



ESTIMASI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN INTENSITAS GEMPA DI KOTA PADANG BERDASARKAN SKENARIO GEMPABUMI DI MEGATHRUST MENTAWAI MENGGUNAKAN METODE *DETERMINISTIK*

Mahesa Ragil Syofyan¹, Helfia Edial²

Program Studi Geografi,
Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang
Email: agilsyofyan@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui 1). persebaran nilai percepatan tanah maksimum (PGA), dan 2). persebaran nilai intensitas gempa (MMI) di Kota Padang berdasarkan skenario gempabumi di *megathrust* Mentawai pada zona subduksi. Adapun metode yang digunakan ialah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Sehingga didapatkan hasil berupa persebaran nilai PGA dengan rentang antara 0,25 g – 0,72 g. Nilai percepatan tanah maksimum tertinggi dengan rentang 0,46-0,72 g mencakup Kecamatan Nanggalo, Kuranji, Padang Utara Padang Timur, Padang Barat, dan Padang Selatan, sedangkan nilai percepatan tanah maksimum terendah dengan rentang 0,25-0,26 g mencakup kecamatan Lubuk Kilangan dan Kecamatan Pauh. Persebaran nilai intensitas gempa (MMI) di Kota Padang akibat gempabumi pada zona subduksi Mentawai dengan kedalaman 10 km dan kekuatan gempa 8,9 Mw memiliki nilai 7 MMI dan 8 MMI.

Kata Kunci : Percepatan Tanah Maksimum (PGA), Intensitas Gempa (MMI), *Megathrust* Mentawai, Zona Subduksi.

Abstract

This research aims to 1). the distribution of peak ground acceleration (PGA) values, and 2). the distribution of earthquake intensity values (MMI) in Padang City based on the earthquake scenario in the Mentawai *megathrust* at the subduction zone. The method used is descriptive with a quantitative approach. So that the results obtained in the form of spreading PGA values with a range between 0.25 g - 0.72 g. The highest peak ground acceleration (PGA) values ranged from 0.46-0.72 g including Nanggalo, Kuranji, Padang Utara Padang Timur Sub-Districts, Padang Barat, and Padang Selatan, while the lowest peak ground acceleration (PGA) range from 0.25-0.26 g includes Lubuk Kilangan sub-district and Pauh sub-district The distribution of earthquake intensity values (MMI) in Padang City due to earthquakes in the Mentawai subduction zone with a depth of 10 km and earthquake strength of 8.9 Mw has a value of 7 MMI and 8 MMI.

Keywords: Peak Ground Acceleration (PGA), Earthquake Intensity (MMI), *Megathrust* Mentawai, Subduction Zone.

¹Mahasiswa Program Studi Geografi

²Dosen Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara rawan gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh adanya pertemuan 3 lempeng aktif, yaitu dari Lempeng Eurasia yang bergerak relatif ke arah tenggara dengan kecepatan kurang lebih 0,4 cm/tahun, Lempeng Indo–Australia yang bergerak relatif ke arah utara dengan kecepatan kurang lebih 7 cm/ tahun dan Lempeng Pasifik yang bergerak relatif ke arah barat dengan kecepatan kurang lebih 11 cm/tahun (Minster dan Jordan, 1978). (Minster dan Jordan, 1978); Husrin *et al* (2013). menjelaskan bahwa di kawasan Barat Indonesia interaksi berlangsung antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia yang membentang di sebelah barat Pulau Sumatera menerus ke selatan Pulau Jawa hingga Nusa Tenggara salah satunya wilayah yang terkena akibat interaksi lempeng tersebut adalah Sumatera Barat.

Sumatera Barat secara tektonik merupakan daerah rawan gempa bumi karena berada di pertemuan lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah Lempeng Eurasia yang membentuk jalur gempa bumi. Kawasan gempa bumi di Sumatera Barat berada pada daerah subduksi, Sesar Mentawai dan Sesar Sumatera (Novita, 2008). Hemon (2016).

