

**ANALISIS ZONA KERENTANAN BENCANA GEMPA BUMI
BERDASARKAN NILAI *PEAK GROUND ACCELERATION* (PGA)
MENGUNAKAN METODE FUKUSHIMA ESTEVA DAN DONOVAN
(Studi Kasus : Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023)**

SKRIPSI

Oleh:
AMIRA NUR FARIHA
NIM. 200604110054



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

HALAMAN PENGAJUAN

**ANALISIS ZONA KERENTANAN BENCANA GEMPA BUMI
BERDASARKAN NILAI *PEAK GROUND ACCELERATION* (PGA)
MENGUNAKAN METODE FUKUSHIMA ESTEVA DAN DONOVAN
(Studi Kasus : Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023)**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

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

Oleh:

**AMIRA NUR FARIHA
NIM. 200604110054**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS ZONA KERENTANAN BENCANA GEMPA BUMI
BERDASARKAN NILAI *PEAK GROUND ACCELERATION* (PGA)
MENGUNAKAN METODE FUKUSHIMA ESTEVA DAN DONOVAN
(Studi Kasus : Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023)

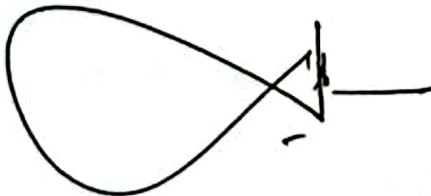
SKRIPSI

Oleh:

AMIRA NUR FARIHA
NIM. 200604110054

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 22 Februari 2024

Dosen Pembimbing I



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


Dosen Pembimbing II



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

Mengetahui,
Program Studi




Tazi, M.Si
NIP. 1973020312 1 002

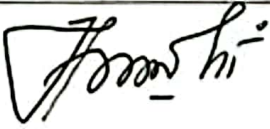



HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS ZONA KERENTANAN BENCANA GEMPA BUMI
BERDASARKAN NILAI *PEAK GROUND ACCELERATION* (PGA)
MENGUNAKAN METODE FUKUSHIMA ESTEVA DAN DONOVAN
(Studi Kasus : Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023)

SKRIPSI

Oleh:
AMIRA NUR FARIHA
NIM. 200604110054

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal 28 Februari 2024

Penguji Utama	<u>Ahmad Luthfin, M.Si</u> NIP. 19860504 201903 1 009	
Ketua Penguji	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Sekretaris Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	

Mengesahkan,
Program Studi


M. Tazi, M.Si
19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Amira Nur Fariha
NIM : 200604110054
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Zona Kerentanan Bencana Gempa Bumi
Berdasarkan Nilai *Peak Ground Acceleration* (Pga)
Menggunakan Metode Fukushima Esteva Dan Donovan
(Studi Kasus : Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023)

Menyatakan bahwa skripsi yang saya hasilkan seluruhnya adalah benar-benar hasil karya saya sendiri dan tidak mengandung unsur plagiarisme terhadap karya ilmiah atau penelitian orang lain, kecuali kutipan dan sumber penulis dicantumkan. Tesis ini merupakan hasil pengumpulan data penelitian dan proses penulisan yang saya peroleh berdasarkan sumber dan referensi yang saya konsultasikan. Saya siap mempertanggungjawabkan perbuatan saya dan menerima konsekuensi jika dikemudian hari hasil penelitian dan tulisan ini hasil jiplakan.

Malang, 16 Februari 2024

Yang membuat pernyataan



Amira Nur Fariha
NIM. 200604110054

MOTTO

فَاصْبِرْ إِنَّ وَعْدَ اللَّهِ حَقٌّ وَلَا يَسْتَخِفُّكَ الَّذِينَ لَا يُوقِنُونَ ﴿٦٠﴾

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”

(Q.S Ar-Rum : 60)

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarakan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau inginkan, mungkin tidak akan selalu lancar. Tapi gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan”.

(Boy Candra)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, saya panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala kebaikan dan bimbingan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga sholawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabatnya, dan semua orang yang meneladaninya. Dengan segala hormat dan kasih sayang, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Dua orang yang paling berjasa dalam hidup saya, Ibu Munifah dan Bapak Sukari. Terimakasih atas do'a, dukungan, perhatian, kasih sayang serta semua pengorbanan yang telah dilakukan untuk mewujudkan impian saya. Dengan selesainya skripsi ini menjadi salah satu hadiah untuk setiap pengorbanan, setiap lelah dan setiap do'a yang selalu dipanjatkan. Terimakasih selalu ada disetiap saat dan Terimakasih telah menjadi penyemangat dalam hidup saya.
2. Kepada kakak dan adik-adik saya, serta semua keluarga yang telah memberikan do'a dan dukungan.
3. Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua teman-teman saya, baik yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu maupun yang telah mendukung dan menyemangati saya.
4. Terakhir, terimakasih kepada Amira Nur Fariha diri saya sendiri yang sudah berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Apresiasi yang sebesar-besarnya karena telah menyelesaikan apa yang telah dimulai. Menghargai kegigihan dalam berusaha dan pantang menyerah, serta kesediaan untuk melalui proses yang sulit.

Terimakasih kepada semua pihak yang telah mendo'akan, memberi dukungan dan semangat semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan, Aamiinn. Menyajikan tugas akhir ini dengan penuh kerendahan hati, penulis berharap agar pembaca dan penulis sendiri dapat mengambil hikmahnya.

Malang, 16 Februari 2024

Amira Nur Fariha

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas kehadiran, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “**Analisis Zona Kerentanan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) Menggunakan Metode Fukushima Esteva dan Donovan (Studi Kasus: Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023)**” Shalawat dan salam semoga terus dilimpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang ditandai dengan ilmu pengetahuan modern.

Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang mewajibkan penyelesaian skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si).

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Penulis menyambut baik komentar dan rekomendasi yang bermanfaat sebagai hasilnya. Penulis menyampaikan penghargaan kepada pembimbingnya, Dr. Abdul Basid, M.Si, yang secara konsisten memberikan informasi, inspirasi, dan meluangkan waktu untuk membantu penulis selama proses pembuatan proposal skripsi yang baik. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H.M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3. Bapak Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, motivasi dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis.
5. Orang tua penulis yang tidak pernah berhenti mendoakan, memberi dukungan, dan dorongan tanpa henti untuk membantu penulis mencapai tujuannya.
6. Segenap dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.
7. Selain itu juga kepada semua pihak yang telah membantu sehingga laporan ini dapat terselesaikan yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari banyaknya kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengapresiasi masukan dan saran bagaimana membuat perencanaan kedepannya menjadi lebih baik lagi. Terlepas dari segala kekurangannya, semoga laporan ini, dapat memberikan data dan wawasan yang bermanfaat dan membangun bagi kita semua, Aamiin.

Malang, 16 Februari 2024

Amira Nur Fariha

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sumber Gempa Bumi Di Jawa	7
2.2 Gempa Bumi	8
2.2.1 Proses Terbentuknya Gempa Bumi	8
2.2.2 Teori Tektonik Lempeng	9
2.2.3 Klasifikasi Gempa Bumi	12
2.2.4 Gelombang Seismik	14
2.2.5 Seismograph	16
2.2.6 Parameter Gempa Bumi	17
2.3 Percepatan Tanah Maksimum	20
2.4 Kondisi Geologi Malang Raya	25
2.5 Penelitian Terdahulu	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Lokasi Penelitian	29
3.2 Data Penelitian	30
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.5 Prosedur Penelitian	31
3.5.2 Pengolahan Data	32
3.5.3 Interpretasi Data	35
3.6 Diagram Alir Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Seismisitas Wilayah Malang Raya	37

4.2 Persebaran Nilai PGA Di Wilayah Malang Raya	39
4.3 Sebaran Nilai Intensitas Gempa Bumi Berdasarkan Hasil Nilai Percepatan Tanah Maksimum	43
4.4 Pembahasan Hasil dengan Penelitian sebelumnya	47
4.5. Zona Seismisitas Dalam Pandangan Islam.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lempeng Tektonik Indonesia (Noor, Djauhari. 2012).....	8
Gambar 2. 2 Batas Lempeng Konvergen (Noor, 2009).	11
Gambar 2. 3 Batas Lempeng Divergen (Noor, 2009).	11
Gambar 2. 4 Batas Lempeng Transform (Noor, 2009).	12
Gambar 2. 5 Gelombang P (Pressure Wave) (Bormann, 2002)	14
Gambar 2. 6 Gelombang S (Shere Wave) (Bormann, 2002)	15
Gambar 2. 7 Gelombang R (Rayleigh Wave) (Bormann, 2002)	16
Gambar 2. 8 Gelombang L (Love Wave)(Bormann, 2002).	16
Gambar 2. 9 Peta Geologi Malang Raya (Santosa, S., dan Suwarti T. 1992).....	25
Gambar 3. 1 Peta Daerah Penelitian	31
Gambar 3. 2 Pencarian Data Gempa Bumi pada Laman USGS	31
Gambar 3. 3 Peta Sebaran Titik Pengamatan Daerah Penelitian	32
Gambar 3. 4 Tampilan Pengolahan Data Nilai PGA pada Excel.....	34
Gambar 3. 5 Tampilan Pengolahan Data Lanjutan	34
Gambar 3. 6 Tampilan Pembuatan Peta Sebaran Nilai PGA.....	35
Gambar 3. 7 Diagram alir penelitian.....	36
Gambar 4. 1 Peta Sebaran Gempa Bumi di Wilayah Malang Raya	37
Gambar 4. 2 Peta Titik Episenter Gempa Bumi dengan Nilai PGA tertinggi.....	38
Gambar 4. 3 Peta Sebaran Nilai PGA Metode Fukushima Di Wilayah Malang Raya.....	40
Gambar 4. 4 Peta Sebaran Nilai PGA Metode Esteva Di Wilayah Malang Raya.	41
Gambar 4. 5 Peta Sebaran Nilai PGA Metode Donovan Di Wilayah Malang Raya.	42
Gambar 4. 6 Peta Sebaran Nilai Intensitas Gempa Bumi Metode Fukushima Di Wilayah Malang Raya	43
Gambar 4. 7 Peta Sebaran Nilai Intensitas Gempa Bumi Metode Esteva Di Wilayah Malang Raya	44
Gambar 4. 8 Peta Sebaran Nilai Intensitas Gempa Bumi Metode Donovan Di Wilayah Malang Raya	45
Gambar 4. 9 Peta Percepatan Tanah Maksimum Hasil Penelitian Pusat Studi Gempa Nasional Tahun 2017	47
Gambar 4. 10 Peta Guncangan Tanah Shakemap BMKG Di Wilayah Malang Pada Tanggal 10 April 2021 (14:00:16 WIB).....	48
Gambar 4. 11 Peta Sebaran Nilai PGA (g) Fukushima Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023	49
Gambar 4. 12 Peta sebaran Nilai PGA (g) Esteva Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023.....	50
Gambar 4. 13 Peta sebaran Nilai PGA (g) Donovan Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Skala Intensitas Gempa Bumi (MMI) (Sungkowo, 2018)	23
---	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh Perhitungan PGA Gempa Bumi.....	61
Lampiran 2. Data Gempa Bumi Periode 1980-2023.....	62
Lampiran 2. 1 Hasil Perhitungan Data Nilai PGA Metode Fukushima.....	65
Lampiran 2. 2 Hasil Perhitungan Data Nilai PGA Metode Esteva.....	71
Lampiran 2. 3 Hasil Perhitungan Data Nilai PGA Metode Donovan.....	77
Lampiran 3. Pengolahan Data PGA Menggunakan Software Arcgis.....	83

ABSTRAK

Fariha, Amira Nur. 2023. **Analisis Zona Kerentanan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Nilai *Peak Ground Acceleration* (Pga) Menggunakan Metode Fukushima Esteva Dan Donovan (Studi Kasus : Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023)**. Skripsi. Program Studi Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Dr.Erna Hastuti, M.Si. (III) Riska Yulinda, S.Tr.

Kata Kunci: Gempa Bumi, PGA, Malang.

Gempa bumi adalah getaran yang dirasakan di permukaan bumi dan disebabkan oleh sumber getaran jauh di dalam bumi. Getaran tersebut dapat disebabkan oleh tumbukan lempeng, longsor massa batuan, atau letusan gunung berapi. Salah satu wilayah yang sering mengalami gempa adalah Malang Raya. Pasalnya, dinamika tektonik di wilayah Malang bagian selatan didominasi oleh pergerakan lempeng India-Australia yang bergerak ke utara dan bertabrakan dengan lempeng Eurasia yang relatif stasioner. Malang Raya merupakan kota padat penduduk di Jawa Timur yang memiliki pembangunan infrastruktur tahunan yang cukup besar. Mitigasi bencana dapat membantu memperkirakan dampak bencana seismik, meskipun waktu dan intensitas kejadiannya tidak dapat diprediksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan nilai percepatan tanah maksimum di wilayah Malang Raya terhadap kerentanan bencana gempa bumi. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode Fukushima, Esteva dan Donovan dengan menggunakan Software Arcgis. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu dengan menghitung nilai percepatan tanah maksimum menggunakan rumus empiris ketiga metode pada Microsoft Excel kemudian dipetakan pada software Arcgis sehingga menghasilkan sebaran nilai PGA dengan menunjukkan tingkat kerentanan bencana gempa bumi di wilayah malang raya. Metode yang sesuai untuk digunakan di wilayah malang raya adalah metode fukushima dan donovan yang menunjukkan nilai PGA tertinggi berada pada kecamatan Gedangan, kecamatan Sumbermanjing, kecamatan Bantur dan kecamatan Donomulyo dengan nilai PGA masing-masing 235,507-252,450 gal dan 226,641-242,580 gal. Pada kecamatan tersebut memiliki nilai PGA tertinggi dimana Bahaya dan peluang terjadinya gempa bumi semakin meningkat seiring dengan nilai PGA yang terjadi pada suatu lokasi.

ABSTRACT

Fariha, Amira Nur 2023. **Analysis of Earthquake Disaster Vulnerability Zones Based on Peak Ground Acceleration (Pga) Values Using the Fukushima Esteva and Donovan Methods (Case Study: Greater Malang Region 1980-2023)**. Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Supervisor: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Dr. Erna Hastuti, M.Si. (III) Riska Yulinda, S.Tr.

Keywords: Earthquake, PGA, Malang.

Earthquakes are vibrations that are felt on the earth's surface and are caused by vibration sources deep within the earth. These vibrations can be caused by plate collisions, rock mass avalanches, or volcanic eruptions. One area that frequently experiences earthquakes is Malang Raya. This is because the tectonic dynamics in the southern Malang region are dominated by the movement of the India-Australia plate which moves north and collides with the relatively stationary Eurasian plate. Malang Raya is a densely populated city in East Java which has quite large annual infrastructure development. Disaster mitigation can help predict the impact of a seismic disaster, even though the timing and intensity of the event cannot be predicted. The aim of this research is to map the maximum ground acceleration value in the Greater Malang area against earthquake disaster vulnerability. The method used in this research is the Fukushima, Esteva and Donovan methods using Arcgis software. The results obtained from this research were by calculating the maximum ground acceleration value using the empirical formula of the three methods in Microsoft Excel and then mapping it on Arcgis software to produce a distribution of PGA values showing the level of vulnerability to earthquake disasters in the Malang Raya area. The methods that are suitable for use in the Malang Raya area are the Fukushima and Donovan methods which show the highest PGA values in Gedangan sub-district, Sumbermanjing sub-district, Bantur sub-district and Donomulyo sub-district with PGA values of 235,507-252,450 gal and 226,641-242,580 gal respectively. This sub-district has the highest PGA value where the danger and chance of an earthquake increasing along with the PGA value that occurs at a location.

مستخلص البحث

فريجة، أميرة نور. 2023. تحليل المناطق المعرضة لحوادث الزلازل على أساس قيمة ذروة التسارع الأرضي (PGA) باستخدام طريقة فوكوشيميا وإستيفا ودونوفان (دراسة الحالة: منطقة مالانج رايا في فترة 1980-2023). البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: د. عبد الباسط، الماجستير. المشرف الثاني: إرنا هاستوتي، الماجستير. المشرف الثالث: ريسكا يوليندا.

الكلمات الرئيسية: زلزال، ذروة التسارع الأرضي، مالانج.

الزلازل هي اهتزازات يتم الشعور بها على سطح الأرض وتسببها مصدر اهتزاز عميق داخل الأرض. يمكن أن تحدث هذه الاهتزازات بسبب تصادم الصفائح أو الانهيارات الثلجية للكتل الصخرية أو الانفجارات البركانية. إحدى المناطق التي غالباً ما تتعرض للزلازل هي مالانج رايا. والسبب هو أن الديناميات التكتونية في منطقة مالانج الجنوبية تهيمن عليها حركة صفيحة الهند وأستراليا التي تتحرك شمالاً وتصطدم بالصفيحة الأوراسية الثابتة نسبياً. مالانج رايا هي مدينة مكتظة بالسكان في جاوى الشرقية لديها تطوير سنوي كبير للبنية التحتية. يمكن أن يساعد التخفيف من حدة الكوارث في تقدير تأثير الكوارث الزلزالية، على الرغم من أنه لا يمكن التنبؤ بتوقيت الأحداث وشدها. الهدف من هذا البحث هو رسم خريطة لقيمة تسارع الأرض القصوى في منطقة مالانج رايا مقابل التعرض للزلازل. الطريقة المستخدمة في هذا البحث هي استخدام طريقة فوكوشيميا وإستيفا ودونوفان باستخدام برنامج Arcgis. النتائج التي تم الحصول عليها من هذا البحث هي عن خلال حساب القيمة القصوى للتسارع الأرضي باستخدام الصيغة التحريبية للطرق الثلاث في مكروسوف إكسيل ثم تعيينها على برنامج Arcgis وذلك لإنتاج توزيع قيمة ذروة التسارع الأرضي من خلال إظهار مستوى التعرض للزلازل في منطقة مالانج رايا. الطريقة المناسبة لاستخدامها في منطقة مالانج رايا هي طريقة فوكوشيميا ودونوفان التي أظهرت أعلى قيمة ذروة التسارع الأرضي في منطقة غيداعان ومنطقة سومير مانجينج ومنطقة بانتور ومنطقة دونوموليو مع قيمة ذروة التسارع الأرضي من 235,507-252,450 جال و 226,641-242,580 جال على التوالي. تتمتع تلك المناطق الفرعية بأعلى قيمة ذروة التسارع الأرضي حيث يزداد خطر وفرصة الزلازل مع قيمة ذروة التسارع الأرضي التي تحدث في موقع ما.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terletak di wilayah yang memiliki kerawanan terhadap bencana gempa bumi, kepulauan Indonesia terletak antara 6° LU dan 11° LS dan antara 95° BT dan 141° BT. Indonesia terletak di Cincin Api Pasifik yang sering dikenal sebagai Sirkumpasifik. Kawasan Cincin Api Pasifik disinyalir merupakan zona seismik terbesar di dunia, menurut penelitian Live Science dari Survei Geologi Amerika Serikat (USGS). Selain Cincin Api Pasifik, Sabuk Alpide jalur gempa teraktif kedua di dunia juga berperan dalam kerentanan Indonesia terhadap gempa bumi dan banyaknya gunung berapi di negara ini.

Menurut Santoso (2002), gempa bumi merupakan fenomena alam yang menimbulkan getaran pada permukaan bumi. Hal ini diakibatkan oleh pusat gempa yang secara tiba-tiba melepaskan energi yang merambat ke seluruh bumi sebagai gelombang getaran.

Karena gelombang seismik dihasilkan oleh pelepasan energi secara tiba-tiba dari bawah permukaan, gempa bumi juga dapat dianggap sebagai guncangan yang terjadi di permukaan bumi. Guncangan yang berarti gempa bumi ini juga dijelaskan pada Al-Qur'an surat Al-Zalzalah ayat 1 yang berbunyi

إِذَا زُلْزِلَتِ الْأَرْضُ زِلْزَالَهَا ﴿١﴾

Artinya: “*Apabila bumi diguncangkan dengan guncangan yang dahsyat*” (Q.S Al-Zalzalah : 1)

Menurut tafsir Bintusy Syati' kata Al-zalزالah artinya guncangan besar atau pergerakan besar yang mana pada ayat diatas menceritakan mengenai fenomena alam yaitu gempa bumi yang disebabkan oleh adanya guncangan dari bawah sampai kepermukaan bumi. Seperti dalam ilmu fisika guncangan atau bergetarnya bumi akan menyebabkan gempa bumi (Abdurrahman aisyah, 1996).

Gempa bumi didalam catatan sejarah yang dikutip Ibnu Katsir merupakan gejala alam, dan telah disetujui oleh para mufassir umumnya bahwa surat Al-Zalزالah menggambarkan gempa bumi yang dapat mengakibatkan kehancuran atau kerusakan alam (Abdullah, M. 2007). Bahaya gempa bumi dapat terjadi dimana saja dan kapan saja, tetapi bencana ini sering terjadi didaerah yang retan atau rawan terhadap bencana gempa bumi.

Bencana gempa bumi pada kawasan pulau Jawa memiliki tingkat kerawanan yang tinggi dan perlu mendapatkan perhatian khusus karena gempa masih belum bisa diprediksi secara akurat mengenai waktu, kekuatan, dan tempat kejadiannya. Oleh karena itu, mitigasi bencana gempa sangat penting untuk mengurangi bahaya dan kerugian yang dapat ditimbulkan oleh gempa bumi, terutama di provinsi Jawa timur yang merupakan kawasan rawan bencana. Selain bencana hidrometeorologi, Jawa timur juga merupakan kawasan yang dikeliling sejumlah potensi penyebab gempa bumi. Baik dari pergerakan sesar maupun karena zona subduksi.

Penelitian kali ini berfokus pada wilayah Malang Raya karena merupakan salah satu wilayah sering terkena dampak gempa bumi. Kabupaten Malang menduduki peringkat ke-60 merupakan salah satu kabupaten yang diklasifikasikan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mempunyai tingkat bahaya bencana gempa bumi tektonik "Tinggi". Hal tersebut diakibatkan oleh Pergerakan Lempeng

Australia-India ke Utara dan Interaksinya dengan Lempeng Eurasia yang berdiameter relatif besar sehingga mendominasi dinamika tektonik di wilayah Malang bagian selatan.

Kecamatan Ampelgading, Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Dampit, dan Tirtoyudo merupakan beberapa kecamatan di Kabupaten Malang yang rentan terhadap bencana gempa tektonik menurut Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat jalur atau lokasi patahan lokal yang dapat dibandingkan dengan menggunakan peta geologi dan interpretasi data gravitasi. Jalan-jalan tersebut tidak stabil karena daya dukung batuan di sana relatif lebih rendah dibandingkan daerah sekitarnya.

Berdasarkan data tingginya aktivitas kegempaan di wilayah Malang, mitigasi bencana gempa bumi sangat penting untuk menurunkan kemungkinan terjadinya gempa bumi. Terdapat beberapa strategi untuk mengurangi dampak gempa bumi, namun salah satunya adalah melalui penerapan analisis bahaya gempa bumi dan teknik perencanaan wilayah lainnya yang sesuai dengan kajian gempa bumi. Maka perlu dilakukan tindakan mitigasi bahaya gempa bumi di wilayah Malang. Pemetaan (peak ground acceleration) merupakan salah satu teknik untuk mengurangi dampak bencana gempa bumi.

Akselerasi tanah maksimum, disebut juga Peak Ground Acceleration (PGA), ialah nilai percepatan tanah terbesar yang timbul pada permukaan disebabkan getaran seismik pada suatu lokasi tertentu. Satuan percepatan gelombang seismik yang digunakan untuk menyatakan nilai PGA disebut gals, dimana 1 gal sama dengan 10^{-2} m/s² (Kapojos et al., 2015).

Kerentanan seismik atau kerentanan suatu daerah terhadap peristiwa gempa bumi dapat diidentifikasi salah satunya berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum (PGA). Pengukurannya secara empiris dapat menggunakan berbagai rumus yang kemudian dapat disebut sebagai metode. Di antara rumus-rumus empirisnya seperti Rumus Richter, Rumus Kawasumi, Rumus Donovan, Rumus Esteva, Rumus Mc. Guirre R.K, serta Rumus Fukushima dan Tanaka.

Untuk menentukan rumus empiris yang paling sesuai dalam memperkirakan nilai percepatan tanah di setiap wilayah, maka setiap rumus empiris di wilayah tersebut diestimasi pada daerah yang struktur tektoniknya sama dengan daerah Malang Raya yaitu pola tektonik subduksi digunakan rumus Fukushima, Esteva, dan Donovan. Untuk hasil perhitungan percepatan tanah yang dibuat menggunakan persamaan empiris di lokasi tertentu harus diverifikasi menggunakan data Peta guncangan tanah Shakemap BMKG dan penelitian Pusat Studi Gempa Nasional tahun 2017 (PUSGEN yang digunakan sebagai referensi. Rumus empiris yang paling tepat yaitu rumus dengan persentase kesalahan terkecil. Rumusan empiris Fukushima, Esteva, dan Donovan digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan rumus yang paling akurat untuk diterapkan dalam menentukan percepatan tanah di wilayah Malang Raya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang tersebut, maka dapat diambil rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana peta sebaran nilai PGA di Wilayah Malang Raya menggunakan Metode Empiris Fukushima, Esteva, dan Donovan?

2. Dari ketiga rumus empiris tersebut persamaan rumus empiris apa yang paling sesuai untuk wilayah Malang Raya?
3. Daerah mana saja yang memiliki tingkat kerentanan bencana gempa bumi paling tinggi di wilayah Malang Raya dengan menggunakan metode Fukushima, esteva dan donovan?

1.3 Tujuan

Tujuan pada penelitian kali ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui peta sebaran nilai PGA di Wilayah Malang Raya menggunakan Metode Empiris Fukushima, Esteva, dan Donovan.
2. Untuk mengetahui dari ketiga rumus empiris tersebut persamaan rumus empiris apa yang paling sesuai untuk wilayah Malang Raya.
3. Untuk mengetahui daerah mana saja yang memiliki tingkat kerentanan bencana gempa bumi paling tinggi di wilayah Malang Raya dengan menggunakan metode Fukushima, esteva dan donovan.

1.4 Batasan Masalah

Berikut batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Wilayah yang dipetakan merupakan wilayah Malang Raya dengan koordinat $112^{\circ} 17'10,90''$ - $112^{\circ} 57'00''$ BT dan $7^{\circ} 44'55,11''$ - $8^{\circ} 26'35,45''$ LS.
2. Data gempa bumi yang digunakan dari USGS memiliki rentang waktu tahun 1980 hingga 2023 dengan rentang magnitudo (M) >3 dengan kedalaman gempa dangkal $h > 60$ Km dan gempa menengah 60 Km $< h < 300$ km.
3. Analisis pengolahan data menggunakan Metode Fukushima, Esteva, dan Donovan.

4. Dari metode Fukushima, Esteva, dan Donovan dipilih metode yang paling mendekati nilai data Peta guncangan tanah Shakemap BMKG dan penelitian PUSGEN yang digunakan sebagai referensi.

1.5 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk beberapa pihak, antara lain:

1. Manfaat Akademis

- a. Manfaat penelitian ini bagi para akademisi adalah mengajarkan kepada peneliti bagaimana menerapkan informasi teoritis tentang pemetaan daerah rawan gempa dan penerapan metode-metode terkini dalam menghitung zona kerawanan gempa, yang dapat dijadikan acuan bagi peneliti selanjutnya.

2. Manfaat bagi masyarakat

- a. Untuk membantu masyarakat setempat dan pemerintah di wilayah Malang Raya dalam upaya mitigasi bencana, sebagai informasi untuk perencanaan bangunan tahan gempa, serta sebagai bahan referensi.
- b. Diharapkan masyarakat bisa mengambil pelajaran dari musibah dan lebih berwaspada.

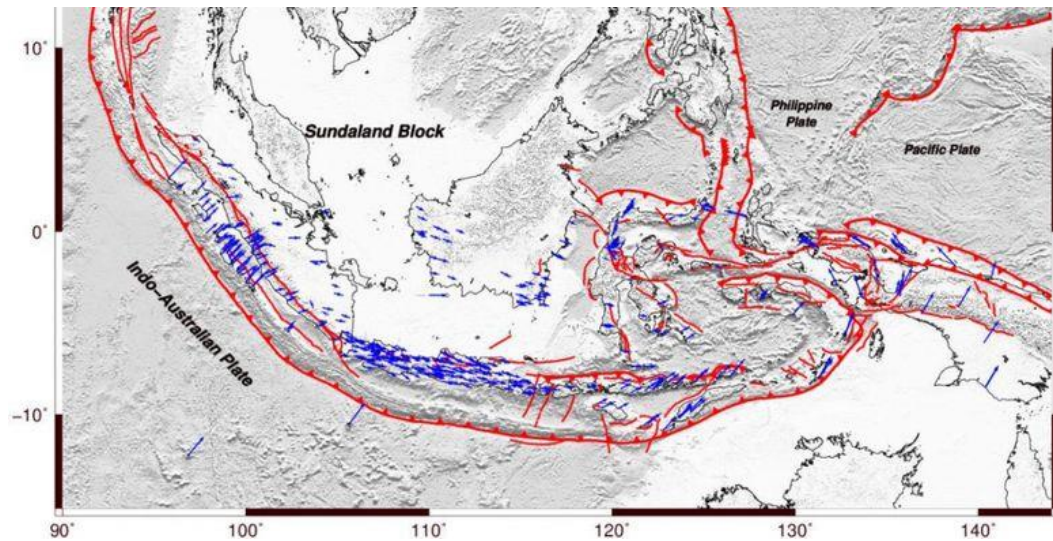
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Gempa Bumi Di Jawa

Tumbukan lempeng tektonik di wilayah selatan Jawa Timur berdampak pada wilayah Jawa Timur. Zona subduksi dan zona sesar transformasi tercipta dari pergerakan beberapa lempeng. Jika dibandingkan dengan zona batas lempeng lainnya, zona subduksi memiliki tingkat aktivitas gempa yang lebih tinggi karena merupakan titik kontak dua lempeng di kawasan tersebut. Namun intensitas aktivitas seismik mungkin berbeda dari zona subduksi ke zona subduksi yang lain. Pengaruh kecepatan relatif pergerakan antar lempeng merupakan salah satu elemen yang paling mungkin bertanggung jawab atas variasi besarnya aktivitas gempa bumi (Muzli, 2014).

Forum Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (MKG) Provinsi Jawa Timur Mengetahui Potensi Gempa Jawa Timur. Gempa bumi bisa terjadi di Jawa Timur baik akibat sesar aktif maupun di selatan pulau yang merupakan zona subduksi tempat bertemunya Lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Sesar Rembang, Madura, Kangean, dan Sakala aktif di wilayah utara Jawa Timur, sedangkan sesar Kendeng, Pasuran, dan Probolinggo aktif di wilayah tengahnya. Meski belum bisa diperkirakan kapan dan seberapa dahsyat gempa yang akan terjadi, namun masih ada peluang terjadinya gempa di Jawa Timur.



