmah terjadinya gempa bumi diantaranya seagai berikut (<https://muslim.or.id>):

أَتَقُومُ السَّاعَةَ حَتَّى تَكْثُرَ الزَّلَازِلُ (رواه البخاري)

Tidak akan tiba hari Kiamat hingga banyak terjadi gempa bumi.” (HR. Bukhari)

كُنَّا جُلُوسًا عِنْدَ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ. (وَدُكِّرَ الْحَدِيثُ وَفِيهِ) وَبَيَّنَّ يَدِي السَّاعَةَ مُوتَانًا شَدِيدًا وَبَعْدَهُ

سَنَوَاتُ الزَّلَازِلِ (رواه ابن ماجه)

قد وقع في كثير من البلاد الشمالية والشرقية والغربية كثير من الزلازل، ولكن الذي يظهر أن المراد بكثرتها: شمولها،

ودوامها (رواه ابن ماجه)

“Sungguh gempa banyak terjadi pada negara-negara di utara, timur dan barat, namun yang nampak dari maksudnya lafadz ‘banyak’ adalah mencakup keseluruhan dan terjadi terus-menerus.”

وَضَعَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَدَيْهِ عَلَى رَأْسِي - أَوْ عَلَى هَامَتِي - فَقَالَ: يَا ابْنَ حَوَالَةَ! إِذَا رَأَيْتَ الْخِلَافَةَ

قَدْ نَزَلَتْ الْأَرْضَ الْمُقَدَّسَةَ، فَقَدْ دَنَّتِ الزَّلَازِلُ وَالْبَلَايَا وَالْأُمُورُ الْعِظَامُ، وَالسَّاعَةُ يَوْمَئِذٍ أَقْرَبُ إِلَى النَّاسِ مِنْ يَدَيَّ

هَذِهِ مِنْ رَأْسِكَ (رواه احمد)

“Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam meletakkan kedua tangannya di atas kepalaku, lalu beliau berkata, ‘Wahai Ibnu Hawalah! Jika engkau melihat kekhilafahan telah turun di atas bumi-bumi yang disucikan, maka telah dekatlah gempa, bencana dan masalah-masalah besar, dan hari Kiamat saat itu lebih dekat kepada manusia daripada dekatnya kedua tanganku ini dari kepalamu.’” (HR. Ahmad, shahih)

Dijelaskan dari beberapa hadits shahih diatas bahwa ketika sudah terjadi gempa bumi dimana mana dan banyak terjadi bencana maka itu menandakan bahwa kiamat sudah dekat. Gempa terjadi karena manusia tidak lagi memperhatikan keberadaan alam dengan baik. Di mana, lahan-lahan yang subur, kini dijadikan bangunan-bangunan besar yang megah. Alhasil, penghijauan semakin menipis dan dunia semakin terkikis, akibat kerusakan yang banyak terjadi. Salah satu bentuk kerusakan ialah adanya bencana alam. Ini memang sesuatu yang ilmiah. Hadir bukan atas dasar keinginan manusia. Melainkan sudah menjadi kehendak Allah SWT. Salah satu bentuknya ialah gempa bumi.

Gempa bumi ini bisa merupakan rahmat dari Allah SWT kepada umat ini dan penghapus dosa-dosanya. Seperti dijelaskan dalam hadis yang diriwayatkan oleh Abu Musa Al-Asy’ari, bahwa Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam bersabda, “Umatku adalah umat yang dirahmati Allah. Mereka tidak akan mendapat azab di akhirat. Allah menjadikan azab mereka di dunia, dengan peperangan, gempa bumi dan fitnah (musibah),” (HR. Ahmad dan Hakim. Imam Hakim menilai hadis ini berkualitas shahih).

Al Quran telah memperingati manusia bahwa bencana akan datang secara tiba-tiba. Tidak ada satupun bencana yang terjadi diluar kehendak Allah termasuk gempa bumi Sebagian orang beranggapan bahwa bencana semata-mata karena takdir dari Allah. Namun, perlu diketahui sunnatullah itu terjadi karena sebab dan akibat. Boleh jadi manusia lupa dan serakah atas bumi yang ditempati sehingga mengakibatkan terjadinya bencana. Ada beberapa manfaat bagi manusia ditinjau dari segi Al Quran dan dalam kehidupan masyarakat dapat dilihat sebagai berikut:

1. Sebagai peringatan, agar kita semua waspada dan mempersiapkan diri.
2. Allah mengangkat derajat manusia atas kejadian yang menimpa mereka.
3. Sebagai informasi yang menggambarkan keadaan dibawah tanah
4. Menjaga keseimbangan alamMeningkatkan kewaspadaan sehingga berhati-hati terhadap kemungkinan gempa bumi akan terjadi

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kediaman pada bulan Agustus – selesai dengan melakukan bimbingan secara online di BMKG Tretes kabupaten Pasuruan Jawa Timur.

3.2 Instrumentasi Penelitian

Instrument atau peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah terdiri dari Software dan Hardware.

1. Hardware berupa Laptop / PC
2. Software

Software yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a) Sistem Operasi Windows 10
- b) ArcGIS 10.5 digunakan untuk membuat desain peta penelitian
- c) Microsoft word 2016 digunakan untuk Menyusun draft skripsi
- d) Microsoft Excel 2016 digunakan untuk mengelolah data
- e) Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah data gempa bumi di Jawa

Timur berdasarkan data gempa yang di dapatkan dari data base BMKG Jawa Timur priode 1972-2022.

3.3 Jenis Data

Dalam penelitian ini data yang diperoleh dari data katalog gempa bumi yang diambil dari USGS dengan priode tahun 1972-2022. Katalog gempa BMKG dapat diakses melalui <http://repogempa.bmkg.go.id>. Laman USGS dapat diakses

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes./search>. Berdasarkan pembatasan wilayah Jawa Timur dengan koordinat yang dibatasi oleh garis lintang dan bujur antara $6^{\circ}50'LS - 9^{\circ}LS$ dan $111^{\circ}BT - 115^{\circ}BT$. Dengan memilih magnitudo ≥ 5 SR dengan kedalaman ≤ 60 km.

3.4 Perhitungan Percepatan dan Input Data

Pada penelitian ini dilakukan beberapa Langkah-langkah untuk menentukan pemetaan nilai percepatan maksimum dan resiko gempa bumi adalah sebagai berikut:

1. Mencari nilai longitude dan latitude pada setiap kecamatan di Jawa Timur
2. Membuat grid pada setiap kecamatan dengan menggunakan Arc Gis 10.5
3. Menyusun data historis gempa di daerah penelitian pada priode 1972-2022 berdasarkan latitude, longitude, magnitudo dan kedalaman dengan Batasan garis lintang dan bujur $6^{\circ}50'LS-9^{\circ}LS$ dan $111^{\circ}BT-115^{\circ}BT$.
4. Mengkonversi magnitudo sesuai dengan yang dibutuhkan pada fungsi atenuasi.
5. Menghitung episenter dan hiposenter dari masing-masing grid ke titik gempa dengan menggunakan data garis lintang dan bujur pada masing-masing grid, dimana pada setiap grid punya garis lintang dan bujur yang berbeda-beda.

$$\Delta = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2}$$

Y2 : Lintang daerah perhitungan yang dalam hal ini adalah lintang dari masing-masing grid (derajat)

Y1: Lintang episenter gempa bumi (derajat)

X2: Bujur episenter (derajat)

X1 : Bujur daerah perhitungan yang dalam hal adalah bujur dari masing-masing grid (derajat).

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

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

6. Setelah nilai Episenter dan Hiposenter diketahui, maka kita dapat menghitung nilai percepatan getaran tanah dengan metode Mc Guire dan Donovan dengan menggunakan nilai magnitudo gempa bumi.

Metode Mc Guire

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

Dimana:

α : Percepatan tanah permukaan (gal)

Ms : Magnitudo gelombang permukaan

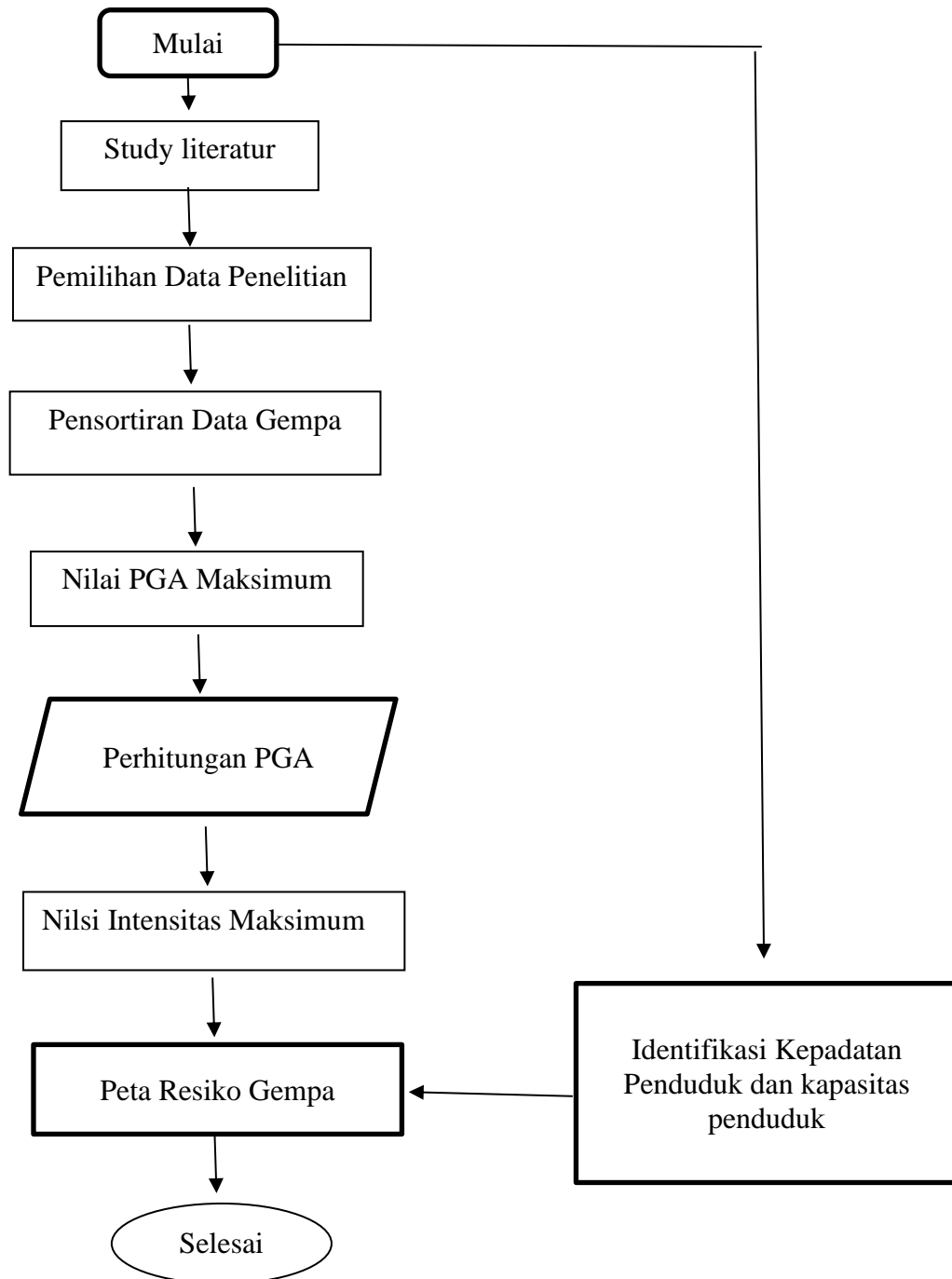
Metode Donovan

$$\alpha = \frac{1080 \times 10^{0.5Ms}}{(R + 25)^{1.32}}$$

7. Membuat peta kontur percepatan tanah maksimum dengan menggunakan software ArcGis 10.5
8. Konversi nilai PGA ke dalam nilai Intensitas maksimum

9. Mensortir data kepadatan penduduk dan data kapasitas
10. Mengitung nilai kerentanan social dan kerentanan ekonomi, setela itu dapatlah nilai Kerentanan ancaman Gempabumi.
11. Scoring nilai data kepadatan penduduk, dan data kapasitas, untuk menentukan resiko gempa, kemudian membuat pemetaan resiko gempabumi dengan menggunakan software ArcGis 10.5

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan resiko gempa bumi merupakan salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk mitigasi gempabumi. Bentuk mitigasi tersebut dilakukan dengan cara menyesuaikan perencanaan bangunan yang dibangun di suatu daerah agar mengetahui seberapa rentan suatu daerah terhadap bencana. Menurut (Tim Revisi Peta Gempa Bumi Indonesia, 2010) terdapat beberapa parameter dalam suatu perencanaan bangunan tahan gempa yaitu; 1) Percepatan tanah maksimum yang digunakan untuk memberikan informasi kekuatan gempa, 2) Respon spektra gempa untuk memberikan informasi tambahan mengenai frekuensi gempa dan kemungkinan efek amplifikasinya, dan 3) Riwayat waktu percepatan gempa (*time historis*) yang berfungsi untuk memberikan informasi terlengkap berupa variasi besarnya beban gempa untuk setiap waktu selama durasi gempa.

Salah satu parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah percepatan getaran tanah maksimum atau disebut dengan PGA (*Peak Ground Acceleration*). Setiap tempat pada saat terjadi gempabumi memiliki nilai PGA. Untuk memperoleh nilai percepatan tanah maksimum tersebut diperlukan suatu pengolahan data historis gempa. Nilai percepatan pergerakan tanah (PGA) merupakan salah satu nilai yang di dapatkan dari perhitungan data gempa bumi. *Peak Ground Acceleration* (PGA) atau percepatan pergerakan tanah maksimum akibat gempa bumi adalah nilai percepatan getaran terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh periode tertentu. Percepatan pergerakan tanah maksimum merupakan salah satu parameter yang sering digunakan untuk memprediksi tingkat

kerusakan tanah akibat guncangan gempa bumi. Percepatan Getaran Tanah Maksimum (PGA) merupakan nilai yang perlu dikaji untuk setiap terjadinya

gempabumi yang kemudian akan digunakan untuk menggambarkan tingkat kerusakan tanah akibat guncangan gempabumi. Terdapat beberapa parameter yang dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai percepatan tanah pada suatu wilayah di antara lain besarnya magnitude gempa, kedalaman gempa (hiposenter) dan jarak gempa (episenter). Semakin besar nilai percepatan pergerakan tanah (PGA) disuatu daerah maka akan semakin besar juga nilai intensitas gempa bumi. Tingginya nilai percepatan pergerakan tanah disebabkan oleh jarak yang lebih dekat dengan sumber gempa sehingga akan mempengaruhi terhadap nilai intensitasnya. Dalam penelitian ini menggunakan data historis gempa 1972-2022. Kemudian data tersebut dihitung menggunakan persamaan atenuasi.

Fungsi atenuasi merupakan persamaan matematika sederhana yang dapat menghubungkan antara parameter kegempaan di lokasi pusat gempa meliputi magnitudo dan episenter gempa dengan parameter pergerakan tanah di lokasi yang ditinjau. persamaan atenuasi tersebut diperlukan kesamaan karakteristik gempa, magnitudo, dan kondisi geologi di suatu wilayah penelitian. Percepatan puncak dapat dimanfaatkan untuk menggambarkan parameter peristiwa gerakan tanah (ground motion), dan ada beberapa peneliti di dunia yang telah mengusulkan persamaan atenuasi untuk menghitung nilai percepatan tanah yang mana hal ini dipaparkan oleh (Irsyam, 2010) Sesuai dengan hasil Tim Teknis Revisi Peta Gempa Indonesia (2010) tercatat oleh accelograph yang dilakukan oleh BMKG yaitu pencatatan data percepatan yang terletak di permukaan tanah. Selain itu kondisi dari jenis tanah pada tempat peletakan alat pendeteksi gerakan tanah tidak dapat diketahui secara jelas sehingga ketetapan pencatatan data percepatan getaran tanah juga belum dapat terlihat dengan jelas. Kelemahan yang sering muncul pada saat

penggunaan data percepatan getaran tanah (PGA) yang dimiliki oleh BMKG menyebabkan belum ditemukannya fungsi atenuasi atau ketetapan dan data khusus untuk fungsi atenuasi yang cocok di wilayah Indonesia. Oleh karena itu, kondisi geologi, fisiografis dan tektonik dari suatu wilayah di Indonesia menjadi dasar dalam pemilihan fungsi atenuasi yang memiliki kesamaan dengan syarat rumus atenuasi yang sudah diusulkan oleh para ahli. (Prawirodikromo, 2012) menerangkan bahwa dasar pemilihan fungsi atenuasi terdapat beberapa parameter yang mempunyai fungsi secara signifikan pada perhitungan fungsi atenuasi diantara lain magnitudo gempa yang terjadi, jarak, mekanisme sumber gempanya, dan kondisi dari wilayah pencatatan data gempa. Sehingga nilai hasil PGA yang diperoleh dari perhitungan atenuasi tersebut sesuai dan dapat dijadikan acuan untuk pemetaan mitigasi gempa bumi. Pada penelitian kali ini menggunakan persamaan atenuasi yaitu Mc Guirre, dan Donovan . Pemilihan fungsi atenuasi yang digunakan untuk meneliti suatu wilayah pada kondisi geologi dan tektonik dari suatu wilayah penelitian untuk menambah informasi dan wawasan.

4.1 Analisis Tahap Pengolahan Data

Dalam penelitian kali ini untuk menentukan resiko gempa bumi berdasarkan nilai pergerakan percepatan tanah maksimum (PGA) dengan menggunakan metode Mc Guirre dan Donovan di wilayah Jawa Timur, terdapat beberapa proses yang dilakukan.

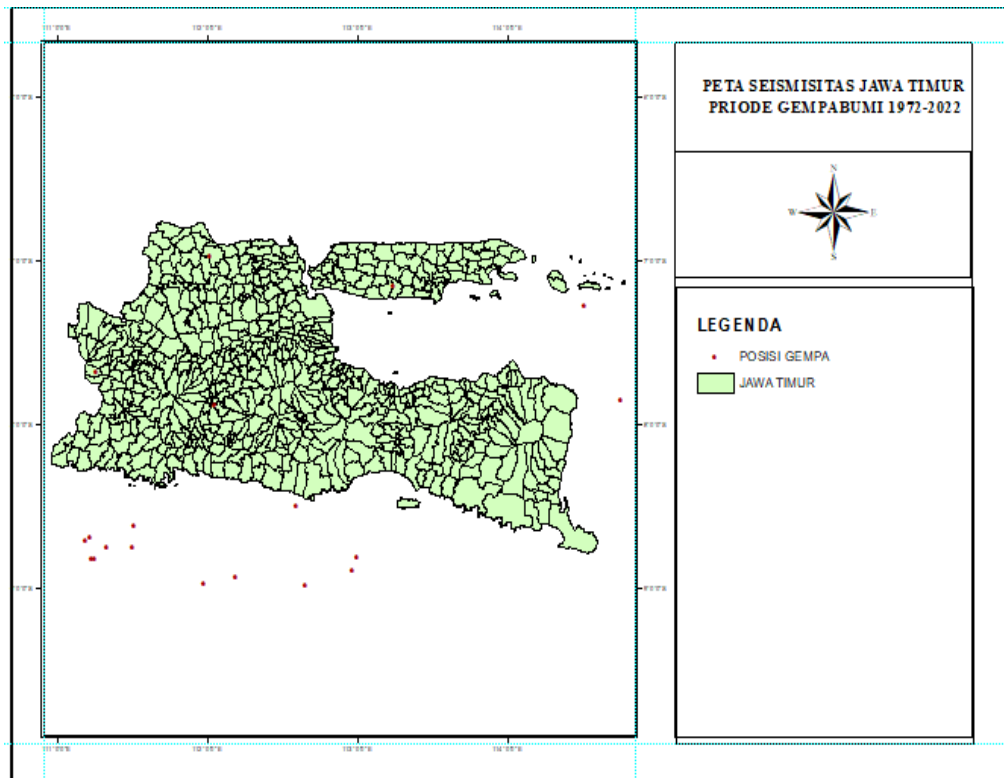
Tahapan pertama yang dilakukan yaitu mensortir data historis gempa. Data yang digunakan merupakan data historis gempa pada kurun waktu 1972-2022 di wilayah Jawa Timur, data tersebut disortir dengan koordinat $6^{\circ}50'LS-9^{\circ}LS$ dan $111^{\circ}BT-115^{\circ}BT$, magnitudo ≥ 5 SR dengan kedalaman ≤ 60 km. Dalam penelitian ini data

yang diperoleh dari data katalog gempa bumi yang diambil dari USGS dengan periode tahun 1972-2022. Katalog gempa dapat diakses melalui <Http://repogempa.bmkg.go.id> laman USGS dapat diakses melalui <https://earthquake.usgs.gov/earthquake.search>. Adapun data historis gempa yang dapat merusak adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data gempa bumi merusak 1972-2022 di wilayah Jawa Timur

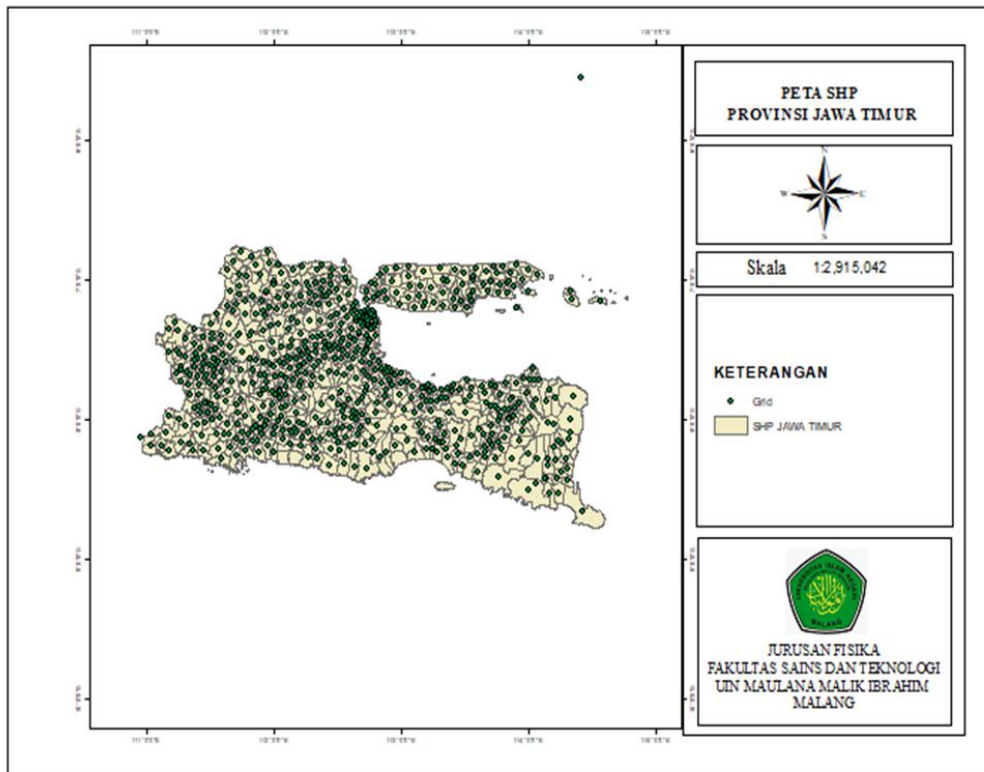
Waktu Terjadinya Gempa	Latitude	Longitude	Kedalaman	Magnitude	Tempat terjadinya gempa
2017-05-24	-8.9692	111.9847	58.3	5.4	Boyolangu
2016-02-25	-8.7463	111.5091	57.44	5.1	Trenggalek
2014-07-14	-8.8188	111.2529	52.51	5.5	Trenggalek
2013-07-08	-8.803	113.002	60	5.7	Kencong
2010-12-21	-8.7	111.197	54.6	5.6	Trenggalek
2008-02-03	-8.617	111.521	35	5.1	Trenggalek
2005-06-11	-8.923	112.196	60	5.4	Sumber pucung
2003-07-19	-8.682	111.227	56.2	5.9	Trenggalek
2003-02-24	-7.27	114.521	48.4	5.2	Kalianget
1999-02-23	-8.972	112.665	33	5	Dampit
1992-07-05	-7.671	111.268	33	5.1	Madiun
1990-06-18	-8.813	111.235	33	5	Trenggalek
1989-10-25	-7.151	113.247	41.4	5	Sampang
1988-07-14	-8.487	112.596	33	5.3	Gondanglegi
1986-05-12	-6.969	112.019	33	5.1	Tuban
1985-04-23	-8.746	111.333	33	5.4	Trenggalek
1984-08-03	-7.85	114.759	38.4	5.1	Wongsorejo
1980-08-13	-7.874	112.051	33	5	Kediri
1980-03-31	-8.89	112.977	49	5.2	Dampit