Sejarah mencatat semenjak tahun 1822, Provinsi Sumatera Barat sudah mengalami gempa bumi. Hal ini terjadi karena Sumatera Barat berada dekat dengan lempeng aktif (Penunjaman Lempeng Samudera Hindia). Kota Padang pernah mengalami 19 kali gempa bumi dengan besar guncangan V hingga IX skala MMI (Peta Sumber

Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017); Husrin *et al* (2013).

Setiap kejadian gempa bumi yang terjadi memiliki satu nilai percepatan tanah pada wilayah tersebut. Percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah nilai percepatan tanah terbesar di suatu tempat yang diakibatkan oleh getaran gempa bumi dalam periode waktu tertentu (Hadi, 2012).

Bencana gempa bumi dapat di minimalisir dengan upaya mitigasi secara dini dan optimal, salah satu upaya mitigasi yang perlu dilakukan adalah dengan membuat peta dampak gempa yang bermanfaat dalam menggambarkan efek gempa pada suatu lokasi yang akan membantu dalam rangka antisipasi dan minimalisasi korban jiwa maupun kerugian materi. (Sieh dan Natawidjaja, 2000); Husrin *dkk* (2015).

Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu sifat, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat, serta hubungan antar fenomena yang diselidiki yang berupa persebaran nilai percepatan tanah maksimum (PGA) dan nilai intensitas gempa (MMI) di Kota Padang.

METODE PENELITIAN

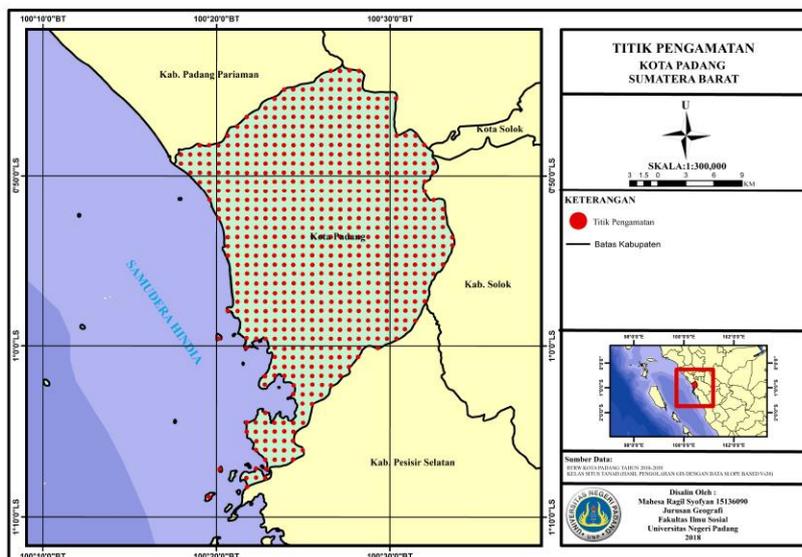
Jenis Penelitian

Berdasarkan latar belakang, permasalahan dan tujuan penelitian metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif. Menurut Moh. Nazir (2013), metode deskriptif adalah suatu metode dalam meneliti status kelompok manusia, suatu objek, suatu set kondisi, suatu sistem pe-

mikiran, ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang.; Juitu *et al* (2018).

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. Waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan dalam jangka waktu 3 bulan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Variabel Penelitian

Tabel 1. Variabel Penelitian

No	Variabel	Indikator	Sumber Data
1	Parameter Gempabumi	a. Lokasi gempabumi b. Kedalaman gempabumi c. Kekuatan gempabumi d. Jarak	Sekunder
2	Kelas Situs Tanah	a. Batuan b. Batuan Keras c. Tanah keras d. Tanah Sedang e. Tanah Lunak	<i>Slope Based</i> VS ₃₀ USGS

Sumber: Pengolahan Data Sekunder

Teknik Pengumpulan Data

Parameter gempabumi yang digunakan dalam penelitian ini adalah posisi episenter, magnitudo, kedalaman hiposenter, dan jarak hiposenter. Episenter gempabumi ditentukan dengan melihat Peta Sumber Gempa Indonesia Tahun

2017 (Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017).