Gambar 2. 1 Lempeng Tektonik Indonesia (Noor, Djauhari. 2012).

2.2 Gempa Bumi

Gempa bumi dipicu oleh sumber getaran yang berada di kedalaman bumi yang menghasilkan getaran yang dirasakan di permukaan bumi. Getaran tersebut dapat diakibatkan oleh tumbukan lempeng, longsoran massa batuan, atau letusan gunung berapi. Peristiwa penyebab gempa bumi sangat erat kaitannya dengan patahan, periode deformasi batuan, atau aktivitas tektonik (Noor, 2006). Episenter merupakan titik fokus gempa bumi yang terjadi pada permukaan bumi, sedangkan hiposenter merupakan titik fokus gempa bumi yang terjadi di dalam bumi. (Tjasyono H. K., 2003).

2.2.1 Proses Terbentuknya Gempa Bumi

Terjadi ketegangan di wilayah perbatasan ketika dua lempeng bertabrakan. Kedua lempeng tersebut akan tergelincir di bawah satu sama lain. Lempeng samudera biasanya meluncur ke bawah lempeng benua karena kepadatannya yang lebih tinggi. Bagian kerak bumi yang paling lemah akan hancur jika tegangannya terlalu tinggi dan melebihi kekuatan kerak bumi. Untuk mengembalikan dirinya ke

keadaan semula, Sebagian atau seluruh energi atau stres dilepaskan oleh kerak bumi yang hancur. Wilayah perbatasan inilah yang menjadi tempat terjadinya gempa bumi (Idawati, 2005).

Teori patahan menyatakan bahwa ketika gempa bumi terjadi, suatu patahan yang tiba-tiba akan melepaskan sejumlah energi, dan karena seismograf dapat mendeteksi gelombang seismik yang dilepaskan, maka dapat dibuktikan bahwa gempa tersebut dihasilkan oleh pelepasan energi dari suatu sumber (Sulaiman, 1989).

Gempa bumi tektonik seringkali memakan korban gempa bumi yang mengakibatkan kerusakan. Pergeseran lempeng tektonik inilah yang menyebabkan terjadinya gempa tektonik. Sesuai dengan prinsip lempeng tektonik, kerak bumi dipisahkan menjadi beberapa wilayah yang disebut lempeng, atau lempeng bumi. Lempeng Afrika, Amerika, Nazca, Antartika, Pasifik, Eurasia, dan Antartika termasuk di antara tujuh lempeng besar (*Mega Plate*) yang menyusun bumi ini (Fulki, 2011).

2.2.2 Teori Tektonik Lempeng

Salah satu penyebab terjadinya gempa bumi yaitu terdapat pergeseran lempeng bumi yang menimbulkan pelepasan energi kinetik. Gerakan lempeng ini menciptakan fenomena seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, dan pembentukan gunung dan lembah. Oleh karena itu, bumi dapat dianggap sebagai sistem dinamis yang terus mengalami perubahan dan aktivitas sepanjang waktu.

Fenomena pergerakan lempeng ini yang dapat diartikan bahwa bumi tidak diam melainkan bergerak telah tertulis dalam al-Quran QS. An Naml ayat 88 yang berbunyi :

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسِبُهَا جَمَادَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ ۗ صُنِعَ اللَّهُ الَّذِي لَيْسَ أَتَقَنَّ كُلَّ شَيْءٍ ۗ إِنَّهُ خَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ ﴿٨٨﴾

Artinya: "Dan engkau akan melihat gunung-gunung, yang engkau kira tetap di tempatnya, padahal ia berjalan (seperti) awan berjalan. (Itulah) ciptaan Allah yang mencipta dengan sempurna segala sesuatu. Sungguh, Dia Maha Teliti apa yang kamu kerjakan." (QS. An Naml : 88).

Mengutip Tafsir Ilmi, Surat An Naml ayat 88 menggambarkan fenomena ilmiah, khususnya pergerakan lempeng horizontal yang mempunyai kemampuan mendekat, menjauh, bahkan saling bertabrakan dan memicu bencana gempa bumi. Lewat ayat tersebut, Allah mengajak manusia berpikir tentang fenomena yang ada di alam semesta, dalam hal ini mengenai gunung. Allah menyatakan bahwa gunung yang terlihat diam di tempat ternyata memiliki pergerakan. Gunung-gunung atau lempeng-lempeng tersebut justru bergeser milimeter demi milimeter (Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2010)

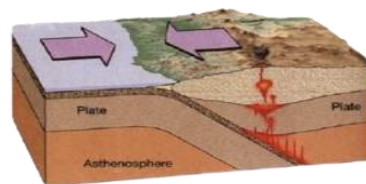
Surat An Naml ayat 88 diatas juga berkaitan dengan adanya Teori lempeng tektonik, teori ini menjelaskan bagaimana gaya internal menghasilkan ciri dinamis lapisan kerak bumi. Semua kekuatan yang berasal dari dalam bumi dianggap sebagai kekuatan endogen. Lapisan litosfer bumi terbagi menjadi 13 lempeng besar dan kecil menurut teori ini. Batas pertemuan lempeng dikategorikan menjadi tiga kelompok, yaitu Konvergen, Divergen, dan Transformasi, tergantung pada interaksi yang terjadi antar lempeng (Noor, 2012).

Dikenal sebagai batas konvergen, batas ini terbentuk akibat tumbukan lempeng. Batas subduksi atau obduksi dapat membentuk batas lempeng yang konvergen. Ketika dua lempeng bertemu dan satu lempeng menunjam sementara lempeng lainnya naik ke permukaan, tumbukan tersebut disebut batas subduksi. Lempeng India-Australia dan lempeng benua Eurasia bertabrakan di Sumatera

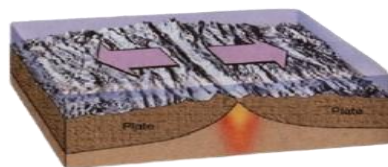
Selatan, Jawa, NTT, dan NTB merupakan salah satu peristiwa batas subduksi tersebut. Dari Sumatera, Jawa, hingga Nusa Tenggara Timur, batas kedua lempeng ini terlihat seperti palung (trench).

Batas antar lempeng yang bergerak menjauh disebut batas divergen. Tegangan tarik menyebabkan kedua lempeng terpisah sehingga memaksa magma naik ke permukaan dan menghasilkan lava yang merupakan material baru. Material baru ini kemudian mendorong kedua pelat tersebut hingga terpisah. Batas lempeng divergen salah satunya terdapat di Samudera Tengah (Mid Oceanic Ridges) yang terletak di dasar Samudera Atlantik.

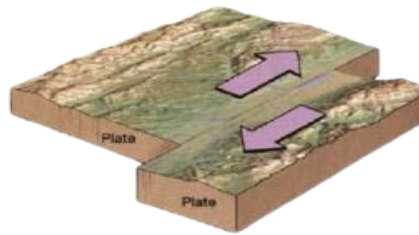
Batas transform (transform border) ialah batas dimana lempeng-lempeng melewati satu sama lain dan bergerak secara horizontal. Tumbukan lempeng-lempeng ini mengakibatkan terjadinya sesar geser (strike-slip) karena Lempeng-lempeng bergerak melewati satu sama lain sambil meluncur. Pada patahan San Andreas Amerika Serikat, lempeng benua Amerika dan lempeng Samudera Pasifik saling bergeser satu sama lain (Noor, 2012).



Gambar 2. 2 Batas Lempeng Konvergen (Noor, 2009).



Gambar 2. 3 Batas Lempeng Divergen (Noor, 2009).



Gambar 2. 4 Batas Lempeng Transform (Noor, 2009).

2.2.3 Klasifikasi Gempa Bumi

Gempa bumi dibagi menjadi empat kategori berdasarkan penyebabnya, sebagai berikut (Hartuti, 2009):

1. Gempa bumi tektonik

Aktivitas tektonik atau perubahan litosfer yang sering terjadi pada daerah kerak bumi yang retak menjadi penyebab gempa ini. Gempa jenis ini merupakan yang paling merusak karena ukurannya yang sangat besar.

2. Gempa bumi vulkanik

Aktivitas vulkanik, baik sebelum maupun selama letusan gunung berapi, menjadi penyebab gempa ini. Ada gempa bumi di wilayah vulkanik, gempa ini dirasakan secara lokal dan langsung.

3. Gempa bumi runtuh

Keruntuhan yang terjadi baik di atas maupun di bawah permukaan inilah yang menimbulkan gempa bumi. Ini biasanya terjadi di terowongan pertambangan atau batu kapur. Tanah longsor, longsor salju, dan runtuhnya batu adalah beberapa contoh gempa bumi yang jarang terjadi dan terbatas.

4. Gempa Bumi Buatan

Perubahan pada permukaan bumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti penggunaan dinamit, ledakan nuklir, atau palu yang menghantam permukaan, biasanya untuk kepentingan eksplorasi energi.

Secara keseluruhan pola gempa bumi dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan proses perkembangannya (Tjasyono H. K., 2003).

1. Tipe I: merupakan gempa utama (main shock), yang diikuti oleh gempa susulan (after shock) dalam jumlah yang cukup besar, namun tidak didahului oleh gempa pendahuluan (fore shock). Gempa bumi jenis ini biasanya terjadi di wilayah dengan media yang homogen dan umumnya berperilaku stres yang seragam. Sebagian besar gempa tektonik yang terjadi di Bumi adalah jenis gempa bumi seperti ini.
2. Tipe II: Artinya serangkaian gempa kecil yang disebut gempa pendahuluan (fore shock) mendahului gempa utama (main shock), yang kemudian disusul oleh gempa susulan dalam jumlah besar. Gempa bumi jenis ini terjadi di daerah yang batuanannya tidak rata dan struktur berukuran sedang dengan distribusi tegangan yang tidak merata.
3. Tipe III: khusus gempa bumi tanpa gempa utama (main shock). Gempa bumi semacam ini dikenal dengan sebutan gempa "swam" karena seringkali hanya berdampak pada wilayah kecil saja. Gempa bumi ini terjadi pada wilayah yang bersifat vulkanik dan mempunyai struktur medium yang tidak seragam, dengan tegangan yang sebagian besar terjadi pada wilayah yang kecil.

2.2.4 Gelombang Seismik

Karena sifat bumi yang elastis, gelombang seismik yaitu gelombang yang merambat didalamnya dan disebabkan oleh deformasi struktur di bawah permukaan. Seismograf dapat menangkap gelombang pembawa energi yang merambat ke seluruh bumi ke segala arah (Bormann, 2002).

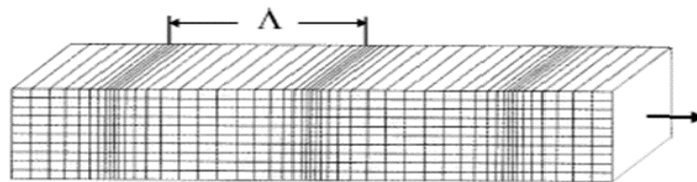
Gelombang badan dan gelombang permukaan adalah dua kategori utama gelombang seismik:

1. Gelombang badan (*Body Wave*)

Gelombang tubuh dari bagian dalam bumi. Gelombang tubuh terdiri dari gelombang primer dan sekunder. Karena gelombang primer dan sekunder adalah gelombang pertama yang dirasakan setelah gempa bumi, maka gelombang ini sering disebut sebagai "preliminary tremor" (Elnasai dan sarno, 2008).

a. Gelombang P (primer)

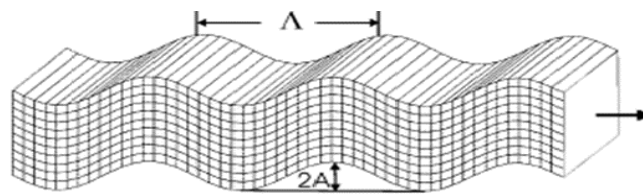
Merupakan gelombang longitudinal, artinya komponen pada medium yang dilaluinya bergerak searah dengan gelombang. Sama seperti gelombang bunyi, gelombang ini dapat bergerak melalui benda padat, cair, dan gas dengan kecepatan hingga 14 km/s.



Gambar 2. 5 Gelombang P (Pressure Wave) (Bormann, 2002)

b. Gelombang S (sekunder)

Karena gerak partikel tegak lurus terhadap arah rambat gelombang, maka termasuk gelombang transversal. Gelombang S yang bergerak dengan kecepatan 3,5 km/s merupakan gelombang geser transversal. Karena tegangan geser tidak dapat ditopang oleh cairan atau gas, Hanya medium padat yang dapat membiarkan gelombang ini melewatinya serta bergerak dengan kecepatan 60% lebih lambat dibandingkan gelombang P



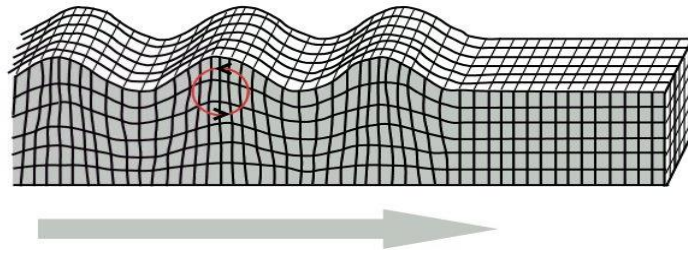
Gambar 2. 6 Gelombang S (Shere Wave) (Bormann, 2002)

2. Gelombang permukaan (*Surface Wave*)

Gelombang elastis yang disebut gelombang permukaan merambat sepanjang permukaan bumi. Karena sifatnya yang mengikat dan perlu merambat melewati permukaan atau lapisan, yang sering dikenal dengan gelombang pasang (Tide Wave) (Ibrahim & Subardjo, 2004). Gelombang permukaan disebabkan oleh efek permukaan yang mempunyai sifat elastis yang bervariasi. Gelombang Rayleigh dan Gelombang Love merupakan gelombang permukaan. (susilawati,2008).

a. Gelombang Rayleigh

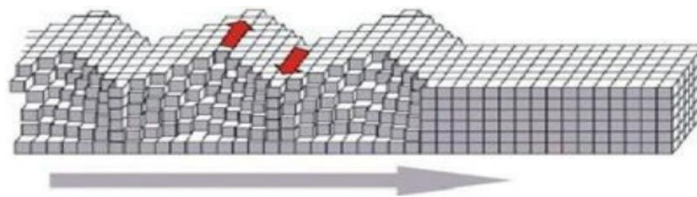
Gelombang Rayleigh merambat melintasi permukaan bumi melalui gerak partikel elips yang bergerak tegak lurus arah rambatnya, yaitu pada arah bidang datar. Amplitudo gelombang Rayleigh yang besar berkurang seiring bertambahnya kedalaman (Hidayati, 2010).



Gambar 2. 7 Gelombang R (Rayleigh Wave) (Bormann, 2002)

b. Gelombang Love

Perpindahan vertikal tidak dihasilkan oleh gelombang Love, yaitu gelombang geser terpolarisasi horizontal. Bangunan berguncang secara horizontal pada bagian dasarnya akibat gelombang tersebut sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan. (Pribadi, 2010).



Gambar 2. 8 Gelombang L (Love Wave)(Bormann, 2002).

2.2.5 Seismograph

Sensor yang digunakan untuk melacak gempa bumi disebut seismometer. Dalam peralatan gempa, dalam prakteknya juga digunakan nama seismograf dan seismogram. Seismometer adalah sensor yang digunakan pada seismograf, yaitu instrumen yang digunakan untuk mencatat gempa bumi. Seismogram yang merupakan hasil rekaman seismograf kemudian menjelaskan kapan terjadinya gempa. Banyak jenis informasi yang terkandung dalam seismogram, seperti efek gabungan dari sumber seismik, lintasan perambatan, dan noise di lokasi perekaman. Hasil rekaman dari alat ini disebut seismogram atau sensor. Sensor diletakkan

sebagian besar daerah guna untuk menambah fase setiap getaran saat terjadi gempa sehingga lebih mudah dianalisis.

2.2.6 Parameter Gempa Bumi

Parameter gempa mencakup rincian bagaimana peristiwa gempa digambarkan. Menurut Kusky (2008), berikut adalah beberapa parameter gempa.

1. Waktu Asal (Origin Time)

Origin time gempa bumi terjadi pada kedalaman waktu tertentu. Tegangan tersebut akan hilang selama durasi perambatan gelombang gempa. Satuan Koordinat Waktu Universal (UTC) dapat digunakan untuk mengonversi hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik (Kusky, 2008).

2. Hiposenter

Pusat gempa bumi disebut juga hiposenter adalah lokasi di mana kerak bumi bergerak atau berubah dan menyebabkan terjadinya gempa bumi. Dari permukaan bumi, kedalaman sumber gempa dapat diketahui dengan mengumpulkan seismogram dengan amplitudo setengah gelombang P tertinggi pada komponen vertikal (Kusky, 2008). Gempa dalam, sedang, dan dangkal adalah tiga kategori gempa berdasarkan kedalaman hiposenternya (Sanjaya, 2008):

- a. Gempa bumi dalam dapat mencapai permukaan dan memiliki kedalaman hiposenter lebih dari 300 km, namun karena amplitudonya yang kecil, gempa tersebut tidak menimbulkan bahaya.
- b. Kedalaman hiposenter untuk gempa sedang berkisar antara 60 hingga 300 kilometer.
- c. Hiposenter gempa dangkal memiliki kedalaman kurang dari 60 kilometer.

3. Episenter

Episenter adalah wilayah permukaan bumi yang paling dekat dengan hiposenter. Getaran gempa biasanya dirasakan paling kuat di daerah episentrum gempa berada, yaitu tegak lurus hiposenter. Koordinat geografis digunakan untuk menyatakan lokasi pusat gempa (Kusky, 2008).

4. Magnitudo

Skala Richter sebagai mengukur kapasitas gempa, yang didasarkan oleh energi yang dilepaskan selama gempa. Analisis bentuk gelombang seismik spesifik yang ditangkap dalam rekaman getaran tanah, dengan mempertimbangkan jarak antara stasiun perekam dan pusat gempa, menghasilkan besaran. Menurut Kusky (2008), terdapat berbagai kategori magnitudo gempa, diantaranya adalah magnitudo momen (MW), magnitudo permukaan (MS), magnitudo benda (MB), dan magnitudo lokal (ML).

a) Magnitudo Lokal (ML)

Berdasarkan data seismograf dari California Selatan dan observasi gempa bumi, Richter (1969) pertama kali mengajukan konsep magnitudo lokal.

Persamaan berikut berfungsi sebagai rumus umum besaran lokal:

$$Ml = \log a + 3 \log \Delta \quad (2.1)$$

Dimana:

Ml = Magnitudo Lokal (M)

a = Amplitudo getaran (μm)

Δ = jarak episenter dengan stasiun pengamat (km)

b) Magnitudo Tubuh (MB)

Menurut Bolt 1989, gelombang primer digunakan untuk mengukur besaran suatu benda. Jika gempa terjadi lebih dalam maka digunakan besaran gempa tersebut. Karena amplitudo gelombang primer hampir tidak mempengaruhi kedalaman, disinilah kondisi gelombang permukaan melemah dan kondisi gelombang primer menjadi dominan. Menurut Ibrahim dan Subardjo (2004), besarnya adalah:

$$Mb = \log a - \log T + Q(\Delta, h) \quad (2.2)$$

Dimana:

Mb = Magnitudo Body (M)

a = Amplitudo getaran (μm)

T = Periode getaran (s)

$Q(\Delta, h)$ = jarak stasiun sumber gempa dan kedalaman gempa yang didapatkan (km)

c) Magnitudo permukaan (MS)

Kramer (1996) menegaskan bahwa pengaruh jenis gelombang yang berbeda tidak dapat dibedakan berdasarkan besaran lokal. Gelombang permukaan mendominasi getaran tanah di lokasi yang jauh dari pusat gempa karena gelombang tubuh menjadi sangat kecil dan lemah di lokasi tersebut. Persamaan perhitungan berikut berlaku untuk Magnitudo permukaan. (Ibrahim & Subardjo, 2004) :

$$Ms = \log A + \alpha \log \Delta + \beta \quad (2.3)$$

Dimana:

Ms = Magnitudo permukaan (M)

A = Amplitudo getaran (μm)

Δ = jarak episenter dengan stasiun pengamat (km)

α, β = konstanta.

d) Magnitudo Momen (MW).

Nilai momen seismik menentukan besaran momen. Momen seismik didefinisikan sebagai dimensi perpindahan bidang patahan atau hasil analisis gelombang pada seismograf pita lebar. Jumlah ini dinyatakan dalam rumus (Ibrahim & Subardjo, 2004):

$$M_w = (\log M_o) / 1,5 - 10,73 \quad (2.4)$$

Dimana:

M_w = Magnitudo Momen (M)

M_o = momen seismik (N.m)

2.3 Percepatan Tanah Maksimum

Ketika gempa bumi terjadi maka harus dipetakan agar diperoleh data yang tepat untuk digunakan dalam rekayasa gempa, beberapa diantaranya dihubungkan dengan besarnya percepatan tanah. Jarak pusat gempa, kedalaman hiposenter, dan magnitudo gempa hanyalah beberapa variabel yang mempengaruhi besarnya percepatan tanah. Perkiraan percepatan tanah diperlukan untuk menganalisis risiko gempa bumi, khususnya untuk perencanaan pembangunan. (Subardjo, Buha M, 1998).

Salah satu nilai percepatan tanah yang umum digunakan ialah nilai percepatan tanah terbesar disuatu lokasi akibat gempa bumi dalam jangka waktu tertentu disebut percepatan tanah puncak, atau PGA. Pendekatan rumus berbeda yang telah diturunkan menggunakan nilai besaran dan intensitas gempa dapat digunakan untuk

mengukur percepatan tanah secara empiris. Formulasi yang ada saat ini tidak selalu akurat, dan meskipun menggunakan metode yang berbeda, hasilnya tidak selalu konsisten. Namun hal ini akan memberikan gambaran luas tentang percepatan tanah maksimum (Handewi dkk., 2014).

Percepatan adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan peralihan dari keadaan diam ke kecepatan tertentu. Dampak paling ekstrem yang pernah terjadi di suatu tempat ditentukan dengan memetakan percepatan tanah maksimum, atau Peak Ground Acceleration (PGA). Percepatan getaran tanah merupakan gangguan yang terjadi pada setiap gempa bumi.

Pada lokasi terdampak gempa, PGA merupakan nilai percepatan getaran tanah tertinggi yang pernah tercatat. Kemungkinan dan risiko gempa bumi meningkat sebanding dengan peringkat PGA di suatu tempat tertentu. Percepatan tanah menjadi dasar perhitungan struktur tahan gempa karena merupakan penyebab utama gaya momen yang terdistribusi secara merata pada lokasi bangunan dan pengaruhnya terhadap konstruksi bangunan.

Tanah harus stabil agar bangunan yang ditopangnya dapat stabil. Untuk menentukan dampak terbesar yang pernah dialami suatu wilayah tertentu, dipilih pemetaan percepatan tanah maksimum, yang juga dikenal sebagai PGA. Percepatan tanah, yang sering disebut gelombang seismik yang mencapai permukaan bumi, menjadi penyebab gangguan ini.

Metode empiris yang dikembangkan dari parameter gempa bisa untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum secara efisien. Di antara rumus empiris tersebut seperti Rumus Richter, Rumus Kawasumi, Rumus Donovan, Rumus Esteva, Rumus Mc. Guirre R.K, serta Rumus Fukushima dan Tanaka.

Rumus empiris yang digunakan dalam penelitian ini yakni Fukushima, Esteva, dan Donovan yang memiliki Persamaan empiris sebagai berikut:

1. Persamaan empiris Fukushima (Fukushima and Tanaka, 1990).

$$\log a = 0.41 M_s - \log (R+0.032 x) - 0.0034R + 1.30 \quad (2.5)$$

Di mana:

a = Percepatan tanah maksimum (gal)

M_s = Magnitudo permukaan (M)

R = Jarak hiposenter terhadap titik pengamatan (km)

2. Persamaan empiris Esteva (Esteva, 1974).

$$a = \frac{5600 \exp^{0.5 M_s}}{(R+40)^2} \quad (2.6)$$

Dimana :

a = Percepatan tanah maksimum (gal).

M_s = Magnitudo (M)

R = Jarak hiposenter (dalam satuan km)

3. Persamaan empiris Donovan (Donovan, 1973).

$$a = \frac{1080 \exp^{0.5 M_s}}{(R+25)^{1.32}} \quad (2.7)$$

Di mana:

a = percepatan tanah maksimum (gal).

M_s = magnitude (M)

R = jarak hiposenter (km)

$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$ (2.8)

Δ = jarak episenter (km)

h = kedalaman sumber gempa (km)

Setelah dilakukannya pemetaan gempa bumi maka perlu dilihat tingkat kerusakan yang ditimbulkan atau intensitas gempa bumi. MMI (Modified Mercally Intensity) nama lain dari Skala Mercally, dapat digunakan untuk mengukur intensitas gempa. Giuseppe Mercalli, seorang ahli vulkanologi Italia, mengembangkan skala Mercalli sebuah skala untuk mengukur gempa bumi pada tahun 1902. Skala gempa MMI bersifat kualitatif dan didasarkan pada pusat gempa. Skala intensitas gempa terkini yang sesuai untuk tanah Indonesia, disajikan sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Skala Intensitas Gempa Bumi (MMI) (Sungkowo, 2018)

No.	SKALA INTENSITAS (MMI)	PGA (g)	KARAKTERISTIK TINGKAT KERUSAKAN	TINGKAT RESIKO
1.	I	<0.0017	Hanya terdeteksi oleh seismograf.	Sangat Kecil
2.	II	0.0017 – 0.014	Dirasakan sedikit orang, terutama orang pada bagian atas bangunan bertingkat.	Kecil
3.	III	0.0017 – 0.014	Getaran pada bangunan bertingkat mirip dengan getaran truk yang bergerak.	Sedang I
4.	IV	0.014 – 0.039	Dirasakan banyak orang, perabot rumah tangga tergoncang, benda yang tergantung berayun, seperti ada truk yang menabrak bangunan.	Sedang II
5.	V	0.039 – 0.092	Setiap orang memperhatikan bahwa perabotan di dalam rumah rusak dan benda-benda yang tidak stabil dipindahkan, diguncang, atau terbalik.	Sedang III
6.	VI	0.092 – 0.18	Semua orang mengalaminya: kesulitan berdiri diam, langit-langit runtuh atau retak, dinding retak, dan plester terkelupas.	Besar I
7.	VII	0.18 – 0.34	kerusakan sedang pada bangunan kualitas rendah, kerusakan ringan pada bangunan dengan konstruksi kuat.	Besar II
8.	VIII	0.34 – 0.65	bangunan yang strukturnya kuat hanya mengalami kerusakan ringan, sedangkan bangunan yang	Besar III

			kualitasnya lebih rendah mengalami kerusakan berat atau roboh.	
9.	IX	0.65 – 1.24	Kerusakan adalah bergeser pondasi, retakan permukaan, dan sedang hingga parah pada bangunan kokoh.	Sangat Besar I
10.	X	>1.24	Kerusakan yang signifikan mencakup banyak bangunan yang runtuh, batu-batu besar, dan tiang-tiang serta retakan besar di lereng jangka panjang.	Sangat Besar II
11.	XI		Kehancuran total, hanya tersisa beberapa bangunan kokoh, retakan besar di permukaan bumi, dan gelombang yang terlihat jelas.	
12.	XII		Kehancuran total, gelombang permukaan yang tampak, dan benda-benda terlempar ke udara.	

Berdasarkan dari ketiga metode Fukushima, Esteva dan Donovan untuk menentukan nilai intensitas gempa bumi dapat dilakukan dengan mengkonversi nilai PGA dalam satuan gal kedalam satuan percepatan gravitasi maka ditunjukkan pada persamaan berikut (Oertel, 2004).

$$g = \frac{\alpha}{980,665} \quad (2.9)$$

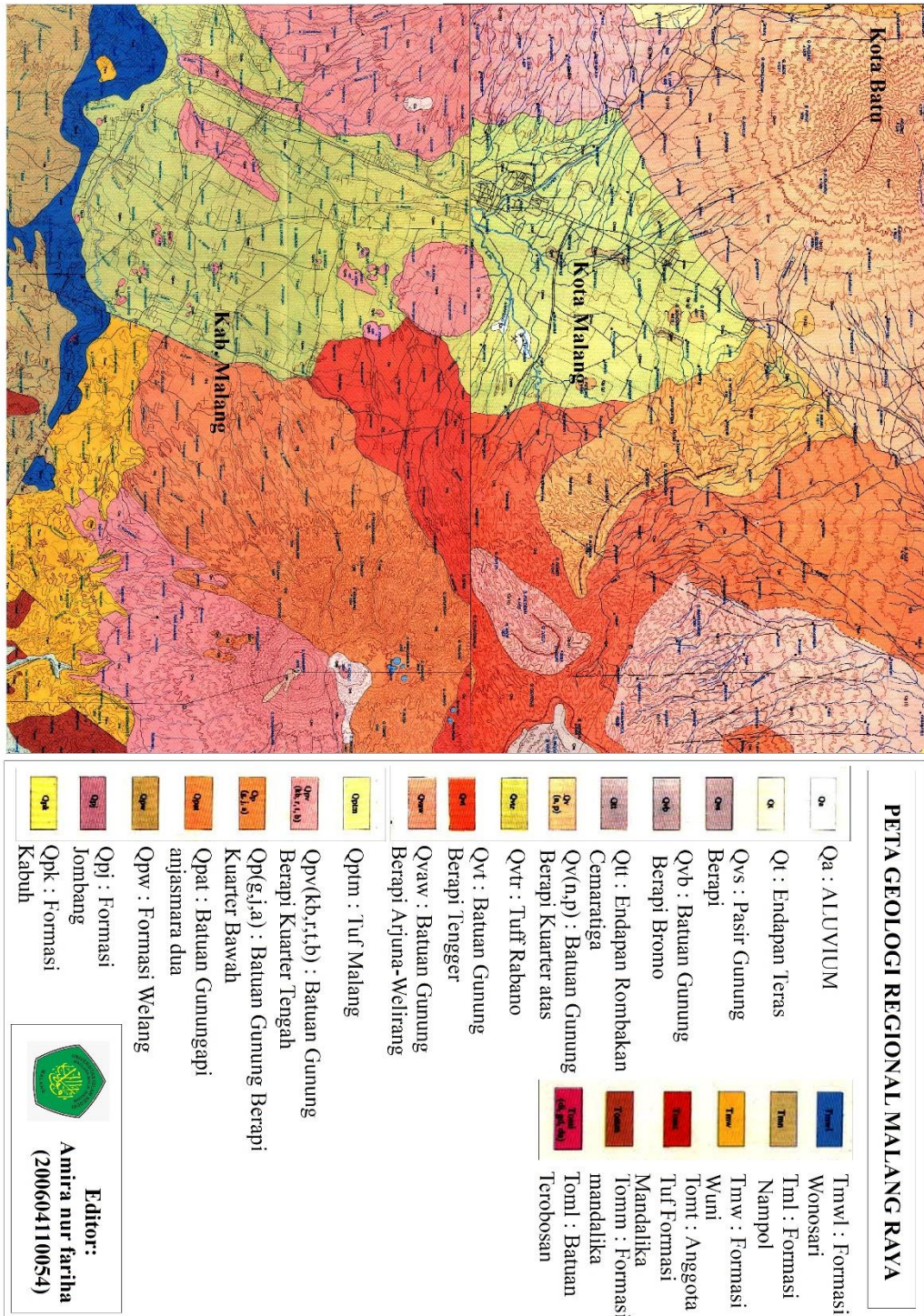
Di mana:

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

α = Percepatan tanah maksimum (gal)

Hasil dari konversi tersebut akan menghasilkan nilai intensitas dalam bentuk satuan percepatan gravitasi sehingga dapat diketahui rentan nilai intensitas atau tingkat kerusakan akibat bencana gempa bumi sesuai dengan tabel 2.1.