Berdasarkan Tabel 4.1 dengan parameter longitude, latitude dan magnitude gempa bumi dapat menunjukkan posisi gempa bumi pada wilayah penelitian. Posisi gempa dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Titik Gempa Bumi di wilayah penelitian

Tahap kedua yang dilakukan setelah mengetahui posisi gempa pada wilayah penelitian yaitu menentukan lintang dan bujur pada kecamatan di provinsi Jawa Timur dengan menggunakan aplikasi *Google Earth Pro*. Kemudian Lintang dan Bujur dikonversi dari satuan derajat menjadi bentuk desimal, caranya dengan mengkalikan dengan 111 km. Setelah itu kita dapat menentukan grid (titik pengamatan) pada wilayah penelitian. Grid digunakan untuk menghitung jarak antara episenter dengan titik gempa bumi pada wilayah penelitian. Grid ditentukan pada setiap titik kecamatan yang ada di provinsi Jawa Timur. Langkah selanjutnya yaitu pembuatan grid wilayah penelitian dengan menggunakan Software ArcGIS 10.5 untuk memasukkan grid kedalam ArcGIS diperlukan Lintang Bujur dalam bentuk file 97-2003 Workbook Excel. Hasil grid penelitian dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Hasil grid penelitian provinsi Jawa Timur

Tahap ketiga yang dilakukan yaitu perhitungan nilai Episenter dan Hiposenter pada setiap grid. Perhitungan Episenter dan Hiposenter dengan menggunakan rumus yaitu:

- Menghitung jarak Episenter masing-masing grid dengan rumus:

$$\Delta = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2}$$

Dimana:

Y2: Lintang daerah perhitungan yang dalam hal ini adalah lintang dari masing-masing grid (derajat)

Y1: Lintang episenter gempa bumi (derajat)

X2: Bujur episenter (derajat)

X1: Bujur daerah perhitungan yang dalam hal adalah bujur dari masing-masing grid (derajat). Jarak episenter yang diperoleh dijadikan dalam satuan kilometer dengan konversi $1^{\circ} = 111 \text{ km}$

- Menghitung jarak Hiposenter masing-masing grid dengan rumus:

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

Dimana:

R: Jarak Hiposenter (derajat)

Δ : Jarak Episenter (derajat)

h: Jarak kedalaman (derajat)

- Setelah didapat jarak episenter dan hiposenter langkah selanjutnya yaitu menghitung percepatan getaran tanah maksimum (PGA) pada setiap titik penelitian. Perhitungan PGA dihitung dengan menggunakan fungsi atenuasi metode Mc Guirre, dan metode Donovan. Berikut fungsi atenuasi perhitungan nilai PGA:

- a) Bentuk fungsi atenuasi Mc Guire

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

Dimana:

α : Percepatan tanah permukaan (gal)

Ms : Magnitudo gelombang permukaan

- b) Bentuk fungsi atenuasi Donovan

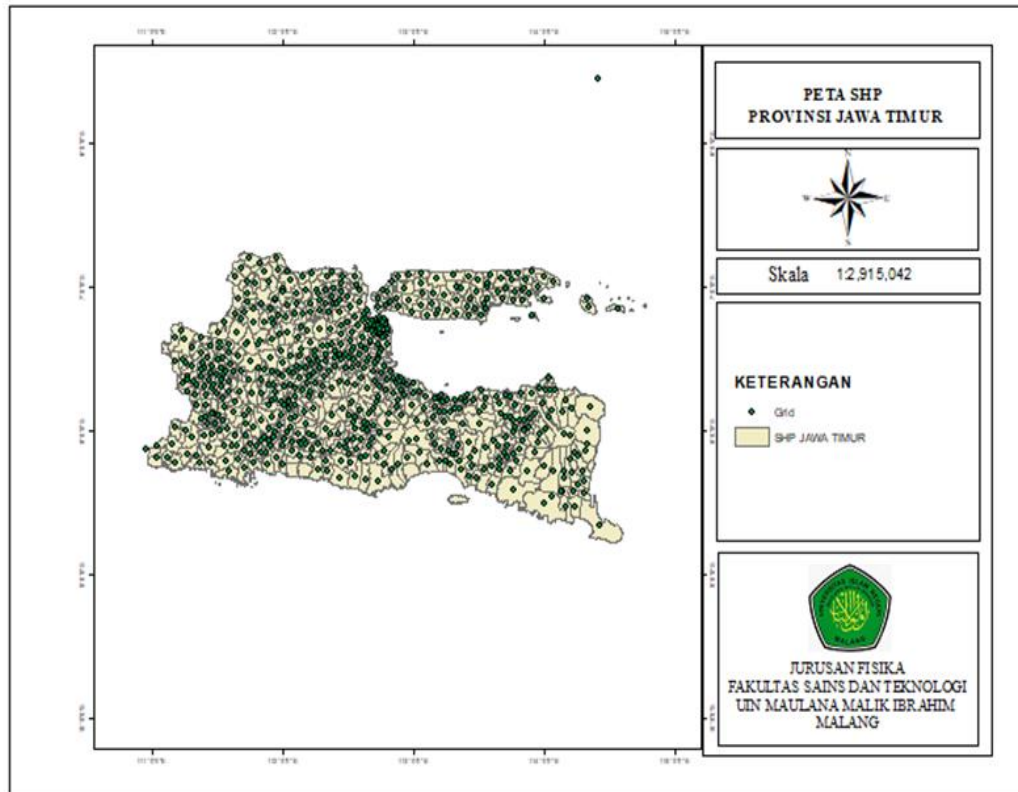
$$\alpha = \frac{1080 \times 10^{0.5Ms}}{(R + 25)^{1.32}}$$

- Menentukan nilai percepatan getaran tanah maksimum pada masing-masing grid

Dilakukan pemetaan pada tahap ke empat. Pemetaan ini dilakukan untuk membuat peta pergerakan tanah maksimum dan peta resiko gempa bumi. Komponen penyusun peta resiko gempa bumi yaitu kepadatan penduduk dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang didapat dari nilai kapasitas. Terdapat beberapa tahapan untuk pembuatan peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA) antara lain:

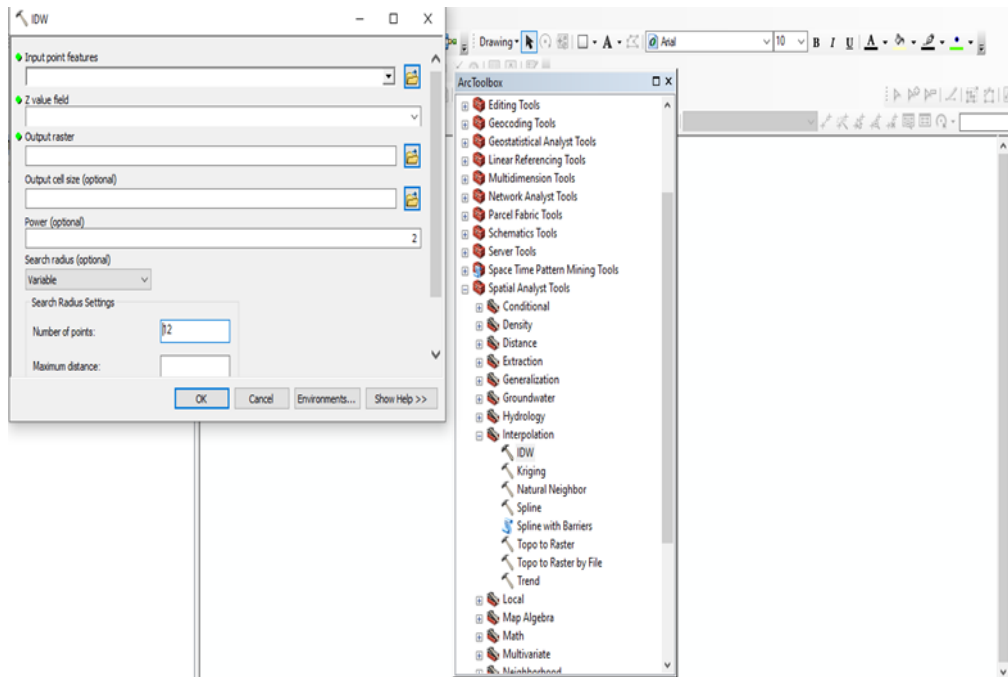
1. Buka Aplikasi ArcMap 10.5. kemudian klik toolbar File dan pilih New Maps
2. Masukkan data nilai PGA (dalam bentuk xyz dengan format excel 97-2003 workbook) dengan cara klik File – Add Data – Add XY data- Pada description kemudian edit dan pilih Coordinat sistem – World – WGS 1984.
3. Tampilan nilai PGA berbentuk Grid data yang ditampilkan pada ArcMap 10.5

- Langkah selanjutnya memasukkan peta SHP kecamatan Provinsi Jawa Timur. Dengan cara Klik Data – Pilih file SHP Jawa Timur – Ok. Akan ditampilkan peta SHP seperti dibawah ini:



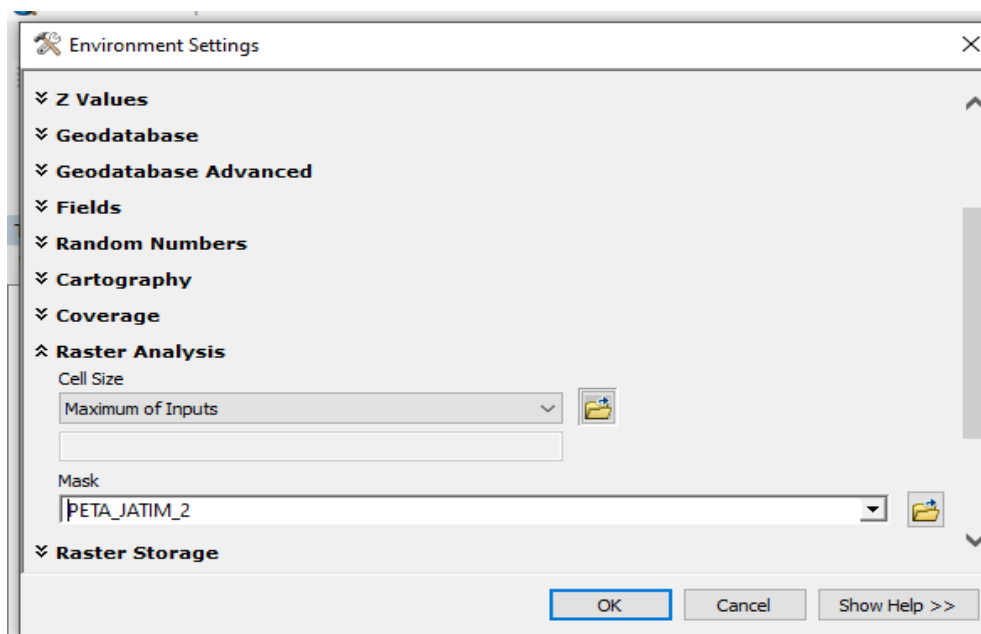
Gambar 4.4 Tampilan Peta SHP kecamatan pada Provinsi Jawa Timur

- Kemudian dilakukan tahap Interpolasi dengan cara klik *Arc Toolbar – Spatial Analiys Tool – Interpolation – IDW*



Gambar 4.5 Tampilan tahap Interpolasi IDW

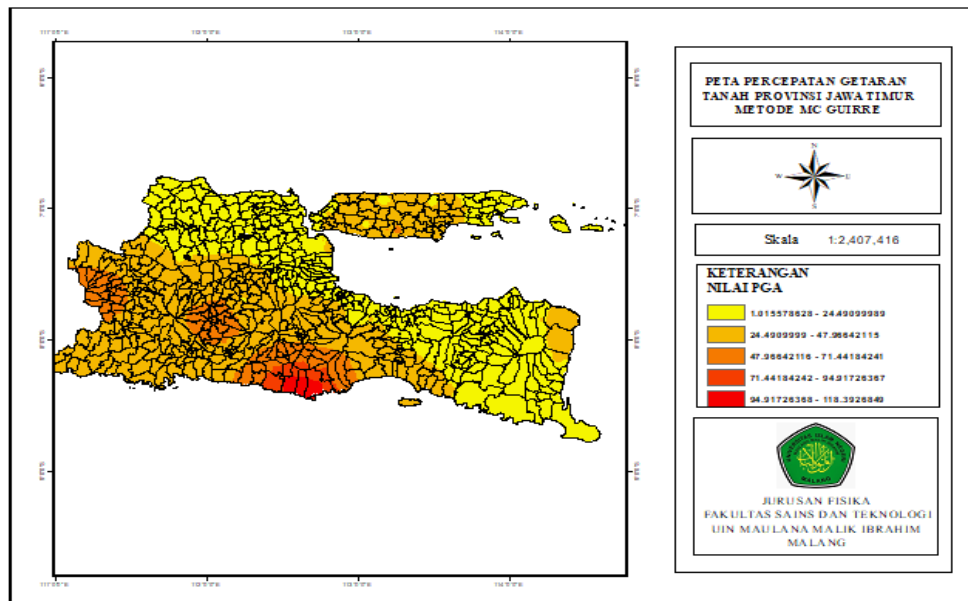
6. Setelah itu masukkan nilai PGA pada *Z value field* – klik *Environment – Raster Analysis – Mask* (masukkan peta SHP provinsi Jawa Timur)



Gambar 4.6 Tampilan Raster Analysis

7. Klik Ok – Tunggu IDW memproses data kemudian akan tampil Interpolasi nilai PGA.

8. Lakukan Editing (Batas, lintang, bujur, Label, keterangan dll) – Selesai



Gambar 4.7 Tampilan editing peta percepatan getaran tanah maksimum

Tahap kelima yaitu membuat peta resiko gempa bumi dengan komponen penyusunnya yaitu kepadatan penduduk dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) keduanya diperoleh dari www.jatim.bps.go.id kemudian melakukan scoring pada Indikator resiko gempa bumi dengan melihat tabel di bawah ini (Basid & Tim Fisika, 2022):

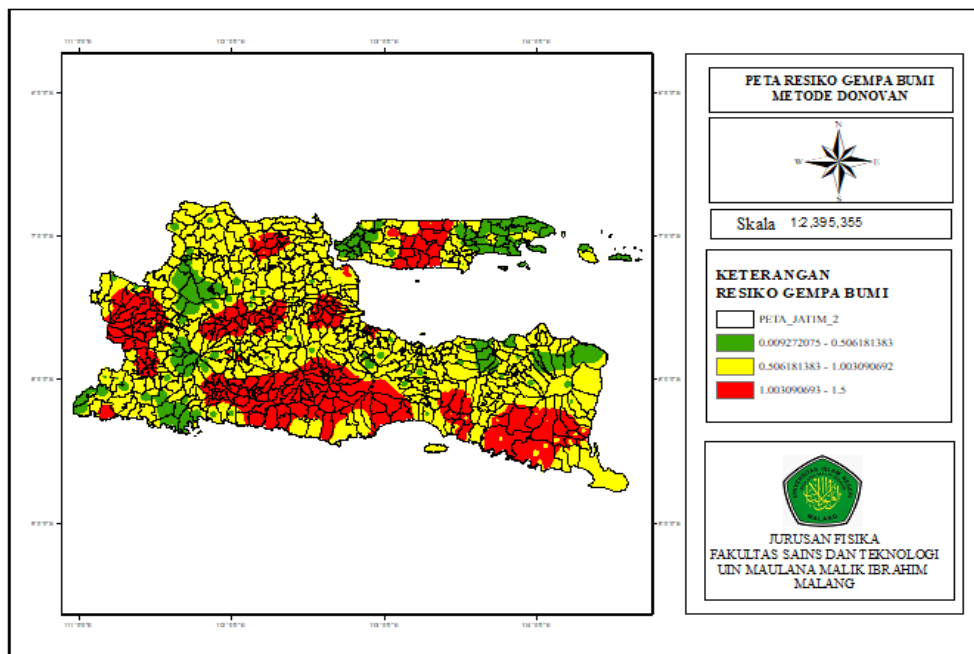
Tabel 4.2 scoring pembuatan peta resiko gempa bumi

Indikator	Bobot	Variabel	Kelas	Skor
Kepadatan penduduk	0.6	< 500	Rendah	1
		500-1000	Sedang	2
		> 1000	Tinggi	3

Penentuan Indeks Kapasitas diperoleh dari tingkat ketahanan daerah pada suatu tertentu. Indeks kapasitas diperoleh dari penentuan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada suatu daerah, nilai IPM didapatkan dari laman <https://Jatim.bps.go.id>. Kemudian menghitung nilai resiko gempabumi menggunakan rumus

$$\text{Resiko Bencana} = \text{Ancaman} \cdot \frac{\text{kerentanan}}{\text{kapasitas}}$$

Tahap selanjutnya yaitu membuat peta Resiko gempa bumi menggunakan software Arc GIS 10.5. dengan memasukkan data yang sudah dihitung di Excel dengan menggunakan dua Indikator yaitu Indeks Pembangunan Manusia dan Kepadatan penduduk yang sudah dihitung, kemudian mengikuti Langkah-langkah yang sudah dituliskan diatas. pembuatan peta melakukan spesifikasi warna resiko, dapat dilihat seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.8 Tampilan Peta Resiko Gempa Bumi

4.2 Analisis Data dan Pembahasan

Pulau Jawa merupakan salah satu wilayah yang rawan gempa bumi di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh adanya tektonik regional. Pulau Jawa terbagi menjadi 2 jalur seismotektonik tunjaman selatan Jawa dan jalur seismotektonik sesar aktif daratan Jawa. Zona Selatan Jawa merupakan lajur pertemuan lempeng yang bersifat konvergen, dimana Lempeng-Indo-Australia, menyusup ke bawah

Lempeng Eurasia dengan kecepatan 50-70 mm/tahun. Pada batas pertemuan lempeng ini ditandai dengan adanya palung samudra. Sistem subduksi ini menunjам ke bawah di sepanjang palung laut dalam. Palung ini biasa disebut patahan anjak besar atau Megathrust. Megathrust merupakan gempa bermagnitudo besar yang memicu terjadinya tsunami hal ini dijelaskan oleh (Daryono, Sutikno dan Prayitni, & Bambangsetio, 2009).

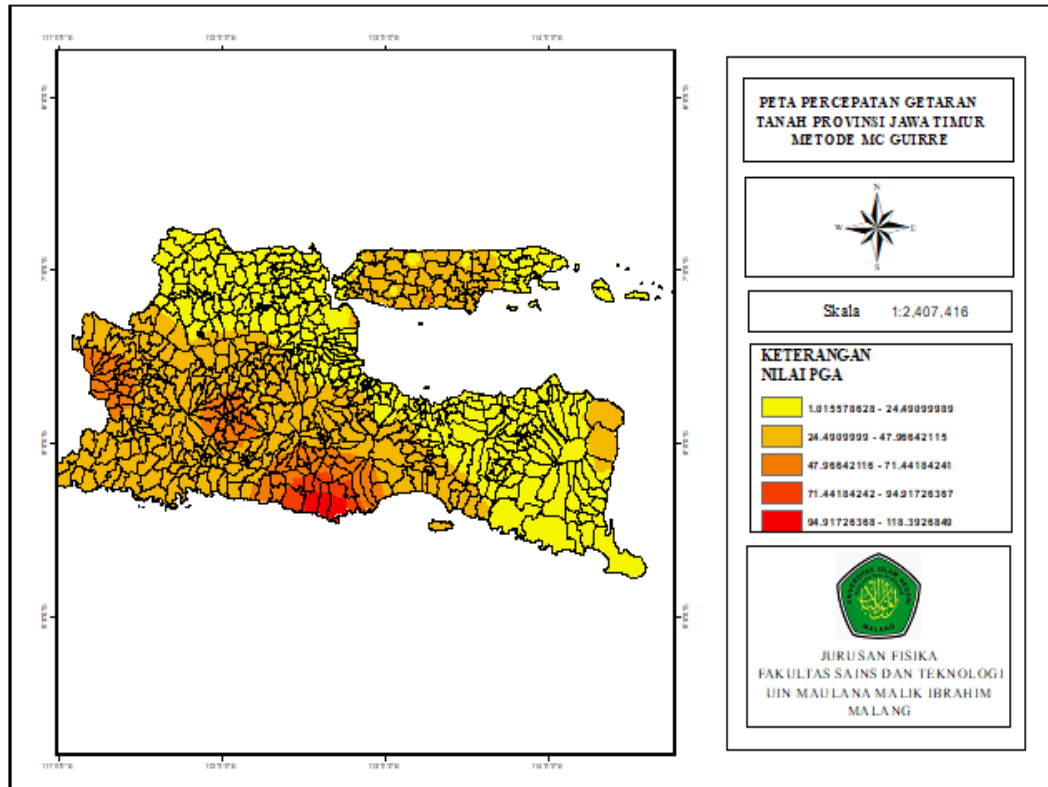
Provinsi Jawa Timur merupakan wilayah yang dipilih untuk dilakukan pengamatan. Wilayah Jawa Timur merupakan salah satu wilayah yang rawan gempa. Historis gempa bumi di Jawa Timur telah merekam terjadinya gempa bumi yang dirasakan getarannya dan gempa tersebut bersifat merusak. Kerusakan ini mengakibatkan ribuan rumah dan bangunan lainnya rusak serta menelah ribuan korban jiwa. Melihat kejadian tersebut diperlukan banyak pengamatan di wilayah yang sering terjadi gempabumi. Jawa Timur merupakan wilayah yang rawan terjadinya gempa. Daerah kerusakan akibat gempa bumi di Jawa Timur dapat dilihat dalam tabel 4.1.