Kecepatan gelombang geser (VS₃₀) ditentukan dengan mengambil data USGS yaitu VS₃₀ di daerah Kota Padang yang berasal dari *Earthquake USGS*.

Teknik Pengolahan Data

Metode penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain sebagai berikut:

- a. Menentukan skenario gempabumi di zona subduksi *Megathrust* Mentawai dari Peta Sumber Gempa Indonesia Tahun 2017 (Peta

Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017).

- b. Menentukan klasifikasi kelas situs tanah di Kota Padang menurut SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. (Tabel 2)

Tabel 2. Klasifikasi Kelas Situs Tanah berdasarkan SNI 1726:2012

Kelas Situs Tanah	Deskripsi Umum	V_{s30} (m/s)
A	Batuan keras	>1500
B	Batuan	750 – 1500
C	Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak	350 – 750
D	Tanah Sedang	175 – 350
E	Tanah Lunak	<175

Sumber: SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung

- c. Menentukan titik pengamatan gempabumi menggunakan *point base* pada ArcGIS dengan interval jarak 1 km antar titik di seluruh Kota Padang, dengan alasan untuk mewakili kelas situs tanah. Pengukuran akan berbentuk persegi sesuai dengan koordinat daerah penelitian, selanjutnya kita akan menyeleksi titik pengukuran yang berada diluar batas Kota Padang dan di laut (Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017);
- d. Menentukan masing-masing jarak titik pengamatan ke titik lokasi gempabumi
- e. Setelah mendapatkan data V_{s30} dan telah menentukan titik acuannya, maka selanjutnya menghitung fungsi atenuasi karena metode *Deterministik*

yang identik dengan fungsi atenuasi ini dimana hubungan empiris untuk parameter gempa yang melemah sejalan dengan bertambahnya jarak, seperti percepatan puncak dan kecepatan puncak. Ada 3 rumusan yang digunakan pada fungsi atenuasi dengan sumber gempa *Megathrust* yaitu:

1) BCHYDRO (2016)

Fungsi BCHYDRO yang dibuat oleh seorang ilmuwan bernama Abrahamson pada tahun 2016. Fungsi ini menjelaskan, bahwa faktor jarak sangatlah berpengaruh terhadap dampak gempa yang di timbulkan, sehingga faktor dari V_{s30} tidak terlalu terlihat pada hasilnya, terlihat pada persamaan dibawah:

$$\ln (S_{a_{\text{Interface}}}) = \Theta_1 + \Theta_4 C_1 + (\Theta_2 + \Theta_3(M - 7.8)) \ln (R_{\text{rup}} + C_4 \exp (\Theta_9(M6))) + \Theta_6 R_{\text{rup}} + f_{\text{mag}}(M) + F_{\text{ABA}}(R_{\text{rup}}) + f_{\text{site}}(\text{PGA1100}, \text{VS30})$$

Dengan:

Sa : *spectral acceleration* (g)

M : *Moment magnitude*

Z_h : kedalaman *hypocentral* (Km)

2) Boore – Atkinson (2003)

Fungsi Atkinson – Boore faktor jarak di kalikan dengan delta/perubahan jarak sehingga jarak yang didapat tidak sesuai dengan dengan jarak asli antara sumber gempa dengan titik acuan. Namun, setelah didapatkan nilai jarak hasil perkalian delta, nilai ini dimasukkan ke ru-

musan Atkinson-Boore dan dikalikan dengan log, sehingga fungsi jarak pada rumusan ini sangat besar dan sangat berpengaruh. Berbeda dengan rumusan sebelumnya nilai Vs₃₀ dikelompokkan berdasarkan kekerasan tanah, terlihat pada persamaan dibawah:

$$\text{Log } Y = C_1 + C_2 M + C_3 h + C_4 R - \text{glog } R + C_5 \text{sl } S_C + C_6 \text{sl } S_D + C_7 \text{sl } S_E$$