2.4 Kondisi Geologi Malang Raya



Gambar 2. 9 Peta Geologi Malang Raya (Santosa, S., dan Suwarti T. 1992)

Malang Raya adalah wilayah terpadat di Provinsi Jawa Timur dan salah satu wilayah terluas secara keseluruhan, nomor dua setelah Kabupaten Banyuwangi. Koordinat Geografis Malang Raya adalah $112^{\circ} 17'10.90''$ - $112^{\circ} 57'00''$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 44'55.11''$ - $8^{\circ} 26'35.45''$ Lintang Selatan. Luasnya mencapai 3.526 km². Wilayah Malang Raya meliputi Kabupaten Malang, Kota Malang, dan Kota Batu. Karena banyaknya keindahan alam dan daya tarik geowisata, Malang Raya menjadi salah satu lokasi wisata terpopuler di Jawa Timur. Wilayah ini terdiri dari dataran tinggi dengan perairan sejuk dan wilayah pesisir dengan pemandangan menakjubkan serta sejarah penting yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia di pesisir selatan Indonesia.

Kondisi geologi di Malang mencakup beragam formasi batuan yang mencerminkan sejarah geologis yang panjang. Daerah terdapat endapan vulkanik dari aktivitas gunung berapi yang meliputi batuan vulkanik, tufa, dan lahar. Selain itu, batuan sedimen seperti batu kapur, batupasir, dan batulempung dapat ditemukan dan menciptakan lapisan geologi yang menakjubkan. Malang memiliki beragam potensi sumber daya alam karena kondisi geologinya yang beragam. Sumber daya mineral termasuk andesit, batu kapur, dan pasir ditemukan di beberapa tempat dan digunakan dalam konstruksi industri. Selain itu, kemungkinan pengembangan sumber daya air ditawarkan oleh mata air dan sungai yang mengalir melalui wilayah ini. Dengan kondisi geologi yang beragam dan keindahan alamnya, Malang menjadi destinasi populer untuk pariwisata, pendidikan, dan penelitian geologi. Para pengunjung dapat menikmati keindahan alam, menjelajahi keunikan formasi batuan, serta mempelajari sejarah geologis yang tersembunyi di balik keindahan wilayah Malang Raya.

Kondisi topografi Malang dibedakan dengan adanya dataran rendah dan pegunungan yang berpadu membentuk lingkungan yang bervariasi. Pegunungan seperti Gunung Arjuno, Gunung Bromo, dan Gunung Semeru, yang mengelilingi wilayah Malang, menawarkan pemandangan menakjubkan dan menarik baik para pendaki maupun pecinta satwa liar. Malang Raya merupakan lokasi dataran tinggi dengan wilayah dataran rendah atau lembah dan banyak pegunungan yang mengelilinginya. Letaknya antara 250 dan 500 meter di atas permukaan laut (dpl) di pusat Kabupaten Malang.

Kabupaten Malang hampir seluruh wilayahnya merupakan pegunungan dan dataran tinggi, kecuali wilayah selatan yang merupakan kawasan pantai yang terdiri dari enam kecamatan yang membentuk wilayah pesisir Kabupaten Malang: Bantur, Donomulyo, Gedangan, Tirtoyudo, Sumbermanjing, dan Ampelgading. Diketahui, terdapat 19 pemukiman pesisir di enam kecamatan tersebut. Sebanyak 92.244 km garis pantai terbentuk oleh pemukiman pesisir tersebut. Dengan kondisi geologi yang beragam dan keindahan alamnya, Malang menjadi destinasi populer untuk pariwisata, pendidikan, dan penelitian geologi. Para pengunjung dapat menikmati keindahan alam, menjelajahi keunikan formasi batuan, serta mempelajari sejarah geologis yang tersembunyi di balik keindahan wilayah ini. Lokasi pesisir ini memiliki berbagai kegunaan, antara lain sebagai tempat tinggal, pusat industri, pelabuhan, dan bahkan hutan belantara yang dilindungi.

2.5 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu terdapat sebagian yang membahas di wilayah lain mengenai kerentanan bencana gempa bumi PGA dengan membandingkan beberapa Persamaan empiris apa yang paling sesuai. Salah satunya yaitu, terdapat jurnal yang

diteliti oleh Cloudya Gabriella Kapojos, Gerald Tamuntuan, Guntur Pasau dengan judul “Analisis Percepatan Tanah Maksimum Dengan Menggunakan Rumusan Esteva Dan Donovan (Studi Kasus Pada Semenanjung Utara Pulau Sulawesi)” yang bertujuan untuk menganalisis Persamaan empiris apa yang paling sesuai untuk wilayah semenanjung utara pulau sulawesi. Berdasarkan temuan analisis, rumus Esteva lebih cocok untuk menentukan PGA di semenanjung utara Pulau Sulawesi.

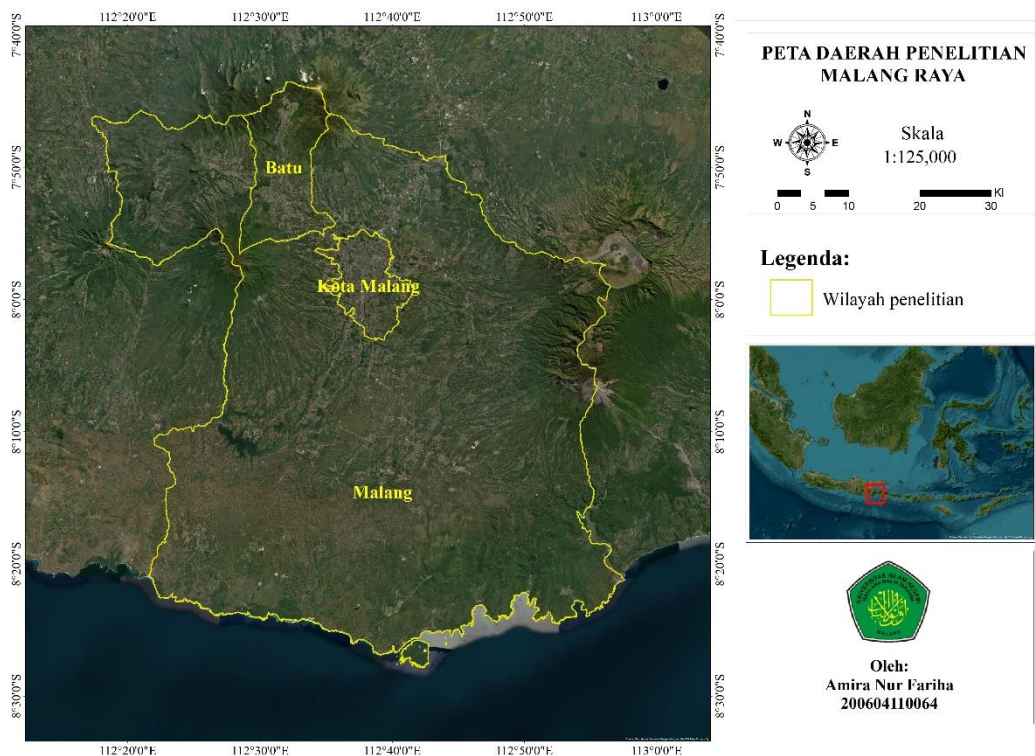
Penelitian lain juga dilakukan oleh Amalia Latifa, Lalu Ahmad Didik Meiliyadi, Bahtiar dengan judul “Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum Untuk Memetakan Kerawanan Bencana Gempa Bumi Dengan Metode Fukushima-Tanaka, Esteva Dan Euclidean Distance Di Pulau Lombok” yang bertujuan untuk menganalisis Persamaan empiris apa yang paling sesuai untuk wilayah Pulau Lombok. Hasil analisis menunjukkan bahwa Dari ketiga rumusan, untuk memperkirakan nilai percepatan tanah di Pulau Lombok, Fukushima Tanaka merupakan rumus yang paling tepat dan cocok untuk menentukan percepatan tanah maksimum di Pulau Lombok.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Kali ini dipilih wilayah Malang Raya yang meliputi Kabupaten Malang, Kota Batu, dan Kota Malang. terletak pada $7^{\circ} 44'55.11''$ - $8^{\circ} 26'35.45''$ LS dan $112^{\circ} 17'10.90''$ - $112^{\circ} 57'00''$ BT. Telah terjadi riwayat gempa bumi besar di Malang Selatan akibat gempa Zona subduksi lempeng Indo-Australia bergerak jauh ke utara dan bertabrakan dengan lempeng Eurasia. Gempa-gempa tersebut kerap menimbulkan gempa merusak, dan terakhir terjadi pada 10 April 2021. Pusat gempa berkekuatan 6,1 SR yang terjadi 96 kilometer (km) Selatan Kapanjen, Malang, Jawa Timur, terletak di laut. Tingkat keparahan gempa tergolong V-VI MMI.



Gambar 3. 1 Peta Daerah Penelitian

3.2 Data Penelitian

USGS menyediakan data sekunder yang digunakan dalam penelitian gempa ini. Data gempa bumi USGS diunduh untuk wilayah Malang Raya periode 1980-2023 dengan magnitudo (M) >3 SR, di mana pada magnitudo serta kedalaman tertentu dapat menimbulkan risiko kerusakan yang lebih tinggi. Selain informasi magnitudo dan kedalaman gempa bumi, data yang didapatkan memiliki parameter berupa waktu dan lokasi gempa di permukaan (episenter).

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Stasiun Geofisika BMKG Karangates Malang menjadi tempat penelitian ini. Dimulai pada tanggal 16 Oktober 2023 dan diperkirakan penelitian selesai pada tanggal 30 November 2023.

3.4 Peralatan Penelitian

Untuk melakukan penelitian ini diperlukan perlengkapan dan alat yaitu.

1. Perangkat kerasnya (hardware) terdiri dari laptop dengan perangkat lunak (software) pengolah data yang dimuat di dalamnya
2. Software yang terdiri atas:
 - a. Google Earth untuk pembuatan batas daerah penelitian dan penentuan titik-titik pengamatan.
 - b. Microsoft Excel digunakan sebagai proses perhitungan nilai percepatan tanah maksimum.
 - c. ArcGIS 10.8 untuk pembuatan peta zonasi percepatan tanah maksimum daerah penelitian.

d. Microsoft Word digunakan untuk penyusunan laporan tugas akhir.

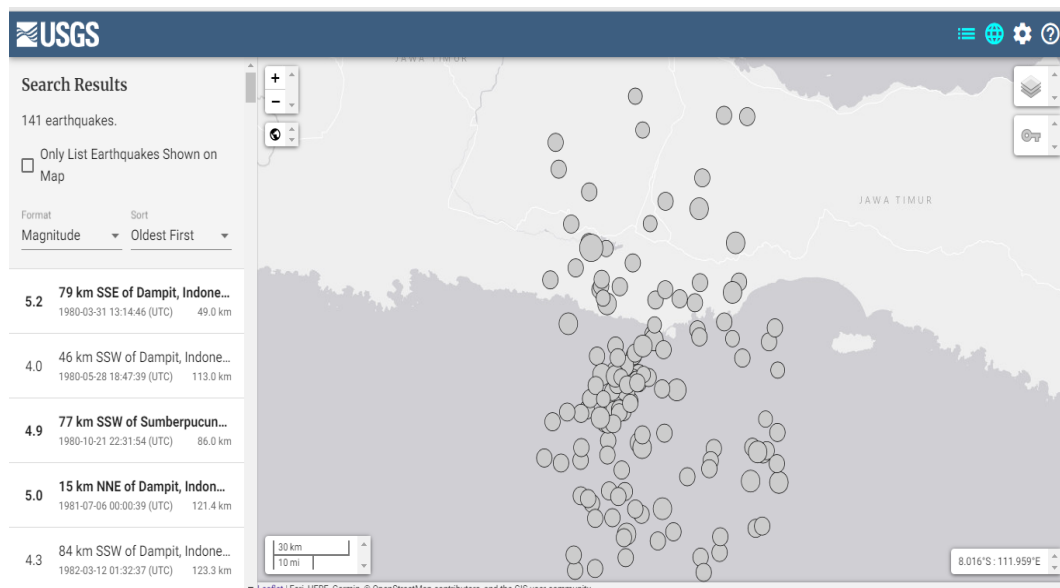
3. Data sekunder gempa bumi daerah Malang Raya yang didapatkan dari laman USGS (United States Geological Surveys) pada laman <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> periode 1980- 2023.

3.5 Prosedur Penelitian

Tiga langkah pelaksanaan penelitian ini adalah pengumpulan data, pengolahan data, dan interpretasi data.

3.5.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder gempa bumi bersumber dari USGS. Data gempa bumi dari USGS diunduh untuk wilayah Malang Raya periode 1980-2023 dengan magnitudo (M) >3 SR, di mana pada magnitudo serta kedalaman tertentu dapat menimbulkan risiko kerusakan yang lebih tinggi. Selain informasi magnitudo dan kedalaman gempa bumi, data yang didapatkan memiliki parameter berupa waktu dan lokasi gempa di permukaan (episenter).

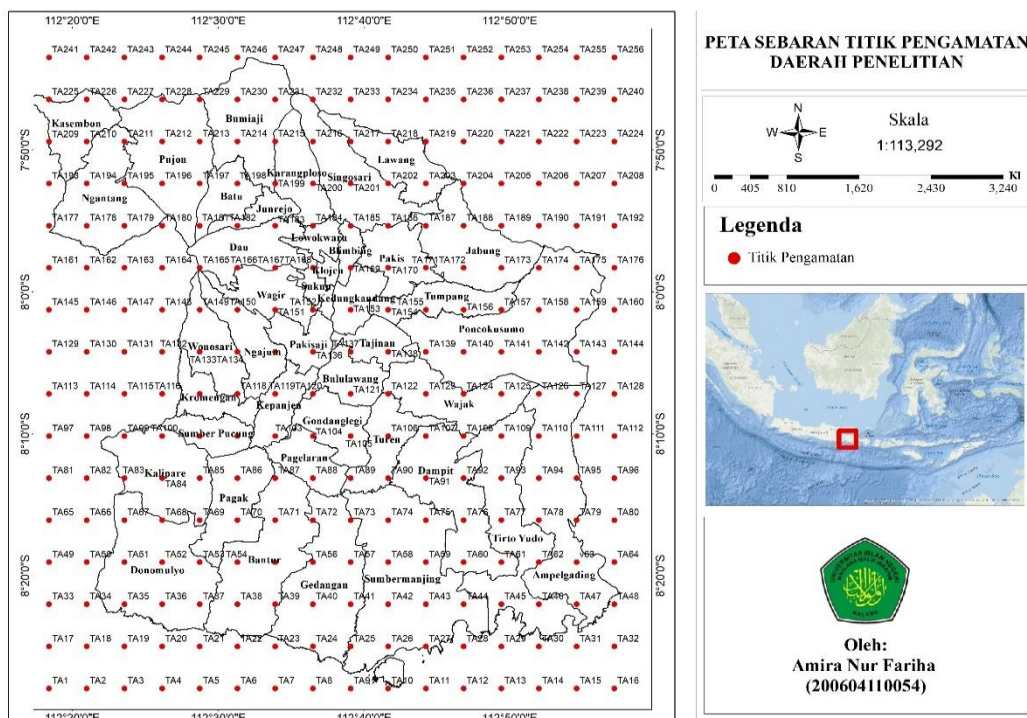


Gambar 3. 2 Pencarian Data Gempa Bumi pada Laman USGS

3.5.2 Pengolahan Data

Setelah pengumpulan data, data diolah untuk mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum dilakukan secara manual pada Microsoft excel dengan tahapan sebagai berikut.

1. Membagi wilayah kota Malang menjadi beberapa grid, masing-masing grid $0.15 \times 0.15^\circ$ dengan menggunakan ArcGIS 10.8 sebagai berikut.



Gambar 3. 3 Peta Sebaran Titik Pengamatan Daerah Penelitian

2. Pengubahan jenis magnitudo pada data gempa bumi Magnitude Moment (MW), Magnitude Body (MB) menjadi Magnitude Surface (MS) menggunakan rumus berikut.

$$MS = 1.59 M_B - 3.97 \quad (3.1)$$

$$MS = \left(\frac{1.5 MW - 16.1}{1.5} \right) + 10.75 \quad (3.2)$$

3. Perhitungan jarak episenter gempa bumi terhadap titik pengamatan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\cos B = \sin(\text{lat}1) \sin(\text{lat}2) + \cos(\text{lat}1) \cos(\text{lat}2) \cos(\Delta\text{long}) \quad (3.3)$$

$$C = \arccos B \quad (3.4)$$

$$D = r \cdot C \quad (3.5)$$

Di mana:

D = Jarak episenter dengan titik pengamatan (km)

C = Kalkulasi perpotongan sumbu

r = 1 derajat (111,2607 km)

4. Perhitungan jarak hiposenter gempa bumi terhadap titik pengamatan menggunakan persamaan:

$$R = (D^2 + h^2)^{1/2} \quad (3.6)$$

Di mana:

D = Jarak episenter (km)

R = Jarak hiposenter (km)

h = Kedalaman gempa bumi (km)

5. PGA ditentukan dengan menerapkan teknik Donovan dan Fukushima Esteva. Untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum dalam satuan gal atau cm/s^2 , hanya nilai percepatan tanah tertinggi yang akan dicatat pada setiap lokasi pengamatan.

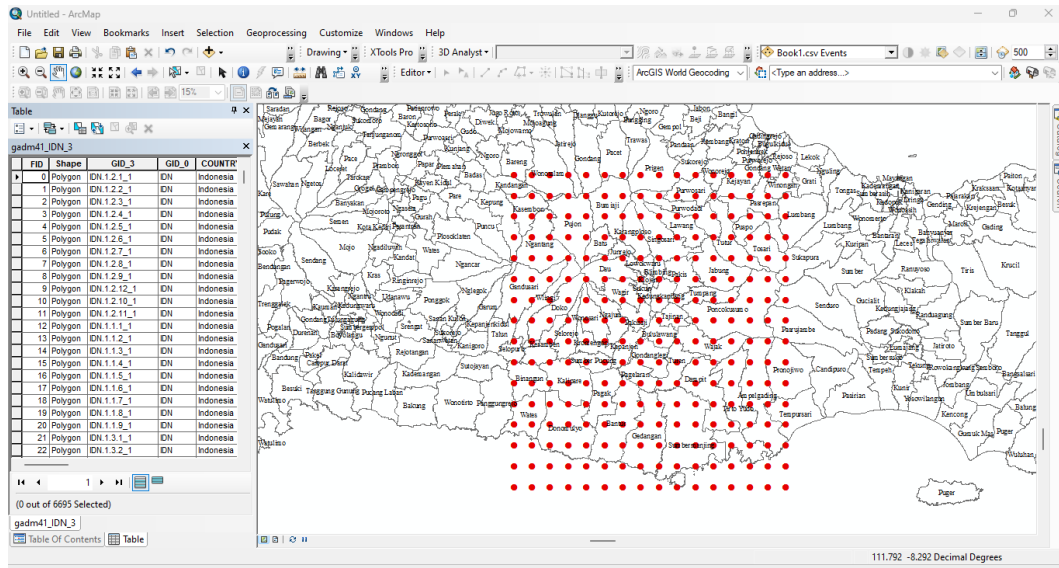
No	Time	Latitude	Longitude	Depth (km)	Magnitude	Magnitude	Magnitude	cos a	cos b	sin a	sin b	cos (Llong)	cos B	C	D (km)	R (km)	log A	A	PGA
1	1980-06-28T18:47:33.3Z	-8.597	112.576	113	4 mb	2.39	-0.67651371	-0.57407212	0.73642395	-0.706057	0.984031	-0.148343	1.72020312	191.4082	222.28342	-0.822322	0.0502131	54.98572	
2	1981-07-06T00:00:35.25Z	-8.077	112.795	1214	5 mb	3.39	-0.2117424	-0.57407212	0.9752431	-0.706057	0.88326751	-0.58087	2.16059595	243.72836	272.28007	-0.43189	0.2105196		

Gambar 3. 4 Tampilan Pengolahan Data Nilai PGA pada Excel

Titik	Latitude (X)	Longitude (Y)	A max (gal)	g	%
TA1	-8.46538061	112.3069769	54.985721	0.056069831	5.606983119
TA2	-8.46538061	112.3000413	56.63067582	0.057747218	5.774721829
TA3	-8.46538061	112.3931056	58.33589402	0.059486057	5.948605693
TA4	-8.46538061	112.43617	60.10162078	0.061286597	6.128659714
TA5	-8.46538061	112.4792344	61.92797008	0.063148955	6.314895513
TA6	-8.46538061	112.5229880	63.81400019	0.065073088	6.507308835
TA7	-8.46538061	112.5653632	256.1244636	0.261174268	26.11742681
TA8	-8.46538061	112.6084275	255.3734633	0.260408461	26.04084609
TA9	-8.46538061	112.6514919	25.2362342	0.025737397	2.573739717
TA10	-8.46538061	112.6945563	252.7261868	0.25770899	25.77089901
TA11	-8.46538061	112.7376207	250.8604593	0.255806478	25.58064775
TA12	-8.46538061	112.7806851	248.6595505	0.253562175	25.35621752
TA13	-8.46538061	112.8237494	246.1467102	0.250995791	25.09957912
TA14	-8.46538061	112.8668138	243.3472942	0.248145181	24.81451813
TA15	-8.46538061	112.9098782	240.2881178	0.24502569	24.50256895
TA16	-8.46538061	112.9529426	236.9968354	0.241669515	24.16695155
TA17	-8.416006316	112.3069769	249.1571499	0.254069585	25.40695853
TA18	-8.416006316	112.3000413	250.5908226	0.255531525	25.55315246
TA19	-8.416006316	112.3931056	25.689749	0.026196254	2.619625356
TA20	-8.416006316	112.43617	252.4421887	0.257419393	25.74193927
TA21	-8.416006316	112.4792344	252.8399588	0.257825005	25.78250053

Gambar 3. 5 Tampilan Pengolahan Data Lanjutan

6. Membuat Peta Kerentanan Bencana Gempa Bumi dengan menggunakan ArcGIS 10.8



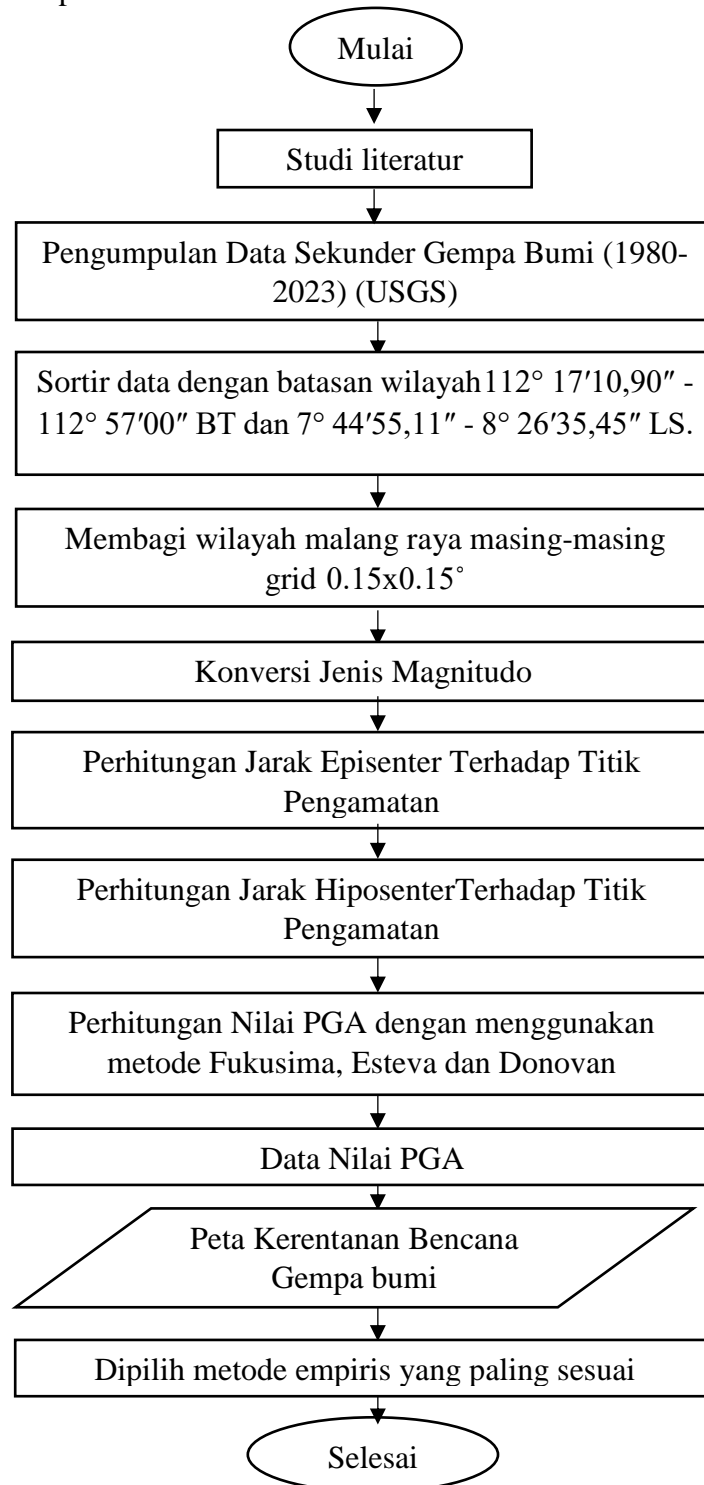
Gambar 3. 6 Tampilan Pembuatan Peta Sebaran Nilai PGA

3.5.3 Interpretasi Data.

Pada tahap interpretasi, dilakukan analisis data pada peta percepatan tanah maksimum yang didapatkan. Interpretasi dilakukan untuk daerah dengan nilai percepatan maksimum yang terendah hingga yang paling tinggi. Nilai tersebut dihubungkan dengan skala intensitas gempa bumi untuk mengetahui zonasi daerah dengan tingkat kerawannya terhadap peristiwa gempa bumi.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir berikut ini berfungsi sebagai gambaran umum mengenai tahapan-tahapan dalam penelitian ini.



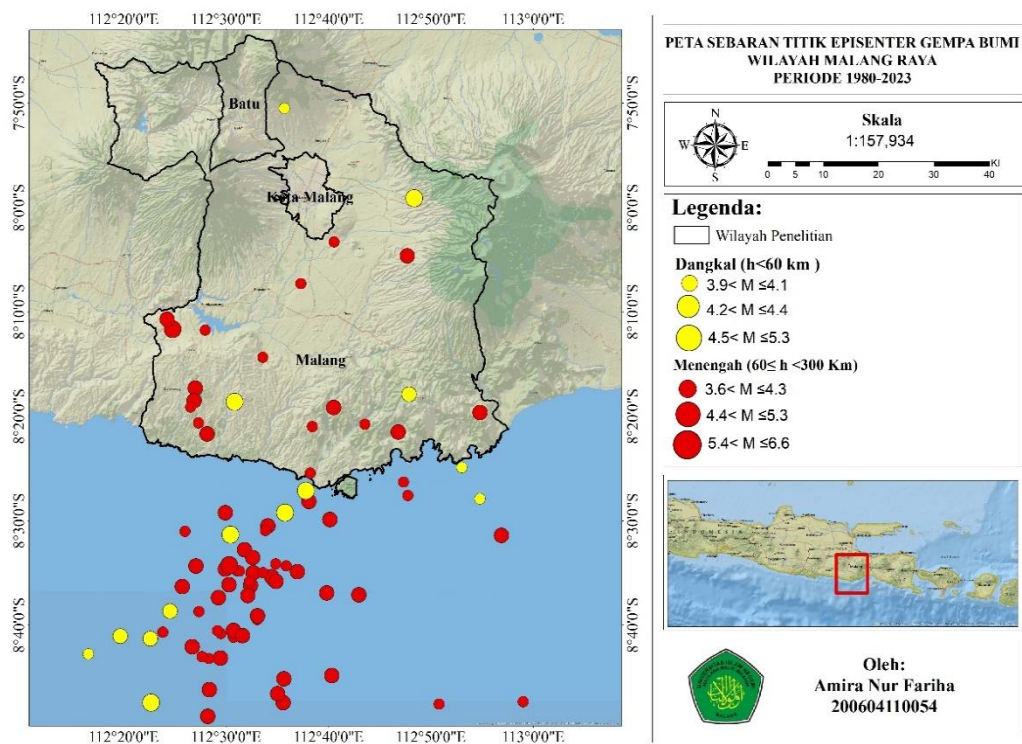
Gambar 3. 7 Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Seismisitas Wilayah Malang Raya

Dari kumpulan data gempa bumi wilayah Malang Raya pada periode 1980 – 2023 didapatkan pada laman United States Geological Survey (USGS) memiliki beberapa parameter gempa bumi yang meliputi Origin Time, Latitude, Longitude, Kedalaman, Magnitudo dan Type magnitudo. Dari data gempa bumi tersebut dapat dipetakan mengenai persebaran seismisitasnya yang digunakan sebagai informasi seismisitas awal di Wilayah Malang Raya, ditunjukkan gambar 4.1.

