

PEMETAAN BAHAYA GEMPABUMI DETERMINISTIK DENGAN PENDEKATAN PEAK GROUND ACCELERATION (PGA) DI KOTA PADANG

Zaimi Netrisa^{1*)}, Syafriani¹⁾, Rahmat Triyono²⁾ dan Hamdi Arifin²⁾

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Jalan Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang 25131

²⁾Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Padang Panjang

*)zaiminetrisa@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is passed by three plates of the E urasia plate, the Indo-Australin plate and the Pasific plate. Along the west of Sumatera, south of Java, south of Nusa Tenggara, ending in the Banda Sea, the Eurasia plate and Indo-Australian plate, the Eurasia plate and the Pasific plate in the Maluku Sea and ending in the Banda Sea. West Sumatra's mainland section has occurred a significant and damaging earthquake of 6time. The city of Padang is adjacent to the Indo-Australian plate meeting and the Eurasian Plate. DSHA method basically aims to develop an earthquake scenario that is determined by the distance ang magnitude that affect the location. The resulting ground vibration with the predetermined earthquake event parameters is than calculated using the attenuation equation in some cases. DSHA has a basic concept to determine the ground motion parameters by using the maximum earthquake magnitude and distance of earthquake source closest from the point of obsevation. Based on the mapping results on th map of Padang City has the level of prone divided into three categories of danger that is small, medium and large denger and soil conditions are soft, medium and hard. Minor hazard are in BRI, SMO dan ADS. The danger is in Lap.Imam Bonjol, GOV and Kampung Cina and great danger of being in GOR,UNP, APT, SRC, ORG and CMN. The PGA value is proportional to the differene in soil. The greater the value of PGA then the greater the intensity caused by the earthquake. In this study instead,

Keywords: Earthquake, Site Class, DSHA and Hazard

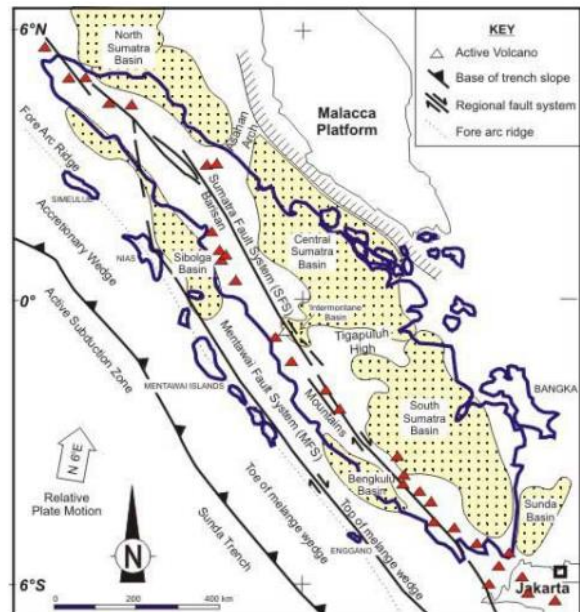
PENDAHULUAN

Indonesia dilalui oleh tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australiaurasia dan lempeng Pasifik. Indonesia terdapat banyak sesar yang masih aktif. Sesar tersebut terletak di dekat zona subduksi atau zona seismik. Zona subduksi bisa dibilang dengan wilayah yang rawan terhadap gempabumi, oleh sebab itu indonesia sering terjadi bencana seperti gempabumi [2].

Pulau Sumatera dibatasi oleh lempeng konvergen antara dua lempeng yang *rigid* adalah lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia, lempeng Indo-Australia bergerak kearah utara-timur laut dan mendorong lempeng Eurasia. Pergerakan relatif dari lempeng-lempeng mengakibatkan terjadinya peningkatan energi disepanjang *interface*. Secara umum, Sumatera terdapat tiga sistem tatanan tektonik yaitu zona Subduksi, *Mentawai Fault System* (MES) dan Sesar Sumatera. Peta tektonik diwilayah Sumatera di perlihatkan pada Gambar 1^[16].

Gempabumi merupakan bergetarnya permu kaan bumi yang disebabkan oleh lapisan batuan yang patah karena ketidak mampuan batuan tersebut menahan dari pergerakan lempeng tektonik. Perle pasan yang menga kibatkan terjadinya defor masi pada lempeng tektonik yang terdapat di kerak bumi^[6]. Teori yang menjelaskan tentang mekanisme

terjadinya gempabumi dikenal sebagai *Elastic Rebound Theory* bahwa gempabumi yang terjadi di daerah deformasi terdapat dua buah gaya yang bekerja berlawanan arah pada batuan kulit bumi. Ke-



Gambar 1. Peta Tektonik Sumatera^[4]

rusakan yang terjadi oleh gempa bumi ditentukan oleh parameter-parameter gempa bumi yang menggunakan metode pendekatan *Peak Ground Acceleration* (PGA) disebut juga dengan nilai percepatan tanah maksimum.

