

**ANALISIS KERAWANAN BENCANA GEMPA BUMI PERMUKAAN
MENGUNAKAN METODE PSHA SEBAGAI MITIGASI
DI MALANG RAYA**

SKRIPSI

Oleh:
YORGITA NAULLY MARBUN
NIM. 19640067



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PENGAJUAN

**ANALISIS KERAWANAN BENCANA GEMPA BUMI DI PERMUKAN
MENGUNAKAN METODE PSHA SEBAGAI MITIGASI
DI MALANG RAYA**

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:
YORGITA NAULLY MARBUN
NIM. 19640067

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS KERAWANAN BENCANA GEMPA BUMI DI PERMUKAAN
MENGUNAKAN METODE PSHA SEBAGAI MITIGASI
DI MALANG RAYA**

SKRIPSI

Oleh:
YORGITA NAULLY MARBUN
NIM. 19640067

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal 21 Juni 2023

Pembimbing I



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 1965050 4199003 1 003

Pembimbing II



Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Ham Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002


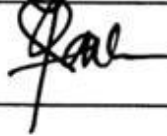
HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KERAWANAN BENCANA GEMPA BUMI DI PERMUKAAN MENGUNAKAN METODE PSHA SEBAGAI MITIGASI DI MALANG RAYA

SKRIPSI

Oleh:
Yorgita Naully Marbun
NIM. 19640067

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal, 21 Juni 2023

Penguji Utama	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	<u>Utia Hikmah, M.Si</u> NIDT. 19880605 200312 1 002	
Sekretaris Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 1965050 4199003 1 003	
Anggota Penguji I	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,

Ketua Program Studi



Dharm Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yorgita Naully Marbun

NIM : 19640067

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis Kerawanan Bencana Gempa Bumi di Permukaan
Menggunakan Metode PSHA Sebagai Mitigasi di Malang
Raya.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil skripsi yang saya buat ini benar-benar hasil karya saya sendiri, tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah orang lain, kecuali yang tertulis dalam naskah ini disebutkan dengan menyertakan sumber atau kutipan penulis dan daftar pustaka. Skripsi ini hasil dari pengambilan data penelitian dan menulis skripsi ini berdasarkan sumber atau referensi yang saya gunakan. Apabila kemudian hari hasil penelitian dan tulisan ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan ini.

Malang, 21 Juni 2023
Yang membuat Pernyataan



Yorgita Naully Marbun
NIM. 19640067

MOTTO

وَعَسَىٰ أَنْ تَكْرَهُوا شَيْئًا وَهُوَ خَيْرٌ لَّكُمْ ۗ وَعَسَىٰ أَنْ تُحِبُّوا شَيْئًا وَهُوَ شَرٌّ لَّكُمْ ۗ وَاللَّهُ يَعْلَمُ وَأَنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ
(البقرة: ٢١٦)

සැපයීම-සැපයීම හිමිවන්නා, සමස්තයේ පාලකයා.

“Remember, your task is only to strive, remain patient, and believe that Allah will give you the best because Allah is the holder of the key to success.”

“Ingatlah, tugasmu hanya berusaha, tetap bersabar, dan yakinlah bahwa Allah akan memberikan yang terbaik bagimu karena Allah adalah pemegang kunci kesuksesan.”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat, dan segenap orang yang mengikuti jejaknya. Dengan rasa hormat dan kasih sayang, karya skripsi yang banyak kekurangan ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua Herry Bachtiar Marbun dan Menik Kusminiati yang selalu memberikan motivasi, semangat, dukungan serta do'a yang tiada hentinya sampai saya bisa menyelesaikan skripsi.
2. Adik saya Javier Furqon Marbun yang selalu mendukung dan mendo'akan.
3. Keluarga di rumah yang selalu memberikan doa dan dukungan agar penulis senantiasa diberikan kelancaran.
4. Semua orang dan teman-teman yang sudah mengenalku.

Terimakasih kepada semua pihak yang telah mendo'akan serta memberi semangat dan dukungan, semoga kita semua sehat selalu serta sukses dunia dan akhirat.

Aamiin...

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi dengan judul “**Analisis Kerawanan Bencana Gempa Bumi di Permukaan Menggunakan Metode PSHA Sebagai Mitigasi di Malang Raya**” Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari zaman jahiliyah menuju zaman ilmiah seperti sekarang.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari bahwa penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Dengan ketulusan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Drs. Abdul Basid, M.Si dan Ilham S.Tr selaku Pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, motivasi dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama proses penyusunan proposal skripsi dengan baik. Oleh sebab itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih juga kepada:

1. Prof. Dr. H.M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. 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. Bapak Akhmad Abtokhi, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Integrasi Sains dan Islam yang senantiasa membantu memberikan arahan terhadap permasalahan integrasi dalam skripsi ini.

6. Bapak Ilham, S.Tr. selaku Pembimbing Lapangan yang memberikan ilmu pengalaman, pengetahuan, motivasi dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi dengan baik dan bertanggung jawab.
7. Kedua orang tua yang selalu memberikan motivasi, semangat, dukungan serta do'a yang tiada hentinya di panjatkan hingga bisa membuatku selalu optimis dalam meraih cita-cita.
8. Segenap dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.
9. Keluarga di rumah yang selalu memberikan doa dan dukungan agar penulis senantiasa diberikan kelancaran dalam melaksanakan segala hal yang selalu mendukung dan mendo'akan di setiap langkahku.
10. Teman-teman seperjuangan saya yang senantiasa memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak memberi bantuan sehingga terselesaikannya laporan ini.
12. Teman-teman seperjuangan fisika angkatan 2019 UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberi dukungan.

Malang, 18 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGAJUAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
البحث مستخلص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan	7
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Gempa Bumi	9
2.1.1 Teori Lempeng Tektonik	10
2.1.2 Tatanan Tektonik Sumber Gempa Pulau Jawa	13
2.1.3 Jenis Gempa Bumi	16
2.1.4 Gelombang Seismik	20
2.1.5 Kecepatan Gelombang Geser (V_{s30})	23
2.2 Analisis Seismic Hazard	25
2.2.1 <i>Probabilistic Seismic Hazard Analysis</i> (PSHA)	26
2.3 Percepatan Tanah	29
2.4 Fungsi Atenuasi	30
2.4.1 Persamaan GMPE BCHYDRO (2012)	32
2.5 Kondisi Geologi Malang Raya	34
2.6 Penelitian Terdahulu	36
BAB III METODOLOGI	38
3.1 Lokasi Penelitian	38
3.2 Data Penelitian	38
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	38
3.4 Peralatan Penelitian	39
3.5 Prinsip Kerja	39
3.6 Prosedur Penelitian	39

3.6.1 Data dan Lokasi Penelitian	39
3.6.2 Konversi Skala Magnitudo	41
3.6.3 Decluster Gempa Bumi	41
3.6.4 Penentuan Fungsi Atenuasi	42
3.6.5 Digitasi Sumber Gempa Bumi	42
3.6.6 Penambahan Vs sebagai Site Effect	43
3.6.7 Perhitungan Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)	43
3.6.8 Validasi Data	43
3.7 Diagram Alir	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil PSHA di Batuan Dasar	48
4.1.1 Spektra Percepatan Tanah T = 0.2 Detik di Batuan Dasar	49
4.1.2 Spektra Percepatan Tanah di Batuan Dasar pada T = 1 Detik	52
4.2 Perbedaan dengan Peta SNI 1726:2019	54
4.3 Hasil PSHA di Permukaan	56
4.3.1 Spektra Percepatan di Permukaan Pada T = 0,2 Detik	58
4.3.3 Spektra Percepatan di Permukaan Pada T = 1 Detik	61
4.5 Kondisi <i>Local Site Effect</i> Malang Raya	64
BAB V	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pergerakan Lempeng Divergen	11
Gambar 2.2 Pergerakan Lempeng Konvergen	12
Gambar 2.3 Pergerakan Lempeng Transform	13
Gambar 2.4 Lempeng Indonesia	14
Gambar 2.5 Sesar Pulau Jawa	16
Gambar 2.6 Arah Penjalaran Gelombang P	21
Gambar 2.7 Arah Penjalaran Gelombang S	21
Gambar 2.8 Arah Penjalaran Gelombang Rayleigh	22
Gambar 2.9 Arah Penjalaran Gelombang Love	23
Gambar 2.10 Peta Geologi Malang Raya	34
Gambar 3.1 Peta Wilayah Penelitian	40
Gambar 4. 1 Peta percepatan tanah di batuan dasar pada $T = 0.2$ detik	51
Gambar 4. 2 Peta percepatan tanah di batuan dasar pada spektra $T=1$ s detik	53
Gambar 4. 3 (a) Peta percepatan tanah di batuan dasar pada (SNI, 2019) (b) Peta percepatan tanah di batuan dasar.	55
Gambar 4. 4 Peta nilai percepatan tanah di permukaan pada spektra $T = 0.2$ s....	60
Gambar 4. 5 Peta nilai percepatan tanah di permukaan pada spektra $T = 1$ s.....	63
Gambar 4. 6 Kondisi Geologi Malang Lembar Malang	65
Gambar 4. 7 Peta Geologi Lembar Turen	66
Gambar 4. 8 Amplifikasi di Permukaan dan Batuan Dasar	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Intensitas Gempa Bumi (MMI)	19
Tabel 2.2 Fungsi Atenuasi yang dapat dipilih	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh menghitung PGA	74
Lampiran 2 Perhitungan Sa pada 1 titik	78
Lampiran 3 Pengolahan Data Menggunakan Software Zmap for Matlab	92
Lampiran 4 Nilai hasil pengolahan	103

ABSTRAK

Marbun, Yorgita Naully 2023. **Analisis Kerawanan Bencana Gempa Bumi di Permukaan Menggunakan Metode PSHA Sebagai Mitigasi di Malang Raya**. Skripsi. Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd (III) Ilham, S.Tr

Kata Kunci: Bencana Gempa Bumi, PSHA, Malang

Gempa bumi merupakan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia dipengaruhi oleh pergerakan lempeng yang tidak mampu menahan energi dari deformasi batuan sehingga energi dilepaskan berupa gempa bumi. Malang Raya merupakan wilayah yang sangat berpotensi terhadap bencana gempa bumi karena berdekatan dengan zona subduksi pertemuan lempeng aktif Indoaustralia dengan lempeng Eurasia. Malang Raya terletak di metrolopolitan Jawa Timur yang berpenduduk padat, pembangunan infrastruktur yang sangat signifikan setiap tahunnya, dan berpenduduk padat. Bencana gempa bumi tidak dapat diprediksi kapan terjadinya dan seberapa kekuatannya namun dapat diantisipasi dampak bencananya dengan adanya mitigasi bencana. Tujuan penelitian ini adalah untuk memetakan nilai spektra percepatan tanah maksimum pada $T=0.2$ detik dan $T=1$ detik di Wilayah Malang Raya untuk di batuan dasar dan di permukaan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) dengan menggunakan software R Crisis. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu dengan dilakukannya decluster data gempa sehingga menghasilkan nilai a dan b value kemudian dilakukan digitasi sumber gempa yakni sumber gempa subduksi, patahan dan background. Sebaran spektra percepatan tanah di batuan dasar menghasilkan pada $T = 0,2$ detik memiliki rentang nilai $0.302 - 0.444$ dan pada kondisi $T = 1$ detik memiliki rentang nilai $0.177 - 0.277$. Sedangkan sebaran nilai spektra di permukaan pada kondisi $T=0.2$ detik memiliki rentang antara $0.302 - 0.551$. Daerah yang menunjukkan nilai kerawanan bencana gempa bumi tertinggi terdapat pada wilayah disekitar pesisir selatan Malang Raya karena berdekatan dengan sumber gempa. Sedangkan di wilayah bagian utara juga terdapat kenaikan nilai spektra percepatan dikarenakan berdekatan dengan sumber gempa patahan..

ABSTRACT

Marbun, Yorgita Naully 2023. **Analysis of Earthquake Hazard on the Surface Using PSHA Method as Mitigation in Malang Raya**. Undergraduate Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Advisors: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd (III) Ilham, S.Tr.

Keywords: Earthquakes Hazard, PSHA, Malang

Earthquakes are natural disasters that frequently occur in Indonesia, influenced by the movement of tectonic plates that cannot withstand the energy from rock deformation, resulting in the release of seismic energy. Malang Raya is a region that is highly prone to earthquakes due to its proximity to the subduction zone where the active Indo-Australian plate meets the Eurasian plate. Malang Raya is located in the metropolitan area of East Java, densely populated with significant infrastructure development every year. Earthquakes cannot be predicted in terms of when and how strong they will be, but their impacts can be mitigated through disaster mitigation measures. The aim of this research is to map the maximum ground acceleration spectra values at $T=0.2$ seconds and $T=1$ second in the Malang Raya region, both at the bedrock and surface levels. The method used in this research is Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) using R Crisis software. The results obtained from this research include declustering earthquake data to determine the a and b values, followed by digitization of earthquake sources, including subduction earthquakes, fault earthquakes, and background earthquakes. The distribution of ground acceleration spectra at the bedrock level ranges from 0.302 to 0.444 for $T=0.2$ seconds and from 0.177 to 0.277 for $T=1$ second. Meanwhile, the distribution of spectra values at the surface level for $T=0.2$ seconds ranges from 0.302 to 0.551. The areas with the highest earthquake hazard vulnerability are found in the coastal areas of southern Malang Raya due to their proximity to earthquake sources. Additionally, there is an increase in acceleration spectra values in the northern part of the region due to its proximity to fault earthquake sources.

مستخلص البحث

ماريون ، يورغيتا ناوي . 2023 تحليل ضعف الكوارث الزلزالية على سطح الأرض باستخدام منهجية PSHA كإجراء للحد من المخاطر في مالانغ رايا .رسالة بكالوريوس .قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية ، مالانغ . المشرفون (1) : السيد عبد الباسد ، ماجستير العلوم (2) أحمد أبتوخي ، ماجستير التربية (3) إلهام ، ماجستير التدريب الرياضي

الكلمات الأساسية : الخطر الزلزالي، PSHA، مالانغ

الزلازل هو كارثة طبيعية تحدث بشكل متكرر في إندونيسيا وهي نتيجة لحركة الصفائح التي لا تستطيع تحمل طاقة تشوه الصخور، مما يؤدي إلى إطلاق الطاقة على شكل زلازل. منطقة مالانغ رايا لديها إمكانية كبيرة لحدوث زلازل بسبب قربها من منطقة الغمرة حيث تلتقي الصفائح النشطة لإندوآستراليا و صفيحة يوراسيا. تقع منطقة مالانغ رايا في متروبوليتان جاوة الشرقية التي تعتبر مكتظة السكان وتشهد بنية تحتية ضخمة تطور سنويًا وكثافة سكانية عالية. لا يمكن توقع متى وكم قوة حدوث الزلازل، ولكن يمكن التصدي لآثار الكارثة من خلال اتخاذ تدابير مواجهة الكوارث. يهدف هذا البحث إلى رسم خريطة قيم سبيكتر الإسراع الأرضي القصوى في الفترات الزمنية 0.2 ثانية و 1 ثانية في منطقة مالانغ رايا على الصخور الأساسية وعلى سطح الأرض. تم استخدام طريقة تحليل في هذا البحث. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها في R Crisis باستخدام برنامج (PSHA) المخاطر الزلزالية الاحتمالية ، ثم تم توضيح مصدر الزلازل من خلال ترصيع المصادر a و b هذا البحث أنه عند قيامنا بفصل بيانات الزلازل، حصلنا على قيمة المتعلقة بالغمرة والكسور والخلفية. أظهر توزيع سبيكتر الإسراع الأرضي على الصخور الأساسية نطاق قيم بين 0.302 و 0.444 ، ثا $T = 1$ ثانية ونطاق قيم بين 0.177 و 0.277 عند $T = 0.2$ عند

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepulauan Indonesia merupakan salah satu wilayah yang memiliki tataan tektonik yang kompleks dalam segi kegempaan. Dalam setahun kejadian gempa bumi di wilayah Indonesia setidaknya terdeteksi lebih dari 5.000 kejadian, baik yang guncangannya dapat dirasakan masyarakat maupun tidak. Indonesia secara geografis terletak di daerah khatulistiwa dengan morfologi yang beragam dari daratan, lautan sampai pegunungan tinggi. Faktor geologi, terutama aktivitas pergerakan lempeng tektonik di sekitar perairan Indonesia seperti Lempeng Indo-Australia di bagian selatan, Lempeng Eurasia di bagian utara, dan Lempeng Pasifik di bagian timur, mempengaruhi keragaman morfologi di daerah tersebut. Pergerakan terus-menerus dari Lempeng Indo-Australia ke arah utara menekan Lempeng Eurasia, yang menghasilkan berbagai bentuk morfologi.

Menurut Teori Elastic Rebound yang dinyatakan oleh Seismolog Amerika, Reid pada tahun 1910 (Reid, 1910), menyatakan bahwa gempa bumi merupakan gejala alam yang disebabkan oleh pelepasan energi regangan elastis batuan, yang disebabkan adanya deformasi batuan yang terjadi pada lapisan lithosfer. Gempa bumi (*earthquakes*) merupakan salah satu bencana alam terbesar bagi umat manusia antara kejadian alam lainnya seperti letusan gunung api dan banjir. Gempa bumi selalu datang mendadak secara mengejutkan menimbulkan kepanikan umum tidak terduga karena peristiwa yang terjadi secara tiba-tiba berbeda dengan letusan gunung api dan bencana alam lain yang selalu didahului dengan tanda-tanda atau gejala-gejala yang terjadi jauh sebelum kejadian bencana.

Gempa bumi dapat terjadi kapan saja sehingga tidak dapat mempersiapkan penyelamatan diri saat kejadian berlangsung dan sangat cepat tertimpa runtuhnya bangunan ataupun tersapu badai tsunami. Getaran yang disebabkan dari peristiwa gempa bumi bergerak secara mendadak dari suatu tubuh batuan karena proses pelepasan dari akumulasi regangan (*strain*) energi elastis batuan. Pulau Jawa merupakan salah satu pulau di Indonesia yang memiliki tingkat aktivitas gempa bumi yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh dinamika tektonik di pulau Jawa yang dipengaruhi oleh gerakan lempeng Indo-Australia yang bergerak ke utara dan bertumbukan dengan lempeng Eurasia. Akibat dari pertemuan lempeng tersebut, sering terjadi gempa bumi di wilayah ini. Beberapa gempa bumi besar pernah terjadi di Jawa Timur seperti pada tahun 1916 ($M_w=7,3$) dan 1926 ($M_w=7,2$) serta tidak sedikit pula terjadi gempa bumi dengan magnitudo di atas 5 yang umumnya merusak.

Bencana alam yang sering terjadi di Indonesia salah satunya gempa bumi. Gempa bumi merupakan peristiwa bergetarnya bumi secara tiba-tiba karena adanya aktivitas lempeng tektonik yang bergerak. Bencana gempa bumi tidak mengenal tempat maupun batas negara. Seringkali juga terjadi gempa bumi merusak di luar Indonesia menimbulkan bencana di wilayah Indonesia ataupun sebaliknya. Akibat dari bencana gempa bumi yang ditimbulkan cukup dahsyat, mencakup wilayah yang sangat luas dan menembus batas negara bahkan antar benua. Sifat getaran gempa bumi yang sangat kuat dan merambat ke segala arah mampu menghancurkan bangunan-bangunan infrastruktur yang terkuat sekalipun sehingga tidak sedikit merenggut korban nyawa manusia.

Malang Raya merupakan salah satu kota wisata unggulan di Indonesia karena memiliki potensi Geowisata yang luar biasa dengan keindahan alam yang menarik wisatawan dari dalam dan luar daerah, bahkan mancanegara. Selain itu, wilayah ini juga memiliki risiko seismik yang tinggi karena terletak pada zona subduksi dan memiliki jumlah penduduk yang padat. Pada tanggal 10 April 2022, terjadi gempa bumi bermagnitudo 6,1 dengan kedalaman 60 kilometer di wilayah perairan Selatan Malang yang dikenal sebagai "Gempa Bumi Selatan Malang". Peristiwa ini merusak sejumlah wilayah dan menimbulkan korban jiwa serta kerugian material. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), terdapat 7 orang meninggal dunia, 2 luka berat, dan 10 luka ringan. Kerugian materi meliputi 344 rumah rusak, 1 pondok pesantren rusak, 11 sarana pendidikan rusak, 6 sarana ibadah rusak, 7 kantor pemerintahan rusak, dan 1 rumah sakit rusak.

Malang Raya memiliki risiko bahaya seismik yang cukup tinggi karena berada di pulau Jawa dan terdapat pada zona subduksi yang memiliki pertumbuhan penduduk dan pembangunan infrastruktur yang sangat signifikan. Seiring perkembangannya yang pesat, semakin tinggi tingkat risiko bencana salah satunya gempa bumi. Oleh karena itu memiliki pemahaman yang lebih mendalam tentang potensi dan tingkat kerawanan pada bidang antar lempeng di zona subduksi Jawa menjadi sangat penting

Pergerakan lempeng tektonik berdampak pada terbentuknya jalur sumber gempa bumi, rangkaian gunung api aktif, dan patahan-patahan yang memiliki potensi sebagai sumber gempa. Beberapa wilayah Indonesia telah mengalami serangkaian bencana gempa bumi dengan magnitudo yang signifikan dalam

periode terakhir. Proses penyesaran ini mengakibatkan pelepasan energi yang besar sehingga kerap kali dampak dari gempa bumi ini menimbulkan kerugian besar baik dari korban jiwa, maupun kerusakan bangunan. Suatu kejadian gempa bumi dapat menimbulkan risiko yang besar dipengaruhi oleh ancaman luar (*Hazard*), kerentanan (*Vulnerability*), dan kemampuan masyarakat menghadapi bencana (*Capacity*). Jika suatu wilayah memiliki tingkat kerawanan kerentanan tinggi, maka risiko terhadap elemen-elemen yang berpotensi bahaya akan meningkat sehingga meningkatkan risiko bencana. Sebagian besar gempa bumi disebabkan oleh pelepasan energi dari tegangan yang dihasilkan oleh gelombang seismik yang berasal dari sumber gempa di dalam kulit bumi. Akibatnya, terjadi pergerakan lempeng yang dirasakan di permukaan bumi.

Fenomena dampak dari gempa bumi telah tertulis dalam al-Quran QS. Al A'raf ayat [78] yang berbunyi :

فَأَخَذَتْهُمُ الرَّجْفَةُ فَأَصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جِثْمِينَ

Artinya: “Lalu datanglah gempa menimpa mereka, dan mereka pun mati bergelimpangan di dalam reruntuhan rumah mereka.” (QS. Al A'raf ayat 78).

Dari ayat tersebut maksud dari kalimat *fa-akhadhathumu* yang bermakna “maka menimpa mereka” yang dimaksud kata menimpa *al-rajfatu* adalah gempa maka sudah jelas jika fenomena gempa sudah tertulis dalam al quran yang dalam kejadiannya “*fa-aṣbahū fī dārihim jāthimīna*” yang dalam artinya kejadian gempa menjadikan rumah- rumah mereka akan runtuh sehingga “*jāthimīna*” mayat-mayat yang bergelimpangan akibat reruntuhan rumah yang sangat dahsyat.

Menurut penjelasan Tafsir Ibnu Katsir, terdapat sebuah peristiwa yang menceritakan bahwa orang-orang yang sombong dan melampaui batas akan mendapatkan azab yang mengerikan, termasuk anak-anak kecil, orang dewasa, laki-laki, dan perempuan. Dalam peristiwa yaitu terjadi gempa dan petir yang sangat kuat hingga menghancurkan bangunan-bangunan di sekitarnya dan menyebabkan kematian. Mayat-mayat mereka tergeletak di tengah reruntuhan rumah mereka. Setelah menyaksikan kehancuran yang menimpa kaumnya akibat petir dan gempa, nabi Saleh pergi dengan perasaan penyesalan dan kasihan, dan dia menyampaikan pesan dan peringatan Tuhan kepada mereka. Dia telah mengingatkan mereka dengan melarang mereka melakukan tindakan yang akan membawa bencana bagi mereka. Sebagaimana yang telah dijelaskan mengenai dampak dari peristiwa gempa bumi sangat mampu meruntuhkan bangunan maka perlu dilakukan pengantisipasi dengan melakukan banyak tindakan salah satunya terdapat pada penelitian ini.

Kawasan pulau Jawa memiliki tingkat kerawanan gempa 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. Salah satu cara untuk melakukan mitigasi bencana gempa adalah dengan membuat perencanaan tata wilayah yang telah mempertimbangkan bahaya gempa bumi, seperti dengan menggunakan Analisis Seismic Hazard untuk membuat peta hazard gempa dan memperkirakan efek gempa pada lokasi tertentu. Para peneliti terus mengembangkan metode perhitungan hazard gempa, seperti Probabilistic Seismic

Hazard Analysis (PSHA), yang memperhitungkan faktor ketidakpastian dalam analisis dan mampu mengintegrasikan hazard dari berbagai sumber gempa. PSHA adalah metode yang digunakan untuk memperkirakan probabilitas terjadinya gempa bumi pada suatu wilayah dalam periode waktu tertentu. PSHA menggabungkan informasi tentang sejarah gempa bumi, sifat geologi dan geofisika wilayah, serta model matematika untuk memprediksi seberapa sering dan seberapa kuat gempa bumi yang mungkin terjadi.

Metode PSHA adalah metode yang dikembangkan berdasarkan teori probabilitas total yang diperkenalkan oleh Cornell. Metode ini telah mengalami banyak perubahan dan saat ini menjadi salah satu metode yang populer dan banyak digunakan. Metode PSHA memiliki banyak kelebihan diantaranya memungkinkan memasukkan pengaruh faktor-faktor ketidakpastian dalam analisis. Keunggulan lain dari PSHA adalah mampu mengintegrasikan hazard dari suatu lokasi terhadap berbagai sumber gempa. Metode PSHA memiliki beberapa kelebihan yang membuatnya sangat berguna. Selain itu, PSHA juga dapat mengintegrasikan risiko gempa dari berbagai sumber ke dalam analisis yang dilakukan.

PSHA menghasilkan peta bahaya seismik yang menunjukkan probabilitas terjadinya gempa bumi pada berbagai wilayah dengan intensitas yang berbeda-beda dalam periode waktu tertentu. Peta bahaya seismik ini digunakan sebagai dasar dalam perencanaan bangunan dan mitigasi risiko bencana gempa bumi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka berikut adalah masalah yang akan dikaji pada tugas akhir ini:

1. Bagaimana nilai percepatan tanah dan spektra percepatan tanah pada $T = 0,2$ detik dan $T = 1$ detik di wilayah Malang Raya di batuan dasar?
2. Bagaimana nilai percepatan tanah dan spektra percepatan tanah pada $T = 0,2$ detik dan $T = 1$ detik di wilayah Malang Raya di permukaan?
3. Bagaimana kondisi lokal site efek di wilayah Malang Raya ketika terjadi gempa bumi?

1.3 Tujuan

Tujuan dari dilakukan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memetakan nilai percepatan tanah dan spektra percepatan tanah pada $T = 0,2$ detik dan $T = 1$ detik di batuan dasar untuk wilayah Malang Raya.
2. Memetakan nilai percepatan tanah dan spektra percepatan tanah $T = 0,2$ detik dan $T = 1$ detik di permukaan di wilayah Malang Raya.
3. Memetakan kondisi lokal site efek di wilayah Malang Raya ketika terjadi gempa bumi.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian berikut adalah:

1. Penentuan nilai kecepatan gelombang geser lapisan tanah kedalaman 30 meter menggunakan data Vs30 USGS.
2. 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.
3. Data gempa bumi yang digunakan merupakan data gempa katalog BMKG yang sudah terelokasi dari tahun 1910-2022.

1.5 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk beberapa pihak, antara lain:

1. Manfaat Akademis

- Manfaat penelitian ini bagi kalangan akademis adalah melatih peneliti penerapan pengetahuan konseptual tentang pemetaan daerah beresiko gempa bumi dan penerapan metode yang sudah ada dalam penentuan zona risiko bencana gempa bumi, yang dapat dijadikan acuan peneliti lebih lanjut

2. Manfaat untuk masyarakat (stakeholder)

- Memberikan informasi mengenai bahaya gempa di wilayah Malang Raya untuk perencanaan bangunan tahan gempa sebagai upaya mitigasi gempa bumi.
- Untuk memberikan informasi dan sebagai bahan referensi kepada pemerintah dan masyarakat setempat dalam usaha mitigasi bencana di wilayah Malang Raya agar dapat meminimalisir kerusakan yang diakibatkan gempa bumi.
- Masyarakat diharapkan dapat mengambil pelajaran atau hikmah dari bencana yang terjadi agar lebih waspada.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa Bumi

Gempa Bumi adalah berguncangnya bumi yang diakibatkan oleh adanya patahan aktif, aktivitas gunung api, runtuhannya batuan, dan tumbukan akibat pergerakan lempeng bumi. Guncangan di permukaan bumi disebabkan oleh pergerakan pada lapisan batuan kerak bumi. Pergerakan dari lempeng bumi yang bergerak satu sama lain menghasilkan akumulasi energi yang menjadi penyebab utama terjadinya gempa bumi. Energi ini dirambatkan ke permukaan bumi oleh gelombang gempa bumi dan dipancarkan ke segala arah dalam bentuk gelombang seismik sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi sebagai getaran atau guncangan tanah. Getaran yang bersumber di dalam bumi yang kemudian merambat ke permukaan bumi akibat gerakan tanah yang bergeser secara keras dengan gerakan tiba-tiba yang berasal dari suatu daerah dan menyebar dari titik tersebut ke segala arah. (Supartoyo, 2016)

Gempa bumi adalah sebuah fenomena alam yang disebabkan oleh pelepasan energi yang besar yang terjadi pada lapisan bumi. Pelepasan energi ini terjadi karena pergerakan lempeng tektonik yang menyebabkan terjadinya deformasi dan patahan pada batuan di bawah permukaan bumi. Gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan yang sangat besar pada bangunan dan infrastruktur serta dapat menimbulkan korban jiwa. Studi tentang gempa bumi sangat penting untuk memahami sifat-sifat bumi dan untuk mengurangi risiko bencana yang diakibatkan oleh gempa bumi. (Takemura, 2018)

2.1.1 Teori Lempeng Tektonik

Teori lempeng tektonik muncul setelah Alfred Wegener dalam bukunya *The Origin of Continents and Oceans* (Wegener, 1915) mengemukakan bahwa benua yang padat sebenarnya terapung dan bergerak di atas massa yang relatif lembek (*continental drift*). Gravitasi dianggap sebagai penyebab utama dari semua pergerakan lempeng. Gaya gravitasi menarik lempeng yang tersubduksi karena bagian itu memang lebih tua dan lebih berat bobotnya. Kemudian karena tertarik, ada celah di tengah punggung samudera yang kemudian terisi material dari dalam mantel. Gempa bumi terjadi ketika batuan di sepanjang sesar tiba-tiba patah dan bergeser setelah mengalami regangan elastis selama periode waktu yang cukup lama. Pergerakan dan dinamika bumi yang terjadi akibat adanya lapisan litosfer yang tersusun oleh lempeng yang bergerak relatif satu sama lain. Lapisan litosfer ini bersifat kaku dan terletak di atas lapisan astenosfer yang lebih lunak dan mudah mengalami perubahan bentuk atau adanya deformasi batuan. Berkaitan dengan lempeng tektonik tersebut maka tidak lepas dari aktivitas lempeng yang bergerak ada yang saling bertumbukan, menjauh dan bergeser, dimana efek tersebut yang menjadikan Indonesia hingga saat ini. (Reid, 1910)

Sesungguhnya Allah Swt. telah berfirman tentang hal ini. Sebagaimana tertuang dalam Alquran Surah An Naml ayat 88:

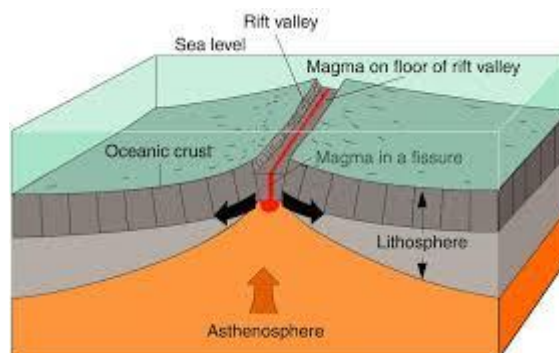
وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسِبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنِعَ اللَّهُ الَّذِي لَيْسَ أَتَقْنَنَّ كُلَّ شَيْءٍ إِنَّهُ حَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ

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 Mahateliti apa yang kamu kerjakan”.

Disebutkan pada ayat ke-88 dari Surah An-Naml dalam Al-Quran bahwa ayat ini menjelaskan Allah menciptakan gunung-gunung dengan kekuatan dan gerakan yang seolah-olah tetap di tempatnya, namun sebenarnya bergerak seperti awan bergerak dan juga memberi isyarat bahwa gunung yang terlihat tetap itu sebenarnya bergerak. Lewat berbagai penelitian ilmiah didapati bahwa gunung-gunung atau lempeng-lempeng itu bergerak milimeter demi milimeter. Ayat ini juga menekankan bahwa Allah Mahateliti segala sesuatu yang kita kerjakan.

Permukaan bumi terdiri dari lempeng yang bergerak secara relatif satu sama lain dengan kecepatan yang lambat. Ketika lempeng bertumbukan atau saling bergesekan, terjadi aktivitas geologi seperti gempa bumi, gunung berapi, dan terbentuknya palung laut. Ada beberapa jenis pergerakan batas lempeng yaitu, pergerakan yang saling mendekati, saling menjauh dan berpapasan. Pergerakan lempeng bumi yang saling berdekatan dapat terjadi dalam tiga jenis yang berbeda, yaitu (Atmojo, 2009) :

1. Divergen

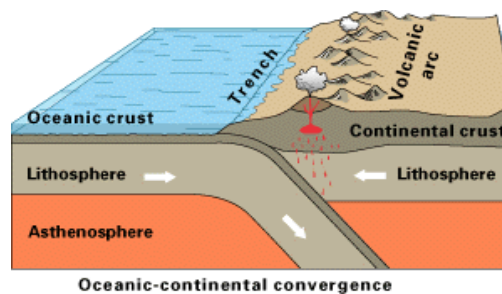


Gambar 2. 1 Pergerakan Lempeng Divergen

Batas divergen terjadi pada dua lempeng tektonik yang bergerak saling memisahkan titik ketika sebuah lempeng tektonik pecah, lapisan litosfer menipis dan terbelah, membentuk batas divergen. Pemisahan ini disebabkan

karena adanya gaya tarik (*Tensional Force*) yang mengakibatkan gerakan menjauh, timbul retakan-retakan yang menjadi jalan keluar magma. Pada lempeng benua, proses ini menyebabkan terbentuknya lembah retakan akibat adanya celah antara dua lempeng yang saling menjauh tersebut. Magma naik ke permukaan dan mendesak permukaan bumi, sehingga menyebabkan terbentuknya lapisan permukaan bumi yang baru dan pada lempeng samudra, proses tersebut menyebabkan pemekaran dasar laut.

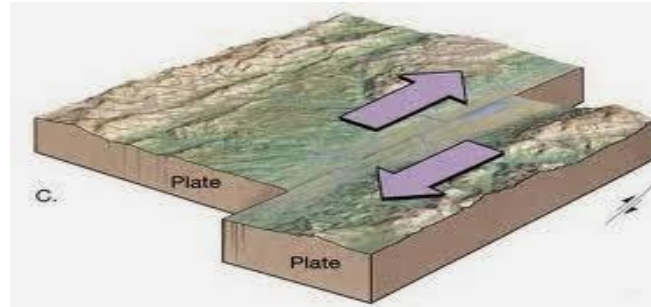
2. Konvergen



Gambar 2. 2 Pergerakan Lempeng Konvergen

Batas konvergen terjadi apabila dua lempeng tektonik tertelan ke arah kerak bumi yang mengakibatkan keduanya bergerak saling menumpuk di daerah dimana lempeng samudra terdorong ke bawah lempeng benua atau lempeng samudra lainnya disebut zona tunjangan (*Subduction Zones*) di wilayah tersebut sering terjadi gempa gunung api dan palung/parit samudra yang biasanya merupakan jalur patahan yang kuat terbentuk pada wilayah ini. Pergerakan lempeng saling mendekati akan mengakibatkan tumbukan antar lempeng dimana salah satunya akan menujam ke bawah. Indonesia sendiri terdapat pertemuan antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia terbentuk jalur penunjaman di selatan Pulau Jawa dan jalur gunung api Sumatera, Jawa dan Nusa Tenggara.

3. Transform

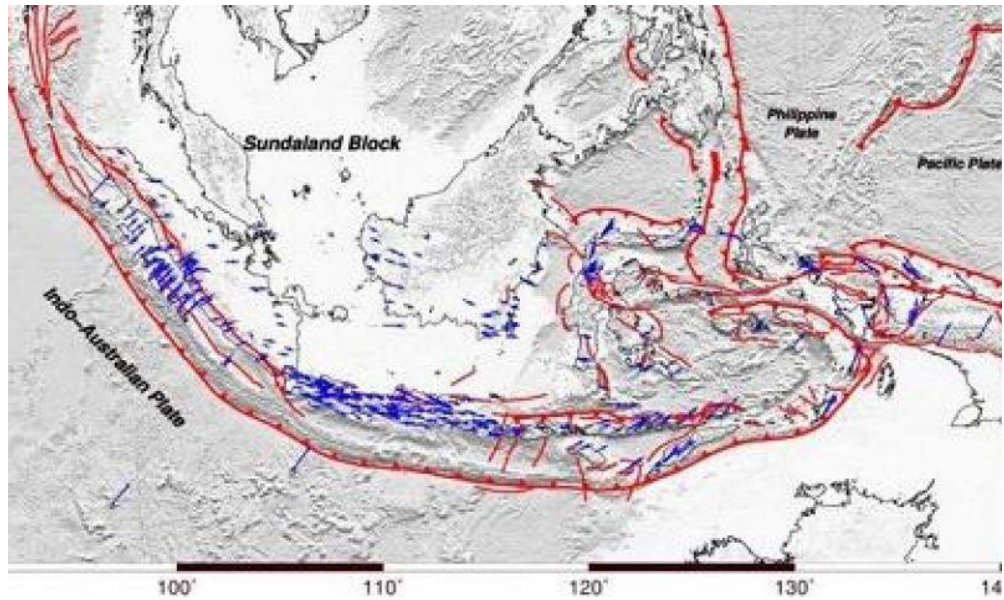


Gambar 2. 3 Pergerakan Lempeng Transform

Batas transform terjadi akibat dua lempeng tektonik bergerak sejajar tetapi berlawanan arah. Batas transform juga dikenal sebagai sesar perubahan bentuk. Batas transform umumnya berada di dasar laut, namun ada juga yang berada di daratan. Zona rekahan yang membentuk batas lempeng transform dikenal sebagai sesar transform. Batas lempeng ini terbentuk di sepanjang zona pemekaran samudra yang umumnya terbentuk di dasar laut tetapi juga ada yang di daratan, di kerak samudra dan kerak benua. Pertemuan lempeng tektonik yang bergerak saling berpapasan dan bergesekan dengan arah menyamping, berlawanan dan saling melewati sehingga tidak terbentuk lapisan baru.