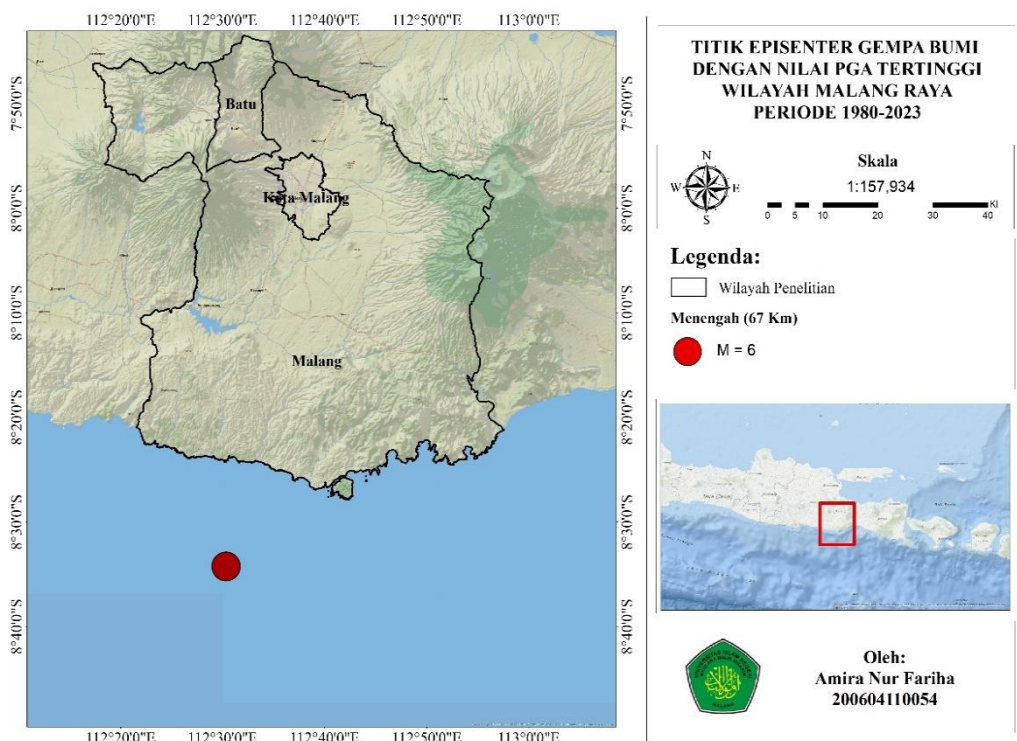


Gambar 4. 1 Peta Sebaran Gempa Bumi di Wilayah Malang Raya

Gambar 4.1 menunjukkan peta sebaran episenter gempa bumi yang dipilih berdasarkan magnitudo dan kedalaman gempa bumi. Magnitudo yang digunakan merupakan magnitudo > 3 , sedangkan kedalaman yang digunakan berkisar antara

0-300 km yang merupakan gempa bumi dangkal sampai menengah. Dimana kedalaman 0-60 km merupakan kedalaman gempa bumi dangkal dan kedalaman 60-300 km merupakan kedalaman gempa bumi menengah menurut (Sanjaya, 2008).

Berdasarkan peta sebaran gempa bumi pada gambar 4.1 juga mendeskripsikan bahwasannya jumlah gempa bumi di wilayah malang raya pada periode 1980-2023 terdapat sebanyak 85 kejadian yang didominasi oleh kejadian gempa bumi dengan kedalaman menengah yaitu berkisar 60-300 km sebanyak 71 kejadian atau 84%, sedangkan gempa bumi dengan kedalaman dangkal yaitu $h < 60$ km sebanyak 14 kejadian atau 16%. Kemudian wilayah Malang Raya didominasi oleh gempa bumi dengan magnitudo dari $3.0 \leq M < 5.0$ sebanyak 74 kejadian atau 87%, dan magnitudo dari $M \geq 5.0$ sebanyak 11 kejadian atau 13%. Dengan pusat gempa bumi di wilayah malang raya periode 1980-2023 didominasi di sebelah selatan kabupaten Malang.

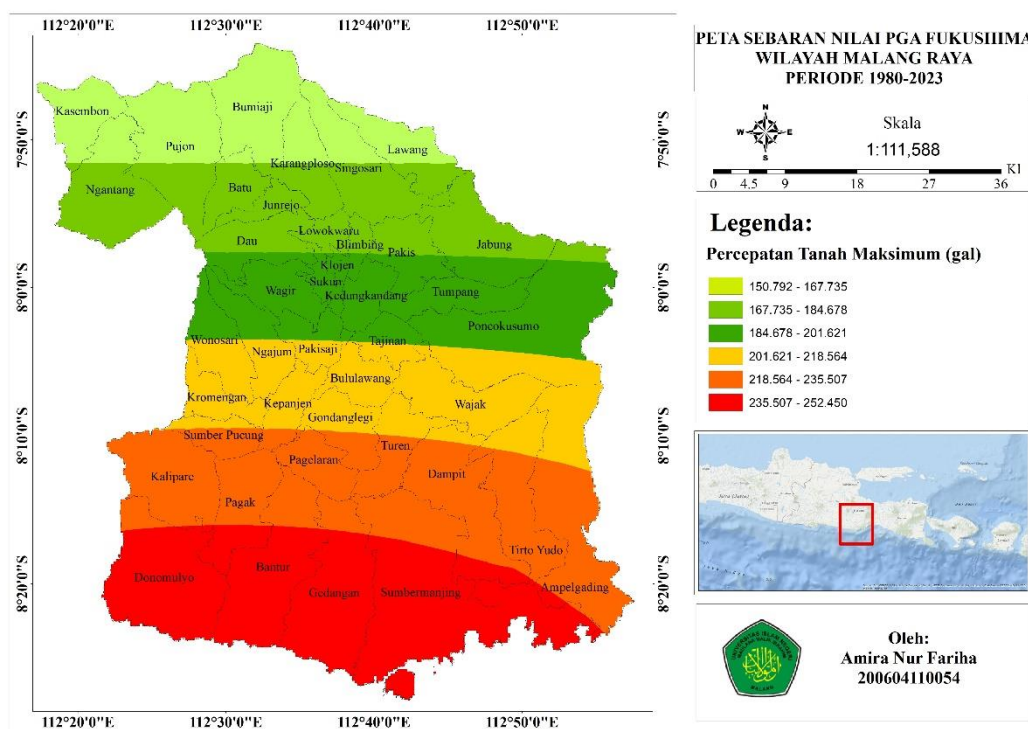


Gambar 4. 2 Peta Titik Episentier Gempa Bumi dengan Nilai PGA tertinggi

Pada gambar 4.2 tersebut menunjukkan bahwa titik episenter berada dilaut dengan memiliki kedalaman 67 Km dan magnitudo sebesar $M = 6$ yang terjadi pada tanggal 10 April 2021 disebelah selatan kabupaten malang. Titik episenter gempa bumi tersebut dipilih karena memiliki nilai PGA tertinggi setelah dihitung dengan menggunakan rumus empiris Fukhusima, Esteva, dan Donovan. Sehingga titik tersebut dipetakan sesuai titik grid dengan ukuran $0.15 \times 0.15^\circ$ pada wilayah penelitian dan menampilkan wilayah malang raya dengan beberapa bagian tergantung pada seberapa tinggi nilai PGA yang dihasilkan pada setiap titik grid. Kemudian dapat diketahui kecamatan mana saja yang memiliki kerentanan bencana gempa bumi tertinggi diwilayah malang raya.

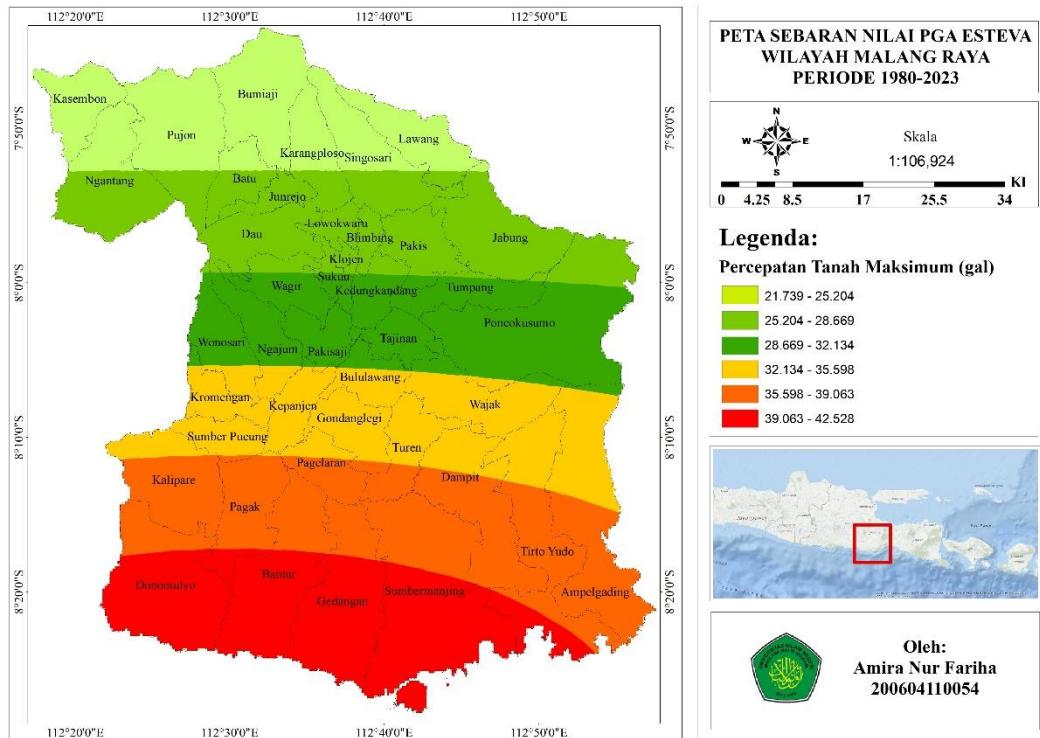
4.2 Persebaran Nilai PGA Di Wilayah Malang Raya.

Peta persebaran PGA di wilayah Malang Raya ini dihasilkan dari perhitungan rumus empiris Fukushima, Esteva dan Donovan pada Microsoft Excel yang kemudian dipetakan dengan menggunakan *Software ArcGIS*. Peta hasil dari percepatan tanah maksimum dari ketiga metode tersebut ditunjukkan yakni.



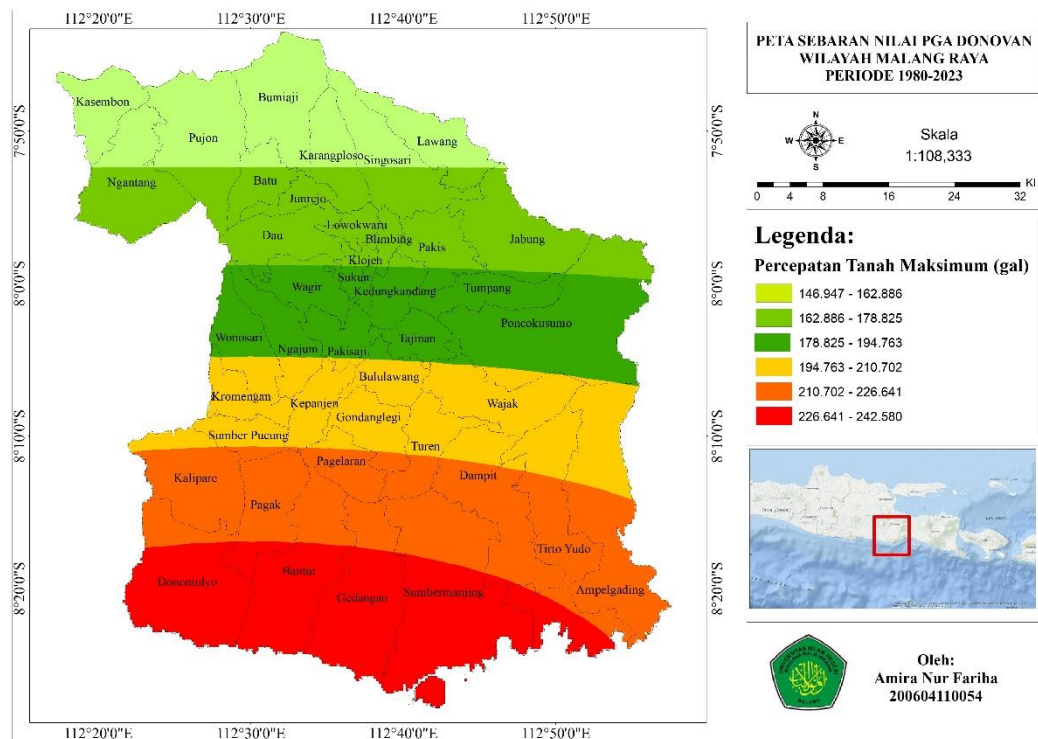
Gambar 4. 3 Peta Sebaran Nilai PGA Metode Fukushima Di Wilayah Malang Raya.

Pada gambar 4. 3 tersebut menunjukkan bahwasannya wilayah Malang Raya dengan menggunakan metode Fukushima memiliki nilai percepatan tanah maksimum (PGA) dari rentan 150,792-252,450 gal. Percepatan tanah maksimum paling tinggi berada pada kecamatan sumbermanjing, gedangan, bantur, dan donomulyo ditunjukkan dengan daerah berwarna merah yang memiliki nilai PGA antara 235,507-252,450 gal. Sedangkan percepatan tanah maksimum paling rendah berada pada kecamatan Bumiaji, Pujon, Lawang dan Kasembon ditunjukkan pada daerah berwarna hijau tua dengan memiliki rentan nilai PGA 150,792-167,735 gal.



Gambar 4. 4 Peta Sebaran Nilai PGA Metode Esteva Di Wilayah Malang Raya.

Pada peta sebaran nilai PGA dengan menggunakan metode Esteva menunjukkan nilai PGA dari rentan 21,739-42,528 gal. Nilai PGA tertinggi yaitu dari rentan 39,063-42,528 gal berada di wilayah Donomulyo, Bantur, Gedangan dan sumbermanjing yang ditunjukkan dengan wilayah yang berwarna merah. Sedangkan nilai PGA terendah memiliki rentan 21,739-25,204 gal yang meliputi wilayah Bumiaji, Singosari, Pujon, Lawang, Karangploso, dan kasembon yang ditunjukkan pada wilayah yang berwarna hijau tua.



Gambar 4. 5 Peta Sebaran Nilai PGA Metode Donovan Di Wilayah Malang Raya.

Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai PGA menggunakan metode donovan memiliki rentan 146,947-242,580 gal. Dengan menunjukkan wilayah yang berwarna merah memiliki nilai PGA tertinggi yaitu 226,641-242,580 gal yang meliputi kecamatan Donomulyo, Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing. Kemudian dari peta sebaran nilai PGA dengan metode donovan juga menunjukkan wilayah yang memiliki nilai PGA terendah yang ditunjukkan daerah berwarna hijau tua yang meliputi kecamatan Bumiaji, Kasembon, Pujon, Karangploso, Singosari dan Lawang dengan nilai PGA dari rentan 146,947-162,886 gal.

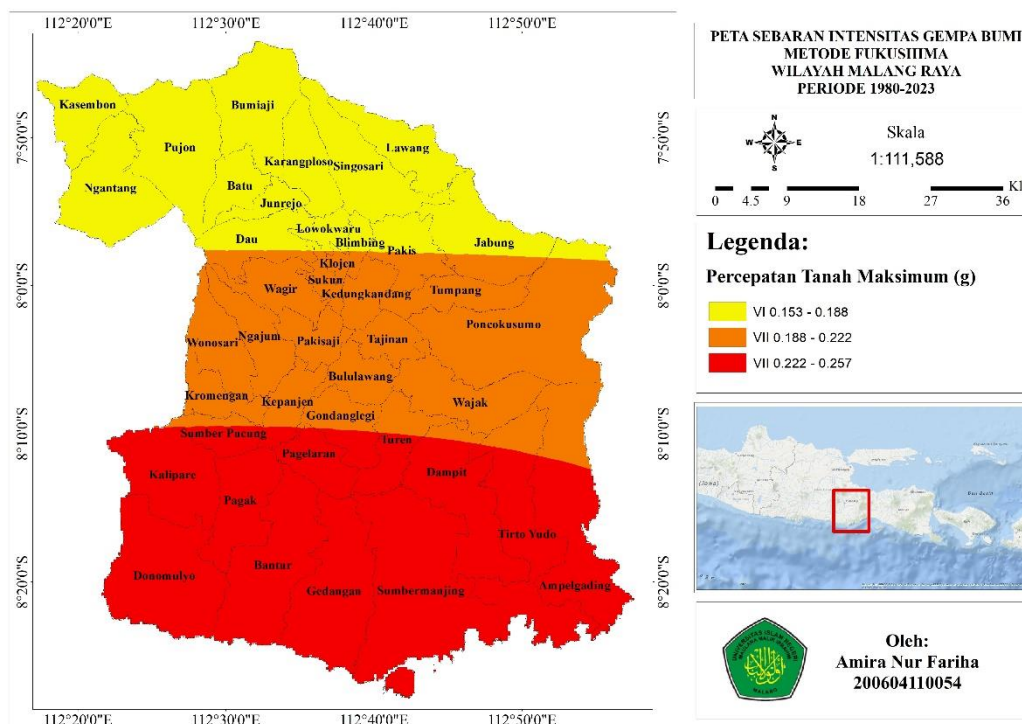
Ketiga metode tersebut diperoleh dengan menggunakan grid $0.15 \times 0.15^\circ$ dimana pada gambar diatas terlihat dari ketiga peta tersebut, wilayah Malang Raya bagian selatan mempunyai nilai percepatan tanah yang paling besar, namun wilayah yang sama bagian utara mempunyai nilai PGA yang relatif rendah. Nilai percepatan tanah maksimum (PGA) tertinggi yaitu 252.450 gal ditemukan pada metode

Fukushima berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode Esteva, Donovan, dan Fukushima.

4.3 Sebaran Nilai Intensitas Gempa Bumi Berdasarkan Hasil Nilai

Percepatan Tanah Maksimum

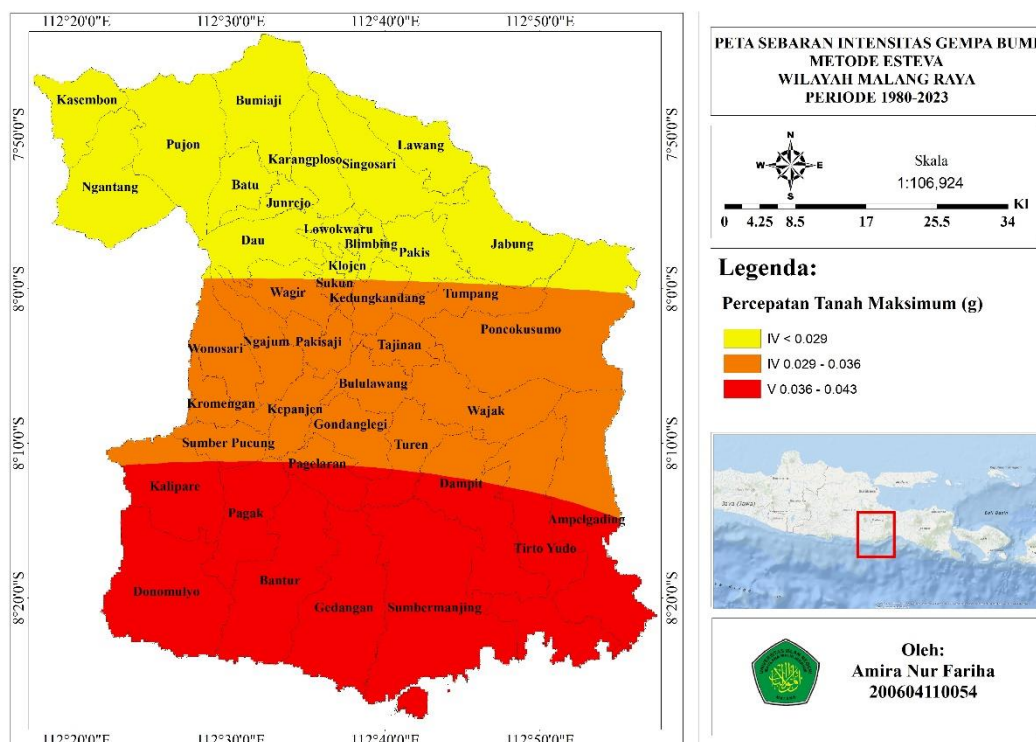
Dengan memanfaatkan Tabel 2.1, nilai PGA yang sudah ditentukan dapat diterjemahkan kedalam intensitas MMI. Persebaran nilai intensitas yang ditunjukkan bukan nilai mutlak untuk kejadian gempa bumi dimasa yang akan datang. Peta persebaran nilai intensitas digunakan sebagai analisis perbandingan terhadap riwayat gempa bumi yang pernah terjadi di Malang Raya. Peta intensitas gempa bumi di wilayah Malang Raya ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4. 6 Peta Sebaran Nilai Intensitas Gempa Bumi Metode Fukushima Di Wilayah Malang Raya

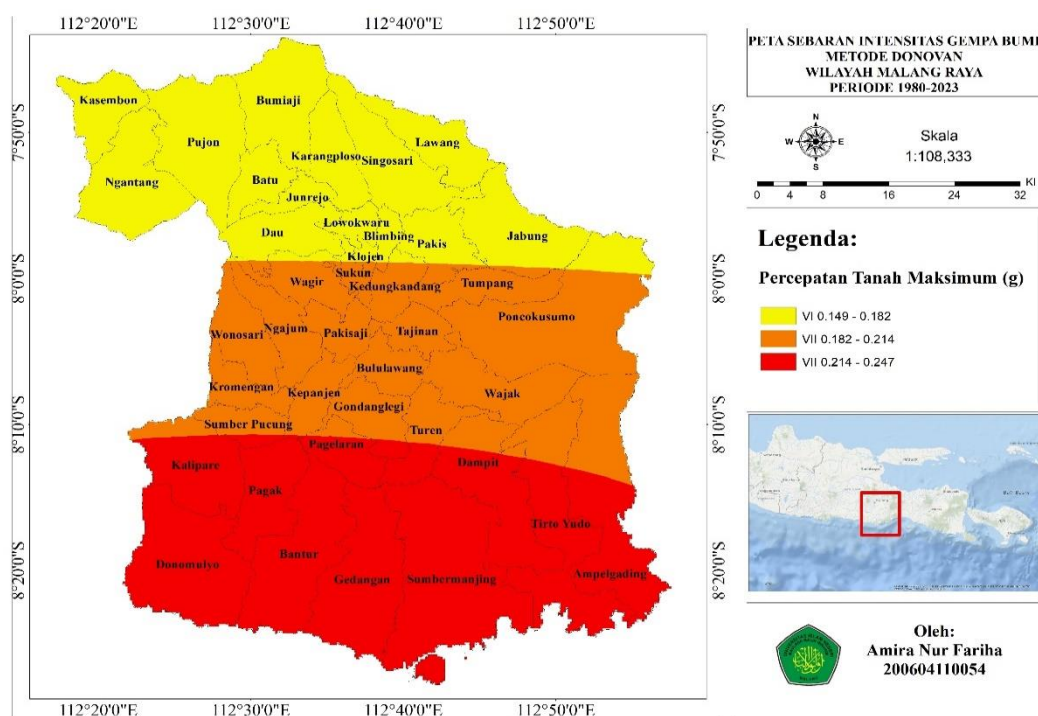
Sebaran nilai intensitas pada gambar 4.6 menggambarkan bahwa nilai intensitas gempa bumi menggunakan metode Fukushima di Wilayah Malang Raya

dengan daerah berwarna merah yang meliputi kecamatan Gedangan, Donomulyo, Kalipare, Sumber Pucung, Pagak, Blitar, Pagelaran, Turen, Dampit, Sumbermanjing, Tirta Yudo dan Ampelgading memiliki nilai PGA sebesar 0,222-0,257 (g) dengan skala MMI VII. Daerah yang berwarna Orange meliputi kecamatan Gondanglegi, Wajak, Bululawang, Tajinan, Poncokusumo, Tumpang, Kepanjen, Pakisaji, Sukun, Klojen, Wagir, Kedung Kandang, Ngajum, Kromengan dan Wonosari memiliki nilai PGA 0,188-0,222 (g) dengan Skala MMI VII. Sedangkan daerah berwarna kuning berada pada kecamatan Dau, Lowokwaru, Blimbing, Pakis, Jabung, Junrejo, Batu, Karangploso, Singosari, Lawang, Ngantang, Pujon, Bumiaji dan Kasembon yang memiliki nilai PGA 0,153-0,188 (g) dengan skala MMI VI.



Gambar 4. 7 Peta Sebaran Nilai Intensitas Gempa Bumi Metode Esteva Di Wilayah Malang Raya

Pada gambar 4.7 mengenai peta nilai intensitas dengan menggunakan metode Esteva di Wilayah Malang Raya menggambarkan bahwasannya Malang Raya memiliki nilai intensitas tertinggi berada disebelah selatan dengan daerah berwarna merah yang meliputi kecamatan Donomulyo, Bantur, Gedangan, Sumbermanjing, Tirta yudo, Ampelgading, Dampit, Pagak, Kalipare dan Pagelaran memiliki nilai PGA sebesar 0,036-0,043 (g) dengan nilai intensitas MMI V. Sedangkan daerah berwarna orange berada pada kecamatan Gondanglegi, Turen, Wajak, Bululawang, Kapanjen, Kromengan, Sumber Pucung, Wonosari, Ngajum, Pakisaji, Tajinan, Wagir, Sukun, Kedungkandang dan Poncokusumo memiliki nilai PGA sebesar 0,029-0,036 (g) dengan nilai intensitas MMI IV. Dan daerah berwarna kuning meliputi kecamatan Klojen, Pakis, Jabung, Blimbing, Dau, Batu, Ngantang, Kasembon, Lawang, Singosari, Bumiaji, Junrejo, Pujon, Lowokwaru dan Karangploso memiliki nilai PGA < 0,029 (g) dengan nilai intensitas MMI IV.

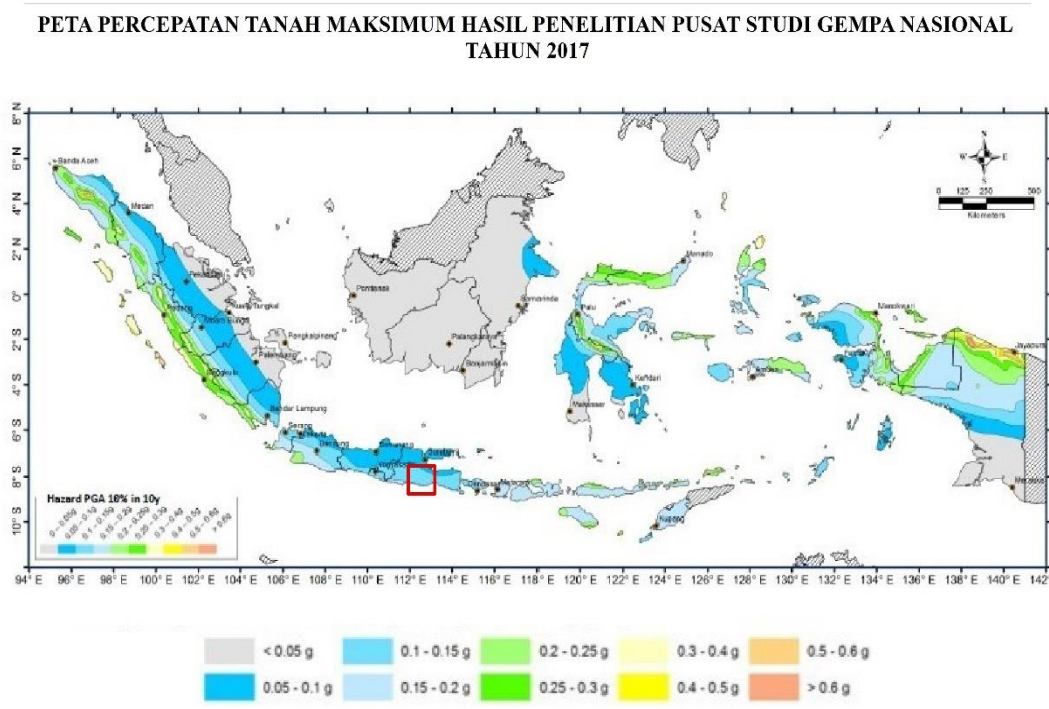


Gambar 4. 8 Peta Sebaran Nilai Intensitas Gempa Bumi Metode Donovan Di Wilayah Malang Raya

Gambar 4.8 yaitu peta sebaran nilai intensitas gempa bumi metode donovan di wilayah Malang raya menggambarkan bahwasannya Malang raya memiliki nilai intensitas tertinggi berada disebelah selatan dan nilai intensitas terendah disebelah utara. Wilayah berwarna kuning yang meliputi kecamatan Klojen, Dau, Batu, Ngantang, Kasembon, Pujon, Junrejo, Bumiaji, Karangploso, Lowokwaru, Blimbing, Pakis, Jabung, Singosari dan Lawang memiliki nilai PGA dari 0.149-0.182 (g), memiliki angka intensitas MMI VI. Sedangkan pada daerah berwarna Orange berada pada kecamatan Sukun, Wagir, Kedungkandang, Tumpang, Wonosari, Kromengan, Ngajum, pakisaji, Kepanjen, Tajinan, Bululawang, Gondanglegi, Poncokusumo, Wajak, Sumberpucung, dan Turen dengan nilai PGA sebesar 0.182 -0.214 (g) MMI VII . Dan daerah dengan warna merah berada pada kecamatan Pagelaran, Dampit, Tirti Yudo, Ampelgading, Sumbermanjing, Gedangan, Bantur, Pagak, Donomulyo dan Kalipare yang memiliki nilai PGA rentan 0.214-0.247 (g) dengan nilai intensitas MMI VII.

Persebaran nilai intensitas yang didapatkan pada penelitian ini berdasarkan ketiga metode tersebut menunjukkan bahwa Gedangan, Donomulyo, Kalipare, Sumber Pucung, Pagak, Blitar, Pagelaran, Turen, Dampit, Sumbermanjing, Tirta Yudo dan Ampelgading lebih rawan mengalami gempa dibandingkan kecamatan lain di Wilayah Malang Raya, dimana gempa bumi tersebut dapat menyebabkan kerusakan maupun korban jiwa. Maka dari itu melakukan persiapan dalam menghadapi suatu situasi termasuk bencana gempa bumi atau mitigasi bencana penting untuk dilakukan.