Nilai PGA dapat dihitung berdasarkan magnitudo dan jarak sumber gempa bumi yang terjadi pada titik pengukuran. Percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* merupakan nilai percepatan tanah yang diukur selama gempa bumi. PGA bisa dihitung dari besarnya magnitudo dan kedalaman gempa bumi, dan menggunakan rumus empiris. Nilai percepatan tanah diakibatkan gempa bumi yang akan menunjukkan gaya inersia yang akan bekerja pada massa struktur.

Parameter ini didapatkan dengan pengukuran secara langsung menggunakan alat *Accelerograph* atau rumusan empiris. Rumusan ini digunakan dalam penelitian untuk menentukan nilai PGA di Kota Padang dengan menggunakan rumus atenuasi. Kota Padang berdekatan dengan pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Hal ini dapat memicu terjadinya gempa bumi.

Gempa bumi yang sudah pernah terjadi pada tanggal 30 September 2009 dengan magnitudo 7.6 SR pada pukul 17.16 WIB, yang terjadi di pantai Sumatera dengan kedalaman 50 km barat laut Kota Padang. Saat terjadi gempa bumi banyak memakan korban jiwa, robohnya rumah, rusaknya jalan tol, dan sebagainya. Akibat gempa bumi dapat menimbulkan bahaya bagi masyarakat Kota Padang. Bahaya itu sendiri merupakan suatu kondisi yang bisa mengancam terhadap masyarakat setempat, dimana biasanya disebabkan oleh berbagai macam oleh manusia.

Bahaya gempa bumi terdapat beberapa tingkatan yaitu, tingkat kecil, tingkat sedang dan tingkat besar. Tingkatan bahaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Oleh sebab itu Kota Padang bisa dikatakan Kota yang termasuk rawan terhadap bencana seperti gempa bumi dengan sumber gempa bumi yang merusak.

Sumatera Barat terletak dipantai Sumatera yang berdekatan dengan zona subduksi, yaitu pertemuan lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia. Selain itu Sumatera Barat juga terdapat patahan Sumatera yang masih aktif. Terjadinya gempa bumi diakibatkan oleh adanya pergerakan segmen sesar aktif yaitu sesar Sumpur, sesar Mentawai, sesar Suliti dan sesar Sumani^[11]. Segmen-segmen ini terbentang dari Solok Selatan hingga daerah Rao di Kabupaten Pasaman. Kondisi geologis seperti ini menyebabkan terjadinya gempa bumi di Sumatera Barat.

Berdasarkan katalog Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Sumatera Barat bagian daratan telah terjadi gempa bumi yang signifikan dan merusak sebanyak 6 kali, diantaranya

gempa bumi Singkarak pada tanggal 28 Juni 1926 dengan magnitudo 7.6 SR yang mengakibatkan salah satu bagian Danau Singkarak amblas. Tanggal 09 Juni 1943 dengan magnitudo 7.4 SR dibawah Danau Singkarak dan menghasilkan pergeseran secara horizontal sejauh 1 m. Tanggal 09 Maret 1977 tepatnya berada di Pasaman dengan magnitudo 5.5 SR. Tahun 2004 gempa bumi telah terjadi di segmen Sumani pada tanggal 16 Februari 2004 dengan magnitudo 5.6 SR dan di segmen Sianok terjadi pada tanggal 06 Maret 2007 dengan koordinat 0.48° LS- 100.97° BT dengan magnitudo 6.4 SR^[16].

Gempa bumi yang merusak dapat diprediksi melalui metode *deterministik*. Metode ini memiliki kelebihan yang bisa digunakan untuk memprediksi terjadinya gerakan gempa bumi pada skenario terburuk. Metode ini dilakukan untuk menentukan parameter gerakan atau getaran pada tanah yang terjadi pada lokasi pengamat dengan menggunakan metode atenuasi^[8]. Analisis DSHA dan PSHA saling melengkapi satu sama lain. Hasil DSHA dapat divalidasi dengan PSHA untuk memastikan bahwa kejadian tersebut masih realistis atau mungkin saja terjadi.

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya permukaan bumi yang disebabkan oleh lapisan batuan yang patah karena ketidakmampuan batuan tersebut menahan dan pelepasan energi oleh gelombang seismik secara tiba-tiba dari pergerakan lempeng tektonik. Pelepasan tersebut yang mengakibatkan terjadinya deformasi pada lempeng tektonik yang terdapat di kerak bumi^[6]. Teori yang menjelaskan tentang mekanisme terjadinya gempa bumi dikenal sebagai *Elastic Rebound Theory* bahwa gempa bumi yang terjadi di daerah deformasi terdapat dua buah gaya yang bekerja berlawanan arah pada batuan kulit bumi.

Mekanisme terjadinya gempa bumi dijelaskan pada gambar berikut^[3]: Keadaan I menunjukkan bahwa bentuk perubahan geologi suatu lapisan yang belum terjadi dan terdapat stress. Keadaan II lapisannya mengandung stress dan terjadi perubahan bentuk geologisnya. Keadaan III adanya pergerakan yang tiba-tiba dari lapisan dan mengalami suatu patahan.