2.1.2 Tatanan Tektonik Sumber Gempa Pulau Jawa

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng besar dunia, yaitu lempeng Indo-Australia yang bergerak ke utara, lempeng Eurasia yang bergerak ke arah selatan, dan lempeng Pasifik yang bergerak ke barat daya. Ketiga lempeng tersebut akan saling bertumbukan. (Natawidjaja, 2009)



Gambar 2. 4 Lempeng Indonesia

Kepulauan Indonesia terletak pada jalur penunjaman lempeng bumi yaitu penunjaman Lempeng Samudra Indo-Australia dengan Lempeng Benua Eurasia dimana kedua lempeng ini membentang dari pantai barat Sumatera hingga pantai selatan Jawa dan terus ke timur hingga Nusa Tenggara. Proses penunjaman ini menghasilkan deretan gunung api di Kepulauan Indonesia, terutama dari Sumatera, Jawa hingga Nusa Tenggara. Jalur penunjaman lempeng ini merupakan penyebab utama gempa tektonik di wilayah tersebut dan juga merupakan sumber gempa yang jelas teridentifikasi seperti zona subduksi yang aktif di bagian barat hingga timur Indonesia. Gempa-gempa di jalur tersebut seringkali menyebabkan kerusakan parah. Sebagian jalur gempa ini terletak di perairan sehingga meningkatkan risiko terjadinya bencana tsunami. (Afistianto, 2005)

Wilayah Jawa Timur dipengaruhi pertemuan lempeng tektonik yang berada di sekitar selatan Jawa Timur. Pergerakan tiap lempeng yang berbeda membentuk zona subduksi dan zona *transform fault*. Zona subduksi merupakan tempat terjadinya tumbukan antara dua lempeng pada wilayah ini sehingga

memiliki tingkat aktivitas gempa bumi yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah batas lempeng lainnya. Walaupun demikian tingkat aktivitas gempa bumi di zona subduksi dapat bervariasi antara satu dengan subduksi lain. Perbedaan tingkat aktivitas gempa bumi ini kemungkinan disebabkan oleh berbagai faktor salah satunya pengaruh dari kecepatan pergerakan relatif antar lempeng tersebut. (Muzli, 2014).

Selain dari zona subduksi, gempa dangkal yang bersumber di daratan juga sering terjadi yaitu gempa patahan dan gempa *background*. Gempa patahan terjadi akibat adanya gerakan pada batuan di sekitar patahan atau sesar. Gerakan tersebut menyebabkan tekanan dan gesekan pada batuan di sekitar patahan, dan akhirnya terjadi pemutusan atau retakan pada batuan tersebut. Gempa patahan dapat terjadi baik pada permukaan maupun di bawah permukaan bumi, dan seringkali disertai dengan pergerakan tanah. Sedangkan gempa *background* terjadi tanpa adanya aktivitas patahan pada daerah yang kurang aktif secara tektonik dan biasanya disebabkan oleh aktivitas vulkanik atau pergerakan air tanah yang dapat menghasilkan tekanan pada lapisan batuan di bawah permukaan bumi.

Pulau Jawa memiliki jumlah penduduk terbanyak di Indonesia, sehingga tingkat risiko terhadap bencana gempa bumi di sana semakin tinggi. Pulau Jawa memiliki struktur geologi yang aktif bergerak dengan kecepatan pergeseran yang bervariasi, yang menyebabkan seringnya terjadi gempa bumi. Faktor lain yang mempengaruhi adalah kondisi bangunan, apakah sesuai dengan peraturan atau tidak. Ketika terjadi gempa bumi, sebagian besar korban jiwa disebabkan oleh bangunan yang roboh. Kepadatan permukiman di Jawa menyebabkan gempa-gempa berdampak merusak. (SNI, 2019)

patahan kulit bumi. Gempa bumi jenis inilah yang menimbulkan kerusakan yang paling besar karena magnitudo yang ditimbulkannya besar.

2. Gempa bumi vulkanik

Gempa bumi ini terjadi akibat adanya aktivitas dari gunung berapi, baik sebelum maupun saat meletusnya gunung berapi. Gempa bumi ini dapat dirasakan gempa bumi ini dapat dirasakan langsung dan bersifat lokal dirasakan di daerah gunung api.

3. Gempa bumi runtuh

Gempa bumi ini terjadi karena adanya keruntuhan yang terjadi baik di atas maupun di bawah permukaan tanah, Biasanya terjadi di daerah batu kapur atau pada daerah terowongan pertambangan. Gempa bumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal, contohnya: tanah longsor, salju longsor, jatuhnya batu.

4. Gempa bumi buatan

Gempa bumi jenis ini adalah getaran pada bumi akibat aktivitas dari manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir ataupun palu yang dipukulkan ke permukaan bumi dan biasanya untuk kegiatan eksplorasi energi.

Berdasarkan pola umum kejadiannya gempa bumi dibedakan menjadi 3 jenis-jenis (Ristanto, 2006):

1. Tipe 1 yaitu gempa bumi utama (*mainshock*) terjadi tanpa adanya gempa pendahuluan (*free shock*), namun diikuti oleh serangkaian gempa susulan (*aftershock*). Gempa bumi tipe 1 sering terjadi di daerah yang memiliki medium homogen dengan stres (energi tegangan) yang hampir merata

sebagian besar gempa bumi tektonik yang terjadi di bumi tergolong jenis ini.

2. Tipe II adalah gempa bumi utama yang didahului oleh gempa-gempa pendahuluan dan diikuti oleh banyak gempa susulan (*aftershock*). Gempa bumi tipe ini terjadi di daerah dengan struktur batuan yang tidak seragam dan distribusi stresnya juga tidak seragam.
3. Tipe III yaitu sering disebut sebagai gempa (*Swarm*) yaitu gempa bumi yang ditandai dengan tidak adanya gempa utama. Gempa bumi tipe ini biasanya dalam daerah yang terbatas dan rangkaian getaran tidak teratur. Umumnya gempa bumi ini terjadi di daerah gunung api dan pada daerah yang struktur mediumnya tidak seragam dengan stres yang bekerja terkonsentrasi pada area yang terbatas.

Untuk mempelajari jenis dan tipe gempa yang berbeda, setiap kejadian gempa bumi selalu dicatat. Parameter gempa bumi merupakan informasi yang berkaitan dengan kejadian gempa bumi. Parameter gempa bumi ini meliputi waktu kejadian (*origin time*), lokasi episenter, kedalaman sumber gempa bumi, dan magnitudo. Waktu kejadian gempabumi (*origin time*) adalah waktu terlepasnya akumulasi tegangan (*stress*) yang berbentuk penjalaran gelombang gempa bumi dan dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit dan detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinated*). Kedalaman sumber gempa bumi adalah jarak hiposenter dihitung tegak lurus dari permukaan bumi. Kedalaman dinyatakan oleh besaran jarak dalam satuan kilometer (km). Berdasarkan kedalaman fokus hiposenter gempa bumi dapat diklasifikasikan sebagai berikut gempa bumi dangkal yaitu :

- a. Gempa bumi dangkal dengan kedalaman $0 < 60$ km
- b. Gempa bumi menengah yaitu gempa bumi dengan kedalaman $60 \leq H \leq 300$ km
- c. Gempa bumi dalam yaitu gempa bumi dengan kedalaman > 300 km

Dengan adanya kejadian gempa yang berbeda-beda, maka muncul istilah intensitas sebagai ukuran besarnya getaran yang terjadi pada suatu wilayah saat terjadi gempa bumi. Nilai intensitas ini berguna untuk mengukur tingkat kerusakan dan dampak yang diakibatkan oleh gempa bumi, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam upaya mitigasi dan penanganan bencana gempa bumi. Intensitas gempa bumi merupakan ukuran gempa bumi yang pertama kali digunakan untuk menyatakan besar gempa bumi sebelum manusia dapat mengukur besarnya gempa bumi dengan alat. Ukuran ini dapat diketahui dengan cara melakukan pengamatan langsung efek gempa bumi terhadap manusia, struktur bangunan dan lingkungan pada suatu lokasi tertentu. Intensitas gempabumi dinyatakan dalam skala Mercally yang biasa disebut MMI (Modified Mercally Intensity). Skala gempabumi MMI bersifat kualitatif, skala intensitas ini sangat subjektif dan bergantung pada kondisi lokasi dimana gempa terjadi. Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG menetapkan skala intensitas gempa bumi terbaru yang disesuaikan dengan wilayah Indonesia seperti dijelaskan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Skala Intensitas Gempa Bumi (*MMI*)

NO	SKALA INTENSITAS (<i>MMI</i>)	PGA (g)	KARAKTERISTIK TINGKAT KERUSAKAN	TINGKAT RESIKO
1	I	<0.17	Hanya terdeteksi oleh seismograf	Sangat Kecil
2	II	0.17 - 1.4	Dirasakan sedikit orang, terutama orang pada bagian atas bangunan bertingkat	Kecil

3	III	0.17 - 1.4	Dirasakan orang yang berada pada bangunan bertingkat, getaran seperti truk yang melintas	Sedang I
4	IV	1.4 - 3.9	Dirasakan banyak orang, perabot rumah tangga tergoncang, benda yang tergantung berayun, seperti ada truk yang menabrak bangunan	Sedang II
5	V	3.9 - 9.2	Dirasakan setiap orang, perabot rumah tangga rusak, benda yang tidak stabil tergoncang, bergeser, atau terbalik/jatuh	Sedang III
6	VI	9.2 - 18	Dirasakan setiap orang, sulit berdiri stabil, plafon retak/jatuh, retak pada tembok, plester tembok terkelupas	Besar I
7	VII	18 - 34	Kerusakan ringan pada bangunan berkonstruksi, kokoh, pada bangunan berkualitas buruk mengalami kerusakan sedang	Besar II
8	VIII	34 - 65	Kerusakan ringan pada bangunan berkonstruksi, kokoh, pada bangunan berkualitas buruk mengalami kerusakan sedang-besar/rubuh	Besar III
9	IX	65 - 124	Kerusakan sedang-berat pada bangunan berkonstruksi, kokoh, pergeseran fondasi, terdapat rekahan di permukaan tanah	Sangat Besar I
10	X	>124	Kebanyakan bangunan batu, kolom, dan fondasi hancur, retakan lebar di permukaan tanah longsor pada lereng, kerusakan parah	Sangat Besar II
11	XI		Kerusakan total, hanya sedikit bangunan utuh dan bertahan, retakan lebar di permukaan tanah, gelombang terlihat di permukaan tanah	
12	XII		Kerusakan total, gelombang terlihat di permukaan, benda-benda terlempar ke udara	

2.1.4 Gelombang Seismik

Gelombang seismik adalah gelombang elastik yang bergerak melalui bagian dalam bumi dan melewati permukaan bumi karena terdapat lapisan batuan yang patah dengan tiba-tiba. Sifat penjalaran gelombang seismik merambat tergantung pada elastisitas batuan yang dilaluinya. Partikel-partikel dalam mediumnya bergetar akibat interaksi antara gaya-gaya gangguan (*gradien stress*). Gelombang yang menjalar di dalam perut bumi disebut gelombang badan atau

body waves. Sedangkan gelombang yang merambat dari episenter ke sepanjang permukaan bumi disebut "gelombang permukaan". Penelitian tentang gelombang seismik dibagi menjadi dua jenis, yaitu : (Siswamidjojo, 1996)

1. Gelombang Badan (*Body Waves*)

Gelombang badan adalah jenis gelombang yang merambat melalui permukaan yang medium. Jenis gelombang ini dapat dibagi menjadi dua kategori:

a. Gelombang primer (P) atau gelombang longitudinal.

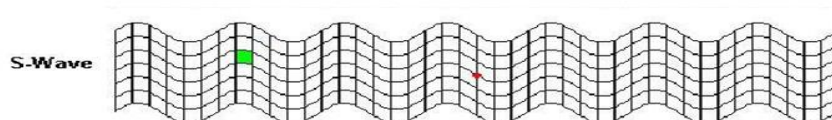


Gambar gelombang primer

Gambar 2. 6 Arah Penjalaran Gelombang P

Gelombang P dikenal sebagai gelombang mampatan yang merupakan jenis gelombang dengan gerakan sejajar arah perambatan gelombang. Gelombang ini memiliki kecepatan tertinggi dalam perambatan seismik yaitu sekitar 6-7 km/detik dan merambat melalui berbagai jenis medium baik padat maupun cair. Kecepatan gelombang P akan semakin besar ketika merambat melalui medium yang lebih padat.

b. Gelombang sekunder (S) atau gelombang transversal.



Gambar Gelombang Sekunder

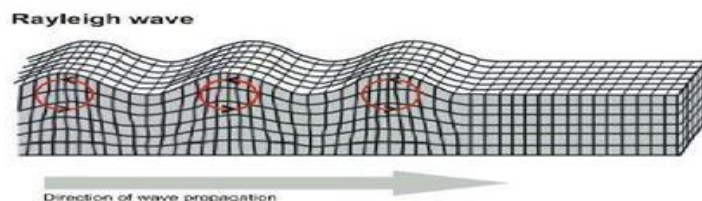
Gambar 2. 7 Arah Penjalaran Gelombang S

Baik gelombang P maupun gelombang S dapat membantu ahli seismologi untuk mencari letak hiposenter dan episenter suatu gempa. Saat kedua gelombang ini berjalan di dalam dan permukaan bumi, keduanya akan mengalami pemantulan (*reflection*) dan pembiasan (*refraction*) atau membelok. Hal tersebut sama persis seperti sebuah cahaya yang seolah membelok ketika menembus kaca bening. Para ahli seismologi dapat memeriksa pembelokan ini untuk menentukan sumber dari suatu gempa.

2. Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)

Gelombang permukaan adalah gelombang yang terjadi akibat interaksi antara gelombang badan dengan bagian permukaan lapisan bumi terpandu oleh suatu permukaan bidang batas medium. Gelombang permukaan dapat dibedakan menjadi dua jenis:

a. Gelombang *Rayleigh* (R)



Gambar gelombang Rayleigh

Gambar 2. 8 Arah Penjalaran Gelombang Rayleigh

Gelombang *Rayleigh* adalah getaran partikel batuan yang bergerak melingkar (*circular orbit*) berbentuk ellips terhadap arah perambatan gelombang. Hal ini mengakibatkan tanah bergerak naik turun seperti ombak di laut. Gelombang *Rayleigh* adalah gelombang yang merambat

pada batas permukaan saja dan hanya dapat merambat pada media padat serta arah getarannya berlawanan dengan arah perambatannya.

b. Gelombang Love (L)



Gambar Gelombang Love

Gambar 2. 9 Arah Penjalaran Gelombang Love

Gelombang *Love* merupakan gelombang yang merambat pada batas lapisan saja dan bergerak pada bidang yang horizontal saja. Gelombang *Love* adalah gelombang permukaan yang gerakan partikelnya mirip dengan gelombang S, yaitu terjadi secara transversal. Gelombang *Love* merupakan gelombang permukaan yang tersebar dan amplitudonya meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman. (Hidayati, S. 2010)

2.1.5 Kecepatan Gelombang Geser (V_s30)

Analisis bahaya seismik di permukaan dipengaruhi oleh kondisi lapisan tanah, seperti jenis tanah, ketebalan lapisan, kekakuan tanah, dan muka air tanah. Untuk memahami kondisi lapisan tanah maka dilakukan penyelidikan tanah atau dapat menggunakan metode geofisika lainnya. Dalam penelitian ini, kondisi lapisan tanah ditentukan menggunakan parameter kecepatan gelombang geser (V_s30) hingga kedalaman 30 meter dari data V_s30 global yang disediakan oleh USGS. Nilai V_s30 ini diperoleh dengan menggunakan kemiringan topografi sebagai indikator atau pengganti. (Sunardi, 2016)

Kondisi atau klasifikasi tanah permukaan menjadi faktor penting dalam pertimbangan desain bangunan tahan gempa. Wilayah pada tanah yang tergolong jenis lunak akan memiliki potensi risiko kerusakan yang tinggi akibat gempa. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan terjadinya amplifikasi atau pembesaran gelombang karena sifat medium yang dilaluinya. Sedangkan pada kondisi tanah yang keras tingkat risiko kerusakan akibat gempa umumnya lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh atenuasi atau pelemahan gelombang yang merambat pada medium tersebut. (Aki, 1993) Faktor yang menjadi parameter dalam peta mikrozonasi salah satunya adalah pengukuran nilai rata-rata kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter dari permukaan (V_{s30}).

Nilai kecepatan gelombang geser V_{s30} dapat memberi informasi wilayah mana saja yang mempunyai potensi untuk mengalami amplifikasi gelombang lebih besar relatif terhadap wilayah yang lain. (M. Muzli, 2016) Gelombang geser adalah jenis gelombang S yang disebut juga gelombang sekunder atau *shear*. Nama "gelombang sekunder" diberikan karena kecepatannya lebih rendah daripada gelombang P (primer atau pressure). Dalam medium padat gelombang geser bergerak dengan kecepatan sekitar 3-4 km/detik yang bergerak di bawah permukaan gelombang geser menyebabkan regangan pada medium yang dilaluinya.

Gelombang geser merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kekuatan guncangan gempa, amplifikasi tanah, likuifaksi dan pemetaan kondisi bawah permukaan untuk kebutuhan bidang rekayasa (Xia dkk., 2000) dalam ASCE 2010 dan SNI 1726:2012, parameter kecepatan gelombang

geser (V_s) sudah dimasukkan dan menjadi salah satu parameter dalam menentukan pengklasifikasian jenis tanah dan batuan.

Untuk menentukan kondisi lokal site atau kondisi setempat di suatu wilayah, dalam ilmu geofisika didasarkan pada kecepatan rata-rata gelombang geser (*shear wave*/ V_s30) hingga kedalaman 30 meter dari permukaan tanah. Gelombang geser (*shear wave*/ V_s30) merupakan gelombang seismik sekunder yang arah pergerakannya tegak lurus dengan arah penjarannya. Semakin besar nilai kecepatan gelombang geser maka nilai kekakuan tanah semakin besar. Ini menunjukkan bahwa karakteristik tipe tanah tersebut semakin keras dan padat. Tingkat kejenuhan tanah pada kecepatan gelombang geser berhubungan dengan kepadatan tanah. Semakin rendah tingkat kejenuhan tanah maka semakin tinggi nilai kecepatan gelombang geser. (Ariestianty, 2009)

2.2 Analisis Seismic Hazard

Potensi bencana alam yang tinggi pada dasarnya tidak lebih dari sekedar refleksi fenomena alam sangat khas untuk Indonesia yang merupakan negara kepulauan tempat tiga lempeng besar dunia bertemu sehingga memiliki tingkat seismisitas tinggi. Pola penanggulangan bencana mendapatkan dimensi baru dengan dikeluarkan Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana yang diikuti beberapa regulasi lainnya. Salah satu faktor utama yang menyebabkan adanya kerentanan terhadap bencana adalah tidak tertib dan tepatnya tata guna lahan, peningkatan kerentanan ini akan diperparah bila pemerintah maupun masyarakat sama sekali tidak menyadari dan tanggap terhadap adanya potensi bencana alam di wilayahnya. Berdasarkan data tersebut perlu adanya upaya untuk mengurangi resiko terjadinya bencana. Mitigasi

diartikan sebagai setiap tindakan yang berkelanjutan yang dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan resiko jangka panjang terhadap harta dan jiwa manusia. Sehingga mitigasi dapat dikatakan sebagai sebuah mekanisme agar masyarakat dapat menghindari dampak dari bencana yang potensial terjadi. (Sutikno, 2011) Fungsi dari risiko bencana dapat digambarkan sebagai berikut (Sri Naryanto dkk. 2019) :

$$R = H \times \frac{v}{c} \quad (2.2)$$

Dimana:

R : risiko (risk)

H : bahaya (hazard)

V : kerentanan (vulnerability)

C : kapasitas (capacity)

Melalui tingkat seismisitas yang tinggi, maka mitigasi bencana gempabumi sangat diperlukan untuk mengurangi bahaya yang diakibatkan oleh kejadian gempabumi. Ada beberapa upaya untuk mitigasi bencana gempabumi, salah satunya adalah membuat perencanaan tata wilayah yang telah sesuai dengan kajian bahaya gempabumi seperti menggunakan analisis *seismic hazard*. Analisis *seismic hazard* dapat dilakukan menggunakan dua cara, yaitu secara deterministik (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*) maupun secara probabilistik (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*).

2.2.1 Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)

Metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi bahaya gerakan tanah seismik di suatu wilayah dengan mempertimbangkan semua kemungkinan gempa bumi di daerah tersebut. Metode ini terus mengalami perkembangan hingga sekarang menjadi

salah satu metode yang cukup populer dan banyak dipergunakan dan dikembangkan berdasarkan teori probabilitas total yang dikemukakan oleh Cornell. (Cornell, 1968) Metode PSHA memiliki banyak kelebihan diantaranya memungkinkan memasukkan pengaruh faktor-faktor ketidakpastian dalam analisis. Faktor-faktor ketidakpastian dapat berupa ketidakpastian dari magnitudo, lokasi dan waktu terjadinya gempa bumi. Faktor-faktor ketidakpastian tersebut dapat diidentifikasi dan diperkirakan untuk selanjutnya digabungkan dengan metode pendekatan yang rasional di dalam PSHA guna memperoleh gambaran yang lebih lengkap tentang kejadian gempa. Keunggulan lain dari PSHA adalah mampu mengintegrasikan hazard dari suatu lokasi terhadap berbagai sumber.

Hasil analisis metode ini memberikan informasi berupa probabilitas parameter gempa bumi pada tingkat kejadian selama periode waktu tertentu. Dengan menggunakan metode ini, kita dapat memperoleh estimasi kemungkinan terjadinya gempa bumi dengan intensitas, magnitudo, atau parameter lainnya dalam rentang waktu yang ditentukan. Analisis ini dapat membantu dalam pemahaman risiko gempa bumi, perencanaan mitigasi, dan pengambilan keputusan terkait kegiatan konstruksi atau pembangunan di daerah yang rentan terhadap gempa. Reiter (1990) mengusulkan tahapan analisis gempa probabilistik untuk *Peak Ground Acceleration* (PGA) sebagai berikut:

1. Identifikasi sumber sumber-sumber gempa bumi yang mempengaruhi suatu lokasi mengkarakterisasi sumber gempa bumi tersebut dan membuat model sumber gempa bumi.

2. Menghitung parameter seismik untuk setiap sumber gempa diantaranya seperti parameter a dan b atau hubungan antara magnitudo jumlah kejadian gempa bumi berdasarkan data historis.
3. Menghitung probabilitas magnitudo (berdasarkan parameter dari poin 2).
4. Memperhitungkan distribusi probabilitas jarak (berdasarkan parameter dari poin 1, dibantu dengan data-data pengukuran dan pencitraan)
5. Menghitung percepatan maksimum pada suatu lokasi akibat kejadian gempa bumi yang mungkin terjadi pada setiap titik sumber gempa bumi dengan berbagai magnitudo yang mungkin terjadi. Langkah ini ditentukan menggunakan fungsi atenuasi dengan memasukkan ketidakpastiannya.
6. Menentukan ketidakpastian kejadian gempa bumi, besaran, dan prediksi percepatan maksimum lokasi untuk menghasilkan probabilitas terlampauinya percepatan dalam jangka waktu tertentu.

Metode ini telah diadopsi oleh banyak peneliti untuk mengevaluasi bahaya gempa bumi. Baru-baru ini, metode ini juga diadopsi untuk membuat peta bahaya seismik di Indonesia. Analisis bahaya dapat dilakukan dengan menggunakan konsep probabilitas total yang dirumuskan dengan rumus : (Cornell, 1968)

$$P [I \geq i] = \int_r \int_m P [I \geq i | m \text{ dan } r]. f_m(m) . f_r(r) dm dr \quad (2.3)$$

Dengan:

f_m = Fungsi kepadatan dari magnitudo M

f_r = Fungsi kepadatan dari jarak hiposenter

$P[I \geq i | m \text{ dan } r]$ = Kondisi probabilitas acak dari intensitas (I) yang melampaui nilai (i) pada lokasi yang diteliti untuk kejadian gempabumi dengan magnitudo (M) dan jarak hiposenter (R).

Ketidakpastian yang mencerminkan pengetahuan yang tidak lengkap tentang, kemampuan, karakteristik rupture, dan eksitasi energi seismik, disebut sebagai epistemik. Ada banyak ketidakpastian epistemik dalam penilaian bahaya seismik, termasuk karakteristik zona sumber seismik (baik zona area ini atau sesar tertentu), model untuk hubungan perulangan, dan magnitudo gempa bumi maksimum. Dalam PSHA, prosedur yang ditetapkan adalah untuk memasukkan ketidakpastian epistemik ke dalam perhitungan dapat melalui penggunaan pohon logika atau *logic tree*. (Bambang Sunardi, 2016)

2.3 Percepatan Tanah

Parameter percepatan gelombang seismik atau percepatan tanah merupakan salah satu parameter yang diperhatikan dalam seismologi teknik. Nilai percepatan tanah sendiri dapat menggambarkan risiko dari gempa bumi. Setiap gempa bumi yang terjadi akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu tempat. Percepatan tanah maksimum merupakan nilai maksimum dari percepatan tanah di suatu tempat akibat gempa bumi. Dalam perencanaan bangunan, percepatan tanah yang dipakai adalah percepatan tanah maksimum *Peak Ground Acceleration* (PGA). (Sunarjo, 2012) Percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah nilai percepatan tanah maksimum yang mengukur intensitas gempa bumi di suatu lokasi. PGA dapat dihitung sebagai percepatan tanah maksimum yang terjadi selama gempa bumi di suatu titik pada permukaan tanah. Pengukuran ini biasanya dilakukan dengan menggunakan seismometer atau alat pengukur getaran lainnya. PGA biasanya diukur dalam satuan percepatan gravitasi, yaitu gal ($1 \text{ gal} = 1 \text{ cm/s}^2$), dan dapat digunakan untuk memprediksi kerusakan yang mungkin terjadi pada struktur

bangunan, infrastruktur, dan fasilitas lainnya. Metode perhitungan PGA umumnya dengan menggunakan rumus baku sebagai berikut: (Sungkowo, 2018)

$$PGA = A_{max} \times CF \quad (2.4)$$

PGA merupakan percepatan tanah maksimum, A_{max} adalah amplitude maksimum serta CF adalah faktor konversi berupa konstanta sebagai acuan untuk menentukan nilai dari satu *counts* satu amplitudo gelombang gempa. Nilai CF ini dapat diperoleh dari spesifikasi sensor yang digunakan dan ditentukan dengan persamaan berikut:

$$CF = \frac{V_{pp}}{[Resolusi \times Sensitivitas]} \quad (2.5)$$

dengan V_{pp} adalah voltage peak to peak (volt), resolusi dan sensitivitas masing-masing adalah resolusi dan sensitivitas dari akselerometer. Semakin besar nilai PGA yang terjadi di suatu tempat, semakin besar risiko gempa bumi yang mungkin terjadi. Nilai percepatan tanah yang akan diperhitungkan adalah nilai percepatan tanah maksimum. Secara garis besar efek langsung dari peristiwa gempa bumi selain timbulnya korban jiwa adalah kerusakan bangunan. Kerusakan bangunan ini diakibatkan oleh getaran gempa bumi. (Sunarjo, 2012)

2.4 Fungsi Atenuasi

Salah satu langka fundamental pada Seismik Hazard Analisis adalah melakukan pemilihan fungsi atenuasi. Atenuasi getaran tanah GMPE (*Ground Motion Prediction Equation*) atau persamaan atenuasi percepatan tanah merupakan suatu rumusan fisisyang digunakan untuk memperkirakan nilai PGAberdasarkan parameter sumber gempa. GMPE secara umum mempertimbangkan faktor jarak hiposenter, magnitudo suatu gempa, dan kondisi situs tanah. GMPE biasanya dibuat secara empiris melalui regresi data

pengukuran percepatan tanah yang ada yaitu proses/ rumusan yang mana suatu gerakan tanah Y akibat gempa (percepatan, kecepatan, simpangan) ataupun intensitas gempa akan mengecil pada jarak yang semakin jauh dari sumber gempa, akibat redaman/ penyerapan energi oleh massa batuan/tanah. Fungsi Atenuasi merupakan persamaan yang digunakan untuk estimasi tingkat guncangan tanah akibat gempa dengan magnitudo, jarak dari sumber ke lokasi pengamatan, jarak episentral, dan sifat-sifat geologi, dengan besaran gerakan tanah, seperti percepatan, kecepatan, atau perpindahan dan kondisi sumber gempa bumi.

Fungsi atenuasi atau GMPE digunakan untuk memprediksi karakteristik gerakan tanah yang terjadi selama gempa bumi pada suatu lokasi tertentu. Fungsi atenuasi atau GMPE berguna dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam perencanaan struktur bangunan, peramalan risiko gempa, dan analisis bahaya gempa. Dengan menggunakan GMPE, dapat dilakukan estimasi atau prediksi besaran gerakan tanah yang diharapkan terjadi pada suatu lokasi tertentu selama gempa bumi. Hal ini memungkinkan insinyur sipil dan para perencana untuk merancang struktur yang lebih tahan gempa dan mengidentifikasi wilayah yang berisiko tinggi terhadap gempa bumi.

GMPE didasarkan pada analisis statistik dari data gempa yang terjadi di berbagai wilayah dan memiliki variasi sesuai dengan karakteristik regional dan geologi setiap daerah. Oleh karena itu, pemilihan model GMPE yang tepat untuk suatu wilayah sangat penting dalam mendapatkan prediksi yang akurat dan relevan terkait gerakan tanah selama gempa bumi.

Seperti dijelaskan oleh (Widodo, 2012), atenuasi gerakan tanah adalah suatu hubungan antara parameter gempa (percepatan, kecepatan, simpangan,

intensitas gempa, maupun ukuran gempa) dengan jarak sumber ke lokasi pencatat gempa (jarak episenter, jarak hiposenter, atau jarak terdekat lainnya). Meskipun banyak parameter dan faktor lain yang memengaruhi atenuasi gerakan tanah tetapi pengaruh jarak tetap menjadi unsur utama.

Fungsi atenuasi biasanya dikembangkan berdasarkan analisis regresi statistik terhadap rekaman aktual dari gerakan tanah / akselerograf pada suatu lokasi pengamatan. Fungsi atenuasi (*Ground Motion Prediction Equation/GMPE*) berdasarkan literatur (PuSGeN, 2017) yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Fungsi Atenuasi yang dapat dipilih

NO	Model Sumber Gempa	Fungsi Atenuasi
1	Subduksi	<ol style="list-style-type: none"> 1. BCHYDRO (2012) 2. Persamaan Atkinson-Boore BC rock global source subduction (Atkinson dan Boore, 2003) 3. Persamaan Zhao dkk., with variable Vs30 (Zhao dkk., 2006)
2	Fault dan Shallow background	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan GMPE Boore dan Atkinson (2014) NGA 2. Persamaan GMPE Campbell - Bozorgnia (2008) 3. Persamaan GMPE Chiou-Youngs (2014) NGA

2.4.1 Persamaan GMPE BCHYDRO (2012)

Adanya perbedaan persamaan GMPE BCHYDRO-2012 untuk sumber gempa subduksi interface dan intraslab memberikan masukkan tentang perbedaan nilai percepatan gerakan tanah yang dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.5) dan Persamaan (2.6).

$$\ln(Sa_{interface}) = \theta_1 + \theta_4 \Delta C_1 + (\theta_2 + \theta_3(M - 7.8)) \ln(R_{rup} + C_4 \exp(\theta_9(M - 6))) + \theta_6 R_{rup} + f_{mag}(M) + f_{FABA}(R_{rup}) + f_{site}(PGA_{1000}, V_{S30}) \quad (2.5)$$

$$\ln(Sa_{intraslab}) = \theta_1 + \theta_4 \Delta C_1 + (\theta_2 + \theta_{14} F_{event} + \theta_3(M - 7.8)) \ln(R_{hypo} + C_4 \exp(\theta_9(M - 6))) + \theta_6 R_{hypo} + \theta_{10} F_{event} + f_{mag}(M) + f_{depth}(Z_h) + f_{FABA}(R_{hypo}) + f_{site}(PGA_{1000}, V_{S30}) \quad (2.6)$$

dengan,

S_a = spectral acceleration (g)

M = Moment magnitude

Z_h = kedalaman hypocentral (Km)

M = Moment Magnitude

R_{RUP} = jarak terdekat dari suatu lokasi ke patahan gempa (km)

R_{hypo} = jarak terdekat dari lokasi ke sumbu gempa (km)

$f_{mag}(M)$ = Fungsi kebergantungan pada jarak

$f_{FABA}(R)$ = Fungsi kebergantungan pada magnitudo

f_{site} = Fungsi kebergantungan pada kondisi *site*

F_{event} = Fungsi peristiwa kejadian gempa

$$F_{event} = \begin{cases} 0; & \text{Interface Events} \\ 1; & \text{Intraslab Events} \end{cases} \quad (2.7)$$

$$F_{FABA} = \begin{cases} 0; & \text{Forear or Unknown Sities} \\ 1; & \text{Backarch Sites} \end{cases} \quad (2.8)$$

$$F_{mag}(M) = \begin{cases} \theta_4(M - (C_1 - \Delta C_1)) - \theta_{13}(10 - M)^2; & \text{For } M \leq (C_1 - \Delta C_1) \\ \theta_5(M - (C_1 - \Delta C_1)) - \theta_{13}(10 - M)^2; & \text{For } M > (C_1 - \Delta C_1) \end{cases} \quad (2.9)$$

$$F_{FABA}(R) = \begin{cases} \theta_7 + \theta_8 \ln\left(\frac{\max(R_{hypo})}{40}\right) F_{FABA}; & \text{untuk } F_{event} = 1 \\ \theta_{15} + \theta_{16} \ln\left(\frac{\max(R_{hypo})}{40}\right) F_{FABA}; & \text{untuk } F_{event} = 0 \end{cases} \quad (2.10)$$

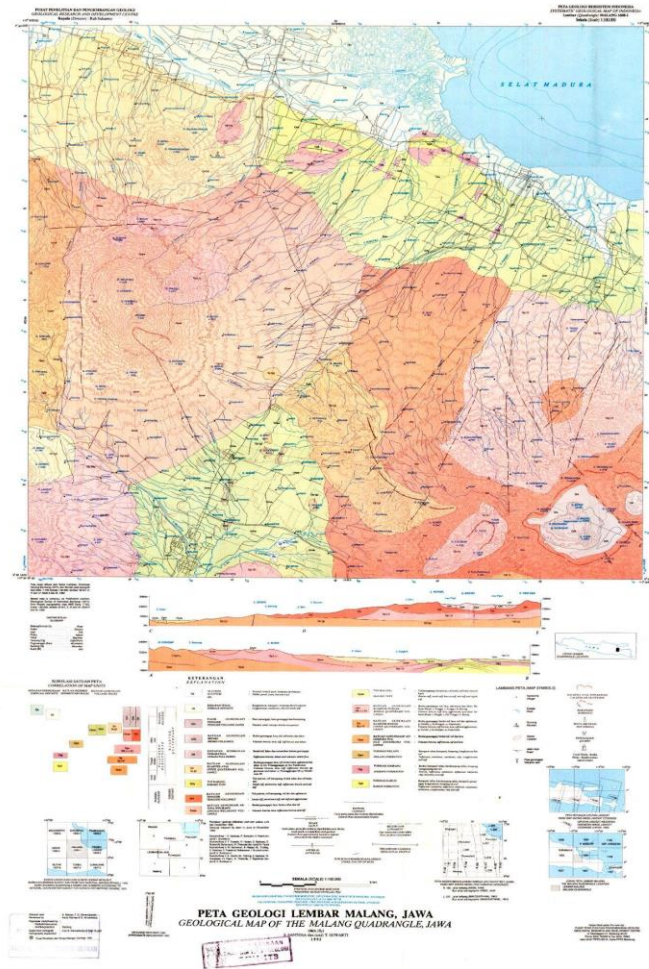
$$f_{site}(PGA_{1000}, V_{S30}) = \begin{cases} \theta_{12} \ln\left(\frac{V_s^*}{V_{lin}}\right) - b \ln(PGA_{1000} + C) + b \ln\left(PGA_{1000} + C \left(\frac{V_s^*}{V_{lin}}\right)^n\right); & \text{untuk } V_{S30} < V_{lin} \\ \theta_{12} \ln\left(\frac{V_s^*}{V_{lin}}\right) + b \ln\left(\frac{V_s^*}{V_{lin}}\right); & \text{untuk } V_{S30} \geq V_{lin} \end{cases} \quad (2.11)$$

dengan,

PGA_{1000} adalah nilai median dari PGA dengan $V_{S30} = 1,000$ m/s dan

$$V_s^* = \begin{cases} 1000; & \text{untuk } V_{S30} > 1000 \\ V_{S30} & \text{untuk } V_{S30} \leq 1000 \end{cases} \quad (2.12)$$

2.5 Kondisi Geologi Malang Raya



Gambar 2. 10 Peta Geologi Malang Raya

Malang Raya adalah salah satu wilayah terluas kedua setelah Kabupaten Banyuwangi dan memiliki populasi terbesar di Provinsi Jawa Timur. Secara geografis, Malang Raya mencakup luas wilayah 3.526 km² dan terletak di

koordinat $112^{\circ}17'10,90''$ hingga $112^{\circ}57'00''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}44'55,11''$ hingga $8^{\circ}26'35,45''$ Lintang Selatan. Wilayah Malang Raya ini mencakup Kabupaten Malang, Kota Malang, dan Kota Batu. Malang Raya terkenal sebagai salah satu tujuan wisata utama di Jawa Timur karena memiliki pesona GeoWisata beragam wisata alam yang sangat indah. Wilayah ini mencakup daerah pegunungan yang menawarkan udara sejuk, daerah pesisir yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia di pantai selatan Indonesia dengan pemandangan indah serta memiliki nilai sejarah yang berharga.

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, terdapat juga batuan sedimen seperti batu pasir, batu lempung, dan batu gamping yang membentuk lapisan-lapisan geologi yang menarik. Keanekaragaman geologi di Malang juga menciptakan potensi sumber daya alam yang beragam. Di beberapa wilayah, terdapat sumber daya mineral seperti batu andesit, batu kapur, dan pasir yang dimanfaatkan dalam industri konstruksi. Selain itu, adanya mata air dan sungai-sungai yang mengalir di daerah ini juga memberikan potensi untuk pengembangan sumber daya air. 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 ditandai oleh keberadaan pegunungan dan dataran rendah yang menciptakan lanskap yang beragam. Wilayah Malang dikelilingi oleh rangkaian gunung, seperti Gunung Arjuno, Gunung Bromo, dan Gunung Semeru, yang memberikan pemandangan yang spektakuler dan menjadi daya tarik bagi para pendaki dan pecinta alam. Kondisi topografi Malang Raya merupakan dataran tinggi yang dikelilingi oleh beberapa gunung dan dataran rendah atau daerah lembah pada ketinggian 250- 500 meter di atas permukaan laut (dpl) yang terletak di bagian tengah wilayah kabupaten Malang.

Hampir seluruh wilayah Kabupaten Malang merupakan dataran tinggi dan pegunungan, kecuali di sisi selatan merupakan kawasan pesisir. Kawasan pesisir Kabupaten Malang terdiri dari enam kecamatan, yaitu: Bantur, Donomulyo, Gedangan, Tirtoyudo, Sumbermanjing, dan Ampelgading. Dalam enam kecamatan ini, diketahui terdapat 19 desa pesisir. Desa desa pesisir tersebut membentang membentuk garis pantai sepanjang 92,244 km. 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. Kawasan pesisir ini memiliki peruntukan yang beragam, antara lain dimanfaatkan sebagai pemukiman, industri, pelabuhan, dan bahkan sebagai kawasan konservasi.