Dengan:

$$R = \sqrt{D_{\text{fault}}^2 + \Delta^2}$$

$$\Delta = 0.00724x10^{0.507M}$$

$$\text{sl} = 1 \text{ for } \text{PGA}_{rx} \leq 100 \text{ cm/s dan } f \leq 1\text{Hz}$$

$$g = 10^{1.2-0.18M}$$

Keterangan:

M = Momen magnitudo

D_{fault} = Jarak terdekat subduksi *me-gathrust* ke site

h = Kedalaman subduksi dengan be-beberapa *site class* untuk mengetahui variabel S_C, S_D dan S_E, adalah sebagai berikut:

- Class A: V_{S30} > 760m/s (S_C=0, S_D=0, dan S_E=0)
- Class B: 360m/s < V_{S30} ≤ 760m/s (S_C=1, S_D=0 dan S_E=0)
- Class C: 180m/s ≤ V_{S30} ≤ 360m/s (S_C=0, S_D=1 dan S_E=0)
- Class D: V_{S30} < 180m/s (S_C=0, S_D=0 dan S_E=1)

3) Zhao et al (2006)

Fungsi Zhao et al faktor ketidakpastian jarak dan Vs₃₀ sangat diperhitungkan. Untuk faktor jarak pada persamaan ini memakai jarak titik acuan terhadap sumber gempa dengan koefisien regresi e. Sehingga jarak yang digunakan

pada persamaan ini memiliki keakuratan yang besar. Ada pembagian kelas situs tanah apabila jenis tanah pada daerah tersebut rock, hardsoil, mediumsoil, dan softsoil, terlihat pada persamaan dibawah:

$$\text{Log } (g) = a M_w + bx - \log e(r) + e(h-hc)\delta_h + F_R + S_I + S_S + S_{SL} \text{Log } e(x) + C$$

Dengan:

$$r = x + e^{dM_w}$$

Keterangan:

M_W = Momen magnitudo

x = Jarak terdekat subduksi ke *site*

h = Kedalaman subduksi Variabel C_K digunakan berdasarkan nilai V_{S30} pada daerah tersebut, seperti dibawah ini:

Rock = $600 \text{ m/s} < V_{S30} < 1100 \text{ m/s}$ (C_1)

Hardsoil = $300 \text{ m/s} < V_{S30} \leq 600 \text{ m/s}$ (C_2)

Mediumsoil = $200 \text{ m/s} < V_{S30} \leq 300 \text{ m/s}$ (C_3)

Softsoil = $V_{S30} \leq 200 \text{ m/s}$ (C_4) Jika $V_{S30} \geq 1100 \text{ m/s}$ gunakan C_H untuk variabel C_k nya

f. Setelah mendapatkan nilai pada masing-masing rumusan, maka dilakukan pembobotan terhadap masing-masing rumusan tersebut untuk mendapatkan nilai akhir pada masing-masing titik pengamatan.

(MMI), untuk menunjukkan skala intensitas dengan menggunakan rumusan empiris Murphy & O'Brien pada persamaan:

$$\text{MMI} = 2,86 \log (\text{PGA}) + 1,24$$

MMI adalah skala intensitas dan PGA adalah percepatan tanah maksimum (gal). (Tabel 4)

g. Mengonversi nilai percepatan tanah maksimum (PGA) ke skala *Modified Mercalli Intensity* untuk mendapatkan nilai intensitas gempa