4.3 Analisis Peta Percepatan Getaran Tanah (PGA)

Pada persamaan pergerakan tanah (PGA) dinyatakan dalam satuan persamaan percepatan Gravitasi (Gravitational Acceleration = gal). Nilai percepatan getaran tanah maksimum yang dihasilkan menunjukkan tingkat resiko bencana yang terjadi disuatu wilayah penelitian. Dalam penelitian ini digunakan 2 metode yaitu Mc Guirre dan Donovan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan metode yang sesuai untuk digunakan wilayah Jawa Timur. Hasil dari nilai PGA di konversi dalam bentuk Intensitas gempa dalam skala MMI (*Modified Mercally Intensity*)

untuk mengetahui tingkat kerusakan yang diakibatkan gempa. Intensitas dihitung dari pengamatan terhadap kerusakan (Rahman, 2015) dapat dilihat pada tabel 2.3

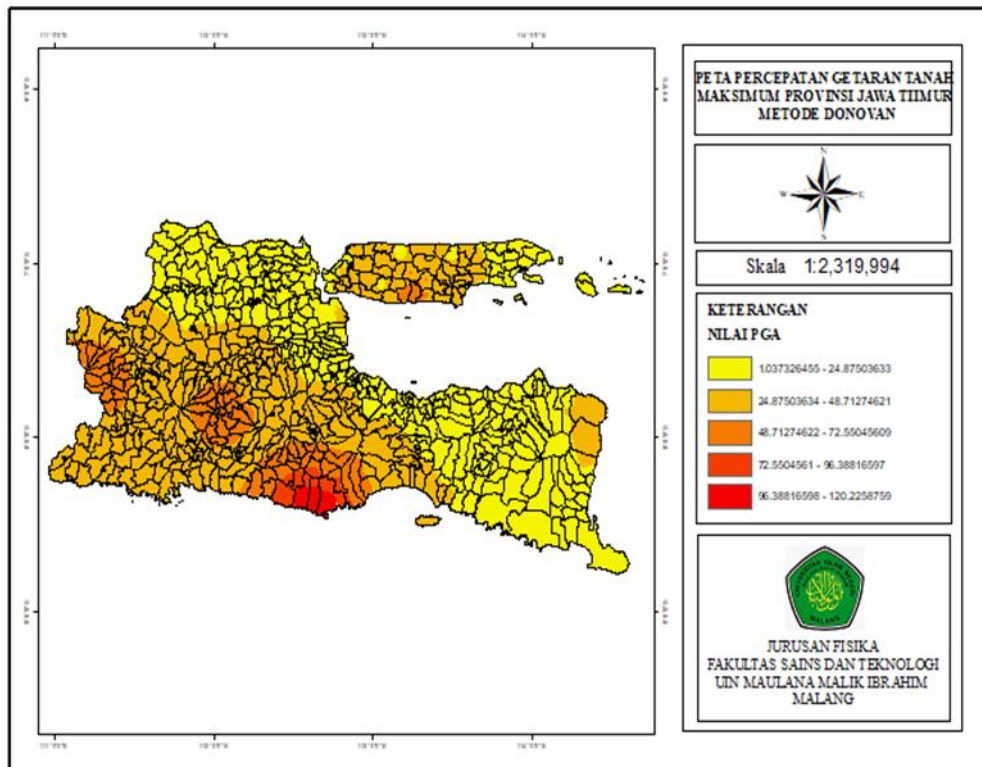
Hasil pemetaan dari metode yang pertama pada penelitian kali ini dengan menggunakan metode Mc Guirre dapat dilihat seperti gambar berikut:



Gambar 4.9 Peta Percepatan Getaran Tanah Maksimum Metode Mc Guirre

Hasil dari pemetaan peta percepatan getaran tanah maksimu Pada gambar 4.9 dijelaskan bahwa nilai percepatan getaran tanah maksimum dengan menggunakan metode Mc Guirre dapat di lihat pada lampiran V

Hasil pemetaan dari metode yang kedua pada penelitian kali ini dengan menggunakan metode Donovan dapat dilihat seperti gambar berikut:



Gambar 4.10 Peta Percepatan Getaran Tanah Maksimum Metode Donovan

Hasil dari pemetaan peta percepatan getaran tanah maksimu Pada gambar 4.10 dijelaskan bahwa nilai percepatan getaran tanah maksimum dengan menggunakan metode Donovan dapat di lihat pada lampiran VI.

Salah satu akibat yang akan terjadi akibat adanya gempa bumi adalah pergerakan tanah, yang pada akhirnya menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu wilayah. Besarnya nilai percepatan getaran tanah maksimum pada suatu wilayah berpengaruh terhadap kenaikan resiko gempa yang akan terjadi. Nilai percepatan getaran tanah maksimum dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain nilai magnitudo, episenter, hiposenter, kedalaman gempa, serta kondisi dari geologi daerah penelitian. Dari hasil perhitungan nilai percepatan getaran tanah maksimum dengan menggunakan dua metode di atas memiliki kesamaan dan perbedaan. Perbedaan dari metode yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat

dari nilai percepatan getaran tanah maksimum dan warna yang terdapat dalam hasil pemetaan peta percepatan getaran tanah maksimum serta konstanta yang digunakan pada masing-masing fungsi atenuasi. Parameter metode Mc Guire dan metode Donovan sama yaitu menggunakan magnitudo Permukaan (M_s), episenter dan hiposenter. Semakin banyak parameter yang digunakan maka hasil pecepatan getaran tanah maksimum yang dihasilkan akan semakin akurat meskipun parameter yang digunakan hampir sama yaitu menggunakan hiposenter, episenter dan magnitudo tetapi nilai konstanta pengali dan pembagimya berbeda dari setiap metode perhitungan yang digunakan. Hal ini disebabkan karena naik turunnya nilai intensitas gempa dipengaruhi oleh jarak yang semakin jauh dari sumber gempa bumi terjadi. Semakin jauh jarak dari titik pusat gempa maka semakin kecil juga nilai PGA nya. Penyebab turunnya intensitas energi gempa diakibatkan oleh terpecahnya energi dari gelombang primer dan gelombang sekunder serta pada saat gempa menjalar pada volume batuan yang luas dan energi gempa terdistribusi yang ada didalamnya.

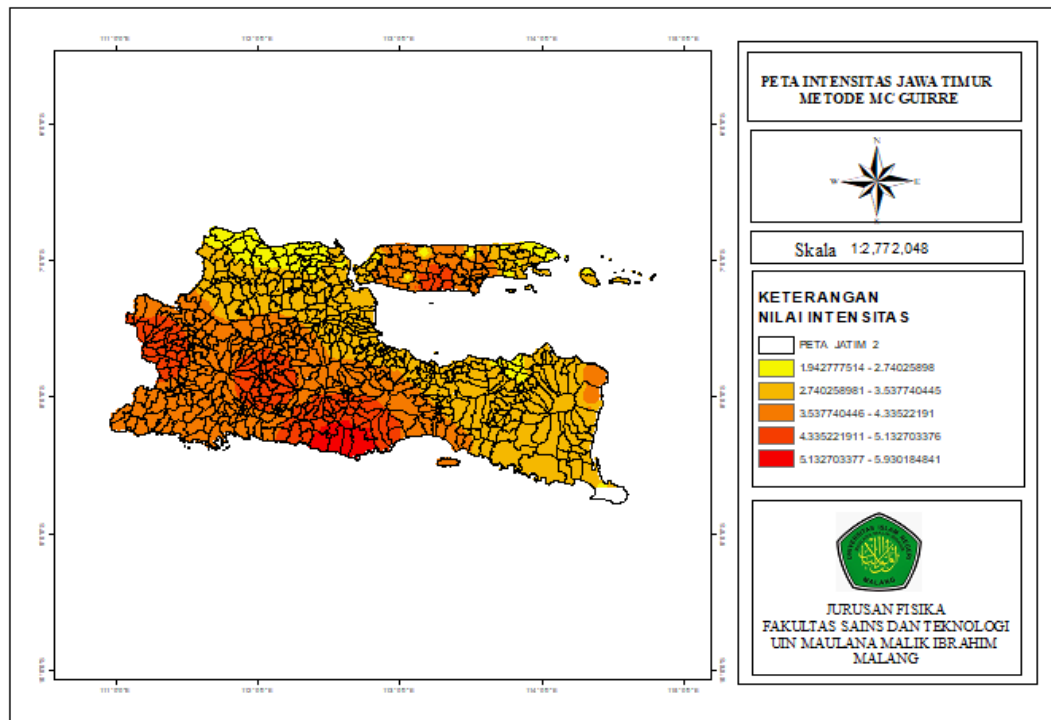
Dari kedua metode yang digunakan pada penelitian kali ini menunjukkan bahwa pada zona selatan Provinsi Jawa Timur nilai Percepatan Getaran Tanah Maksimum relative tinggi, diantaranya kabupaten Malang, lumajang, Jember, Pacitan, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Jember dan Banyuwangi hal ini dikarenakan di wilayah tersebut terdapat palung yang merupakan zona pertemuan antara lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia.

Selain nilai percepatan tanah maksimum, terdapat nilai intensitas maksimum. Intensitas maksimum merupakan salah satu komponen untuk menentukan tingkat risiko gempa bumi pada suatu wilayah. Pada penelitian ini nilai percepatan tanah

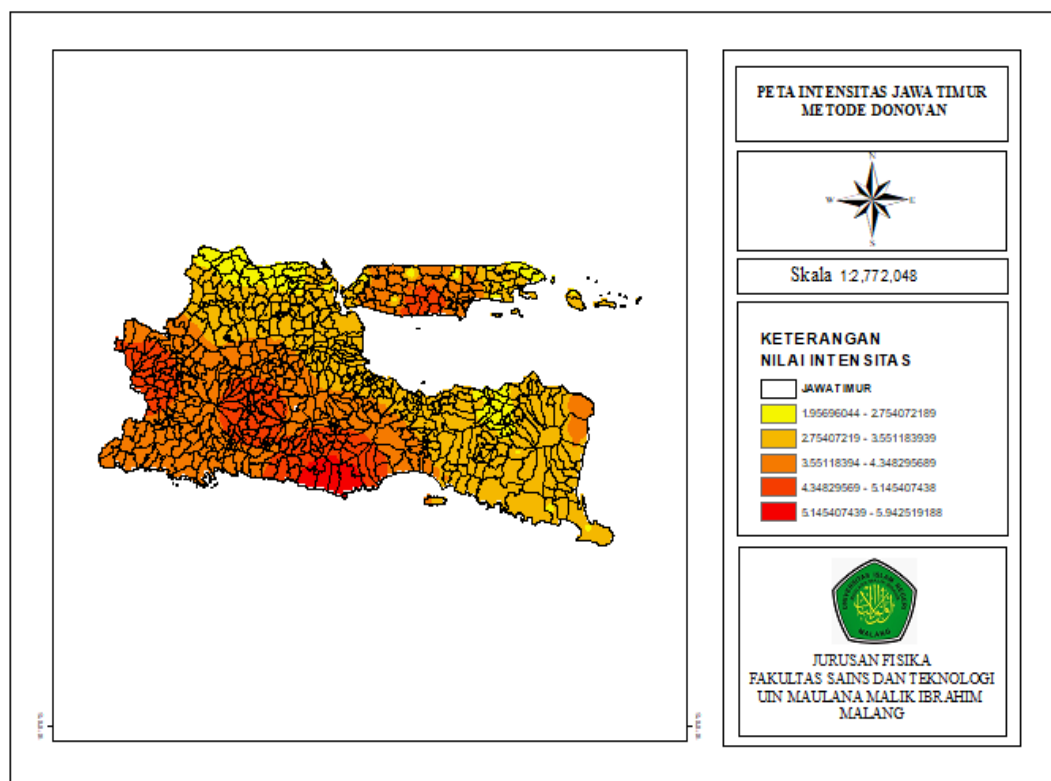
maksimum (PGA) sebanding dengan nilai intensitas maksimum. Intensitas maksimum yang didapatkan dari ketiga metode yaitu pada skala VI-VII MMI. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Soehaimi, 2008) yaitu 63 Intensitas maksimum gempa bumi yang merusak umumnya di Jawa berskala VI VII VIII dan IX.

Hasil peta intensitas percepatan getaran tanah maksimum dengan menggunakan dua metode diatas dengan hasil survey BMKG di lapangan dan historis gempa merusak. Berikut adalah data gempa merusak dan peta Intensitas Gempa Bumi:

1. Tahun 2021 berdasarkan Informasi dari BMKG dirasakan getaran gempabumi di kabupaten Jember Provinsi Jawa Timur dengan skala IV MMI terjadi kerusakan bangunan
2. Tahun 1937 terjadi guncangan dengan skala VII-IX di Jawa Timur, terjadi kerusakan akibat gempa bumi 2.200 rumah roboh dan beberapa orang meninggal
3. Tahun 2021 berdasarkan informasi dari BMKG guncangan terasa kuat pada daerah Blitar dengan skala III-IV MMI



Gambar 4.11 Peta Intensitas Metode Mc Guirre



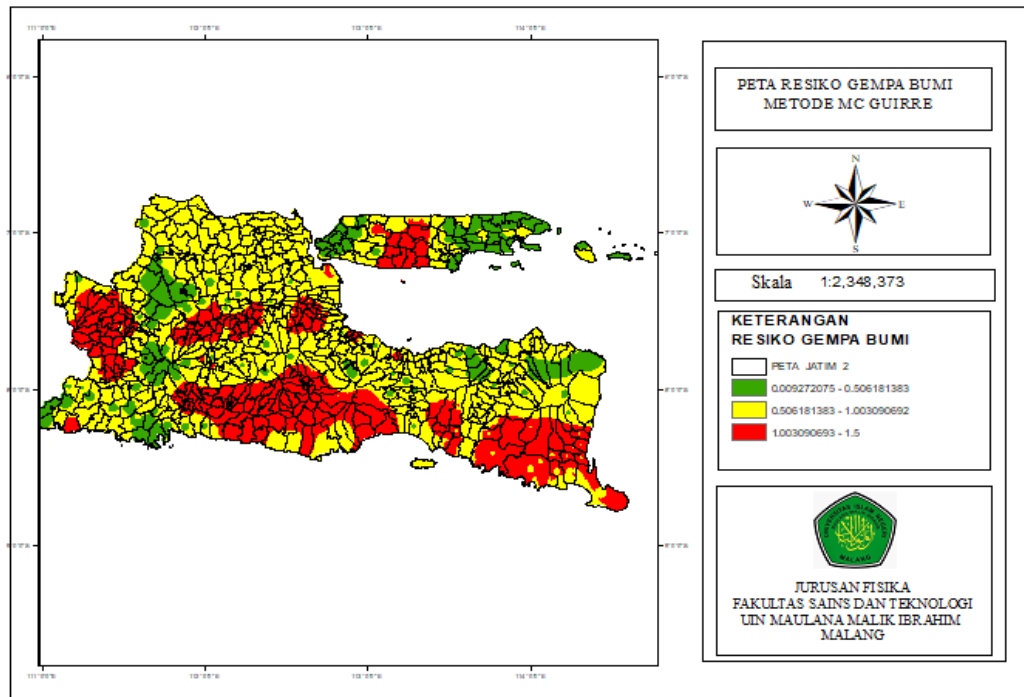
Gambar 4.12 Peta Intensitas Metode Donovan

4.4 Analisis Peta Resiko Akibat Gempabumi

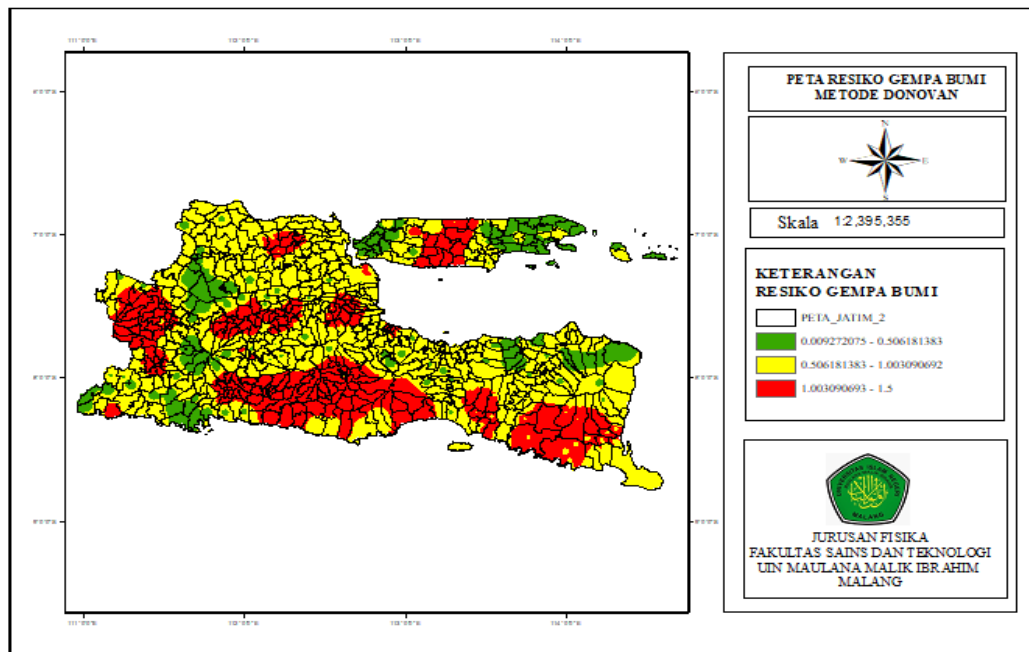
Pemetaan resiko gempa sangat dipengaruhi oleh komponen penyusunnya. Komponen tersebut merupakan komponen bahaya, komponen kerentanan, dan komponen kapasitas. Komponen penyusun peta resiko gempa dalam penelitian ini yaitu komponen bahaya yang didapatkan dari intensitas maksimum yang diperoleh dari konversi nilai PGA ke intensitas. Kemudian komponen kerentanan didapatkan dari indeks kepadatan penduduk. Sedangkan komponen kapasitas didapatkan dari indeks pembangunan manusia. Komponen-komponen tersebut dihitung menggunakan rumus 2.6. Hasil perhitungan tersebut kemudian diklasifikasikan di Arc GIS 10.5 sehingga menjadi peta resiko gempabumi.

Komponen bahaya gempabumi dalam penelitian ini menggunakan nilai intensitas maksimum yang didapatkan dari konversi nilai PGA ke dalam intensitas. Kemudian nilai intensitas maksimum tersebut discoring sesuai dengan tabel 2.5, dimana kelas 1 (Rendah) menggunakan skor 4, kelas 2 (Sedang) menggunakan skor 8, kelas 3 (Tinggi) menggunakan skor 12. Terdapat juga komponen kerentanan dan komponen kapasitas yang perlu untuk dilakukan scoring. Komponen kerentanan didapatkan dari data kepadatan penduduk tahun 2019 yang berasal dari BPS, dimana rentang nilai <500 jiwa yang beresiko/km² memiliki skor 0,4, nilai 500 – 1000 jiwa yang beresiko/km² memiliki skor 0,8, dan nilai >1000 jiwa yang beresiko/km² memiliki skor 1,2. Kemudian komponen kapasitas didapatkan dari indeks pembangunan manusia tahun 2019 yang berasal dari BPS, dimana nilai < 55 kapasitas memiliki skor 1, nilai pada rentang 55-85 memiliki skor 2. Dan pada nilai > 85 memiliki skor 3. Terdapat 2 model peta resiko gempa bumi yaitu Mc Guirre dan Donovan. Menurut peta Resiko dengan metode Mc Guirre pada gambar 4.13

menunjukkan bahwa daerah yang memiliki tingkat resiko yang tinggi yaitu daerah yang ditandai dengan warna merah yang memiliki nilai resiko gempa sebesar 1.0–1.5 dan terletak pada beberapa wilayah Provinsi Jawa Timur, Diantaranya Banyuwangi, Tegal dimo, RogoJampi, Gambiran, Serono, Tempurejo, Silo, kabat, singojutuh, Tanggul, Kalibaru, Genteng, Mumbulsari, Badung, Basasari, Pasirian, Yosowilangun, Candipue, Tempusari, Wajak, poncokusumo, turen, pakis, Jabung, Pagak, Kalipare, Dokoh Ngajum, Singosari, Dau, Pongok, Talun, Sutojoyo, Wonotirto, Kalipare, Ngoro, Trawas, Perak, Diwek, Baron, Gondang, Ngawi, Paron, Madiun, Takeran, Sukorejo, Mojo, Ngrambe, Parang, Kadungdung, Robatal, Torjun, Sampang, Sraseh, Gunung kidul, Kokop, Kebonagung. Kemudian daerah yang memiliki nilai resiko sedang 0.5–1 dan terletak di beberapa wilayah diantaranya Bancar, Jatirogo, Kerek, Bangilan, Montong, Semanding, Palang, Bondong dan seterusnya. Serta wilayah yang memiliki tingkat resiko rendah yang ditandai dengan warna hijau memiliki nilai resiko 0.009-0.5 dan terletak di beberapa wilayah diantaranya Tambakrejo, Sugihwaras, Bubulan, Temayang, Saradan, Majo, Kabuh, Geger, Burneh, Suchah, Kamal, Giligenteng, Kenduruan, Karee, Pulung, Bendungan, Tegalomo, Punung, Sawo, Arjosari dll. Adapun peta Resiko Gempa bumi dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.13 Peta Resiko Gempa Bumi Metode Mc Guirre



Gambar 4.14 Peta Resiko Gempa Bumi Metode Donovan

Pada peta resiko gempabumi dengan metode Donovan pada gambar 4.14 menunjukkan bahwa daerah yang memiliki tingkat resiko gempabumi yang tinggi ditandai dengan warna merah dengan nilai resiko gempa sebesar 1.0 – 1.5 dan

terletak pada beberapa wilayah Provinsi Jawa Timur, diantaranya Banyuwangi, Tegal dimo, RogoJampi, Gambiran, Serono, Tempurejo, Silo, Kabat, singojutuh, Tanggul, Kalibaru, Genteng, Mumbulsari, Badung, Basasari, Pasirian, Yosowilangun, Candipue, Tempusari, Wajak, Poncokusumo, Turen, Pakis, Jabung, Pagak, Kalipare, Dokoh Ngajum, Singosari, Dau, Pongok, Talun, Sutojoyo, Wonotirto, Kalipare, Ngoro, Trawas, Perak, Diwek, Baron, Gondang, Ngawi, Paron, Madiun, Takeran, Sukorejo, Mojo, Ngrambe, Parang, Kadungdung, Robatal, Torjun, Sampang, Sraseh, Gunung kidul, Kokop, Kebonagung. Kemudian daerah yang memiliki nilai resiko sedang 0.5–1 dan terletak di beberapa wilayah diantaranya Bancar, Jatirogo, Kerek, Bangilan, Montong, Semanding, Palang, Bondong dan seterusnya. Serta wilayah yang memiliki tingkat resiko rendah yang ditandai dengan warna hijau memiliki nilai resiko 0.009-0.5 dan terletak di beberapa wilayah diantaranya Tambakrejo, Sugihwaras, Bubulan, Temayang, Saradan, Majo, Kabuh, Geger, Burneh, Suchah, Kamal, Giligenteng, Kenduruan, Karee, Pulung, Bendungan, Tegalomo, Punung, Sawo, Ngrayun, Arjosari dan seterusnya. Berdasarkan informasi dari Badan Morfologi Klimatologi dan Geosfisika wilayah Jawa Timur terjadi gempa pada tahun 2021 lalu, yang menyebabkan bangunan roboh dan rusak hingga memakan korban jiwa. Selain itu juga ada beberapa orang yang mengalami luka ringan. Rekomendasi untuk wilayah atau daerah yang berisiko tinggi akibat gempa bumi yaitu membangun bangunan tahan gempa sesuai dengan standar bangunan tahan gempa, menggunakan tata guna lahan dengan baik pada wilayah yang berisiko tinggi akibat gempa bumi, menghindari membangun rumah di daerah pesisir pantai, lereng atau tebing, dan lembah berinding terjal. Jika membangun rumah didaerah-daerah tersebut tersebut

akan mengakibatkan terjadi potensi bencana lain saat terjadi gempa bumi misalnya tsunami, tanah longsor, maupun likuifaksi.