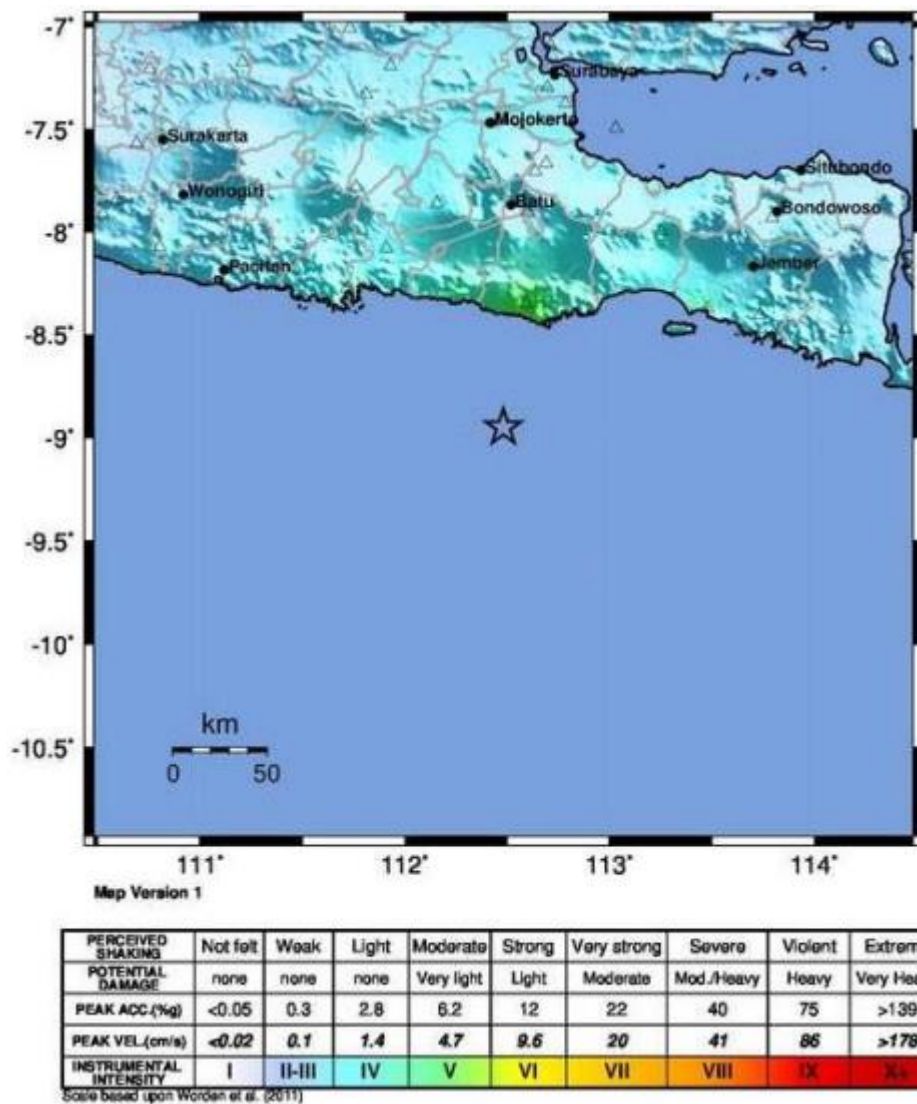
4.4 Pembahasan Hasil dengan Penelitian sebelumnya



Gambar 4. 9 Peta Percepatan Tanah Maksimum Hasil Penelitian Pusat Studi Gempa Nasional Tahun 2017

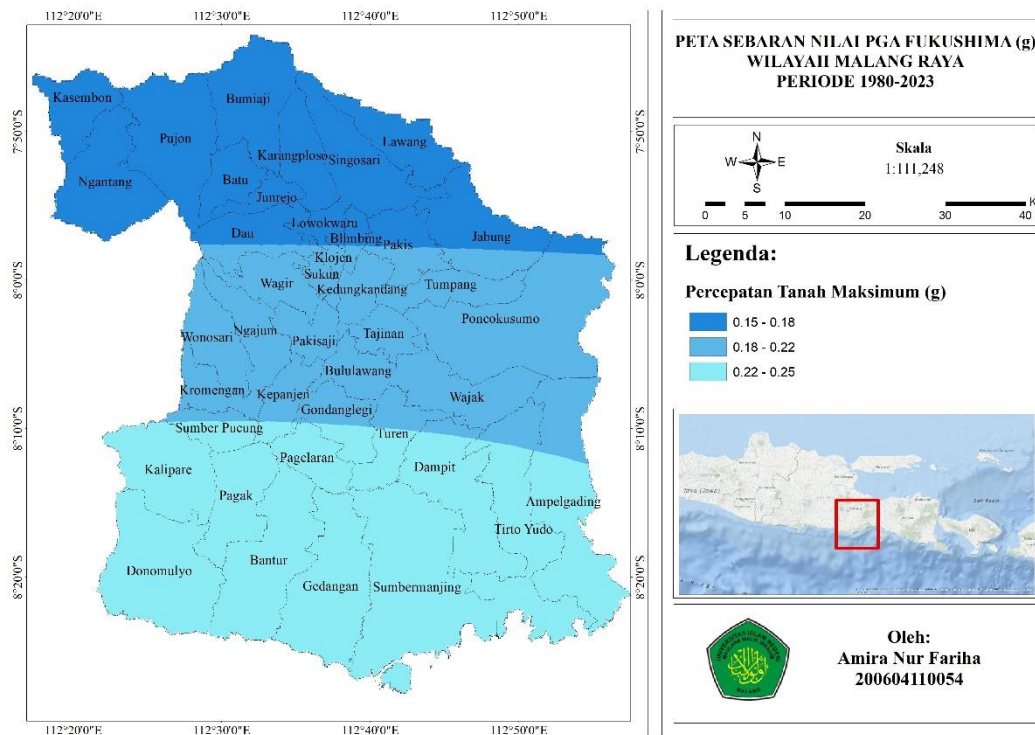
Metode Analisis Bahaya Seismik Probabilistik digunakan oleh Pusat Studi Gempa Bumi Nasional pada tahun 2017 untuk menyelidiki peta PGA yang ditunjukkan pada Gambar 4.9. Hasil dari peta PGA tersebut menunjukkan keterangan 10% dalam 10 tahun. Pada gambar tersebut dapat diketahui juga bahwa wilayah malang raya yang ditandai dengan kotak berwarna merah memiliki nilai dari rentan 0,1-0,2 g.

Sedangkan pada peta guncangan tanah Shakemap Bmkg, gempa yang terjadi di wilayah Malang tanggal 10 April 2021 (14:00:16 WIB) yang terekam oleh sensor akselerograf memiliki nilai PGA tertinggi sebesar 223,0803 gal atau 0,22 g berada diselatan kabupaten Malang yang mana ditunjukkan pada gambar sebagai berikut.



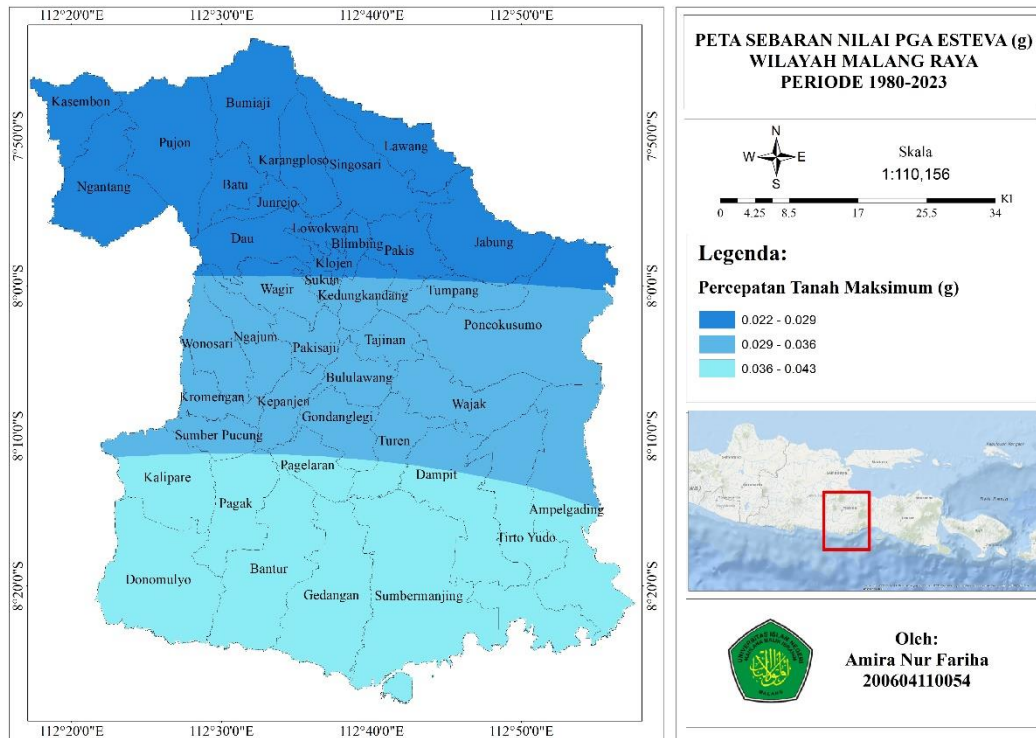
Gambar 4. 10 Peta Guncangan Tanah Shakemap BMKG Di Wilayah Malang Pada Tanggal 10 April 2021 (14:00:16 WIB)

Kemudian untuk melakukan pembahasan maka yang perlu dilakukan adalah mengubah satuan gal ke satuan g dengan menggunakan persamaan 2.9 dimana $980,665 \text{ cm/s}^2$ adalah nilai percepatan gravitasi, dan nilai a dalam satuan gal dibagi dengan nilai tersebut yang peta hasil dari perubahan satuan tersebut ditunjukkan berikut ini.



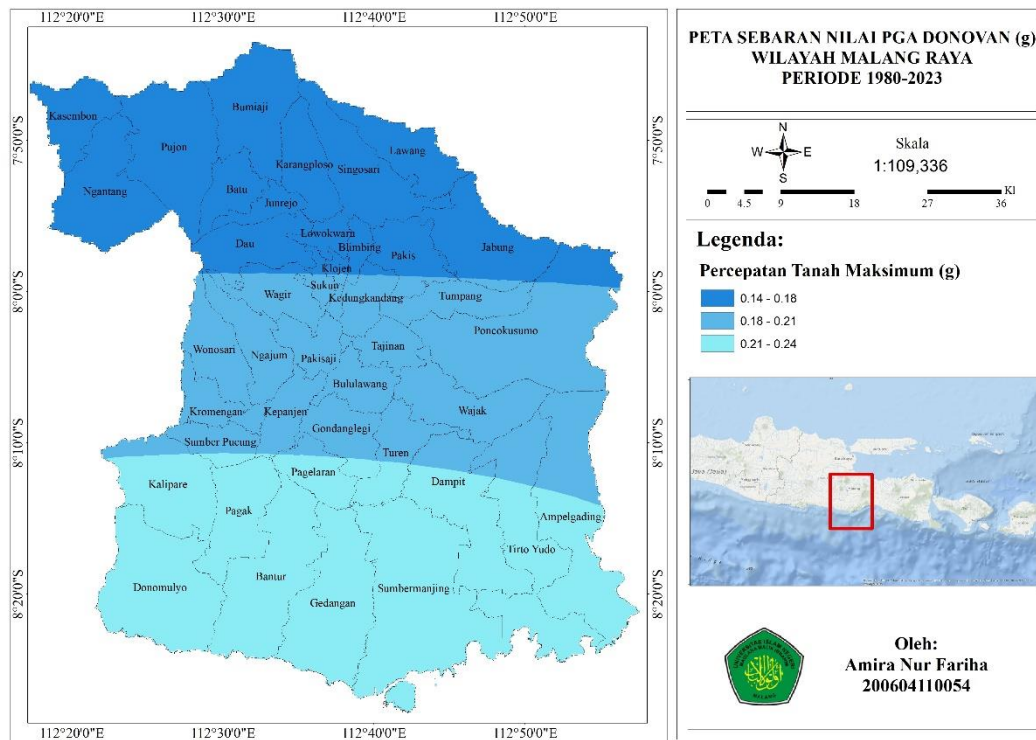
Gambar 4. 11 Peta Sebaran Nilai PGA (g) Fukushima Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023

Pada peta sebaran nilai PGA Fukushima dalam satuan (g) menunjukkan bahwasannya wilayah malang raya pada periode 1980-2023 memiliki rentan nilai PGA 0,15-0,25 g nilai tersebut memiliki kedekatan dengan nilai pada Peta guncangan tanah Shakemap BMKG dan hasil penelitian Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) 2017 yang dijadikan sebagai referensi pada penelitian ini.



Gambar 4. 12 Peta sebaran Nilai PGA (g) Esteva Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023

Pada gambar 4.12 tersebut yang merupakan peta sebaran nilai PGA Esteva (satuan g) di wilayah Malang Raya periode 1980-2023 menjelaskan bahwa Malang Raya memiliki nilai PGA dengan rentan 0,022-0,043 g dimana nilai PGA tersebut berbeda dengan nilai PGA pada Peta guncangan tanah Shakemap BMKG dan hasil penelitian Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) 2017 yang dijadikan sebagai referensi pada penelitian ini.



Gambar 4. 13 Peta sebaran Nilai PGA (g) Donovan Wilayah Malang Raya Periode 1980-2023

Dari gambar 4.13 yang merupakan peta sebaran nilai PGA donovan (g) wilayah malang raya periode 1980-2023 juga menunjukkan nilai PGA dengan rentan 0,14-0,24 g nilai tersebut juga memiliki kedekatan dengan nilai PGA pada Peta guncangan tanah Shakemap BMKG dan hasil penelitian Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) 2017 yang dijadikan sebagai referensi pada penelitian ini.

Apabila dilihat pada Peta guncangan tanah Shakemap BMKG dan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) tahun 2017 yang menghasilkan nilai PGA di wilayah Malang Raya masing-masing sebesar 0,22 g dan 0,1-0,2 g, maka dari ketiga metode tersebut yaitu metode Fukushima, Esteva dan Donovan yang memiliki kedekatan nilai PGA pada Peta guncangan tanah Shakemap BMKG dan hasil penelitian Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) 2017 adalah metode Fukushima dan metode Donovan dengan

masing-masing nilai PGA sebesar 0,15-0,25 g dan 0,14-0,24 g. Kemudian dari hasil Peta guncangan tanah Shakemap BMKG dan hasil penelitian Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) 2017 dengan metode penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa terdapat kesamaan mengenai persebaran nilai PGA dimana nilai PGA tertinggi berada dibagian selatan Malang Raya. Sehingga metode Fukushima dan Donovan cocok digunakan pada wilayah Malang Raya untuk menentukan percepatan tanah maksimum.

Dari hasil analisis diatas menjelaskan mengenai peta nilai PGA tertinggi, dan peta intensitas pada wilayah malang raya, yang menunjukkan kecamatan mana saja yang memiliki kerentanan seismisitas tertinggi serta daerah terkena dampak dari adanya bencana gempa bumi. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini dapat diterapkan pada perencanaan bangunan tahan gempa serta mitigasi bencana di masa depan. Pada penelitian kali ini juga memakai data pada Peta guncangan tanah Shakemap BMKG dan hasil penelitian Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) 2017 sebagai referensi, hingga menunjukkan rumus empiris yang sesuai untuk digunakan diwilayah malang raya.

4.5. Zona Seismisitas Dalam Pandangan Islam

Zona seismisitas merupakan zona yang mempunyai nilai kerentanan bencana gempa bumi yang tinggi. Dimana semakin tinggi nilai kerentanan seismik disebuah wilayah maka semakin rentan juga terhadap bencana gempa bumi. Sehingga perlu adanya analisis zona seismisitas guna mengetahui wilayah yang rentan terhadap bencana seismik.

Penelitian ini menggunakan analisis zona kegempaan sebagai upaya untuk mengurangi dampak bencana yang disebabkan oleh gempa bumi. Bencana yang

disebabkan oleh gempa dapat berdampak parah pada infrastruktur dan mengakibatkan korban jiwa. Sebagaimana juga disebutkan dalam surat Al-A'raf ayat 78 yang menjelaskan tentang dampak gempa bumi yang juga mengakibatkan rumah-rumah roboh. Didalam Al-Qur'an surat Al-A'raf ayat 78 juga menggambarkan tentang fenomena gempa bumi yang bunyinya sebagai berikut:

فَاخَذَتْهُمْ الرِّجْفَةُ فَاصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جَثِمِينَ ﴿٧٨﴾

Artinya : “Maka, gempa (dahsyat) menimpa mereka sehingga mereka menjadi (mayat-mayat yang) bergelimpangan di dalam (reruntuhan) tempat tinggal mereka” (Q.S Al-A'raf :78).

Menurut tafsir Ibn' Athiyyah dalam Kitab tafsir Al-Muharrar al-Wajiz ayat diatas menjelaskan bahwa karena perbuatan manusia yang melampaui batas, setelah itu terjadi gempa bumi yang kuat, menghancurkan bangunan di dekatnya, dan mereka meninggal, tubuh mereka tergeletak di antara puing-puing rumah mereka (Ibn' Athiyyah, 1993).

Sehingga dapat disimpulkan berdasarkan surat Al-A'raf ayat 78 diatas bahwa gempa bumi mengakibatkan dampak yang signifikan, untuk itu perlu adanya analisis mengenai dampak dari bencana gempa bumi, yang mana penelitian ini merupakan upaya untuk memitigasi dampak yang disebabkan oleh gempa yang akan datang.

Penelitian ini mempunyai kesamaan dengan ilmu At-tasyir yaitu pendugaan berdasarkan fenomena alam dengan tujuan memberi manfaat bagi umat manusia. Meski demikian, tidak bisa dipungkiri bahwa manusia tidak bisa memprediksi secara pasti mengenai bencana alam, karena sesungguhnya bencana yang terjadi di bumi telah tertulis di lahul mahfudz dan hanya Allah SWT yang mengetahuinya. Al-Qur'an surat Al-Hadid ayat 22 memberikan penjelasan mengenai hal tersebut.

مَا أَصَابَ مِنْ مُصِيبَةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي أَنْفُسِكُمْ إِلَّا فِي كِتَابٍ مِنْ قَبْلِ أَنْ نَبْرَأَهَا ۚ إِنَّ ذَلِكَ عَلَى اللَّهِ يَسِيرٌ ﴿٢٢﴾

Artinya : “Tidak ada bencana (apa pun) yang menimpa di bumi dan tidak (juga yang menimpa) dirimu, kecuali telah tertulis dalam Kitab (Lauh Mahfuz) sebelum Kami mewujudkannya. Sesungguhnya hal itu mudah bagi Allah”. (Q.S Al-Hadid : 22).

Menurut tafsir kemenag RI ayat ini menjelaskan bahwa setiap bencana alam yang terjadi dipermukaan bumi, baik gempa bumi, banjir, dan musibah lainnya, maupun bencana yang disebabkan oleh manusia seperti kecelakaan, penyakit, dan lain sebagainya, semuanya sudah ditakdirkan dan dicatat dalam Lauh Mahfudz sebelum Allah menciptakan makhluk. Artinya segala sesuatu yang terjadi di alam diketahui Allah dan dicatat dalam Lauh Mahfudz. Allah mengetahui segalanya, termasuk masa lalu dan masa depan, yang besar dan yang kecil, yang tampak dan yang tidak terlihat, oleh karena itu Allah dapat dengan mudah mengetahui semua yang akan terjadi (Kementerian Agama, 2019).

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa bencana gempa bumi merupakan bencana yang merusak, menyebabkan korban jiwa serta tidak dapat diprediksi secara pasti oleh manusia. Sehingga dengan adanya penelitian ini bisa dipergunakan untuk informasi mengenai mitigasi bencana serta sebagai sikap kesiapsiagaan jika terjadi bencana gempa bumi.

Meskipun demikian, tidak diragukan lagi bahwa terdapat hikmah yang dapat diambil dari tragedi gempa bumi ini. Dari sini jelas terlihat bahwa tragedi gempa bumi telah memberikan pelajaran berharga bagi lingkungan sekitar dan umat manusia. Beberapa pelajaran yang bisa dipetik dari tragedi gempa bumi tercantum di bawah ini.

1. Gempa bumi dan bencana alam lainnya tidak terjadi begitu saja. Sebaliknya, hal-hal tersebut diatur oleh Allah SWT untuk menyelamatkan umat manusia

dari penderitaan dan kesengsaraan yang tidak perlu, yang akan menyebabkan mereka menjadi kurang produktif setelah terjadinya gempa bumi.

2. Bencana gempa bumi menjadi tanda paling jelas dari Allah bahwa umat manusia benar-benar tidak berdaya. Sehingga hanya kepada Allah tempat untuk berlindung. Dengan terjadinya bencana gempa bumi manusia juga semakin diingatkan secara dini bahwa gempa bumi hanyalah sebagian kecil dari proses dahsyat yang pasti akan terjadi yakni kiamat, yang tidak hanya bersifat lokal namun juga melenyapkan tata surya .
3. Segala kebaikan bermula dari ketaatan dan kepercayaan kepada Allah SWT dan Rasul-Nya akan mempengaruhi keselamatan seseorang di akhirat dan keberkahan hidup di dunia. Sebaliknya, setiap pelanggaran yang dilakukan manusia terhadap sistem yang Allah tetapkan akan menyebabkan Allah bertindak melalui berbagai bencana yang dia kirimkan kepada umat manusia, seperti gempa bumi.
4. Bencana gempa bumi atau musibah lainnya yang menimpa dapat menjadi pembelajaran bagi umat manusia sehingga dapat menggali lebih dalam pengetahuan dan informasi terkait peristiwa tersebut. Bencana juga sering kali memacu inovasi dalam penciptaan teknologi, pendekatan baru terhadap mitigasi bencana, peringatan dini, dan pasca pemulihan bencana.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode fukushima, esteva dan donovan menunjukkan bahwa mempunyai kesamaan mengenai persebaran nilai PGA dimana nilai PGA tertinggi berada dibagian selatan Malang Raya sedangkan nilai PGA terendah berada dibagian utara Malang Raya.
2. Metode fukushima dan metode donovan dengan masing-masing nilai PGA sebesar 0,15-0,25 g dan 0,14-0,24 g memiliki kedekatan nilai PGA pada Peta guncangan tanah Shakemap BMKG dan hasil penelitian Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) 2017 yang dijadikan sebagai referensi pada penelitian ini dengan nilai PGA di wilayah Malang Raya masing-masing sebesar 0,22 g dan 0,1-0,2 g. Sehingga metode tersebut cocok untuk menentukan PGA di wilayah Malang Raya.
3. Kecamatan Gedangan, kecamatan Sumbermanjing, kecamatan Bantur dan kecamatan Donomulyo memiliki tingkat kerentanan gempa bumi lebih besar karena pada kecamatan tersebut memiliki nilai PGA tertinggi berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode fukushima, esteva dan donovan pada penelitian ini.

5.2 Saran

Beberapa rekomendasi yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan bagi peneliti selanjutnya adalah agar mengambil data gempa yang lebih banyak dan menggunakan tahun yang terbaru agar mendapatkan gambaran dari kegiatan seismik atau bencana gempa bumi yang lebih baik dan terkini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2007). *Tafsir Ibnu Katsir Jilid V*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Abdurrahman Aisyah. (1996). *Tafsir al-Bayani lil Qur'an al-Karim, Tafsir Bintusy-Syathi terj. Muzakkir Abdussalam*. Bandung : Penerbit Mizan.
- Bolt, B.A. (1978). *Earthquake*. San Fransisco : W.H. Freeman & Company.
- Bormann, Peter. (2002). *Chapter 1: History, Aim and Scope of the 1st and 2nd Edition of the IASPEI*. New Manual of Seismologi Observatory Practice, GFZ.
- Elnashai, S., & Sarno, L. Di. (2008). *Fundamental of Earthquake Engineering*. Hongkong: A John Wiley & Sons, Ltd, Publication.
- Fulki, Ahmad. (2011). *Analisis Parameter Gempa b Value Dan PGA Di Daerah Papua*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Hartuti, (2009). *Buku Pintar Gempa*. Yogyakarta: DIVA Press.
- Hidayati, S. (2010). *Pengenalan Seismologi Gunung Api*. Bandung: Diklat Pelaksana Pemula Pengamat Gunungapi Baru, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Ibn' Athiyyah. (1993). *Al-Muharrar al-Wajiz fi Tafsir al-Kitab al-Aziz*. Beirut: Daral-Kutub al-'Ilmiyyah.
- Ibrahim, G., & Subardjo. (2004). *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Idawati, M. (2005). *Studi Percepatan Tanah Maksimum Akibat Aktivitas Gempa Bumi Di Daerah Sulawesi Selatan*, Tugas Akhir Program Studi Geofisika, Makassar: UNHAS.
- Ismail, Sulaiman. (1989). *Pendahuluan Seismologi Jilid ii A*, Balai Diklat Meteorologi Dan Geofisika, Jakarta: Departemen perhubungan.
- Kapojos, c. G., g. T., & g. P. (2015). *Analisis percepatan tanah maksimum dengan menggunakan rumusan esteva dan donovan (studi kasus pada semenanjung utara pulau sulawesi)*. Jurnal ilmiah sains, 99.
- Kementerian Agama. (2019). *Al-Qur'an dan Terjemahannya Edisi Penyempurnaan*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI
- Kramer S.L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice Hall, New Jersey.
- Kusky, T. M. (2008). *Earthquakes: Plate Tectonics and Earthquake Hazards*. Facts On File.

- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an dan Lembaga Ilmu Pengetahuan.(2010). *Tafsir Ilmi: Tumbuhan Bumi Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*.Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an)
- Noor, D. (2006). *Geologi Lingkungan*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Noor, D. (2009). *Pengantar Geologi (Edisi Pertama)*. Pakuan University Press.
- Noor, Djauhari. (2012). *Pengantar Geologi*. Bogor: Pakuan University Press.
- Richter, C.F. (1969). *Elementary Seismology*.W.H., Freeman and Co, San Fransisco and London
- Santosa, S., dan Suwarti, T. (1992). *Peta Geologi Lembar Malang, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi:Bandung.
- Santoso, D. (2002). *Pengantar Teknik Geofisika*. ITB: Bandung
- Subardjo. (2001). *Intensitas Seismik dan Percepatan Tanah untuk Beberapa Kota di Indonesia*, J. BMG. 2 (3): 37-41.
- Sungkowo,A.(2018). *Perhitungan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Berdasar Rekaman Sinyal Accelerograph di Stasiun Pengukuran UNSO Surakarta*. Indonesia Journal Of Applied Physics,8,43-51.
- Susilawati. (2008). *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa Pada Penelaahan Struktur Bagian Dalam Bumi*. Medan: Universitas Sumatera Utara

LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh Perhitungan PGA Gempa Bumi

1. Mengubah jenis magnitudo

Contoh: magnitudo 4 Mb(dirubah kebentuk Ms) maka:

$$\begin{aligned} MS &= 1.59 MB - 3.97 \\ &= 1.59 (4) - 3.97 \\ &= 2,39 Ms \end{aligned}$$

2. Menghitung Jarak episenter
r : 1 derajat (111.2607 km)

$$\begin{aligned} D &= r \cdot C \\ &= 111.2607 \cdot 1.7203012 \\ &= 191.40192 \text{ Km} \end{aligned}$$

3. Menghitung jarak hiposenter

$$\begin{aligned} R &= (D^2 + h^2)^{1/2} \\ &= ((191.40192)^2 + (113)^2)^{1/2} \\ &= 222.26942 \text{ Km} \end{aligned}$$

4. Mengitung nilai PGA

- a. Persamaan empiris Fukushima

$$\begin{aligned} \log A &= 0.41 Ms - \log (R+0.032 \times 100.41Ms) - 0.0034R + 1.30 \\ &= 0.41 (2,39) - \log (222.26942 + 0.032 \times 100.41 (2.39)) - 0.0034 \\ &\quad (222.26942) + 1.30 \\ &= - 0.823292 \\ A &= 0.1502131 \text{ gal} \end{aligned}$$

- b. Persamaan empiris Esteva

$$\begin{aligned} a &= \frac{5600 \exp^{0.5 Ms}}{(r+40)^2} \\ &= \frac{5600 \exp^{0.5(4)}}{(222.26942+40)^2} \\ &= 0.2689519 \text{ gal} \end{aligned}$$

- c. Persamaan empiris Donovan

$$\begin{aligned} a &= \frac{1080 \exp^{0.5 Ms}}{(R+25)^{1.32}} \\ &= \frac{1080 \exp^{0.5(4)}}{(222.26942+25)^{1.32}} \\ &= 2.4741198 \text{ gal} \end{aligned}$$

Lampiran 2. Data Gempa Bumi Periode 1980-2023

No.	Time	Latitude	Longitude	Depth (km)	Magnitude		
					Magnitudo	MagType	Ms
1	1980-05-28T18:47:39.300Z	-8.597	112.576	113	4	mb	2.39
2	1981-07-06T00:00:39.250Z	-8.077	112.795	121.4	5	mb	3.98
3	1982-06-20T19:32:10.140Z	-7.879	112.287	173.9	4.6	mb	3.344
4	1982-09-12T10:27:45.500Z	-8.747	112.672	85.4	4.5	mb	3.185
5	1983-01-09T08:08:34.580Z	-8.752	112.594	88.9	4.5	mb	3.185
6	1984-06-14T22:57:16.810Z	-8.603	112.54	95.2	4.8	mb	3.662
7	1986-08-24T19:28:32.520Z	-8.645	112.456	124.2	3.6	mb	1.754
8	1987-06-08T01:31:12.520Z	-8.346	112.726	161.8	4.1	mb	2.549
9	1987-06-29T07:39:27.590Z	-8.424	112.637	119.9	3.9	mb	2.231
10	1988-01-15T07:39:34.200Z	-8.498	112.669	104.8	4.5	mb	3.185
11	1988-07-14T23:18:08.090Z	-8.487	112.596	33	5.3	mb	4.457
12	1989-01-12T05:23:30.330Z	-8.523	112.948	147.8	4.8	mb	3.662
13	1989-04-17T14:20:31.140Z	-8.179	112.924	112.8	5.1	mb	4.139
14	1992-06-26T02:36:13.460Z	-8.79	112.593	63.9	5.2	mw	7.816667
15	1992-09-04T00:56:14.990Z	-8.79	112.378	33	4.9	mb	3.821
16	1992-09-04T22:48:10.750Z	-8.522	112.507	33	4.9	mb	3.821
17	1993-05-25T00:42:25.400Z	-8.288	112.45	93	4.9	mb	3.821
18	1995-05-10T19:01:12.470Z	-8.327	112.913	142.6	5	mb	3.98
19	1995-05-24T08:57:12.710Z	-8.572	112.598	98.6	3.8	mb	2.072
20	1995-07-04T16:48:31.240Z	-7.802	112.965	63.5	4.2	mb	2.708
21	1996-01-06T16:34:04.000Z	-7.798	112.883	63.2	4.2	mb	2.708
22	1996-01-09T15:31:33.570Z	-7.655	112.544	160.5	4.5	mb	3.185
23	1996-01-12T18:53:36.700Z	-8.296	112.936	100.6	4.2	mb	2.708
24	1996-02-08T03:49:09.990Z	-8.745	113.072	104	4.3	mb	2.867
25	1996-12-17T21:59:35.030Z	-8.508	112.568	71.5	4.8	mb	3.662
26	1997-02-26T05:56:45.060Z	-8.605	112.429	95.9	4.5	mb	3.185
27	1997-10-14T09:48:28.380Z	-7.741	112.569	33	3.4	mb	1.436
28	1998-05-13T07:00:34.820Z	-8.615	112.664	97.7	4.6	mb	3.344
29	1998-05-17T00:09:30.970Z	-8.58	112.518	94.2	3.9	mb	2.231
30	1998-06-10T20:35:10.270Z	-8.559	113.073	150	3.9	mb	2.231
31	1998-09-28T13:34:30.490Z	-8.194	112.413	151.6	6.6	mwb	9.916667
32	1999-08-18T19:36:51.620Z	-8.31	112.514	33	4.8	mb	3.662
33	2000-02-12T03:11:02.690Z	-8.701	112.445	107.9	5.3	mwc	7.966667
34	2000-02-12T08:52:12.890Z	-8.719	112.491	86.4	4.6	mb	3.344
35	2000-04-25T18:27:16.390Z	-8.123	112.342	151.6	4.2	mb	2.708
36	2000-05-07T19:21:52.040Z	-7.985	112.806	48.6	4.9	mb	3.821
37	2001-01-14T19:51:26.360Z	-8.469	112.635	74.1	5.2	mb	4.298
38	2001-01-19T20:26:41.700Z	-8.776	112.584	112.3	5.2	mb	4.298
39	2001-05-02T15:11:16.270Z	-8.487	112.499	78	4.8	mb	3.662
40	2001-07-03T11:20:19.800Z	-8.705	113.03	150	3.7	mb	1.913
41	2001-09-13T21:41:51.120Z	-8.055	112.676	146.5	4.1	mb	2.549
42	2002-02-10T04:06:23.220Z	-8.658	112.551	92.9	4.3	mb	2.867
43	2003-05-28T01:34:02.080Z	-8.577	112.499	65.3	5.2	mwc	7.816667
44	2003-11-10T22:40:51.520Z	-8.196	112.466	200	3.9	mb	2.231
45	2003-12-25T22:50:29.260Z	-8.644	112.409	33	4.2	mb	2.708
46	2004-04-17T02:20:32.890Z	-8.298	112.798	10	4.4	mb	3.026
47	2004-07-06T14:49:47.400Z	-8.433	113.063	146.7	4.1	mb	2.549
48	2004-10-12T06:49:26.230Z	-8.344	112.455	133.3	3.9	mb	2.231
49	2004-10-30T09:55:33.010Z	-8.589	112.574	81.4	4.9	mwc	7.366667
50	2005-01-20T16:09:44.760Z	-7.68	112.898	184.8	4.7	mb	3.503