Tabel 4. Pengelompokan nilai intensitas gempa berdasarkan tingkat kerusakannya

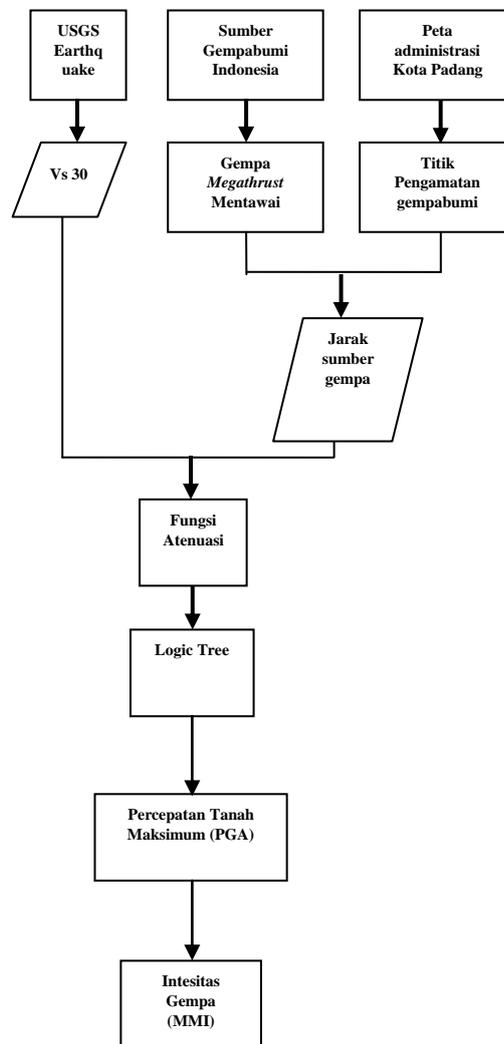
Intensitas (MMI)	PGA (G)	Perceived Shaking	Potential Damage
I	<0.0017	Not felt	None
II-III	0.0017-0.014	Weak	None
IV	0.014-0.039	Light	None
V	0.039-0.092	Moderate	Very light
VI	0.092-0.18	Strong	Light
VII	0.18-0.34	Very strong	Moderate
VIII	0.34-0.65	Severe	Moderate to heavy
IX	0.65-1.24	Violent	Heavy
X+	>1.24	Extreame	Very heavy

Sumber: Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017

Teknik Analisis Data

Tabel 5. Teknik analisis data dalam penelitian.

No	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil
1	Mengetahui persebaran nilai percepatan tanah maksimum di Kota Padang	Metode BCHY-DRO, Boore Atkinson, Zhao et al dan Metode GIS Interpolasi	Peta percepatan tanah maksimum
2	Mengetahui persebaran nilai intensitas gempa di Kota Padang	Metode empiris Murphy & O'Brien dan Metode GIS Interpolasi	Peta intensitas gempa



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

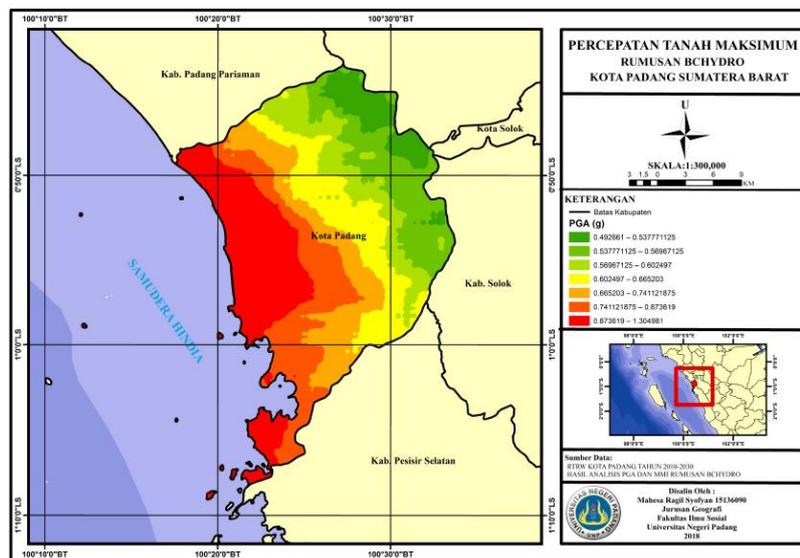
Hasil

Percepatan Tanah Maksimum

1) BCHYDRO (2016)