Bahaya itu sendiri disebut juga dengan ancaman. Jadi bahaya adalah ancaman yang bisa menyebabkan kerugian bagi masyarakat. Bahaya itu terdapat juga dalam beberapa bagian yaitu bahaya yang disebabkan oleh manusia sendiri dan bahaya yang terdapat dari alam. Bahaya gempa bumi dapat juga diindikasikan dengan tabel kelas menggunakan Skala Intensitas (MMI) dan Nilai Percepatan Tanah (PGA).

Tabel 1. Kelas Indikator Bahaya Gempabumi

No	Kelas Bahaya	Intensitas (MMI)	Nilai Percepatan %	Nilai Percepatan (gal)
1	Kecil	<VI	<0.15	<170
2	Sedang	VI-VII	0.15-0.20	171-256
3	Besar	>VII	>0.20	>257

Sumber: [13]

Kecepatan Gelombang Permukaan (Vs30) berdasarkan nilai empiris antara satu tempat dengan tempat lain, memiliki karakteristik dinamik tanah yang berbeda-beda^[14]. Besar nilai Vs30 tergantung pada parameter jenis tanah^[7]. Kecepatan gelombang permukaan (Vs30) didasarkan untuk penentuan kelas tanah. Analisis kecepatan gelombang geser dapat mengetahui potensi kerusakan apabila gempabumi terjadi, disebabkan karena dampak dari kerusakan gempabumi tidak hanya berdasarkan jarak episen ternya dan besar kekuatan gempabumi tapi juga kondisi lokal daerah setempat. Menggambarkan kondisi lokal daerah setempat merupakan salah satu dari metodenya yaitu pemetaan nilai kecepatan gelombang geser (Vs30)^[17]. Vs30 dapat diestimasikan menggunakan pengukuran mikrotremor, dan juga berdasarkan geologi permukaan dan hasil geomorfologi. Menurut Matsuoka dan Wakamatsu perhitungan nilainya menggunakan nilai empiris yaitu:

$$\log Vs30 = \alpha + b \log Ev + c \log Sp + d \log Dm \pm \sigma$$

dengan Vs30 merupakan kecepatan gelombang geser, Ev merupaka elevasi (ketnggian) dengan satuan (m), Sp merupakan Slope (kemiringan), σ merupakan konduktivitas lereng serta Dm merupakan jarak antara gunung tersier da pre-tercier^[11].

Menurut Vestappen dalam Hidayat^[4] mengatakan bahwa geomorfologi merupakan ilmu yang mempelajari bentuk lahan pembentuk muka bumi, baik didasar laut maupun didaratan, dan menekan pada proses pembentukan serta konteksnya terhadap lingkungan. Vs30 merupakan parameter geoteknik yang berguna untuk menganalisa gelombang seismik. Karakteristik dari batuan juga dibutuhkan untuk menganalisis sifat dari dinamis batuan, sehingga kekakuan batuan yang kuat dapat menggeser tanah diketahui dengan mengukur kecepatan gelombang geser sehingga membentuk kedalaman 30 m.

Tabel 2. Klasifikasi Site Class berdasarkan NEHRP

Jenis Tanah	Deskripsi Umum	Vs30
A	Batuan Keras	>150
B	Batuan	750-1500
C	Tanah Keras, sangat padat dan batuan lunak	350-750
D	Tanah Sedang	175-350
E	Tanah Lunak	<175

Nilai Vs30 bisa digunakan un tuk memperkirakan bahaya gempabumi dan penentuan standar bangunan tahan gempabumi. Hal ini merupakan tahapan dasar yang diperlukan untuk mengurangi resiko dari gempabumi.

Pada skenario terburuk gerakan gempabumi diprediksi dengan menggunakan metode *deterministik*. Metode ini mempertimbangkan probabilitas yang terjadinya gempabumi dan pengaruh berbagai ketidakpastian yang terkait dalam analisisnya^[10]. Metode ini tidak memung kinkan untuk memper hitungkan dari pengaruh faktor-faktor ketidakpastian dalam analisis seperti ukuran, lokasi dan frekuensi kejadian gempabumi^[7]. Analisis DSHA dan PSHA saling meleng kapi satu dengan yang lain. Hasil DSHA dapat diverifikasikan dengan PSHA untuk memastikan bahwa kejadian tersebut masih realistis atau mungkin saja terjadi. Sebaliknya jika hasil analisis PSHA dapat diverifikasikan oleh DSHA untuk memastikan bahwa analisis tersebut rasional^[18].

Pemilihan fungsi atenuasi berdasarkan kesamaan kondisi geologi dan tektonik dari wilayah dimana fungsi atenuasi itu dibuat. Fungsi atenuasi ini dengan model sumber gempabumi *shallow background*.