51	2005-01-31T20:21:12.460Z	-8.602	112.505	83	4.6	mb	3.344
52	2005-03-14T15:37:01.030Z	-8.618	112.716	120.7	5	mwc	7.516667
53	2005-04-17T11:11:39.270Z	-8.465	112.913	39.4	3.9	mb	2.231
54	2005-10-07T05:09:08.270Z	-8.239	112.56	108.6	4.3	mb	2.867
55	2005-11-21T06:43:47.510Z	-8.713	112.276	35	4.1	mb	2.549
56	2006-06-19T20:35:48.390Z	-7.959	112.298	231.9	4.2	mb	2.708
57	2006-08-02T17:17:26.900Z	-7.842	112.595	10	3.9	mb	2.231
58	2006-12-23T02:04:26.190Z	-8.452	112.63	22.9	4.7	mb	3.503
59	2007-02-06T00:59:55.700Z	-8.46	112.796	88.4	4	mb	2.39
60	2007-05-10T09:44:16.500Z	-8.178	112.404	125.9	4.7	mb	3.503
61	2007-06-23T21:09:09.920Z	-8.686	112.512	94.6	4.3	mb	2.867
62	2007-12-14T20:47:19.070Z	-8.254	112.358	97	4.6	mb	3.344
63	2008-03-09T07:44:06.020Z	-8.319	112.675	139.5	4.8	mb	3.662
64	2008-07-09T15:36:47.170Z	-8.684	112.328	35	4.3	mb	2.867
65	2009-06-09T15:42:55.290Z	-8.581	112.616	108	4.5	mb	3.185
66	2009-07-13T12:59:01.490Z	-8.688	112.377	35	4.4	mb	3.026
67	2009-07-28T12:50:52.900Z	-8.675	112.512	79.9	4.9	mwc	7.366667
68	2009-08-14T13:21:17.060Z	-8.308	112.448	131.6	4.5	mb	3.185
69	2010-06-06T16:57:26.980Z	-8.572	112.451	87.6	5.1	mb	4.139
70	2010-08-16T22:19:17.250Z	-8.546	112.53	73.6	5	mb	3.98
71	2010-12-19T19:15:40.140Z	-8.72	112.472	79.4	4.3	mb	2.867
72	2011-02-10T23:19:29.940Z	-8.358	112.78	153.2	4.6	mb	3.344
73	2011-06-13T03:17:00.890Z	-8.717	112.461	76.4	4.2	mb	2.708
74	2011-10-05T18:26:57.430Z	-8.027	112.406	165.1	4.7	mb	3.503
75	2012-06-26T05:05:25.130Z	-8.583	112.544	75.9	4.6	mb	3.344
76	2013-07-08T02:13:40.600Z	-8.803	113.002	60	5.7	mww	8.566667
77	2013-07-12T14:53:50.040Z	-8.799	113.034	81.7	4.3	mb	2.867
78	2013-10-05T11:10:21.520Z	-8.6832	112.5266	77.73	4.7	mb	3.503
79	2014-02-11T06:46:18.680Z	-8.5831	112.5604	89	4.2	mb	2.708
80	2014-03-13T19:17:24.210Z	-7.6415	112.2543	184.19	4.5	mb	3.185
81	2014-06-15T04:46:19.600Z	-8.4745	113.0423	135.09	4.5	mb	3.185
82	2015-03-10T23:31:22.470Z	-8.5156	112.5641	122.82	4.3	mb	2.867
83	2015-07-09T19:47:48.750Z	-8.5802	112.5217	82.37	4	mb	2.39
84	2015-09-08T01:06:27.300Z	-8.4151	112.8838	31.02	4	mb	2.39
85	2015-09-10T16:19:23.630Z	-8.6226	112.4874	66.21	4.8	mb	3.662
86	2016-03-02T06:09:12.940Z	-8.6191	112.5355	78.32	5.1	mb	4.139
87	2016-03-15T09:01:34.340Z	-8.7927	112.847	66.11	4	mb	2.39
88	2016-10-11T11:47:26.440Z	-8.4385	112.789	144.39	4	mb	2.39
89	2017-04-08T08:17:15.140Z	-8.1218	112.6216	61.71	3.9	mb	2.231
90	2017-04-27T07:03:13.120Z	-8.8121	112.4703	75.48	4.6	mb	3.344
91	2018-08-08T06:09:23.550Z	-8.7694	112.4729	78.83	4.9	mb	3.821
92	2019-08-24T12:45:51.418Z	-8.5691	112.5809	79.99	4.1	mb	2.549
93	2019-11-29T19:52:43.046Z	-8.6778	112.3972	119.45	4.2	mb	2.708
94	2020-01-04T22:55:47.842Z	-8.5966	112.5814	84.15	4.7	mb	3.503
95	2020-04-15T09:50:00.684Z	-8.597	112.5379	83.3	4.3	mb	2.867
96	2020-10-28T06:49:15.007Z	-8.5172	112.4335	85.06	4.1	mb	2.549
97	2021-04-10T07:00:15.485Z	-8.5707	112.5054	67	6	mww	9.016667
98	2021-04-10T23:54:58.852Z	-8.3613	112.469	113.16	5.1	mb	4.139
99	2021-05-03T20:22:36.362Z	-7.6543	112.3906	169.66	4.2	mb	2.708

101	2021-05-31T03:24:30.994Z	-8.7891	112.9834	83.43	4	mb	2.39
102	2021-06-07T17:28:50.367Z	-8.3185	112.4423	116.36	4.1	mb	2.549
103	2021-10-22T02:21:15.739Z	-8.6515	112.5513	72.87	4.9	mww	7.366667
104	2022-01-24T14:38:33.141Z	-8.2897	112.2682	142.06	4.2	mb	2.708
105	2022-10-31T15:15:54.957Z	-8.68	112.4916	127.513	4.1	mb	2.549
106	2022-12-20T18:05:47.741Z	-8.5587	112.5433	84.758	4.5	mb	3.185
107	2023-01-02T16:49:49.976Z	-8.3498	112.6405	127.241	4.2	mb	2.708
108	2023-05-27T06:00:16.406Z	-8.8093	113.0212	91.868	4.2	mb	2.708
109	2023-06-26T01:16:15.305Z	-8.6755	112.4862	89.45	4.2	mb	2.708

Lampiran 2. 1 Hasil Perhitungan Data Nilai PGA Metode Fukushima

Titik	Latitude (X)	Longitude (Y)	A max (gal)	g	%
TA1	-8.465385061	112.3069769	54.985721	0.056069831	5.606983119
TA2	-8.465385061	112.3500413	56.63067582	0.057747218	5.774721829
TA3	-8.465385061	112.3931056	58.33589402	0.059486057	5.948605693
TA4	-8.465385061	112.43617	60.10162078	0.061286597	6.128659714
TA5	-8.465385061	112.4792344	61.92797008	0.063148955	6.314895513
TA6	-8.465385061	112.5222988	63.81490019	0.065073088	6.507308835
TA7	-8.465385061	112.5653632	256.1244636	0.261174268	26.11742681
TA8	-8.465385061	112.6084275	255.3734633	0.260408461	26.04084609
TA9	-8.465385061	112.6514919	25.2362342	0.025733797	2.573379717
TA10	-8.465385061	112.6945563	252.7261868	0.25770899	25.77089901
TA11	-8.465385061	112.7376207	250.8604593	0.255806478	25.58064775
TA12	-8.465385061	112.7806851	248.6595505	0.253562175	25.35621752
TA13	-8.465385061	112.8237494	246.1467102	0.250999791	25.09997912
TA14	-8.465385061	112.8668138	243.3472942	0.248145181	24.81451813
TA15	-8.465385061	112.9098782	240.2881178	0.24502569	24.50256895
TA16	-8.465385061	112.9529426	236.9968354	0.241669515	24.16695155
TA17	-8.416006316	112.3069769	249.1571499	0.254069585	25.40695853
TA18	-8.416006316	112.3500413	250.5908226	0.255531525	25.55315246
TA19	-8.416006316	112.3931056	251.689749	0.256652118	25.66521177
TA20	-8.416006316	112.43617	252.4421887	0.257419393	25.74193927
TA21	-8.416006316	112.4792344	252.8399588	0.257825005	25.78250053
TA22	-8.416006316	112.5222988	252.8786852	0.257864495	25.78644952
TA23	-8.416006316	112.5653632	252.5579404	0.257537427	25.75374265
TA24	-8.416006316	112.6084275	251.8812565	0.256847401	25.6847401
TA25	-8.416006316	112.6514919	250.8560145	0.255801945	25.58019451
TA26	-8.416006316	112.6945563	249.4932157	0.254412277	25.44122771
TA27	-8.416006316	112.7376207	247.8071512	0.25269297	25.26929698
TA28	-8.416006316	112.7806851	245.8149884	0.250661529	25.06615291
TA29	-8.416006316	112.8237494	243.5362992	0.248337913	24.83379127
TA30	-8.416006316	112.8668138	240.9925553	0.245744016	24.57440158
TA31	-8.416006316	112.9098782	238.2066144	0.242903147	24.29031467
TA32	-8.416006316	112.9529426	235.202202	0.239839499	23.98394987
TA33	-8.36662757	112.3069769	244.8013197	0.249627875	24.96278747
TA34	-8.36662757	112.3500413	246.071497	0.250923095	25.0923095
TA35	-8.36662757	112.3931056	247.0439462	0.251914717	25.19147173
TA36	-8.36662757	112.43617	247.7092046	0.252593092	25.2593092
TA37	-8.36662757	112.4792344	248.0606953	0.252951513	25.29515128
TA38	-8.36662757	112.5222988	248.0949089	0.252986401	25.2986401
TA39	-8.36662757	112.5653632	247.8115026	0.252697407	25.2697407
TA40	-8.36662757	112.6084275	247.2133097	0.25208742	25.208742
TA41	-8.36662757	112.6514919	246.3062596	0.251162486	25.11624863
TA42	-8.36662757	112.6945563	245.0992134	0.249931642	24.99316417
TA43	-8.36662757	112.7376207	243.603723	0.248406666	24.84066659
TA44	-8.36662757	112.7806851	241.8337288	0.246601774	24.66017741
TA45	-8.36662757	112.8237494	239.8052112	0.244533262	24.45332618

TA46	-8.36662757	112.8668138	237.5358121	0.242219119	24.22191188
TA47	-8.36662757	112.9098782	235.0444449	0.239678631	23.96786312
TA48	-8.36662757	112.9529426	232.3509084	0.236931988	23.69319884
TA49	-8.317248825	112.3069769	239.4258963	0.244146468	24.41464683
TA50	-8.317248825	112.3500413	240.5297591	0.245272095	24.52720951
TA51	-8.317248825	112.3931056	241.3738579	0.246132836	24.61328363
TA52	-8.317248825	112.43617	241.9507992	0.246721153	24.67211527
TA53	-8.317248825	112.4792344	242.255459	0.247031819	24.70318192
TA54	-8.317248825	112.5222988	242.2851079	0.247062053	24.70620527
TA55	-8.317248825	112.5653632	242.0394796	0.246811582	24.68115815
TA56	-8.317248825	112.6084275	241.5207769	0.246282652	24.6282652
TA57	-8.317248825	112.6514919	240.7336174	0.245479973	24.54799727
TA58	-8.317248825	112.6945563	239.6849194	0.244410598	24.44105983
TA59	-8.317248825	112.7376207	238.3837353	0.24308376	24.30837598
TA60	-8.317248825	112.7806851	236.84104	0.241510648	24.15106484
TA61	-8.317248825	112.8237494	235.694845	0.240341855	24.03418548
TA62	-8.317248825	112.8668138	233.0831257	0.237678642	23.76786422
TA 63	-8.317248825	112.9098782	230.897128	0.235449545	23.5449545
TA64	-8.317248825	112.9529426	228.5275523	0.23303325	23.30332502
TA65	-8.267870079	112.3069769	233.18792	0.237785503	23.77855027
TA66	-8.267870079	112.3500413	234.1280847	0.238744204	23.87442039
TA67	-8.267870079	112.3931056	234.846151	0.239476428	23.94764277
TA68	-8.267870079	112.43617	235.3365209	0.239976466	23.99764659
TA69	-8.267870079	112.4792344	235.5953251	0.240240373	24.02403727
TA70	-8.267870079	112.5222988	235.6205063	0.24026605	24.02660504
TA71	-8.267870079	112.5653632	235.4118637	0.240053294	24.00532941
TA72	-8.267870079	112.6084275	234.9710575	0.239603797	23.96037969
TA73	-8.267870079	112.6514919	234.3015729	0.238921113	23.89211126
TA74	-8.267870079	112.6945563	233.4086448	0.238010579	23.80105794
TA75	-8.267870079	112.7376207	232.2991477	0.236879207	23.68792072
TA76	-8.267870079	112.7806851	230.9814541	0.235535534	23.55355336
TA77	-8.267870079	112.8237494	229.4652691	0.233989455	23.39894552
TA78	-8.267870079	112.8668138	227.7614446	0.232252038	23.22520377
TA79	-8.267870079	112.9098782	225.8817843	0.230335318	23.03353177
TA80	-8.267870079	112.9529426	223.8388418	0.228252096	22.82520961
TA81	-8.218491334	112.3069769	226.2507335	0.230711541	23.07115411
TA82	-8.218491334	112.3500413	227.0341623	0.231510416	23.15104162
TA83	-8.218491334	112.3931056	227.6318329	0.232119871	23.21198706
TA84	-8.218491334	112.43617	228.0396417	0.23253572	23.25357198
TA85	-8.218491334	112.4792344	228.2547602	0.23275508	23.27550797
TA86	-8.218491334	112.5222988	228.2756866	0.232776419	23.27764187
TA87	-8.218491334	112.5653632	228.1022747	0.232599588	23.25995877
TA88	-8.218491334	112.6084275	227.7357359	0.232225822	23.22258222
TA89	-8.218491334	112.6514919	227.1786168	0.231657719	23.16577188
TA90	-8.218491334	112.6945563	226.4347524	0.230899188	23.08991882

TA91	-8.218491334	112.7376207	225.5091958	0.229955383	22.99553831
TA92	-8.218491334	112.7806851	224.4081286	0.228832607	22.88326071
TA93	-8.218491334	112.8237494	223.1387544	0.227538206	22.75382056
TA94	-8.218491334	112.8668138	221.7091781	0.226080443	22.60804435
TA95	-8.218491334	112.9098782	220.12877	0.224468876	22.44688757
TA96	-8.218491334	112.9529426	218.4005566	0.222706588	22.27065885
TA97	-8.169112588	112.3069769	218.774394	0.223087797	22.30877965
TA98	-8.169112588	112.3500413	219.411946	0.223737919	22.37379187
TA99	-8.169112588	112.3931056	219.896478	0.224232004	22.42320038
TA100	-8.169112588	112.43617	220.2273399	0.224569389	22.4569389
TA101	-8.169112588	112.4792344	220.4017833	0.224747272	22.47472718
TA102	-8.169112588	112.5222988	220.4187498	0.224764573	22.47645728
TA103	-8.169112588	112.5653632	220.2781363	0.224621187	22.46211869
TA104	-8.169112588	112.6084275	219.9807964	0.224317985	22.43179846
TA105	-8.169112588	112.6514919	219.5228527	0.223851012	22.38510121
TA106	-8.169112588	112.6945563	218.9240417	0.223240395	22.32403947
TA107	-8.169112588	112.7376207	218.1709249	0.222472429	22.24724293
TA108	-8.169112588	112.7806851	217.2735819	0.221557394	22.15573941
TA109	-8.169112588	112.8237494	216.2371713	0.220500549	22.05005494
TA110	-8.169112588	112.8668138	215.0675317	0.219307849	21.9307849
TA111	-8.169112588	112.9098782	213.7711006	0.217985857	21.79858571
TA112	-8.169112588	112.9529426	212.3548292	0.216541662	21.65416622
TA113	-8.119733843	112.3069769	210.9085874	0.215066906	21.5066906
TA114	-8.119733843	112.3500413	211.4108709	0.215579093	21.55790927
TA115	-8.119733843	112.3931056	211.7932584	0.215969019	21.59690194
TA116	-8.119733843	112.43617	212.0537755	0.216234673	21.62346729
TA117	-8.119733843	112.4792344	212.1910679	0.216374672	21.63746722
TA118	-8.119733843	112.5222988	212.2044187	0.216388286	21.63882862
TA119	-8.119733843	112.5653632	212.0937583	0.216275444	21.6275444
TA120	-8.119733843	112.6084275	211.8596645	0.216036735	21.60367348
TA121	-8.119733843	112.6514919	211.5033559	0.215673401	21.56734011
TA122	-8.119733843	112.6945563	211.0266752	0.215187322	21.51873221
TA123	-8.119733843	112.7376207	210.4320658	0.214580989	21.45809892
TA124	-8.119733843	112.7806851	209.7225409	0.213857475	21.38574752
TA125	-8.119733843	112.8237494	208.9016461	0.213020395	21.30203954
TA126	-8.119733843	112.8668138	207.9734161	0.212073864	21.20738643
TA127	-8.119733843	112.9098782	206.9423277	0.211022447	21.10224467
TA128	-8.119733843	112.9529426	205.8132485	0.209871106	20.98711063
TA129	-8.070355098	112.3069769	202.7881007	0.206786314	20.67863141
TA130	-8.070355098	112.3500413	203.1690015	0.207174725	20.71747248
TA131	-8.070355098	112.3931056	203.4587127	0.207470148	20.7470148
TA132	-8.070355098	112.43617	203.6559575	0.207671282	20.76712817
TA133	-8.070355098	112.4792344	203.7598621	0.207777235	20.77772349
TA134	-8.070355098	112.5222988	203.769946	0.207787518	20.77875177
TA135	-8.070355098	112.5653632	203.6862201	0.207702141	20.7702141

TA136	-8.070355098	112.6084275	203.5090009	0.207521428	20.75214277
TA137	-8.070355098	112.6514919	203.2390929	0.207246198	20.72461981
TA138	-8.070355098	112.6945563	202.8776871	0.206877667	20.68776668
TA139	-8.070355098	112.7376207	202.4263671	0.206417448	20.64174485
TA140	-8.070355098	112.7806851	201.8870926	0.205867542	20.58675415
TA141	-8.070355098	112.8237494	201.2621796	0.205230308	20.52303076
TA142	-8.070355098	112.8668138	200.5542771	0.204508448	20.45084479
TA143	-8.070355098	112.9098782	199.7663414	0.203704977	20.37049771
TA144	-8.070355098	112.9529426	198.901608	0.202823194	20.28231945
TA145	-8.020976352	112.3069769	194.5305215	0.198365927	19.83659267
TA146	-8.020976352	112.3500413	194.8034248	0.198644211	19.86442106
TA147	-8.020976352	112.3931056	195.0108193	0.198855694	19.88556941
TA148	-8.020976352	112.43617	195.1519341	0.198999591	19.89995912
TA149	-8.020976352	112.4792344	195.2262424	0.199075365	19.90753646
TA150	-8.020976352	112.5222988	195.2334662	0.199082731	19.90827308
TA151	-8.020976352	112.5653632	195.1735786	0.199021662	19.90216624
TA152	-8.020976352	112.6084275	195.0468036	0.198892388	19.88923879
TA153	-8.020976352	112.6514919	194.8536147	0.19869539	19.86953901
TA154	-8.020976352	112.6945563	194.5947307	0.198431402	19.84314019
TA155	-8.020976352	112.7376207	194.2711099	0.1981014	19.81014005
TA156	-8.020976352	112.7806851	193.8839419	0.197706599	19.7706599
TA157	-8.020976352	112.8237494	193.4346384	0.197248437	19.72484369
TA158	-8.020976352	112.8668138	192.9248215	0.196728568	19.67285684
TA159	-8.020976352	112.9098782	192.3563113	0.196148849	19.61488493
TA160	-8.020976352	112.9529426	191.7311118	0.195511323	19.55113232
TA161	-7.971597607	112.3069769	186.2356597	0.189907522	18.99075216
TA162	-7.971597607	112.3500413	186.4136377	0.190089009	19.00890087
TA163	-7.971597607	112.3931056	186.5487905	0.190226826	19.02268262
TA164	-7.971597607	112.43617	186.6407002	0.190320548	19.0320548
TA165	-7.971597607	112.4792344	186.6890816	0.190369883	19.03698833
TA166	-7.971597607	112.5222988	186.6937844	0.190374679	19.03746788
TA167	-7.971597607	112.5653632	186.6547939	0.19033492	19.03349196
TA168	-7.971597607	112.6084275	186.5722314	0.190250729	19.02507293
TA169	-7.971597607	112.6514919	186.446353	0.190122369	19.0122369
TA170	-7.971597607	112.6945563	186.2775485	0.189950236	18.99502363
TA171	-7.971597607	112.7376207	186.0663385	0.189734862	18.97348621
TA172	-7.971597607	112.7806851	185.8133715	0.189476908	18.94769075
TA173	-7.971597607	112.8237494	185.5194195	0.18917716	18.91771599
TA174	-7.971597607	112.8668138	185.1853738	0.188836528	18.88365281
TA175	-7.971597607	112.9098782	184.8122394	0.188456037	18.84560369
TA176	-7.971597607	112.9529426	184.4011289	0.188036821	18.80368208
TA177	-7.922218861	112.3069769	177.9861653	0.181495378	18.14953784
TA178	-7.922218861	112.3500413	178.0815972	0.181592692	18.15926919
TA179	-7.922218861	112.3931056	178.1540169	0.181666539	18.16665394
TA180	-7.922218861	112.43617	178.2023241	0.181715799	18.17157991

TA181	-7.922218861	112.4792344	178.229145	0.181743149	18.17431488
TA182	-7.922218861	112.5222988	178.2316626	0.181745716	18.1745716
TA183	-7.922218861	112.5653632	178.2107876	0.181724429	18.17244294
TA184	-7.922218861	112.6084275	178.1665731	0.181679343	18.16793432
TA185	-7.922218861	112.6514919	178.0991311	0.181610571	18.16105715
TA186	-7.922218861	112.6945563	178.0086327	0.181518289	18.15182888
TA187	-7.922218861	112.7376207	177.8953067	0.181402728	18.14027285
TA188	-7.922218861	112.7806851	177.7594387	0.181264182	18.12641817
TA189	-7.922218861	112.8237494	177.6013704	0.181102997	18.11029968
TA190	-7.922218861	112.8668138	177.4214975	0.180919578	18.09195775
TA191	-7.922218861	112.9098782	177.2202683	0.180714381	18.07143809
TA192	-7.922218861	112.9529426	176.9981817	0.180487916	18.04879155
TA193	-7.872840116	112.3069769	169.8488822	0.173197659	17.31976589
TA194	-7.872840116	112.3500413	169.8732248	0.173222481	17.32224815
TA195	-7.872840116	112.3931056	169.8916863	0.173241307	17.3241307
TA196	-7.872840116	112.43617	169.9042292	0.173254097	17.32540972
TA197	-7.872840116	112.4792344	169.910828	0.173260826	17.32608261
TA198	-7.872840116	112.5222988	169.9114693	0.17326148	17.326148
TA199	-7.872840116	112.5653632	169.9061517	0.173256058	17.32560576
TA200	-7.872840116	112.6084275	169.8948862	0.17324457	17.324457
TA201	-7.872840116	112.6514919	169.8776955	0.17322704	17.32270403
TA202	-7.872840116	112.6945563	169.8546147	0.173203504	17.32035045
TA203	-7.872840116	112.7376207	169.8256905	0.17317401	17.317401
TA204	-7.872840116	112.7806851	169.7909817	0.173138617	17.31386169
TA205	-7.872840116	112.8237494	169.7505586	0.173097397	17.30973968
TA206	-7.872840116	112.8668138	169.704503	0.173050433	17.30504331
TA207	-7.872840116	112.9098782	169.6529081	0.172997821	17.2997821
TA208	-7.872840116	112.9529426	169.595878	0.172939666	17.29396665
TA209	-7.823461371	112.3069769	161.876585	0.165068178	16.50681782
TA210	-7.823461371	112.3500413	161.8402563	0.165031133	16.50311333
TA211	-7.823461371	112.3931056	161.8127194	0.165003053	16.50030534
TA212	-7.823461371	112.43617	161.7940179	0.164983983	16.49839832
TA213	-7.823461371	112.4792344	161.7841815	0.164973953	16.49739529
TA214	-7.823461371	112.5222988	161.7832256	0.164972978	16.49729781
TA215	-7.823461371	112.5653632	161.7911519	0.164981061	16.49810607
TA216	-7.823461371	112.6084275	161.8079478	0.164998188	16.49981878
TA217	-7.823461371	112.6514919	161.8335867	0.165024332	16.50243322
TA218	-7.823461371	112.6945563	161.8680279	0.165059452	16.50594524
TA219	-7.823461371	112.7376207	161.911217	0.165103493	16.5103493
TA220	-7.823461371	112.7806851	161.9630853	0.165156384	16.5156384
TA221	-7.823461371	112.8237494	162.0235504	0.165218041	16.52180412
TA222	-7.823461371	112.8668138	162.0925159	0.165288366	16.52883665
TA223	-7.823461371	112.9098782	162.169872	0.165367248	16.53672477
TA224	-7.823461371	112.9529426	162.2554946	0.165454558	16.54545585
TA225	-7.774082625	112.3069769	154.109845	0.157148308	15.71483075

TA226	-7.774082625	112.3500413	154.0221889	0.157058923	15.70589232
TA227	-7.774082625	112.3931056	153.9557782	0.156991203	15.69912031
TA228	-7.774082625	112.43617	153.9106916	0.156945228	15.69452276
TA229	-7.774082625	112.4792344	153.8869824	0.156921051	15.69210509
TA230	-7.774082625	112.5222988	153.8846787	0.156918702	15.69187018
TA231	-7.774082625	112.5653632	153.9037833	0.156938183	15.69381831
TA232	-7.774082625	112.6084275	153.9442734	0.156979471	15.69794715
TA233	-7.774082625	112.6514919	154.0061013	0.157042518	15.70425184
TA234	-7.774082625	112.6945563	154.0891936	0.157127249	15.7127249
TA235	-7.774082625	112.7376207	154.1934514	0.157233562	15.72335623
TA236	-7.774082625	112.7806851	154.3187505	0.157361332	15.73613319
TA237	-7.774082625	112.8237494	154.4649406	0.157510404	15.75104043
TA238	-7.774082625	112.8668138	154.6318456	0.1576806	15.76806
TA239	-7.774082625	112.9098782	154.8192633	0.157871713	15.78717129
TA240	-7.774082625	112.9529426	155.0269649	0.15808351	15.80835096
TA241	-7.72470388	112.3069769	146.5788634	0.149468843	14.94688435
TA242	-7.72470388	112.3500413	146.4481703	0.149335574	14.93355736
TA243	-7.72470388	112.3931056	146.3491955	0.149234647	14.92346474
TA244	-7.72470388	112.43617	146.2820217	0.149166149	14.91661492
TA245	-7.72470388	112.4792344	146.2467044	0.149130136	14.91301356
TA246	-7.72470388	112.5222988	146.2432731	0.149126637	14.91266366
TA247	-7.72470388	112.5653632	146.2717305	0.149155655	14.91556551
TA248	-7.72470388	112.6084275	146.3320531	0.149217167	14.9217167
TA249	-7.72470388	112.6514919	146.4242191	0.149311115	14.93111502
TA250	-7.72470388	112.6945563	146.5480669	0.14943744	14.94374398
TA251	-7.72470388	112.7376207	146.7035777	0.149596017	14.95960167
TA252	-7.72470388	112.7806851	146.8905921	0.149786718	14.97867183
TA253	-7.72470388	112.8237494	147.1089512	0.150009383	15.00093826
TA254	-7.72470388	112.8668138	147.3584677	0.150263819	15.02638186
TA255	-7.72470388	112.9098782	147.6389253	0.150549806	15.05498058
TA256	-7.72470388	112.9529426	147.9500778	0.150867093	15.0867093