Berdasarkan perhitungan rumusan BCHYDRO didapatkan nilai percepatan tanah maksimum pada zona subduksi Mentawai dengan kedalaman 10 km dan kekuatan gempa 8,9 MW di Kota Padang, akibat sumber gempa ini nilai percepatan tanah maksimum terbesar adalah 1,3 g yang mencakup daerah

perisiran barat Kota Padang hal ini disebabkan oleh lokasi sumber gempa bumi berada sekitar ± 150 km dari zona yang memiliki nilai percepatan tanah maksimum terbesar, sedangkan untuk nilai percepatan tanah maksimum terkecil adalah 0,18 g yang mencakup daerah timur Kota Padang hal ini disebabkan oleh lokasi sumber gempa bumi berada sekitar ± 169 km dari zona yang memiliki percepatan tanah maksimum terkecil. (Gambar 3)

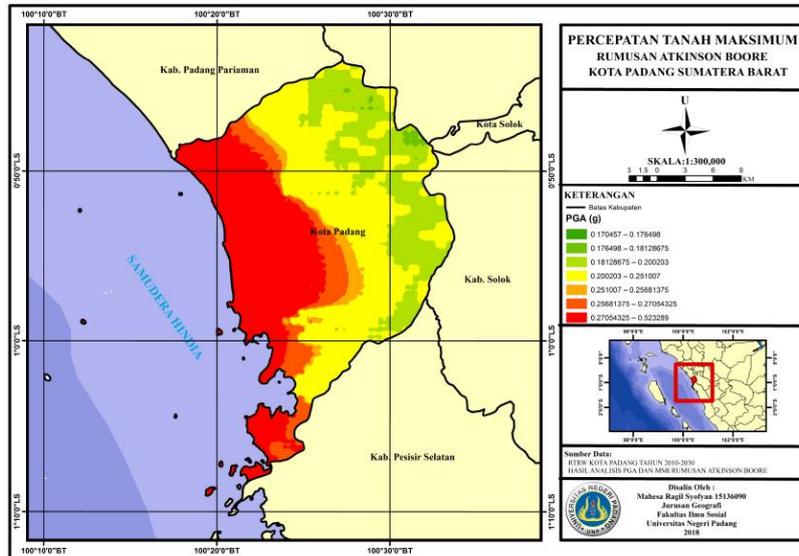


Gambar 3. Peta Percepatan Tanah Maksimum Menurut Rumusan BCHYDRO

2) Atkinson Boore (2003)

Hasil yang didapatkan dari perhitungan rumusan Atkinson Boore pada zona gempa bumi subduksi Mentawai menunjukkan bahwa nilai yang didapat untuk percepatan tanah maksimum di Kota Padang yang terbesar adalah 0,52 g, hal ini disebabkan karena nilai kelas situs tanah pada daerah ini sebesar $180 \text{ m/s} < V_{s30} < 360 \text{ m/s}$ sehingga berda-

sarkan klasifikasi kelas situs tanah yang ditentukan oleh Douglas zona ini termasuk dalam Class C, sedang nilai percepatan tanah maksimum terkecil adalah 0,17 g, hal ini disebabkan karena nilai kelas situs tanah pada daerah ini sebesar $V_{s30} > 760 \text{ m/s}$ sehingga berdasar klasifikasi kelas situs tanah yang ditentukan oleh Douglas zona ini termasuk dalam Class A. (Gambar 4)