Fungsi atenuasi berguna untuk memprediksi hubungan empiris untuk parameter gempa yang melemah sejalan dengan bertambahnya jarak. Aplikasi resiko kegempaan dalam perencanaan bangunan tahan gempa disebut dengan alat fungsi atenuasi. Fungsi atenuasi memiliki beberapa faktor diantaranya:

1) *Mekanisme gempa*

Terjadinya pergesean secara tiba-tiba lempeng tektonik yang mengakibatkan terlepasnya energi yang sangat besar biasanya terdapat pada gempa-gempa besar. Pergesean lempeng tektonik terdapat didaerah subduksi atau pada patahan di permukaan bumi seperti patahan yang terjadi di patahan semangko sumatera.

2) *Jarak episenter*

Pada spektrum gempa yang tercatat pada batuan bentuknya pun berbeda-beda tergantung pada jarak episenternya.

3) Kondisi tanah lokal

Kondisi tanah yang lokal pada suatu daerah yang terdapat gelombang gempa biasanya mempunyai peran yang penting dalam menentukan respon pada daerah tersebut.

Fungsi-fungsi atenuasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Boore-Atkinson (2008)

Fungsi ini berlaku untuk sumber gempabumi yang berada di daerah yang dangkal, dengan $M=5-8$, $R_{JB}<200\text{km}$, dengan $V_s=180-1300\text{ m/s}$. Parameter ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\ln Y = F_M(M) + F_D(R_{JB}, M) + F_S(V_{s30}, R_{JB}, M) + \varepsilon\sigma_r$$

dimana :

- M = Momen magnitudo,
- R_{JB} = Jarak terdekat dari patahan,
- F_S = Variabel strike
- F_D = Variabel *dip* s
- ε = Standar deviasi.

2. Youngs (1997)

Fungsi ini digunakan untuk sumber gempabumi yang didaerah dangkal. Fungsi ini bisa digunakan untuk memprediksi atenuasi dengan magnitudo gempa ≥ 5.0 dan jarak lokasi ke sumber yang diproyeksikan pada permukaan 10-500km, dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\ln(y) = 0.2418 + 1.414M_w - 2.552 \ln[r_{rup} + 1.7818e^{0.554M_w}] + 0.00607H + 0.3643Z_{ss} + 0.3846Zt$$

dimana :

- Y = Spectra acceleration (g)
- M_w = Momen magnitudo
- r_{rup} = Jarak terdekat (km)
- H = Kedalaman (km)
- Zt = Tipe sumber gempa 90 untuk interface, dan 1 untuk intraslab)
- Zss = Kedalaman kebatuan dasar (kecepatan dalam 30 m dari permukaan) (Irsyam, 2000).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian yang deskriptif dengan menggunakan data sekunder berupa data gempabumi dan Vs30 yang di dapatkan dari BMKG Padang Panjang. Pengolahan data pada penelitian ini melakukan beberapa tahap sebagai berikut.

Tahap pertama penentuan titik-titik persebaran di Kota Padang. Penelitian ini menggunakan titik koordinat dari Kota Padang $0^{\circ}57'00''\text{LU}$ $100^{\circ}21'11''\text{BT}$ / 0.95°LS $100.35306^{\circ}\text{BT}$, dengan menggunakan software ArcGis 10.22. Titik

penyebaran berbentuk bulat. Titik penyebaran pengukuran ini diseleksi pada daerah darat yaitu di Kota Padang.

Tahap kedua menghitung besar nilai PGA. Untuk menghitung besar nilai PGA menggunakan fungsi atenuasi. Perhitungan fungsi atenuasi soil berdasarkan batuan dasar dengan Vs30 pada kondisi soil menggunakan software software ArcGis 10.22, dan akhirnya akan diperoleh nilai PGA soil.

Tahap ketiga menentukan *Elevasi* dan *Slope*. Titik pengukuran untuk menentukan *elevasi* dan *slope* diperoleh menggunakan peta Sumatera Barat khususnya daerah Mentawai. Hasilnya akan berbentuk sebuah kontur didalam peta. Data yang digunakan untuk menentukan *slope* dan *elevasi* menggunakan data gempabumi di Mentawai.

Tahap selanjutnya membuat peta rawan gempabumi. Untuk membuat peta rawan gempabumi di Kota Padang menggunakan data gempabumi gempabumi tahun 2008-2016 dengan software ArcGis 10.22.