2.6 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang membahas tentang PSH di wilayah lain terdapat pada jurnal yang diteliti oleh Tio Azhar Prakoso Setiadi, Rian Mahendra Taruna, Pupung Susilanto, Arif Rachman Hakim, dan Supriyanto Rohadi berjudul

"Percepatan Tanah Maksimum di Permukaan pada Wilayah DKI Jakarta Menggunakan Metode PSHA" yang bertujuan untuk menganalisis percepatan tanah maksimum dan spektra percepatan di permukaan wilayah DKI Jakarta. Penelitian ini menggunakan metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) untuk analisis. Hasil penelitian menunjukkan adanya nilai PGA, S_s, dan S₁ di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun. Analisis PSHA dilakukan dengan fokus pada wilayah DKI Jakarta, dan satuan yang digunakan adalah satuan "g" (gravitasi). Peta kontur PGA wilayah Jakarta pada batuan dasar juga disajikan dalam jurnal ini.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Sugeng Kurniawan, Dwa Desa Warnana, dan Juan Pandu G. N. R. dengan judul "Pemetaan Kerawanan Bencana Gempa Bumi dengan Metode PSHA Periode Ulang 2500 Tahun Studi Kasus Pulau Lombok – NTB". Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kerawanan terhadap bencana gempa bumi di Pulau Lombok menggunakan metode PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) dengan periode ulang 2500 tahun. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai PGA yang diperoleh, yang merupakan PGA pada batuan dasar (bedrock), dengan periode $T=0s$, $T=0.2s$ untuk periode pendek, dan $T=1s$ untuk periode panjang. Setiap periode percepatan ini merepresentasikan periode getaran struktur pada tingkat yang berbeda. Misalnya, pada periode 0 detik, dampaknya akan lebih terasa pada pondasi bangunan. Sedangkan periode 0.2 detik mewakili periode getaran terpendek, seperti pada bangunan 2 tingkat. Sementara itu, periode panjang 1.0 detik akan mempengaruhi guncangan pada gedung bertingkat hingga 10 lantai.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian pada kali ini dilakukan dengan memilih lokasi Malang Raya (Wilayah Metropolitan Malang) meliputi Kabupaten Malang, Kota Batu dan Kota Malang. Terletak pada koordinat 3.6° - 12.65° LS dan 108.2° – 117.2° BT. Peneliti memilih wilayah penelitian dikarena terdapat sejarah adanya kejadian gempa besar sekitar Malang Selatan yang terjadi karena zona subduksi lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke arah utara dan bertumbuk kedalam lempeng Eurasia menimbulkan seringnya gempa merusak seperti pada kasus terbaru pada 10 April 2021. Dimana gempa tersebut terjadi dengan kekuatan magnitudo 6,1 dengan episenter terletak di laut pada jarak 96 km arah selatan Kepanjen, Malang Jawa Timur dan skala intensitas gempa sebesar V-VI MMI.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang didapat dari katalog internasional berupa katalog USGS. Data sekunder ini berupa catatan kejadian gempa bumi yang signifikan pada tahun 1910 sampai tahun 2022 dengan radius 300 km dari Wilayah Malang.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi penelitian yaitu BMKG Stasiun Geofisika Karangates Malang. Proses penelitian mulai dilaksanakan pada bulan Januari 2022 dan rencananya akan selesai pada bulan Mei 2023.

3.4 Peralatan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

Alat:

- Perangkat keras berupa komputer atau laptop,
- Perangkat lunak berupa software Microsoft Excell 2010,
- Perangkat lunak berupa software Matlab 10b,
- Perangkat lunak berupa software ZMAP,
- Perangkat lunak R-Crisis 2018,
- Perangkat lunak berupa software ArcGis 10.5.

Bahan:

- Data sekunder kejadian gempa di Wilayah Malang Raya dari tahun 1990 sampai 2021 dari katalog USGS.

3.5 Prinsip Kerja

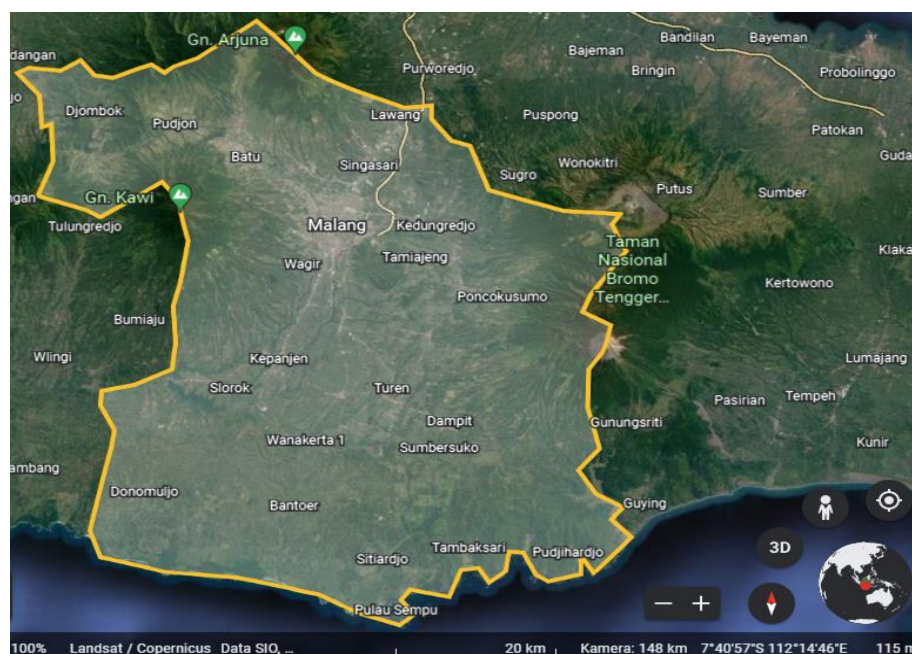
Pada penelitian ini model penelitian yang digunakan bersifat kualitatif dan kuantitatif dimana dalam penelitian ini dimulai dari pengumpulan data, prose pengolahan data hingga didapatkan nilai percepatan tanah di batuan dasar dan di permukaan Malang Raya untuk di analisa. Adapun digunakan pendekatan probabilistik untuk menganalisis bahaya seismik di wilayah penelitian.

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Data dan Lokasi Penelitian

Pada penelitian kali ini, data penelitian yang digunakan yaitu data gempa bumi 1900-2021 yang diperoleh dari katalog BMKG yang sudah terelokasi. Data ini digunakan sebagai inputan untuk memasukkan data gempa bumi di berbagai

sumber gempa di wilayah Malang Raya. Selain itu, data gempa bumi ini juga berguna dalam penentuan parameter nilai a dan nilai b di wilayah ini. Data yang digunakan merupakan data gempa bumi yang diambil dengan radius 300 km dari Malang Raya. Skala magnitudo yang digunakan adalah $M_w \geq 5$ dengan kedalaman gempa < 100 km merupakan gempa dangkal, 100-300 km merupakan gempa menengah dan gempa dalam. Data lainnya yaitu data kemudian digunakan sebagai inputan untuk memasukan kondisi penelitian.



Gambar 3. 1 Peta Wilayah Penelitian

Adapun wilayah penelitian sendiri adalah Malang Raya meliputi Kabupaten Malang, Kota Malang dan Kota Batu. Kabupaten Malang terdiri dari 33 Kecamatan, yaitu Kecamatan Ampelgading, Bantur, Bululawang, Dampit, Dau, Donomulyo, Gedangan, Gondanglegi, Jabung, Kalipare, Karangploso, Kasembon, Kepanjen, Kromengan, Lawang, Ngajum, Ngantang, Pagak, Pagelaran, Pakis, Pakisaji, Poncokusumo, Pujon, Singosari, Sumbermanjing, Sumberpucung, Tajinan, Tirtoyudo, Tumpang, Turen, Wagir,

Wajak, dan Kecamatan Wonosari. Kota Malang terdiri dari 5 Kecamatan, yaitu Kecamatan Klojen, Kedungkandang, Sukun, Blimbing dan Kecamatan Lowokwaru. Kota Batu terdiri dari 3 Kecamatan yaitu, Kecamatan Batu, Bumiaji, dan Kecamatan Junrejo.

3.6.2 Konversi Skala Magnitudo

Kramer (1996) mengatakan bahwa pengukuran parameter gerakan tanah akibat gempa bumi akan cenderung kurang sensitif untuk gempa bumi besar dibanding dengan gempa bumi kecil. Fenomena ini umumnya disebut *earthquake magnitude saturation*. Magnitudo adalah ukuran kekuatan gempa bumi yang menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempabumi terjadi dan merupakan hasil pengamatan seismograph. Beberapa jenis Magnitudo yaitu Magnitudo Lokal (M_L), Body-Wave Magnitudo (M_b), Surface-Wave Magnitudo (M_s), Magnitude Moment (M_w), dan Magnitude Durasi (M_d). Pada penelitian ini diawali dengan membuat database gempa dari gabungan beberapa sumber katalog yang ada. Sehingga setiap event gempa memiliki beberapa tipe magnitudo, seperti M_L , M_Lv , mb , M_s , M , dan M_w . Pengolahan data gempa berupa konversi skala magnitudo menjadi M_w . Adapun konversi magnitudo nya sebagai berikut :

$$M_w = 0.143 (M_s)^2 - 1.051 (M_s) + 7.285$$

$$M_w = 0.114 (M_B)^2 - 0.556 (M_B) + 5.560$$

$$M_w = 0.787 (M_E)^2 - 1.537$$

$$M_B = 0.125 (M_L)^2 - 0.389 (M_L) + 3.513$$

3.6.3 Decluster Gempa Bumi

Decluster data gempa bumi ditujukan untuk memisahkan gempa bumi utama (*Mainshock*) dengan gempa bumi pendahulu dan gempa bumi susulannya

(*Foreshock* dan *Aftershock*) agar tidak terjadi overestimated pada perhitungannya. Dalam decluster data gempa bumi, digunakan software Z-map. Pada software Z-map terdapat beberapa metode decluster gempa bumi.

3.6.4 Penentuan Fungsi Atenuasi

Fungsi Atenuasi merupakan fungsi yang menggambarkan korelasi antara intensitas gerakan tanah setempat, magnitude gempa, dan jarak dari sumber gempa yang telah ada. Fungsi Atenuasi yang umum digunakan dibedakan berdasarkan mekanisme gempa yang terjadi, apakah terjadi karena kerak dangkal (*shallow crustal fault*) ataukah karena gempa yang terjadi di zona subduksi (*megathrust*). Berdasarkan mekanisme sumber gempa bumi, persamaan atenuasi yang digunakan yaitu memilih sumber gempa bumi subduksi (*Megathrust*) serta menambahkan sedikit parameter untuk sumber gempa bumi sesar atau patahan (*fault*) dan sumber gempa bumi *background*. Penelitian ini menggunakan fungsi atenuasi (*Ground Motion Prediction Equation/GMPE*) berdasarkan literatur Pusgen 2017 dengan memakai persamaan GMPE BCHYDRO (2012).

3.6.5 Digitasi Sumber Gempa Bumi

Digitasi sumber gempa bumi dilakukan untuk menggambarkan sumber gempa bumi yang akan berpotensi merusak wilayah penelitian. Adapun digitasi yang dimasukkan adalah sumber gempa bumi subduksi, sesar dan juga background. Sumber gempa bumi subduksi digambarkan dengan area, sumber gempa bumi sesar digambarkan dengan garis dan sumber gempa bumi background digambarkan dengan grid.

3.6.6 Penambahan Vs sebagai Site Effect

Setelah sumber gempa bumi selesai didigitasi, langkah berikutnya adalah menambahkan nilai kecepatan gelombang geser di kedalaman 30 m (V_{s30}). Penambahan nilai ini untuk menggambarkan kerusakan yang terjadi ketika gelombang gempa bumi sampai di permukaan tanah. Pada penelitian ini digunakan kecepatan gelombang geser (V_{s30}) dari USGS. Nilai V_{s30} ini menjadi inputan kedalam perangkat lunak pengolahan sehingga di dapatkan nilai percepatan tanah di permukaan.

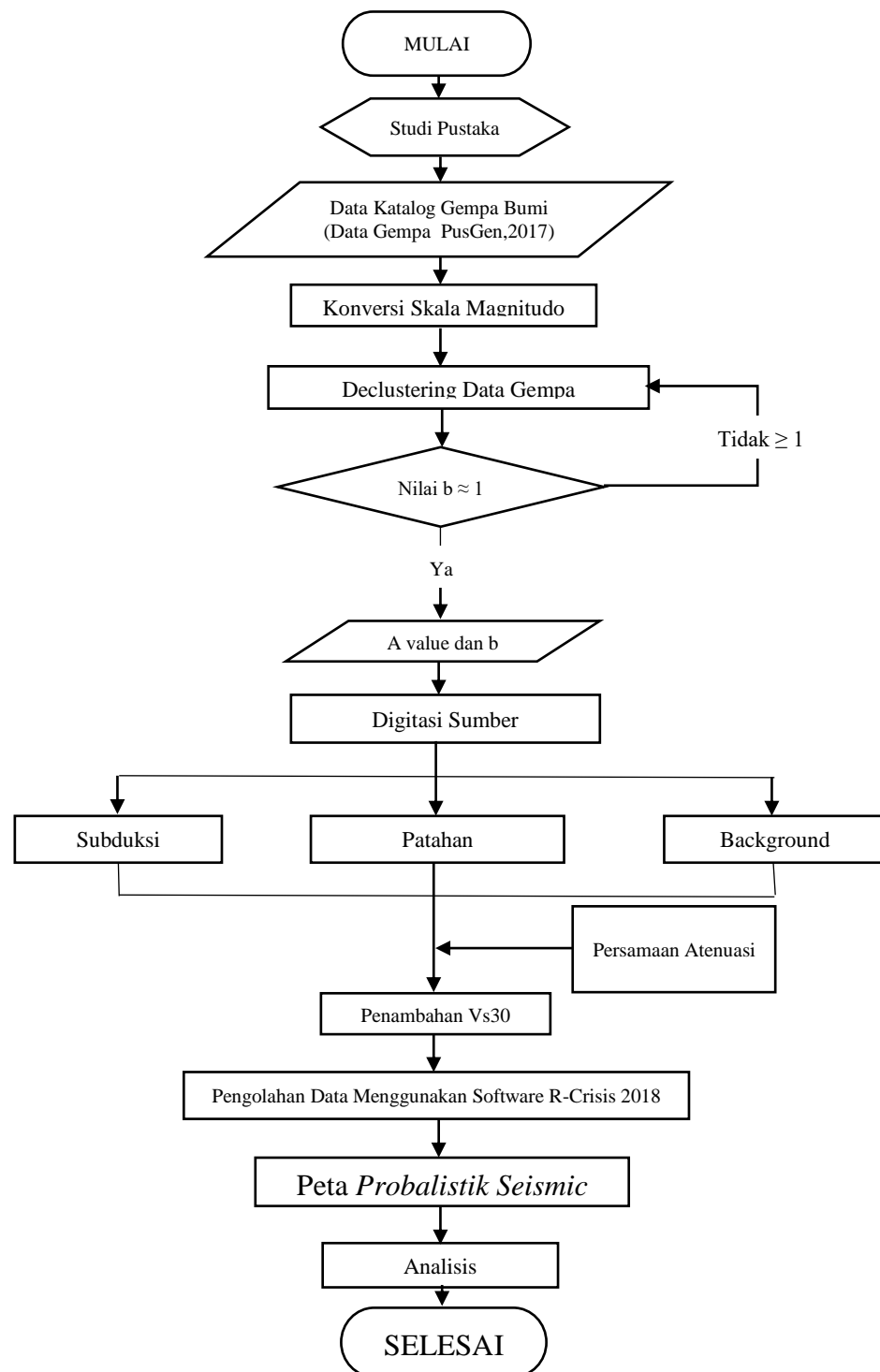
3.6.7 Perhitungan Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)

Setelah selesai memasukkan semua sumber gempa bumi yang mungkin dapat memicu terjadinya kerusakan akibat gempa bumi, maka dilakukan perhitungan probabilistik menggunakan perangkat lunak R-Crisis 2018.

3.6.8 Validasi Data

Pada penelitian ini, untuk memastikan data hasil pengolahan telah sesuai digunakan validasi dengan mengacu pada data PGA dari Peta Bahaya Gempa Bumi mengacu pada peta SNI 1726:2019. Peta PGA dari Peta Bahaya Gempa SNI 1726:2019 adalah peta yang digunakan untuk menentukan perencanaan struktur bangunan tahan gempa struktur bangunan gedung dan non gedung. Peraturan ini merupakan revisi dari SNI 1726:2012. Pada Peta Bahaya Gempa SNI 1726:2019 digunakan nilai PGA di batuan dasar untuk menggambarkan kekuatan ketahanan permukaan dari suatu kejadian gempa bumi.

3.7 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa kejadian gempa bumi di wilayah Malang Raya dengan batasan lintang dan bujur wilayah Malang yaitu, 114 hingga 117 Bujur Timur dan -7,987 hingga 8,878 Lintang Selatan, data yang diambil pada radius 300 km dari wilayah penelitian pada bulan Januari 1910 sampai Desember 2022, katalog gempa bumi yang diperoleh dari lembaga yang melakukan pengamatan kegempaan (*United States Geological Survey*) USGS dapat diakses melalui <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> yang terdiri dari NEIC, NOAA, PDQ. Data yang didapat dari katalog gempa bumi merupakan parameter gempa bumi yakni meliputi, latitude, longitude, magnitude, kedalaman hiposenter, dan tanggal waktu kejadian gempa bumi.

Penelitian ini menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) di Wilayah Malang Raya untuk mengetahui kerawanan seismik dipermukaan. Hasil penelitian berupa probabilitas nilai percepatan tanah maksimum atau Peak Ground Acceleration (PGA) dan respon spektra percepatan pada periode getar rendah seperti gedung bertingkat rendah ($T = 0,2$ detik), dan periode getar tinggi ($T = 1$ detik) bahaya gempa bumi pada bangunan dengan periode getar tinggi seperti gedung bertingkat tinggi. Oleh karena itu, penggunaan kedua peta tersebut sangat penting dalam menentukan desain bangunan pada suatu wilayah. Satuan yang digunakan pada PGA dan spektra percepatan adalah satuan “g” (gravitasi).

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini yaitu analisis PSHA di batuan dasar dan permukaan. Penelitian PSHA yang menghasilkan peta percepatan tanah

pada level $T=0.2$ detik dan $T=1$ detik dapat membantu masyarakat, pemerintah, dan para insinyur sipil dalam mengambil keputusan penting terkait dengan desain struktur bangunan dan infrastruktur pada suatu wilayah. Peta tersebut dapat menjadi acuan dalam menentukan tipe dan kualitas bahan bangunan yang akan digunakan serta dalam menentukan lokasi bangunan baru pada suatu wilayah. Pentingnya mengantisipasi bencana dan melakukan upaya mitigasi memang merupakan bagian dari kebijaksanaan dan perlindungan diri yang dianjurkan dalam Islam. Dalam Al-Quran. Dalam agama Islam, umat dianjurkan untuk berusaha, mengambil tindakan preventif, dan mengambil langkah-langkah yang bijaksana untuk melindungi diri dan lingkungan. Hal ini sejalan dengan konsep tawakkal, yaitu menjalankan ikhtiar dan mengandalkan Allah dalam segala urusan. Seperti yang tertuang dalam al-Qur'an surat An-Nahl (16:46):

اَوَّيْحَهُمْ فِي تَقْلِبِهِمْ فَمَا هُمْ بِمُعْجِزِينَ

"Dan apabila Allah menghukum suatu negeri (karena kejahatan) maka siksa-Nya itu amat pedih dan mereka tidak mempunyai pelindung (yang lain) dari Allah."

Ayat ini dapat diartikan sebagai peringatan akan konsekuensi yang mungkin timbul akibat kelalaian dalam mengantisipasi bencana dan mengabaikan upaya mitigasi. Allah menegaskan bahwa ketika hukuman-Nya datang, tidak ada yang dapat melindungi manusia selain-Nya.

Analisis bahaya (hazard) gempa dengan pendekatan probabilistik dibatasi untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun atau setara dengan periode ulang gempa 2.500 tahun, di mana peraturan-peraturan gempa modern saat ini telah menggunakan ketentuan tersebut (Sunardi, 2013) dapat diartikan juga

terdapat kemungkinan 2% nilai PGA di wilayah tersebut akan lebih besar dari yang terdapat pada peta selama 50 tahun (Tio Azhar Prakoso Setiadi, 2020). Penelitian ini menggunakan probabilitas 2% dalam periode 50 tahun karena standar bangunan yang berlaku memakai nilai tersebut, maka dapat diasumsikan bahwa probabilitas tersebut merupakan acuan yang diterima secara umum dalam konteks perancangan struktur. Standar bangunan ini terdapat pada Standar Internasional Building Code (IBC) probabilitas 2% dalam periode 50 tahun digunakan sebagai standar referensi untuk mengukur risiko gempa bumi dan merancang struktur yang dapat bertahan dalam guncangan tersebut. Probabilitas ini mencerminkan tingkat kejadian yang diterima secara umum dalam perancangan bangunan yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti tingkat risiko dan kenyamanan penghuni. 1 periode gempa memiliki durasi atau periode ulang sebesar 2500 tahun, maka untuk menghitung probabilitas dalam 50 tahun dapat dilakukan dengan mengalikan periode tahunan 2500 tahun pada periode yang dicari. Dalam hal ini, probabilitas akumulatif = $1 / 2500 \times 50$ adalah sebesar 0.02 atau setara dengan 2% dalam 50 tahun.

Penentuan nilai percepatan tanah di permukaan melibatkan data Vs30 dimana yang dipakai penulis adalah data Vs30 Global dari USGS . Penggunaan Vs30 dari USGS sendiri dikarenakan belum adanya data Vs30 dari BMKG untuk seluruh wilayah di Wilayah Malang Raya. Data Vs30 berguna untuk memperhitungkan efek *local site* di wilayah penelitian yang dikombinasikan dengan informasi lainnya. Perhitungan kerawanan seismik dipermukaan ini dikarenakan pada kenyataannya bangunan terletak di permukaan dan terdapat perbedaan jenis tanah di setiap wilayah menyebabkan tiap daerah memiliki ciri

dan karakteristik kerawanan yang berbeda-beda sehingga nilai ini dapat menjadi acuan perancangan bangunan dan infrastruktur yang lebih tahan gempa bumi dan mengurangi risiko kerusakan dan hilangnya nyawa.

4.1 Hasil PSHA di Batuan Dasar

Pada penelitian ini digitasi sumber gempa bumi subduksi menggunakan seluruh zona di pulau Jawa. Pendigitasian sumber digunakan tiga jenis sumber gempa, yaitu sumber gempa subduksi/*megathrust*, sumber gempa patahan/*fault*, dan sumber gempa background dengan melakukan digitasi sumber gempa pada perangkat lunak *R-Crisis 2018*. Selanjutnya dalam digitasi sumber gempa bumi patahan yang dipakai meliputi Sesar Kendeng, Sesar Probolinggo dan Sesar Pasuruan dan dimodelkan dengan kedalaman hingga 5 km. Sedangkan untuk sumber gempa bumi *background* dimodelkan menjadi dua berdasarkan kedalamannya, yaitu *shallow background*. Setelah tahap digitasi selesai, langkah berikutnya adalah memasukkan fungsi atenuasi yang pada penelitian ini menggunakan fungsi atenuasi model BCHYDRO 2012.

Untuk menghitung nilai percepatan tanah di batuan dasar, setiap jenis sumber gempa bumi memiliki kontribusi yang berbeda-beda. PGA sendiri mencerminkan besarnya percepatan tanah di batuan dasar dan nilainya diperoleh dari kombinasi nilai maksimum percepatan tanah dari setiap model sumber gempa bumi untuk periode ulang 2.500 tahun. Probabilitas terjadinya gempa bumi menghasilkan nilai puncak percepatan tanah (PGA) di atas ambang batas tertentu di suatu wilayah dalam rentang waktu 50 tahun ke depan adalah sebesar 2%. Hal ini berdasarkan hasil analisis data historis gempa di wilayah tersebut dan memperhitungkan faktor-faktor seperti kecepatan pergerakan lempeng tektonik

dan aktivitas seismik pada daerah tersebut. Probabilitas ini merupakan bagian dari analisis risiko gempa bumi yang dapat digunakan untuk merencanakan tindakan mitigasi risiko dan peningkatan ketahanan struktur bangunan.

4.1.1 Spektra Percepatan Tanah $T = 0.2$ Detik di Batuan Dasar

Hasil pemrosesan PSHA menunjukkan nilai spektra percepatan di batuan dasar pada $T=0,2$ detik di wilayah Malang Raya dengan rentang nilai antara 0,320 g hingga 0.444 g seperti yang terlihat pada gambar 4.1. Wilayah selatan Malang Raya memiliki nilai spektra percepatan 0,417 g hingga 0,444 g yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai percepatan yang ditunjukkan oleh spektrum warna merah. Hal ini disebabkan oleh adanya zona subduksi lempeng Indo-australia dan Eurasia yang tidak jauh dari wilayah penelitian. Pada kondisi spektra $T=0,2$ detik, nilai percepatan yang diperoleh sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan nilai PGA. Dimana nilai percepatan tanah puncak (PGA) di batuan dasar wilayah Malang memiliki rentang antara 0.169 g hingga 0.255 g. Informasi ini akan ditampilkan dalam peta percepatan di batuan dasar, seperti terlihat pada gambar 4.3 dan juga informasi dari peta SNI.

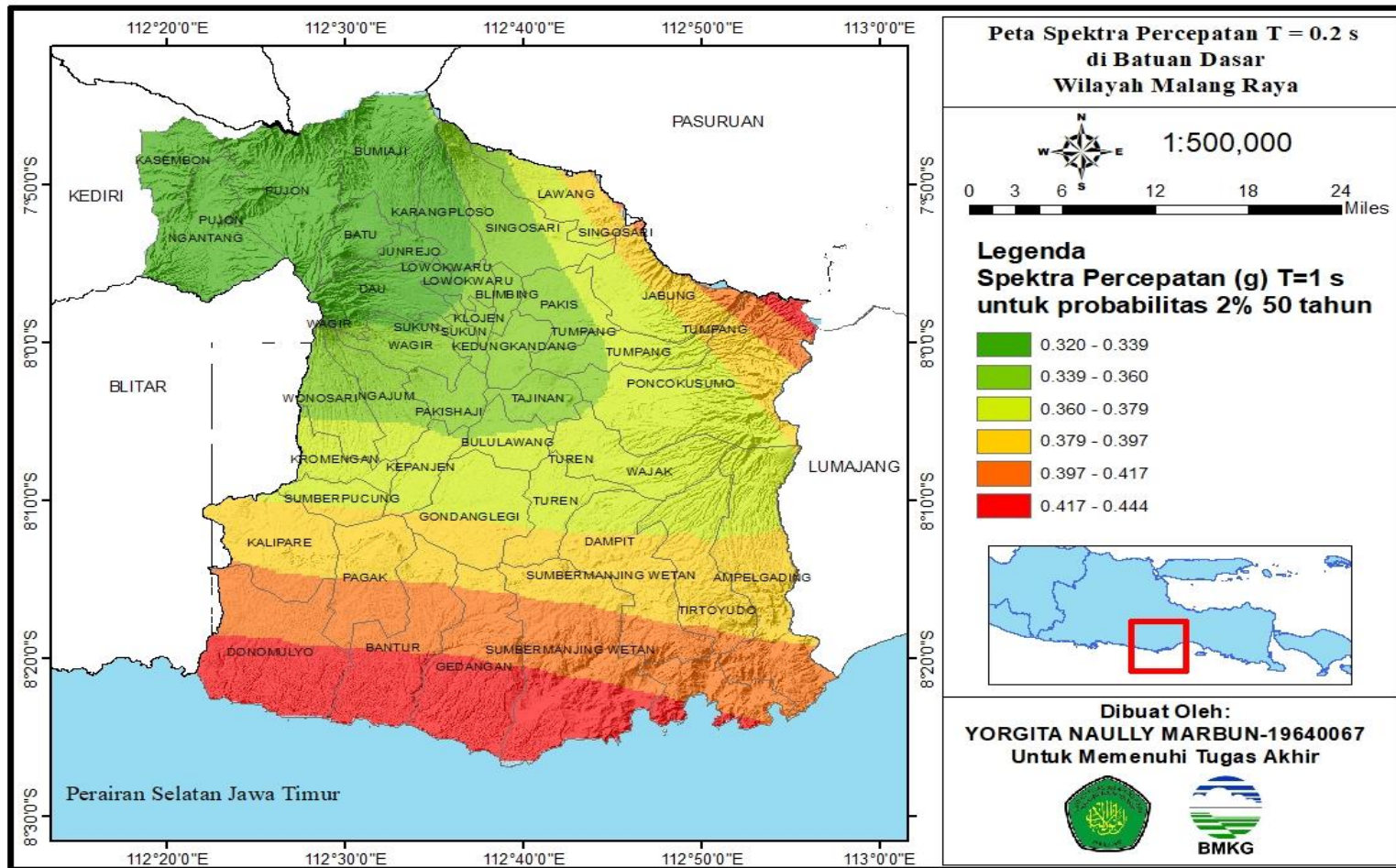
Hasil penelitian pada wilayah timur laut lokasi penelitian juga menunjukkan terdapat kenaikan nilai PGA yang dipengaruhi oleh Sesar Kendeng yang berjarak sekitar 90 km dan dari wilayah penelitian. Adanya sumber gempa bumi patahan dan *background* di wilayah utara juga menyebabkan memiliki nilai yang relatif tinggi. Wilayah yang memiliki nilai percepatan tanah yang tinggi cenderung memiliki risiko bahaya gempa bumi yang lebih besar. Hasil yang berbeda dikarenakan spektrum respon dari struktur bangunan dan tanah berbeda pada periode yang berbeda. T didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh

sebuah struktur untuk mengalami satu siklus getaran penuh juga dengan tujuan yang berbeda pula, sehingga perhitungan nilai bahaya gempa bumi dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi struktur yang akan dievaluasi. Pada $T=0.2$ detik merujuk pada periode getar ketahanan bangunan pendek. Seperti yang tercantum dalam Al-Quran, terdapat ayat yang membahas tentang teknologi terkait gempa bumi yang dapat ditemukan dalam QS. Al-Jathiyah, 45 bahwasannya Allah juga memberi perintah kepada kita untuk terus belajar dan mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi.

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْاَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ ۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ

Artinya : *"Dan Dia menjadikan segala sesuatu yang ada di bumi untuk kamu, baik yang ada di dalamnya maupun yang ada di langit, (semuanya) memberikan manfaat kepada kamu. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang-orang yang berfikir." (QS. Al-Jathiyah, 45:13).*

Ayat ini menunjukkan bahwa segala sesuatu di bumi, termasuk teknologi yang digunakan untuk memahami dan mengatasi gempa bumi adalah anugerah Allah.



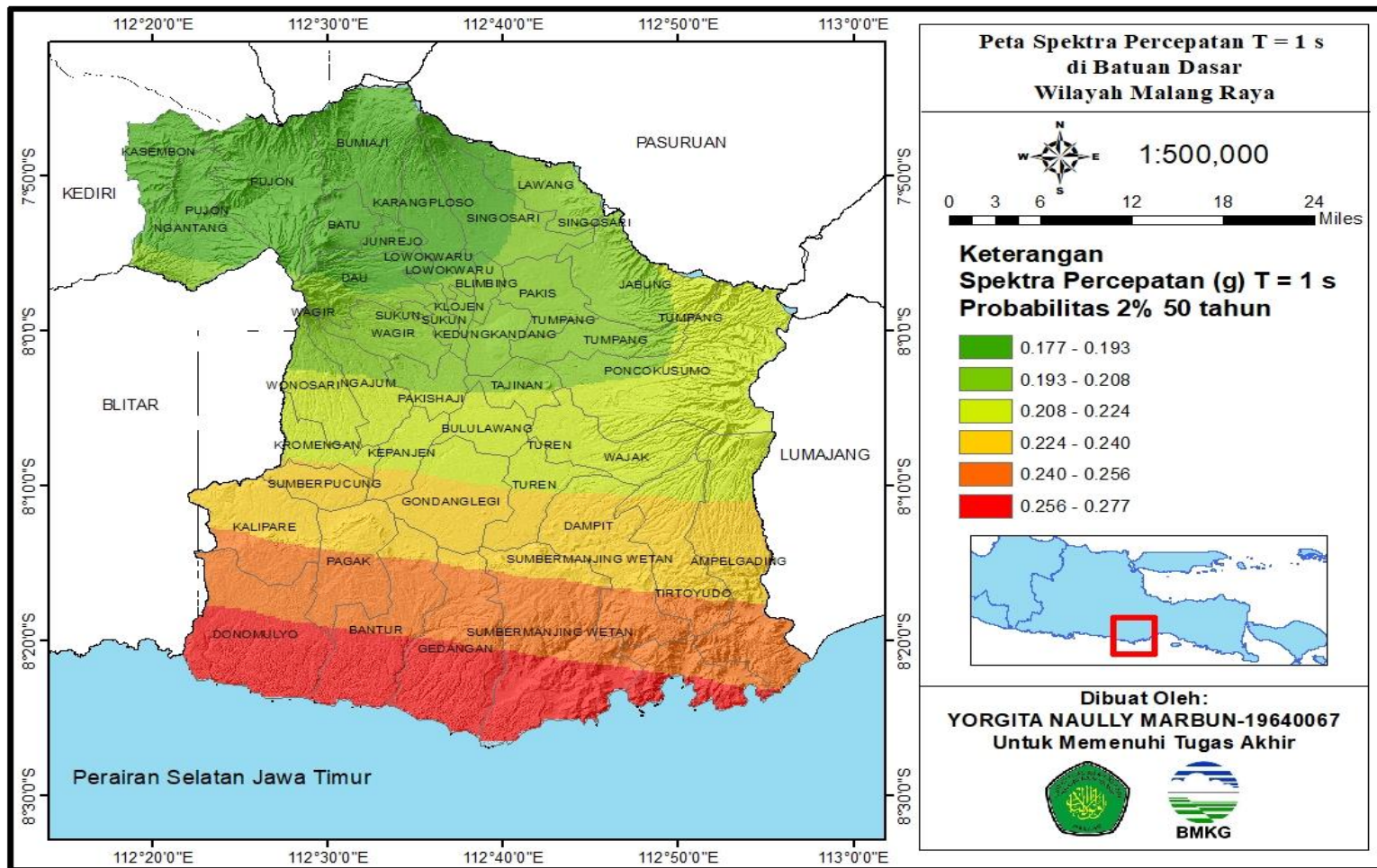
Gambar 4. 1 Peta percepatan tanah maksimum di batuan dasar pada $T = 0.2$ detik

4.1.2 Spektra Percepatan Tanah di Batuan Dasar pada $T = 1$ Detik

Analisis selanjutnya hasil dari nilai spektra percepatan di batuan dasar untuk periode $T=1$ detik menunjukkan bahwa nilai spektra percepatan berada pada rentang antara 0,177 g hingga 0,277 g. Informasi ini ditampilkan dalam peta percepatan di batuan dasar, seperti terlihat pada gambar 4.2. Wilayah Donomulyo, Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing yang berada di dekat pantai menunjukkan nilai percepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lain. Hal ini dapat dilihat dari gambar 4.2 yang menunjukkan bahwa wilayah-wilayah tersebut memiliki nilai yang tinggi. Wilayah tersebut memiliki nilai spektra percepatan bertingkat yang disebabkan karena wilayah penelitian terletak berdekatan zona Subduksi.

Sementara itu, di wilayah Malang Raya terlihat spektra percepatan yang tinggi pula pada daerah Donomulyo, Bantur, Gedangan, Sumbermanjing dan untuk sesar yang mendekati wilayah tidak terlalu berdampak. Dalam kondisi spektra $T=1$ detik, nilai percepatan tanah yang diperoleh lebih rendah dibandingkan nilai PGA dan spektra percepatan pada $T= 0,2$ detik.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai spektra percepatan tanah, maka semakin besar kekuatan gempa bumi yang terjadi, dan dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada bangunan dan fasilitas sehingga dapat menyebabkan risiko keselamatan bagi manusia yang berada di dalam dan sekitar bangunan tersebut. Pada periode 1 detik ini merujuk pada ketahanan bangunan yang bertingkat tinggi sehingga nantinya akan dapat menjadi acuan masyarakat dalam pemilihan lokasi bangunan baru dan juga pemilihan bahan bangunan yang lebih proyeksi.

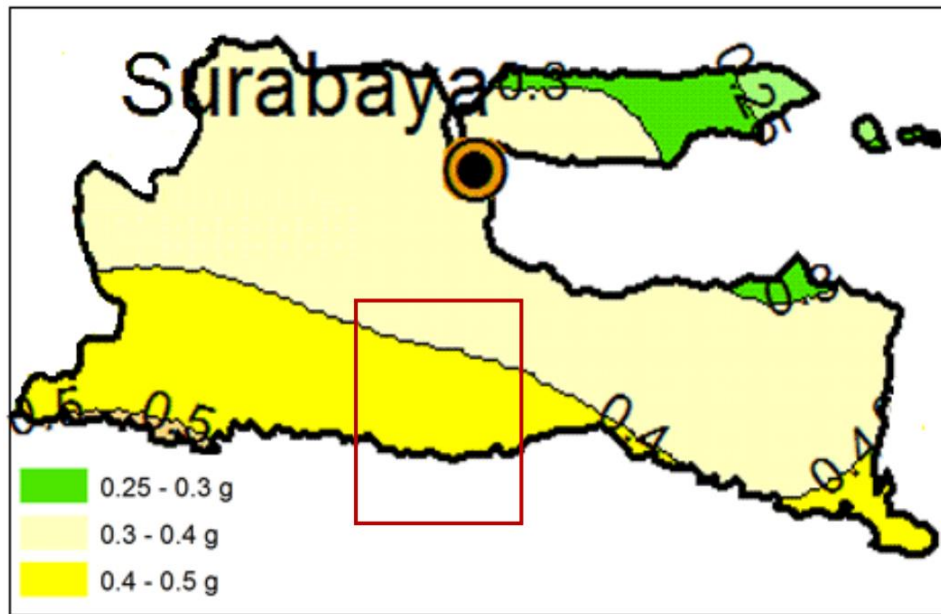


Gambar 4. 2 Peta nilai percepatan tanah di batuan dasar pada kondisi spektra T=1 s detik

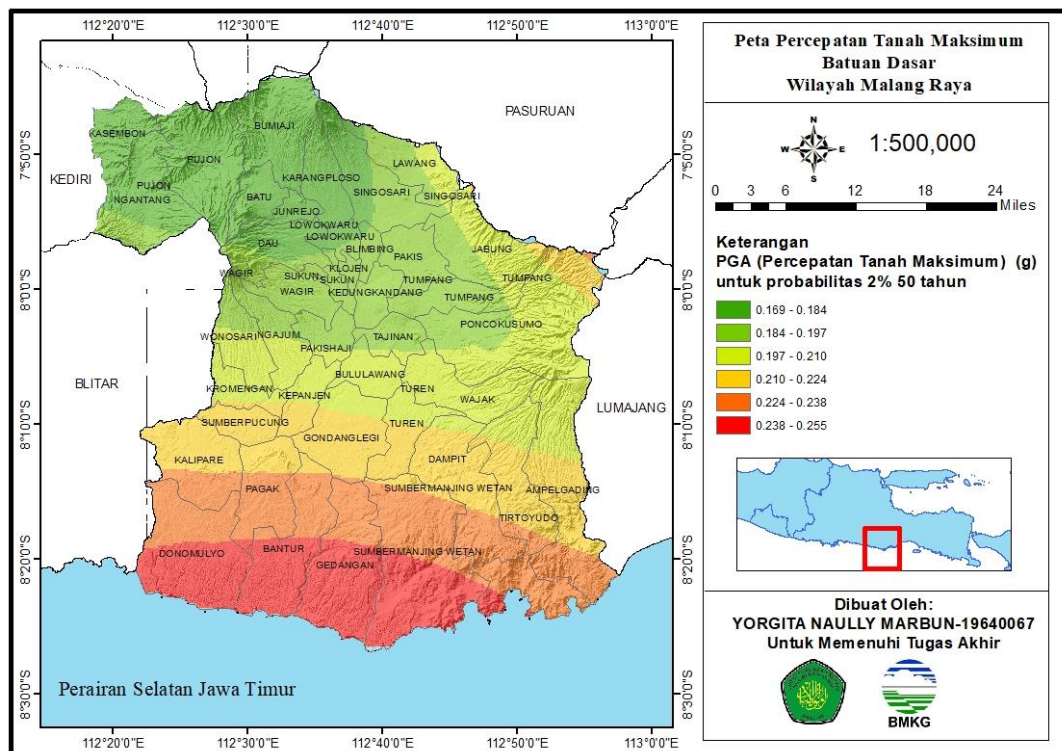
4.2 Perbedaan dengan Peta SNI 1726:2019

Dalam penelitian ini, akan dilakukan perbandingan hasil dengan peta hazard (SNI, 2019) seperti yang terlihat pada gambar 4.4. Wilayah penelitian terletak di dalam kotak merah dan hasil perhitungan akan dibandingkan dengan (SNI, 2019). Dalam perbandingan tersebut, terdapat sedikit perbedaan pada rentang nilai percepatan di batuan dasar antara hasil penelitian dan (SNI, 2019). Berdasarkan hasil penelitian, wilayah selatan Malang memiliki nilai percepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah utara Malang, yang sesuai dengan pola yang terlihat pada peta hazard (SNI, 2019).