Gambar 4.18 Kerusakan Rumah Akibat Gempabumi di Kabupaten Malang
[Data Kerusakan Rumah Akibat Gempa Bumi di Malang | Republika Online](#)

4.5 Gempa Bumi dalam Perspektif Al Quran

Gempa bumi merupakan fenomena alam berdampak besar bagi kehidupan di bumi, kita tidak dapat mengetahui kapan kejadian seperti ini akan datang, dimana letak kejadiannya, seberapa kuat dan seberapa besar dampaknya. Jadi setiap orang harus waspada. Untuk memelihara kehidupan di bumi, Allah telah menciptakan manusia dengan tanggung jawab untuk menggunakan, mengelola, dan memelihara alam semesta. Allah menciptakan alam untuk kemaslahatan dan keseimbangan makhluk-Nya khususnya manusia. Namun masih banyak belum bisa menggunakannya dengan benar dan bertindak semaunya sendiri. Alam semesta harus tetap dijaga dan dilestarikan. Kerusakan karena bencana yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor yaitu karena hukum alam yang sudah ditentukan oleh Allah dan disebabkan oleh tangan manusia yang tidak bertanggung jawab. Hal yang harus diketahui bahwa gempa bumi merupakan bencana yang berdampak besar bagi keadaan dan kehidupan di muka bumi. Kerusakan yang awalnya

berdampak dalam skala kecil dan nantinya akan berubah menjadi skala besar. terjadi berawal dari kecil dan lama-kelamaan akan berdampak besar.

Ada beberapa ayat Al-Quran yang menerangkan tentang gempa bumi diantaranya Q.S. Al-Ankabut: 37, Q.S. Al-Waqiah: 4, Q.S. Al-Zalzalah: 1-3, Q.S. An-Naml: 88, Q.S Al Fajr: 21. Dibawah ini adalah penjabaran Gempa bumi dalam pandangan islam yaitu:

Tak sedikit kejadian yang terjadi pada era modern ini, yang sebelumnya sudah tercantum dalam Al Quran dan terbukti secara ilmiah tentang hal itu. Dalam hal ini ditegaskan Allah SWT dalam Al Quran secara umum terjadinya gempa bumi dan perspektif Al Quran. Sebagaimana Firman Allah dalam surat Al- Ankabut ayat 37

فَكَذَّبُوهُ فَأَخَذَهُمُ الرَّجْفَةُ فَأَصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جُثْمِينَ (العنكبوت ٣٧)

Artinya: Maka mereka mendustakan Syu'aib, lalu mereka ditimpa gempa yang dahsyat, dan jadilah mereka mayat-mayat yang bergelimpangan di tempat-tempat tinggal mereka.

Menurut tafsir Al Misbah menjelaskan lalu mereka mendustakan dan mendurhakainya. Maka Allah menghancurkan mereka dengan gempa sangat keras yang meruntuhkan rumah-rumah mereka dan menimpa diri mereka sehingga mereka mati bergelimpangan.

Dalam Tafsir Fidzilalil Quran dijelaskan gempa yang mengguncangkan negeri mereka dan membinasakan mereka hal itu sebagai balasan atas tindakan mereka. Yang menjadi pertanyaan besar adalah bagaimana sebenarnya umat Islam memahami hubungan tuhan dengan beberapa kejadian bencana khususnya di Indonesia? seperti bencana gempa bumi yang dianggap sebagai ulah maksiat manusia yang semakin merajalela. Dari uraian diatas, dijelaskan bahwa dalam

Islam mensyariatkan pada umatnya untuk mengambil rujukan hukum sebab akibat. Terkait dengan bencana yang terus menerus terjadi, maka keniscayaan yang manusia harus lakukan adalah mengambil hikmah dari apa yang terjadi agar tidak terjadi di kemudian hari dan mencari solusi atas persoalan tersebut. Sebagaimana firman Allah dalam Surat Al-Waqi'ah ayat 4:

إِذَا رُجَّتِ الْأَرْضُ رَجًا (الواقعة : ٤)

Artinya: apabila bumi digoncangkan sedahsyat-dahsyatnya, (Q.S. Al-Waqiah: 4)

Menurut Tafsir Al Misbah ayat ini menjelaskan betapa dahsyatnya bencana yang menimpa alam ini pada hari kiamat. Di antaranya adalah bencana alam yang berdampak pada bumi dan lapisan-lapisannya. Bumi yang kita huni ini pada hakikatnya tidak tetap dan seimbang. Bumi terdiri atas lapisan-lapisan batu yang bertumpuk-tumpuk dan tidak teratur. Terkadang lapisannya tidak sama dengan sebelah lainnya sehingga membentuk apa yang disebut dengan rongga geologi di banyak tempat. Rongga-rongga inilah yang sejak dahulu, bahkan sampai sekarang, menjadi pusat terjadinya gempa berskala besar. Itu kemungkinan karena rongga-rongga itu berada di bawah pengaruh daya tarik-menarik yang sangat kuat yang terjadi saat lapisan-lapisan tanah itu terbelah. Maka apabila kekuatan ini tidak seimbang akibat pengaruh faktor-faktor eksternal lainnya, akan terjadi hentakan yang sangat kuat mengakibatkan guncangan bumi yang dapat menghancurkan permukaan bumi terdekat dari pusat gempa. Penafsiran ayat ini melalui pendekatan sains tidak jauh dari sudut pandang agama. Sebab, mungkin saja Allah menciptakan hukum alam yang demikian banyak dan beragam itu meyakini pada suatu hukum yang tidak pernah kita ketahui sebelumnya. Dengan begitu, reaksinya yang sangat

dahsyat akan menyebabkan hancurnya dunia. Dari situ, penafsiran ayat ini dengan menggunakan pendekatan ilmu pengetahuan berjalan seiring dengan ayat-ayat yang mengingatkan betapa besarnya bencana yang akan terjadi itu. Semuanya akan terjadi bila Allah berkehendak memusnahkan.

Peristiwa bencana alam berupa gempa yang sangat dahsyat pada kaum Tsamud terkait perilaku mereka yang dzalim yang mungkin terjadi dari letusan gunung berapi. Kejadian letusan gunung berapi yang dahsyat disertai dengan pergerakan lempeng bumi yang menyebabkan terjadinya gempa yang sangat dahsyat. Kondisi tersebut diterangkan dalam Q.s Al Zalzalah ayat 1-3:

إِذَا زُلْزِلَتِ الْأَرْضُ زِلْزَالَهَا (١) وَأُخْرِجَتِ الْأَرْضُ أَنْفَاقَهَا (٢) وَقَالَ الْإِنْسَانُ مَا لَهَا

Artinya: “Apabila bumi digoncangkan dengan guncangan (yang dahsyat), dan bumi telah mengeluarkan beban-beban berat (yang dikandung) nya, dan manusia bertanya: "Mengapa bumi (menjadi begini)?"

Dalam penjelasan tafsir Al Misbah Allah berfirman: Apabila dan itu pasti terjadi bumi digoncangkan dengan guncangannya yang dahsyat yang terjadi sekali kedahsyatan seperti itu, dan persada bumi di seluruh penjurunya tanpa kecuali telah mengeluarkan beban-beban berat yang dikandung-nya. Baik manusia yang telah meninggal maupun barang tambang yang dipendamnya atau apapun selainnya dan ketika itu manusia sempat mengalaminya bertanya – dalam hatinya keheranan: “Apa yang terjadi baginya sehingga dia bergoncang demikian dahsyat dan mengeluarkan isi perutnya?”

Kata idzâ digunakan Alquran untuk sesuatu yang pasti akan terjadi. Berbeda dengan kata in yang biasa digunakan untuk sesuatu yang belum atau jarang terjadi. Kata lau juga berbeda yang digunakan untuk mengandaikan sesuatu yang mustahil

terjadi. Dengan demikian ayat di atas mengisyaratkan kepastian terjadinya guncangan bumi. Sementara penggunaan kata al-ardh atau bumi pada ayat kedua mengisyaratkan guncangan dan pengeluaran isi perut bumi terjadi di seluruh belahan bumi tanpa kecuali. Serta ini adalah salah satu yang membedakan di antara guncangan atau gempa yang pernah terjadi selama ini. Sebab, gempa tersebut hanya terjadi pada wilayah yang terbatas di bumi.

Dari beberapa ayat Al Quran di atas akan dijelaskan ayat yang berhubungan dengan terjadinya bencana gempa bumi yang disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik telah dijelaskan didalam Al-Qur'an dalam Surat An-Naml ayat 88:

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ ۗ صُنْعَ اللَّهِ الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ

شَيْءٍ ۗ إِنَّهُ حَكِيمٌ بِمَا تَفْعَلُونَ (النمل : ٨٨)

Artinya: “Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap di tempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. (Begitulah) perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu; sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.” (Q.S. An. Naml ayat 88)

Kata الجبال merupakan jamak dari kata جبل yang artinya gunung, adapun kalimat

وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ artinya gunung itu berjalan sama seperti jalannya awan. Kata تَمُرُّ berasal dari kata مَرَّ yang artinya berjalan namun biasanya dalam ilmu tafsir dikiaskan dengan kata bergerak. Dalam tafsir ilmi oleh Kemenag dan LIPI (2016) ayat ini menjelaskan bahwa gunung yang terlihat diam tidaklah diam, melainkan ia bergerak baik milimeter demi milimeter setiap tahun, sedangkan penyebutan kata gunung (sesuatu yang melekat pada bumi) sehingga secara tidak langsung dengan mengatakan gunung bergerak maka secara otomatis dikatakan pula bahwa bumi itu bergerak. Dalam ilmu geologi dikatakan bahwa gunung bergerak terjadi karena gerakan dari kerak (lempeng bumi), pergerakan ini diakibatkan karena terdapat arus

konveksi dari lapisan astenosfer. Jadi yang dimaksud gunung berjalan diatas awan dalam ayat ini dapat 4 dianalogikan dengan pergerakan lempeng tektonik (bagian bumi paling atas) yang mengapung diatas lapisan astenosfer dan bergerak relatif satu terhadap lainnya. Menurut tafsir Al-Misbah, Surat An-Naml pasal 88 berisi tentang rahasia sistem peredaran bumi yang menjelaskan tentang pergerakan lempeng tektonik. Diyakini bahwa pandangan pergerakan gunung berasal dari hasil rekaman satelit, yang membuktikan bahwa Jazirah Arab dan pegunungannya bergerak beberapa sentimeter ke Iran setiap tahun. Dahulu kala, sekitar lima juta tahun yang lalu, Jazirah Arab menjauh dari Afrika dan membentuk Laut Merah. Di mata para mufasir kontemporer, inilah makna gunung yang bergerak lambat seperti awan. (Shihab M., 2002).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Nilai perhitungan Percepatan Getaran Tanah Maksimum yang didapatkan pada penelitian ini dengan menggunakan 2 fungsi atenuasi yaitu, nilai percepatan getaran tanah maksimum tertinggi dengan metode Mc Guirre memiliki kisaran nilai antara 95 – 118 gal berada pada skala VI MMI yang ditunjukkan dengan warna merah pada pemetaan peta percepatan tanah maksimum. Sedangkan nilai percepatan getaran tanah maksimum tertinggi dengan metode Donovan memiliki kisaran nilai antara 96 – 120 gal berada pada skala VI MMI yang ditunjukkan dengan warna merah pada pemetaan peta percepatan getaran tanah maksimum.
2. Berdasarkan hasil dari kedua metode tersebut setelah dikorelasikan dengan data historis gempa yang merusak di Jawa Timur, wilayah yang diperkirakan mempunyai tingkat resiko tertinggi akibat gempa bumi diantaranya kecamatan Panggul, Ambulu, Tanggul, Serono, Genteng, Glenmore, Purwohardjo, Tegaldlimo, Candipuro, Wajak, Sendul, Kalipare, Doko, Wlingi, Berbek, Torjun, Robatal, Omben. Tingginya tingkat resiko tersebut dipengaruhi oleh nilai Intensitas maksimum dan kepadatan penduduk.

5.2 Saran

Pada penelitian ini diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan tingkat resiko gempa bumi di Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan Indikator lainnya misalnya dengan menggunakan Indikator persentase umur, persentase ekonomi, persentase penduduk dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afnimar. (2009). *Seismologi*. Bandung: ITB.
- Atmojo, J. P. (2009). *Plate Tectonic Kuliah Geologi Dasar*. Jakarta: UI.
- Basid, A., & Tim Fisika. (2022). *Pemetaan Resiko Gempa Bumi Menggunakan Software Arcgis*. Malang.
- Baxters. (2000). *Earthquake Basics*. Delaware: University of Delaware Newark.
- BNPB. (2018). *Resiko Bencana Indonesia*. Jakarta: BNPB Tim Penyusun Kajian Resiko Bencana.
- Boormann, P. (2002). *IASPI New Manual of Seismological Observatory Practice*. NMSOP, Vol 1.
- Daryono, Sutikno dan Prayitni, & Bambangsetio. (2009). *Data Mikrotremor dan Pemanfaatannya untuk pengkajian Bahaya Gempa Bumi*. Yogyakarta: BMKG.
- Edwiza, D. (2008). *Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa SUMBAR. 9 VOL 1*.
- Fulki, A. (2011). *Analisis Paramter Gempa Bumi Value dan PGA di Daerah Papua*. Jakarta: Universitas Islam Syarif Hidayatullah.
- Gare, M. (2001). *Refleksi Mitigasi Praha Tektonik dan Tsunami Indonesia Kasus Gempa Flores*. Bandung: Ars Group.
- Haris, A. (2006). *Analisis Percepatan Getran Tanah Maksimum Wilayah Yogyakarta dengan Metode Atenuasi Patwardan*. Malang: Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Hartutii, R. E. (2009). *Buku Pinter Gempa*. Yogyakarta: DIVA Press.
- [https://Manfaat Gempa Bumi dalam Islam.com](https://ManfaatGempaBumi.dalamIslam.com). (t.thn.).
- <https://muslim.or.id>. (t.thn.).
- Ibrahim. (2004). *Al Quran Tentang Alam Semesta*. Jakarta: Amzah.
- Idawati, M. (2005). *Studi Percepatan Tanah Maksimum Akibat Aktivitas Gempa Bumi di Daerah Sulawesi Selatan Tugas Akhir Program Study Geofisika*. Makasar: UNHAS.
- Irsyam, M. (2010). *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia*. Bandung.

- Kremer, S. (1996). *H.Geotechnical Earth quake Engineering*. INC, London: Prentecher-hall.
- Makrup. (2013). *Seismic Hazard untuk Indonesia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Manfaat Gempa Bumi dalam Islam. (t.thn.). www. Manfaat Gempa Bumi dalam Islam.com.
- Mans, G. (2001). *Refleksi Mitigasi Praha Tektonik dan Tsunami Indonesia Kasus Gempa Flores*. Bandung: Ars Group.
- Munir, M. (2003). *Geologi Lingkungan*. Malang: Banyumedia Publishing.
- Noor, D. (2006). *Geologi Lingkungan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Prasetya, T. (2006). *Gempa Bumi Ciri dan Cara Menanggulangnya*. Yogyakarta: Gitanagari.
- Prawirodikromo. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Rahman, d. (2015). *Analisis Sistem Instrumen Meter p-Alert dan Data Hasil Pengukurannya*. Ilar Of Physics, vol 5.
- Sandy, I. M. (1996). *Republik Indonesia Geografi Regional*. Jakarta: Jurusan Geografi FMIPA Universitas Indonesia.
- Shihab M., Q. (2002). *Tafsir Al- Misbah Pesan Kesan dan Keserasian Al Quran*. Jakarta: Lentera Hati.
- Skinner , B. J., & Potter, S. C. (t.thn.). *The Dinamic Earth and Introduction to Physical Geologi*. Jonwiley and son.
- Soehaimi. (2008). *Seismotektonik dan Potensi Kegempaan Wilayah Jawa*.
- Subardjo. (2004). *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Subardjo, G. I. (2005). *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta: BMKG.
- Sugiantoro. (1989). *Study Gelombang Seismic Mikro pada Medium Fasa*. Yogyakarta: UGM.
- Sunarjo, D. (2012). *Gempa Bumi Edisi Populer* . Jakarta: BMKG Pusat.
- Susilawati. (2008). *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismic Gempa pada Penelaah Struktur Bagian dalam Bumi*. Medan: FMIPA Universitas Sumatra Utara.

- Syamsuddin, M. (2014). *Zonasi Kerawanan Seismik Pada Wilayah Jawa Timur Berdasarkan Nilai Percepatan Getaran Tanah Maksimum dengan Metode Fukushima*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Tim Revisi Peta Gempa Bumi Indonesia. (2010). *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Ulfa Qanita FB. (2018). *Analisis Percepatan Tanah Maksimum di Jawa Timur dengan Menggunakan Metode Donovan dan Metode Esteva*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Wald d, J., Qutoriano V, Heaton T, H., & Kanamori H. (1999). *Relationship Between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Volocity and Modified Marcally Intensity In California*. *Earthquake Spectra* , 15 No. 3.

LAMPIRAN

LAMPIRAN I
Hasil Nilai Percepatan Getaran Tanah Maksimum (PGA) Metode Mc Guirre

Longitude	Lalitude	PGA Mc Guirre			
113.656	-8.236	22.15049459	111.461	-7.552	46.099
113.602	-8.376	25.604	112.3	-7.698	36.860
113.731	-6.903	9.493	112.049	-7.587	38.225
112.881	-8.233	59.013	114.002	-6.931	11.361
115.3074	-6.9079	12.512	112.505	-7.891	35.620
114.14	-7.868	22.073	113.8406	-7.0233	10.903
113.724	-8.11	19.267	113.495	-6.953	9.544
111.156	-8.092	35.274	113.906	-6.895	10.478
112.837	-6.971	11.129	112.101	-7.12	17.387
114.214	-7.853	24.705	112.75	-7.605	22.042
112.681	-7.239	14.619	111.434	-7.649	51.844
111.475	-7.882	40.047	111.714	-7.956	33.899
112.212	-7.115	16.930	112.49	-7.246	17.146
112.21	-7.73	44.327	112.635	-7.222	14.955
111.859	-7.584	33.835	111.84	-7.644	36.328
111.963	-7.198	19.249	113.457	-7.795	17.425
111.601	-7.543	35.443	113.702	-7.754	15.194
111.428	-7.961	37.276	111.776	-8.231	30.460
112.54	-7.42	19.652	113.741	-7.91	16.601
112.442	-7.273	18.320	112.333	-8.212	59.209
113.54	-8.27	24.990	113.057	-7.125	12.103
111.745	-6.803	13.985	112.646	-7.958	41.236
111.254	-7.997	37.643	112.138	-7.287	21.952
112.132	-7.57	36.147	113.77	-7.1	10.849
111.757	-8.164	29.862	111.905	-7.155	17.908
112.82	-7.589	21.150	113.815	-7.936	16.173
111.727	-6.964	16.582	114.032	-7.909	18.928
112.762	-7.019	11.690	111.905	-8.111	38.906
114.162	-8.53	16.129	111.587	-7.4	31.506
112.502	-7.493	22.055	112.228	-6.907	13.224
113.555	-8.126	21.947	111.824	-7.376	23.624
113.196	-7.869	23.127	112.729	-7.248	14.531
112.557	-8.324	112.388	112.759	-7.435	17.742
111.916	-7.793	49.550	112.923	-7.655	22.085
113.317	-7.849	20.132	112.7896	-7.2367	14.253
113.173	-6.947	10.186	112.655	-8.103	57.967
113.641	-7.762	15.716	112.528	-7.801	30.369
114.35	-7.834	30.963	112.589	-7.03	12.971
			113.828	-7.738	14.689

111.459	-8.027	32.374	111.701	-8.139	30.083
112.798	-7.039	26.034	113.953	-6.997	17.757
113.336	-7.187	46.925	112.24	-8.035	41.378
111.872	-8.157	34.712	111.708	-7.174	21.057
112.734	-7.49	20.599	114.346	-7.139	16.813
113.045	-8.16	39.189	112.729	-7.33	22.749
114.059	-7.857	19.691	112.63	-8.341	118.665
112.554	-7.217	18.393	112.729	-7.403	21.808
114.224	-8.43	17.521	112.932	-7.007	31.708
113.772	-7.928	16.506	112.405	-7.443	23.227
111.59	-7.734	37.508	111.527	-7.691	43.086
112.781	-8.241	72.634	111.741	-7.646	31.490
111.853	-7.249	19.987	112.692	-7.591	21.866
113.798	-6.91	21.007	113.318	-7.795	19.654
112.536	-7.947	40.198	114.155	-8.329	17.931
112.443	-7.333	19.628	112.744	-7.257	23.980
112.437	-7.098	15.859	111.426	-7.498	45.394
112.236	-7.601	35.065	111.39	-7.533	50.199
112.484	-7.568	24.296	113.907	-7.198	19.280
112.428	-8.026	45.119	114.319	-8.146	25.286
111.541	-7.778	40.240	114.258	-8.18	22.714
111.559	-8.213	36.195	112.496	-7.075	17.029
112.44	-8.327	94.167	114.075	-8.287	17.033
110.949	-8.137	34.478	112.493	-7.677	26.282
113.263	-7.793	20.137	111.997	-7.534	34.072
112.608	-7.349	19.087	111.836	-8.076	37.608
112.52	-7.147	17.654	111.816	-7.398	24.271
112.703	-7.293	22.265	112.906	-7.715	24.144
112.447	-6.983	15.749	112.636	-8.183	72.887
114.074	-6.966	15.191	112.001	-7.008	15.097
111.804	-8.108	34.343	112.997	-7.746	23.768
113.505	-7.877	18.300	112.651	-7.164	21.169
112.885	-7.643	22.141	111.939	-7.782	50.687
113.558	-7.159	33.722	113.777	-7.979	17.025
112.963	-7.091	34.973	112.756	-7.279	24.232
114.142	-8.423	16.413	113.137	-8.035	29.559
112.041	-7.795	55.993	112.196	-7.627	38.271
113.709	-7.016	25.262	113.645	-7.034	28.191
112.326	-7.988	38.239	113.426	-8.326	28.812