Lampiran 2. 2 Hasil Perhitungan Data Nilai PGA Metode Esteva

Titik	Latitude (X)	Longitude (Y)	A max (gal)	g	%
TA1	-8.465385061	112.3069769	8.4951418	0.008662634	0.866263383
TA2	-8.465385061	112.3500413	8.691867488	0.008863238	0.88632382
TA3	-8.465385061	112.3931056	8.896417897	0.009071822	0.907182157
TA4	-8.465385061	112.43617	9.108938155	0.009288532	0.928853192
TA5	-8.465385061	112.4792344	9.329567447	0.009513511	0.951351119
TA6	-8.465385061	112.5222988	9.558436003	0.009746892	0.974689216
TA7	-8.465385061	112.5653632	43.46669837	0.044323697	4.432369705
TA8	-8.465385061	112.6084275	43.27419647	0.0441274	4.412739974
TA9	-8.465385061	112.6514919	42.98398106	0.043831462	4.383146239
TA10	-8.465385061	112.6945563	42.60088299	0.043440811	4.344081107
TA11	-8.465385061	112.7376207	42.13108015	0.042961745	4.29617455
TA12	-8.465385061	112.7806851	41.58184598	0.042401683	4.240168251
TA13	-8.465385061	112.8237494	40.96127196	0.041768873	4.176887312
TA14	-8.465385061	112.8668138	40.27798302	0.041072112	4.107211231
TA15	-8.465385061	112.9098782	39.54086304	0.040320459	4.032045912
TA16	-8.465385061	112.9529426	38.75880414	0.039522981	3.952298098
TA17	-8.416006316	112.3069769	41.70555362	0.042527829	4.25278292
TA18	-8.416006316	112.3500413	42.06350456	0.042892838	4.289283757
TA19	-8.416006316	112.3931056	42.33942118	0.043174194	4.317419423
TA20	-8.416006316	112.43617	42.5291193	0.043367632	4.336763247
TA21	-8.416006316	112.4792344	42.62296575	0.043463329	4.346332922
TA22	-8.416006316	112.5222988	42.63945527	0.043480144	4.348014385
TA23	-8.416006316	112.5653632	42.55835777	0.043397447	4.339744742
TA24	-8.416006316	112.6084275	42.38764224	0.043223366	4.322336602
TA25	-8.416006316	112.6514919	42.12996555	0.042960609	4.296060892
TA26	-8.416006316	112.6945563	41.7892568	0.042613183	4.261318269
TA27	-8.416006316	112.7376207	41.37056359	0.042186234	4.218623443
TA28	-8.416006316	112.7806851	40.87986304	0.041685859	4.168585913
TA29	-8.416006316	112.8237494	40.32385088	0.041118885	4.111888451
TA30	-8.416006316	112.8668138	39.70972184	0.040492647	4.049264717
TA31	-8.416006316	112.9098782	39.04495398	0.039814773	3.981477261
TA32	-8.416006316	112.9529426	38.33710744	0.03909297	3.909297002
TA33	-8.36662757	112.3069769	40.63183251	0.041432938	4.143293837
TA34	-8.36662757	112.3500413	40.94280319	0.04175004	4.175004022
TA35	-8.36662757	112.3931056	41.18206392	0.041994018	4.199401826
TA36	-8.36662757	112.43617	41.34633673	0.04216153	4.216152991
TA37	-8.36662757	112.4792344	41.43332583	0.042250234	4.225023411
TA38	-8.36662757	112.5222988	41.44180046	0.042258876	4.225887582
TA39	-8.36662757	112.5653632	41.37164014	0.042187332	4.218733221
TA40	-8.36662757	112.6084275	41.22383918	0.042036617	4.203661717
TA41	-8.36662757	112.6514919	41.00046999	0.041808844	4.180884399
TA42	-8.36662757	112.6945563	40.70460787	0.041507149	4.150714859
TA43	-8.36662757	112.7376207	40.34022257	0.041135579	4.113557899
TA44	-8.36662757	112.7806851	39.91204367	0.040698958	4.069895802
TA45	-8.36662757	112.8237494	39.42540848	0.040202728	4.020272823

TA46	-8.36662757	112.8668138	38.88610117	0.039652788	3.965278782
TA47	-8.36662757	112.9098782	38.30019182	0.039055327	3.905532656
TA48	-8.36662757	112.9529426	37.67388277	0.038416669	3.841666907
TA49	-8.317248825	112.3069769	39.33489247	0.040110428	4.011042759
TA50	-8.317248825	112.3500413	39.59872733	0.040379464	4.037946427
TA51	-8.317248825	112.3931056	39.80134125	0.040586073	4.058607297
TA52	-8.317248825	112.43617	39.94026122	0.040727732	4.072773192
TA53	-8.317248825	112.4792344	40.01376174	0.040802682	4.080268159
TA54	-8.317248825	112.5222988	40.02091994	0.040809981	4.080998092
TA55	-8.317248825	112.5653632	39.96164559	0.040749538	4.074953791
TA56	-8.317248825	112.6084275	39.83668398	0.040622113	4.062211253
TA57	-8.317248825	112.6514919	39.64759176	0.040429292	4.042929212
TA58	-8.317248825	112.6945563	39.39668689	0.04017344	4.017344036
TA59	-8.317248825	112.7376207	39.0869761	0.039857623	3.985762325
TA60	-8.317248825	112.7806851	38.72206394	0.039485516	3.94855164
TA61	-8.317248825	112.8237494	38.30604877	0.039061299	3.906129899
TA62	-8.317248825	112.8668138	37.84341092	0.03858954	3.858953967
TA 63	-8.317248825	112.9098782	37.3388987	0.03807508	3.807508038
TA64	-8.317248825	112.9529426	36.79741721	0.037522923	3.752292292
TA65	-8.267870079	112.3069769	37.86771805	0.038614326	3.861432604
TA66	-8.267870079	112.3500413	38.08628867	0.038837206	3.883720605
TA67	-8.267870079	112.3931056	38.2383195	0.038992234	3.899223435
TA68	-8.267870079	112.43617	38.36855067	0.039125033	3.912503319
TA69	-8.267870079	112.4792344	38.42919551	0.039186874	3.918687371
TA70	-8.267870079	112.5222988	38.43509981	0.039192894	3.919289442
TA71	-8.267870079	112.5653632	38.38619844	0.039143029	3.91430289
TA72	-8.267870079	112.6084275	38.28302962	0.039037826	3.903782599
TA73	-8.267870079	112.6514919	38.12671972	0.038878434	3.887843425
TA74	-8.267870079	112.6945563	37.91895175	0.03866657	3.866656988
TA75	-8.267870079	112.7376207	37.66191927	0.03840447	3.840446969
TA76	-8.267870079	112.7806851	37.35826816	0.038094832	3.809483173
TA77	-8.267870079	112.8237494	37.01102912	0.037740746	3.774074645
TA78	-8.267870079	112.8668138	36.62354402	0.037345622	3.734562161
TA79	-8.267870079	112.9098782	36.19938944	0.036913104	3.691310431
TA80	-8.267870079	112.9529426	35.74230039	0.036447003	3.64470032
TA81	-8.218491334	112.3069769	36.28237151	0.036997722	3.699772247
TA82	-8.218491334	112.3500413	36.45901791	0.037177852	3.717785167
TA83	-8.218491334	112.3931056	36.59418507	0.037315684	3.731568382
TA84	-8.218491334	112.43617	36.68661566	0.037409937	3.740993679
TA85	-8.218491334	112.4792344	36.73543876	0.037459722	3.745972249
TA86	-8.218491334	112.5222988	36.74019066	0.037464568	3.746456808
TA87	-8.218491334	112.5653632	36.70082608	0.037424427	3.742442738
TA88	-8.218491334	112.6084275	36.61771931	0.037339682	3.733968206
TA89	-8.218491334	112.6514919	36.49165508	0.037211132	3.721113232
TA90	-8.218491334	112.6945563	36.32380978	0.037039978	3.703997775

TA91	-8.218491334	112.7376207	36.11572374	0.036827789	3.682778904
TA92	-8.218491334	112.7806851	35.86926587	0.036576472	3.657647196
TA93	-8.218491334	112.8237494	35.58659225	0.036288225	3.628822508
TA94	-8.218491334	112.8668138	35.27010019	0.035965493	3.5965493
TA95	-8.218491334	112.9098782	34.92237978	0.035610917	3.561091686
TA96	-8.218491334	112.9529426	34.54616454	0.035227284	3.522728408
TA97	-8.169112588	112.3069769	34.62647586	0.035309179	3.530917883
TA98	-8.169112588	112.3500413	34.76543903	0.035450882	3.545088183
TA99	-8.169112588	112.3931056	34.87159502	0.035559131	3.555913081
TA100	-8.169112588	112.43617	34.94409899	0.035633064	3.563306429
TA101	-8.169112588	112.4792344	34.98236771	0.035672088	3.567208752
TA102	-8.169112588	112.5222988	34.9860913	0.035675885	3.567588453
TA103	-8.169112588	112.5653632	34.95523952	0.035644424	3.564442447
TA104	-8.169112588	112.6084275	34.89006242	0.035577962	3.557796232
TA105	-8.169112588	112.6514919	34.79108524	0.035477034	3.547703369
TA106	-8.169112588	112.6945563	34.65909776	0.035342444	3.534244391
TA107	-8.169112588	112.7376207	34.49513858	0.035175252	3.517525208
TA108	-8.169112588	112.7806851	34.30047489	0.03497675	3.497675036
TA109	-8.169112588	112.8237494	34.07657844	0.03474844	3.474843952
TA110	-8.169112588	112.8668138	33.82509862	0.034492001	3.449200147
TA111	-8.169112588	112.9098782	33.54783355	0.03420927	3.420926978
TA112	-8.169112588	112.9529426	33.24670002	0.033902199	3.390219904
TA113	-8.119733843	112.3069769	32.94107867	0.033590552	3.359055199
TA114	-8.119733843	112.3500413	33.0470068	0.033698569	3.369856862
TA115	-8.119733843	112.3931056	33.12780289	0.033780958	3.378095771
TA116	-8.119733843	112.43617	33.18292455	0.033837166	3.383716616
TA117	-8.119733843	112.4792344	33.21199845	0.033866813	3.386681328
TA118	-8.119733843	112.5222988	33.21482662	0.033869697	3.386969722
TA119	-8.119733843	112.5653632	33.19138978	0.033845798	3.384579829
TA120	-8.119733843	112.6084275	33.14184762	0.033795279	3.379527935
TA121	-8.119733843	112.6514919	33.06653614	0.033718483	3.371848301
TA122	-8.119733843	112.6945563	32.96596205	0.033615926	3.361592598
TA123	-8.119733843	112.7376207	32.84079434	0.03348829	3.348829044
TA124	-8.119733843	112.7806851	32.69185347	0.033336413	3.333641302
TA125	-8.119733843	112.8237494	32.52009834	0.033161272	3.316127152
TA126	-8.119733843	112.8668138	32.32661154	0.03296397	3.29639699
TA127	-8.119733843	112.9098782	32.11258318	0.032745722	3.274572171
TA128	-8.119733843	112.9529426	31.87929396	0.032507833	3.250783291
TA129	-8.070355098	112.3069769	31.25975414	0.031876078	3.187607811
TA130	-8.070355098	112.3500413	31.33732233	0.031955176	3.195517565
TA131	-8.070355098	112.3931056	31.39640461	0.032015423	3.201542281
TA132	-8.070355098	112.43617	31.43667152	0.032056484	3.205648363
TA133	-8.070355098	112.4792344	31.45784969	0.032078079	3.207807936
TA134	-8.070355098	112.5222988	31.45996115	0.032080232	3.208023244
TA135	-8.070355098	112.5653632	31.44285252	0.032062786	3.20627865

TA136	-8.070355098	112.6084275	31.40666757	0.032025888	3.202588812
TA137	-8.070355098	112.6514919	31.35160973	0.031969745	3.196974474
TA138	-8.070355098	112.6945563	31.27798656	0.03189467	3.189467
TA139	-8.070355098	112.7376207	31.18620565	0.03180108	3.180107952
TA140	-8.070355098	112.7806851	31.07676922	0.031689485	3.168948542
TA141	-8.070355098	112.8237494	30.95026766	0.03156049	3.156048973
TA142	-8.070355098	112.8668138	30.80737204	0.031414777	3.141477675
TA143	-8.070355098	112.9098782	30.64882584	0.031253105	3.125310462
TA144	-8.070355098	112.9529426	30.47543615	0.031076296	3.107629634
TA145	-8.020976352	112.3069769	29.60863993	0.03019241	3.019241018
TA146	-8.020976352	112.3500413	29.66228923	0.030247117	3.024711724
TA147	-8.020976352	112.3931056	29.70310174	0.030288734	3.028873442
TA148	-8.020976352	112.43617	29.73089172	0.030317072	3.031707231
TA149	-8.020976352	112.4792344	29.74553206	0.030332001	3.033200131
TA150	-8.020976352	112.5222988	29.74695556	0.030333453	3.033345287
TA151	-8.020976352	112.5653632	29.73515568	0.03032142	3.032142034
TA152	-8.020976352	112.6084275	29.71018661	0.030295959	3.029595898
TA153	-8.020976352	112.6514919	29.67216265	0.030257185	3.025718533
TA154	-8.020976352	112.6945563	29.62125708	0.030205276	3.020527609
TA155	-8.020976352	112.7376207	29.55770027	0.030140466	3.014046618
TA156	-8.020976352	112.7806851	29.48177733	0.030063046	3.006304633
TA157	-8.020976352	112.8237494	29.39382521	0.02997336	2.997336013
TA158	-8.020976352	112.8668138	29.29422928	0.029871801	2.987180054
TA159	-8.020976352	112.9098782	29.18341961	0.029758806	2.975880613
TA160	-8.020976352	112.9529426	29.06186679	0.029634857	2.963485675
TA161	-7.971597607	112.3069769	28.00707341	0.028559267	2.855926683
TA162	-7.971597607	112.3500413	28.04085438	0.028593714	2.859371384
TA163	-7.971597607	112.3931056	28.0665238	0.028619889	2.861988936
TA164	-7.971597607	112.43617	28.08398841	0.028637698	2.863769831
TA165	-7.971597607	112.4792344	28.09318452	0.028647076	2.864707573
TA166	-7.971597607	112.5222988	28.0940785	0.028647987	2.864798734
TA167	-7.971597607	112.5653632	28.08666708	0.02864043	2.864042979
TA168	-7.971597607	112.6084275	28.07097728	0.028624431	2.862443065
TA169	-7.971597607	112.6514919	28.04706663	0.028600049	2.860004857
TA170	-7.971597607	112.6945563	28.01502181	0.028567372	2.856737195
TA171	-7.971597607	112.7376207	27.97495891	0.028526519	2.852651916
TA172	-7.971597607	112.7806851	27.92702204	0.028477637	2.847763715
TA173	-7.971597607	112.8237494	27.87138236	0.0284209	2.842090047
TA174	-7.971597607	112.8668138	27.80823678	0.02835651	2.83565099
TA175	-7.971597607	112.9098782	27.73780646	0.028284691	2.828469096
TA176	-7.971597607	112.9529426	27.66033525	0.028205692	2.820569231
TA177	-7.922218861	112.3069769	26.46953817	0.026991417	2.699141722
TA178	-7.922218861	112.3500413	26.48603564	0.02700824	2.700823996
TA179	-7.922218861	112.3931056	26.49931846	0.027021785	2.702178467
TA180	-7.922218861	112.43617	26.50834917	0.027030993	2.703099343

TA181	-7.922218861	112.4792344	26.51310225	0.02703584	2.703584022
TA182	-7.922218861	112.5222988	26.51356423	0.027036311	2.703631131
TA183	-7.922218861	112.5653632	26.50973381	0.027032405	2.703240537
TA184	-7.922218861	112.6084275	26.50162184	0.027024133	2.702413346
TA185	-7.922218861	112.6514919	26.48925126	0.027011519	2.701151898
TA186	-7.922218861	112.6945563	26.47265696	0.026994598	2.69945975
TA187	-7.922218861	112.7376207	26.45188565	0.026973417	2.697341666
TA188	-7.922218861	112.7806851	26.42699557	0.026948036	2.694803584
TA189	-7.922218861	112.8237494	26.3980562	0.026918526	2.69185259
TA190	-7.922218861	112.8668138	26.36514791	0.026884969	2.688496878
TA191	-7.922218861	112.9098782	26.32836151	0.026847457	2.684745709
TA192	-7.922218861	112.9529426	26.28779788	0.026806094	2.68060937
TA193	-7.872840116	112.3069769	25.00170915	0.025494648	2.549464817
TA194	-7.872840116	112.3500413	25.0060241	0.025499048	2.54990482
TA195	-7.872840116	112.3931056	25.00929685	0.025502385	2.550238547
TA196	-7.872840116	112.43617	25.01152053	0.025504653	2.5504653
TA197	-7.872840116	112.4792344	25.01269045	0.025505846	2.550584598
TA198	-7.872840116	112.5222988	25.01280415	0.025505962	2.550596192
TA199	-7.872840116	112.5653632	25.01186138	0.025505001	2.550500057
TA200	-7.872840116	112.6084275	25.00986413	0.025502964	2.550296394
TA201	-7.872840116	112.6514919	25.00681662	0.025499856	2.549985634
TA202	-7.872840116	112.6945563	25.00272524	0.025495684	2.54956843
TA203	-7.872840116	112.7376207	24.99759661	0.025490455	2.549045455
TA204	-7.872840116	112.7806851	24.99144748	0.025484184	2.548418418
TA205	-7.872840116	112.8237494	24.98428478	0.02547688	2.547688026
TA206	-7.872840116	112.8668138	24.97612549	0.02546856	2.54685601
TA207	-7.872840116	112.9098782	24.96698667	0.025459241	2.54592411
TA208	-7.872840116	112.9529426	24.95688741	0.025448943	2.544894272
TA209	-7.823461371	112.3069769	23.61146105	0.02407699	2.407698964
TA210	-7.823461371	112.3500413	23.60522894	0.024070635	2.407063466
TA211	-7.823461371	112.3931056	23.60050566	0.024065818	2.406581826
TA212	-7.823461371	112.43617	23.59729819	0.024062548	2.406254755
TA213	-7.823461371	112.4792344	23.59561125	0.024060827	2.406082735
TA214	-7.823461371	112.5222988	23.59544733	0.02406066	2.406066019
TA215	-7.823461371	112.5653632	23.59680667	0.024062046	2.406204634
TA216	-7.823461371	112.6084275	23.59968727	0.024064984	2.406498373
TA217	-7.823461371	112.6514919	23.60408488	0.024069468	2.406946804
TA218	-7.823461371	112.6945563	23.60999301	0.024075493	2.407549266
TA219	-7.823461371	112.7376207	23.61740293	0.024083049	2.408304868
TA220	-7.823461371	112.7806851	23.62630367	0.024092125	2.409212491
TA221	-7.823461371	112.8237494	23.63668201	0.024102708	2.410270787
TA222	-7.823461371	112.8668138	23.64852251	0.024114782	2.411478182
TA223	-7.823461371	112.9098782	23.66180749	0.024128329	2.412832873
TA224	-7.823461371	112.9529426	23.67651706	0.024143328	2.414332831
TA225	-7.774082625	112.3069769	22.29976704	0.022739434	2.2739434

TA226	-7.774082625	112.3500413	22.28519683	0.022724577	2.272457652
TA227	-7.774082625	112.3931056	22.27416144	0.022713324	2.271332355
TA228	-7.774082625	112.43617	22.26667113	0.022705686	2.270568556
TA229	-7.774082625	112.4792344	22.26273283	0.02270167	2.270166961
TA230	-7.774082625	112.5222988	22.26235019	0.022701279	2.270127943
TA231	-7.774082625	112.5653632	22.26552356	0.022704515	2.270451536
TA232	-7.774082625	112.6084275	22.27225	0.022711374	2.271137442
TA233	-7.774082625	112.6514919	22.2852329	0.022724613	2.27246133
TA234	-7.774082625	112.6945563	22.29633389	0.022735933	2.273593316
TA235	-7.774082625	112.7376207	22.31336689	0.022753302	2.275330199
TA236	-7.774082625	112.7806851	22.33451212	0.022774864	2.277486412
TA237	-7.774082625	112.8237494	22.35884377	0.022799675	2.27996755
TA238	-7.774082625	112.8668138	22.38664071	0.02282802	2.282802049
TA239	-7.774082625	112.9098782	22.41787618	0.022859872	2.28598718
TA240	-7.774082625	112.9529426	22.45251961	0.022895198	2.289519827
TA241	-7.72470388	112.3069769	21.06645759	0.021481808	2.148180835
TA242	-7.72470388	112.3500413	21.04538033	0.021460316	2.146031553
TA243	-7.72470388	112.3931056	21.02942567	0.021444046	2.144404631
TA244	-7.72470388	112.43617	21.01860086	0.021433008	2.143300807
TA245	-7.72470388	112.4792344	21.01291079	0.021427206	2.142720581
TA246	-7.72470388	112.5222988	21.012358	0.021426642	2.142664213
TA247	-7.72470388	112.5653632	21.01694274	0.021431317	2.143131726
TA248	-7.72470388	112.6084275	21.02666296	0.021441229	2.144122913
TA249	-7.72470388	112.6514919	21.04151429	0.021456373	2.145637327
TA250	-7.72470388	112.6945563	21.06148997	0.021476743	2.147674279
TA251	-7.72470388	112.7376207	21.08658085	0.021502328	2.150232837
TA252	-7.72470388	112.7806851	21.11677523	0.021533118	2.153311807
TA253	-7.72470388	112.8237494	21.15205882	0.021569097	2.156909732
TA254	-7.72470388	112.8668138	21.19241453	0.021610249	2.161024869
TA255	-7.72470388	112.9098782	21.2378224	0.021656552	2.165655183
TA256	-7.72470388	112.9529426	21.28825936	0.021707983	2.170798322

Lampiran 2. 3 Hasil Perhitungan Data Nilai PGA Metode Donovan

Titik	Latitude (X)	Longitude (Y)	A max (gal)	g	%
TA1	-8.465385061	112.3069769	74.963673	0.076441673	7.644167274
TA2	-8.465385061	112.3500413	76.18056527	0.077682558	7.768255752
TA3	-8.465385061	112.3931056	77.43819371	0.078964982	7.896498163
TA4	-8.465385061	112.43617	78.73681471	0.080289207	8.028920652
TA5	-8.465385061	112.4792344	80.0766372	0.081655445	8.165544523
TA6	-8.465385061	112.5222988	81.45780732	0.083063847	8.30638468
TA7	-8.465385061	112.5653632	246.6641133	0.251527395	25.15273955
TA8	-8.465385061	112.6084275	245.826727	0.250673499	25.06734991
TA9	-8.465385061	112.6514919	244.5632914	0.249385153	24.93851533
TA10	-8.465385061	112.6945563	242.8932673	0.247682203	24.76822027
TA11	-8.465385061	112.7376207	240.8421938	0.24559069	24.55906898
TA12	-8.465385061	112.7806851	238.4397889	0.243140919	24.31409186
TA13	-8.465385061	112.8237494	235.7192935	0.240366785	24.03667853
TA14	-8.465385061	112.8668138	232.7162451	0.237304528	23.73045282
TA15	-8.465385061	112.9098782	229.4673782	0.233991606	23.39916059
TA16	-8.465385061	112.9529426	226.0096149	0.230465669	23.04656686
TA17	-8.416006316	112.3069769	238.9813318	0.243693139	24.36931386
TA18	-8.416006316	112.3500413	240.5468781	0.245289552	24.52895516
TA19	-8.416006316	112.3931056	241.7522106	0.246518649	24.65186487
TA20	-8.416006316	112.43617	242.5801891	0.247362952	24.73629518
TA21	-8.416006316	112.4792344	243.0187768	0.247810187	24.78101868
TA22	-8.416006316	112.5222988	243.0615099	0.247853762	24.78537624
TA23	-8.416006316	112.5653632	242.7077555	0.247493033	24.74930333
TA24	-8.416006316	112.6084275	241.9627366	0.246733325	24.67333254
TA25	-8.416006316	112.6514919	240.8373235	0.245585723	24.55857235
TA26	-8.416006316	112.6945563	239.3476075	0.244066636	24.40666359
TA27	-8.416006316	112.7376207	237.5142892	0.242197172	24.21971715
TA28	-8.416006316	112.7806851	235.3619255	0.240002371	24.00023714
TA29	-8.416006316	112.8237494	232.9180888	0.237510351	23.75103514
TA30	-8.416006316	112.8668138	230.2124878	0.234751406	23.47514062
TA31	-8.416006316	112.9098782	227.2761036	0.231757128	23.17571277
TA32	-8.416006316	112.9529426	224.1403784	0.228559578	22.85595778
TA33	-8.36662757	112.3069769	234.2724215	0.238891386	23.88913865
TA34	-8.36662757	112.3500413	235.6382295	0.240284123	24.0284123
TA35	-8.36662757	112.3931056	236.6879545	0.241354545	24.13545446
TA36	-8.36662757	112.43617	237.4081183	0.242088907	24.20889073
TA37	-8.36662757	112.4792344	237.7892903	0.242477595	24.24775946
TA38	-8.36662757	112.5222988	237.826418	0.242515454	24.25154543
TA39	-8.36662757	112.5653632	237.5190068	0.242201982	24.22019821
TA40	-8.36662757	112.6084275	236.8711383	0.24154134	24.15413401
TA41	-8.36662757	112.6514919	235.8913241	0.240542208	24.05422077
TA42	-8.36662757	112.6945563	234.5922061	0.239217476	23.9217476
TA43	-8.36662757	112.7376207	232.9901242	0.237583807	23.75838071
TA44	-8.36662757	112.7806851	231.1045787	0.235661086	23.56610858
TA45	-8.36662757	112.8237494	228.9576226	0.2334718	23.34717999

TA46	-8.36662757	112.8668138	226.5732165	0.231040382	23.10403823
TA47	-8.36662757	112.9098782	223.9765822	0.228392552	22.83925522
TA48	-8.36662757	112.9529426	221.1935828	0.225554683	22.55546826
TA49	-8.317248825	112.3069769	228.5578051	0.233064099	23.30640995
TA50	-8.317248825	112.3500413	229.7227696	0.234252033	23.42520327
TA51	-8.317248825	112.3931056	230.6165534	0.235163438	23.51634385
TA52	-8.317248825	112.43617	231.228939	0.235787898	23.5787898
TA53	-8.317248825	112.4792344	231.5528034	0.236118148	23.61181478
TA54	-8.317248825	112.5222988	231.5843393	0.236150305	23.61503055
TA55	-8.317248825	112.5653632	231.3231746	0.235883992	23.58839916
TA56	-8.317248825	112.6084275	230.7723837	0.235322341	23.53223412
TA57	-8.317248825	112.6514919	229.9383915	0.234471906	23.44719058
TA58	-8.317248825	112.6945563	228.830773	0.233342449	23.33424493
TA59	-8.317248825	112.7376207	227.461963	0.231946652	23.19466515
TA60	-8.317248825	112.7806851	225.8468926	0.230299738	23.0299738
TA61	-8.317248825	112.8237494	224.0025715	0.228419054	22.84190539
TA62	-8.317248825	112.8668138	221.9476386	0.226323606	22.63236055
TA 63	-8.317248825	112.9098782	219.7019033	0.224033593	22.40335928
TA64	-8.317248825	112.9529426	217.2858953	0.22156995	22.15699503
TA65	-8.267870079	112.3069769	222.0557095	0.226433807	22.64338072
TA66	-8.267870079	112.3500413	223.0269664	0.227424214	22.74242136
TA67	-8.267870079	112.3931056	223.7708443	0.228182758	22.81827579
TA68	-8.267870079	112.43617	224.2798726	0.228701822	22.87018223
TA69	-8.267870079	112.4792344	224.5488628	0.228976116	22.8976116
TA70	-8.267870079	112.5222988	224.5750476	0.229002817	22.90028171
TA71	-8.267870079	112.5653632	224.3581566	0.22878165	22.87816498
TA72	-8.267870079	112.6084275	223.9004238	0.228314892	22.83148922
TA73	-8.267870079	112.6514919	223.2065267	0.227607314	22.76073141
TA74	-8.267870079	112.6945563	222.2834594	0.226666047	22.66660474
TA75	-8.267870079	112.7376207	221.140348	0.225500398	22.55003982
TA76	-8.267870079	112.7806851	219.7882165	0.224121608	22.41216078
TA77	-8.267870079	112.8237494	218.2397146	0.222542575	22.25425753
TA78	-8.267870079	112.8668138	216.5099212	0.220778677	22.07786769
TA79	-8.267870079	112.9098782	214.610535	0.218841842	21.8841842
TA80	-8.267870079	112.9529426	212.5605654	0.216751455	21.67514548
TA81	-8.218491334	112.3069769	214.9822166	0.219220852	21.92208518
TA82	-8.218491334	112.3500413	215.7729409	0.220027166	22.00271662
TA83	-8.218491334	112.3931056	216.3775482	0.220643694	22.0643694
TA84	-8.218491334	112.43617	216.7907736	0.221065067	22.10650667
TA85	-8.218491334	112.4792344	217.0089732	0.221287568	22.12875683
TA86	-8.218491334	112.5222988	217.0302077	0.221309221	22.13092215
TA87	-8.218491334	112.5653632	216.8542877	0.221129833	22.1129833
TA88	-8.218491334	112.6084275	216.4827786	0.220750999	22.07509992
TA89	-8.218491334	112.6514919	215.9189631	0.220176067	22.01760674
TA90	-8.218491334	112.6945563	215.1677663	0.21941006	21.94100598

TA91	-8.218491334	112.7376207	214.2356432	0.218459559	21.84595588
TA92	-8.218491334	112.7806851	213.1304362	0.217332561	21.73325613
TA93	-8.218491334	112.8237494	211.8612074	0.216038308	21.60383081
TA94	-8.218491334	112.8668138	210.4380524	0.214587094	21.45870939
TA95	-8.218491334	112.9098782	208.8719039	0.212990067	21.29900668
TA96	-8.218491334	112.9529426	207.1743302	0.211259023	21.12590234
TA97	-8.169112588	112.3069769	207.5369861	0.21162883	21.16288295
TA98	-8.169112588	112.3500413	208.1641422	0.212268351	21.22683508
TA99	-8.169112588	112.3931056	208.6429391	0.212756588	21.27565877
TA100	-8.169112588	112.43617	208.9698078	0.213089901	21.3089901
TA101	-8.169112588	112.4792344	209.1422862	0.21326578	21.32657801
TA102	-8.169112588	112.5222988	209.1590668	0.213282892	21.32828915
TA103	-8.169112588	112.5653632	209.0200219	0.213141105	21.31411052
TA104	-8.169112588	112.6084275	208.7262067	0.212841497	21.2841497
TA105	-8.169112588	112.6514919	208.2798382	0.212386328	21.23863278
TA106	-8.169112588	112.6945563	207.684252	0.211778999	21.17789989
TA107	-8.169112588	112.7376207	206.9438389	0.211023988	21.10239877
TA108	-8.169112588	112.7806851	206.0639621	0.210126763	21.01267631
TA109	-8.169112588	112.8237494	205.0508598	0.209093686	20.90936862
TA110	-8.169112588	112.8668138	203.9115354	0.207931899	20.79318987
TA111	-8.169112588	112.9098782	202.6536393	0.206649202	20.66492016
TA112	-8.169112588	112.9529426	201.2853457	0.20525393	20.52539304
TA113	-8.119733843	112.3069769	199.8943792	0.203835539	20.38355394
TA114	-8.119733843	112.3500413	200.3767465	0.204327417	20.43274171
TA115	-8.119733843	112.3931056	200.7444873	0.204702408	20.47024084
TA116	-8.119733843	112.43617	200.995277	0.204958143	20.49581427
TA117	-8.119733843	112.4792344	201.1275256	0.205092999	20.50929987
TA118	-8.119733843	112.5222988	201.140389	0.205106116	20.51061157
TA119	-8.119733843	112.5653632	201.0337849	0.20499741	20.49974098
TA120	-8.119733843	112.6084275	200.8083944	0.204767575	20.47675755
TA121	-8.119733843	112.6514919	200.4656508	0.204418074	20.44180743
TA122	-8.119733843	112.6945563	200.0077171	0.203951112	20.39511118
TA123	-8.119733843	112.7376207	199.437451	0.203369602	20.33696023
TA124	-8.119733843	112.7806851	198.7583611	0.202677123	20.26771233
TA125	-8.119733843	112.8237494	197.9745534	0.201877862	20.18778619
TA126	-8.101974093	112.6189946	197.5169189	0.201411205	20.14112046
TA127	-8.098792829	112.6176677	197.0937144	0.200979656	20.09796561
TA128	-8.095611565	112.6163408	196.6705099	0.200548108	20.05481075
TA129	-8.092430301	112.6150139	196.2473053	0.200116559	20.0116559
TA130	-8.089249038	112.6136869	195.8241008	0.19968501	19.96850105
TA131	-8.086067774	112.61236	195.4008963	0.199253462	19.9253462
TA132	-8.08288651	112.6110331	194.9776918	0.198821913	19.88219134
TA133	-8.079705247	112.6097062	194.5544872	0.198390365	19.83903649
TA134	-8.076523983	112.6083793	194.1312827	0.197958816	19.79588164
TA135	-8.073342719	112.6070524	193.7080782	0.197527268	19.75272679