Penelitian ini memiliki kelebihan dalam memperhitungkan keberadaan patahan di sekitar wilayah penelitian yakni meliputi, Sesar Kendeng, Sesar Paruruan dan Sesar Probolinggo. Sementara dalam peta SNI 1726:2019 tidak memperhitungkan keberadaan sesar tersebut. Oleh karena itu, terdapat perbedaan hasil pada bagian utara wilayah Malang seperti yang terlihat pada kotak merah pada gambar 4.4. Perbedaan tersebut disebabkan oleh penggunaan model sumber gempa fault, yaitu Sesar Kendeng, Sesar Psuruan dan Sesar Probolinggo yang menghasilkan pola percepatan yang lebih tinggi di bagian timur laut wilayah Malang Raya. Selain itu, keberadaan sesar-sesar lokal di Jawa Timur yang dapat mempengaruhi nilai percepatan di wilayah Malang, dihitung dan dimodelkan dengan menggunakan model sumber gempa *background*.



(a)



(b)

Gambar 4. 3 (a) Peta percepatan tanah maksimum di batuan dasar pada (SNI, 2019) (b) Peta percepatan tanah maksimum di batuan dasar pada penelitian.

Pada penelitian ini terdapat perbedaan pola dan rentang nilai PGA yang didapatkan jika dibandingkan dengan hasil dalam SNI 1726:2019. Hal ini disebabkan oleh penggunaan fungsi atenuasi yang berbeda. Fungsi atenuasi adalah

persamaan matematika yang menghubungkan parameter kegempaan di lokasi pusat gempa, seperti magnitudo dan jarak, dengan parameter pergerakan tanah di lokasi yang ditinjau. Fungsi atenuasi memiliki spesifikasi yang berbeda untuk setiap wilayah dan tipe sumber gempa, seperti *strike-slip*, *reverse*, *thrust fault*, dan *megathrust*. Oleh karena itu, perbedaan rentang nilai PGA yang diperoleh pada penelitian ini dan SNI 1726:2019 disebabkan oleh perbedaan fungsi atenuasi yang digunakan.

4.3 Hasil PSHA di Permukaan

Setelah mendapatkan nilai PGA di batuan dasar dan data Vs30 di Malang Raya langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan untuk mendapatkan hasil PSHA di permukaan. Proses pengolahan PSHA di permukaan sama dengan proses digitasi pada batuan dasar namun dalam pengolahan di permukaan melibatkan data Vs30. Penggunaan nilai PGA di permukaan tanah dapat dikaitkan dengan nilai Vs30, karena nilai Vs30 memperhitungkan karakteristik tanah di lapisan atas hingga kedalaman 0-30 meter. Nilai Vs30 ini merupakan inputan untuk memperkirakan nilai percepatan tanah maksimum di permukaan (PGA_M) dan spektra percepatan di permukaan. Vs30 sendiri merupakan nilai Vs yang dihitung hingga kedalaman 30 meter. Penggunaan nilai Vs30 dalam analisis PGA bertujuan untuk memperhitungkan pengaruh karakteristik tanah pada respons seismik di lapisan atas. Karakteristik tanah pada kedalaman 0-30 meter dari permukaan akan tercermin dalam nilai Vs30 yang dapat mempengaruhi amplitudo dan durasi gelombang seismik yang dirasakan di permukaan tanah saat terjadi gempa bumi. Nilai Vs30 yang lebih tinggi menunjukkan kepadatan tanah yang lebih tinggi cenderung mengurangi amplitudo getaran seismik, sedangkan nilai

Vs30 yang lebih rendah menunjukkan kepadatan tanah yang lebih rendah sehingga dapat meningkatkan amplitudo getaran seismik. Penggunaan Vs30 juga berguna untuk mengetahui efek *local site* di wilayah Malang Raya atau dapat mengetahui jenis tanah di suatu wilayah. *Lokal site* effect adalah pengaruh respon tanah terhadap gerakan seismik di permukaan tanah akibat gempa bumi. Dengan mengetahui jenis tanah di suatu wilayah, maka dapat diketahui besar kecilnya potensi bahaya seismik di wilayah tersebut.

Tahap awalnya adalah melakukan digitasi sumber gempa bumi menggunakan tiga jenis sumber gempa yaitu sumber gempa bumi subduksi/*megathrust*, sumber gempa bumi patahan/*fault*, dan sumber gempa bumi *background*. Dalam digitasi sumber gempa bumi subduksi menggunakan seluruh zona di pulau Jawa. Selanjutnya dalam digitasi sumber gempa bumi patahan yang dipakai meliputi Sesar Kendeng, Sesar Probolinggo dan Sesar Pasuruan dan dimodelkan dengan kedalaman hingga 5 km. Sedangkan untuk sumber gempa bumi *background* dimodelkan menjadi dua berdasarkan kedalamannya, yaitu *shallow background* (untuk kedalaman 0-50, 50-100, 100-150 km) dan *deep background* (untuk kedalaman 150-200, 200-300, <300 km). Selanjutnya, data yang telah terdigitasi dimasukkan ke dalam perangkat lunak R-Crisis 2018 untuk proses selanjutnya.

4.3.1 Spektra Percepatan di Permukaan Pada $T = 0,2$ Detik

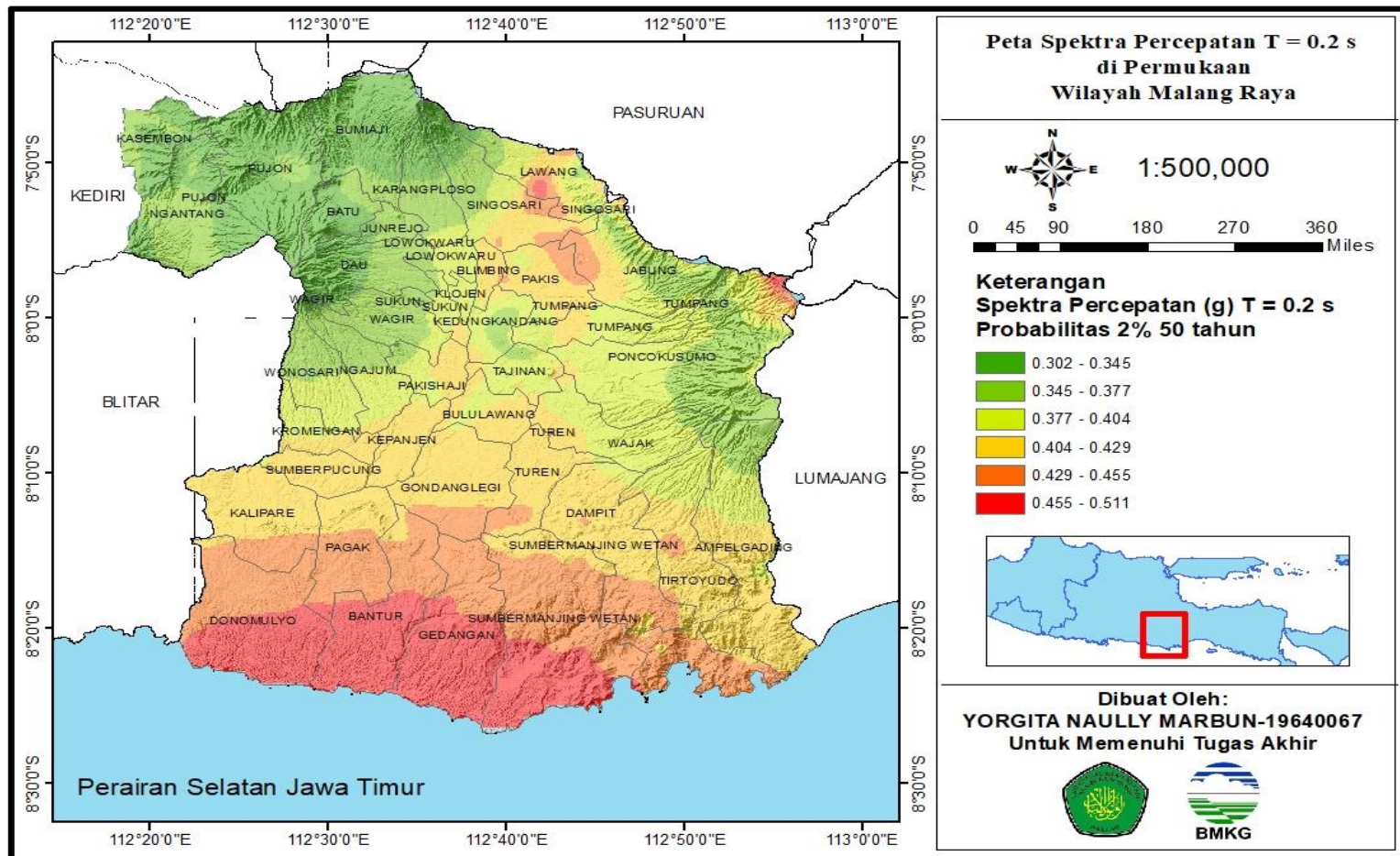
Peta spektra percepatan di permukaan pada $T=0,2$ detik menunjukkan bahwa nilai percepatan cukup tinggi berada dalam rentang antara 0,302 g hingga 0,551 g yang sebagaimana terlihat pada gambar 4.6. Dari hasil analisis, bagian wilayah Malang Raya memiliki nilai spektra yang tinggi terdapat pada wilayah Donomulyo, Bantur Gedangan, Sumbermajing Wetan, Gondanglegi, Pagak dan Kalipare. Wilayah Malang Raya bagian selatan memiliki nilai spektra percepatan antara 0,455 g hingga 0,511 g karena wilayah tersebut tersebut terletak berdekatan dengan zona subduksi/*megatrust* lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia.

Sementara itu, di wilayah utara Malang Raya juga terdapat nilai spektra percepatan yang tinggi khususnya di wilayah yang berdekatan dengan patahan Kendeng, Pasuruan dan Probolinggo yang merupakan perpanjangan dari sesar Kendeng. Tidak hanya dikarenakan oleh sumber gempa patahan saja pada wilayah utara daerah penelitian di dapat juga nilai PGA tinggi yang diindikasikan bahwa lapisan tanah di permukaan tersebut cenderung lebih lunak. Dengan demikian, gambar 4.6 dapat memberikan informasi mengenai sebaran nilai spektra percepatan di wilayah Malang Raya dan dapat menjadi acuan dalam perencanaan mitigasi bencana gempa bumi di daerah tersebut memiliki nilai spektra percepatan tinggi juga terletak pada sebagian wilayah Lawang, Singosari, Pakis dan Tumpang.

Pada periode getar rendah $T=0,2$ detik, nilai spektra percepatan cenderung lebih tinggi daripada nilai PGA_M . Hal ini disebabkan oleh keberadaan sesar aktif di sekitar Kabupaten Malang Raya bagian utara dengan terdampak oleh faktor gelombang geser dan faktor geologi pada wilayah tersebut yang akhirnya

berdampak pada kenaikan nilai PGA pada kondisi spektra dengan periode rendah, yakni pada periode 0,2 detik. Hasil ini menarik dikarenakan hasil yang diperoleh berbeda dengan hasil lainnya yang menunjukkan wilayah Malang Raya bagian utara cenderung memiliki percepatan yang relatif tinggi pula.

Terlihat bahwa rentang nilai spektra percepatan di batuan dasar dengan permukaan tidak terlalu jauh. Jika di batuan dasar rentang nilai spektra percepatan antara 0,288 - 0,464 g, rentang nilai spektra percepatan di permukaan adalah sekitar 0,302 - 0,511 g. Peta Spektra $T=0.2$ detik menunjukkan bahaya gempa bumi pada bangunan dengan periode getar rendah seperti gedung bertingkat rendah.



Gambar 4. 4 Peta nilai percepatan tanah di permukaan pada kondisi spektra $T = 0.2$ s

4.3.3 Spektra Percepatan di Permukaan Pada $T = 1$ Detik

Analisis berikutnya dilakukan terhadap spektra percepatan di permukaan dengan periode panjang $T=1$ detik. Pengolahan data menunjukkan bahwa nilai spektra percepatan terbesar berada dalam kisaran antara 0,151 g hingga 0,284 g, yang tampil dalam gambar 4.8. Namun, terdapat perbedaan antara hasil pengolahan data di permukaan dengan di batuan dasar. Jika peta percepatan tanah maksimum di permukaan (PGA_M) dan peta spektra percepatan pada $T = 0,2$ detik menghasilkan pola kenaikan daerah kerawanan pada wilayah Malang Raya bagian utara, namun peta spektra percepatan tanah di permukaan untuk $T = 1$ detik menunjukkan kenaikan di wilayah Selatan Malang Raya. Wilayah Malang Raya bagian selatan yang berdekatan dengan zona Subduksi pulau Jawa sehingga memiliki kisaran nilai spektra percepatan dalam kondisi tersebut antara 0,255 g hingga 0,284 g terlihat pada wilayah Donomulyo, Bantur, Gedangan, Sumbermajing Wetan, Tirtoyudo, Dampit, Turen, Gondanglegi, Pagak, Kalipare, Kepanjen dan Sumberpucung.

Di wilayah Malang Raya bagian utara, hasil pengolahan menunjukkan rentang nilai spektra percepatan yang bervariasi. Wilayah di bagian utara yang memiliki nilai percepatan tinggi yaitu di sebagian daerah Lawang, Blimbing dan Lowokwaru. Nilai spektra percepatan yang tinggi di wilayah utara sendiri kemungkinan juga diakibatkan oleh nilai Vs_{30} yang rendah di wilayah tersebut sehingga mengakibatkan amplifikasi yang relatif lebih besar. Hal inilah yang menyebabkan nilai spektra percepatan di Malang Raya bagian utara relatif lebih tinggi. Hasil ini memberikan informasi bahwa wilayah Malang Raya bagian utara akan lebih rentan jika mengalami gempa bumi dengan kandungan frekuensi

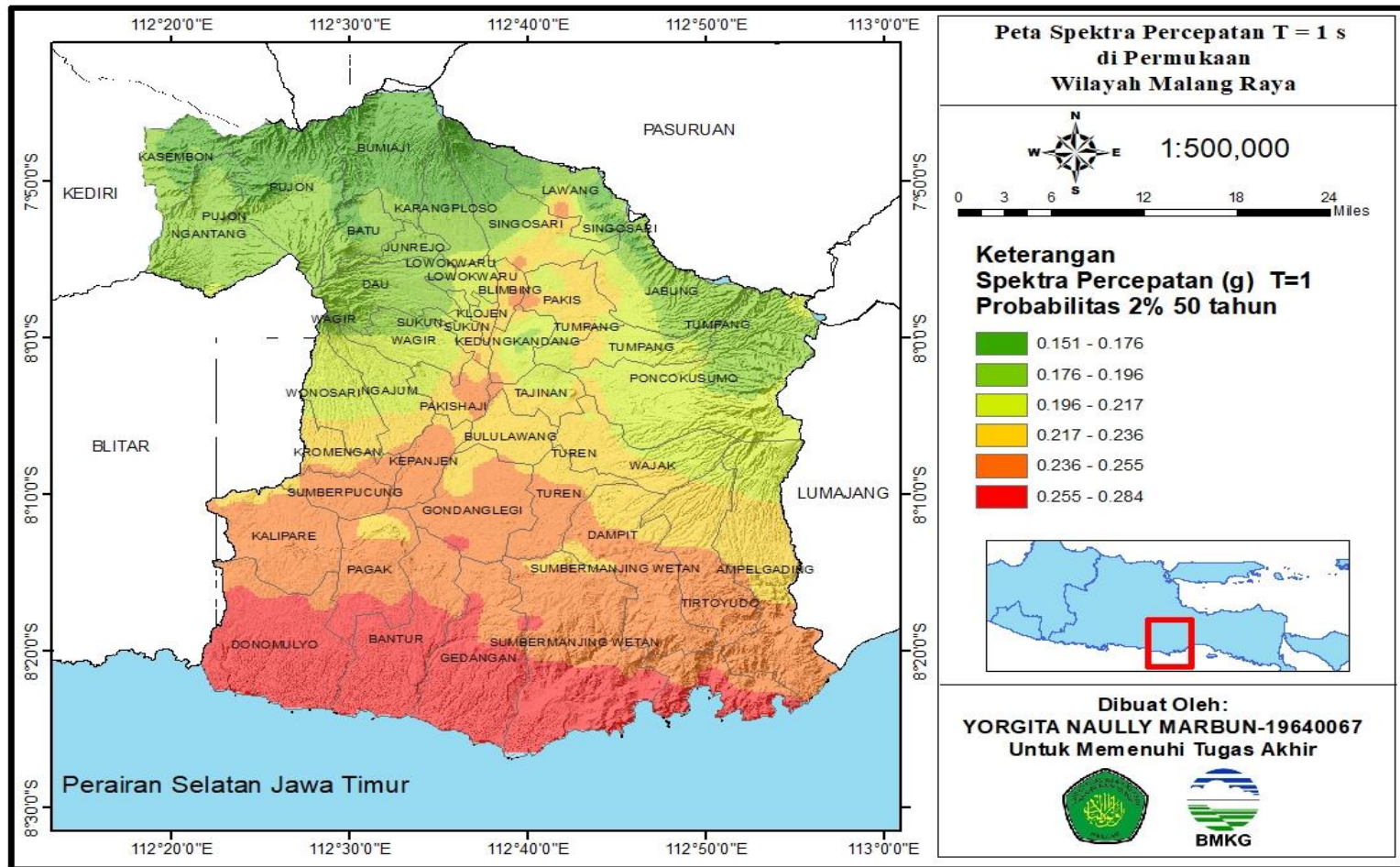
rendah. Pada spektra percepatan $T=1$ detik menunjukkan bahaya gempa bumi pada bangunan dengan periode getar tinggi seperti gedung bertingkat tinggi. Oleh karena itu, penggunaan kedua peta tersebut sangat penting dalam menentukan desain bangunan pada suatu wilayah.

Terlihat bahwa rentang nilai spektra percepatan di batuan dasar dengan permukaan tidak terlalu jauh. Jika di batuan dasar rentang nilai spektra percepatan antara 0,150 – 0,275 g, rentang nilai spektra percepatan di permukaan adalah sekitar 0,151 - 0,284 g. Dalam mengambil keputusan apapun, dianjurkan untuk melakukan persiapan yang memadai dalam menghadapi suatu situasi, termasuk dalam hal bencana gempa bumi. Dalam Al-Quran, terdapat petunjuk dalam QS. Al-Baqarah (2:197) yang berbunyi:

الْحَجُّ أَشْهُرٌ مَّعْلُومَةٌ ۖ فَمَنْ فَرَضَ فِيهِنَّ الْحَجَّ فَلَا رَفَثَ وَلَا فُسُوقَ وَلَا جِدَالَ فِي الْحَجِّ ۗ وَمَا تَفَعَّلُوا مِنْ خَيْرٍ يَّعْلَمُهُ اللَّهُ ۗ وَتَزَوَّدُوا فَإِنَّ خَيْرَ الزَّادِ التَّقْوَىٰ ۗ وَاتَّقُونِ يَا أُولِيَ الْأَلْبَابِ

Artinya : "*Dan ambillah sesuatu perbekalan (untuk berperang), tetapi perbekalan yang paling utama ialah taqwa. Oleh sebab itu, bertakwalah kepada-Ku hai orang-orang yang mempunyai akal.*"

Ayat ini mengajarkan pentingnya memiliki sikap kewaspadaan dan persiapan yang tepat dalam menghadapi situasi apapun. Dalam konteks bencana gempa bumi, persiapan yang matang dan kesadaran terhadap risiko adalah bentuk taqwa yang dianjurkan.



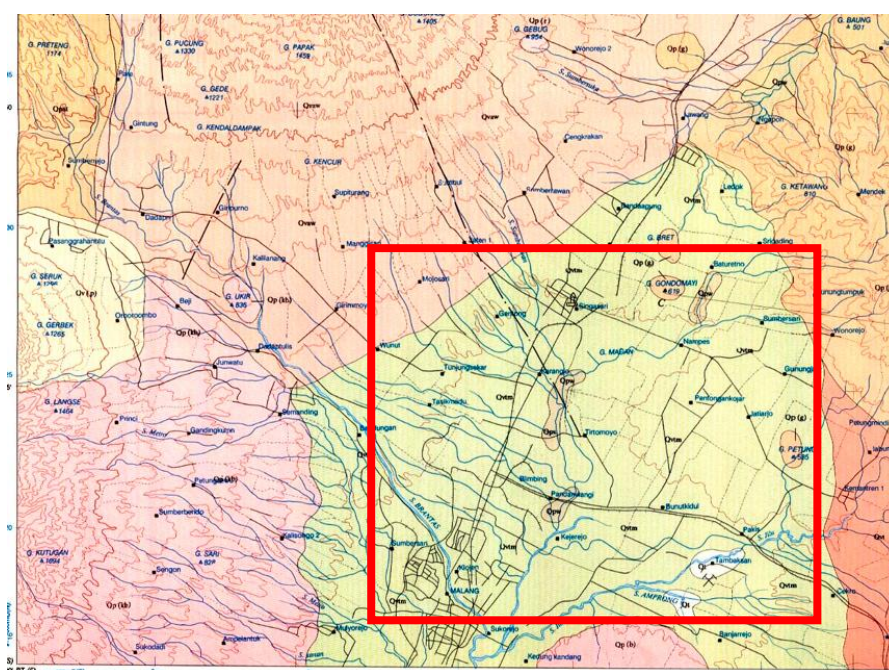
Gambar 4. 5 Peta nilai percepatan tanah di permukaan pada kondisi spektra $T = 1$ s

4.5 Kondisi *Local Site Effect* Malang Raya

Setelah dilakukan pengolahan PSHA pada permukaan dan di batuan dasar, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan amplifikasi. *Local site effect* adalah fenomena dimana getaran gempa bumi mengalami perubahan saat melewati lapisan tanah tertentu. Nilai amplifikasi menggambarkan perbandingan antara respons spektral getaran tanah di suatu lokasi dengan getaran tanah di batuan dasar. Hal ini penting karena setiap jenis tanah memiliki karakteristik geologi dan geoteknik yang berbeda. Beberapa tanah dapat memperkuat atau mengamplifikasi getaran gempa bumi, sementara yang lain dapat meredam atau melemahkan getaran tersebut.

Tujuan dari perhitungan amplifikasi ini adalah untuk mengetahui kondisi *local site effect* di Malang Raya. *Local site effect* merupakan fenomena perubahan karakteristik gempa bumi pada permukaan bumi yang terjadi karena pengaruh struktur dan komposisi tanah di suatu lokasi tertentu. Fenomena ini menyebabkan percepatan tanah dan amplitudo getaran menjadi lebih besar atau lebih kecil di permukaan bumi dibandingkan dengan di batuan dasar. Hal ini disebabkan oleh sifat tanah yang berbeda di setiap lokasi, dan dapat memperbesar atau memperkecil amplitudo dan periode gelombang seismik. *Local site effect* merupakan kondisi di mana tanah di satu tempat dapat mempengaruhi kekuatan getaran gempa bumi yang dirasakan di atasnya. Ketika terjadi gempa di berbagai lokasi kekuatan getaran yang dirasakan di permukaan bumi bervariasi karena perbedaan kondisi tanah di setiap lokasi. Sebagai contoh, getaran gempa akan lebih terasa kuat di daerah dengan tanah berpasir dibandingkan dengan daerah dengan tanah berlumpur. Oleh karena itu, memahami efek lokal penting dalam

mengevaluasi risiko gempa bumi di suatu wilayah. Dalam hal ini wilayah yang menunjukkan nilai amplifikasi tinggi yakni pada sebagian daerah pada wilayah Lawang, Singosari, Pakis, Blimbing, Lowokwaru, Klojen, Kedungkandang dan Sukun. Nilai amplifikasi tinggi menunjukkan bahwa tanah pada lokasi tersebut memiliki sifat yang mempengaruhi responsnya terhadap gelombang seismic karena terdapat batuan yang cenderung lebih lunak, yang ditandai dengan kekerasan dan kepadatan yang rendah jika dibandingkan dengan batuan sedimen yang lebih keras atau batuan beku yang lebih padat.



Gambar 4. 6 Kondisi Geologi Malang Lembar Malang

Wilayah tersebut ditandai dengan lapisan yang lunak dalam peta geologi. Lapisan ini terdiri dari berbagai jenis material seperti tuf Pasir, tuf Batuapung, tuf halus, dan tuf lafili. Lapisan-lapisan ini umumnya dianggap sebagai batuan yang lunak karena kekerasannya dan kepadatannya yang rendah dibandingkan dengan batuan lainnya seperti batuan sedimen yang lebih keras atau batuan beku yang lebih padat. Hal ini menyebabkan karakteristik lapisan-lapisan tersebut memiliki

potensi untuk mengalami amplifikasi guncangan gempa yang lebih tinggi. Dalam kondisi ini, saat terjadi gempa bumi, energi gempa akan merambat melalui lapisan batuan yang lebih lunak dengan lebih mudah dan mengalami refleksi dan refraksi yang lebih signifikan, sehingga menyebabkan amplifikasi atau peningkatan amplitudo getaran. Sehingga tidak mengherankan jika pada area tersebut terdapat nilai amplifikasi yang lebih tinggi, karena kondisi geologi dan sifat batuan yang mempengaruhi perilaku guncangan gempa di wilayah tersebut.

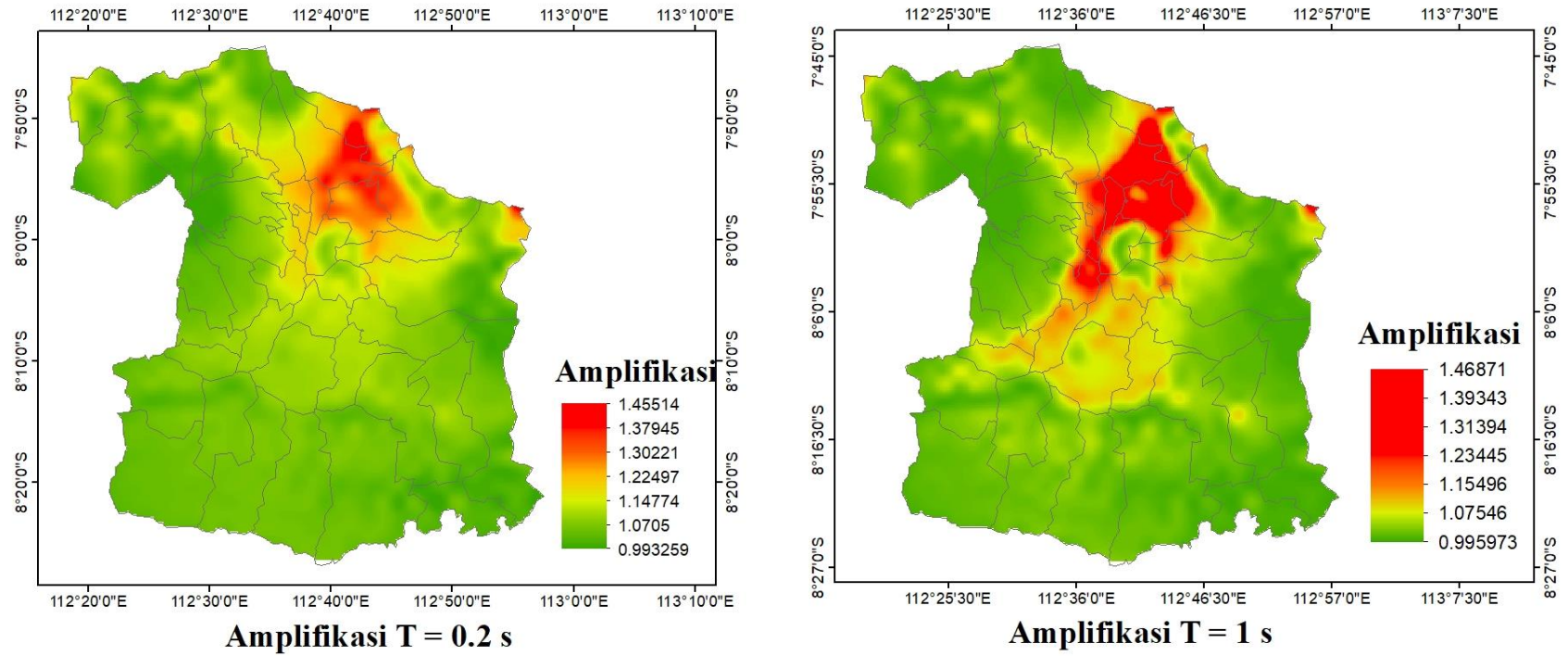


Gambar 4. 7 Peta Geologi Lembar Turen

Di wilayah lembar Turen, penelitian menunjukkan bahwa daerah yang cenderung terletak di selatan memiliki lapisan yang didominasi oleh batu gamping, napal, dan pasir. Lapisan yang lebih lunak memiliki sifat elastisitas yang rendah adalah tuf halus, tuf lafili, tuf pasir, dan sisipan batu lempung. Sedangkan lapisan yang lebih keras atau memiliki sifat elastisitas yang tinggi adalah batu gamping dan napal pasir memiliki karena struktur yang terdiri dari

butiran yang lebih halus dan memiliki kepadatan yang rendah. Karena struktur dan sifat butiran yang halus, lapisan-lapisan ini cenderung lebih lunak dan memiliki kekakuan yang rendah.

Batu gamping, dengan komposisi mineral yang padat dan struktur yang kuat, memberikan kekakuan yang tinggi pada lapisan tersebut. Karakteristik ini berpotensi mempengaruhi respons tanah terhadap beban dan getaran, serta perlu diperhitungkan dalam analisis geoteknik dan pemodelan gempa bumi di wilayah tersebut. Dalam konteks amplifikasi tanah, nilai lokal site efek akan memberikan informasi tentang bagaimana tanah di sekitar lokasi pembangunan akan merespons gelombang seismik. Analisis ini digunakan untuk menentukan strategi yang tepat untuk memperkuat tanah dan bangunan agar lebih tahan gempa. Informasi ini terdapat pada gambar 4.8. Dari hasil analisis gempa dengan periode yang panjang memiliki durasi yang lebih lama dalam merambat dan menyebarkan energi gempa. Dampaknya, energi gempa ini dapat menyebar ke daerah yang lebih jauh seiring waktu, sehingga daerah yang lebih luas dapat merasakan getaran yang signifikan. Gelombang seismik dengan frekuensi rendah memiliki kemampuan untuk merambat lebih jauh dibandingkan gelombang dengan frekuensi tinggi. Oleh karena itu, gempa dengan periode yang panjang memiliki kemungkinan untuk menyebar ke daerah yang lebih luas dibandingkan gempa dengan periode yang lebih pendek.



Gambar 4. 8 Amplifikasi di Permukaan dan Batuan Dasar

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian Analisis Bahaya Kegempaan di Wilayah Malang dengan Menggunakan Pendekatan Probabilistik dapat diperoleh kesimpulan sebaga berikut:

1. Nilai spektra percepatan di batuan dasar untuk wilayah Malang diperoleh rentang nilai percepatan 0.320 – 0.444 g untuk periode pendek ($T = 0.2$ detik), dan 0.117 – 0.277 g untuk periode panjang ($T = 1$ detik).
2. Nilai spektra percepatan di permukaan untuk wilayah Malang diperoleh rentang nilai percepatan 0,302 – 0,511 g untuk periode pendek ($T = 0.2$ detik), dan 0,151-0,284 g untuk periode panjang ($T = 1$ detik).
3. Nilai amplifikasi tinggi menunjukkan bahwa ada peningkatan amplitudo gerakan tanah yang terjadi pada suatu lokasi. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi geologi tertentu, seperti keberadaan lapisan tanah yang lunak dan kemampuan lapisan batuan untuk memantulkan gelombang gempa.

5.2 Saran

- 1 Diperlukan data yang lebih banyak agar mendapatkan data yang lebih baik dan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai bahaya kegempaan di wilayah Malang Raya dengan menggunakan fungsi atenuasi lain yang merepresentasikan wilayah tersebut.
- 2 Apabila terdapat kejadian gempa bumi bisa dilakukan metode lain di wilayah ini sehingga di dapatkan hasil yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrahamson, N., Geogor, N and Addo, K., 2016. BC Hydro . BC Hydro ground motion prediction equations for subduktion earthquakes. *Earthquake Spectra*, 32(1)
- Afistianto, M. F. (2005). *Serial Pembelajaran Anak "Pesisir dan Laut Kita" TSUNAMI*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Bidang Pendidikan Kelautan COREMAP.
- Afnimar. (2009). Pengantar geologi. *Penerbit ITB*.
- Agus. (2009). Penerapan Metode Stacking dalam Pemrosesan Sinyal Seismik Laut di Perairan Barat Aceh. *Bogor: IPB*.
- Aki, K. (1993). Local site effects on weak and strong ground motion. *Tectonophysics*, 93-111.
- Ariestianty, S. K. (2009). Penentuan Modulus Geser Tanah Menggunakan Metode Analisis Multi-channel Gelombang Permukaan. *Semesta Teknik*, 12, 185-198.
- Atmojo, T. &. (2009). Geotectonic setting of the Indonesian region. *Journal of Geology and Mining Research*, 23-34.
- Bambang Sunardi, J. N. (2016). Peak Ground Acceleration at Surfase and Spectral Acceleration *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 17, 33-46.
- Cornell, C. A. (1968). Engineering seismic risk analysis. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1583-1606.
- Jimmi Nugraha, G. P. (2014). Analisis Hazard Gempa dan Isoleimal untuk Wilayah Jawa-Bali-NTB. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15, 1-11.
- M. Muzli, R. P. (2016). Pengukuran VS30 Menggunakan Metode MASW untuk Wilayah Yogyakarta. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 17, 25-32.
- Marliyani, G. I. (2016). Neotectonics of Java, Indonesia: Crustal deformation in the overriding plate of an orthogonal subduction system. *Doctoral dissertation, Arizona State University*.
- McGuire, R. K. (2004). *Earthquake engineering research institute*.
- Muzli. (2014). Hubungan Kecepatan Relatif Pergerakan Lempeng Tektonik dengan Tingkat Seismisitas di Zona Subduksi. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika BMKG*.

- Nasional, T. P. (2017). *Peta Sumber Bahaya dan Gempa Tahun 2017*. Bandung;Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerja Umum dan Perumahan Rakyat.
- Natawidjaja, D. H. (2009). Tectonic Setting Indonesia dan Pemodelan Sumber Gempa dan Tsunami. *Physics Today*, 60(8), 54-59.
- Nugraha, A. D. (2018). Karakteristik Sesar Aktif di Pulau Jawa Berdasarkan Citra Satelit. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 169-178.
- PuSGeN. (2017). Peta Sumber Bahaya Gempa. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.
- Reid, H. F. (1910). The mechanics of the earthquake. The California earthquake of April 18. *Carnegie Institution of Washington Publication*, vol. 2, 3-78.
- Ristanto, D. (2006). Gempa Bumi dan Tsunami. *Erlangga Jakarta*.
- Siswowidjojo, S. S. (1996). Pengantar Seismologi Gunungapi dan Hubungannya dengan Kegiatan Gunungapi. *Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi*.
- SNI. (2019). Standar Nasional Indonesia. *BADAN STANDARISASI NASIONAL*, 233 - 238.
- Sugeng Kurniawan, D. D. (2019). Pemetaan Kerawanan Bencana Gempa Bumi dengan Metode PSHA Periode Ulang 2500 Tahun Studi Kasus Pulau Lombok – Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Geosaintek*, 5, 109-112.
- Sunardi, J. N. (2016). Peak Ground Acceleration at Surface and Spectral Acceleration for Makassar City Based on a Probabilistic Approach. *Jurnal Meteorologi an Geofisika*, 33 - 46.
- Sunarjo, M. T. (2012). Gempabumi Edisi Populer. *Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*.
- Sungkowo, A. (2018). Perhitungan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Berdasar Rekaman Sinyal Accelerograph di Stasiun Pengukuran UNSO Surakarta. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 8, 43-51.
- Supartoyo, E. S. (2016). Analisis Seismik dan Potensi Tsunami pada Wilayah Pesisir Selatan Jawa. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 273-280.
- Takemura, S. T. (2018). Detection and characterization of small-scale heterogeneities in the crust and upper mantle using seismic waves. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(5), 4225-4244.

Telford et al., M. L. (1976). *Applied Geophysic. Cambridge University Press.*

Tio Azhar Prakoso Setiadi, R. M. (2020). Percepatan Tanah Maksimum i Permukaan pada Wilayah DKI Jakarta Menggunakan Metode PSHA. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 81 - 90.

Wegener, A. (1915). *The origin of continents and oceans.* Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn.