HASIL DAN PEMBAHASAN

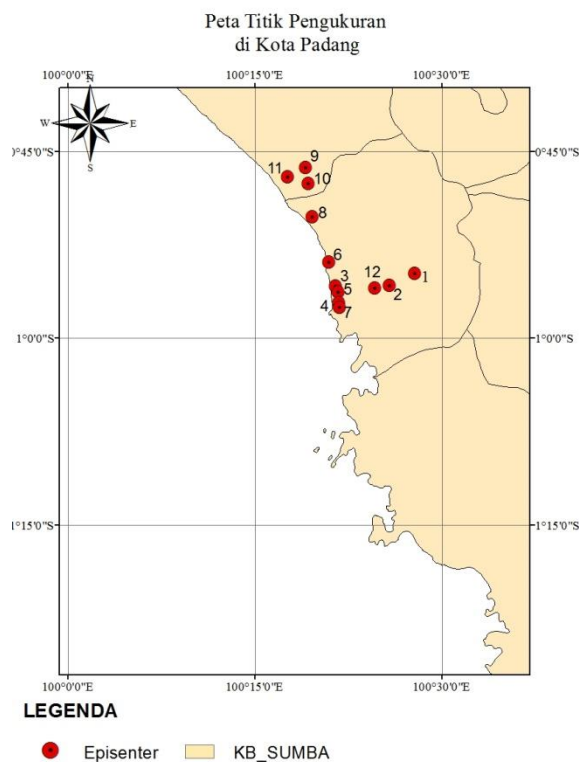
Penelitian ini menggunakan data kecepatan gelombang geser (Vs30) MASW Padang 2 dan data gempabumi tahun 2008-2016 yang didapatkan dari BMKG Padang Panjang. Data ini terdapat di Kota Padang dengan koordinat $0^{\circ}57'0''\text{LU}$ $100^{\circ}21'11''\text{BT}$ / 0.95°LS $100.35306^{\circ}\text{BT}$.

Tingkat bahaya gempabumi di Kota Padang dapat dilihat dari segi besarnya guncangan gempabumi, dimana tingkatan gempabumi ada yang merusak berat, sedang dan kecil. Daerah yang terdapat *hazard seismik* paling besar terdapat di ORG, SRC, APT, CMN dan UNP dengan ketetapan intensitas (MMI) >VII dengan nilai PGA >257 berada pada warna merah. Bahaya sedang terdapat pada di Kampung Cina, GOV, dan Lap.Imam Bonjol dengan ketetapan intensitas (MMI) VI-VII dengan nilai PGA 171-256. Dan pada bahaya kecil terdapat pada daerah ADS, SMO dan BRI dengan ketetapan intensitas (MMI) <VI dengan nilai PGA <170 gal. Tingkatan bahaya gempabumi juga berhubungan dengan keadaan tanah, yaitu sebanding semakin besar nilai PGA pada gempabumi maka semakin keras pula keadaan tanahnya. Berdasarkan nilai PGA yang didapatkan menggunakan rumusan atenuasi nilainya ada yang tidak sesuai dengan ketetapan indikator bahayanya. Bahaya sedang mempunyai ketetapan nilai 171-256 gal, sedangkan pada nilai PGA yang didapat bahaya sedang tidak sesuai dengan ketetapan tersebut, tetapi dilihat dari kategori keadaan tanahnya untuk menentukan bahayanya.

Kelas tanah memiliki nilai yang berdeda-beda, tergantung pada keadaan tanahnya. Untuk

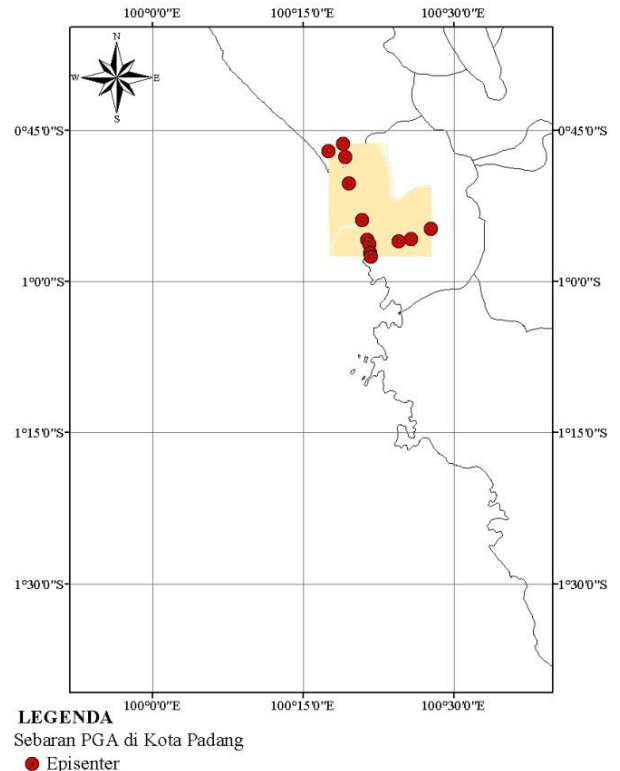
menentukan tipe tanah dapat dilihat dari *Site Class*. Dimana pada *Site Class* yang C terdapat *Hard Soil* mempunyai nilai Vs_{30} 350-750 m/s, *Site Class* D terdapat *Medium Soil* dengan nilai Vs_{30} 175-350, sedangkan pada *Site Class* E terdapat *Soft Soil* dengan nilai <175 . *Site Class* di Kota Padang terdapat beberapa keadaan yaitu keadaan tanah keras, sedang dan lunak. Tanah keras terdapat di BRI, SMO, dan ADS. Tanah sedang terdapat Lap.Imam Bonjol, Kampung Cina, DAN GOV, karena berada di pertengahan Kota. Sedangkan pada tanah lunak terdapat pada SRC, ORG, APT, UNP, CMN dan GOR karena berda didekat pinggir pantai. Menurut Susianto dan Ngadmanto^[17] bahwa analisis kecepatan gelombang geser dapat mengetahui potensi kerusakan apabila terjadi gempa bumi.