TA136	-8.070355098	112.6084275	192.8748219	0.196677583	19.6677583
TA137	-8.070355098	112.6514919	192.6217917	0.196419564	19.6419564
TA138	-8.070355098	112.6945563	192.2833119	0.196074411	19.60744106
TA139	-8.070355098	112.7376207	191.8611457	0.195643921	19.56439209
TA140	-8.070355098	112.7806851	191.3574676	0.195130312	19.51303122
TA141	-8.070355098	112.8237494	190.7748366	0.194536194	19.45361939
TA142	-8.070355098	112.8668138	190.1161653	0.193864536	19.38645361
TA143	-8.070355098	112.9098782	189.3846857	0.193118634	19.31186345
TA144	-8.070355098	112.9529426	188.5839121	0.192302073	19.23020727
TA145	-8.020976352	112.3069769	184.5677628	0.18820674	18.82067401
TA146	-8.020976352	112.3500413	184.8169771	0.188460868	18.8460868
TA147	-8.020976352	112.3931056	185.006504	0.188654132	18.86541316
TA148	-8.020976352	112.43617	185.135528	0.188785699	18.87856995
TA149	-8.020976352	112.4792344	185.2034913	0.188855003	18.88550028
TA150	-8.020976352	112.5222988	185.2100992	0.188861741	18.8861741
TA151	-8.020976352	112.5653632	185.1553228	0.188805885	18.88058846
TA152	-8.020976352	112.6084275	185.03394	0.188682109	18.86821086
TA153	-8.020976352	112.6514919	184.8628323	0.188507627	18.85076273
TA154	-8.020976352	112.6945563	184.6263803	0.188266513	18.82665133
TA155	-8.020976352	112.7376207	184.331056	0.187965366	18.79653664
TA156	-8.020976352	112.7806851	183.9781127	0.187605464	18.76054644
TA157	-8.020976352	112.8237494	183.5690329	0.187188319	18.7188319
TA158	-8.020976352	112.8668138	183.1055138	0.186715661	18.67156611
TA159	-8.020976352	112.9098782	182.5892523	0.186189221	18.61892209
TA160	-8.020976352	112.9529426	182.0229266	0.185611729	18.56117294
TA161	-7.971597607	112.3069769	177.0874012	0.180578894	18.05788941
TA162	-7.971597607	112.3500413	177.2460184	0.180740639	18.07406386
TA163	-7.971597607	112.3931056	177.3665233	0.180863519	18.08635194
TA164	-7.971597607	112.43617	177.4484985	0.180947111	18.09471109
TA165	-7.971597607	112.4792344	177.4916591	0.180991122	18.09911225
TA166	-7.971597607	112.5222988	177.4958548	0.180995401	18.09954009
TA167	-7.971597607	112.5653632	177.4610708	0.180959931	18.09599311
TA168	-7.971597607	112.6084275	177.3874284	0.180884837	18.08848367
TA169	-7.971597607	112.6514919	177.2751837	0.180770379	18.0770379
TA170	-7.971597607	112.6945563	177.1247259	0.180616955	18.06169547
TA171	-7.971597607	112.7376207	176.9365742	0.180425093	18.04250934
TA172	-7.971597607	112.7806851	176.7113742	0.180195453	18.01954533
TA173	-7.971597607	112.8237494	176.4498931	0.179928817	17.99288168
TA174	-7.971597607	112.8668138	176.1530142	0.179626085	17.96260845
TA175	-7.971597607	112.9098782	175.8217309	0.17928827	17.92882696
TA176	-7.971597607	112.9529426	175.4571393	0.17891649	17.89164896
TA177	-7.922218861	112.3069769	169.8226098	0.173170869	17.31708685
TA178	-7.922218861	112.3500413	169.9056921	0.173255589	17.32555889
TA179	-7.922218861	112.3931056	169.9687549	0.173319895	17.33198951
TA180	-7.922218861	112.43617	169.9687549	0.173319895	17.33198951

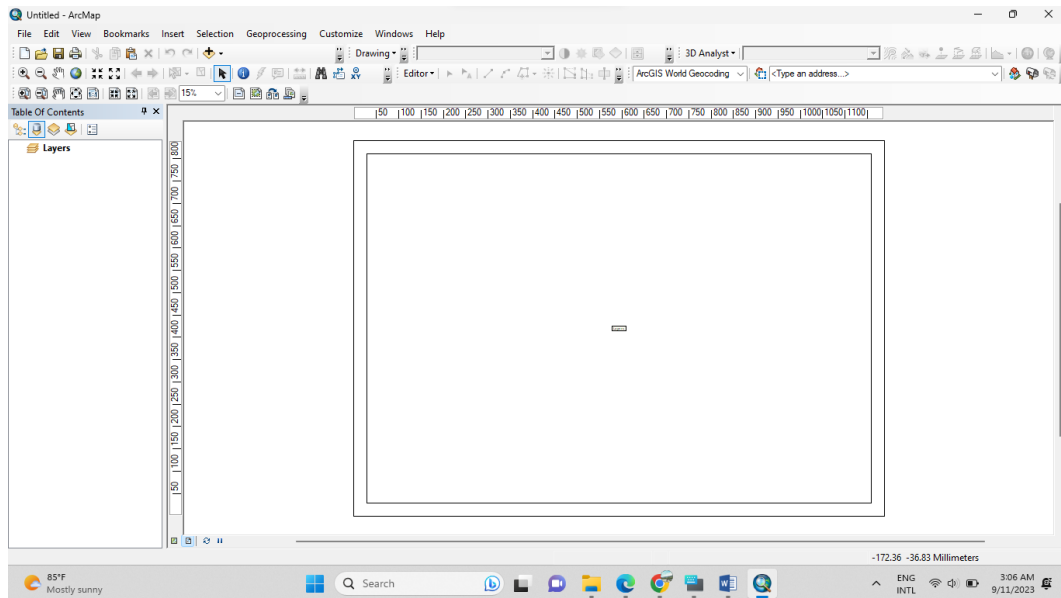
TA181	-7.922218861	112.4792344	170.0341894	0.17338662	17.33866197
TA182	-7.922218861	112.5222988	170.0363824	0.173388856	17.33888559
TA183	-7.922218861	112.5653632	170.0181994	0.173370314	17.33703144
TA184	-7.922218861	112.6084275	169.97969	0.173331046	17.33310458
TA185	-7.922218861	112.6514919	169.9209594	0.173271157	17.32711572
TA186	-7.922218861	112.6945563	169.8421678	0.173190812	17.31908122
TA187	-7.922218861	112.7376207	169.7435294	0.173090229	17.3090229
TA188	-7.922218861	112.7806851	169.6253115	0.17296968	17.29696803
TA189	-7.922218861	112.8237494	169.4878331	0.172829491	17.28294913
TA190	-7.922218861	112.8668138	169.3314637	0.172670039	17.26700389
TA191	-7.922218861	112.9098782	169.1566206	0.172491749	17.24917486
TA192	-7.922218861	112.9529426	168.9637681	0.172295094	17.22950937
TA193	-7.872840116	112.3069769	162.8176683	0.166027816	16.60278161
TA194	-7.872840116	112.3500413	162.8383944	0.166048951	16.60489509
TA195	-7.872840116	112.3931056	162.854114	0.16606498	16.60649804
TA196	-7.872840116	112.43617	162.8647945	0.166075871	16.60758715
TA197	-7.872840116	112.4792344	162.8704136	0.166081601	16.60816014
TA198	-7.872840116	112.5222988	162.8709597	0.166082158	16.60821582
TA199	-7.872840116	112.5653632	162.8664316	0.166077541	16.60775409
TA200	-7.872840116	112.6084275	162.8568387	0.166067759	16.60677588
TA201	-7.872840116	112.6514919	162.8422011	0.166052833	16.60528326
TA202	-7.872840116	112.6945563	162.822549	0.166032793	16.60327931
TA203	-7.872840116	112.7376207	162.7979234	0.166007682	16.60076819
TA204	-7.872840116	112.7806851	162.7683754	0.165977551	16.59775514
TA205	-7.872840116	112.8237494	162.7339661	0.165942464	16.59424636
TA206	-7.872840116	112.8668138	162.6947669	0.165902492	16.59024916
TA207	-7.872840116	112.9098782	162.6508587	0.165857718	16.58577177
TA208	-7.872840116	112.9529426	162.6023321	0.165808234	16.58082343
TA209	-7.823461371	112.3069769	156.1007952	0.159178512	15.91785117
TA210	-7.823461371	112.3500413	156.0705045	0.159147624	15.91476238
TA211	-7.823461371	112.3931056	156.0475463	0.159124213	15.9124213
TA212	-7.823461371	112.43617	156.0319553	0.159108315	15.91083146
TA213	-7.823461371	112.4792344	156.0237552	0.159099953	15.90999528
TA214	-7.823461371	112.5222988	156.0229584	0.15909914	15.90991403
TA215	-7.823461371	112.5653632	156.0295661	0.159105878	15.91058783
TA216	-7.823461371	112.6084275	156.0435683	0.159120157	15.91201565
TA217	-7.823461371	112.6514919	156.0649438	0.159141953	15.91419535
TA218	-7.823461371	112.6945563	156.0936601	0.159171236	15.91712359
TA219	-7.823461371	112.7376207	156.1296737	0.15920796	15.92079596
TA220	-7.823461371	112.7806851	156.1729299	0.159252069	15.92520686
TA221	-7.823461371	112.8237494	156.2233627	0.159303496	15.93034958
TA222	-7.823461371	112.8668138	156.2808952	0.159362163	15.93621626
TA223	-7.823461371	112.9098782	156.3454393	0.159427979	15.94279793
TA224	-7.823461371	112.9529426	156.4168958	0.159500845	15.95008446
TA225	-7.774082625	112.3069769	149.6876662	0.15263894	15.26389401

TA226	-7.774082625	112.3500413	149.6159907	0.152565851	15.25658514
TA227	-7.774082625	112.3931056	149.5616976	0.152510488	15.25104879
TA228	-7.774082625	112.43617	149.5248427	0.152472906	15.24729063
TA229	-7.774082625	112.4792344	149.5054638	0.152453145	15.24531454
TA230	-7.774082625	112.5222988	149.503581	0.152451225	15.24512254
TA231	-7.774082625	112.5653632	149.519196	0.152467148	15.24671483
TA232	-7.774082625	112.6084275	149.5522929	0.152500898	15.25008978
TA233	-7.774082625	112.6514919	149.6028377	0.152552439	15.25524391
TA234	-7.774082625	112.6945563	149.6707783	0.152621719	15.26217192
TA235	-7.774082625	112.7376207	149.7560446	0.152708667	15.27086667
TA236	-7.774082625	112.7806851	149.858548	0.152813191	15.2813191
TA237	-7.774082625	112.8237494	149.9781815	0.152935183	15.29351833
TA238	-7.774082625	112.8668138	150.1148192	0.153074515	15.30745149
TA239	-7.774082625	112.9098782	150.2683165	0.153231039	15.32310386
TA240	-7.774082625	112.9529426	150.4385091	0.153404587	15.34045868
TA241	-7.72470388	112.3069769	143.58443	0.146415371	14.64153712
TA242	-7.72470388	112.3500413	143.47947	0.146308342	14.63083418
TA243	-7.72470388	112.3931056	143.4000042	0.146227309	14.62273092
TA244	-7.72470388	112.43617	143.3460814	0.146172323	14.61723233
TA245	-7.72470388	112.4792344	143.3177344	0.146143417	14.61434174
TA246	-7.72470388	112.5222988	143.3149804	0.146140609	14.61406091
TA247	-7.72470388	112.5653632	143.3378211	0.1461639	14.61639001
TA248	-7.72470388	112.6084275	143.3862426	0.146213276	14.62132763
TA249	-7.72470388	112.6514919	143.4602155	0.146288708	14.62887077
TA250	-7.72470388	112.6945563	143.5596944	0.146390148	14.63901479
TA251	-7.72470388	112.7376207	143.6846182	0.146517535	14.65175347
TA252	-7.72470388	112.7806851	143.8349091	0.146670789	14.66707888
TA253	-7.72470388	112.8237494	144.0104723	0.146849813	14.68498134
TA254	-7.72470388	112.8668138	144.211196	0.147054495	14.70544947
TA255	-7.72470388	112.9098782	144.4369498	0.147284699	14.72846995
TA256	-7.72470388	112.9529426	144.6875849	0.147540276	14.75402761

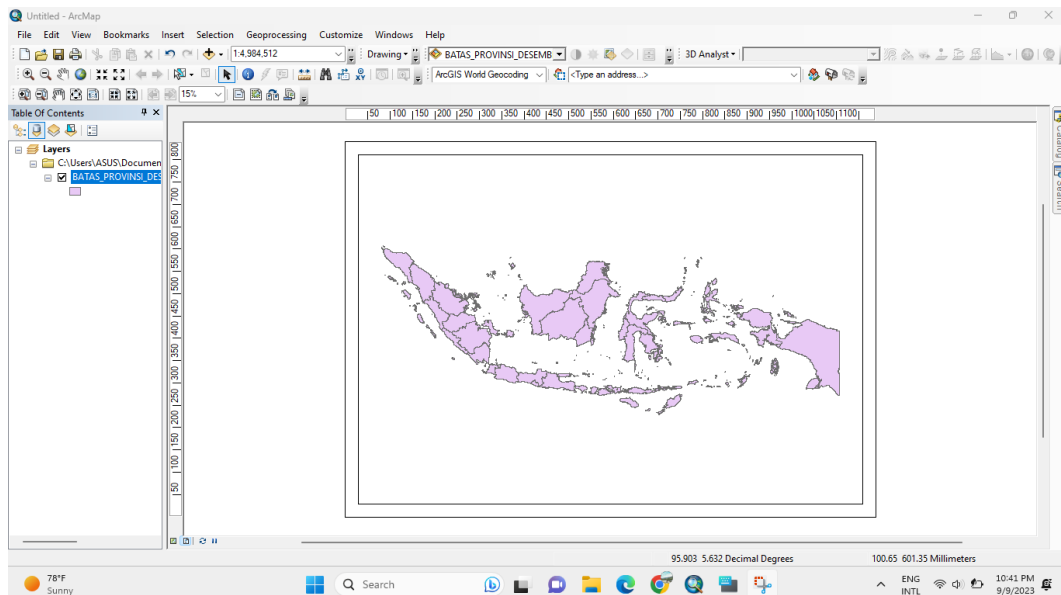
Lampiran 3. Pengolahan Data PGA Menggunakan Software Arcgis

Berikut tahapan dalam penggunaan software Arcgis untuk mengolah data:

- Langkah pertama yaitu di buka Software ArcMap 10.8 dan buka halaman baru untuk membuat layout peta.

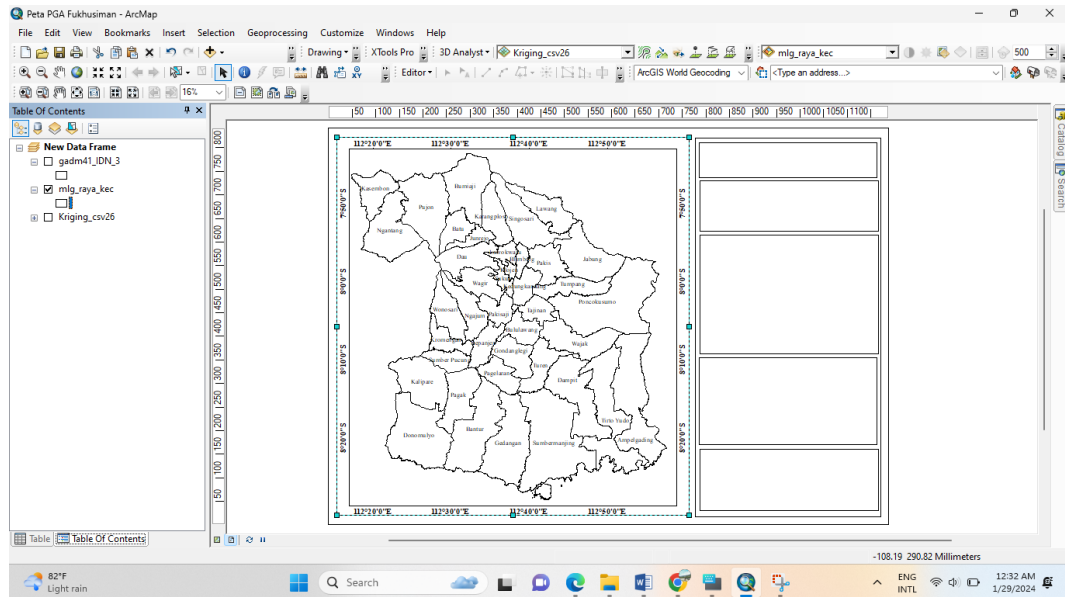


- Kemudian membuat peta dasar dengan memasukkan data administrasi batas kecamatan. Dengan mengklik kanan layers > add data > pilih file administrasi batas kecamatan petanya.

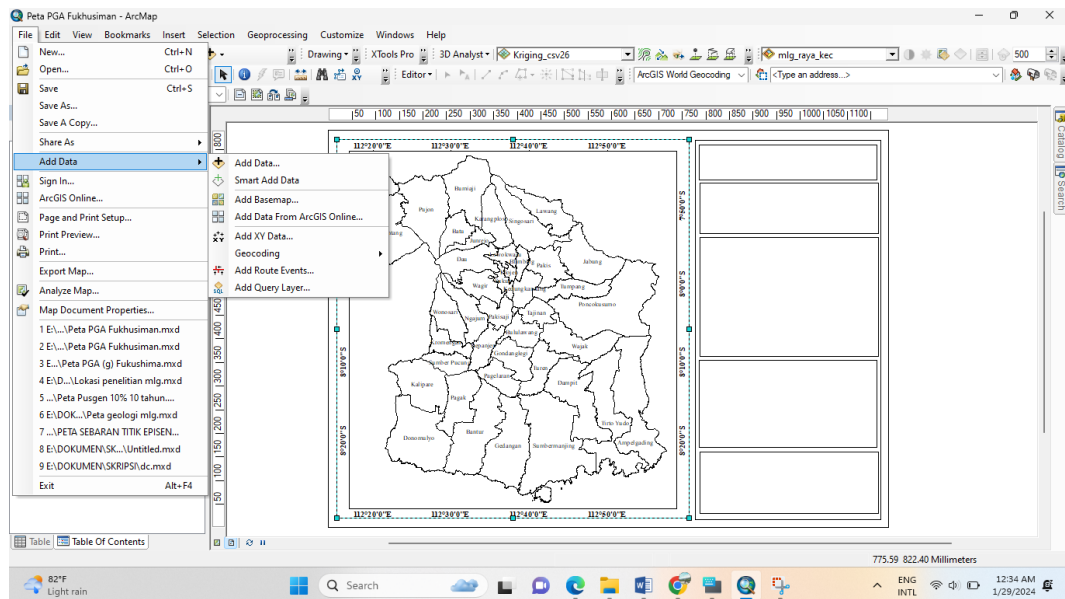


- Kemudian klik attribute pada layer data, pilih wilayah penelitian lalu export data dan diberi label pada data, diatur skalanya sampai pada daerah penelitian dan diatur

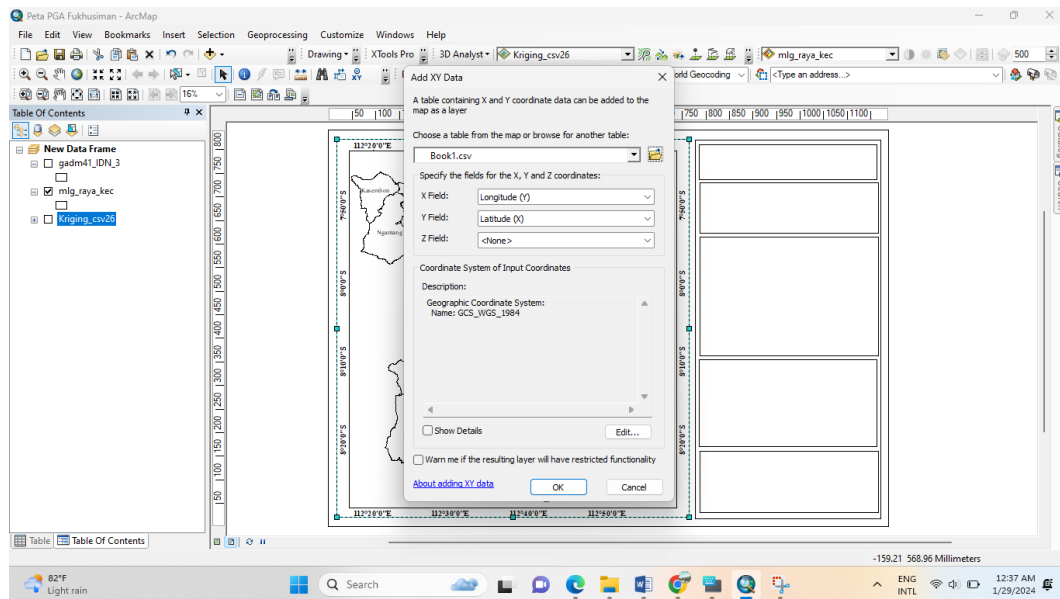
layout petanya. Sisakan beberapa jarak pada kertas tersebut yang nantinya akan digunakan sebagai keterangan peta.



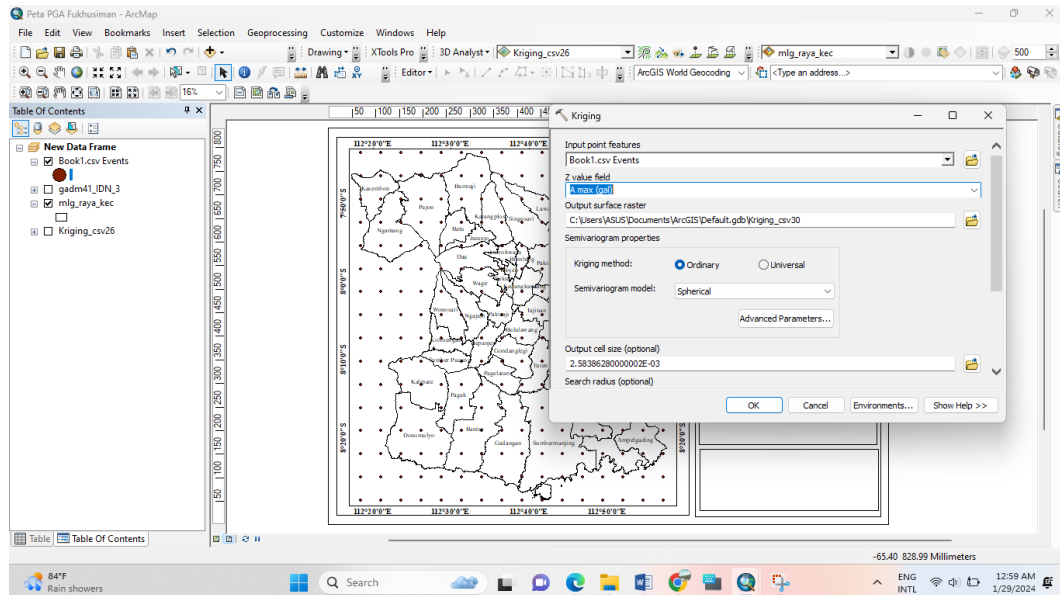
- Untuk memasukkan data nilai PGA pilih file > Add data > pilih menu “Display XY Data”.



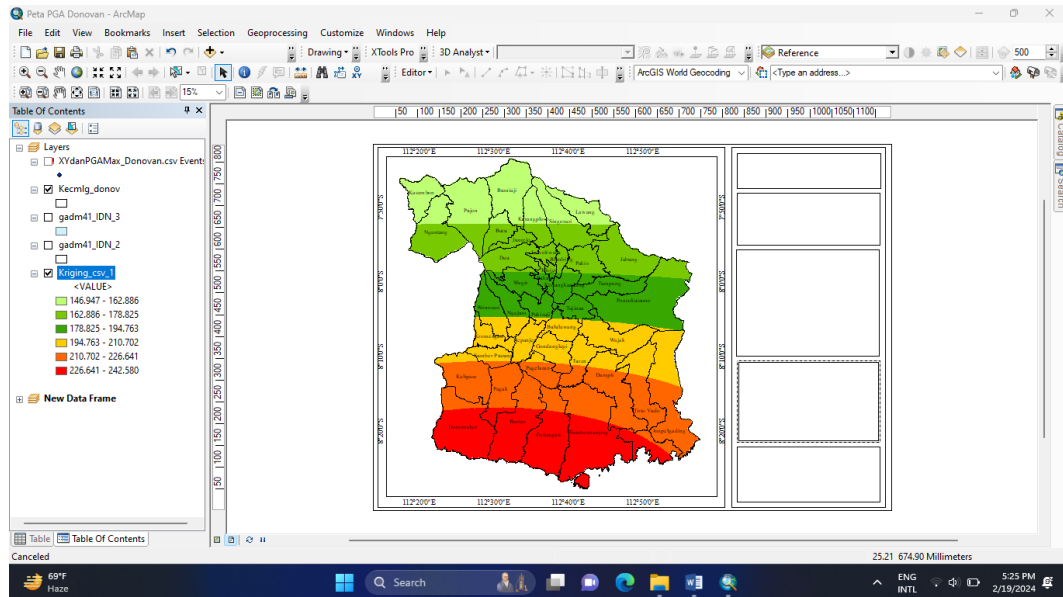
- Setelah itu masukkan data nilai PGA dan pilih GCS_WGS_1984 untuk memunculkan titik pada wilayah penelitian kemudian tekan Ok.



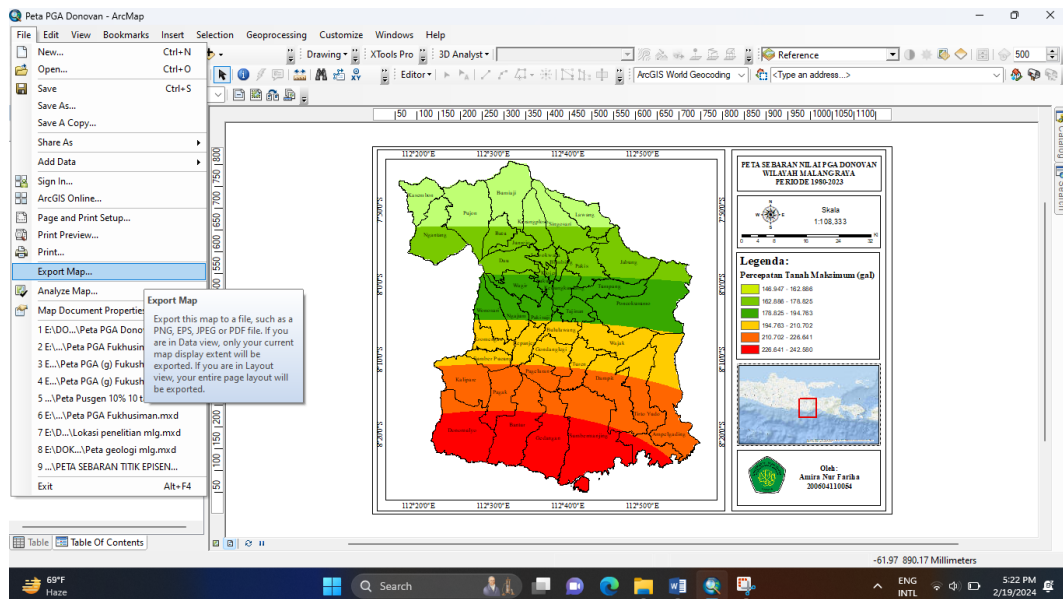
- Lalu klik Search pada sebelah kanan layar ketik Kriging dan pilih bagian Kriging (3D Analysis). Input point features > masukkan data nilai PGA > Z value field > PGA max > environments > processing Extent > snap raster > pilih data nilai PGA > raster analysis > pada bagian Mask pilih wilayah penelitian > ok.

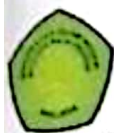


- Langkah terakhir yaitu memberikan legenda dan keterangan lainnya pada sisi sebelah kanan yang kosong.



- Untuk menyimpan dalam bentuk gambar. Pilih menu file > export map lalu simpan sesuai dengan nama, tempat dan format yang ditentukan.





KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50. Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 200604110054
 Nama : AMIRA NUR FARIHA
 Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jurusan : FISIKA
 Dosen Pembimbing 1 : Drs. ABDUL BASID, M.Si
 Dosen Pembimbing 2 : Dr. ERNA HASTUTI, M.Si
 Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : ANALISIS ZONA KERENTANAN BENCANA GEMPA BUMI BERDASARKAN NILAI PEAK GROUND ACCELERATION (PGA) MENGGUNAKAN METODE FUKUSHIMA ESTEVA DAN DONOVAN

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	04 September 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi mengenai judul skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
2	06 September 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi mengenai judul skripsi lanjutan	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
3	02 Oktober 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi mengenai laporan seminar proposal	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
4	13 Oktober 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi mengenai penelitian akhir di BMKG Karangates	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
5	17 Oktober 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi mengenai revisi laporan seminar proposal	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	27 Oktober 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi mengenai laporan revisi seminar proposal lanjutan	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
7	04 Desember 2023	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi mengenai hasil pengolahan data skripsi yang telah dilaksanakan di BMKG Karangates	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
8	11 Desember 2023	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Konsultasi mengenai integrasi pada laporan skripsi Bab 1 dan Bab 2	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
9	21 Desember 2023	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Konsultasi laporan skripsi mengenai integritasi Bab 1, Bab 2 dan Bab 4	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
10	26 Januari 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Revisi mengenai laporan skripsi integrasi bab 1, bab2 dan bab 4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
11	12 Februari 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Konsultasi mengenai revisi Bab 1, bab 2 dan bab 4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Malang, 21 Februari 2024
Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. ERNA HASTUTI, M.Si

Drs. ABDUL BASID, M.Si