112.792	-7.339	24.820	112.386	-7.01	14.751
112.09	-7.824	56.999	111.774	-7.149	19.266
114.204	-8.03523	23.226	113.659	-8.197	21.493
112.78	-7.549	20.638	112.726	-7.139	23.715
112.798	-7.954	38.034	111.663	-8.201	32.868
112.436	-7.4693	23.196	112.291	-7.75	39.565
112.718	-7.321	22.488	112.054	-7.92	57.864
113.848	-7.988	16.372	115.44	-6.881	11.427
111.372	-7.919	42.286	113.205	-7.7623	20.664
114.165	-7.785	22.795	112.22	-8.1308	42.454
113.659	-7.819	16.395	112.032	-7.125	17.536
112.13	-7.488	30.945	111.915	-7.222	19.687
113.312	-8.1727	26.652	114.084	-7.722	20.045
112.438	-7.659	28.275	113.371	-7.0085	41.481
111.686	-6.868	15.391	111.225	-7.303	34.508
113.711	-8.05	18.647	112.452	-7.032	16.013
111.553	-7.837	37.380	112.329	-7.021	14.574
113.656	-8.269	22.667	111.59	-7.456	33.421
111.958	-6.799	12.330	112.697	-7.336	21.671
112.446	-7.405	21.294	112.587	-7.863	34.200
111.484	-7.957	35.329	111.896	-7.995	45.946
111.487	-7.611	46.068	111.398	-7.568	52.000
112.281	-7.571	31.757	111.379	-7.576	53.925
111.256	-7.531	54.462	111.672	-7.734	32.080
113.357	-8.219	27.265	111.642	-8.112	30.662
112.223	-7.545	32.322	111.544	-7.618	41.251
113.148	-7.119	46.532	111.659	-7.08	19.759
112.556	-7.903	36.874	111.511	-7.394	34.644
114.301	-8.29	21.570	111.411	-7.906	41.756
112.208	-7.395	25.387	111.857	-8.044	40.566
113.194	-7.784	21.224	111.395	-7.695	55.526
112.128	-8.174	38.581	112.624	-7.187	20.330
113.567	-7.085	32.813	111.18	-8.224	42.254
113.885	-7.051	19.712	111.49	-7.741	45.535
114	-8.246	16.845	112.53	-7.319	17.921
111.948	-8.196	34.491	116.643	-7.042	6.077
112.447	-8.214	71.951	112.035	-7.319	23.322
114.332	-8.099	26.800	113.237	-7.055	46.900
113.811	-8.13	18.326	111.309	-7.425	44.013

112.652	-8.002	45.370	113.286	-8.24	29.086
112.209	-7.182	18.503	112.187	-7.675	41.997
111.923	-8.047	44.265	113.157	-7.904	24.987
112.842	-7.743	25.988	112.526	-7.572	23.036
112.349	-7.176	17.311	111.503	-7.508	40.836
112.377	-7.4	22.585	112.878	-7.146	30.485
113.362	-8.278	28.871	112.785	-7.134	26.053
111.309	-7.558	56.357	112.646	-7.292	20.527
113.906	-7.748	16.082	112.386	-7.124	15.974
111.637	-6.936	17.008	112.062	-7.484	31.172
112.776	-7.225	25.448	113.543	-7.117	34.507
112.57	-8.134	63.648	112.243	-7.6988	0.117
112.17	-8.068	43.166	112.699	-7.845	32.573
112.096	-7.193	19.228	113.235	-7.87	22.261
111.86	-6.895	14.207	113.93	-8.153	16.997
112.083	-7.606	39.585	113.003	-7.678	21.731
112.37	-8.139	54.130	111.414	-7.757	51.648
113.306	-6.919	38.185	113.776	-7.031	22.946
112.331	-7.478	26.233	114.234	-8.158	22.420
114.156	-8.026	21.788	111.891	-7.688	41.627
113.29	-8.009	23.763	112.62	-7.941	39.928
112.886	-6.928	27.745	113.21	-8.135	29.420
112.629	-7.973	42.723	113.08	-7.845	25.181
113.057	-6.983	37.268	112.984	-7.831	26.886
113.067	-7.046	40.208	111.569	-7.592	38.802
112.015	-7.83	57.354	111.569	-7.592	38.802
113.853	-7.009	20.378	112.253	-7.0194	14.905
113.552	-7.775	18.433	113.764	-8.01	17.525
113.415	-7.76	20.108	111.316	-7.665	61.583
112.436	-7.467	23.134	111.731	-7.108	19.215
111.979	-7.964	53.280	113.864	-6.958	19.693
112.844	-7.642	22.500	114.04	-7.638	18.431
113.404	-7.806	18.967	111.516	-7.622	43.707
112.716	-7.23	23.144	111.176	-7.356	37.503
112.649	-7.519	19.958	112.361	-7.292	19.877
112.604	-7.41	18.466	112.591	-7.111	19.400
112.487	-8.119	58.693	111.444	-7.6	49.652
113.505	-7.953	19.519	111.507	-7.323	31.298
112.311	-7.408	24.159	113.354	-7.847	19.390

114.4173	-5.557	5.940	112.624	-7.569	21.354
113.786	-8.216	19.681	112.244	-7.677	39.111
113.218	-7.753	20.967	111.557	-7.249	26.728
112.194	-7.505	30.843	111.231	-7.504	51.491
111.678	-7.594	31.588	111.438	-8.121	35.039
112.578	-7.277	18.781	112.061	-7.679	46.072
111.962	-6.882	13.118	113.047	-7.726	22.375
111.542	-7.93	34.076	111.454	-7.709	49.646
112.15	-7.192	19.047	111.995	-8.114	41.534
112.988	-7.177	36.842	112.336	-7.417	23.963
111.922	-7.911	51.647	114.327	-7.081	15.653
112.353	-7.585	29.584	113.329	-7.096	46.794
112.48	-7.477	22.259	112.736	-7.221	23.915
111.988	-7.805	55.012	111.925	-7.683	43.058
112.544	-7.513	21.364	112.552	-7.68	25.020
112.312	-7.628	33.122	112.375	-6.892	14.136
111.896	-6.968	14.745	111.11	-8.187	39.546
112.79	-7.263	25.707	113.171	-8.1	30.171
113.746	-8.288	21.244	111.629	-7.185	22.973
114.309	-8.444	18.537	111.514	-7.421	35.864
111.593	-8.287	37.980	113.52	-7.2	35.769
111.173	-7.984	37.583	112.523	-8.228	81.625
111.989	-7.896	56.863	112.606	-8.196	76.321
111.338	-8.183	39.409	111.781	-7.98	37.988
112.544	-8.061	52.230	112.094	-7.769	53.429
111.726	-7.385	25.489	113.517	-7.722	20.112
112.175	-7.953	50.498	113.366	-7.78	19.869
111.912	-7.595	36.358	112.614	-7.2383	19.902
112.373	-7.897	35.555	111.831	-8.154	33.289
111.943	-8.014	47.766	113.71	-7.909	16.884
111.342	-7.685	59.998	112.695	-7.965	41.241
112.048	-7.804	56.608	112.603	-8.056	51.985
111.772	-7.248	21.235	113.562	-7.004	31.639
111.451	-7.409	38.153	113.543	-7.834	17.363
111.639	-7.802	33.025	113.761	-8.164	19.432
111.835	-7.744	41.055	112.151	-6.932	13.759
112.187	-7.302	22.140	113.436	-7.078	40.586
112.196	-8.021	45.051	113.473	-7.158	39.049
111.988	-7.448	28.904	113.972	-7.709	17.292

112.462	-6.934	15.806	112.117	-8.027	48.705
112.705	-7.656	23.923	111.459	-7.879	41.138
111.271	-7.622	61.548	112.703	-7.536	20.284
113.174	-7.1896	47.529	113.679	-7.089	27.189
111.445	-8.229	39.866	113.996	-7.813	18.092
112.91	-7.64	21.800	112.589	-7.472	19.529
112.268	-8.274	57.573	112.008	-7.7	47.543
111.535	-7.501	38.388	112.643	-7.707	26.078
114.045	-7.716	19.002	111.036	-8.192	38.630
113.613	-8.075	20.266	112.956	-8.192	47.835
112.092	-7.713	48.750	113.413	-7.14	42.928
111.325	-7.754	58.059	112	-8.237	32.807
112.195	-7.765	47.417	112.281	-7.095	16.159
111.939	-7.096	16.709	111.738	-7.858	36.234
111.375	-7.463	45.430	113.482	-8.328	27.534
113.595	-6.923	28.134	113.885	-7.983	15.942
113.105	-8.243	38.467	112.456	-7.855	32.746
113.669	-6.944	25.727	111.549	-8.114	32.713
112.88	-7.79	27.302	111.624	-7.872	32.083
112.971	-8.079	39.295	112.233	-7.852	47.167
112.105	-7.549	35.087	112.581	-7.539	20.853
113.693	-8.15	20.259	111.03	-8.111	34.827
113.482	-7.042	36.922	112.45	-7.509	23.877
112.174	-7.568	35.063	112.722	-7.808	30.304
113.998	-8.514	18.596	114.242	-8.528	16.206
112.051	-7.847	58.528	112.897	-7.657	22.429
112.276	-7.516	29.321	112.727	-7.7629	28.062
111.659	-7.482	30.609	112.131	-7.6331	40.909
111.378	-7.358	37.235	111.6779	-7.23004	23.092
112.144	-7.436	28.018	112.874	-7.834	29.321
111.239	-7.678	62.314	114.563	-7.151	19.014
112.153	-7.723	47.268	113.31	-8.054	24.032
112.241	-7.443	26.882	113.598	-8.248	23.426
112.161	-7.876	53.713	113.238	-7.947	23.896
112.104	-7.046	15.810	112.948	-7.684	22.624
111.748	-8.097	32.014	111.9	-7.495	30.142
112.87	-7.67	23.115	112.065	-8.145	39.467
112.816	-8.046	44.897	112.798	-7.653	23.235
111.264	-7.729	61.074	112.001	-7.041	15.716

112.061	-7.975	54.396	111.509	-7.902	37.082
113.333	-7.003	42.623	112.753	-7.239	24.449
114.311	-8.356	20.359	111.173	-7.521	50.851
113.337	-8.108	24.586	111.791	-6.975	16.034
113.752	-6.959	23.022	114.211	-8.296	19.517
112.796	-7.318	25.278	112.658	-7.887	35.600
112.282	-7.296	20.997	114.017	-7.722	18.350
112.644	-7.2748	20.579	111.4	-8.04	33.122
111.513	-8.004	31.809	112.126	-8.088	43.239
113.264	-7.167	49.227	112.726	-7.078	23.533
111.338	-7.827	51.497	111.941	-7.089	16.567
112.171	-8.099	40.812	113.422	-6.93	35.488
115.638	-6.9838	10.918	112.345	-6.936	13.859
111.755	-7.521	27.378	114.204	-8.198	20.962
112.414	-7.1204	15.678	112.405	-7.492	24.680
113.842	-7.094	21.120	111.7	-7.892	33.592
112.72	-7.272	23.007	112.069	-8.084	44.663
111.769	-7.744	36.445	113.109	-7.196	44.241
111.524	-7.572	41.808	114.258	-8.383	18.875
111.576	-7.991	30.066	113.738	-7.768	16.319
112.795	-7.406	23.796	111.368	-8.223	41.118
111.716	-7.404	26.280	111.976	-7.334	23.705
112.27	-7.048	15.334	112.278	-7.169	17.740
112.304	-8.139	49.122	113.029	-7.926	29.373
112.43	-8.109	54.421	112.332	-7.114	16.199
112.747	-7.218	24.345	112.673	-7.394	20.351
112.054	-6.955	14.209	112.796	-7.295	25.586
113.433	-8.186	25.126	112.702	-7.268	22.428
111.893	-7.83	48.946	111.96	-7.605	38.462
114.157	-8.283	18.626	111.378	-7.622	56.338
111.835	-7.934	43.467	113.654	-8.104	20.154
113.023	-8.056	35.358	112.118	-7.359	24.741
111.729	-7.044	17.994	112.736	-7.7	25.361
112.966	-6.923	30.866	112.146	-8.092	42.275
112.568	-6.989	18.346	111.408	-7.825	47.870
112.739	-7.46	21.217	114.017	-7.99	18.300
111.268	-7.649	62.524	111.932	-7.255	20.749
114.064	-8.465	17.288	113.841	-8.07	17.294
113.875	-8.282	18.969	112.615	-7.985	43.943

113.102	-7.957	28.207	114.127	-8.424	16.194
113.424	-8.081	22.867	112.735	-7.274	23.515
113.162	-7.777	21.660	113.281	-7.874	21.330
111.946	-8.009	48.300	113.244	-8.217	29.711
113.95	-8.081	16.427	111.919	-7.367	24.553
113.672	-7.886	16.956	112.251	-7.481	28.365
112.728	-8.357	106.322	113.197	-8.217	32.063
112.504	-8.162	66.604	113.769	-8.414	22.284
112.028	-7.211	19.762	112.981	-7.828	0.115
113.716	-8.191	20.475	113.851	-7.935	15.815
113.267	-8.144	27.260	112.757	-7.323	23.783
112.329	-7.52	27.900	112.439	-7.183	16.571
111.614	-8.111	31.243	113.376	-7.959	20.842
112.21	-8.189	45.430	112.839	-8.275	69.586
112.677	-8.056	51.033	113.43	-7.2	41.445
111.47	-7.69	48.375	113.964	-8.029	16.965
114.005	-7.087	16.902	113.092	-7.767	22.703
112.269	-8.099	43.450	113.194	-7.166	48.532
112.675	-7.374	20.628	112.908	-7.902	31.824
111.532	-7.649	42.635	112.823	-7.103	27.634
113.877	-7.852	15.653	112.605	-7.638	23.543
113.844	-8.007	16.608	111.717	-8.036	32.324
111.827	-6.84	13.819	112.395	-7.549	26.777
111.643	-7.315	26.477	111.837	-7.12	17.676
112.769	-7.252	24.970	112.033	-6.898	13.324
113.154	-7.043	44.399	111.632	-8.041	28.767
112.876	-7.079	30.022	111.267	-8.173	39.442
112.671	-7.256	21.504	112.655	-7.49	19.227
113.474	-8.145	23.547	111.898	-8.074	41.080
112.729	-7.513	20.102	112.742	-8.013	44.578
111.884	-8.239	30.516	112.717	-8.175	67.198
112.005	-7.628	41.210	112.374	-7.074	15.183
113.059	-6.905	33.810	112.815	-7.882	32.983
113.937	-7.885	16.803	112.032	-8.015	50.927
112.525	-7.45	20.575	112.552	-6.931	17.608
111.944	-7.73	47.528	113.443	-8.244	26.350
113.865	-7.86	15.436	112.555	-7.996	44.909
114.429	-8.665	15.703	112.78	-8.139	57.188
111.302	-8.049	33.914	113.563	-6.982	31.054

112.768	-7.353	23.763
112.339	-8.289	69.195
112.093	-7.909	57.465
111.702	-8.266	33.620
112.181	-7.028	15.308
111.246	-7.371	39.625
111.813	-7.57	31.414
112.934	-7.75	24.921
112.688	-7.312	21.625
112.369	-8.024	42.667
114.335	-8.004	28.805
113.228	-7.797	20.863
111.621	-7.594	35.130

112.637	-7.438	18.951
112.741	-7.319	23.276
112.014	-8.061	46.496
112.74	-7.3	23.447
113.165	-7.842	23.169
112.794	-7.718	25.568
112.379	-7.712	32.663
113.901	-7.918	16.051
112.492	-8.069	52.025
113.78	-7.827	15.361
112.518	-7.375	19.201
111.589	-7.66	38.030
113.332	-8.166	26.182

LAMPIRAN II
Hasil Nilai Percepatan Getaran Tanah Maksimum (PGA) Metode Donovan

Longitud e	Latitud e	PGA Donovan
113.656	-8.236	20.66237668
113.602	-8.376	23.934
113.731	-6.903	9.567
112.881	-8.233	59.305
115.3074	-6.9079	12.660
114.14	-7.868	22.521
113.724	-8.11	17.936
111.156	-8.092	32.153
112.837	-6.971	10.919
114.214	-7.853	25.248
112.681	-7.239	15.050
111.475	-7.882	41.217
112.212	-7.115	17.466
112.21	-7.73	46.377
111.859	-7.584	35.260
111.963	-7.198	19.895
111.601	-7.543	36.413
111.428	-7.961	38.324
112.54	-7.42	20.318
112.442	-7.273	18.922
113.54	-8.27	23.353
111.745	-6.803	14.174
111.254	-7.997	38.707
112.132	-7.57	37.706
111.757	-8.164	31.064
112.82	-7.589	20.934
111.727	-6.964	16.847
112.762	-7.019	11.865
114.162	-8.53	15.470
112.502	-7.493	22.842
113.555	-8.126	20.470
113.196	-7.869	22.921
112.557	-8.324	114.038
111.916	-7.793	51.926
113.317	-7.849	19.912
113.173	-6.947	9.974
113.641	-7.762	14.587

114.35	-7.834	31.748
111.461	-7.552	47.543
112.3	-7.698	38.461
112.049	-7.587	39.907
114.002	-6.931	11.479
112.505	-7.891	35.529
113.8406	-7.0233	11.010
113.495	-6.953	9.007
113.906	-6.895	10.575
112.101	-7.12	17.944
112.75	-7.605	21.830
111.434	-7.649	53.559
111.714	-7.956	35.329
112.49	-7.246	17.692
112.635	-7.222	15.401
111.84	-7.644	37.898
113.457	-7.795	16.706
113.702	-7.754	14.095
111.776	-8.231	29.482
113.741	-7.91	15.421
112.333	-8.212	59.505
113.057	-7.125	11.881
112.646	-7.958	41.220
112.138	-7.287	22.733
113.77	-7.1	10.955
111.905	-7.155	18.490
113.815	-7.936	15.018
114.032	-7.909	19.269
111.905	-8.111	40.628
111.587	-7.4	32.313
112.228	-6.907	13.593
111.824	-7.376	24.490
112.729	-7.248	14.556
112.759	-7.435	17.516
112.923	-7.655	21.873
112.7896	-7.2367	14.025
112.655	-8.103	58.237
112.528	-7.801	30.220
112.589	-7.03	13.329

113.828	-7.738	14.898
111.459	-8.027	33.216
112.798	-7.039	27.027
113.336	-7.187	49.136
111.872	-8.157	36.188
112.734	-7.49	21.312
113.045	-8.16	39.144
114.059	-7.857	20.057
112.554	-7.217	18.998
114.224	-8.43	17.816
113.772	-7.928	15.331
111.59	-7.734	38.566
112.781	-8.241	73.219
111.853	-7.249	20.670
113.798	-6.91	21.740
112.536	-7.947	40.167
112.443	-7.333	20.293
112.437	-7.098	16.345
112.236	-7.601	36.561
112.484	-7.568	25.198
112.428	-8.026	45.161
111.541	-7.778	41.418
111.559	-8.213	33.005
112.44	-8.327	95.296
110.949	-8.137	31.417
113.263	-7.793	20.486
112.608	-7.349	19.725
112.52	-7.147	18.224
112.703	-7.293	23.062
112.447	-6.983	16.230
114.074	-6.966	15.647
111.804	-8.108	35.798
113.505	-7.877	17.218
112.885	-7.643	21.930
113.558	-7.159	35.141
112.963	-7.091	36.465
114.142	-8.423	16.674
112.041	-7.795	58.783
113.709	-7.016	26.214

112.326	-7.988	39.036
111.701	-8.139	29.590
113.953	-6.997	18.331
112.24	-8.035	43.248
111.708	-7.174	21.469
114.346	-7.139	17.086
112.729	-7.33	23.571
112.63	-8.341	120.506
112.729	-7.403	22.582
112.932	-7.007	33.013
112.405	-7.443	24.073
111.527	-7.691	44.392
111.741	-7.646	32.783
112.692	-7.591	21.653
113.318	-7.795	20.320
114.155	-8.329	18.239
112.744	-7.257	24.865
111.426	-7.498	46.805
111.39	-7.533	51.836
113.907	-7.198	19.928
114.319	-8.146	25.850
114.258	-8.18	23.185
112.496	-7.075	17.569
114.075	-8.287	17.313
112.493	-7.677	27.289
111.997	-7.534	35.511
111.836	-8.076	39.253
111.816	-7.398	25.171
112.906	-7.715	23.944
112.636	-8.183	73.478
112.001	-7.008	15.549
112.997	-7.746	23.566
112.651	-7.164	21.911
111.939	-7.782	53.135
113.777	-7.979	15.821
112.756	-7.279	25.130
113.137	-8.035	29.402
112.196	-7.627	39.956
113.645	-7.034	29.300

113.426	-8.326	26.980
112.792	-7.339	25.749
112.09	-7.824	59.855
	-	
114.204	8.03523	23.715
112.78	-7.549	21.353
112.798	-7.954	37.974
112.436	-7.4693	24.040
112.718	-7.321	23.296
113.848	-7.988	15.205
111.372	-7.919	43.555
114.165	-7.785	23.268
113.659	-7.819	16.905
112.13	-7.488	32.207
113.312	-8.1727	25.869
112.438	-7.659	29.389
111.686	-6.868	15.620
113.711	-8.05	17.350
111.553	-7.837	38.432
113.656	-8.269	21.151
111.958	-6.799	12.473
112.446	-7.405	22.042
111.484	-7.957	36.295
111.487	-7.611	47.510
112.281	-7.571	33.065
111.256	-7.531	56.305
113.357	-8.219	25.511
112.223	-7.545	33.661
113.148	-7.119	48.719
112.556	-7.903	36.798
114.301	-8.29	22.000
112.208	-7.395	26.346
113.194	-7.784	21.008
112.128	-8.174	38.528
113.567	-7.085	34.180
113.885	-7.051	20.382
114	-8.246	16.391
111.948	-8.196	35.955
112.447	-8.214	72.520

114.332	-8.099	27.421
113.811	-8.13	17.047
112.386	-7.01	15.187
111.774	-7.149	19.618
113.659	-8.197	20.040
112.726	-7.139	24.586
111.663	-8.201	30.721
112.291	-7.75	41.327
112.054	-7.92	60.777
115.44	-6.881	11.547
113.205	-7.7623	21.380
112.22	-8.1308	42.456
112.032	-7.125	18.101
111.915	-7.222	20.355
114.084	-7.722	20.423
113.371	-7.0085	43.357
111.225	-7.303	35.439
112.452	-7.032	16.506
112.329	-7.021	15.002
111.59	-7.456	34.306
112.697	-7.336	22.437
112.587	-7.863	34.092
111.896	-7.995	48.096
111.398	-7.568	53.723
111.379	-7.576	55.742
111.672	-7.734	32.910
111.642	-8.112	27.892
111.544	-7.618	42.474
111.659	-7.08	20.127
111.511	-7.394	35.580
111.411	-7.906	43.002
111.857	-8.044	42.388
111.395	-7.695	57.421
112.624	-7.187	21.030
111.18	-8.224	38.617
111.49	-7.741	46.953
112.53	-7.319	18.504
116.643	-7.042	6.084
112.035	-7.319	24.172