Hasil pemetaan bahaya gempa bumi deterministik dengan pendekatan *peak ground acceleration* (PGA) DI Kota Padang terdapat beberapa yaitu seperti yang terlihat pada gambar-gambar berikut.



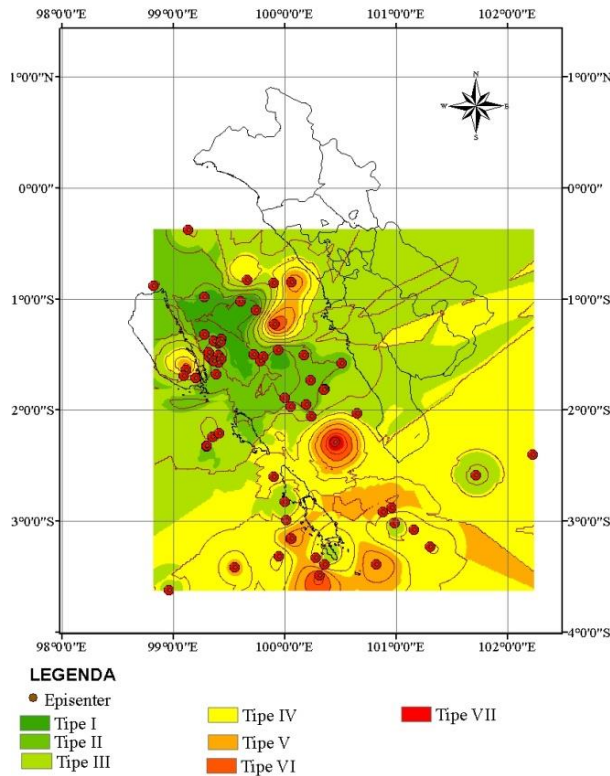
Gambar 2. Hasil Titi Pengukuran Kota Padang

Berdasarkan Gambar 2 terdapat 12 titik pengukuran di Kota Padang, yaitu APS, GOR, UNP, ADS, SMO, ORG, Lap.Imam Bonjol, Kampung Cina, SRC, CMN, GOV, dan BRI. Gambar diatas menggunakan data Vs_{30} yang didapatkan dari *Accelerograph* MASW Padang 2 dengan memasukan nilai PGA di Kota Padang. merupakan gempa bumi yang ditimbulkan akibat terjadinya sesar Sumatera dengan kedalaman 30 m.



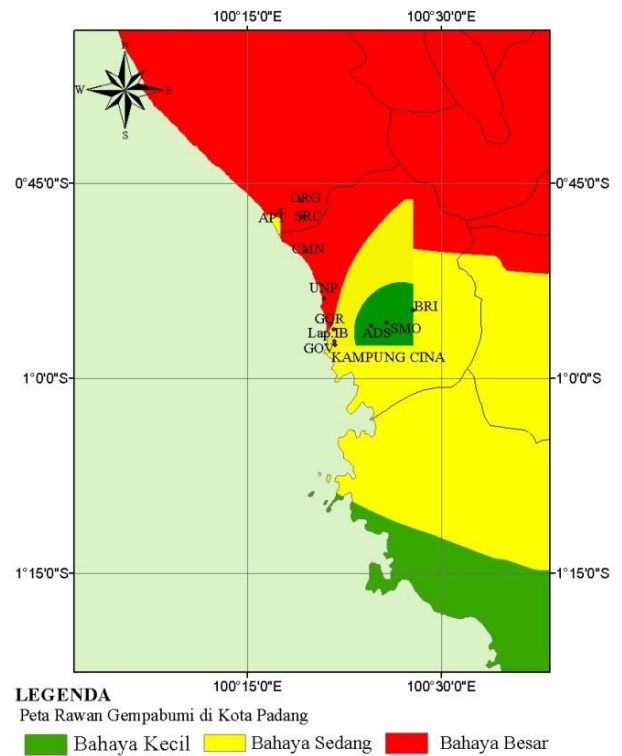
Gambar 3. Hasil Persebaran PGA Kota Padang

Berdasarkan Gambar 3 juga menggunakan data Vs_{30} . Gambar ter sebut mempu nyai hasil sebaran yang berbentuk kontur. Hasil dari peta kontur terdapat satu anomali, karena data yang digunakan terbatas yaitu hanya 12 data yang berada di Kota Padang.