Widodo, P. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan. Pustaka Pelajar.*

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh menghitung PGA

Titik koordinat hiposenter gempa pada 110.007 dan -8.9612 dengan $M = 5.32$ di kedalaman 72.77 km yang akan diamati pada titik 112.510, -8.400 dalam contoh ini menggunakan nilai-nilai pada spectra

1. Mencari nilai spectra pada spectra $T=0.2$

$$\begin{aligned} \ln(Sa_{interface}) &= \theta_1 + \theta_4 \Delta C_1 + (\theta_2 + \theta_3(M - 7.8)) \ln(R_{rup}) \\ &+ C_4 \exp(\theta_9(M - 6)) + \theta_6 R_{rup} + f_{mag}(M) + f_{FABA}(R_{rup}) \\ &+ f_{site}(PGA_{1000}, V_{S30}) \end{aligned}$$

• Menentukan fungsi dari magnitudo F_{mag}

$$F_{mag}(M) = \begin{cases} \theta_4 - (M - (C_1 - \Delta C_1)) \theta_{13} (10 - M)^2; & \text{For } M \leq (C_1 - \Delta C_1) \\ \theta_5 (M - (C_1 - \Delta C_1)) - \theta_{13} (10 - M)^2; & \text{For } M > (C_1 - \Delta C_1) \end{cases}$$

$C_1 = 7.8$ dan $\Delta C_1 = -0.3$ maka perhitungan $(7.8 - (-0.3) = 9)$. Bisa diartikan jika yang memiliki magnitudo dibawah 9 menggunakan fungsi yang atas. Dengan nilai $\theta_4 = 0.9$ dan $\theta_{13} = -0.0162$ dengan magnitudo sebesar kejadian gempa diatas yakni 5.32 mendapatkan hasil -2.26427778

• Menentukan F_{FABA}

$$F_{event} = \begin{cases} 0; & \text{Interface Events} \\ 1; & \text{Intraslab Events} \end{cases}$$

$$F_{FABA}(R) = \begin{cases} \theta_7 + \theta_8 \ln\left(\frac{\max(R_{hypo})}{40}\right) F_{FABA}; & \text{untuk } F_{event} = 1 \\ \theta_{15} + \theta_{16} \ln\left(\frac{\max(R_{rup})}{40}\right) F_{FABA}; & \text{untuk } F_{event} = 0 \end{cases}$$

$$F_{FABA} = \begin{cases} 0; & \text{Forearch or Unknown Sites} \\ 1; & \text{Backarch Sites} \end{cases}$$

Langkah awal mencari fungsi F_{FABA} dengan melihat F_{event} yang diteliti berada zona interface akan bernilai 0, dan jika F_{event} bernilai 1 maka dapat memakai fungsi $F_{FABA}(R)$ yang bawah dengan memakai persamaan $\theta_{15} + \theta_{16} \ln\left(\frac{\max(R_{rup})}{40}\right) F_{FABA}$. $R_{rup} = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2}$ menggunakan koordinat gempa dan koordinat titik pengamatan tiap 1° berarti 111 km. F_{FABA} yang dipakai adalah yang bernilai 0 karena ada pada kondisi forearch, maka persamaan jika

dimasukkan nilai sebagai berikut $1.2230 + (-1,25 \ln(\frac{5.32(284.719)}{40}))0$ mendapatkan hasil 1.2230.

- Menentukan F_{site}

dengan,

PGA_{1000} adalah nilai median dari PGA dengan nilai = 1,000 m/s dan

$$V_s^* = \begin{cases} 1000; & \text{untuk } V_{S30} > 1000 \\ V_{S30} & \text{untuk } V_{S30} \leq 1000 \end{cases}$$

Persamaan diatas digunakan untuk penentuan inputan nilai dibatuan dasar dan di permukaan. Secara khusus, kecepatan gelombang geser di batuan dasar berkisar nilai rentang antara 2-8 km/s. Dalam pernyataan ini maka bisa disimpulkan bahwa di batuan dasar memakai nilai 1000 dan di permukaan bernilai variasi sesuai titik pengamatan.

$$f_{site}(PGA_{1000}, V_{S30}) = \begin{cases} \theta_{12} \ln\left(\frac{V_s^*}{V_{lin}}\right) - b \ln(PGA_{1000} + C) + b \ln\left(PGA_{1000} + C \left(\frac{V_s^*}{V_{lin}}\right)^n\right); & \text{untuk } V_{S30} < V_{lin} \\ \theta_{12} \ln\left(\frac{V_s^*}{V_{lin}}\right) + b \ln\left(\frac{V_s^*}{V_{lin}}\right); & \text{untuk } V_{S30} \geq V_{lin} \end{cases}$$

Untuk V_{lin} telah diketahui untuk mencari di $T=0.2$ sebesar 748.2 dan nilai v_{s30} pada wilayah tersebut sebesar 231.233 serta nilai koefisien dalam model ini yakni $\theta_{12}=2.076$, $C=1.88$

Untuk batuan dasar

$$\begin{aligned} f_{site}(PGA_{1000}, V_{S30}) &= 2.076 \ln\left(\frac{1000}{748.2}\right) + (-2.188) \ln(1 + 1.88) + (-2.188) \ln(1 \\ &+ 1.88 \left(\frac{1000}{748.2}\right)^{1.18} \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas menghasilkan hasil -0.966720413 di batuan dasar.

$$\begin{aligned} \ln(Sa_{interface}) &= 5.2684 + 0.9 \cdot -0.3 + \\ &(-1.400 + 0.1(5.32 - 7.8)) \ln(2.56504461 + 0.9 \exp(0.4(5.32 - \\ &6))) + (-0.0018) \cdot 2.56504461 + (-2.26427778) + 1.2250 + (- \\ &0.966720413) \\ &= -0.817666455636369 \end{aligned}$$

$$Sa = \exp(-0.817666455636369)$$

$$= 0.44146062141397 \text{ (nilai ini untuk di batuan dasar)}$$

Untuk permukaan

$$f_{site}(PGA_{1000}, V_{S30})$$

$$= 2.076 \ln\left(\frac{231.233}{748.2}\right) + (-2.188) \ln(1 + 1.88) + (-2.188) \ln$$

$$\left(1 + 1.88 \left(\frac{231.233}{748.2}\right)^{1.18}\right)$$

Dari persamaan diatas menghasilkan hasil -0.932489515 di permukaan.

$$\ln(Sa_{interface}) =$$

$$5.2684 + 0.9 \cdot -0.3 +$$

$$(-1.400 + 0.1(5.32 - 7.8)) \ln(2.56504461 +$$

$$0.9 \exp(0.4(5.32 - 6))) + (-0.0018) \cdot 2.56504461 +$$

$$(-2.26427778) + 1.2250 + (-0.932489515)$$

$$= -0.851897353065524$$

$$Sa = \exp(-0.851897353065524)$$

$$= 0.426604743766911 \text{ (nilai ini untuk di permukaan karena Fsite menggunakan variasi dari nilai vs30)}$$

Koefisien dalam model

Table 1. Period-Independent Subduction Model Coefficients used in the regression analysis

Coefficient	all periods
n	1.18
C	1.88
θ_3	0.1
θ_4	0.9
θ_5	0.0
θ_9	0.4
C_4	10
C_1	7.8

Table 2. Regression coefficients for the median (units of g) subduction GMPE model

Period (sec)	V_{lin}	B	θ₁	θ₂	θ₆	θ₇	θ₈	θ₁₀	θ₁₁	ΔC₁
0.000	865.1	-1.186	4.2203	-1.350	-0.0012	1.0988	-1.42	3.12	0.0130	-0.3
0.020	865.1	-1.186	4.2203	-1.350	-0.0012	1.0988	-1.42	3.12	0.0130	-0.3
0.050	1053.5	-1.346	4.5371	-1.400	-0.0012	1.2536	-1.65	3.37	0.0130	-0.3
0.075	1085.7	-1.471	5.0733	-1.450	-0.0012	1.4175	-1.80	3.37	0.0130	-0.3
0.100	1032.5	-1.624	5.2892	-1.450	-0.0012	1.3997	-1.80	3.33	0.0130	-0.3
0.150	877.6	-1.931	5.4563	-1.450	-0.0014	1.3582	-1.69	3.25	0.0130	-0.3
0.200	748.2	-2.188	5.2684	-1.400	-0.0018	1.1648	-1.49	3.03	0.0129	-0.3
0.250	654.3	-2.381	5.0594	-1.350	-0.0023	0.9940	-1.30	2.80	0.0129	-0.3
0.300	587.1	-2.518	4.7945	-1.280	-0.0027	0.8821	-1.18	2.59	0.0128	-0.3
0.400	503.0	-2.657	4.4644	-1.180	-0.0035	0.7046	-0.98	2.20	0.0127	-0.3
0.500	456.6	-2.669	4.0181	-1.080	-0.0044	0.5799	-0.82	1.92	0.0125	-0.3
0.600	430.3	-2.599	3.6055	-0.990	-0.0050	0.5021	-0.70	1.70	0.0124	-0.3
0.750	410.5	-2.401	3.2174	-0.910	-0.0058	0.3687	-0.54	1.42	0.0120	-0.3
1.000	400.0	-1.955	2.7981	-0.850	-0.0062	0.1746	-0.34	1.10	0.0114	-0.3
1.500	400.0	-1.025	2.0123	-0.770	-0.0064	-0.0820	-0.05	0.70	0.0100	-0.3
2.000	400.0	-0.299	1.4128	-0.710	-0.0064	-0.2821	-0.12	0.70	0.0085	-0.3
2.500	400.0	0.000	0.9976	-0.670	-0.0064	-0.4108	0.25	0.70	0.0069	-0.3

Period (sec)	θ₁₂	θ₁₃	θ₁₄	θ₁₅	θ₁₆	φ	τ	σ
0.000	0.980	-0.0135	-0.40	0.9996	-1.00	0.60	0.43	0.74
0.020	0.980	-0.0135	-0.40	0.9996	-1.00	0.60	0.43	0.74
0.050	1.288	-0.0138	-0.40	1.1030	-1.18	0.60	0.43	0.74
0.075	1.483	-0.0142	-0.40	1.2732	-1.36	0.60	0.43	0.74
0.100	1.613	-0.0145	-0.40	1.3042	-1.36	0.60	0.43	0.74
0.150	1.882	-0.0153	-0.40	1.2600	-1.30	0.60	0.43	0.74
0.200	2.076	-0.0162	-0.35	1.2230	-1.25	0.60	0.43	0.74
0.250	2.248	-0.0172	-0.31	1.1600	-1.17	0.60	0.43	0.74
0.300	2.348	-0.0183	-0.28	1.0500	-1.06	0.60	0.43	0.74
0.400	2.427	-0.0206	-0.23	0.8000	-0.78	0.60	0.43	0.74
0.500	2.399	-0.0231	-0.19	0.6620	-0.62	0.60	0.43	0.74
0.600	2.273	-0.0256	-0.16	0.5800	-0.50	0.60	0.43	0.74
0.750	1.993	-0.0296	-0.12	0.4800	-0.34	0.60	0.43	0.74
1.000	1.470	-0.0363	-0.07	0.3300	-0.14	0.60	0.43	0.74
1.500	0.408	-0.0493	0.00	0.3100	0.00	0.60	0.43	0.74
2.000	-0.401	-0.0610	0.00	0.3000	0.00	0.60	0.43	0.74
2.500	-0.723	0.0711	0.00	0.300	0.00	0.60	0.43	0.74

Lampiran 2 Perhitungan Sa pada 1 titik

Kedalaman	M	Fmag	Ffaba@	Fsitepermukaan	Fsitebatuandasar	Rrup	Ln (Sa interface) Bedrock	Ln (Sa interface) Permukaan	Sa interface Bedrock	Sa interface Permukaan
42.7	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.321659	-0.816863239	-0.851094136	0.441815353	0.426947538
77.72	5.32	-2.2643	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.565045	-0.817666456	-0.851897353	0.441460621	0.426604744
140.1	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.34624	-0.82097775	-0.855208648	0.440001233	0.425194466
80	5.37	-2.2643	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.586001	-0.821031495	-0.855262392	0.439977586	0.425171615
612.2	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.346796	-0.82107069	-0.855301587	0.439960341	0.425154951
33	5.57	-2.2643	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.589912	-0.821658728	-0.855889626	0.439701704	0.424905017
43.4	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.353539	-0.822197584	-0.856428482	0.439464832	0.424676116
583.5	5.4	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.353953	-0.822266714	-0.856497612	0.439434452	0.424646759
33	5.5	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.364471	-0.824022865	-0.858253762	0.438663417	0.42390167
598.5	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.365232	-0.824149986	-0.858380884	0.438607657	0.423847786
598.5	5.3	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.368195	-0.824644338	-0.858875235	0.438390884	0.423638308
612.5	5.4	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.369999	-0.824945122	-0.859176019	0.438259043	0.423510903
600	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.370504	-0.82502942	-0.859260318	0.4382221	0.423475204
589.6	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.380731	-0.826734263	-0.86096516	0.437475637	0.42275386
567.4	5.3	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.380731	-0.826734263	-0.86096516	0.437475637	0.42275386
593.8	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.382048	-0.826953656	-0.861184553	0.437379668	0.422661121
86.4	5.57	-2.2643	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.625238	-0.827314001	-0.861544898	0.437222089	0.422508845
147.1	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.384872	-0.827423979	-0.861654876	0.437174006	0.42246238
35	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.385912	-0.827597224	-0.861828121	0.437098275	0.422389197
10	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.391731	-0.828565926	-0.862796823	0.436675062	0.421980226
599	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.395528	-0.829197772	-0.863428669	0.436399238	0.421713684

10	5.32	-2.2643	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.642477	-0.830066794	-0.864297691	0.436020162	0.421347365
600	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.403637	-0.830546402	-0.8647773	0.435811093	0.421145331
10	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.407282	-0.831152105	-0.865383003	0.435547201	0.42089032
12.01	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.416151	-0.832625355	-0.866856252	0.434906004	0.4202707
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.418949	-0.833089757	-0.867320655	0.434704079	0.42007557
33	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.420022	-0.833267842	-0.867498739	0.434626672	0.420000768
594.4	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.425178	-0.834123458	-0.868354355	0.434254958	0.419641562
10	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.425531	-0.834181954	-0.868412851	0.434229556	0.419617016
594.5	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.427627	-0.834529603	-0.868760501	0.434078623	0.419471161
9	5.37	-2.2643	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.676581	-0.835499396	-0.869730294	0.43365786	0.419064558
590.5	5.41	-2.3379	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.343103	-0.836004117	-0.870235015	0.433439039	0.418853101
580.2	5.37	-2.3379	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.343972	-0.836150565	-0.870381462	0.433375568	0.418791765
61	5.52	-2.2643	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.681186	-0.836231599	-0.870462496	0.433340451	0.418757831
203.9	5.41	-2.2643	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.685327	-0.836889803	-0.871120701	0.433055318	0.418482293
600	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.443177	-0.837106484	-0.871337381	0.432961494	0.418391626
10	5.41	-2.2643	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.695974	-0.838580795	-0.872811693	0.432323644	0.417775241
21.8	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.469442	-0.841450145	-0.875681043	0.431084934	0.416578216
33	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.470758	-0.841667408	-0.875898306	0.430991286	0.416487718
590.7	5.37	-2.3379	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.383065	-0.842722484	-0.876953382	0.430536797	0.416048524
600	5.37	-2.3379	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.393557	-0.844481807	-0.878712704	0.42978001	0.415317204
54.4	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.492146	-0.8451958	-0.879426698	0.429473259	0.415020776
581.8	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.493848	-0.845476287	-0.879707185	0.429352814	0.414904384
600	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.493938	-0.845490987	-0.879721885	0.429346503	0.414898285
78	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.494298	-0.845550442	-0.87978134	0.429320977	0.414873618
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.499935	-0.84647883	-0.880709727	0.428922585	0.414488633

600	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.502143	-0.846842495	-0.881073392	0.42876663	0.414337926
35	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.509801	-0.848102716	-0.882333613	0.428226629	0.413816097
567.9	5.47	-2.3379	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.429144	-0.850435969	-0.884666867	0.427228633	0.412851685
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.524143	-0.850460465	-0.884691362	0.427218168	0.412841572
45.4	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.538474	-0.852813098	-0.887043995	0.426214262	0.411871449
31.1	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.547388	-0.854274879	-0.888505776	0.425591685	0.411269823
63	5.4	-2.3379	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.494997	-0.861398708	-0.895629606	0.422570616	0.408350418
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.630617	-0.867862016	-0.902092914	0.419848219	0.405719634
602.9	5.4	-2.3379	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.535292	-0.868071669	-0.902302566	0.419760206	0.405634583
20.5	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.632002	-0.868087202	-0.902318099	0.419753686	0.405628282
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.633957	-0.868405032	-0.90263593	0.419620297	0.405499382
53.75	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.654792	-0.871788109	-0.906019007	0.418203087	0.404129864
114.6	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.656516	-0.872067763	-0.906298661	0.418086152	0.404016863
212.8	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.672552	-0.874666712	-0.908897609	0.417000978	0.402968208
33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.681977	-0.87619227	-0.910423168	0.416365304	0.402353925
18.3	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.687576	-0.877097896	-0.911328793	0.415988403	0.401989708
10	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.693861	-0.878113925	-0.912344823	0.415565961	0.401581482
8.1	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.698243	-0.878821845	-0.913052743	0.415271878	0.401297295
127.5	5.52	-2.3379	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.636556	-0.884725779	-0.918956676	0.412827364	0.398935043
33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.335432	-0.819169962	-0.85340086	0.440797381	0.425963823
592.9	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.338076	-0.819612409	-0.853843306	0.440602395	0.425775398
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.338194	-0.819632169	-0.853863066	0.440593689	0.425766985
35	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.341869	-0.820246872	-0.85447777	0.440322938	0.425505345
47.43	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.342117	-0.820288351	-0.854519249	0.440304674	0.425487696
37	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.343404	-0.820503512	-0.85473441	0.440209948	0.425396157

24.6	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.344382	-0.820667067	-0.854897965	0.440137955	0.425326587
76.2	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.345121	-0.820790757	-0.855021654	0.440083518	0.425273982
25	6.4	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.346376	-0.821000516	-0.855231413	0.439991216	0.425184786
10	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.347923	-0.821259085	-0.855489983	0.439877463	0.425074861
21.3	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.349433	-0.821511519	-0.855742417	0.439766436	0.424967571
56.1	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.350003	-0.821606742	-0.855837639	0.439724563	0.424927106
528.7	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.350314	-0.821658757	-0.855889654	0.439701691	0.424905004
584.1	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.351314	-0.82182581	-0.856056708	0.439628244	0.424834028
33.42	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.351716	-0.821893038	-0.856123936	0.439598689	0.424805469
83.02	5.5	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.35444	-0.822348077	-0.856578975	0.4393987	0.42461221
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.356069	-0.822620186	-0.856851083	0.439279152	0.424496685
27.5	5.53	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.357268	-0.822820491	-0.857051388	0.439191171	0.424411664
31	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.360713	-0.82339562	-0.857626517	0.438938652	0.424167643
33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.365234	-0.824150198	-0.858381095	0.438607564	0.423847696
33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.369839	-0.824918519	-0.859149416	0.438270702	0.42352217
40.25	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.370415	-0.825014658	-0.859245555	0.438228569	0.423481455
10	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.370787	-0.82507668	-0.859307577	0.43820139	0.423455191
51.7	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.374558	-0.825705397	-0.859936294	0.437925972	0.423189041
34.3	5.4	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.37836	-0.826339173	-0.86057007	0.437648513	0.422920919
33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.381637	-0.826885252	-0.861116149	0.437409588	0.422690034
39.6	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.383641	-0.827219022	-0.86144992	0.437263617	0.422548976
10	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.385178	-0.827474955	-0.861705853	0.437151722	0.422440846
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.385319	-0.827498448	-0.861729345	0.437141452	0.422430921
24.7	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.385964	-0.827605913	-0.861836811	0.437094477	0.422385527
43.9	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.388606	-0.828045733	-0.86227663	0.436902276	0.422199795

178.2	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.389117	-0.828130858	-0.862361756	0.436865086	0.422163856
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.389232	-0.828149985	-0.862380882	0.436856731	0.422155782
63.6	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.389438	-0.828184368	-0.862415266	0.43684171	0.422141267
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.391759	-0.828570553	-0.86280145	0.436673041	0.421978274
57.1	5.7	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.392806	-0.828744885	-0.862975783	0.436596922	0.421904716
18.14	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.39457	-0.829038467	-0.863269364	0.436468764	0.42178087
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.395122	-0.82913019	-0.863361088	0.436428731	0.421742185
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.397767	-0.829570188	-0.863801086	0.436236746	0.42155666
84.6	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.400761	-0.830068119	-0.864299016	0.436019584	0.421346806
19.8	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.401904	-0.830258292	-0.86448919	0.435936673	0.421266685
10	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.404011	-0.830608578	-0.864839476	0.435783997	0.421119147
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.405601	-0.83087281	-0.865103708	0.435668864	0.421007889
10	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.407184	-0.831135786	-0.865366684	0.435554309	0.420897188
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.40737	-0.831166689	-0.865397587	0.435540849	0.420884181
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.408558	-0.83136422	-0.865595117	0.435454825	0.420801052
60.7	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.409814	-0.831572903	-0.8658038	0.435363962	0.420713247
32.2	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.410851	-0.831745069	-0.865975966	0.435289014	0.420640821
34.6	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.411	-0.831769908	-0.866000805	0.435278202	0.420630373
70.95	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.41113	-0.831791409	-0.866022307	0.435268843	0.420621329
40	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.413355	-0.832161015	-0.866391913	0.435107995	0.420465893
32.57	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.415389	-0.832498786	-0.866729684	0.434961052	0.420323896
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.422119	-0.833615874	-0.867846771	0.434475434	0.41985462
10	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.422435	-0.833668243	-0.867899141	0.434452682	0.419832633
12.26	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.422693	-0.833711099	-0.867941996	0.434434063	0.419814641
33	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.424223	-0.833965004	-0.868195902	0.434323772	0.419708061

33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.4302	-0.834956324	-0.869187221	0.433893432	0.419292202
33	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.432501	-0.835337683	-0.869568581	0.433727994	0.419132332
33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.437271	-0.836128296	-0.870359193	0.433385219	0.418801092
35	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.438005	-0.836249855	-0.870480753	0.43333254	0.418750186
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.442747	-0.837035277	-0.871266175	0.432992325	0.418421419
10	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.44564	-0.837514295	-0.871745193	0.432784963	0.418221036
33	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.448209	-0.837939439	-0.872170337	0.432601006	0.418043269
33	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.453238	-0.838771624	-0.873002522	0.432241152	0.417695525
33	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.454692	-0.839012165	-0.873243063	0.432137193	0.417595064
15.5	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.456015	-0.839230915	-0.873461812	0.432042673	0.417503725
33	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.458827	-0.839695916	-0.873926813	0.43184182	0.417309631
105	5.62	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.458836	-0.839697429	-0.873928326	0.431841166	0.417308999
10	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.458946	-0.83971562	-0.873946517	0.431833311	0.417301408
25	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.459942	-0.83988024	-0.874111137	0.431762228	0.417232718
35	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.462583	-0.840316899	-0.874547797	0.431573736	0.417050569
53.7	6.1	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.466332	-0.840936353	-0.87516725	0.431306479	0.416792305
33	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.469098	-0.841393257	-0.875624154	0.431109459	0.416601915
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.469301	-0.841426702	-0.875657599	0.43109504	0.416587982
21.67	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.469305	-0.841427523	-0.87565842	0.431094686	0.41658764
10	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.472444	-0.841945839	-0.876176736	0.430871301	0.416371771
10	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.473191	-0.842069233	-0.87630013	0.430818137	0.416320397
33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.474172	-0.84223104	-0.876461938	0.430748434	0.416253039
19.59	5.9	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.474303	-0.842252726	-0.876483623	0.430739093	0.416244012
33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.475326	-0.842421681	-0.876652579	0.430666323	0.416173691
41.5	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.476673	-0.842643934	-0.876874832	0.430570617	0.416081206

22.1	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.480347	-0.843250233	-0.877481131	0.430309641	0.415829013
33	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.481483	-0.843437593	-0.87766849	0.430229026	0.41575111
15	7.58	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.481484	-0.843437859	-0.877668756	0.430228912	0.415751
33	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.481486	-0.843438125	-0.877669022	0.430228798	0.415750889
33	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.483821	-0.843823347	-0.878054245	0.430063096	0.415590763
35	6.02	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.488137	-0.844534937	-0.878765834	0.429757176	0.415295139
40.1	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.488518	-0.844597777	-0.878828674	0.429730171	0.415269042
33	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.492161	-0.845198181	-0.879429078	0.429472237	0.415019788
10	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.49573	-0.845786327	-0.880017225	0.429219718	0.414775767
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.499493	-0.846406101	-0.880636999	0.428953781	0.41451878
33	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.5017	-0.846769419	-0.881000316	0.428797963	0.414368205
10	5.3	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.502009	-0.846820386	-0.881051284	0.428776109	0.414347086
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.505584	-0.847408757	-0.881639655	0.428523904	0.414103368
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.511616	-0.848401217	-0.882632114	0.428098822	0.413692591
41.6	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.514293	-0.8488415	-0.883072397	0.427910379	0.413510489
33	6.02	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.516508	-0.849205752	-0.88343665	0.42775454	0.413359895
10	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.520457	-0.849854892	-0.88408579	0.427476958	0.413091653
30.3	5.5	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.521943	-0.850099052	-0.884329949	0.427372598	0.412990805
34	5.75	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.524449	-0.850510706	-0.884741604	0.427196704	0.412820831
11.2	6.5	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.526433	-0.850836699	-0.885067596	0.427057464	0.412686276
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.529364	-0.851317982	-0.885548879	0.426851978	0.412487705
63.5	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.530328	-0.851476276	-0.885707174	0.426784415	0.412422416
33	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.532071	-0.851762462	-0.88599336	0.426662293	0.412304403
34.1	5.6	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.533966	-0.852073535	-0.886304432	0.426529591	0.412176167
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.540622	-0.853165513	-0.887396411	0.426064084	0.411726325

34.3	5.3	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.545651	-0.853990195	-0.888221092	0.425712861	0.411386922
25	5.62	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.556017	-0.855688753	-0.88991965	0.424990377	0.41068875
21.38	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.557683	-0.855961455	-0.890192352	0.424874497	0.41057677
33	5.39	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.561378	-0.856566402	-0.890797299	0.424617548	0.410328468
178.1	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.561383	-0.85656721	-0.890798107	0.424617205	0.410328136
55	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.563248	-0.856872531	-0.891103429	0.42448758	0.410202873
28.5	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.563864	-0.856973268	-0.891204165	0.424444821	0.410161553
33	5.75	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.56669	-0.857435707	-0.891666604	0.424248586	0.409971922
39.99	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.566925	-0.857474179	-0.891705076	0.424232265	0.40995615
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.568449	-0.857723469	-0.891954366	0.424126521	0.409853965
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.57071	-0.858093219	-0.892324117	0.423969729	0.409702449
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.575907	-0.85894295	-0.893173848	0.423609622	0.40935446
18.9	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.576185	-0.858988445	-0.893219343	0.423590351	0.409335837
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.576325	-0.859011285	-0.893242183	0.423580676	0.409326488
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.581674	-0.859885412	-0.894116309	0.423210575	0.408968841
124.9	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.590795	-0.861374741	-0.895605638	0.422580744	0.408360205
33	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.591139	-0.861430933	-0.89566183	0.422556999	0.408337259
10	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.60173	-0.863158577	-0.897389475	0.421827601	0.407632407
39.9	5.75	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.602677	-0.863313084	-0.897543981	0.421762431	0.40756943
23	6.2	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.602831	-0.863338108	-0.897569005	0.421751877	0.407559231
42	5.88	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.612546	-0.864921258	-0.899152156	0.421084708	0.406914514
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.613001	-0.864995316	-0.899226213	0.421053525	0.40688438
9.82	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.614169	-0.86518565	-0.899416548	0.420973391	0.406806943
10	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.616089	-0.865498171	-0.899729069	0.420841849	0.406679827
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.617409	-0.865713107	-0.899944004	0.420751405	0.406592427

33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.621177	-0.866326461	-0.900557359	0.420493414	0.406343118
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.625404	-0.867014191	-0.901245088	0.420204328	0.40606376
27.5	5.61	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.626692	-0.867223682	-0.90145458	0.420116308	0.405978702
33	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.627718	-0.867390588	-0.901621486	0.420046194	0.405910947
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.630979	-0.867920852	-0.90215175	0.419823517	0.405695764
90	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.633329	-0.868302887	-0.902533785	0.419663161	0.405540804
10	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.634535	-0.868499034	-0.902729932	0.419580853	0.405461266
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.636812	-0.868868992	-0.903099889	0.419425655	0.40531129
33	5.3	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.63872	-0.869179077	-0.903409974	0.419295617	0.405185629
172.2	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.641118	-0.869568625	-0.903799523	0.419132313	0.40502782
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.651729	-0.871291298	-0.905522195	0.418410907	0.40433069
14.1	5.75	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.652226	-0.871371938	-0.905602836	0.418377168	0.404298086
21.6	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.652422	-0.871403718	-0.905634616	0.418363872	0.404285238
20.2	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.652474	-0.87141216	-0.905643057	0.41836034	0.404281825
45.8	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.655571	-0.871914547	-0.906145444	0.418150214	0.40407877
41.9	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.656986	-0.872143949	-0.906374846	0.418054301	0.403986084
10	5.82	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.657199	-0.872178648	-0.906409546	0.418039795	0.403972067
78.5	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.66483	-0.873415729	-0.907646627	0.417522965	0.403472629
10	5.75	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.665263	-0.87348584	-0.907716738	0.417493693	0.403444342
70.3	5.4	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.666462	-0.873680107	-0.907911005	0.417412596	0.403365974
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.667346	-0.873823336	-0.908054233	0.417352815	0.403308205
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.67063	-0.874355357	-0.908586254	0.417130833	0.403093693
10	5.88	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.675341	-0.875118221	-0.909349119	0.416812741	0.402786305
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.67705	-0.87539487	-0.909625768	0.416697446	0.40267489
60	7.44	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.677137	-0.875409049	-0.909639946	0.416691538	0.40266918

10	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.677717	-0.875502905	-0.909733802	0.416652431	0.402631389
59	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.679097	-0.875726166	-0.909957063	0.416559419	0.402541507
4.8	5.88	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.679408	-0.875776587	-0.910007485	0.416538416	0.402521211
33	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.680032	-0.875877438	-0.910108335	0.41649641	0.402480619
7.1	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.68031	-0.875922479	-0.910153376	0.416477651	0.402462491
15	6.54	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.689574	-0.877420905	-0.911651802	0.415854057	0.401859882
42.95	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.690448	-0.87756219	-0.911793087	0.415795307	0.40180311
15	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.692215	-0.877847793	-0.91207869	0.415676572	0.40168837
38.1	5.82	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.692388	-0.877875799	-0.912106697	0.41566493	0.40167712
33	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.693922	-0.878123764	-0.912354661	0.415561873	0.401577531
33.8	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.696797	-0.878588219	-0.912819117	0.415368908	0.401391059
10	5.7	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.697082	-0.878634256	-0.912865154	0.415349786	0.401372581
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.699267	-0.878987372	-0.913218269	0.415203145	0.401230875
10	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.699852	-0.879081719	-0.913312616	0.415163974	0.401193022
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.700782	-0.87923203	-0.913462928	0.415101575	0.401132722
10	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.703229	-0.879627187	-0.913858084	0.414937577	0.400974243
33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.704116	-0.879770269	-0.914001167	0.414878211	0.400916875
33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.705334	-0.879967031	-0.914197928	0.414796587	0.400837998
50.25	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.70539	-0.879975986	-0.914206883	0.414792872	0.400834409
6.3	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.708795	-0.880525668	-0.914756565	0.414564931	0.400614138
10	5.75	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.709794	-0.88068684	-0.914917738	0.41449812	0.400549575
14	6.1	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.71037	-0.880779722	-0.915010619	0.414459623	0.400512373
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.711131	-0.880902454	-0.915133351	0.414408758	0.40046322
10	5.82	-2.3168	1.223	-0.932489515	-0.966720413	2.711342	-0.880936492	-0.915167389	0.414394653	0.400449589
113.1	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.05638	-0.386564982	-1.891806969	0.679386576	0.150799073

91	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.084214	-0.392580966	-1.897822953	0.675311667	0.149894592
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.090089	-0.393847978	-1.899089966	0.674456581	0.149704794
131.6	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.110941	-0.398337491	-1.903579478	0.671435386	0.149034199
119	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.138928	-0.404344104	-1.909586091	0.667414422	0.148141691
139.5	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.18381	-0.413932089	-1.919174076	0.661045842	0.146728098
97	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.210761	-0.419663304	-1.924905291	0.657268082	0.145889573
151.6	6.6	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.227695	-0.423254489	-1.928496476	0.654911944	0.145366596
125.9	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.246008	-0.427129411	-1.932371399	0.652379121	0.144804402
153.2	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.273247	-0.432876457	-1.938118444	0.648640622	0.143974591
10	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.305529	-0.439662071	-1.944904059	0.644254096	0.143000942
131.2	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.306235	-0.439810198	-1.945052185	0.644158672	0.142979762
133.7	5.93	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.351518	-0.449281733	-1.95452372	0.638086303	0.141631917
142.6	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.409558	-0.461343905	-1.966585892	0.63043583	0.139933791
121.4	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.43076	-0.465728551	-1.970970539	0.627677643	0.139321574
141	6.17	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.467796	-0.473360531	-1.978602519	0.622905454	0.138262321
112.8	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.469294	-0.473668545	-1.978910532	0.62271362	0.138219741
48.6	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.509746	-0.481963398	-1.987205385	0.617569666	0.137077971
117.9	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.515272	-0.483093304	-1.988335291	0.616872264	0.136923173
173.9	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.566719	-0.493576778	-1.998818765	0.61043908	0.13549524
145	5.72	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.5892	-0.498137445	-2.003379432	0.607661409	0.134878699
141.5	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.664434	-0.513309846	-2.018551834	0.598511316	0.132847711
140.7	5.75	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.677956	-0.51602254	-2.021264527	0.596889939	0.132487825
33	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.69811	-0.520057133	-2.025299121	0.594486582	0.131954367
160.5	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.745775	-0.529561272	-2.034803259	0.588863264	0.130706195
81	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.781789	-0.536706519	-2.041948506	0.584670687	0.129775596

33	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.794703	-0.539261345	-2.044503333	0.583178861	0.129444465
184.1	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.80044	-0.540395112	-2.045637099	0.582518047	0.129297788
184.8	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.81789	-0.543838717	-2.049080705	0.580515535	0.128853303
117	5.3	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.837244	-0.547649961	-2.052891948	0.578307259	0.128363147
139.9	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.850114	-0.550179382	-2.055421369	0.576846325	0.128038873
181.8	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.878786	-0.555801249	-2.061043237	0.57361247	0.127321075
131.7	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.896276	-0.5592212	-2.064463188	0.571654094	0.126886386
261.1	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.902377	-0.560412753	-2.06565474	0.570973344	0.126735285
204.8	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.907066	-0.561327774	-2.066569761	0.570451131	0.126619372
166.4	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.926376	-0.565090948	-2.070332935	0.568308458	0.126143777
91.3	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.932294	-0.56624262	-2.071484607	0.56765433	0.125998584
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.94492	-0.568696883	-2.073938871	0.566262865	0.12568973
100	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.969109	-0.573388881	-2.078630868	0.563612184	0.125101375
184	6.02	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.981087	-0.575707514	-2.080949501	0.562306888	0.124811647
162	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	0.989249	-0.577285511	-2.082527499	0.561420269	0.12461485
169.4	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.006253	-0.580568446	-2.085810434	0.559580185	0.124206418
169.1	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.027582	-0.584677325	-2.089919312	0.557285655	0.123697116
107.5	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.045112	-0.58804687	-2.093288857	0.555411016	0.123281015
108.5	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.056291	-0.590192	-2.095433988	0.554220864	0.123016844
177.5	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.069292	-0.592683388	-2.097925375	0.552841804	0.122710743
158.1	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.111396	-0.600726557	-2.105968545	0.548413038	0.121727718
165.6	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.112808	-0.600995665	-2.106237652	0.548265476	0.121694965
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.142196	-0.606586172	-2.111828159	0.545208946	0.121016527
60.9	5.59	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.149044	-0.607886069	-2.113128056	0.54450069	0.12085932
94.6	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.163296	-0.61058847	-2.115830458	0.543031217	0.12053315

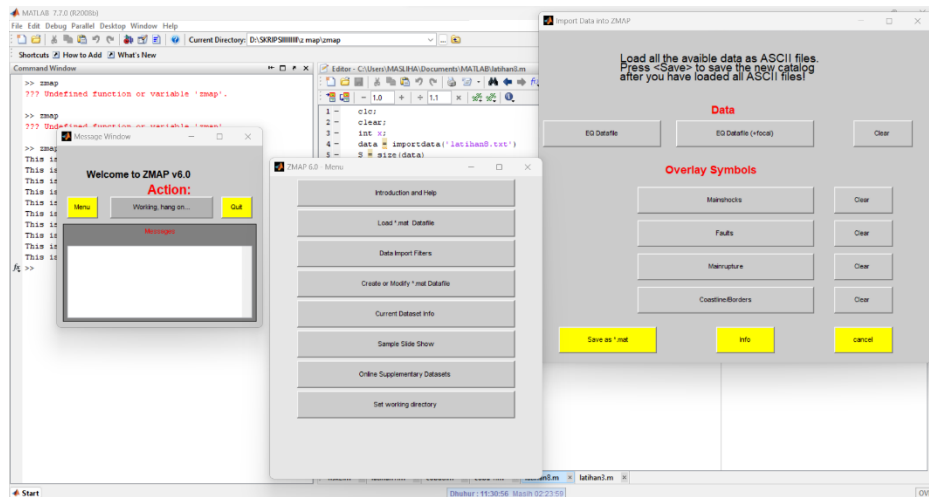
136.1	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.194625	-0.616513736	-2.121755724	0.539823127	0.119821071
131.3	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.213738	-0.620118183	-2.12536017	0.537880865	0.11938996
33	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.219945	-0.621287035	-2.126529023	0.53725253	0.119250492
100	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.241124	-0.625269414	-2.130511402	0.535117241	0.118776536
85.3	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.243873	-0.62578576	-2.131027748	0.534841006	0.118715222
88.2	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.256067	-0.628073651	-2.133315638	0.533618747	0.118443925
158	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.26276	-0.629327997	-2.134569984	0.532949825	0.118295448
33	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.265741	-0.629886459	-2.135128446	0.532652275	0.118229403
133.6	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.280336	-0.632617898	-2.137859885	0.531199353	0.117906907
148.1	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.286737	-0.633814419	-2.139056406	0.530564143	0.117765914
35	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.293643	-0.635104362	-2.140346349	0.529880186	0.1176141
154.1	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.301109	-0.636497699	-2.141739686	0.529142399	0.117450338
97.2	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.306643	-0.63752993	-2.142771917	0.528596483	0.117329165
68	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.317881	-0.639623805	-2.144865792	0.527490826	0.11708375
232	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.31795	-0.639636733	-2.144878721	0.527484007	0.117082236
155.2	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.406203	-0.655990716	-2.161232703	0.518927698	0.115183047
127.6	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.430528	-0.660470329	-2.165712316	0.516608301	0.114668225
33	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.440141	-0.662237422	-2.16747941	0.515696213	0.114465775
41.4	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.450231	-0.664090258	-2.169332245	0.514741597	0.114253885
165.8	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.489057	-0.671200727	-2.176442714	0.511094524	0.113444368
155	5.32	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.491148	-0.671582698	-2.176824686	0.510899338	0.113401044
37	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.501514	-0.67347563	-2.178717618	0.509933155	0.113186586
33	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.512892	-0.675550786	-2.180792773	0.508876062	0.11295195
191.1	5.37	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.534099	-0.679411892	-2.184653879	0.506915026	0.112516671
17.87	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.5532	-0.682881915	-2.188123902	0.505159067	0.112126912

222	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.576986	-0.687193164	-2.192435151	0.502985888	0.111644546
103.5	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.602851	-0.691868592	-2.197110579	0.500639703	0.111123778
33	5.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.614971	-0.694055122	-2.199297109	0.499546235	0.110881068
66.8	5.41	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.635766	-0.697799927	-2.203041915	0.49767903	0.110466617
45	6.57	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.649401	-0.700250779	-2.205492766	0.496460786	0.110196211
246	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.651241	-0.700581123	-2.205823111	0.49629681	0.110159814
33	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.715175	-0.71202358	-2.217265567	0.490650322	0.1089065
170	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.794429	-0.726100567	-2.231342555	0.48379183	0.107384164
152.5	5.47	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.813697	-0.729505226	-2.234747214	0.482147485	0.107019179
85.47	5.69	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.852508	-0.736342126	-2.241584113	0.478862334	0.106289996
180	5.75	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.900002	-0.744671214	-2.249913201	0.474890412	0.105408374
149.9	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	1.996167	-0.761410224	-2.266652212	0.467007377	0.103658627
106	5.63	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	2.072264	-0.77453934	-2.279781327	0.460916058	0.102306576
48.4	5.52	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	2.085119	-0.776747079	-2.281989066	0.459899598	0.102080959
12.5	6.3	-2.3168	1.223	-0.932489515	-2.437731503	2.11017	-0.781041121	-2.286283109	0.457929003	0.101643559

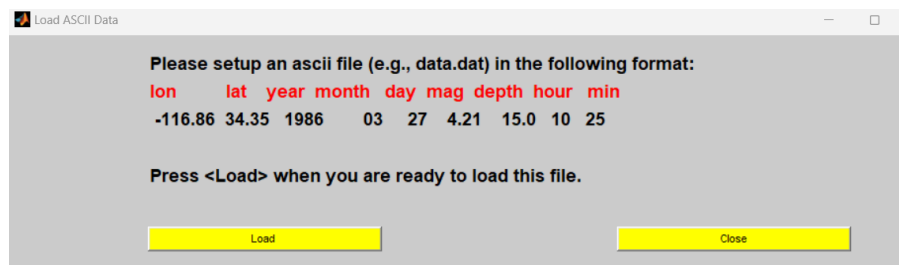
Lampiran 3 Pengolahan Data Menggunakan Software Zmap for Matlab

Adapun langkah –langkah pengolahan menggunakan perangkat lunak zmap adalah sebagai berikut:

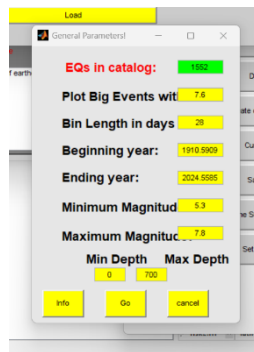
1. Buka aplikasi matlab kemudian open scrip Zmap dan run maka aplikasi zmap langsung terbuka dan siap untuk dijalankan.
2. Pada menu Zmap v6.0 pilih Create or Modify*. mat Data file, pada window berikutnya pilih EQ data file dan pada format pilih Ascii columns. maka muncul window seperti ini :



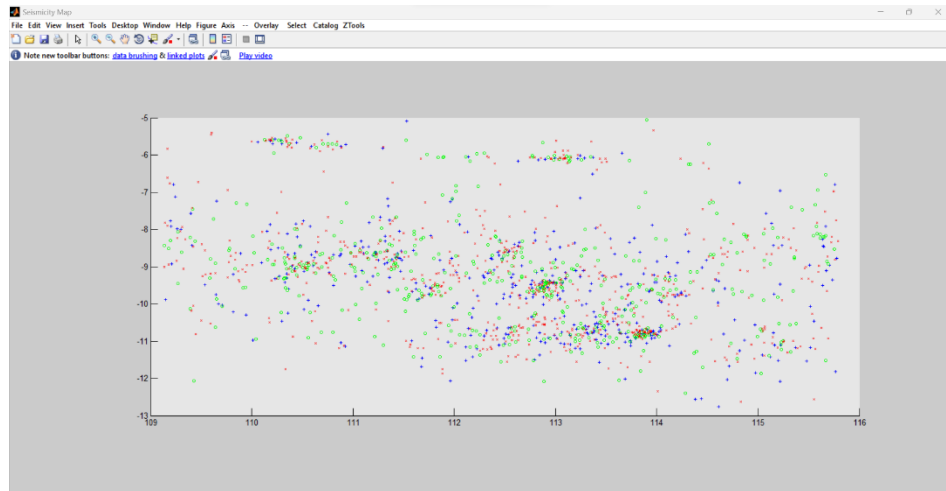
3. Sebelum di load pastikan sudah membuat file data gempabumi yang sudah disortir. Untuk format kolom data gempabumi yang dibuat di notepad harus sesuai dengan format dari Zmap contoh format kolomnya seperti gambar diatas. Jika sudah di buat sesuai ketentuan langkah berikutnya pilih load dan pilih file data gempabumi yang telah dibuat.