113.237	-7.055	49.110
111.309	-7.425	45.361
112.652	-8.002	45.416
112.209	-7.182	19.114
111.923	-8.047	46.311
112.842	-7.743	25.801
112.349	-7.176	17.865
112.377	-7.4	23.398
113.362	-8.278	27.035
111.309	-7.558	58.293
113.906	-7.748	16.332
111.637	-6.936	17.287
112.776	-7.225	26.410
112.57	-8.134	64.035
112.17	-8.068	45.145
112.096	-7.193	19.873
111.86	-6.895	14.402
112.083	-7.606	41.347
112.37	-8.139	54.328
113.306	-6.919	39.865
112.331	-7.478	27.237
114.156	-8.026	22.226
113.29	-8.009	23.561
112.886	-6.928	28.830
112.629	-7.973	42.728
113.057	-6.983	38.894
113.067	-7.046	42.008
112.015	-7.83	60.233
113.853	-7.009	21.080
113.552	-7.775	19.040
113.415	-7.76	20.796
112.436	-7.467	23.975
111.979	-7.964	55.894
112.844	-7.642	22.291
113.404	-7.806	19.599
112.716	-7.23	23.986
112.649	-7.519	19.738
112.604	-7.41	19.075
112.487	-8.119	58.978

113.505	-7.953	18.174
112.311	-7.408	25.054
113.286	-8.24	28.032
112.187	-7.675	43.904
113.157	-7.904	24.792
112.526	-7.572	23.872
111.503	-7.508	42.041
112.878	-7.146	31.721
112.785	-7.134	27.047
112.646	-7.292	21.237
112.386	-7.124	16.465
112.062	-7.484	32.446
113.543	-7.117	35.972
112.243	-7.6988	0.098
112.699	-7.845	32.446
113.235	-7.87	22.050
113.93	-8.153	15.879
113.003	-7.678	22.422
111.414	-7.757	53.354
113.776	-7.031	23.777
114.234	-8.158	22.880
111.891	-7.688	43.513
112.62	-7.941	39.893
113.21	-8.135	29.261
113.08	-7.845	24.988
112.984	-7.831	26.706
111.569	-7.592	39.916
111.569	-7.592	39.916
112.253	-7.0194	15.348
113.764	-8.01	16.291
111.316	-7.665	63.781
111.731	-7.108	19.565
113.864	-6.958	20.361
114.04	-7.638	18.755
111.516	-7.622	45.041
111.176	-7.356	38.562
112.361	-7.292	20.554
112.591	-7.111	20.054
111.444	-7.6	51.262

111.507	-7.323	32.096
113.354	-7.847	19.167
114.4173	-5.557	6.035
113.786	-8.216	18.327
113.218	-7.753	21.698
112.194	-7.505	32.099
111.678	-7.594	32.398
112.578	-7.277	19.404
111.962	-6.882	13.401
111.542	-7.93	34.989
112.15	-7.192	19.683
112.988	-7.177	38.442
111.922	-7.911	54.157
112.353	-7.585	30.770
112.48	-7.477	23.056
111.988	-7.805	57.739
112.544	-7.513	22.115
112.312	-7.628	34.507
111.896	-6.968	14.956
112.79	-7.263	26.683
113.746	-8.288	19.805
114.309	-8.444	18.865
111.593	-8.287	37.214
111.173	-7.984	38.645
111.989	-7.896	59.710
111.338	-8.183	35.980
112.544	-8.061	52.393
111.726	-7.385	26.061
112.175	-7.953	52.934
111.912	-7.595	37.930
112.373	-7.897	37.080
111.943	-8.014	50.030
111.342	-7.685	62.116
112.048	-7.804	59.438
111.772	-7.248	21.654
111.451	-7.409	39.239
111.639	-7.802	33.894
111.835	-7.744	42.906
112.187	-7.302	22.930

112.196	-8.021	47.145
111.988	-7.448	30.052
112.624	-7.569	21.139
112.244	-7.677	40.845
111.557	-7.249	27.346
111.231	-7.504	53.189
111.438	-8.121	31.936
112.061	-7.679	48.230
113.047	-7.726	22.165
111.454	-7.709	51.256
111.995	-8.114	43.413
112.336	-7.417	24.847
114.327	-7.081	15.890
113.329	-7.096	48.997
112.736	-7.221	24.797
111.925	-7.683	45.030
112.552	-7.68	24.902
112.375	-6.892	14.545
111.11	-8.187	36.107
113.171	-8.1	30.020
111.629	-7.185	23.453
111.514	-7.421	36.852
113.52	-7.2	37.306
112.523	-8.228	82.426
112.606	-8.196	76.993
111.781	-7.98	39.656
112.094	-7.769	56.053
113.517	-7.722	20.800
113.366	-7.78	20.546
112.614	-7.2383	20.581
111.831	-8.154	34.683
113.71	-7.909	15.687
112.695	-7.965	41.224
112.603	-8.056	52.143
113.562	-7.004	32.940
113.543	-7.834	17.810
113.761	-8.164	18.092
112.151	-6.932	14.151
113.436	-7.078	42.409

113.473	-7.158	40.779
113.972	-7.709	17.580
112.462	-6.934	16.290
112.705	-7.656	23.722
111.271	-7.622	63.744
113.174	-7.1896	49.778
111.445	-8.229	36.404
112.91	-7.64	21.985
112.268	-8.274	57.836
111.535	-7.501	39.484
114.045	-7.716	19.345
113.613	-8.075	18.880
112.092	-7.713	51.076
111.325	-7.754	60.079
112.195	-7.765	49.659
111.939	-7.096	17.235
111.375	-7.463	46.843
113.595	-6.923	29.240
113.105	-8.243	38.412
113.669	-6.944	26.704
112.88	-7.79	27.125
112.971	-8.079	39.252
112.105	-7.549	36.585
113.693	-8.15	18.874
113.482	-7.042	38.527
112.174	-7.568	36.560
113.998	-8.514	17.303
112.051	-7.847	61.484
112.276	-7.516	30.492
111.659	-7.482	31.380
111.378	-7.358	38.281
112.144	-7.436	29.118
111.239	-7.678	64.549
112.153	-7.723	49.501
112.241	-7.443	27.920
112.161	-7.876	56.355
112.104	-7.046	16.294
111.748	-8.097	33.336
112.87	-7.67	22.909

112.816	-8.046	44.936
111.264	-7.729	63.246
112.117	-8.027	51.028
111.459	-7.879	42.355
112.703	-7.536	20.064
113.679	-7.089	28.245
113.996	-7.813	18.406
112.589	-7.472	20.189
112.008	-7.7	49.793
112.643	-7.707	25.891
111.036	-8.192	35.259
112.956	-8.192	47.922
113.413	-7.14	44.892
112	-8.237	33.973
112.281	-7.095	16.659
111.738	-7.858	37.798
113.482	-8.328	25.766
113.885	-7.983	15.852
112.456	-7.855	32.622
111.549	-8.114	29.786
111.624	-7.872	32.913
112.233	-7.852	49.393
112.581	-7.539	21.579
111.03	-8.111	31.740
112.45	-7.509	24.757
112.722	-7.808	30.154
114.242	-8.528	16.460
112.897	-7.657	22.219
112.727	-7.7629	27.892
112.131	-7.6331	42.751
	-	
111.6779	7.23004	23.576
112.874	-7.834	29.162
114.563	-7.151	19.358
113.31	-8.054	23.832
113.598	-8.248	21.870
113.238	-7.947	23.694
112.948	-7.684	22.415
111.9	-7.495	31.359

112.065	-8.145	41.222
112.798	-7.653	23.030
112.001	-7.041	16.196
112.061	-7.975	57.082
113.333	-7.003	44.568
114.311	-8.356	20.747
113.337	-8.108	23.930
113.752	-6.959	23.858
112.796	-7.318	26.231
112.282	-7.296	21.729
112.644	-7.2748	21.291
111.513	-8.004	32.628
113.264	-7.167	51.582
111.338	-7.827	53.196
112.171	-8.099	42.648
115.638	-6.9838	11.026
111.755	-7.521	28.443
112.414	-7.1204	16.156
113.842	-7.094	21.859
112.72	-7.272	23.841
111.769	-7.744	38.022
111.524	-7.572	43.056
111.576	-7.991	30.815
112.795	-7.406	24.671
111.716	-7.404	26.881
112.27	-7.048	15.797
112.304	-8.139	49.230
112.43	-8.109	54.623
112.747	-7.218	25.249
112.054	-6.955	14.621
113.433	-8.186	23.481
111.893	-7.83	51.284
114.157	-8.283	18.957
111.835	-7.934	45.464
113.023	-8.056	35.264
111.729	-7.044	18.305
112.966	-6.923	32.123
112.568	-6.989	18.949
112.739	-7.46	21.961

111.268	-7.649	64.770
114.064	-8.465	16.068
113.875	-8.282	17.655
111.509	-7.902	38.122
112.753	-7.239	25.358
111.173	-7.521	52.519
111.791	-6.975	16.283
114.211	-8.296	19.877
112.658	-7.887	35.509
114.017	-7.722	18.672
111.4	-8.04	33.995
112.126	-8.088	45.222
112.726	-7.078	24.395
111.941	-7.089	17.085
113.422	-6.93	37.009
112.345	-6.936	14.256
114.204	-8.198	21.371
112.405	-7.492	25.601
111.7	-7.892	35.004
112.069	-8.084	46.734
113.109	-7.196	46.286
114.258	-8.383	19.214
113.738	-7.768	16.827
111.368	-8.223	37.564
111.976	-7.334	24.576
112.278	-7.169	18.314
113.029	-7.926	29.214
112.332	-7.114	16.701
112.673	-7.394	21.052
112.796	-7.295	26.555
112.702	-7.268	23.233
111.96	-7.605	40.158
111.378	-7.622	58.273
113.654	-8.104	18.774
112.118	-7.359	25.665
112.736	-7.7	25.169
112.146	-8.092	44.200
111.408	-7.825	49.397
114.017	-7.99	18.620

111.932	-7.255	21.469
113.841	-8.07	16.074
112.615	-7.985	43.967
113.102	-7.957	28.037
113.424	-8.081	21.340
113.162	-7.777	21.447
111.946	-8.009	50.597
113.95	-8.081	16.688
113.672	-7.886	15.755
112.728	-8.357	107.793
112.504	-8.162	67.053
112.028	-7.211	20.434
113.716	-8.191	19.077
113.267	-8.144	27.083
112.329	-7.52	28.994
111.614	-8.111	28.428
112.21	-8.189	45.477
112.677	-8.056	51.174
111.47	-7.69	49.926
114.005	-7.087	17.436
112.269	-8.099	43.467
112.675	-7.374	21.342
111.532	-7.649	43.920
113.877	-7.852	15.891
113.844	-8.007	15.427
111.827	-6.84	14.003
111.643	-7.315	27.086
112.769	-7.252	25.907
113.154	-7.043	46.453
112.876	-7.079	31.232
112.671	-7.256	22.262
113.474	-8.145	21.985
112.729	-7.513	20.790
111.884	-8.239	31.754
112.005	-7.628	43.070
113.059	-6.905	35.234
113.937	-7.885	17.075
112.525	-7.45	21.287
111.944	-7.73	49.777

113.865	-7.86	15.667
114.429	-8.665	15.942
111.302	-8.049	34.820
114.127	-8.424	16.438
112.735	-7.274	24.376
113.281	-7.874	21.115
113.244	-8.217	29.555
111.919	-7.367	25.468
112.251	-7.481	29.484
113.197	-8.217	31.931
113.769	-8.414	20.788
112.981	-7.828	0.096
113.851	-7.935	15.344
112.757	-7.323	24.658
112.439	-7.183	17.090
113.376	-7.959	20.473
112.839	-8.275	70.101
113.43	-7.2	43.319
113.964	-8.029	17.243
113.092	-7.767	22.495
113.194	-7.166	50.844
112.908	-7.902	31.689
112.823	-7.103	28.713
112.605	-7.638	23.339
111.717	-8.036	33.664
112.395	-7.549	27.810
111.837	-7.12	17.976
112.033	-6.898	13.698
111.632	-8.041	28.944
111.267	-8.173	36.011
112.655	-7.49	19.366
111.898	-8.074	42.932
112.742	-8.013	44.612
112.717	-8.175	67.661
112.374	-7.074	15.638
112.815	-7.882	32.861
112.032	-8.015	53.390
112.552	-6.931	18.176
113.443	-8.244	24.642

112.555	-7.996	44.948
112.78	-8.139	57.443
113.563	-6.982	32.322
112.768	-7.353	24.637
112.339	-8.289	69.702
112.093	-7.909	60.351
111.702	-8.266	33.353
112.181	-7.028	15.770
111.246	-7.371	40.776
111.813	-7.57	32.703
112.934	-7.75	24.726
112.688	-7.312	22.389
112.369	-8.024	42.672
114.335	-8.004	29.504
113.228	-7.797	20.646
111.621	-7.594	36.087
112.637	-7.438	19.583
112.741	-7.319	24.125
112.014	-8.061	48.680
112.74	-7.3	24.304
113.165	-7.842	22.963
112.794	-7.718	25.378
112.379	-7.712	34.022
113.901	-7.918	16.300
112.492	-8.069	52.184
113.78	-7.827	15.398
112.518	-7.375	19.846
111.589	-7.66	39.111
113.332	-8.166	25.029

Lampiran III
Hasil Scoring Peta Resiko Gempa Bumi Metode Donovan

Kecamatan	Skor Kepadatan Penduduk	Skor IPM	SKOR DONOVAN
Ajung	3	2	0.66667
Ambulu	3	2	0.66667
Ambuten	1	2	0.3333
Ampelgading	2	2	1
Arjasa	3	2	0.3333
Arjasa	1	2	0.66667
Arjasa	1	2	0.66667
Arjosari	1	2	0.66667
Arosbaya	1	2	0.3333
Asembagus	1	2	0.66667
Asemrowo	3	2	0.66667
Babadan	3	2	1
Babat	3	2	0.66667
Badas	1	2	1
Bagor	2	2	1
Balen	3	2	0.66667
Balerejo	1	2	1
Balong	2	2	1
Balongbendo	3	2	0.66667
Balongpanggang	3	2	0.66667
Balung	3	2	0.66667
Bancar	3	2	0.66667
Bandar	1	2	1
Bandar Kedung Mulyo	3	2	1
Bandung	3	2	0.66667
Bangil	3	2	0.66667
Bangilan	3	2	0.66667
Bangkalan	1	2	0.3333
Bangorejo	3	2	0.66667
Bangsalsari	3	2	0.66667
Banturan	3	2	0.66667
Bantur	1	2	1
Banyakan	1	2	1
Banyuwanyar	3	2	0.66667

Banyuates	3	2	0.3333
Banyuglugur	1	2	0.66667
Banyuputih	1	2	0.66667
Barat	3	2	1
Bareng	2	2	1
Baron	2	2	1
Batang-Batang	1	2	0.3333
Batu	3	2	0.66667
Batuan	1	2	0.3333
Batumamar	1	2	0.3333
Batuputih	1	2	0.3333
Baureno	3	2	0.66667
Beji	3	2	0.66667
Bendo	3	2	1
Bendungan	1	2	0.66667
Benjeng	3	2	0.66667
Benowo	3	2	0.66667
Berbek	3	2	1
Besuk	3	2	0.66667
Besuki	3	2	0.3333
Besuki	1	2	0.66667
Binakal	1	2	0.66667
Binangun	3	2	1
Blege	1	2	0.3333
Blimbing	3	2	1
Bluluk	3	2	0.66667
Bluto	1	2	0.3333
Bojonegoro	3	2	0.66667
Bondowoso	3	2	0.66667
Botolinggo	1	2	0.66667
Boyolangu	3	2	1
Bringin	2	2	0.66667
Brondong	3	2	0.3333
Bubulan	1	2	0.66667
Bubutan	3	2	0.3333
Buduran	3	2	0.66667
Bugulkidul	3	2	0.66667
Bulak	3	2	0.3333
Bululawang	3	2	1
Bumiaji	1	2	0.66667
Bungah	3	2	0.3333

Bungatan	1	2	0.3333
Bungkal	2	2	0.66667
Burneh	1	2	0.66667
Camplong	3	2	1
Campurdarat	3	2	1
Candi	3	2	0.66667
Candipuro	3	2	1
Cermee	3	2	0.66667
Cermee	1	2	0.66667
Cluring	3	2	0.66667
Curahdami	2	2	0.66667
Dagangan	1	2	1
Dampit	2	2	1
Dander	2	2	0.66667
Dasuk	1	2	0.66667
Dau	3	2	1
Dawar Blandong	2	2	0.66667
Deket	3	2	0.66667
Diwek	3	2	1
Dlangu	3	2	0.66667
Doko	3	2	1
Dolopo	1	2	1
Dongko	1	2	0.66667
Donomulyo	1	2	1
Donorojo	1	2	0.66667
Dringu	3	2	0.66667
Driyorejo	3	2	0.66667
Duduksampeyan	3	2	0.66667
Dukuh Pakis	3	2	0.66667
Dukun	3	2	0.66667
Dungkek	1	2	0.66667
Durenan	2	2	0.66667
Gading	1	2	0.66667
Gadingrejo	3	2	0.66667
Galis	3	2	0.66667
Galis	1	2	1
Gambiran	3	2	0.66667
Gamping Rejo	1	2	1
Gandusari	3	2	0.66667
Gandusari	2	2	1
Gapura	1	2	0.66667

Garum	3	2	0.66667
Gayam	2	2	1
Gayam	1	2	0.66667
Gayungan	3	2	0.66667
Gedangan	1	2	0.66667
Gedangan	3	2	1
Gedeg	3	2	0.66667
Geger	1	2	0.66667
Geger	1	2	0.66667
Gemarang	1	2	1
Gempol	3	2	0.66667
Gending	3	2	0.66667
Geneng	2	2	0.66667
Genteng	3	2	0.66667
Genteng	3	2	0.66667
Genteng	3	2	1
Gerih	3	2	1
Giligenting	1	2	0.66667
Giri	3	2	0.66667
Glagah	3	2	0.66667
Glagah	3	2	0.66667
Glenmore	3	2	0.66667
Gondang	1	2	0.66667
Gondang	3	2	0.66667
Gondang	3	2	1
Gondang	3	2	0.66667
Gondang Wetan	3	2	0.66667
Gondanglegi	3	2	1
Grabagan	3	2	0.66667
Grati	3	2	0.66667
Gresik	3	2	0.66667
Grogol	1	2	1
Grujugan	1	2	0.66667
Gubeng	3	2	0.66667
Gucialit	1	2	0.66667
Gudo	3	2	1
Guluk-Guluk	1	2	0.66667
Gumuk Mas	3	2	0.66667
Gunung Manyar	3	2	0.66667
Gurah	1	2	1
Ijen	1	2	0.66667

Jabon	3	2	0.66667
Jabung	2	2	1
Jagalan	1	2	0.66667
Jambangan	3	2	0.66667
Jambesari DS	3	2	0.66667
Jambon	2	2	1
Jangkar	2	2	0.66667
Jatibanteng	1	2	0.66667
Jatikalen	1	2	0.66667
Jatipuro	3	2	0.66667
Jatirejo	3	2	0.66667
Jatirogo	3	2	0.66667
Jelbuk	3	2	0.66667
Jenangan	3	2	0.66667
Jenggawah	3	2	0.66667
Jenu	3	2	0.66667
Jetis	3	2	0.66667
Jetis	3	2	1
Jiwan	1	2	1
Jogo Roto	3	2	0.66667
Jogorogo	2	2	1
Jombang	3	2	0.66667
Jombang	3	2	0.66667
Jrengik	3	2	1
Junrejo	3	2	1
Kabat	3	2	0.66667
Kabuh	1	2	0.66667
Kademangan	3	2	0.66667
Kademangan	3	2	0.66667
Kadur	1	2	0.66667
Kalianget	1	2	0.66667
Kalibaru	3	2	0.66667
Kalidawir	2	2	0.66667
Kalipare	2	2	1
Kalipuro	3	2	0.66667
Kalisat	3	2	0.66667
Kalitengah	3	2	0.66667
Kalitidu	2	2	0.66667
Kaliwates	3	2	0.66667
Kamal	1	2	0.66667
Kampak	1	2	0.66667

Kandangan	1	2	1
Kandat	1	2	1
Kangayan	1	2	0.66667
Kanigaraan	1	2	0.66667
Kanigoro	3	2	1
Kanor	3	2	0.66667
Kapas	3	2	0.66667
Kapongan	2	2	0.66667
Karang Penang	3	2	1
Karanganyar	1	2	0.66667
Karangbinangun	3	2	0.66667
Karanggeneng	3	2	0.66667
Karangjati	2	2	0.66667
Karangpilang	3	2	0.66667
Karangploso	3	2	0.66667
Karangrejo	3	2	1
Karangrejo	3	2	1
Karas	3	2	1
Kare	1	2	0.66667
Karrangan	2	2	0.66667
Kartoharjo	3	2	1
Kasembon	2	2	0.66667
Kasiman	2	2	0.66667
Kasreman	2	2	1
Kauman	3	2	1
Kauman	3	2	1
Kawedanan	3	2	0.66667
Kebomas	3	2	1
Kebonagung	1	2	1
Kebonsari	1	2	0.66667
Kedamean	3	2	0.3333
Kedewan	1	2	0.66667
Kedungadem	2	2	1
Kedungdung	3	2	1
Kedunggalar	2	2	1
Kedungkandang	3	2	0.66667
Kedungpring	3	2	1
Kedungwaru	3	2	0.66667
Kejayan	2	2	0.66667
Kembangbahu	3	2	0.66667
Kemlagi	3	2	0.66667

Kencong	3	2	1
Kendal	2	2	0.66667
Kendit	1	2	0.66667
Kenduruan	3	2	0.66667
Kenjeran	3	2	1
Kepanjen	3	2	1
Kepanjenkidul	3	2	0.66667
Kepohbaru	2	2	0.33333
Kerek	3	2	1
Kertosono	3	2	1
Kesamben	3	2	1
Kesamben	3	2	0.66667
Ketapang	3	2	0.66667
Klabang	1	2	0.66667
Klakah	2	2	0.66667
Klampis	1	2	1
Klojen	3	2	1
Kokop	1	2	1
Konang	1	2	1
Kota Kediri	3	2	0.66667
Kota Sumenep	1	2	0.66667
Kotaanyar	3	2	0.66667
Kraksaan	3	2	0.66667
Kranggan	1	2	1
Kras	1	2	0.66667
Kraton	2	2	0.66667
Krejengan	3	2	0.66667
Krembangan	3	2	0.66667
Krembung	3	2	0.66667
Krian	3	2	1
Kromengan	2	2	0.66667
Krucil	3	2	0.66667
Kudu	1	2	0.66667
Kunir	3	2	1
Kunjang	1	2	0.66667
Kuripan	3	2	0.66667
Kutorejo	3	2	1
Kwadungan	2	2	0.66667
Kwanyar	1	2	0.66667
Labeng	1	2	0.66667
Lakarsantri	3	2	0.66667

Lamongan	3	2	0.66667
Larangan	1	2	0.66667
Laren	3	2	0.3333
Lawang	3	2	0.66667
Leces	3	2	0.66667
Ledokombo	3	2	0.66667
Lekok	3	2	0.66667
Lambeyan	3	2	1
Lengkong	1	2	0.66667
Lenteng	1	2	0.66667
Licin	3	2	1
Loceret	3	2	1
Lowokwaru	3	2	0.66667
Lumajang	3	2	0.66667
Lumbang	1	2	0.66667
Lumbang	3	2	1
Madiun	1	2	1
Maduran	3	2	0.66667
Maesan	2	2	0.66667
Magetan	3	2	1
Malo	1	2	0.66667
Manding	1	2	0.66667
Mangaran	2	2	0.66667
Mangu Harjo	3	2	1
Mantingan	2	2	1
Mantup	3	2	0.66667
Manyar	3	2	0.66667
Maospati	3	2	1
Margomulyo	3	2	0.66667
Maron	3	2	0.66667
Masalembu	1	2	0.3333
Mayang	3	2	0.66667
Mayangan	3	2	0.66667
Megaluh	3	2	0.66667
Mejayan	1	2	0.66667
Menganti	3	2	0.66667
Merakurak	3	2	0.66667
Mlarak	2	2	0.66667
Modo	3	2	0.66667
Modung	1	2	1
Mojo	1	2	1