Gambar 4. Hasil Slope dan Elevasi di Kota Padang

Berdasarkan Gambar 4 data yang digunakan yaitu data gempa bumi di Mentawai, karena Mentawai berada di dekat Kota Padang. Pusat gempa bumi yang berada di Mentawai yaitu Siberut, Pagai dan Sipora. Peta kontur yang dipakai untuk menentukan ketinggian dan kemiringan lereng. *Slope* dan *Elevasi* tidak terdapat di Kota Padang. Gambar tersebut menggunakan koordinat Mentawai 0°55'00"-3°21'00"LS dan 98°35'00"-100°32'00"BT dengan magnitudo 4 hingga >5 SR untuk mencari dimana letaknya *Slope* dan *elevasi*. Selanjutnya dapat dilihat berdasarkan tipe dari ketinggian dan kemiringan lereng. Kemiringan lereng lebih kecil dibandingkan dengan material hasil pelapukan yang diendapkan, dan material sedimen di lereng akan jauh lebih tipis dibandingkan dengan endapan sedimen dalam satu cekungan (athanasius dan solikhin, 2015).



Gambar 5. Hasil Seismik Hazard di Kota Padang

Berdasarkan Gambar 5 menggunakan semua data gempa bumi pada tahun 2008-2016 dengan magnitudo >5 yang terdapat di Kota Padang dan sekitarnya. Hasil pemetaan pada gambar daerah yang rawan terhadap gempa bumi ditentukan dengan keadaan tanah. Kota Padang terdapat beberapa tingkat bahaya gempa bumi yaitu bahaya besar, kecil dan sedang. Bahaya kecil terdapat pada pinggir pantai yang memiliki intensitas (MMI) <VI.

Daerah yang berada di bahaya besar biasanya memiliki keadaan tanah lunak yang terdapat di GOR, UNP, APT, SRC, ORG dan CMN. Bahaya sedang terdapat di Lap. Imam Bonjol, GOV, dan Kampung Cina dengan intensitas (MMI) VI-VII. Sedangkan bahaya besar terdapat di BRI, SMO dan ADS, dengan intensitas (MMI) >VII. Daerah yang rawan juga bisa dilihat dengan warna yang dimiliki oleh peta di atas. Warna merah menunjukkan bahaya besar, warna kuning menunjukkan bahaya sedang, sedangkan bahaya kecil ditunjukkan oleh warna hijau.

Daerah yang dibangun pada tanah yang keras biasanya terdapat bangunan yang kokoh atau tahan terhadap gempa. Tanah keras yang bergetar diakibatkan oleh gempa bumi, getarannya itu cenderung memiliki frekuensi yang cukup tinggi. Getaran itu akan mempunyai panjang gelombang yang relatif pendek. Daerah yang mempunyai tanah lunak biasanya tidak tahan terhadap gempa bumi,

karena didalam tanah tersebut terdapat pasir yang halus, berlumpur dan longgar yang tidak bisa menahan bangunan terlalu lama.

Gambar 5 diatas di Kota Padang terdapat tiga bahaya dan keadaan tanah. Jadi nilai PGA sebanding dengan keadaan tanah. Semakin besar nilai PGA maka akan semakin besar pula intensitas yang disebabkan oleh gempa bumi. tanah yang keadaannya lunak menyebabkan bangunan tidak bisa bertahan lama yang disebabkan oleh hal yang telah disampaikan.

KESIMPULAN

Hasil analisis dari data Vs30 dan data gempa bumi tahun 2008-2016 dengan mencari nilai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan rumusan atenuasi di Kota Padang, maka di peroleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan tingkat bahaya di Kota Padang dengan koordinat $0^{\circ}57'0''\text{LU } 100^{\circ}21'11''\text{BT} / 0,95^{\circ}\text{LS } 100,35306^{\circ}\text{BT}$. Daerah yang rawan terhadap gempa bumi yang merusak berat di terdapat di GOR, UNP, CMN, SRC, ORG dan APT yang berada pada warna merah. Warna hijau tingkat bahayanya kecil yang berada di BRI, ADS, dan SMO. Ketika tingkat bahaya gempa bumi tergantung pada keadaan tanahnya.
2. Berdasarkan *Site Class* terdapat beberapa keadaan tanah, yaitu: tanah keras berada di BRI, SMO, dan ADS yang terletak di bagian perbukitan Kota yang terdapat perbukitan. Sedangkan pada tanah sedang berada di Lap. Imam Bonjol, Kampung Cina dan GOV, karena berada jauh dari tepi pantai. Keadaan tanah lunak terdapat di SRC, ORG, APT, UNP, dan GOR, karena berada di dekat pinggir atau tepi pantai. Nilai PGA yang di dapat secara manual ada yang tidak sama dengan ketetapan nilainya.
3. Berdasarkan hasil pemetaan di Kota Padang memiliki tingkat rawan yang terbagi atas tiga keadaan tanah yaitu lunak, sedang dan keras. Bahaya kecil berada di BRI, SMO dan ADS. Bahaya sedang berada di Lap. Imam Bonjol, GOV, dan Kampung Cina, serta bahaya besar berada di GOR, UNP, APT, SRC, ORG dan CMN. Nilai PGA sebanding dengan keadaan tanah. Semakin besar nilai PGA maka akan semakin besar pula intensitas yang disebabkan oleh gempa bumi. Pada penelitian ini malah sebaliknya.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan penggunaan rumus atenuasi

asi dalam menghitung nilai percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* di Kota Padang.