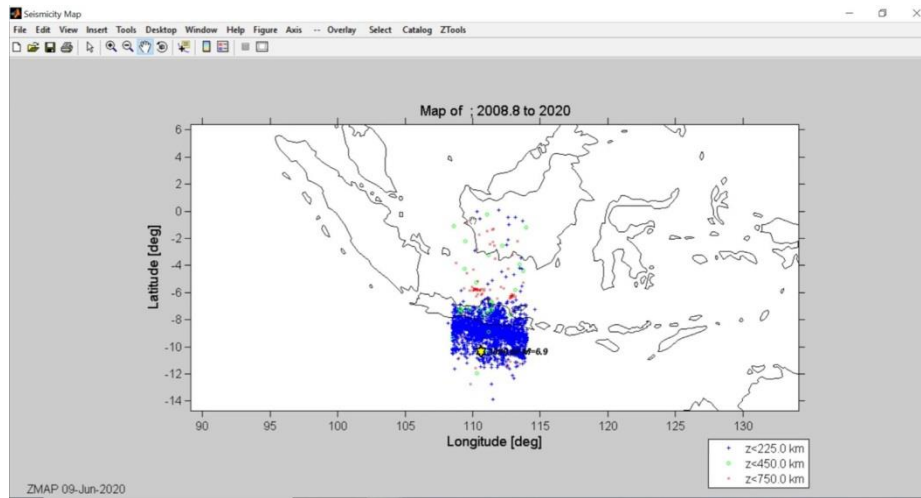
4. Muncul window berikut dan klik Go



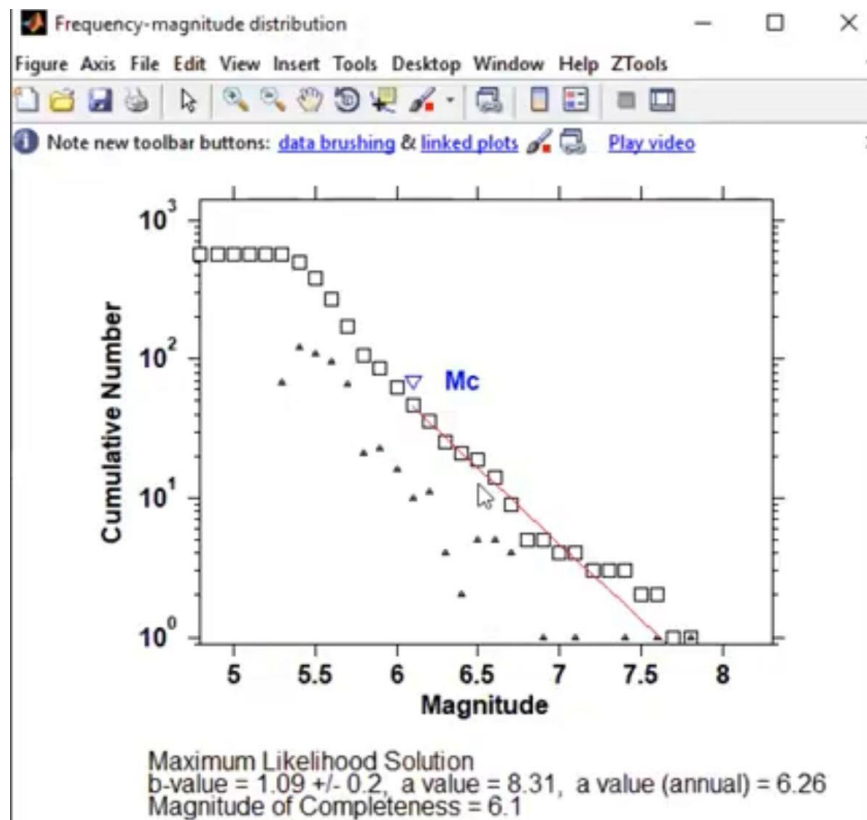
5. Pada window Seismicity Map pilih ZTools >> Decluster the catalog >> Decluster using Reasenberg setelah itu akan muncul window Declustering Input Parameters langsung pilih Go Matlab "TIDAK" perlu di masukan atau di ubah lagi parameternya >> Yes please >> Yes Please >> Ok.



6. Kembali ke window Seismicity Map pilih Overlay >> Volcanoes, Plate Boundaries etc. >> Add coastline/faults from existing*. mat file >> pilih coastzmap



7. Kembali lagi ke window Seismicity Map pilih ZTools >> Analyse time series ... maka muncul window Cumulative Number. Masih di window Cumulative Number pilih ZTools >> Mc and b-value estimation >> automatic muncul window Mc Input Parameter tanpa mengisi parameternya langsung pilih Go dan muncul window Frequency-magnutide distribution. Maka akan menampilkan nilai a dan b valeu.



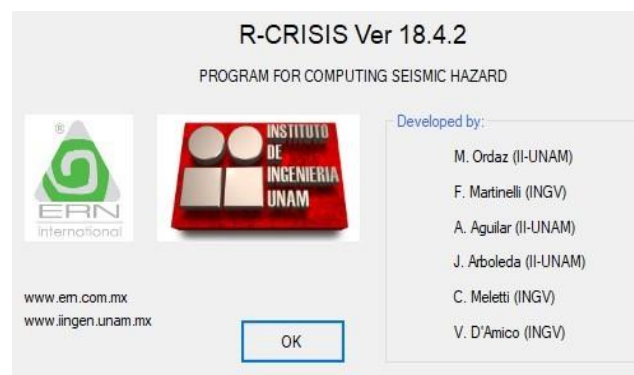
Pengolahan Data Menggunakan Software *R Crisis 18.4.2*

Adapun langkah –langkah pengolahan menggunakan perangkat lunak R-Crisis 18.4.2 adalah sebagai berikut:

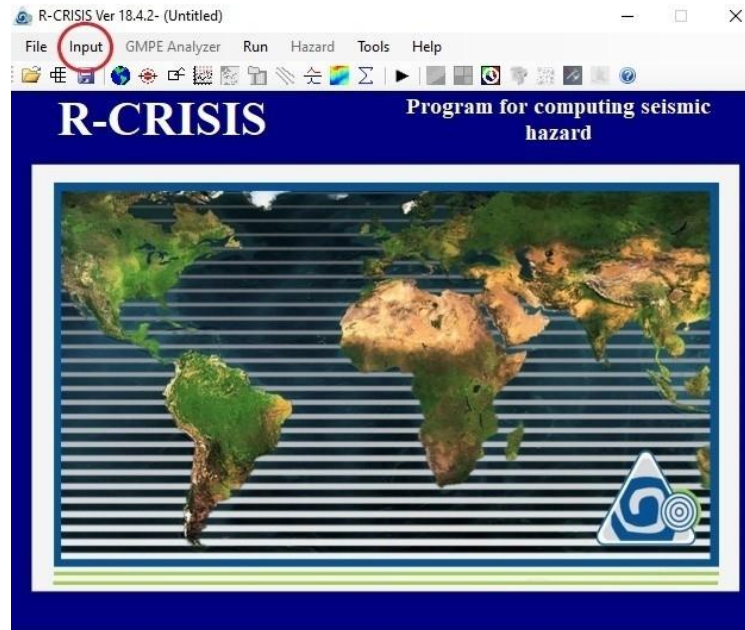
1. Buka perangkat lunak R-Crisis 18.4.2 atau pun lambang seperti gambar



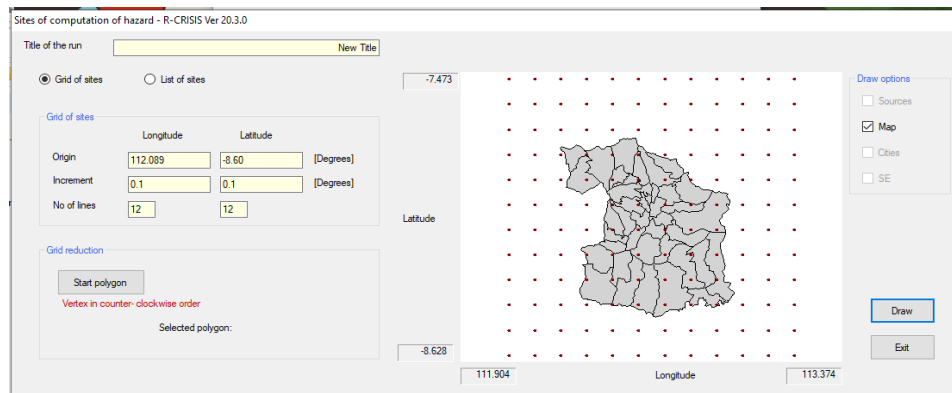
2. Kemudian akan muncul tampilan sebagai berikut > Klik Ok



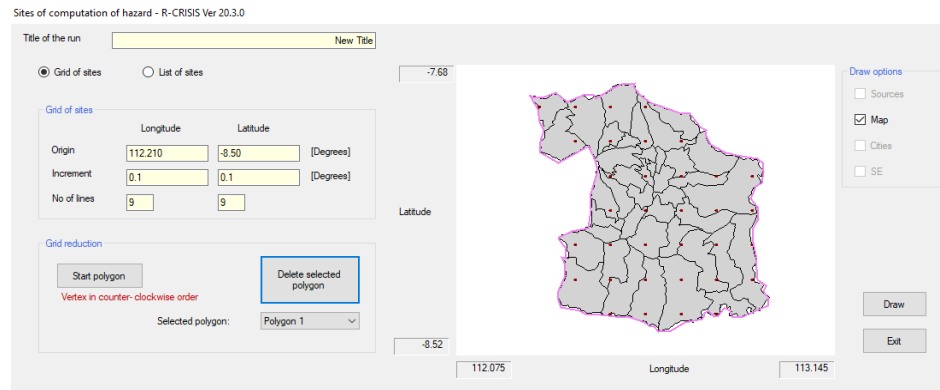
3. Langkah selanjutnya Pilih menu Input > Lalu pilih Maps. Perintah ini berfungsi untuk menampilkan peta yang akan dijadikan penelitian.



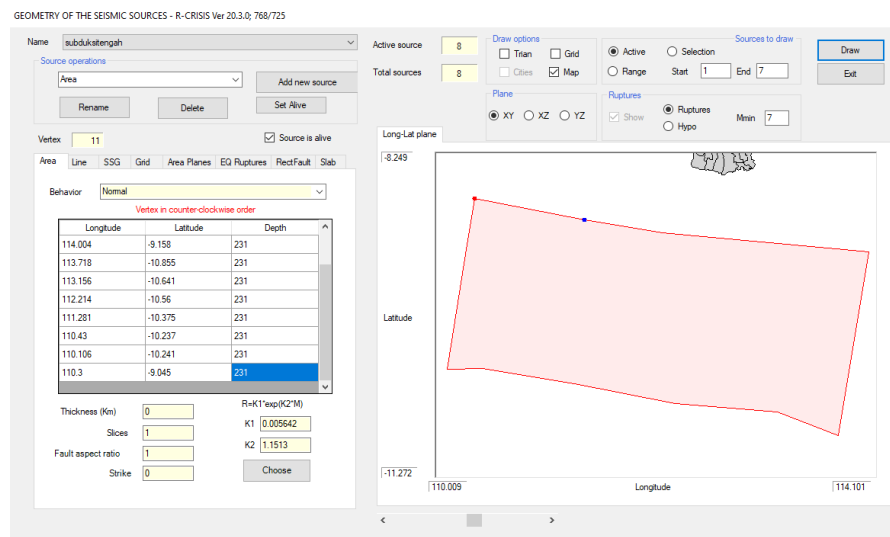
4. Langkah Selanjutnya Pada menu Input > Pilih Grid Of Sites untuk menggambarkan grid pengolahan data



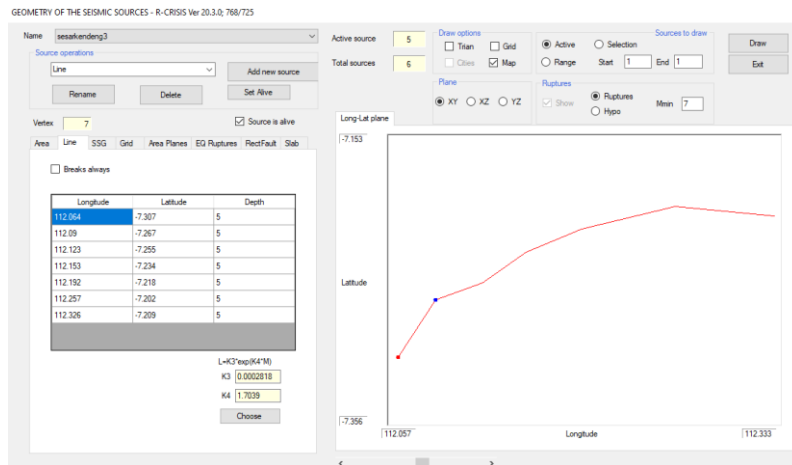
Di menu yang sama kemudian di polygon pada wilayah yang dipakai saja



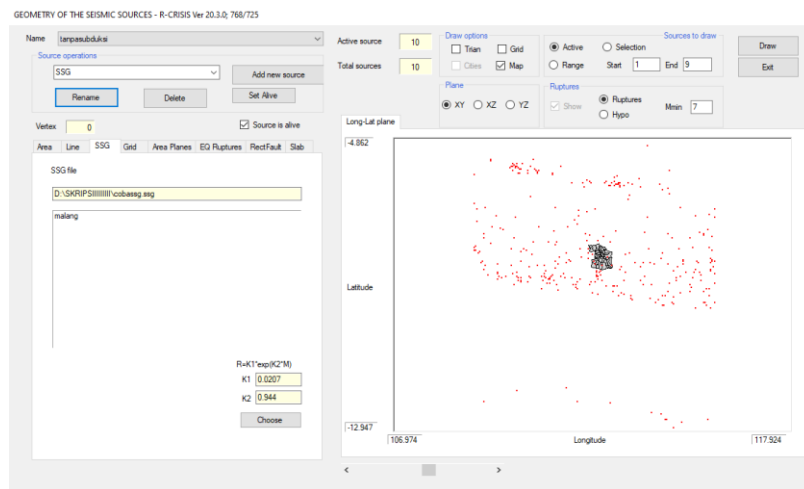
5. Kemudian Pada menu Input > Pilih Source Geometry untuk menggambarkan sumber gempa. Jika sumber gempa sesar maka akan digambarkan sebagai garis. Sumber gempa subduksi akan digambarkan area dan sumber gempa background digambarkan dengan grid.



Pemodelan sumber gempa subduksi

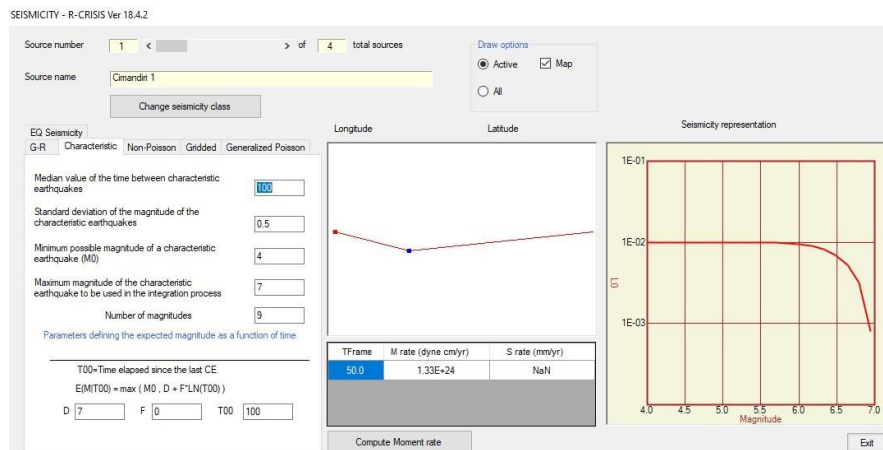


Pemodelan sumber gempa fault

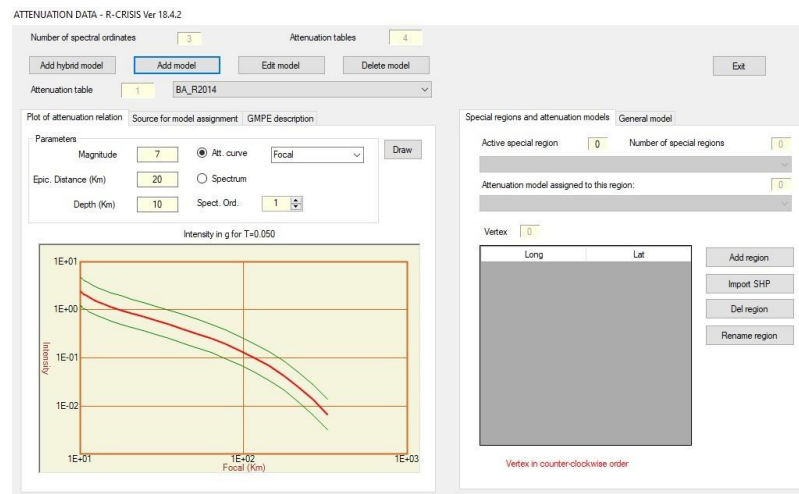


Pemodelan sumber gempa background

6. Pada menu Input > Pilih Source Seismicity untuk menggambarkan seismisitas sumber gempa



7. Selanjutnya Pada menu Input > Pilih Attenuation Data untuk memasukkan persamaan atenuasi



8. Pada menu Input > Pilih Spectral Ordinates untuk menggambarkan Spectral Acceleration dari pengolahan

INTENSITIES FOR EACH SPECTRAL ORDINATE - R-CRISIS Ver 18.4.2

Spectral ordinates

Total number of spectral ordinates: 3

Actual spectral ordinate: 1

Structural period of actual spectral ordinate: 0.05

Lower limit of intensity level: 0.01

Upper limit of intensity level: 1

Spacing

Log Linear PEER Large PEER

General values

Units: g

Number of levels of intensity for which seismic hazard will be computed: 10

Exit

9. Kemudian Pada menu Input > Pilih Global Parameters untuk menggambarkan periode ulang dari sumber gempa yang sudah diinputkan sebelumnya

GLOBAL PARAMETERS - R-CRISIS Ver 18.4.2

Integration parameters

Maximum integration distance km

Minimum triangle size km

Minimum Distance/Triangle Size ratio

CAV filter

Time frame	Map return period (years)	PE in 50 years
50	100	3.93E-01
	250	1.81E-01
	500	9.52E-02
	1000	4.88E-02
	2500	1.98E-02

Exit

10. Selanjutnya Pada menu Input > Pilih Site Effect untuk memasukkan dampak kecepatan ketika sampai di permukaan. Pada penelitian ini digunakan Vs30 dari USGS sehingga inputan site effect adalah VS30 USGS.

Site effects - R-CRISIS Ver 18.4.2

Available site-effects grids

Add site-effects

CAPRA-type CY14 Vs30 grid VRock (m/s) 760 Remove grid

Draw options

Grid

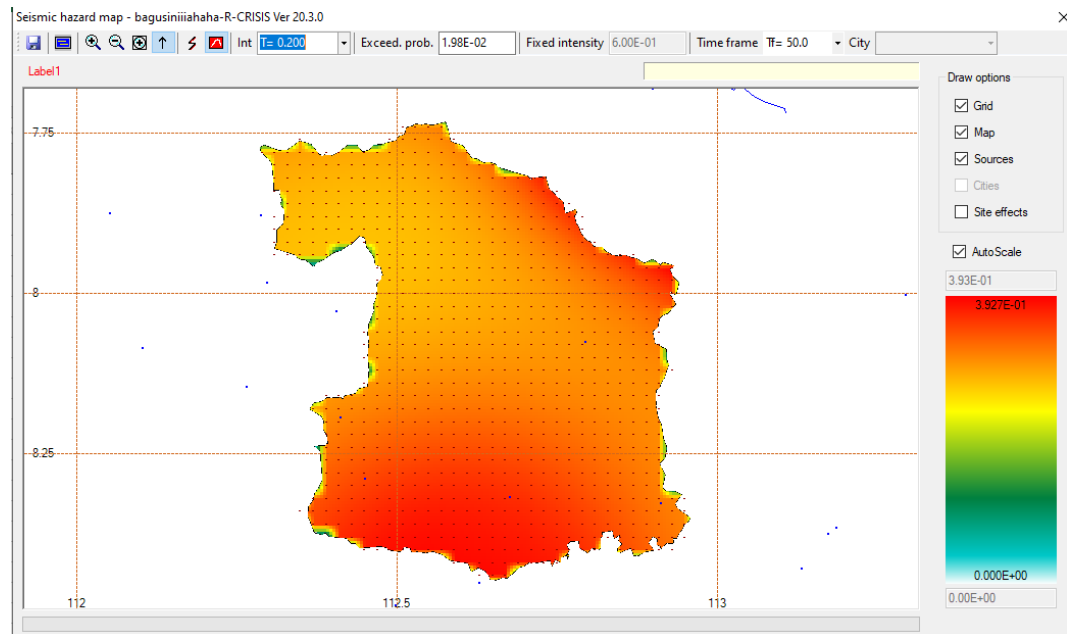
Map

Sources

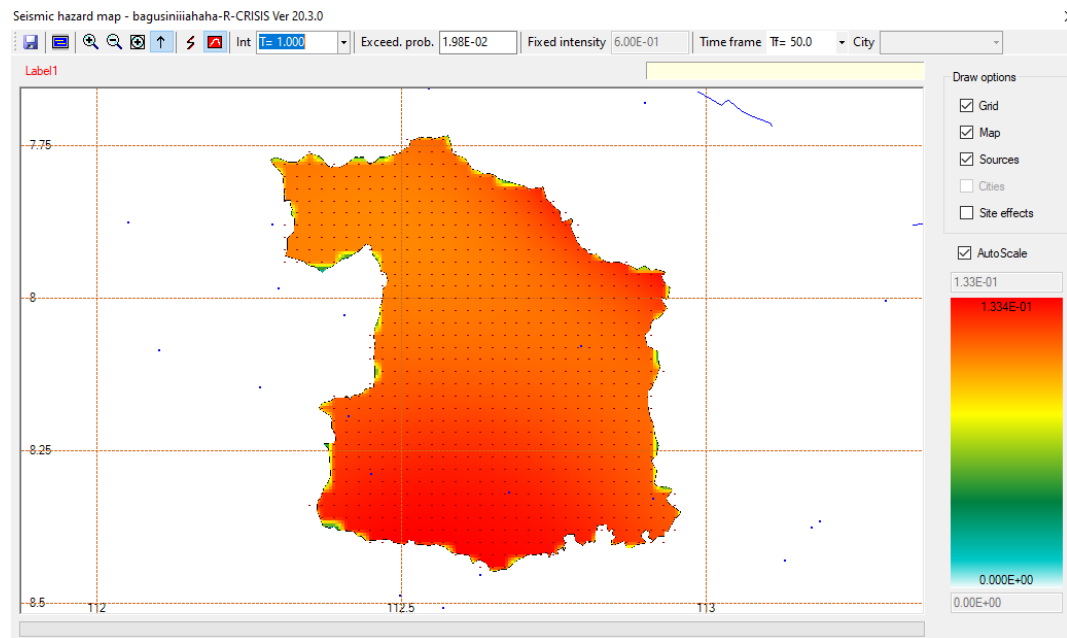
Cities

Site-effects grids

Draw



$T = 0.2$



$T = 1$

Setelah mendapatkan hasil, maka nilai akan di plot di software Arcgis agar dapat memetakan dan terlihat spectrum warna yang lebih jelas.

Lampiran 4 Nilai hasil pengolahan

long	lat	Sa Batuan Dasar T=0.2 s	Sa Permukaan T=0.2 s	Sa Batuan Dasar T=1 s	Sa Permukaan T=1 s	Amplifikasi T= 0.2 s	Amplifikasi T=1 s
112.3	-7.82	0.317643702	0.367368609	0.174232095	0.190578863	1.156543027	1.093821793
112.3	-7.8	0.315483451	0.372776628	0.171816424	0.192467511	1.18160438	1.120192743
112.3	-7.78	0.312250733	0.381094277	0.168651	0.197167978	1.220475202	1.169088698
112.32	-7.94	0.339890122	0.347586244	0.193463162	0.194029719	1.02264297	1.002928501
112.32	-7.92	0.336028188	0.342489958	0.190317273	0.190775394	1.019229843	1.002407145
112.32	-7.9	0.330259174	0.343937397	0.18577908	0.187268436	1.041416633	1.008016813
112.32	-7.88	0.325989574	0.34930557	0.182366818	0.186388478	1.071523747	1.022052584
112.32	-7.86	0.322589606	0.346851647	0.179435611	0.183545113	1.075210237	1.022902376
112.32	-7.84	0.319150954	0.355280459	0.176423624	0.184951007	1.113205065	1.048334701
112.32	-7.82	0.316167653	0.351931155	0.173622772	0.181304395	1.113115627	1.044243177
112.32	-7.8	0.312278688	0.344460994	0.170223534	0.175968185	1.103056364	1.033747689
112.32	-7.78	0.309993058	0.360437214	0.167652264	0.180521592	1.162726727	1.076762031
112.34	-7.94	0.336535931	0.345777035	0.191308871	0.192033827	1.027459487	1.003789455
112.34	-7.92	0.332830995	0.347443342	0.188277349	0.189966202	1.043903203	1.008970027
112.34	-7.9	0.328694224	0.348009616	0.185002521	0.187850744	1.058764013	1.015395589
112.34	-7.88	0.324705213	0.350562394	0.181762159	0.186662897	1.079632785	1.02696237
112.34	-7.86	0.321234584	0.341127664	0.178810671	0.181579798	1.061926956	1.015486366
112.34	-7.84	0.317608953	0.327615529	0.175741807	0.176583573	1.031505966	1.004789791
112.34	-7.82	0.313133925	0.323058575	0.172081292	0.172906801	1.031694586	1.004797206
112.34	-7.8	0.310014188	0.341796398	0.169148609	0.174737394	1.102518566	1.033040679
112.34	-7.78	0.307893604	0.346482962	0.166708529	0.174226969	1.12533342	1.045099315
112.34	-7.76	0.30584839	0.34062618	0.164176807	0.169902816	1.113709248	1.034877092

112.36	-8.36	0.441799968	0.456693083	0.26910454	0.270377994	1.033710085	1.004732188
112.36	-8.34	0.436164737	0.451979607	0.264974624	0.266548365	1.036258939	1.005939216
112.36	-8.32	0.43059963	0.445725173	0.260964841	0.262415677	1.035126697	1.00555951
112.36	-8.16	0.387688041	0.414918214	0.230804667	0.245849073	1.070237331	1.065182417
112.36	-7.94	0.335449487	0.356251746	0.190749347	0.194220096	1.062013091	1.018195337
112.36	-7.92	0.331051797	0.353304505	0.187322155	0.191197693	1.067218208	1.020689164
112.36	-7.9	0.327691317	0.354632229	0.184502065	0.190066665	1.082214299	1.030160097
112.36	-7.88	0.323016644	0.362046689	0.180913791	0.192818746	1.120829827	1.065804574
112.36	-7.86	0.319135398	0.346397549	0.1777509	0.182794049	1.085425031	1.028372003
112.36	-7.84	0.315429986	0.339660317	0.174655542	0.178419814	1.076816829	1.021552547
112.36	-7.82	0.31205079	0.332948536	0.171666443	0.174370646	1.066969054	1.01575266
112.36	-7.8	0.308634549	0.347821981	0.168572381	0.17692107	1.126970332	1.049525838
112.36	-7.78	0.305933774	0.325993717	0.165805057	0.168082401	1.065569561	1.013735072
112.36	-7.76	0.304100573	0.340344965	0.163432732	0.169610023	1.119185545	1.037797149
112.38	-8.36	0.442581058	0.46124965	0.26836589	0.270734578	1.042181182	1.00882634
112.38	-8.34	0.436931998	0.457127929	0.264285713	0.267537832	1.046222138	1.012305315
112.38	-8.32	0.431220084	0.450930476	0.260253161	0.26338321	1.045708427	1.012026938
112.38	-8.3	0.425619841	0.444305569	0.256365359	0.259112686	1.04390239	1.010716452
112.38	-8.28	0.420159906	0.439749986	0.252595842	0.256008387	1.046625296	1.013509901
112.38	-8.26	0.414685965	0.434892178	0.248852	0.252883881	1.048726542	1.016201926
112.38	-8.24	0.409315258	0.42383188	0.245186061	0.246704698	1.035465626	1.006193814
112.38	-8.22	0.40383026	0.422566295	0.241452441	0.244874001	1.046395816	1.014170741
112.38	-8.2	0.397700906	0.420200616	0.237262234	0.243901968	1.056574451	1.02798479
112.38	-8.18	0.39213562	0.409731299	0.233468622	0.236481652	1.044871411	1.012905502
112.38	-8.16	0.387313277	0.4084014	0.230110347	0.235669762	1.0544472	1.024159777

112.38	-7.94	0.334197879	0.360904038	0.190039799	0.19607231	1.079911217	1.031743412
112.38	-7.92	0.329741716	0.356734842	0.186601683	0.192325562	1.081861422	1.030674315
112.38	-7.9	0.32558316	0.356876045	0.183364213	0.190822601	1.096113342	1.04067527
112.38	-7.88	0.321972221	0.354702234	0.180412546	0.188117042	1.101654773	1.042704881
112.38	-7.86	0.31706205	0.342494071	0.17667985	0.180974051	1.080211493	1.024304989
112.38	-7.84	0.313743889	0.344909459	0.173817113	0.179872423	1.099334429	1.034837251
112.38	-7.82	0.311126679	0.342432737	0.171298996	0.177019954	1.10062158	1.033397499
112.38	-7.8	0.306488544	0.324721158	0.167488128	0.169490084	1.059488729	1.011952824
112.38	-7.78	0.304589838	0.31467244	0.165226683	0.166030839	1.033102229	1.004866987
112.4	-8.38	0.449022382	0.467231691	0.27171585	0.273701847	1.040553231	1.007309095
112.4	-8.36	0.443424344	0.464499682	0.267613143	0.270992756	1.0475286	1.012628726
112.4	-8.34	0.437779635	0.458482862	0.263598174	0.266919792	1.047291433	1.012601065
112.4	-8.32	0.431861758	0.454363525	0.2595146	0.26436165	1.052104096	1.018677368
112.4	-8.3	0.426224738	0.446100295	0.255673021	0.258869827	1.046631635	1.012503493
112.4	-8.28	0.420534343	0.442313284	0.251857698	0.256610125	1.051788734	1.018869494
112.4	-8.26	0.415026933	0.43792969	0.24817659	0.254233479	1.055183785	1.024405565
112.4	-8.24	0.409641892	0.427733898	0.244587481	0.247367859	1.044165421	1.011367621
112.4	-8.22	0.403122127	0.419000179	0.240252823	0.242226556	1.039387695	1.008215235
112.4	-8.2	0.397199571	0.419656634	0.236338377	0.242568329	1.056538488	1.026360306
112.4	-8.18	0.39223212	0.414430797	0.232977271	0.239156052	1.056595765	1.026520962
112.4	-8.16	0.387111276	0.403897643	0.229501098	0.232137159	1.043363156	1.011486046
112.4	-7.94	0.333128363	0.34825781	0.189431489	0.191139773	1.045416268	1.009017952
112.4	-7.92	0.328612596	0.342470169	0.186003193	0.18743059	1.042169939	1.007674046
112.4	-7.9	0.323904723	0.340576142	0.182435766	0.184431285	1.051470133	1.0109382
112.4	-7.88	0.319917709	0.339284152	0.179291144	0.181871831	1.060535702	1.014393836

112.4	-7.86	0.316093534	0.334299177	0.176205784	0.178418368	1.057595745	1.012556818
112.4	-7.84	0.312597424	0.320261627	0.173240319	0.173797861	1.024517808	1.003218315
112.4	-7.82	0.309933335	0.322810173	0.170707449	0.171854049	1.041547123	1.006716752
112.4	-7.8	0.305627912	0.312187493	0.167123646	0.167579189	1.021462636	1.002725787
112.4	-7.78	0.302820057	0.309995562	0.164321095	0.164830655	1.023695607	1.003101002
112.42	-8.38	0.450115681	0.469839305	0.271009117	0.273440182	1.043819011	1.008970417
112.42	-8.36	0.444340497	0.466626137	0.26685372	0.270751923	1.050154421	1.014608016
112.42	-8.34	0.438603222	0.461509466	0.262849241	0.267427832	1.052225434	1.017419074
112.42	-8.32	0.432734072	0.455238223	0.258871496	0.263368577	1.052004574	1.017371866
112.42	-8.3	0.426802009	0.448075891	0.254937649	0.258775502	1.049844848	1.015054087
112.42	-8.28	0.42109704	0.44280681	0.251201153	0.255599201	1.051555266	1.017508072
112.42	-8.26	0.414463997	0.437240928	0.246876791	0.252430141	1.054955151	1.022494418
112.42	-8.24	0.408565909	0.430939615	0.243073612	0.248522937	1.054761559	1.022418414
112.42	-8.22	0.403178304	0.415014982	0.239575297	0.240483433	1.029358419	1.003790609
112.42	-8.2	0.397445828	0.425368279	0.235849082	0.250288606	1.070254735	1.061223572
112.42	-8.18	0.390898317	0.413778067	0.231516615	0.237975433	1.058531205	1.027897864
112.42	-8.16	0.384803593	0.409054309	0.227528587	0.235423401	1.063021023	1.034698119
112.42	-7.92	0.327273339	0.331825256	0.185220063	0.185484052	1.01390861	1.001425272
112.42	-7.9	0.322298348	0.327071041	0.181535885	0.18182312	1.014808307	1.001582248
112.42	-7.88	0.318317056	0.333574533	0.178384423	0.179988295	1.0479317	1.008991097
112.42	-7.86	0.31531933	0.331754506	0.175772503	0.177562267	1.052122324	1.010182273
112.42	-7.84	0.312142044	0.328709185	0.173019081	0.174779087	1.053075647	1.010172323
112.42	-7.82	0.307925552	0.338968962	0.169574976	0.174945965	1.100814661	1.031673243
112.42	-7.8	0.305096477	0.31774953	0.166883186	0.167970434	1.041472301	1.006515026
112.42	-7.78	0.301706076	0.313408941	0.163728118	0.164691955	1.038788962	1.005886814

112.44	-8.38	0.451156884	0.474324584	0.270258069	0.274338901	1.051351759	1.01509976
112.44	-8.36	0.445426047	0.468678653	0.266176552	0.27049911	1.052203068	1.016239442
112.44	-8.34	0.439483494	0.462403923	0.262116164	0.266402721	1.052153107	1.016353655
112.44	-8.32	0.433595479	0.456373483	0.258205563	0.262629241	1.052532846	1.017132388
112.44	-8.3	0.42661041	0.449087471	0.253666729	0.258083344	1.052687558	1.017411092
112.44	-8.28	0.420758545	0.444776982	0.249935746	0.256041974	1.057083657	1.02443119
112.44	-8.26	0.413453698	0.438215971	0.245274976	0.252378315	1.059891284	1.028960716
112.44	-8.24	0.407654434	0.431552798	0.241629124	0.248115897	1.058624072	1.026845992
112.44	-8.22	0.402111083	0.415897101	0.238126412	0.239417687	1.034284103	1.005422645
112.44	-8.2	0.395917386	0.420072168	0.234210566	0.241422549	1.061009653	1.030792732
112.44	-8.18	0.390236527	0.420230269	0.230569646	0.247888982	1.076860418	1.075115423
112.44	-8.16	0.384720504	0.404699653	0.227015108	0.23110719	1.051931594	1.018025595
112.44	-8.14	0.379525155	0.402200252	0.223603129	0.229778588	1.059745966	1.027617943
112.44	-8.12	0.374436796	0.397897094	0.220231891	0.227078959	1.062654897	1.031090269
112.44	-8.1	0.36964193	0.391193837	0.217000678	0.222331554	1.058304822	1.02456617
112.44	-7.92	0.326351941	0.330970913	0.184665784	0.184929043	1.014153348	1.001425596
112.44	-7.9	0.321372509	0.326222986	0.180980846	0.181267664	1.015093005	1.001584795
112.44	-7.88	0.317248464	0.32762149	0.177728251	0.178542063	1.032696852	1.004578968
112.44	-7.86	0.314239681	0.343265831	0.175113559	0.180228606	1.092369463	1.029209886
112.44	-7.84	0.310678035	0.330426753	0.172140479	0.174483433	1.063566507	1.013610711
112.44	-7.82	0.307023674	0.341353565	0.16903764	0.17536658	1.111815127	1.037441012
112.44	-7.8	0.302301496	0.316281706	0.164942294	0.166187003	1.046245917	1.007546329
112.44	-7.78	0.297093868	0.325712442	0.160393402	0.164429769	1.09632839	1.025165418
112.46	-8.4	0.458085001	0.477181911	0.273844689	0.275817454	1.041688575	1.007203955
112.46	-8.38	0.452281415	0.476318359	0.269576669	0.274047881	1.053145991	1.016586052