Mojoagung	3	2	0.66667
Mojoanyar	3	2	0.66667
Mojoroto	3	2	1
Mojosari	3	2	0.66667
Mojowarno	3	2	0.66667
Montong	3	2	0.66667
Mulyorejo	3	2	0.66667
Mumbulsari	3	2	0.66667
Muncar	3	2	0.66667
Munjungan	1	2	1
Nawangan	1	2	1
Ngadilluwih	1	2	1
Ngadirojo	2	2	0.66667
Ngajum	2	2	1
Ngambon	1	2	0.66667
Ngancar	1	2	1
Nganjuk	3	2	1
Ngantang	1	2	1
Ngantru	3	2	1
Ngariboyo	3	2	1
Ngasem	1	2	1
Ngasem	1	2	0.66667
Ngawi	3	2	1
Ngebel	1	2	0.66667
Ngetos	2	2	1
Ngimbang	3	2	0.66667
Nglengok	3	2	1
Ngluyu	1	2	0.66667
Ngoro	3	2	0.66667
Ngoro	3	2	1
Ngraho	2	2	0.66667
Ngrambe	2	2	1
Ngrayun	1	2	0.66667
Ngronggot	3	2	1
Nguling	1	2	0.66667
Nguntoronadi	3	2	1
Ngunut	3	2	1
Ngusikan	2	2	0.66667
Nonggunong	1	2	0.66667
Omben	3	2	1
Pabean Cantikan	3	2	0.66667

Pace	3	2	1
Pacet	3	2	0.66667
Paciran	3	2	0.33333
Pacitan	2	2	1
Padang	3	2	0.66667
Padangan	3	2	0.66667
Padas	2	2	1
Pademawu	1	2	1
Pagak	2	2	1
Pagelaran	3	2	1
Pagerwojo	1	2	1
Pagu	1	2	1
Paiton	3	2	0.66667
Pajarakan	3	2	0.66667
Pakal	3	2	0.66667
Pakel	3	2	0.66667
Pakem	1	2	0.66667
Pakis	3	2	1
Pakisaji	3	2	1
Pakong	1	2	0.66667
Pakuniran	3	2	0.66667
Pakusari	3	2	0.66667
Palang	3	2	0.66667
Palengaan	1	2	1
Pamekasan	1	2	1
Panarukan	3	2	0.66667
Panceng	3	2	0.66667
Pandaan	3	2	0.66667
Panekan	3	2	1
Pangarengan	3	2	1
Panggul	2	2	1
Panggungrejo	3	2	0.66667
Panggungrejo	3	2	1
Pangkur	2	2	1
Panji	3	2	0.66667
Panti	3	2	0.66667
Papar	1	2	1
Parang	3	2	1
Pare	1	2	1
Parengan	3	2	0.66667
Paron	2	2	1

Pasean	3	2	0.66667
Pasirian	3	2	1
Pasongsongan	1	2	0.66667
Pasrepan	2	2	0.66667
Pasrujambe	3	2	1
Patianrowo	3	2	1
Patrang	3	2	0.66667
Pegantenan	1	2	1
Perak	3	2	0.66667
Pesanggaran	3	2	0.66667
Pesantren	3	2	1
Peterongan	3	2	0.66667
Pilangkenceng	1	2	0.66667
Pitu	1	2	0.66667
Plandaan	1	2	0.66667
Plaosan	3	2	1
Plemahan	1	2	1
Ploso	3	2	0.66667
Plosoklaten	1	2	1
Plumpang	3	2	0.66667
Pogalan	3	2	0.66667
Pohjentrek	3	2	0.66667
Poncokusumo	2	2	1
Poncol	3	2	1
Ponggok	3	2	1
Ponorogo	3	2	1
Porong	3	2	0.66667
Pragaan	1	2	0.66667
Prajekan	1	2	0.66667
Prambon	3	2	0.66667
Prambon	3	2	1
Prigen	2	2	0.66667
Pringkuku	1	2	0.66667
Pronoiwo	3	2	1
Proppo	1	2	1
Pucanglaban	1	2	0.66667
Pucuk	3	2	0.66667
Pudak	1	2	1
Puger	3	2	0.66667
Pujer	2	2	0.66667
Pujon	2	2	0.66667

Pule	1	2	0.66667
Pulung	1	2	0.66667
Puncu	1	2	1
Pungging	3	2	0.66667
Punung	1	2	0.66667
Puri	3	2	0.66667
Purwodadi	2	2	0.66667
Purwoharjo	3	2	0.66667
Purworejo	3	2	0.66667
Purwosari	1	2	0.66667
Purwosari	1	2	1
Puspo	1	2	0.66667
Purwosari	3	2	0.66667
Raas	1	2	0.66667
Rambipuji	3	2	0.66667
Raduagungsukodono	3	2	0.66667
Ranuyoso	1	2	0.66667
Rejoso	1	2	0.66667
Rejoso	3	2	0.66667
Rejotangan	3	2	1
Rembang	3	2	0.66667
Rengel	3	2	0.66667
Ringinrejo	1	2	1
Robatal	3	2	1
Rogojampi	3	2	0.66667
Rowokangkung	3	2	0.66667
Rubaru	1	2	0.66667
Rungkut	3	2	0.66667
Sambeng	3	2	0.66667
Sambikerep	3	2	0.66667
Sambit	2	2	0.66667
Sampang	3	2	1
Sampung	1	2	1
Snankulon	3	2	1
Sananwetan	3	2	0.66667
Sapeken	1	2	0.66667
Saradan	1	2	0.66667
Sarirejo	3	2	0.66667
Saronggi	1	2	0.66667
Sawahan	3	2	0.66667
Sawahan	1	2	1

Sawahan	1	2	0.66667
Sawoo	1	2	0.66667
Sedati	3	2	0.66667
Sekar	1	2	0.66667
Sekaran	3	2	1
Seloporo	3	2	1
Selorejo	3	2	0.66667
Semampir	3	2	0.66667
Semanding	3	2	0.66667
Semboro	3	2	1
Semen	1	2	0.66667
Sempu	3	2	1
Sendang	1	2	0.66667
Senduro	3	2	0.66667
Senori	3	2	0.66667
Sepulu	1	2	0.66667
Sidayu	3	2	0.66667
Sidoarjo	3	2	1
Sidorejo	3	2	0.66667
Siliragung	3	2	0.66667
Silo	3	2	1
Siman	3	2	0.66667
Simokerto	3	2	1
Sine	2	2	0.66667
Singgahan	3	2	0.66667
Singojuruh	3	2	0.66667
Singosari	3	2	0.66667
Situbondo	3	2	0.66667
Slahung	2	2	1
Socah		2	0.66667
Soko	3	2	0.66667
Sokobanah	3	2	1
Solokuro	3	2	0.66667
Songgon	3	2	0.66667
Sooko	3	2	0.66667
Sooko	1	2	0.66667
Srengat	3	2	1
Sreseh	3	2	1
Srono	3	2	0.66667
Suboh	2	2	0.66667
Sudimoro	1	2	1

Sugihwaras	2	2	0.66667
Sugio	3	2	0.66667
Sukapura	3	2	0.66667
Sukodadi	3	2	0.66667
Sukodono	3	2	0.66667
Sukolilo	3	2	0.66667
Sukomanunggal	3	2	0.66667
Sukomoro	3	2	1
Sukomoro	3	2	1
Sukorambi	3	2	0.66667
Sukorame	3	2	0.66667
Sukorejo	3	2	0.66667
Sukorejo	3	2	0.66667
Sukorejo	2	2	0.66667
Sukosari	2	2	0.66667
Sukosewu	2	2	0.66667
Sukowono	3	2	0.66667
Sukun	3	2	0.66667
Sumber	3	2	0.66667
Sumber Baru	3	2	0.66667
Sumberasih	3	2	0.66667
Sumbergempol	3	2	0.66667
Sumberjambe	3	2	0.66667
Sumbermalang	1	2	0.66667
Sumbermanjing Wetan	1	2	1
Sumberpucung	3	2	1
Sumberrejo	2	2	0.66667
Sumbersari	3	2	0.66667
Sumbersuko	3	2	0.66667
Sumobito	3	2	0.66667
Suruh	2	2	0.66667
Sutojayan	3	2	1
Tajinan	3	2	1
Takeran	3	2	1
Talango	1	2	0.66667
Talun	3	2	1
Taman	3	2	0.66667
Taman	3	2	1
Taman Krocok	1	2	0.66667
Tamanan	3	2	0.66667
Tambakboyo	3	2	0.66667

Tambakrejo	1	2	0.66667
Tambaksari	3	2	0.66667
Tambelangan	3	2	1
Tanah Merah	1	2	0.66667
Tandes	3	2	0.66667
Tanggul	3	2	0.66667
Tanggulangin	3	2	0.66667
Tanggungunung	1	2	0.66667
Tanjungbumi	1	2	1
Tanjunganom	3	2	0.66667
Tapen	2	2	0.66667
Tarik	2	2	0.66667
Tarokan	1	2	1
Tegalampel	2	2	0.66667
Tegaldlimo	3	2	0.66667
Tegalombo	1	2	0.66667
Tegalsari	3	2	0.66667
Tegalsari	3	2	0.66667
Tegalsiwalan	3	2	0.66667
Tekung	3	2	0.66667
Temayang	1	2	0.66667
Tembelang	3	2	0.66667
Tempeh	3	2	0.66667
Tempurejo	3	2	0.66667
Tempursari	3	2	0.3333
Tenggarang	3	2	0.66667
Tenggilis Mejoyo	3	2	0.66667
Tikung	3	2	0.66667
Tiris	3	2	0.66667
Tirtoyudo	1	2	1
Tlanakan	1	2	1
Tlogosari	1	2	0.66667
Tongas	3	2	0.66667
Torjun	3	2	1
Tosari	1	2	0.66667
Tragah	1	2	0.66667
Trawas	3	2	0.66667
Trenggalek	3	2	0.66667
Trowulan	3	2	0.66667
Trucuk	3	2	0.66667
Tuban	3	2	0.66667

Tugu	2	2	0.66667
Tulakan	2	2	1
Tulangan	3	2	0.66667
Tulungagung	3	2	1
Tumpang	3	2	1
Turen	3	2	1
Turi	3	2	0.66667
Tutur	2	2	0.66667
Udanawu	3	2	1
Ujungpangkah	3	2	0.66667
Umbulsari	3	2	0.66667
Wagir	3	2	1
Wajak	2	2	1
Waru	1	2	0.66667
Waru	3	2	0.66667
Wates	3	2	1
Wates	1	2	1
Watulimo	1	2	0.66667
Widang	3	2	0.66667
Widodaren	2	2	1
Wilangan	2	2	0.66667
Winongan	3	2	0.66667
Wiyung	3	2	0.66667
Wlingi	3	2	1
Wluhan	3	2	0.66667
Wonoasih	3	2	0.66667
Wonoasri	1	2	1
Wonoayu	3	2	0.66667
Wonocolo	3	2	0.66667
Wonodadi	3	2	1
Wonokromo	3	2	0.66667
Wonomerto	3	2	0.66667
Wonorejo	3	2	0.66667
Wonosalam	1	2	0.66667
Wonosari	2	2	0.66667
Wonosari	2	2	1
Wringin	2	2	0.66667
Wringinanom	3	2	0.66667
Wungu	1	2	1
Yosowilangun	3	2	0.66667

Kecamatan	skor Kepadatan penduduk	skor IPM	SKOR MC GUIRRE
Ajung	3	2	0.66667
Ambulu	3	2	0.66667
Ambuten	1	2	0.33333
Ampelgading	2	2	1
Arjasa	3	2	0.33333
Arjasa	1	2	0.66667
Arjasa	1	2	0.66667
Arjosari	1	2	0.66667
Arosbaya	1	2	0.66667
Asembagus	1	2	0.66667
Asemrowo	3	2	0.66667
Babadan	3	2	1
Babat	3	2	0.66667
Badas	1	2	1
Bagor	2	2	0.66667
Balen	3	2	0.66667
Balerejo	1	2	0.66667
Balong	2	2	1
Balongbendo	3	2	0.66667
Balongpanggang	3	2	0.66667
Balung	3	2	0.66667
Bancar	3	2	0.33333
Bandar	1	2	1
Bandar Kedung Mulyo	3	2	1
Bandung	3	2	0.66667
Bangil	3	2	0.66667
Bangilan	3	2	0.66667
Bangkalan	1	2	0.33333
Bangorejo	3	2	0.66667
Bangsalsari	3	2	0.66667
Bantaran	3	2	0.66667
Bantur	1	2	1
Banyakan	1	2	1
Banyuanyar	3	2	0.66667
Banyuates	3	2	0.33333
Banyuglugur	1	2	0.66667
Banyuputih	1	2	0.66667
Barat	3	2	1

Bareng	2	2	1
Baron	2	2	1
Batang-Batang	1	2	0.3333
Batu	3	2	0.66667
Batuan	1	2	0.3333
Batumamar	1	2	0.3333
Batuputih	1	2	0.3333
Baureno	3	2	0.66667
Beji	3	2	0.66667
Bendo	3	2	1
Bendungan	1	2	0.66667
Benjeng	3	2	0.66667
Benowo	3	2	0.66667
Berbek	3	2	1
Besuk	3	2	0.66667
Besuki	3	2	0.66667
Besuki	1	2	0.66667
Binakal	1	2	0.66667
Binangun	3	2	1
Blege	1	2	0.3333
Blimbing	3	2	1
Bluluk	3	2	0.66667
Bluto	1	2	0.3333
Bojonegoro	3	2	0.66667
Bondowoso	3	2	0.66667
Botolinggo	1	2	0.66667
Boyolangu	3	2	1
Bringin	2	2	0.66667
Brondong	3	2	0.3333
Bubulan	1	2	0.66667
Bubutan	3	2	0.3333
Buduran	3	2	0.66667
Bugulkidul	3	2	0.66667
Bulak	3	2	0.3333
Bululawang	3	2	1
Bumiaji	1	2	0.66667
Bungah	3	2	0.3333
Bungatan	1	2	0.3333
Bungkal	2	2	0.66667
Burneh	1	2	0.66667
Camplong	3	2	1

Campurdarat	3	2	0.66667
Candi	3	2	0.66667
Candipuro	3	2	1
Cermee	3	2	0.66667
Cermee	1	2	0.66667
Cluring	3	2	0.66667
Curahdami	2	2	0.66667
Dagangan	1	2	1
Dampit	2	2	1
Dander	2	2	0.66667
Dasuk	1	2	0.66667
Dau	3	2	1
Dawar Blandong	2	2	0.66667
Deket	3	2	0.66667
Diwek	3	2	1
Dlangu	3	2	0.66667
Doko	3	2	1
Dolopo	1	2	1
Dongko	1	2	1
Donomulyo	1	2	1
Donorojo	1	2	0.66667
Dringu	3	2	0.66667
Driyorejo	3	2	0.66667
Duduksampeyan	3	2	0.66667
Dukuh Pakis	3	2	0.66667
Dukun	3	2	0.66667
Dungkek	1	2	0.66667
Durenan	2	2	0.66667
Gading	1	2	0.66667
Gadingrejo	3	2	0.66667
Galis	3	2	0.66667
Galis	1	2	0.66667
Gambiran	3	2	0.66667
Gamping Rejo	1	2	1
Gandusari	3	2	0.66667
Gandusari	2	2	1
Gapura	1	2	0.66667
Garum	3	2	0.66667
Gayam	2	2	1
Gayam	1	2	0.66667
Gayungan	3	2	0.66667

Gedangan	1	2	0.66667
Gedangan	3	2	1
gedeg	3	2	0.66667
Geger	1	2	0.66667
Geger	1	2	0.66667
Gemarang	1	2	1
Gempol	3	2	0.66667
Gending	3	2	0.66667
Geneng	2	2	0.66667
Genteng	3	2	0.66667
Genteng	3	2	0.66667
Genteng	3	2	1
Gerih	3	2	1
Giligenting	1	2	0.66667
Giri	3	2	0.66667
Glagah	3	2	0.66667
Glagah	3	2	0.66667
Glenmore	3	2	0.66667
Gondang	1	2	0.66667
Gondang	3	2	0.66667
Gondang	3	2	1
Gondang	3	2	0.66667
Gondang Wetan	3	2	0.66667
Gondanglegi	3	2	1
Grabagan	3	2	0.66667
Grati	3	2	0.66667
Gresik	3	2	0.66667
Grogol	1	2	1
Grujugan	1	2	0.66667
Gubeng	3	2	0.66667
Gucialit	1	2	0.66667
Gudo	3	2	1
Guluk-Guluk	1	2	0.66667
Gumuk Mas	3	2	0.66667
Gunung Manyar	3	2	0.66667
Gurah	1	2	1
Ijen	1	2	0.66667
Jabon	3	2	0.66667
Jabung	2	2	0.66667
Jagalan	1	2	0.66667
Jambangan	3	2	0.66667

Jambesari DS	3	2	0.66667
Jambon	2	2	1
Jangkar	2	2	0.66667
Jatibanteng	1	2	0.66667
Jatikalen	1	2	0.66667
Jatiproto	3	2	0.66667
Jatirejo	3	2	0.66667
Jatirogo	3	2	0.66667
Jelbuk	3	2	0.66667
Jenangan	3	2	1
Jenggawah	3	2	0.66667
Jenu	3	2	0.66667
Jetis	3	2	0.66667
Jetis	3	2	0.66667
Jiwan	1	2	1
Jogo Roto	3	2	0.66667
Jogorogo	2	2	1
Jombang	3	2	0.66667
Jombang	3	2	0.66667
Jrengik	3	2	1
Junrejo	3	2	1
Kabat	3	2	0.66667
Kabuh	1	2	0.66667
Kademangan	3	2	0.66667
Kademangan	3	2	1
Kadur	1	2	0.66667
Kalianget	1	2	0.66667
Kalibaru	3	2	0.66667
Kalidawir	2	2	0.66667
Kalipare	2	2	1
Kalipuro	3	2	0.66667
Kalisat	3	2	0.66667
Kalitengah	3	2	0.66667
Kalitidu	2	2	0.66667
Kaliwates	3	2	0.66667
Kamal	1	2	0.66667
Kampak	1	2	0.66667
Kandangan	1	2	1
Kandat	1	2	1
Kangayan	1	2	0.66667
Kanigaraan	1	2	0.66667

Kanigoro	3	2	0.66667
Kanor	3	2	0.66667
Kapas	3	2	0.66667
Kapongan	2	2	0.66667
Karang Penang	3	2	0.66667
Karanganyar	1	2	0.66667
Karangbinangun	3	2	0.66667
Karanggeneng	3	2	0.66667
Karangjati	2	2	0.66667
Karangpilang	3	2	0.66667
Karangploso	3	2	0.66667
Karangrejo	3	2	1
Karangrejo	3	2	1
Karas	3	2	1
Kare	1	2	0.66667
Karrangan	2	2	0.66667
Kartoharjo	3	2	1
Kasembon	2	2	0.66667
Kasiman	2	2	0.66667
Kasreman	2	2	1
Kauman	3	2	1
Kauman	3	2	1
Kawedanan	3	2	0.66667
Kebomas	3	2	1
Kebonagung	1	2	1
Kebonsari	1	2	0.66667
Kedamean	3	2	0.66667
Kedewan	1	2	0.66667
Kedungadem	2	2	1
Kedungdung	3	2	1
Kedunggalar	2	2	1
Kedungkandang	3	2	0.66667
Kedungpring	3	2	1
Kedungwaru	3	2	0.66667
Kejayan	2	2	0.66667
Kembangbahu	3	2	0.66667
Kemlagi	3	2	0.66667
Kencong	3	2	1
Kendal	2	2	0.66667
Kendit	1	2	0.66667
Kenduruan	3	2	0.66667

Kenjeran	3	2	1
Kepanjen	3	2	1
Kepanjenkidul	3	2	0.66667
Kepohbaru	2	2	0.66667
Kerek	3	2	1
Kertosono	3	2	1
Kesamben	3	2	1
Kesamben	3	2	0.66667
Ketapang	3	2	0.66667
Klabang	1	2	0.66667
Klakah	2	2	0.66667
Klampis	1	2	1
Klojen	3	2	1
Kokop	1	2	1
Konang	1	2	1
Kota Kediri	3	2	0.66667
Kota Sumenep	1	2	0.66667
Kotaanyar	3	2	0.66667
Kraksaan	3	2	0.66667
Kranggan	1	2	1
Kras	1	2	0.66667
Kraton	2	2	0.66667
Krejengan	3	2	0.66667
Krembangan	3	2	0.66667
Krembung	3	2	0.66667
Krian	3	2	1
Kromengan	2	2	0.66667
Krucil	3	2	0.66667
Kudu	1	2	0.66667
Kunir	3	2	1
Kunjang	1	2	0.66667
Kuripan	3	2	0.66667
Kutorejo	3	2	1
Kwadungan	2	2	0.66667
Kwanyar	1	2	0.66667
Labeng	1	2	0.66667
Lakarsantri	3	2	0.66667
Lamongan	3	2	0.66667
Larangan	1	2	0.66667
Laren	3	2	0.3333
Lawang	3	2	0.66667

Leces	3	2	0.66667
Ledokombo	3	2	0.66667
Lekok	3	2	0.66667
Lambeyan	3	2	1
Lengkong	1	2	0.66667
Lenteng	1	2	0.66667
Licin	3	2	1
Loceret	3	2	1
Lowokwaru	3	2	0.66667
Lumajang	3	2	0.66667
Lumbang	1	2	0.66667
Lumbang	3	2	1
Madiun	1	2	1
Maduran	3	2	0.3333
Maesan	2	2	0.66667
Magetan	3	2	1
Malo	1	2	0.66667
Manding	1	2	0.66667
Mangaran	2	2	0.66667
Mangu Harjo	3	2	1
Mantingan	2	2	1
Mantup	3	2	0.66667
Manyar	3	2	0.66667
Maospati	3	2	1
Margomulyo	3	2	0.66667
Maron	3	2	0.66667
Masalembu	1	2	0.3333
Mayang	3	2	0.66667
Mayangan	3	2	0.66667
Megaluh	3	2	0.66667
Mejayan	1	2	0.66667
Menganti	3	2	0.66667
Merakurak	3	2	0.3333
Mlarak	2	2	0.66667
Modo	3	2	0.66667
Modung	1	2	1
Mojo	1	2	1
Mojoagung	3	2	0.66667
Mojoanyar	3	2	0.66667
Mojoroto	3	2	1
Mojosari	3	2	0.66667