2. Perlu dilakukan penelitian tentang rumus atenuasi yang sesuai dengan kondisi tektonik di Kota Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Athanasius, C., dan Solikhin, A. 2015. *Pendugaan Kecepatan Gelombang Permukaan (VS30) di Pulau Sulawesi Berdasarkan Klasifikasi Geomorfologi dan Aplikasinya*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung
- [2]. Bock, Y, et al 2003. *Crustal Motion In Indonesia From Global Positioning System Measurements*, Journal of Geophysical Research, 108.
- [3]. Bullen, K.E., (1963). *An Introduction to the Theory of Seismology*, 3rd Cambridge: University Press Cambridge.
- [4]. Darman, H., dan Sidi, F.H., 2000. *An outline of the Geology of Indonesia*. Jakarta: IAGI.
- [5]. Hidayat, S., 2014, *Analisis Zona Bahaya Gempabumi Dengan Pendekatan Probabilitas Peak Ground Acceleration (PGA) dan Geomorfologi Kabupaten Baantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Skripsi.
- [6]. Hartuti, E.R. 2009. *Buku Pintar Gempa*. Yogyakarta: DIVA Press.
- [7]. Hartantyo, E., dan Brotopospito, K.S., 2012, *Estimasi Nilai PGA, PGV dan PGD Area Jogjakarta, Studi Kasus Gempa Jogja 2006, SemNasUM Solo*.
- [8]. Irsyam Mansyur., Agus Himawan., 2000, *Analisis Seismisitas untuk Semenanjung Muria., Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, Vol.2, No. 1 Juni 2000:73-92*
- [9]. Irsyam, M., Sengara, W., Aldiamar, F., Widiatoro, S., Triyoso, W., Hilman, D., Kertapati, E., Meilano, I., Suhardjono, Asrusifak, dan Ridwan, M., 2010, *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempabumi Indonesia 2010*, Kementerian Pekerjaan Umum.
- [10]. Kramer, S.L., 1996, *Geotechnical Earthquake Engineering*, New Jersey, Prentice Hall.
- [12]. Matsuoka, M., Wakamatsu, K., dan Midorikawa, S., 2006, *Average Share-Wave Velocity Mapping Using Japan Engineering Geomorphologic Classification Map, Structural Eng/Earthquake Eng., JSCE, Vol 23 No 1:57s-68s*.
- [13]. Sieh, K., and Natawidjaja, D.H., 2000. *Neotectonics of the Sumatera faults, Indonesia. Jurnal of Geophysical Research, 105, B12, pp. 28,295-28,326*.
- [14]. Oktariadi, Oki. 2009. *Penentuan Peringkat Bahaya Tsunami dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus: Wilayah*

- Pesisir Kabupaten Sukabumi). *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol.4 No. 2 Juni 2009: 103-116. Bandung: Jurnal Geologi Indonesia.
- [15]. Refrizon, Hadi, A.I, Lestari, K., dan Oktari, T., 2013, *Analisis Percepatan Gerakan Tanah Maksimum dan Tingkat Kerentanan Seismik Daerah Ratu Agung Bengkulu*, Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- [16]. Susilanto, P., dan Ngadmanto, D., 2015, *Analisis Kecepatan Gelombang Geser (Vs) di Cilacap, Jawa Tengah sebagai Upaya Mitigasi Gempabumi*, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika (JMG)* vol 16 No 1 : 57-64.
- [16]. Sieh, K., and Natawidjaja, D.H., 2000. *Neotectonics of the Sumatera faults, Indonesia. Journal of Geophysical Research*, 105, B12, pp. 28,295-28,326.
- [17]. Susilanto, P., dan Ngadmanto, D., 2015, *Analisis Kecepatan Gelombang Geser (Vs) di Cilacap, Jawa Tengah sebagai Upaya Mitigasi Gempabumi*, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika (JMG)* vol 16 No 1 : 57-64.
- [18]. Tim Revisi Studi Peta Gempa Indonesia, 2010, *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, 2010*, Bandung, 2010.
- [19]. Triyono, Rahmat. *Ancaman Gempabumi Di Sumatera Tidak Hanya Bersumber Dari Mentawai Megathrust*. Artikel Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang. Diakses tanggal 4 September 2017.