112.46	-8.36	0.446402073	0.470422238	0.265451312	0.270097882	1.053808364	1.017504413
112.46	-8.34	0.439468145	0.463149697	0.260778606	0.265350997	1.053886844	1.017533614
112.46	-8.32	0.432541192	0.456815422	0.256263345	0.261565506	1.056120042	1.020690282
112.46	-8.3	0.426403284	0.449731141	0.252381265	0.257172495	1.054708437	1.018984095
112.46	-8.28	0.419859111	0.445431709	0.248323694	0.255621076	1.060907569	1.029386571
112.46	-8.26	0.41391921	0.439942122	0.244669855	0.252918333	1.062869542	1.033712687
112.46	-8.24	0.407725424	0.434200436	0.240877628	0.250095695	1.064933435	1.038268672
112.46	-8.22	0.401508629	0.417430669	0.237060115	0.238889948	1.039655536	1.007718856
112.46	-8.2	0.395984828	0.424781442	0.233635247	0.247440577	1.072721506	1.059089243
112.46	-8.18	0.39027679	0.418387949	0.230068132	0.242319077	1.072028777	1.053249204
112.46	-8.16	0.384801507	0.413608223	0.22659336	0.239802733	1.074861235	1.058295498
112.46	-8.14	0.378956288	0.409656286	0.22288464	0.238814801	1.081011977	1.071472672
112.46	-8.12	0.373797268	0.396991998	0.219515935	0.2258607	1.062051631	1.028903439
112.46	-8.1	0.369212717	0.389061332	0.216448098	0.220496491	1.053759294	1.018703755
112.46	-8.08	0.364806294	0.382316202	0.212968826	0.216338187	1.047997822	1.015820912
112.46	-8.06	0.359891921	0.376453578	0.208873719	0.211969525	1.046018419	1.014821423
112.46	-8.04	0.354445547	0.368946314	0.205066174	0.206989408	1.040911128	1.009378598
112.46	-8.02	0.349122584	0.36357373	0.201355055	0.202967703	1.041392757	1.008008979
112.46	-8	0.34385103	0.350688428	0.197656244	0.198043689	1.019884768	1.001960197
112.46	-7.98	0.339276433	0.343632102	0.194318414	0.194538593	1.012838113	1.001133086
112.46	-7.96	0.334082007	0.338704735	0.190609694	0.190854937	1.013837104	1.001286626
112.46	-7.94	0.330170959	0.337140411	0.187600702	0.188033059	1.021108616	1.002304667
112.46	-7.92	0.324851722	0.33241421	0.183735669	0.184230924	1.023279816	1.002695476
112.46	-7.9	0.320637614	0.325596571	0.180475369	0.180763915	1.015465925	1.001598811
112.46	-7.88	0.316852272	0.326920271	0.177424416	0.178184986	1.031775058	1.004286728

112.46	-7.86	0.313282818	0.336759865	0.174465328	0.177708626	1.07493883	1.018589925
112.46	-7.84	0.308928668	0.354763091	0.171035066	0.182615131	1.148365713	1.067705794
112.46	-7.82	0.302737802	0.338980705	0.165904641	0.172665164	1.119717135	1.040749449
112.46	-7.8	0.300217777	0.307858497	0.163357154	0.16389145	1.025450589	1.003270723
112.46	-7.78	0.296842873	0.322104454	0.160200134	0.163346916	1.08510085	1.019642821
112.48	-8.4	0.458325267	0.478111923	0.272619903	0.27475813	1.043171645	1.007843254
112.48	-8.38	0.452572584	0.4775621	0.268397808	0.273370296	1.055216592	1.018526558
112.48	-8.36	0.445690483	0.470609605	0.263647109	0.268715233	1.055911273	1.019223133
112.48	-8.34	0.439691395	0.462785155	0.259663999	0.263625175	1.052522656	1.015255005
112.48	-8.32	0.433489263	0.459520638	0.255711049	0.262559354	1.060050795	1.026781422
112.48	-8.3	0.426853865	0.452682972	0.251608461	0.258525193	1.06051042	1.02749006
112.48	-8.28	0.420068771	0.443729073	0.247492805	0.252579421	1.05632483	1.02055258
112.48	-8.26	0.413608015	0.440670162	0.243616283	0.252763242	1.065429457	1.037546581
112.48	-8.24	0.40765354	0.435366601	0.240063205	0.250647515	1.067981895	1.044089679
112.48	-8.22	0.401825935	0.418906718	0.236568302	0.238737866	1.042507918	1.009170985
112.48	-8.2	0.395962417	0.423385173	0.233032092	0.243501335	1.069255957	1.044926185
112.48	-8.18	0.390109599	0.420283616	0.229467452	0.244746074	1.077347538	1.066582962
112.48	-8.16	0.384218276	0.416687191	0.225818679	0.245293155	1.08450643	1.086239441
112.48	-8.14	0.379039586	0.410201937	0.222542614	0.238375083	1.082213976	1.071143538
112.48	-8.12	0.373843998	0.398478717	0.21920532	0.226484433	1.065895719	1.033206826
112.48	-8.1	0.368768781	0.388530791	0.215905055	0.21975854	1.05358916	1.017848054
112.48	-8.08	0.364027441	0.381731421	0.212105006	0.215615854	1.048633642	1.016552404
112.48	-8.06	0.359503418	0.375076562	0.208320811	0.210906461	1.043318486	1.012411864
112.48	-8.04	0.354109973	0.370722502	0.204647243	0.20722799	1.046913476	1.01261071
112.48	-8.02	0.348184407	0.360627323	0.200632021	0.201680556	1.035736571	1.00522616

112.48	-8	0.343052238	0.34746334	0.197021648	0.197236389	1.012858395	1.001089934
112.48	-7.98	0.337947667	0.342408329	0.193425834	0.193650141	1.01319927	1.001159655
112.48	-7.96	0.333257914	0.338099241	0.189994261	0.190250218	1.01452727	1.001347184
112.48	-7.94	0.328583688	0.33363837	0.18657434	0.18685168	1.015383242	1.001486487
112.48	-7.92	0.32489419	0.335179389	0.183667123	0.184418067	1.031657072	1.004088614
112.48	-7.9	0.320565015	0.325649858	0.180317417	0.180608094	1.015862125	1.001612029
112.48	-7.88	0.316148639	0.332957745	0.176903993	0.17862761	1.053168364	1.009743236
112.48	-7.86	0.308624625	0.340893328	0.17113173	0.176860377	1.104556475	1.033475073
112.48	-7.84	0.304542333	0.349232852	0.167797014	0.178171873	1.146746494	1.061829819
112.48	-7.82	0.302123845	0.33386904	0.165388539	0.17040363	1.105073452	1.030323081
112.48	-7.8	0.299975216	0.319560438	0.163063914	0.165096894	1.065289467	1.012467383
112.48	-7.78	0.295797706	0.304487199	0.159376755	0.160001963	1.029376472	1.003922831
112.5	-8.4	0.458708405	0.485272795	0.271641731	0.277740896	1.057911277	1.022452973
112.5	-8.38	0.452877671	0.479621977	0.267366558	0.273834586	1.05905415	1.024191611
112.5	-8.36	0.446824431	0.47244361	0.263187498	0.268666267	1.05733612	1.020816983
112.5	-8.34	0.440348536	0.464934707	0.258949041	0.263777882	1.055833434	1.018647841
112.5	-8.32	0.433627784	0.459322065	0.254737586	0.260813564	1.059254231	1.023851911
112.5	-8.3	0.427257597	0.453727245	0.250865936	0.258177191	1.061952433	1.029144071
112.5	-8.28	0.420501471	0.449545145	0.246850595	0.258944631	1.069069139	1.048993343
112.5	-8.26	0.414004773	0.438831687	0.243038267	0.249250695	1.0599677	1.025561523
112.5	-8.24	0.407677978	0.43546164	0.239360824	0.24939841	1.068151	1.041934958
112.5	-8.22	0.401502579	0.419022292	0.235749379	0.238028586	1.043635367	1.009667924
112.5	-8.2	0.39573428	0.420771807	0.232340649	0.239501372	1.063268532	1.030819933
112.5	-8.18	0.38990894	0.418157727	0.228863165	0.239904821	1.072449703	1.048245667
112.5	-8.16	0.383764863	0.418830693	0.225127831	0.24947159	1.091373216	1.108133049

112.5	-8.14	0.378493696	0.408493847	0.221854448	0.234834507	1.079261955	1.058507093
112.5	-8.12	0.373345554	0.401111364	0.218596056	0.228463382	1.074370272	1.04513954
112.51	-8.1	0.368487418	0.390547961	0.215457514	0.220485687	1.059867833	1.023337192
112.51	-8.08	0.363828748	0.382590204	0.211656928	0.215602845	1.051566722	1.018642985
112.51	-8.06	0.358482152	0.376815647	0.207479507	0.211087361	1.051142001	1.017388967
112.51	-8.04	0.353044957	0.369580328	0.203813851	0.206195727	1.046836447	1.011686527
112.51	-8.02	0.347963244	0.363326341	0.20029971	0.202001005	1.044151494	1.008493749
112.51	-8	0.342111677	0.351481169	0.196325153	0.196918964	1.027387234	1.003024632
112.51	-7.98	0.337202936	0.341775894	0.192819059	0.193047494	1.013561441	1.001184711
112.51	-7.96	0.332659811	0.337332219	0.189507723	0.189748108	1.014045604	1.001268474
112.51	-7.94	0.327856094	0.332694054	0.185984224	0.186241537	1.014756352	1.001383522
112.51	-7.92	0.324183226	0.32920295	0.183081329	0.183355808	1.01548422	1.001499221
112.51	-7.9	0.316495091	0.321920216	0.177357122	0.177671373	1.017141262	1.001771852
112.51	-7.88	0.311835825	0.318367958	0.173748463	0.174154326	1.020947345	1.002335922
112.51	-7.86	0.30797711	0.32516852	0.170567498	0.172253042	1.055820415	1.009881981
112.51	-7.84	0.304309249	0.328915775	0.167430148	0.170534492	1.080860263	1.018541129
112.51	-7.82	0.301707268	0.323378116	0.164882377	0.167278245	1.071827398	1.014530772
112.51	-7.8	0.299156904	0.338886648	0.162288785	0.169239789	1.132805707	1.042831082
112.51	-7.78	0.2949256	0.311424375	0.158542022	0.160031796	1.055942157	1.00939671
112.51	-7.76	0.292201251	0.342130393	0.155573443	0.16520822	1.170872444	1.061930737
112.52	-8.4	0.459258884	0.483004838	0.271004885	0.27472192	1.051704942	1.013715749
112.52	-8.38	0.453248471	0.479957759	0.266597092	0.272748053	1.058928579	1.023072123
112.52	-8.36	0.447001576	0.471780896	0.262288809	0.266911983	1.055434524	1.017626275
112.52	-8.34	0.440654278	0.466464251	0.258149892	0.263826787	1.058571934	1.021990694
112.52	-8.32	0.434072286	0.45908916	0.254053801	0.259301215	1.057632968	1.020654736

112.52	-8.3	0.427397847	0.455397516	0.250065058	0.25899747	1.065511957	1.035720351
112.52	-8.28	0.420929462	0.449638844	0.24629496	0.25682658	1.068204734	1.04276019
112.52	-8.26	0.414073884	0.442054659	0.242342219	0.251881599	1.067574353	1.039363264
112.52	-8.24	0.407656252	0.43496117	0.238683447	0.247553319	1.06698025	1.037161653
112.52	-8.22	0.401585162	0.423140645	0.235203415	0.239274129	1.053675996	1.017307207
112.52	-8.2	0.395190448	0.410045415	0.23151499	0.233058691	1.037589389	1.006667822
112.52	-8.18	0.389524966	0.418484241	0.228187367	0.239582732	1.074345104	1.049938632
112.52	-8.16	0.384071052	0.41767332	0.224921286	0.244109541	1.087489717	1.085310979
112.52	-8.14	0.378324687	0.415791869	0.221404776	0.24762404	1.099034461	1.118422304
112.52	-8.12	0.373197168	0.402305126	0.218203709	0.22899507	1.077996192	1.049455444
112.52	-8.1	0.367910087	0.392258853	0.214719027	0.221178919	1.066181294	1.030085325
112.52	-8.08	0.362813115	0.384964526	0.210650757	0.216301382	1.061054603	1.026824611
112.52	-8.06	0.35821566	0.377222002	0.207068995	0.210832044	1.053058377	1.018172928
112.52	-8.04	0.352564871	0.369460583	0.203302205	0.205687895	1.047922277	1.011734702
112.52	-8.02	0.346770048	0.364248067	0.199427634	0.20160377	1.050402332	1.010911907
112.52	-8	0.341629952	0.356366992	0.19583647	0.197167888	1.043137435	1.006798625
112.52	-7.98	0.336345971	0.345086396	0.192138627	0.192678019	1.025986412	1.002807308
112.52	-7.96	0.329994947	0.334957927	0.187577307	0.187835276	1.015039566	1.001375267
112.52	-7.94	0.324090987	0.331990302	0.183191538	0.183682144	1.024373755	1.002678103
112.52	-7.92	0.319807589	0.329705477	0.179919347	0.180602387	1.030949509	1.003796365
112.52	-7.9	0.316426933	0.326141506	0.177116022	0.177785352	1.030700843	1.00377905
112.52	-7.88	0.312031329	0.336666554	0.173641726	0.176809445	1.078951129	1.018242842
112.52	-7.86	0.308240116	0.359660327	0.170461386	0.183529243	1.166818688	1.076661681
112.52	-7.84	0.304630965	0.347552001	0.167323709	0.175796404	1.140895186	1.050636554
112.52	-7.82	0.301522434	0.333659559	0.164408296	0.169037506	1.106582868	1.028156789

112.52	-7.8	0.297793329	0.335324496	0.161038324	0.16695331	1.12603092	1.036730301
112.52	-7.78	0.294385523	0.333481669	0.157754987	0.163867682	1.132805943	1.038748028
112.52	-7.76	0.291824788	0.307563633	0.154813811	0.156176627	1.053932515	1.008802932
112.52	-7.74	0.287774026	0.309601098	0.15067932	0.15289323	1.075847957	1.01469286
112.54	-8.4	0.459112972	0.486588448	0.270181179	0.276935339	1.059844696	1.024998632
112.54	-8.38	0.45332545	0.48050788	0.265862286	0.272362888	1.059962285	1.024451011
112.54	-8.36	0.447164744	0.472976983	0.261579812	0.266894519	1.057724225	1.020317729
112.54	-8.34	0.440807909	0.468164593	0.257418811	0.264570296	1.06206033	1.027781515
112.54	-8.32	0.434252411	0.460130304	0.253359079	0.259202749	1.059591823	1.023064771
112.54	-8.3	0.427859753	0.454601437	0.249566019	0.256651103	1.062501049	1.028389622
112.54	-8.28	0.421410382	0.449091583	0.245856255	0.254394054	1.065687043	1.034726792
112.54	-8.26	0.414320379	0.440208077	0.241850197	0.248649642	1.062482319	1.028114282
112.54	-8.24	0.407600343	0.433226228	0.238063276	0.244873911	1.062870125	1.028608509
112.54	-8.22	0.401065141	0.424854338	0.234383911	0.239810705	1.059315046	1.023153442
112.54	-8.2	0.395087123	0.410147101	0.230983824	0.232567638	1.038118119	1.006856821
112.54	-8.18	0.389336646	0.421557695	0.22766225	0.243679553	1.08275884	1.07035555
112.54	-8.16	0.383808196	0.420359731	0.224402577	0.248793855	1.095233858	1.108694289
112.54	-8.14	0.377860785	0.413099825	0.220821112	0.240312055	1.093259323	1.088265756
112.54	-8.12	0.372651398	0.408267856	0.217612982	0.236389697	1.095575805	1.086284902
112.54	-8.1	0.367227763	0.395601839	0.213918269	0.223280802	1.077265607	1.043766873
112.54	-8.08	0.362624407	0.386913061	0.210242152	0.21699293	1.066980197	1.032109533
112.54	-8.06	0.357216984	0.379223377	0.206251338	0.211285457	1.061605112	1.024407691
112.54	-8.04	0.351705819	0.373041898	0.202604413	0.206574872	1.06066456	1.019597101
112.54	-8.02	0.346327186	0.367585123	0.198949024	0.202315807	1.061381081	1.016922844
112.54	-8	0.339339316	0.360460252	0.194137543	0.19686088	1.062241346	1.01402787

112.54	-7.98	0.334676683	0.35386169	0.19077611	0.192908585	1.057324001	1.011177895
112.54	-7.96	0.327423424	0.346927434	0.18568182	0.187832937	1.059568159	1.011584961
112.54	-7.94	0.323283195	0.345635235	0.182504565	0.185239568	1.069140741	1.014985948
112.54	-7.92	0.319725096	0.3447752	0.17962122	0.182928488	1.078348881	1.018412457
112.54	-7.9	0.315804273	0.341189295	0.176464483	0.179732889	1.080382136	1.018521607
112.54	-7.88	0.311829507	0.349976122	0.173205093	0.180161789	1.12233164	1.040164503
112.54	-7.86	0.308055073	0.359764218	0.169981778	0.18222326	1.167856821	1.072016441
112.54	-7.84	0.304852635	0.342730075	0.167009085	0.173206106	1.124248362	1.037105888
112.54	-7.82	0.301157564	0.335986137	0.163689762	0.168751389	1.115649008	1.030922071
112.54	-7.8	0.297196984	0.322675109	0.160094678	0.162914947	1.085728073	1.017616252
112.54	-7.78	0.294749558	0.316937476	0.1573008	0.159506112	1.07527719	1.014019714
112.54	-7.76	0.292876303	0.314294219	0.154745534	0.156826183	1.073129562	1.013445617
112.54	-7.74	0.28952691	0.306200266	0.151015133	0.152483866	1.057588278	1.009725734
112.56	-8.4	0.458339036	0.486822933	0.269247919	0.277356774	1.062145912	1.030116683
112.56	-8.38	0.452715099	0.479093313	0.264942646	0.27049619	1.058266699	1.020961305
112.56	-8.36	0.447108269	0.474989533	0.260928094	0.26833871	1.06235909	1.028400988
112.56	-8.34	0.44094941	0.467102259	0.256848186	0.262585253	1.059310317	1.02233641
112.56	-8.32	0.434289455	0.461397767	0.252729535	0.259694964	1.062419917	1.027560802
112.56	-8.3	0.427779913	0.456067413	0.248888373	0.257644504	1.066126294	1.035180956
112.56	-8.28	0.421073347	0.450834692	0.245067775	0.256555885	1.070679715	1.046877276
112.56	-8.26	0.414592654	0.444239587	0.241455972	0.252897322	1.071508583	1.047384829
112.56	-8.24	0.407420188	0.428862631	0.237462163	0.241136551	1.0526298	1.015473572
112.56	-8.22	0.401169688	0.420966595	0.23399426	0.237046137	1.049347966	1.013042529
112.56	-8.2	0.394876778	0.423036426	0.230454832	0.239859954	1.071312495	1.040811126
112.56	-8.18	0.388794214	0.423873961	0.226993665	0.247702599	1.090227031	1.091231328

112.56	-8.16	0.38320598	0.418147832	0.223740652	0.242667109	1.091182951	1.084591049
112.56	-8.14	0.377861053	0.415881217	0.22055535	0.243970335	1.10061943	1.106163756
112.56	-8.12	0.372139007	0.412667334	0.217065841	0.243061364	1.108906421	1.119758699
112.56	-8.1	0.366766304	0.401704133	0.213295653	0.228980094	1.095259102	1.073533804
112.56	-8.08	0.361844957	0.388208687	0.209431097	0.217306972	1.07285919	1.037606042
112.56	-8.06	0.355154872	0.381158084	0.204678819	0.211609215	1.073216542	1.033859859
112.56	-8.04	0.349790424	0.371328652	0.201109543	0.204778954	1.061574664	1.018245832
112.56	-8.02	0.344031036	0.370371133	0.197248071	0.20246622	1.076563142	1.026454749
112.56	-8	0.33785522	0.364633083	0.192897528	0.197503701	1.079258398	1.023878857
112.56	-7.98	0.332078367	0.359180361	0.188878819	0.192956865	1.081613246	1.021590804
112.56	-7.96	0.327860773	0.359638214	0.185697988	0.191182956	1.096923585	1.029537037
112.56	-7.94	0.323340356	0.355891198	0.182262927	0.187717915	1.100670519	1.02992922
112.56	-7.92	0.3191742	0.35047105	0.178974673	0.183763415	1.098055699	1.026756531
112.56	-7.9	0.315535843	0.353546441	0.175940856	0.182680473	1.120463643	1.038306147
112.56	-7.88	0.311645269	0.365402013	0.172654986	0.186481208	1.172493373	1.080080057
112.56	-7.86	0.308770329	0.349768907	0.169916242	0.176966056	1.132780174	1.041489935
112.56	-7.84	0.304232031	0.336755961	0.166057065	0.170399055	1.106905016	1.026147576
112.56	-7.82	0.30052048	0.327492654	0.162616238	0.165638655	1.089751536	1.018586197
112.56	-7.8	0.297831923	0.307560563	0.159673899	0.160344735	1.032664868	1.004201284
112.56	-7.78	0.295969069	0.306528509	0.157161221	0.157917604	1.035677511	1.004812784
112.56	-7.76	0.293798953	0.305328637	0.154305935	0.155169666	1.039243448	1.005597522
112.56	-7.74	0.290822536	0.303539604	0.150724903	0.15173398	1.043727932	1.006694825
112.58	-8.42	0.462823182	0.484122813	0.272924662	0.275435448	1.046021097	1.009199557
112.58	-8.4	0.457170188	0.485295892	0.268320471	0.275716066	1.061521298	1.027562546
112.58	-8.38	0.452098012	0.479149967	0.26423949	0.270400405	1.059836484	1.023315648

112.58	-8.36	0.446647316	0.474564105	0.26023224	0.267570734	1.062502982	1.028199788
112.58	-8.34	0.440582722	0.469401062	0.256158322	0.264998257	1.065409599	1.034509654
112.58	-8.32	0.434410751	0.459275752	0.252304524	0.25719732	1.057238458	1.019392424
112.58	-8.3	0.427593797	0.457535863	0.248290196	0.259518623	1.070024555	1.045222999
112.58	-8.28	0.420724988	0.449097842	0.244399488	0.253284842	1.067438005	1.036355861
112.58	-8.26	0.414197534	0.441943586	0.24079226	0.249156862	1.066987486	1.03473784
112.58	-8.24	0.407566905	0.431254953	0.237150446	0.242092893	1.058120637	1.020840977
112.58	-8.22	0.400641561	0.433170795	0.233326629	0.249238998	1.081192862	1.068197826
112.58	-8.2	0.394531786	0.429241508	0.229935139	0.249839261	1.087976997	1.086564071
112.58	-8.18	0.388547599	0.424555987	0.226555124	0.247759849	1.092674328	1.093596316
112.58	-8.16	0.38279435	0.418708116	0.223233089	0.242544279	1.093819999	1.086506842
112.58	-8.14	0.377417147	0.415594667	0.220054135	0.241907641	1.101154705	1.099309684
112.58	-8.12	0.370563269	0.412266612	0.215807617	0.241505519	1.112540413	1.119077826
112.58	-8.1	0.36538741	0.411511838	0.211928323	0.243783578	1.126234313	1.150311459
112.58	-8.08	0.359955817	0.398192555	0.207697377	0.22577478	1.106226196	1.087037225
112.58	-8.06	0.352707475	0.392376691	0.202896371	0.220492646	1.112470584	1.086725428
112.58	-8.04	0.347550273	0.375679553	0.199453324	0.20593518	1.080935858	1.03249811
112.58	-8.02	0.341814309	0.371276796	0.195590734	0.201812804	1.086194421	1.031811677
112.58	-8	0.336745352	0.369169593	0.192043066	0.198970139	1.096287124	1.036070415
112.58	-7.98	0.33218497	0.366086632	0.188695699	0.195516244	1.102056579	1.036145734
112.58	-7.96	0.327830166	0.363746434	0.18538405	0.192376867	1.109557547	1.037720704
112.58	-7.94	0.323643595	0.358816862	0.182090372	0.188006267	1.108679015	1.032488786
112.58	-7.92	0.318726182	0.366175443	0.178304315	0.189588159	1.148871551	1.063284193
112.58	-7.9	0.315294176	0.370222688	0.175313666	0.190198451	1.17421353	1.084903734
112.58	-7.88	0.312166572	0.36204347	0.172395617	0.182850331	1.159776552	1.060643736

112.58	-7.86	0.308349133	0.34978351	0.168997079	0.175632611	1.134374879	1.03926418
112.58	-7.84	0.305362195	0.337441355	0.166004702	0.169962183	1.105052822	1.023839567
112.58	-7.82	0.301022321	0.313860655	0.161990419	0.162929744	1.042649109	1.005798642
112.58	-7.8	0.299485475	0.31006825	0.159670487	0.160404921	1.035336521	1.004599682
112.58	-7.78	0.296824008	0.308398455	0.156481668	0.157325581	1.038994309	1.005393043
112.58	-7.76	0.295714617	0.314634919	0.154194921	0.155852586	1.063981627	1.01075045
112.58	-7.74	0.292111039	0.311064124	0.150055766	0.151763976	1.064883152	1.011383831
112.6	-8.42	0.461649716	0.486806124	0.27211675	0.276557624	1.054492416	1.016319737
112.6	-8.4	0.456458181	0.483933747	0.267783135	0.274348706	1.060192953	1.024518239
112.6	-8.38	0.451405436	0.477260828	0.263648421	0.268748909	1.057277538	1.019345796
112.6	-8.36	0.446121931	0.473517448	0.259655893	0.266332358	1.061408137	1.025712743
112.6	-8.34	0.440385789	0.468537092	0.255737156	0.263565511	1.063924187	1.03061094
112.6	-8.32	0.4338516	0.463513792	0.251640737	0.261892527	1.068369442	1.040739788
112.6	-8.3	0.427141309	0.454886138	0.247689664	0.255466759	1.064954686	1.031398544
112.6	-8.28	0.420495242	0.449005574	0.243935615	0.252829552	1.067801795	1.036460182
112.6	-8.26	0.413715601	0.441923708	0.240208372	0.248888671	1.068182362	1.036136538
112.6	-8.24	0.407117605	0.436294883	0.23660861	0.24653244	1.071667936	1.041941968
112.6	-8.22	0.400473863	0.436727285	0.232962593	0.258069187	1.090526314	1.107770924
112.6	-8.2	0.393075287	0.428761452	0.228733823	0.24899365	1.090787099	1.088573815
112.6	-8.18	0.387176961	0.422036201	0.225426614	0.2425787	1.090034386	1.076087227
112.6	-8.16	0.381517768	0.411045313	0.222178608	0.231771886	1.077394941	1.043178226
112.6	-8.14	0.375341564	0.409985036	0.218559161	0.233180568	1.092298521	1.06689908
112.6	-8.12	0.369979531	0.410439342	0.215286866	0.236836135	1.109356892	1.100095607
112.6	-8.1	0.363505304	0.406303376	0.210218415	0.233884886	1.117737132	1.112580391
112.6	-8.08	0.357676148	0.400497615	0.20595783	0.227799386	1.119721338	1.106048679

112.6	-8.06	0.352232575	0.406788498	0.20242852	0.237952843	1.15488608	1.175490705
112.6	-8.04	0.34672612	0.405909121	0.198783115	0.236962885	1.170690923	1.192067471
112.6	-8.02	0.341100633	0.383256644	0.194956198	0.209653929	1.123588193	1.075389912
112.6	-8	0.336637378	0.38532877	0.191723958	0.210554257	1.14464048	1.098215683
112.6	-7.98	0.332288414	0.377287447	0.188463509	0.201785296	1.135421614	1.070686295
112.6	-7.96	0.327499926	0.374371171	0.184847236	0.197715744	1.143118337	1.069616993
112.6	-7.94	0.323418826	0.37796244	0.181565851	0.198514804	1.168646999	1.093348794
112.6	-7.92	0.319551259	0.383975953	0.178286791	0.201566696	1.201609888	1.130575604
112.6	-7.9	0.315220058	0.372269183	0.174658433	0.189531535	1.180981901	1.085155363
112.6	-7.88	0.311784387	0.364650458	0.171470076	0.182463557	1.169559714	1.064113115
112.6	-7.86	0.308620036	0.351627499	0.168307588	0.174874052	1.139354087	1.03901467
112.6	-7.84	0.305648059	0.335291684	0.165152386	0.168386593	1.096986139	1.019583172
112.6	-7.82	0.302719742	0.315871447	0.161852911	0.162801877	1.043445152	1.005863136
112.6	-7.8	0.301103771	0.312787145	0.159297824	0.160122782	1.038801821	1.005178715
112.6	-7.78	0.299290717	0.312010974	0.156511486	0.157453269	1.042501342	1.006017342
112.6	-7.76	0.296834648	0.310759097	0.153119788	0.15421173	1.046909786	1.007131294
112.62	-8.42	0.460777223	0.488583863	0.271516383	0.278547734	1.060347253	1.025896601
112.62	-8.4	0.455862671	0.483289599	0.267363459	0.27393347	1.060164892	1.024573333
112.62	-8.38	0.450859785	0.476469994	0.263242811	0.268200368	1.056803045	1.018832639
112.62	-8.36	0.445375919	0.472459227	0.259078979	0.265436411	1.060809995	1.024538584
112.62	-8.34	0.439527541	0.462515444	0.255068719	0.258690298	1.052301392	1.014198441
112.62	-8.32	0.4332394	0.456828982	0.251117766	0.255204022	1.054449298	1.01627227
112.62	-8.3	0.426420808	0.455186725	0.247088969	0.255994111	1.06745899	1.036040227
112.62	-8.28	0.419800758	0.451417029	0.243348762	0.257369906	1.075312562	1.057617484
112.62	-8.26	0.412222445	0.442665488	0.239062577	0.250332922	1.073851007	1.047143908

112.62	-8.24	0.405727059	0.436789513	0.235532999	0.247606799	1.076559976	1.051261607
112.62	-8.22	0.399056315	0.435154498	0.231879458	0.253721118	1.090458867	1.094194028
112.62	-8.2	0.392792404	0.428183883	0.228424817	0.246670604	1.090102251	1.07987655
112.62	-8.18	0.386619121	0.421993405	0.224957913	0.241796225	1.091496467	1.074850944
112.62	-8.16	0.380462557	0.416315764	0.221440747	0.237716317	1.094235836	1.073498532
112.62	-8.14	0.373980224	0.413650513	0.217520446	0.237843081	1.106075899	1.093428623
112.62	-8.12	0.368461043	0.404167414	0.213895813	0.227935717	1.096906774	1.065638984
112.62	-8.1	0.362748623	0.40678969	0.209528878	0.233131588	1.12140933	1.112646569
112.62	-8.08	0.357449532	0.409648657	0.205691352	0.239038199	1.146032155	1.1621208
112.62	-8.06	0.351362258	0.410355479	0.201752216	0.241102576	1.167898569	1.195043016
112.62	-8.04	0.346312582	0.405457258	0.198332071	0.233265981	1.17078408	1.176138481
112.62	-8.02	0.341266543	0.408659518	0.194822758	0.237236992	1.197478999	1.217706768
112.62	-8	0.335997701	0.4018915	0.191069409	0.226727769	1.196113839	1.186625162
112.62	-7.98	0.331959307	0.395283103	0.187935174	0.217478767	1.190757706	1.15720098
112.62	-7.96	0.327393144	0.393450558	0.184375942	0.213460803	1.201767859	1.157747594
112.62	-7.94	0.323815823	0.396467954	0.181285068	0.214328393	1.224362512	1.182272733
112.62	-7.92	0.319174588	0.392942935	0.177441314	0.207294524	1.231122246	1.168242723
112.62	-7.9	0.315673709	0.376191705	0.174189582	0.189915597	1.191710601	1.09028103
112.62	-7.88	0.312352687	0.366672873	0.170886651	0.181653857	1.173906576	1.063007886
112.62	-7.86	0.309849411	0.362054229	0.167946085	0.176941976	1.168484482	1.053564158
112.62	-7.84	0.307469577	0.349480897	0.164973959	0.170569628	1.136635699	1.033918499
112.62	-7.82	0.305529922	0.328452647	0.162128195	0.16414851	1.07502612	1.012461215
112.62	-7.8	0.303717792	0.317347497	0.159191161	0.160188109	1.044876214	1.006262579
112.62	-7.78	0.301535815	0.315759271	0.155903742	0.156989917	1.04717004	1.006966962
112.64	-8.44	0.465208203	0.494344234	0.275379419	0.284980685	1.062630091	1.034865587

112.64	-8.42	0.460052609	0.487857908	0.271035939	0.278131574	1.060439389	1.026179683
112.64	-8.4	0.45494628	0.480437398	0.266777545	0.271601766	1.056031052	1.01808331
112.64	-8.38	0.449944556	0.474768907	0.26266548	0.267117441	1.055172022	1.016949164
112.64	-8.36	0.443578959	0.470395178	0.257929236	0.26401329	1.060454218	1.023588077
112.64	-8.34	0.437477291	0.463649154	0.25377214	0.259431422	1.059824507	1.022300644
112.64	-8.32	0.431315958	0.455964386	0.249886587	0.254609942	1.057147035	1.018901996
112.64	-8.3	0.424725384	0.447110057	0.245979562	0.249593884	1.052703875	1.014693584
112.64	-8.28	0.418121397	0.443882376	0.242245361	0.248120666	1.061611242	1.024253527
112.64	-8.26	0.411453366	0.433215559	0.238572598	0.242153779	1.05289103	1.015010865
112.64	-8.24	0.404983491	0.432714313	0.235051885	0.24292706	1.068473958	1.033503983
112.64	-8.22	0.398646891	0.43502146	0.231593549	0.252476513	1.091245084	1.09017075
112.64	-8.2	0.391825587	0.428635478	0.227806911	0.247385263	1.093944583	1.085942751
112.64	-8.18	0.384695143	0.421206236	0.223680481	0.240858734	1.094909161	1.076798173
112.64	-8.16	0.378911018	0.417075634	0.220357254	0.238594234	1.100721842	1.082760969
112.64	-8.14	0.373413384	0.416328788	0.217115939	0.240897402	1.114927332	1.109533476
112.64	-8.12	0.36778307	0.41009447	0.213316277	0.234220892	1.115044448	1.097998221
112.64	-8.1	0.362426281	0.402153075	0.209211811	0.226020962	1.109613447	1.080345132
112.64	-8.08	0.356900901	0.403341085	0.205228567	0.228006572	1.130120669	1.110988469
112.64	-8.06	0.35127753	0.410045952	0.201534286	0.23733905	1.167299119	1.177660904
112.64	-8.04	0.345189542	0.409970969	0.197481737	0.236997858	1.187669149	1.20010013
112.64	-8.02	0.340587854	0.393091708	0.194171146	0.21591121	1.154156566	1.111963412
112.64	-8	0.336030394	0.398304969	0.19076243	0.219577372	1.185324234	1.15105145
112.64	-7.98	0.331612587	0.404651701	0.187326744	0.224625871	1.220254349	1.19911266
112.64	-7.96	0.327363461	0.402077675	0.183863312	0.219312608	1.228230155	1.192802446
112.64	-7.94	0.323452801	0.403756857	0.180453047	0.218274221	1.248271328	1.209590108

112.64	-7.92	0.319541395	0.402733505	0.176918894	0.213880032	1.26034846	1.208915721
112.64	-7.9	0.316308737	0.387177885	0.173620299	0.195049629	1.224050554	1.12342641
112.64	-7.88	0.314097643	0.373201668	0.170797929	0.183080062	1.188170866	1.071910316
112.64	-7.86	0.311206758	0.368922204	0.167379409	0.178015813	1.185456917	1.06354667
112.64	-7.84	0.309625715	0.362006038	0.164650261	0.172603682	1.16917304	1.048304936
112.64	-7.82	0.308140874	0.357047975	0.16181159	0.168456525	1.158716695	1.041065874
112.64	-7.8	0.30620873	0.336276859	0.158499509	0.161467746	1.098194879	1.018727104
112.66	-8.44	0.463559747	0.492103815	0.274309665	0.282600015	1.061575813	1.030222597
112.66	-8.42	0.458588302	0.485123515	0.270084888	0.275746822	1.057862821	1.020963537
112.66	-8.4	0.453146249	0.47922352	0.265644491	0.270943284	1.05754714	1.019946935
112.66	-8.38	0.447802901	0.470930278	0.261372566	0.264889508	1.051646331	1.013455667
112.66	-8.36	0.442342013	0.459256202	0.257286221	0.258797079	1.038237808	1.005872287
112.66	-8.34	0.436645538	0.457899779	0.253397584	0.256304622	1.048676191	1.011472239
112.66	-8.32	0.43034938	0.455043495	0.249443889	0.254233509	1.057381551	1.019201195
112.66	-8.3	0.42390722	0.453867853	0.245632827	0.255859286	1.070677334	1.041633109
112.66	-8.28	0.417084157	0.442344338	0.241744474	0.247221768	1.060563749	1.022657371
112.66	-8.26	0.410600722	0.43713516	0.238165602	0.244766355	1.064623457	1.02771497
112.66	-8.24	0.403082401	0.423516303	0.233913466	0.236994997	1.050694108	1.013173805
112.66	-8.22	0.396534264	0.432879329	0.230320036	0.249126956	1.091656807	1.081655594
112.66	-8.2	0.390040278	0.428387344	0.226710126	0.247464836	1.098315655	1.091547344
112.66	-8.18	0.383953094	0.422519594	0.223263413	0.24241206	1.100445863	1.085767066
112.66	-8.16	0.378215194	0.419460922	0.219945163	0.241443634	1.109053601	1.097744689
112.66	-8.14	0.3720963	0.41344738	0.216348603	0.235762745	1.111130049	1.089735462
112.66	-8.12	0.366915673	0.411049902	0.21264115	0.234325409	1.120284394	1.101975837
112.66	-8.1	0.361908525	0.410140425	0.208748311	0.234262079	1.133270969	1.122222633