Mojowarno	3	2	0.66667
Montong	3	2	0.66667
Mulyorejo	3	2	0.66667
Mumbulsari	3	2	0.66667
Muncar	3	2	0.66667
Munjungan	1	2	1
Nawangan	1	2	1
Ngadilluwih	1	2	1
Ngadirojo	2	2	1
Ngajum	2	2	1
Ngambon	1	2	0.66667
Ngancar	1	2	1
Nganjuk	3	2	1
Ngantang	1	2	0.66667
Ngantru	3	2	1
Ngariboyo	3	2	1
Ngasem	1	2	1
Ngasem	1	2	0.66667
Ngawi	3	2	1
Ngebel	1	2	0.66667
Ngetos	2	2	1
Ngimbang	3	2	0.66667
Nglengok	3	2	1
Ngluyu	1	2	0.66667
Ngoro	3	2	0.66667
Ngoro	3	2	1
Ngraho	2	2	0.66667
Ngrambe	2	2	1
Ngrayun	1	2	0.66667
Ngronggot	3	2	1
Nguling	1	2	0.66667
Nguntoronadi	3	2	1
Ngunut	3	2	1
Ngusikan	2	2	0.66667
Nonggunong	1	2	0.66667
Omben	3	2	1
Pabean Cantikan	3	2	0.66667
Pace	3	2	1
Pacet	3	2	0.66667
Paciran	3	2	0.3333
Pacitan	2	2	0.66667

Padang	3	2	0.66667
Padangan	3	2	0.66667
Padas	2	2	0.66667
Pademawu	1	2	0.66667
Pagak	2	2	1
Pagelaran	3	2	1
Pagerwojo	1	2	1
Pagu	1	2	1
Paiton	3	2	0.66667
Pajarakan	3	2	0.66667
Pakal	3	2	0.66667
Pakel	3	2	0.66667
Pakem	1	2	0.66667
Pakis	3	2	1
Pakisaji	3	2	1
Pakong	1	2	0.66667
Pakuniran	3	2	0.66667
Pakusari	3	2	0.66667
Palang	3	2	0.66667
Palengaan	1	2	1
Pamekasan	1	2	1
Panarukan	3	2	0.66667
Panceng	3	2	0.66667
Pandaan	3	2	0.66667
Panekan	3	2	1
Pangarengan	3	2	1
Panggul	2	2	1
Panggungrejo	3	2	0.66667
Panggungrejo	3	2	1
Pangkur	2	2	1
Panji	3	2	0.66667
Panti	3	2	0.66667
Papar	1	2	1
Parang	3	2	1
Pare	1	2	1
Parengan	3	2	0.66667
Paron	2	2	1
Pasean	3	2	0.66667
Pasirian	3	2	1
Pasongsongan	1	2	0.66667
Pasrepan	2	2	0.66667

Pasrujambe	3	2	1
Patianrowo	3	2	1
Patrang	3	2	0.66667
Pegantenan	1	2	1
Perak	3	2	0.66667
Pesanggaran	3	2	0.66667
Pesantren	3	2	1
Peterongan	3	2	0.66667
Pilangkenceng	1	2	0.66667
Pitu	1	2	1
Plandaan	1	2	0.66667
Plaosan	3	2	1
Plemahan	1	2	1
Ploso	3	2	0.66667
Plosoklaten	1	2	1
Plumpang	3	2	0.66667
Pogalan	3	2	0.66667
Pohjentrek	3	2	0.66667
Poncokusumo	2	2	1
Poncol	3	2	1
Ponggok	3	2	1
Ponorogo	3	2	1
Porong	3	2	0.66667
Pragaan	1	2	0.66667
Prajekan	1	2	0.66667
Prambon	3	2	0.66667
Prambon	3	2	1
Prigen	2	2	0.66667
Pringkuku	1	2	0.66667
Pronoiwo	3	2	1
Proppo	1	2	1
Pucanglaban	1	2	0.66667
Pucuk	3	2	0.66667
Pudak	1	2	1
Puger	3	2	0.66667
Pujer	2	2	0.66667
Pujon	2	2	0.66667
Pule	1	2	0.66667
Pulung	1	2	0.66667
Puncu	1	2	1
Pungging	3	2	0.66667

Punung	1	2	0.66667
Puri	3	2	0.66667
Purwodadi	2	2	0.66667
Purwoharjo	3	2	0.66667
Purworejo	3	2	0.66667
Purwosari	1	2	0.66667
Purwosari	1	2	1
Puspo	1	2	0.66667
Purwosari	3	2	0.66667
Raas	1	2	0.66667
Rambipuji	3	2	0.66667
Raduagungsukodono	3	2	0.66667
Ranuyoso	1	2	0.66667
Rejoso	1	2	0.66667
Rejoso	3	2	0.66667
Rejotangan	3	2	1
Rembang	3	2	0.66667
Rengel	3	2	0.66667
Ringinrejo	1	2	1
Robatal	3	2	1
Rogojampi	3	2	0.66667
Rowokangkung	3	2	0.66667
Rubaru	1	2	0.66667
Rungkut	3	2	0.66667
Sambeng	3	2	0.66667
Sambikerep	3	2	0.66667
Sambit	2	2	0.66667
Sampang	3	2	1
Sampung	1	2	1
Snankulon	3	2	1
Sananwetan	3	2	0.66667
Sapeken	1	2	0.66667
Saradan	1	2	0.66667
Sarirejo	3	2	0.66667
Saronggi	1	2	0.66667
Sawahan	3	2	1
Sawahan	1	2	0.66667
Sawahan	1	2	0.66667
Sawoo	1	2	0.66667
Sedati	3	2	0.66667
Sekar	1	2	0.66667

Sekaran	3	2	0.66667
Seloporo	3	2	0.66667
Selorejo	3	2	0.66667
Semampir	3	2	0.66667
Semanding	3	2	0.66667
Semboro	3	2	1
Semen	1	2	0.66667
Sempu	3	2	1
Sendang	1	2	0.66667
Senduro	3	2	0.66667
Senori	3	2	0.66667
Sepulu	1	2	0.66667
Sidayu	3	2	0.66667
Sidoarjo	3	2	1
Sidorejo	3	2	0.66667
Siliragung	3	2	0.66667
Silo	3	2	1
Siman	3	2	0.66667
Simokerto	3	2	1
Sine	2	2	0.66667
Singgahan	3	2	0.66667
Singojuruh	3	2	1
Singosari	3	2	0.66667
Situbondo	3	2	0.66667
Slahung	2	2	1
Socah		2	0.66667
Soko	3	2	0.66667
Sokobanah	3	2	0.66667
Solokuro	3	2	0.66667
Songgon	3	2	0.66667
Sooko	3	2	0.66667
Sooko	1	2	0.66667
Srengat	3	2	1
Sreseh	3	2	1
Srono	3	2	0.66667
Suboh	2	2	0.66667
Sudimoro	1	2	1
Sugihwaras	2	2	0.66667
Sugio	3	2	0.66667
Sukapura	3	2	0.66667
Sukodadi	3	2	0.66667

Sukodono	3	2	0.66667
Sukolilo	3	2	0.66667
Sukomanunggal	3	2	0.66667
Sukomoro	3	2	1
Sukomoro	3	2	1
Sukorambi	3	2	0.66667
Sukorame	3	2	0.66667
Sukorejo	3	2	0.66667
Sukorejo	3	2	1
Sukorejo	2	2	1
Sukosari	2	2	0.66667
Sukosewu	2	2	0.66667
Sukowono	3	2	0.66667
Sukun	3	2	1
Sumber	3	2	0.66667
Sumber Baru	3	2	0.66667
Sumberasih	3	2	0.66667
Sumbergempol	3	2	1
Sumberjambe	3	2	0.66667
Sumbermalang	1	2	0.66667
Sumbermanjing wetan	1	2	1
Sumberpucung	3	2	1
Sumberrejo	2	2	0.66667
Sumbersari	3	2	0.66667
Sumbersuko	3	2	0.66667
Sumobito	3	2	0.66667
Suruh	2	2	0.66667
Sutojayan	3	2	1
Tajinan	3	2	1
Takeran	3	2	1
Talango	1	2	0.66667
Talun	3	2	1
Taman	3	2	0.66667
Taman	3	2	1
Taman Krocok	1	2	0.66667
Tamanan	3	2	0.66667
Tambakboyoy	3	2	0.66667
Tambakrejo	1	2	0.66667
Tambaksari	3	2	0.66667
Tambelangan	3	2	1
Tanah Merah	1	2	0.66667

Tandes	3	2	0.66667
Tanggul	3	2	0.66667
Tanggulangin	3	2	0.66667
Tanggungunung	1	2	0.66667
Tanjungbumi	1	2	1
Tanjunganom	3	2	0.66667
Tapen	2	2	0.66667
Tarik	2	2	0.66667
Tarokan	1	2	1
Tegalampel	2	2	0.66667
Tegaldlimo	3	2	0.66667
Tegalombo	1	2	0.66667
Tegalsari	3	2	0.66667
Tegalsari	3	2	0.66667
Tegalsiwalan	3	2	0.66667
Tekung	3	2	0.66667
Temayang	1	2	0.66667
Tembelang	3	2	0.66667
Tempeh	3	2	0.66667
Tempurejo	3	2	0.66667
Tempursari	3	2	0.33333
Tenggarang	3	2	0.66667
Tenggilis Mejoyo	3	2	0.66667
Tikung	3	2	0.66667
Tiris	3	2	0.66667
Tirtoyudo	1	2	1
Tlanakan	1	2	1
Tlogosari	1	2	0.66667
Tongas	3	2	0.66667
Torjun	3	2	1
Tosari	1	2	0.66667
Tragah	1	2	0.66667
Trawas	3	2	0.66667
Trenggalek	3	2	0.66667
Trowulan	3	2	0.66667
Trucuk	3	2	0.66667
Tuban	3	2	0.66667
Tugu	2	2	0.66667
Tulakan	2	2	1
Tulangan	3	2	0.66667
Tulungagung	3	2	1

Tumpang	3	2	1
Turen	3	2	1
Turi	3	2	0.66667
Tutur	2	2	0.66667
Udanawu	3	2	1
Ujungpangkah	3	2	0.66667
Umbulsari	3	2	0.66667
Wagir	3	2	1
Wajak	2	2	1
Waru	1	2	0.66667
Waru	3	2	0.66667
Wates	3	2	1
Wates	1	2	1
Watulimo	1	2	0.66667
Widang	3	2	0.66667
Widodaren	2	2	1
Wilangan	2	2	0.66667
Winongan	3	2	0.66667
Wiyung	3	2	0.66667
Wlingi	3	2	1
Wluhan	3	2	0.66667
Wonoasih	3	2	0.66667
Wonoasri	1	2	0.66667
Wonoayu	3	2	0.66667
Wonocolo	3	2	0.66667
Wonodadi	3	2	1
Wonokromo	3	2	0.66667
Wonomerto	3	2	0.66667
Wonorejo	3	2	0.66667
Wonosalam	1	2	0.66667
Wonosari	2	2	0.66667
Wonosari	2	2	1
Wringin	2	2	0.66667
Wringinanom	3	2	0.66667
Wungu	1	2	1
Yosowilangun	3	2	0.66667

Lampiran V

Analisis Peta Percepatan Getaran Tanah Maksimum Metode Mc Guirre

Nilai percepatan getaran tanah maksimum tinggi yaitu antara 95-118 gal ditandai dengan warna merah. Wilayah tersebut terletak di Bantur, Sumber Manjing, pagak dan Gedangan dengan nilai Intensitas VI MMI. Kemudian wilayah yang diperkirakan dalam keadaan sedang yaitu antara 45 – 95 gal ditandai dengan warna jingga. Wilayah tersebut terletak di Depomuyo, Regak, Tirtoyudo, Ampelgading, Pronojiwo, Turen, Gondang Legi, Wajak, Tajinan, Ngajum, Solorejo, Binangun, Wates, Kali Pare, Wonotirto, Ngrambe, Sine, Jogorogo, Kendal, plaosan, poncol, parang, sukorejo, sampul, Bendo, Karang Mojo, Takeran, Pagu, Grogol, Papar, Semen, kendat, Kraas, Wates, Gurah, Ngancar, Ngadaluwih, Gurah, Pesantren, Plosok, Klaten, Udanawu, Sampang, Torjun Pare dengan nilai Intensitas V VI MMI. Adapun wilayah yang diperkirakan dalam keadaan rendah yaitu antara 1 – 45 gal ditandai dengan warna orange dan kuning. Wilayah tersebut terletak di Prinkuku. Pacitan, Punung, kebonagung, Arjosari, Tulakan, Ngadirojo, Ngrayun, Sudimoro, Panggul, Munjangan, Watulimo, Besuki, Tanjung gunung, Labang, Pucang, Bakung, Wonotirto, Sutojayan, Kademangan, Rajotangan, Kalidawi, Campur Darat, Pakel, Boyolangu, Bandung Kampak, Dongko, Karang, Gandusari, Pule, Nawangan, Tombo, Bandar, Slahung, Tugu, Trenggalek, Pogalan Durenian, Boyolangu, ngunut, Rejotangan,, Wlingi, Talun, Garum, Gendungsari, Nglegok, Ponggok, Wonodadi, Ngantru, Kauman, Karangrejo, Gendungan, Sowok, Balong, Jetis, Balok, Mlarak, Siman, Pulung, Bendungan, Swndagan, Bandangan, Badangan, Balong, Ngabet, karee, Bawahana, Sendang, Ngetos, Tarokan, Pacet, Prambon, Wungu, Geger, Seradan, Rejoso, ngluvu, ngambon, prambon, Bringin, bubulan, Tambak rejo, Ngraha, pitu, mentengan, kadungalor, Gondang wisodaren, Ngawi, Pilan, Ploso, Kabuh, Triwulan, Mojoagung, Megati, Sumbito, Kesamben, Sumobito, Prigen, Perworejo, Purwosari, Pasrepah, Kejayan, Puspo, Tosari, Sukapura, Sumber, Gusial, Sukadono, Lumbang, Kencong Yosowilangun, Tempeh kuning, Gumuk mas, pujer, Pasirian Tempusari, Tosari, Jabung, Tumpang, Sukun, Pakis Dau, Ngantang, Kepung, Poncokusumo, Lowok waru, Junrejo, Batu, Wagir,, Karangploso, Bumiaji, Pacet, Jatiroto, Tutu, Tosari, Puspen, Pasrepah, Kejayang, Wonorejo, Wonosalam, Kandangan, Kabuh, sukarome, Kabuh, Candiporo sendoro, Sukodono, Gondang, Purwosai, Kandangan, Berbek, Pangkur, Bawahan, Ngetos, Plandaan, Ngantang, Kepung, Doko, Rojotengah, Mojoagung, Diwek, Pacet, Kuripan, Wuluhan, Ambulu, Puger, Tekung, Balung, Yosowilangun, Kunir, Pasirian, Wongsorejo, Banyu putih, Wongsorejo, Giri, Arsobaya, Socah, rambang, Blega, Kawayan, Galis, Modung, Geger, Trangah, kokop, konang, Camplong, Robatal, Ketapang, Sakobanah, Guluk-guluk Gandingan, lenteng, Kalianget, Bluto, Karang, Pragaan, Saronggi, Gapura, Ambuten, Pasean, Dasuk, Batuputih, Batang-batang, Kadur, Proppo, Talango, GiliGenteng, Dungkek, Gayam, Raas, Bancar, Tambakboyo, Kerek, Jatirogo, Jenu, Merekuak, Bangilan, Montong, Singgahan, Regel, Plumpang, Soko, Kanor, Buronero, Snori, Parengan, Kasiman, Malo, Purwosari, Sugiwaras, Ngasem, Badangan, Smanding, Palang, Tuban, kancir, Brodong, Paciran, solokuro, Panceng, Ujungpangkah, Sidayu, Bungah, Bunga, Manyar, Glagah, Gresik, Deket, Turi, Sukodadi, Kedung Piring, Sugio, Modo, Kepoh baru, Taman, Sedati, Candi Tanggulangin, Sidoarjo, Tulangan, Tarik, Kutorejo, Ngoro, Jabon, Wiji, Kutorejo, Trawas, Gempol Beji, Balong, Mantep, Duduk Sampean, Bahu, Lumbang, Grati, Nguling, Kidul, Tanggulangin, Jabong, Tongas, Kuripan, paiton, kotaanyar, Jatibenteng, Wringin, Bending,

Besuki, Pakuniran, kendit, Panarukan, Megaran, Tegalampel KLabang, Subah, Pakem, Wonosari, Tapen, Tanggul, Ledok ombo, Silo, Kalibaru, Glemore, Genteng, Glagah, Giri, Sumber Jambe, Klabang, Jangkar, Situbondo Kendit, Wongsorejo, Banyuwangi kabat dengan Intensitas II-V MMI.

Lampiran VI

Analisis Peta Percepatan Getaran Tanah Maksimum Metode Donovan

Nilai PGA tertinggi yaitu antara 96 -120 gal dan ditandai dengan warna merah, wilayah tersebut terletak di Bantur, Sumber Manjing, pagak, dan Gedangan. Dengan nilai Intensitas VI Kemudian wilayah yang diperkirakan dalam keadaan sedang yaitu antara 49 – 96 gal ditandai dengan warna jingga. Wilayah tersebut terletak di Depomuyo, Regak, Tirtoyudo, Ampelgading, Pronojiwo, Turen, Gondang Legi, Wajak, Tajinan, Ngajum, Solorejo, Binangun, Wates, Kali Pare, Wonotirto, Ngrambe, Sine, Jogorogo, Kendal, plaosan, poncol, parang, sukorejo, sampul, Bendo, Karang Mojo, Takeran, Pagu, Grogol, Papar, Semen, kendat, Kraas, Wates, Gurah, Ngancar, Ngadaluwih, Gurah, Pesantren, Plosok, Klaten, Udanawu, Sampang, Torjun Pare dengan nilai Intensitas V VI MMI. Adapun wilayah yang diperkirakan dalam keadaan rendah yaitu antara 1 – 73 gal ditandai dengan warna orange dan kuning. Wilayah tersebut terletak di Prinkuku. Pacitan, Punung, kebonagung, Arjosari, Tulakan, Ngadirojo, Ngrayun, Sudimoro, Panggul, Munjangan, Watulimo, Besuki, Tanjung gunung, Labang, Pucang, Bakung, Wonotirto, Sutojayan, Kademangan, Rajotangan, Kalidawi, Campur Darat, Pakel, Boyolangu, Bandung Kampak, Dongko, Karang, Gandusari, Pule, Nawangan, Tombo, Bandar, Slahung, Tugu, Trenggalek, Pogalan Durenian, Boyolangu, ngunut, Rejotangan,, Wlingi, Talun, Garum, Gendungsari, Nglegok, Ponggok, Wonodadi, Ngantru, Kauman, Karangrejo, Gendungan, Sowok, Balong, Jetis, Balok, Mlarak, Siman, Pulung, Bendungan, Swndagan, Bandangan, Badengan, Balong, Ngabet, karee, Bawahana, Sendang, Ngetos, Tarokan, Pacet, Prambon, Wungu, Geger, Seradan, Rejoso, ngluvu, ngambon, prambon, Bringin, bubulan, Tambak rejo, Ngraha, pitu, mentengan, kadungalor, Gondang wisodaren, Ngawi, Pilan, Ploso, Kabuh, Triwulan, Mojoagung, Megati, Sumbito, Kesamben, Sumobito, Prigen, Perworejo, Purwosari, Pasrepah, Kejayan, Puspo, Tosari, Sukapura, Sumber, Gusial, Sukadono, Lumbang, Kencong Yosowilangun, Tempeh kuning, Gumuk mas, pujer, Pasirian Tempusari, Tosari, Jabung, Tumpang, Sukun, Pakis Dau, Ngantang, Kepung, Poncokusumo, Lowok waru, Junrejo, Batu, Wagir,, Karangploso, Bumiaji, Pacet, Jatiroto, Tutu, Tosari, Puspen, Pasrepah, Kejayang,

Wonorejo, Wonosalam, Kandangan, Kabuh, sukarome, Kabuh, Candiporo sendoro, Sukodono, Gondang, Purwosai, Kandangan, Berbek, Pangkur, Bawahan, Ngetos, Plandaan, Ngantang, Kepung, Doko, Rojotengah, Mojoagung, Diwek, Pacet, Kuripan, Wuluhan, Ambulu, Puger, Tekung, Balung, Yosowilangun, Kunir, Pasirian, Wongsorejo, Banyuputih, Wongsorejo, Giri, Arsobaya, Socah, rambang, Blega, Kawayan, Galis, Modung, Geger, Trangah, kokop, konang, Camplong, Robatal, Ketapang, Sakobanah, Guluk-guluk Gandingan, lenteng, Kalianget, Bluto, Karangan, Pragaan, Saronggi, Gapura, Ambuten, Pasean, Dasuk, Batuputih, Batang-batang, Kadur, Proppo, Talango, GiliGenteng, Dungek, Gayam, Raas, Bancar, Tambakboyo, Kerek, Jatirogo, Jenu, Merekuak, Bangilan, Montong, Singgahan, Regel, Plumpang, Soko, Kanor, Buronero, Snori, Parengan, Kasiman, Malo, Purwosari, Sugiwaras, Ngasem, Badangan, Smanding, Palang, Tuban, kancir, Brodong, Paciran, solokuro, Panceng, Ujungpangkah, Sidayu, Bungah, Bunga, Manyar, Glagah, Gresik, Deket, Turi, Sukodadi, Kedung Piring, Sugio, Modo, Kepoh baru, Taman, Sedati, Candi Tanggulangin, Sidoarjo, Tulangan, Tarik, Kutorejo, Ngoro, Jabon, Wiji, Kutorejo, Trawas, Gempol Beji, Balong, Mantep, Duduk Sampean, Bahu, Lumbang, Grati, Nguling, Kidul, Tanggulangin, Jabong, Tongas, Kuripan, paiton, kotaanyar, Jatibenteng, Wringin, Bending, Besuki, Pakuniran, kendit, Panarukan, Megaran, Tegalampel KLabang, Subah, Pakem, Wonosari, Tapen, Tanggul, Ledok ombo, Silo, Kalibaru, Glemore, Genteng, Glagah, Giri, Sumber Jambe, Klabang, Jangkar, Situbondo Kendit, Wongsorejo, Banyuwangi kabat dengan Intensitas II-V MMI.



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

JURUSAN FISIKA

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933
Website : <http://fisika.uin-malang.ac.id>, e-mail : Fis@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nurul Firdausiyah
NIM : 16640065
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi / Fisika
Judul Skripsi : Analisis percepatan Getaran tanah untuk menentukan kerentanan seismik dan tingkat resiko di Jawa Timur
Pembimbing 1 : Drs. Abdul Basid, M.si
Pembimbing 2 : Mubasyiroh, S.si, M.pd.I

• Konsultasi Fisika

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	5 September 2022	Menentukan Gwid, Intensitas dll	
2.	14 September 2022	Revisi Peta PGA	
3.	28 September 2022	Acc Peta PGA	
4.	28 Oktober 2022	Acc BAB I, II, III, IV	
5.	29 Oktober 2022	Acc BAB V	

• Konsultasi Integrasi

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	14 November 2022	Integrasi ditambah di Bab II, IV	
2.	22 November 2022	Revisi ayat Al-Quran	
3.	1 Desember 2022	Acc Integrasi	

Malang, 1 Desember 2022
Mengerahui,
Ketua Jurusan,