112.66	-8.08	0.356308788	0.400548756	0.20477663	0.223451123	1.124161877	1.091194453
112.66	-8.06	0.350382298	0.397810757	0.200869486	0.220442206	1.135362029	1.097439986
112.66	-8.04	0.345056236	0.381708682	0.197177753	0.206156164	1.106221659	1.045534607
112.66	-8.02	0.340361923	0.367060155	0.193740934	0.197263002	1.078440712	1.018179267
112.66	-8	0.335219979	0.366933286	0.18992497	0.194538489	1.094604465	1.02429127
112.66	-7.98	0.331341386	0.403640687	0.186695218	0.219971702	1.218201845	1.178239613
112.66	-7.96	0.32764262	0.429573804	0.183443531	0.249851748	1.311104778	1.362009041
112.66	-7.94	0.323700488	0.417728931	0.179878667	0.229062796	1.29047977	1.27342947
112.66	-7.92	0.320508868	0.431029141	0.176569462	0.241267547	1.344827506	1.366417185
112.66	-7.9	0.317883223	0.412234902	0.173408851	0.214617416	1.296812389	1.237638189
112.66	-7.88	0.316139638	0.390982598	0.17062524	0.190977335	1.236740195	1.119279512
112.66	-7.86	0.314061791	0.385040432	0.167439476	0.183784008	1.226002155	1.09761457
112.66	-7.84	0.312079966	0.378179252	0.164087281	0.17693615	1.211802401	1.078305088
112.66	-7.82	0.31185022	0.373130202	0.161714226	0.172066793	1.196504535	1.064017663
112.66	-7.8	0.310658693	0.372148126	0.158484116	0.168544725	1.19793244	1.063480232
112.68	-8.44	0.462433994	0.490647972	0.273647249	0.281456888	1.061011903	1.028539074
112.68	-8.42	0.457280219	0.483822227	0.26932925	0.275035828	1.058043202	1.021188113
112.68	-8.4	0.452112079	0.478869855	0.265076488	0.271042705	1.059183946	1.022507527
112.68	-8.38	0.44673264	0.471636355	0.260848433	0.265426368	1.055746351	1.017550172
112.68	-8.36	0.441220969	0.464600056	0.256825238	0.260626435	1.052987254	1.014800714
112.68	-8.34	0.43545565	0.452193469	0.252949417	0.254503995	1.038437482	1.006145808
112.68	-8.32	0.429255098	0.453615159	0.249070793	0.253696233	1.056749613	1.018570783
112.68	-8.3	0.4219428	0.452395529	0.244665608	0.255383581	1.072172646	1.043806619
112.68	-8.28	0.415279865	0.443014026	0.240859821	0.24838759	1.066784265	1.031253733
112.68	-8.26	0.408238024	0.429271281	0.236918882	0.240157112	1.051522044	1.0136681

112.68	-8.24	0.401879072	0.418395281	0.233408988	0.235215783	1.041097459	1.0077409
112.68	-8.22	0.395305246	0.432335436	0.229761302	0.248469144	1.093674927	1.081422944
112.68	-8.2	0.389313489	0.428830266	0.226408616	0.24779965	1.101503744	1.094479771
112.68	-8.18	0.382438213	0.422521859	0.222487628	0.242370367	1.104810778	1.089365592
112.68	-8.16	0.376800865	0.418081403	0.219197288	0.238889307	1.109555316	1.089836963
112.68	-8.14	0.371399403	0.413660765	0.215959236	0.235023677	1.113789526	1.088277962
112.68	-8.12	0.366131753	0.410089433	0.212068841	0.231890544	1.120059733	1.09346825
112.68	-8.1	0.361288011	0.407401234	0.20825699	0.229251951	1.12763563	1.100812757
112.68	-8.08	0.35564369	0.404882401	0.204303727	0.226430073	1.138449558	1.10830124
112.68	-8.06	0.350302786	0.400655687	0.200656816	0.221441627	1.143741081	1.103583873
112.68	-8.04	0.344901323	0.371146381	0.196868464	0.200501546	1.076094395	1.018454362
112.68	-8.02	0.340035647	0.393107831	0.193234116	0.211565405	1.156078296	1.094865698
112.68	-8	0.335581034	0.37935546	0.1897102	0.199256793	1.130443683	1.05032198
112.68	-7.98	0.331417471	0.389668405	0.186194196	0.203549609	1.175763015	1.093211349
112.68	-7.96	0.327475637	0.424146891	0.182636082	0.235629961	1.29520136	1.290161057
112.68	-7.94	0.324293137	0.398029894	0.179321706	0.203860626	1.227376866	1.136842995
112.68	-7.92	0.322047591	0.414297938	0.176357284	0.215689585	1.286449424	1.223026231
112.68	-7.9	0.319694102	0.424995601	0.173076645	0.221247301	1.329382052	1.278319793
112.68	-7.88	0.318359047	0.422570288	0.170236394	0.213439956	1.327338714	1.253785701
112.68	-7.86	0.316907257	0.408110827	0.167063981	0.194821775	1.287792622	1.166150677
112.68	-7.84	0.316219628	0.38828966	0.164105162	0.17890206	1.227911319	1.090167168
112.68	-7.82	0.3161771	0.391250074	0.161366358	0.176863641	1.237439631	1.096037875
112.7	-8.42	0.456074655	0.47885862	0.26867944	0.271953732	1.049956656	1.012186611
112.7	-8.4	0.450995296	0.477031469	0.264551133	0.269955605	1.057730476	1.020428838
112.7	-8.38	0.445713222	0.470846385	0.260508418	0.265329689	1.056388641	1.018507159

112.7	-8.36	0.439027011	0.460555166	0.255812705	0.258804739	1.049036059	1.01169619
112.7	-8.34	0.433071077	0.452743441	0.251871407	0.254273772	1.045425255	1.009538062
112.7	-8.32	0.426959425	0.450065255	0.248064235	0.252005458	1.054117156	1.015887913
112.7	-8.3	0.420678854	0.447699219	0.244337246	0.251121581	1.064230386	1.027766273
112.7	-8.28	0.413827896	0.443202525	0.240403861	0.249466375	1.070982719	1.037697039
112.7	-8.26	0.407004088	0.438133478	0.23653698	0.247291207	1.076484219	1.045465312
112.7	-8.24	0.400404423	0.416016281	0.232841283	0.23442246	1.038990222	1.006790794
112.7	-8.22	0.394294143	0.42315644	0.229411036	0.23737973	1.073199914	1.034735443
112.7	-8.2	0.387498498	0.428840071	0.225563332	0.248266041	1.106688344	1.100648933
112.7	-8.18	0.381625563	0.422026485	0.222162649	0.241044641	1.105865346	1.084991746
112.7	-8.16	0.375801474	0.417284608	0.218724743	0.2371324	1.110385767	1.08415901
112.7	-8.14	0.370514214	0.412432671	0.215508878	0.23266153	1.113135893	1.079591394
112.7	-8.12	0.365467399	0.409087479	0.211601257	0.22959806	1.119354229	1.085050548
112.7	-8.1	0.360857785	0.406059682	0.207905903	0.226422742	1.12526236	1.089063553
112.7	-8.08	0.354685694	0.403931946	0.203652024	0.22391969	1.138844764	1.09952106
112.7	-8.06	0.349490166	0.389408529	0.200013682	0.210980907	1.114218845	1.054832373
112.7	-8.04	0.344645202	0.387736648	0.19644925	0.207792997	1.125031325	1.057743908
112.7	-8.02	0.339624554	0.382410944	0.192647457	0.2021081	1.125981438	1.049108579
112.7	-8	0.33558923	0.382456332	0.189229473	0.199564561	1.139656158	1.054616692
112.7	-7.98	0.331483781	0.412749946	0.18558152	0.221734375	1.245158796	1.194808484
112.7	-7.96	0.327962667	0.417126626	0.182075024	0.22216548	1.271872283	1.220186469
112.7	-7.94	0.325540453	0.413911581	0.178977594	0.214681849	1.271459743	1.199490083
112.7	-7.92	0.323999733	0.434776604	0.176178604	0.230289221	1.341904206	1.307135005
112.7	-7.9	0.321996212	0.424392015	0.172764465	0.214110225	1.318003128	1.23931866
112.7	-7.88	0.320615888	0.444177598	0.16945751	0.227111071	1.385388606	1.340224291

112.7	-7.86	0.320957571	0.46703878	0.166958243	0.245214477	1.455141808	1.468717407
112.7	-7.84	0.319310755	0.431555301	0.162467092	0.201252311	1.351521347	1.238726616
112.7	-7.82	0.320338815	0.408345938	0.159775063	0.180583358	1.274731372	1.130234931
112.72	-8.42	0.454075426	0.479310662	0.267689854	0.272457331	1.055574987	1.017809706
112.72	-8.4	0.44872728	0.474536836	0.263505578	0.268804312	1.057517244	1.020108621
112.72	-8.38	0.443283588	0.463816196	0.259463489	0.262034446	1.046319351	1.009908743
112.72	-8.36	0.437521428	0.455585003	0.255454928	0.257330865	1.041286149	1.007343515
112.72	-8.34	0.43128857	0.44699496	0.251383215	0.252751619	1.036417358	1.005443496
112.72	-8.32	0.424956501	0.449275762	0.247458175	0.252130836	1.057227649	1.018882631
112.72	-8.3	0.418728054	0.446044177	0.243737623	0.250773638	1.065235952	1.02886717
112.72	-8.28	0.412455767	0.438202769	0.24009639	0.245862395	1.062423666	1.024015373
112.72	-8.26	0.405762464	0.427397072	0.236269221	0.239747986	1.053318408	1.014723735
112.72	-8.24	0.398984134	0.418263376	0.232398227	0.234996185	1.048320823	1.011178906
112.72	-8.22	0.392400712	0.422314852	0.22864601	0.237089247	1.076233656	1.03692711
112.72	-8.2	0.386087894	0.426949918	0.225003988	0.245039403	1.105836066	1.089044715
112.72	-8.18	0.38032338	0.421310961	0.221607715	0.239785761	1.107770343	1.082028037
112.72	-8.16	0.374889791	0.417044073	0.218332022	0.236126453	1.112444466	1.081501697
112.72	-8.14	0.369845808	0.4116638	0.215147242	0.230947256	1.113068722	1.073438144
112.72	-8.12	0.364638358	0.406433135	0.211053774	0.22606121	1.114619803	1.071107169
112.72	-8.1	0.359721333	0.40320757	0.207075655	0.222759426	1.120888681	1.075739324
112.72	-8.08	0.354305267	0.397421986	0.203324124	0.217313245	1.121693699	1.06880207
112.72	-8.06	0.348949701	0.416632056	0.199531391	0.234328136	1.193960206	1.174392332
112.72	-8.04	0.344038069	0.400181472	0.19582057	0.216000587	1.163189507	1.103053611
112.72	-8.02	0.339863896	0.418051213	0.192370206	0.230447114	1.230054788	1.197935575
112.72	-8	0.335907996	0.416286319	0.188862011	0.224964276	1.239286724	1.19115684

112.72	-7.98	0.331903994	0.418839753	0.18508625	0.223579347	1.261930438	1.207973833
112.72	-7.96	0.329246283	0.426701993	0.181850314	0.226774037	1.295996387	1.247036817
112.72	-7.94	0.327440768	0.438140452	0.178848147	0.233230174	1.338075445	1.304068155
112.72	-7.92	0.325854868	0.43316859	0.175654396	0.221635222	1.329329812	1.261768717
112.72	-7.9	0.324566662	0.428167582	0.172276393	0.210635945	1.31919766	1.22266285
112.72	-7.88	0.322790653	0.433726609	0.167858079	0.208610505	1.343677722	1.242779055
112.72	-7.86	0.324186593	0.403659105	0.165404841	0.18266201	1.245144351	1.104332913
112.72	-7.84	0.325850934	0.402013332	0.162690207	0.177873194	1.233733864	1.093324528
112.72	-7.82	0.327679336	0.446640939	0.159653619	0.198196098	1.363042735	1.241413126
112.74	-8.42	0.452291548	0.471455276	0.267172277	0.269196093	1.042370298	1.007574948
112.74	-8.4	0.446943223	0.472017646	0.263051093	0.267922997	1.056102031	1.018520755
112.74	-8.38	0.441327274	0.466925532	0.258969516	0.26433605	1.058002891	1.020722648
112.74	-8.36	0.435372591	0.460170478	0.254892945	0.259761781	1.05695785	1.019101491
112.74	-8.34	0.42936644	0.446237206	0.250968784	0.252628803	1.039292235	1.006614445
112.74	-8.32	0.422975212	0.446412057	0.246981025	0.251187027	1.055409498	1.017029655
112.74	-8.3	0.416825056	0.443704724	0.243264988	0.249899402	1.06448669	1.027272376
112.74	-8.28	0.410218894	0.435004354	0.239387795	0.244460985	1.060420082	1.021192349
112.74	-8.26	0.403870016	0.430087954	0.235704869	0.241655633	1.064916771	1.025246673
112.74	-8.24	0.396863669	0.418977857	0.231633186	0.235254586	1.055722378	1.015634199
112.74	-8.22	0.391032279	0.430652529	0.228237003	0.247066602	1.101322199	1.082500203
112.74	-8.2	0.38514483	0.417950541	0.224761784	0.234589338	1.085177597	1.043724311
112.74	-8.18	0.379439771	0.410247087	0.221331939	0.229106084	1.081191585	1.035124368
112.74	-8.16	0.373770177	0.409633219	0.217862174	0.228496775	1.095949447	1.048813435
112.74	-8.14	0.368719071	0.406453878	0.214473367	0.225751013	1.102340263	1.052582966
112.74	-8.12	0.363818765	0.404763639	0.210525393	0.223829746	1.112541953	1.063195952

112.74	-8.1	0.35908556	0.398612082	0.206627816	0.218474939	1.110075499	1.05733557
112.74	-8.08	0.353684068	0.400181264	0.202860311	0.21808666	1.131465339	1.075058296
112.74	-8.06	0.348481894	0.398088306	0.199044392	0.21478802	1.142350043	1.079096065
112.74	-8.04	0.343551069	0.396025538	0.195197791	0.210558042	1.152741393	1.078690701
112.74	-8.02	0.339648128	0.403125137	0.191761419	0.213335037	1.186890503	1.11250239
112.74	-8	0.335744679	0.408950806	0.188104853	0.214924812	1.218041063	1.142579837
112.74	-7.98	0.333004057	0.410413712	0.184858158	0.211789504	1.232458594	1.14568654
112.74	-7.96	0.331044167	0.437065631	0.181780785	0.231779635	1.320263803	1.275050246
112.74	-7.94	0.329595894	0.429855555	0.178649321	0.218617231	1.304189657	1.223722705
112.74	-7.92	0.326570779	0.434250832	0.173846275	0.216236234	1.3297296	1.243835879
112.74	-7.9	0.326923847	0.418334246	0.170966357	0.196443662	1.279607619	1.149019407
112.74	-7.88	0.328096032	0.378944665	0.168071702	0.174872205	1.154980945	1.040461913
112.74	-7.86	0.330273837	0.395786673	0.165306434	0.176461279	1.198359145	1.067479802
112.74	-7.84	0.332724601	0.369989783	0.162149906	0.166197017	1.112000079	1.024959069
112.74	-7.82	0.336522073	0.438541085	0.159350663	0.185519248	1.30315697	1.164220118
112.76	-8.42	0.450181156	0.469920665	0.266701162	0.268955439	1.043847923	1.008452447
112.76	-8.4	0.444480062	0.461395681	0.262413204	0.263941735	1.038057094	1.005824902
112.76	-8.38	0.438932478	0.455336154	0.258398235	0.259862542	1.037371751	1.005666863
112.76	-8.36	0.433105648	0.4416022	0.254398704	0.254921615	1.019617737	1.00205548
112.76	-8.34	0.427130401	0.44836697	0.250477314	0.253596336	1.049719169	1.012452312
112.76	-8.32	0.420686632	0.440560699	0.246432453	0.249083072	1.047241972	1.010755964
112.76	-8.3	0.414218038	0.439017743	0.242494673	0.24756223	1.059871136	1.020897602
112.76	-8.28	0.407829285	0.433971435	0.238667995	0.244565636	1.064100718	1.02471065
112.76	-8.26	0.401667595	0.419037491	0.235016435	0.236989111	1.043244455	1.008393776
112.76	-8.24	0.39555493	0.423972636	0.23138468	0.238480479	1.07184263	1.030666675

112.76	-8.22	0.389342517	0.423631042	0.227681249	0.238975674	1.088067766	1.049606301
112.76	-8.2	0.383853316	0.417825699	0.224362984	0.234578788	1.088503554	1.045532484
112.76	-8.18	0.378446519	0.409824669	0.221032903	0.228724092	1.082913036	1.034796583
112.76	-8.16	0.372907937	0.402489722	0.217550978	0.223626688	1.079327315	1.027927753
112.76	-8.14	0.367614299	0.397219449	0.213826209	0.219726846	1.080533185	1.027595477
112.76	-8.12	0.362814397	0.395018667	0.209868416	0.217192173	1.088762383	1.034896898
112.76	-8.1	0.358410686	0.390651464	0.206216484	0.21315904	1.089954846	1.033666345
112.76	-8.08	0.35287863	0.394981086	0.202252716	0.213376448	1.119311436	1.054999171
112.76	-8.06	0.347851038	0.393993169	0.198420256	0.210215747	1.132649111	1.05944701
112.76	-8.04	0.343757153	0.398886532	0.194916964	0.210795268	1.160373038	1.081461893
112.76	-8.02	0.339643598	0.402773589	0.191187918	0.210401148	1.185871283	1.100493952
112.76	-8	0.336637795	0.39849171	0.187866375	0.203672409	1.183740258	1.08413445
112.76	-7.98	0.332858026	0.407330096	0.183515653	0.205398068	1.223735238	1.119240046
112.76	-7.96	0.330976814	0.420325428	0.18014735	0.21078442	1.2699543	1.170066729
112.76	-7.94	0.329930067	0.425897926	0.176828578	0.209303007	1.290873335	1.183649209
112.76	-7.92	0.329590678	0.402695924	0.173394859	0.188677073	1.221806169	1.088135333
112.76	-7.9	0.331405014	0.37765941	0.170804814	0.176483005	1.139570599	1.033243746
112.76	-7.88	0.33409822	0.389065117	0.168118149	0.176064581	1.164523166	1.047266947
112.76	-7.86	0.337210536	0.424802423	0.164932236	0.184532911	1.259754299	1.118840773
112.78	-8.4	0.44217205	0.461131513	0.262023091	0.264149487	1.042878021	1.008115299
112.78	-8.38	0.436312079	0.453136027	0.257830977	0.25942567	1.038559435	1.006185031
112.78	-8.36	0.430301756	0.45317468	0.253717661	0.25760296	1.053155546	1.015313475
112.78	-8.34	0.424398839	0.431225717	0.249807075	0.250198007	1.016085995	1.001564936
112.78	-8.32	0.417976886	0.440067828	0.24572885	0.249315441	1.052852065	1.014595723
112.78	-8.3	0.411848575	0.433201432	0.241905421	0.245187148	1.051846379	1.013566159

112.78	-8.28	0.405765235	0.429488212	0.238178	0.242555007	1.058464783	1.018377044
112.78	-8.26	0.399612993	0.426375985	0.234449491	0.240468204	1.066972277	1.025671683
112.78	-8.24	0.393935293	0.423704982	0.230990857	0.238788635	1.075569997	1.033757949
112.78	-8.22	0.38803193	0.421065152	0.227375463	0.237036318	1.085130164	1.042488555
112.78	-8.2	0.382546514	0.412143886	0.223963574	0.230663806	1.077369341	1.029916618
112.78	-8.18	0.377427489	0.405209571	0.220721379	0.226013467	1.07360906	1.023976326
112.78	-8.16	0.371505886	0.399756938	0.216951966	0.222014293	1.076044695	1.02333386
112.78	-8.14	0.366883576	0.396389753	0.213470548	0.219019488	1.080423815	1.025993933
112.78	-8.12	0.362123519	0.392347544	0.209417	0.215548277	1.083463304	1.029277835
112.78	-8.1	0.357445449	0.389873117	0.205603302	0.212002754	1.090720608	1.031125243
112.78	-8.08	0.352486491	0.388430089	0.201863796	0.208767086	1.10197156	1.034197766
112.78	-8.06	0.347704768	0.393972933	0.1980149	0.208835468	1.133067387	1.054645219
112.78	-8.04	0.34226644	0.395436198	0.193388239	0.206277385	1.155346101	1.066649073
112.78	-8.02	0.338759661	0.390998334	0.189806342	0.200521842	1.154205707	1.056454908
112.78	-8	0.336033076	0.395830482	0.186377496	0.19951646	1.177950953	1.07049652
112.78	-7.98	0.33400321	0.402606666	0.183006093	0.199321061	1.205397595	1.089149865
112.78	-7.96	0.332831472	0.409085125	0.179694369	0.198578387	1.229105896	1.105089648
112.78	-7.94	0.333330691	0.387554914	0.17689833	0.185024336	1.162673958	1.045936022
112.78	-7.92	0.334266394	0.363557458	0.173692465	0.176141322	1.087627904	1.014098809
112.78	-7.9	0.336339682	0.390540242	0.170420691	0.178158209	1.161148276	1.045402453
112.78	-7.88	0.340361863	0.428111285	0.167589173	0.187278613	1.257812144	1.117486353
112.8	-8.4	0.439159125	0.453812093	0.261338681	0.262450397	1.033365964	1.004253928
112.8	-8.38	0.433666348	0.453161776	0.257335424	0.259759247	1.044954901	1.009418924
112.8	-8.36	0.427844882	0.435274363	0.25328818	0.253704011	1.017364893	1.001641734
112.8	-8.34	0.421617955	0.42935425	0.24915503	0.249597818	1.018349065	1.001777159

112.8	-8.32	0.415421546	0.42878288	0.245140076	0.246161446	1.032163317	1.004166476
112.8	-8.3	0.409360617	0.434096545	0.241285846	0.246263832	1.060425763	1.020631074
112.8	-8.28	0.403515577	0.427387923	0.237606049	0.242001593	1.059160902	1.018499296
112.8	-8.26	0.397904724	0.419221312	0.234095141	0.237276316	1.053572091	1.013589237
112.8	-8.24	0.392288238	0.422131032	0.230581239	0.238119215	1.076073639	1.032691194
112.8	-8.22	0.386695802	0.419076115	0.227056578	0.235757247	1.083735878	1.038319387
112.8	-8.2	0.380948871	0.40844211	0.223412037	0.228638396	1.072170416	1.023393363
112.8	-8.18	0.375996649	0.40271318	0.22018148	0.224701479	1.071055235	1.020528516
112.8	-8.16	0.371037424	0.399586499	0.216887876	0.221766323	1.076943923	1.022492942
112.8	-8.14	0.366059095	0.392469972	0.213013053	0.217199802	1.072149219	1.019654896
112.8	-8.12	0.361494452	0.387829453	0.209005609	0.213189036	1.07285036	1.020015858
112.8	-8.1	0.356494427	0.386312217	0.204968423	0.20978184	1.083641672	1.023483704
112.8	-8.08	0.35035041	0.386055082	0.200219005	0.206282675	1.101911319	1.030285187
112.8	-8.06	0.346335292	0.390331358	0.19666779	0.205264241	1.127033158	1.043710513
112.8	-8.04	0.342330992	0.391191453	0.192873523	0.202443585	1.142728709	1.04961833
112.8	-8.02	0.339557379	0.392270476	0.189498246	0.1996319	1.155240614	1.053476241
112.8	-8	0.337120742	0.391587704	0.185981452	0.195741639	1.161565149	1.052479352
112.8	-7.98	0.336070508	0.387645483	0.182864606	0.190773487	1.153464746	1.043249926
112.8	-7.96	0.335461259	0.367298365	0.179456949	0.182257995	1.094905462	1.015608455
112.8	-7.94	0.336518437	0.366714299	0.176463425	0.179052815	1.089730186	1.014673804
112.8	-7.92	0.339010477	0.396997482	0.173591718	0.182449907	1.171047824	1.051028869
112.82	-8.4	0.436397463	0.453934401	0.260839343	0.262648016	1.040185702	1.00693405
112.82	-8.38	0.43053773	0.441780448	0.256599188	0.257283032	1.026113199	1.002665028
112.82	-8.36	0.424822688	0.430563062	0.252579153	0.252870351	1.013512401	1.0011529
112.82	-8.34	0.419141471	0.434350908	0.248691112	0.250054151	1.036287119	1.005480851

112.82	-8.32	0.413229048	0.434991956	0.244770914	0.248253465	1.052665483	1.014227795
112.82	-8.3	0.40730983	0.432035148	0.24091053	0.24584952	1.060703956	1.020501345
112.82	-8.28	0.401657194	0.423706919	0.237252757	0.240751609	1.054896876	1.014747362
112.82	-8.26	0.396081984	0.428001583	0.23367089	0.24296093	1.080588363	1.03975694
112.82	-8.24	0.390503913	0.434287727	0.230100378	0.251522154	1.112121319	1.093097523
112.82	-8.22	0.385201097	0.415312648	0.226658046	0.233458906	1.078170991	1.030004936
112.82	-8.2	0.379964441	0.406356156	0.223216563	0.2276977	1.069458381	1.020075288
112.82	-8.18	0.374626666	0.39745602	0.219666302	0.2226118	1.060938945	1.013408964
112.82	-8.16	0.370079726	0.394219875	0.216515884	0.219609693	1.065229592	1.014289062
112.82	-8.14	0.363886625	0.386416107	0.211434782	0.214448109	1.061913468	1.014251807
112.82	-8.12	0.359588861	0.382537454	0.207489833	0.210387051	1.063818976	1.01396318
112.82	-8.1	0.354618371	0.381380618	0.203596666	0.207019031	1.07546774	1.016809532
112.82	-8.08	0.350409627	0.377134651	0.199982986	0.20294705	1.07626795	1.014821583
112.82	-8.06	0.346427709	0.375585347	0.196281448	0.199421927	1.084166589	1.015999879
112.82	-8.04	0.342526734	0.387246192	0.192330003	0.199499354	1.130557569	1.037276301
112.82	-8.02	0.340454668	0.388055176	0.189145356	0.19659552	1.139814525	1.039388561
112.82	-8	0.338711143	0.396181375	0.18569842	0.196071595	1.169673285	1.055860331
112.82	-7.98	0.338207364	0.371684909	0.182533994	0.185668707	1.098985263	1.017173308
112.82	-7.96	0.33821708	0.368859321	0.178992063	0.181643024	1.090599331	1.014810496
112.82	-7.94	0.34036085	0.367982328	0.176048502	0.178365156	1.081153511	1.013159179
112.84	-8.4	0.433460236	0.450247943	0.260228336	0.26188156	1.038729522	1.006352975
112.84	-8.38	0.427810073	0.446037143	0.256075293	0.258184195	1.04260552	1.008235475
112.84	-8.36	0.42209518	0.448659688	0.252009481	0.258797526	1.062934878	1.026935674
112.84	-8.34	0.416647643	0.425153583	0.248196721	0.248664781	1.020415189	1.001885844
112.84	-8.32	0.411193848	0.423001468	0.244464919	0.24525246	1.02871546	1.00322149

112.84	-8.3	0.4056485	0.424345911	0.240741462	0.243056014	1.046092641	1.009614267
112.84	-8.28	0.399572402	0.425691783	0.236759424	0.242202282	1.065368331	1.02298898
112.84	-8.26	0.394043893	0.427179575	0.233114213	0.242949307	1.084091349	1.042190024
112.84	-8.24	0.388897419	0.425109357	0.229693204	0.241178408	1.093114369	1.050002368
112.84	-8.22	0.382853568	0.41542992	0.225630835	0.233492598	1.085088282	1.034843479
112.84	-8.2	0.377403557	0.403859526	0.221977919	0.226204619	1.070099945	1.019041081
112.84	-8.18	0.372615904	0.395602584	0.218648255	0.221461773	1.061690014	1.012867782
112.84	-8.16	0.367541373	0.390797555	0.21502918	0.217759848	1.063275006	1.012699056
112.84	-8.14	0.363215238	0.385144621	0.211048797	0.213720396	1.060375725	1.012658681
112.84	-8.12	0.358907998	0.378297597	0.207045466	0.208965406	1.054023872	1.009273036
112.84	-8.1	0.354496807	0.363197118	0.203347996	0.203776717	1.024542707	1.002108313
112.84	-8.08	0.350603044	0.367617577	0.199750587	0.200889364	1.048529337	1.005700992
112.84	-8.06	0.346797198	0.362153143	0.195970729	0.196837619	1.044279322	1.004423569
112.84	-8.04	0.343737572	0.368207842	0.192275614	0.194170818	1.071188813	1.009856706
112.84	-8.02	0.341761023	0.390563071	0.188847244	0.196281523	1.142795827	1.039366626
112.84	-8	0.340608597	0.387293071	0.185419261	0.191674188	1.137061936	1.033733962
112.84	-7.98	0.340545416	0.382276267	0.182058826	0.186828345	1.122541221	1.026197681
112.84	-7.96	0.342193455	0.370766491	0.179017752	0.181450412	1.083499657	1.013588928
112.84	-7.94	0.345279843	0.401835293	0.175896972	0.184316799	1.163795979	1.047867945
112.86	-8.4	0.430649251	0.446142137	0.259641081	0.261018485	1.035975649	1.00530503
112.86	-8.38	0.425173432	0.440668911	0.255557984	0.256968021	1.036445079	1.005517485
112.86	-8.36	0.419761986	0.432969749	0.251612931	0.252592802	1.031464887	1.003894357
112.86	-8.34	0.414326489	0.423739374	0.247746289	0.248266816	1.02271852	1.00210105
112.86	-8.32	0.40877375	0.424880534	0.243898571	0.245506942	1.039402688	1.006594429
112.86	-8.3	0.402543664	0.415640593	0.239616469	0.240617111	1.032535424	1.004176018

112.86	-8.28	0.396974474	0.421546876	0.235835075	0.240292907	1.0618992	1.018902326
112.86	-8.26	0.391754627	0.421246767	0.232285455	0.239124253	1.075282173	1.029441355
112.86	-8.24	0.386356235	0.417445421	0.22862348	0.235821128	1.080467672	1.031482542
112.86	-8.22	0.381286442	0.408860862	0.225147694	0.229968548	1.072319435	1.02141196
112.86	-8.2	0.376497328	0.402481914	0.221786946	0.225615323	1.069016653	1.017261505
112.86	-8.18	0.371267676	0.394288838	0.218134224	0.220786721	1.06200691	1.012159926
112.86	-8.16	0.366737396	0.388271689	0.214625776	0.216895163	1.058718566	1.010573694
112.86	-8.14	0.362579972	0.379165471	0.210656211	0.212100133	1.045743009	1.006854403
112.86	-8.12	0.358638108	0.365628988	0.206803113	0.207158327	1.019492853	1.001717643
112.86	-8.1	0.353941917	0.361670941	0.20278044	0.203122288	1.021836983	1.001685801
112.86	-8.08	0.350263923	0.359458357	0.199130639	0.199524507	1.026250016	1.001977935
112.86	-8.06	0.347381622	0.357729733	0.195653453	0.196116462	1.029788886	1.002366474
112.86	-8.04	0.345157802	0.357307196	0.192206919	0.192788258	1.035199533	1.003024548
112.86	-8.02	0.34305644	0.378335357	0.188379973	0.19197382	1.102837062	1.01907765
112.86	-8	0.342563063	0.373253405	0.184927419	0.187598929	1.089590343	1.014446262
112.86	-7.98	0.343385279	0.37293455	0.181599781	0.18414396	1.086052818	1.014009816
112.86	-7.96	0.34612751	0.365363508	0.178601459	0.179971188	1.05557489	1.007669196
112.86	-7.94	0.350223333	0.374586314	0.175260112	0.177456141	1.06956413	1.012530112
112.88	-8.4	0.428105235	0.439965487	0.259132415	0.259868979	1.027704056	1.002842425
112.88	-8.38	0.4219262	0.436717033	0.254538924	0.255818605	1.035055498	1.005027451
112.88	-8.36	0.416356683	0.427169472	0.250467181	0.251097828	1.025970015	1.002517883
112.88	-8.34	0.411138058	0.420632154	0.246671572	0.247184888	1.023092234	1.002080966
112.88	-8.32	0.405932873	0.416029692	0.242945716	0.243512377	1.024873123	1.002332461
112.88	-8.3	0.400663823	0.414813519	0.239231721	0.240410373	1.035315631	1.004926822
112.88	-8.28	0.395602584	0.411061615	0.235674813	0.237086222	1.039077174	1.005988795

112.88	-8.26	0.390294909	0.414382011	0.231986374	0.235838637	1.06171513	1.016605558
112.88	-8.24	0.385105371	0.414202988	0.228372812	0.234107375	1.075557546	1.025110532
112.88	-8.22	0.379878193	0.404193521	0.224721715	0.228086472	1.064008221	1.014972993
112.88	-8.2	0.375019342	0.398271143	0.22124289	0.224029034	1.062001607	1.012593149
112.88	-8.18	0.370491475	0.388292789	0.217884749	0.219336957	1.048047839	1.006665026
112.88	-8.16	0.365927607	0.374596208	0.214177266	0.214668527	1.023689389	1.002293714
112.88	-8.14	0.362057477	0.367869973	0.210270837	0.210551322	1.01605407	1.00133392
112.88	-8.12	0.357906491	0.364589602	0.206229404	0.206544667	1.018672786	1.001528705
112.88	-8.1	0.353765309	0.368678808	0.202356547	0.203282967	1.042156478	1.004578157
112.88	-8.08	0.350614041	0.36029771	0.198797449	0.199221522	1.027619169	1.002133187
112.88	-8.06	0.347983032	0.359221101	0.195235133	0.195742786	1.032294874	1.002600212
112.88	-8.04	0.346084893	0.358941972	0.191686451	0.192306131	1.037150074	1.003232778
112.88	-8.02	0.345437109	0.365124613	0.18837668	0.189628899	1.056993019	1.006647421
112.88	-8	0.345916331	0.366317153	0.185103521	0.186476499	1.058976175	1.007417353
112.88	-7.98	0.346773654	0.37868008	0.181154922	0.184137598	1.092009371	1.016464781
112.88	-7.96	0.350175172	0.382680058	0.177810445	0.18108879	1.092824646	1.018437302
112.9	-8.4	0.424777657	0.439481348	0.25802514	0.259292513	1.034615029	1.004911822
112.9	-8.38	0.419632018	0.43557781	0.254071116	0.255649805	1.037999465	1.00621357
112.9	-8.36	0.414349735	0.419695616	0.25011608	0.250342876	1.012901857	1.000906762
112.9	-8.34	0.409127593	0.421955615	0.246267289	0.247214869	1.031354576	1.003847769
112.9	-8.32	0.404042214	0.410952657	0.24255237	0.242875472	1.017103271	1.001332091
112.9	-8.3	0.399019539	0.420211732	0.238915756	0.241965786	1.053110665	1.012766129
112.9	-8.28	0.393986613	0.404465318	0.235305667	0.235914007	1.026596602	1.002585318
112.9	-8.26	0.388714641	0.407506019	0.231570616	0.233616561	1.048342346	1.008835077
112.9	-8.24	0.383637518	0.413117677	0.227947652	0.233546913	1.076843786	1.024563799

112.9	-8.22	0.378761977	0.40339148	0.224416032	0.227697983	1.065026336	1.014624405
112.9	-8.2	0.374048322	0.394960165	0.220935047	0.223017037	1.055906794	1.00942354
112.9	-8.18	0.369558752	0.383323014	0.217504993	0.218336388	1.037245126	1.00382242
112.9	-8.16	0.365322173	0.372929424	0.213833272	0.214226454	1.020823405	1.001838732
112.9	-8.14	0.361515701	0.367618501	0.209815428	0.210104585	1.016881149	1.00137815
112.9	-8.12	0.35737589	0.364558429	0.205682889	0.206015006	1.020097994	1.001614704
112.9	-8.1	0.353747815	0.362458169	0.201931611	0.202319339	1.024623063	1.001920097
112.9	-8.08	0.350786656	0.37099123	0.19825241	0.199651584	1.057597898	1.00705754
112.9	-8.06	0.349012166	0.391007602	0.194925651	0.200422257	1.120326567	1.028198476
112.9	-8.04	0.34788388	0.361399412	0.191521123	0.192209318	1.038850699	1.003593312
112.9	-8.02	0.347417265	0.362782091	0.187892735	0.188758865	1.044225855	1.004609705
112.9	-8	0.34853366	0.399448901	0.184499696	0.191391379	1.146084144	1.037353356
112.9	-7.98	0.350813985	0.400154203	0.180797055	0.187271744	1.140644958	1.035811914
112.9	-7.96	0.356084645	0.400651991	0.177828699	0.183501989	1.125159417	1.031903114
112.92	-8.4	0.422711223	0.436783195	0.257600695	0.258765459	1.033289798	1.004521588
112.92	-8.38	0.417613	0.429639608	0.253650308	0.254460782	1.028798452	1.003195242
112.92	-8.36	0.412540346	0.428456992	0.249783859	0.251380712	1.038582034	1.00639294
112.92	-8.34	0.407268584	0.420941114	0.245862573	0.246962354	1.033571287	1.00447315
112.92	-8.32	0.402290434	0.411115527	0.242158309	0.242600262	1.02193712	1.00182506
112.92	-8.3	0.397403955	0.428437501	0.23854652	0.246788517	1.078090682	1.034550897
112.92	-8.28	0.392139167	0.402841181	0.234759361	0.235381171	1.027291367	1.002648715
112.92	-8.26	0.387329727	0.401820093	0.231215224	0.232333228	1.037410932	1.00483534
112.92	-8.24	0.38231805	0.405832112	0.227548957	0.230601102	1.061503929	1.013413137
112.92	-8.22	0.377595842	0.403239012	0.224026293	0.227424502	1.067911685	1.015168799
112.92	-8.2	0.372873336	0.393137515	0.220455572	0.222290561	1.054346011	1.008323621

112.92	-8.18	0.368967205	0.379733264	0.21727635	0.217796877	1.029178905	1.002395693
112.92	-8.14	0.361066312	0.367514044	0.209339306	0.20964101	1.017857474	1.001441219
112.92	-8.12	0.357463211	0.365064472	0.205416828	0.205768302	1.021264457	1.001711027
112.92	-8.1	0.354094625	0.363298565	0.201590046	0.202007845	1.025992884	1.002072517
112.92	-8.08	0.351776212	0.386319339	0.198058173	0.201871008	1.098196312	1.019251084
112.92	-8.06	0.349639297	0.391386479	0.194216847	0.199377909	1.119400717	1.026573708
112.92	-8.04	0.349459618	0.413702875	0.191025004	0.203042641	1.183835996	1.062911332
112.92	-8.02	0.349651366	0.368073314	0.187348127	0.188548729	1.052686618	1.006408399
112.92	-8	0.351610988	0.419687063	0.183883592	0.195833266	1.193611907	1.064984989
112.92	-7.98	0.35616228	0.429906666	0.180962652	0.194634363	1.20705277	1.075549905
112.92	-7.96	0.362016022	0.480370283	0.177874207	0.211884007	1.326931002	1.19120141
112.94	-8.38	0.415886432	0.428891569	0.253296643	0.254287481	1.031270887	1.003911768
112.94	-8.36	0.410770833	0.418114841	0.24937962	0.249705821	1.0178786	1.001308051
112.94	-8.34	0.405813247	0.417182624	0.245601624	0.246331021	1.02801628	1.002969838
112.94	-8.32	0.400428563	0.417442739	0.241630048	0.243416831	1.042489915	1.007394707
112.94	-8	0.356003076	0.429411322	0.18383415	0.197443515	1.206201157	1.074030666
112.94	-7.98	0.36133641	0.44225201	0.180989847	0.196941912	1.223934256	1.088137903
]	-8.34	0.404022992	0.404022992	0.245072082	0.245072082	1	1