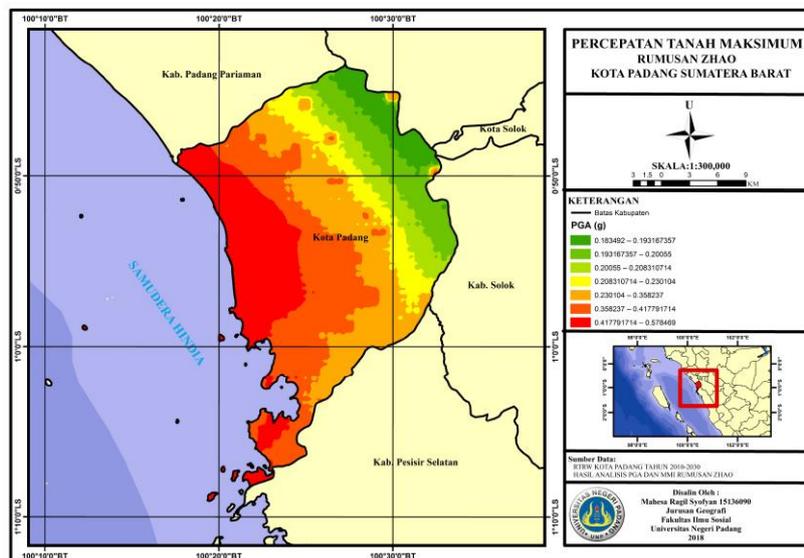


Gambar 4. Peta Percepatan Tanah Maksimum Menurut Rumusan Atkinson Boore

3) Zhao et al (2006)

Hasil yang didapatkan dari perhitungan rumusan Zhao et al pada zona gempabumi subduksi Mentawai menunjukkan bahwa nilai yang didapat untuk percepatan tanah maksimum di Kota Padang yang terbesar adalah 0,57 g, yang berada di daerah

dengan jenis tanah medium soil sehingga didapatkan variabel $200\text{m/s} < V_{S30} \leq 300\text{m/s}$ (C3). Nilai terkecil yang didapatkan sebesar 0,18 g, yang berada di daerah dengan jenis tanah rock sehingga didapatkan variabel $600\text{m/s} < V_{S30} < 1100\text{m/s}$ (C1). (Gambar 5)



Gambar 5. Peta Percepatan Tanah Maksimum Menurut Rumusan Zhao et al
Intensitas Gempa

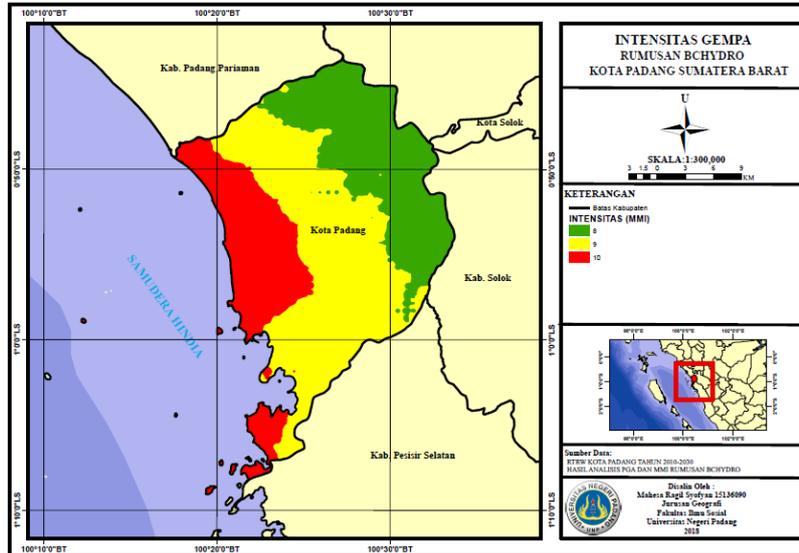
1) BCHYDRO (2016)

Nilai intensitas gempa di Kota Padang menurut rumusan BCHYDRO mengikuti klasifikasi penge-

lompokan nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan tingkat kerusakan yang dipublikasikan oleh Mercalli maka pada zona gempa bumi subduksi Mentawai berkisar

antara 8 MMI – 10 MMI. Zona yang memiliki intensitas gempa terbesar dengan MMI 10 mencakup 23% dari luas Kota Padang, sedangkan untuk intensitas gempa dengan nilai

MMI 9 mencakup 46% dari luas Kota Padang dan untuk intensitas gempa terendah dengan MMI 8 mencakup 31% dari luas Kota Padang. (Gambar 6)

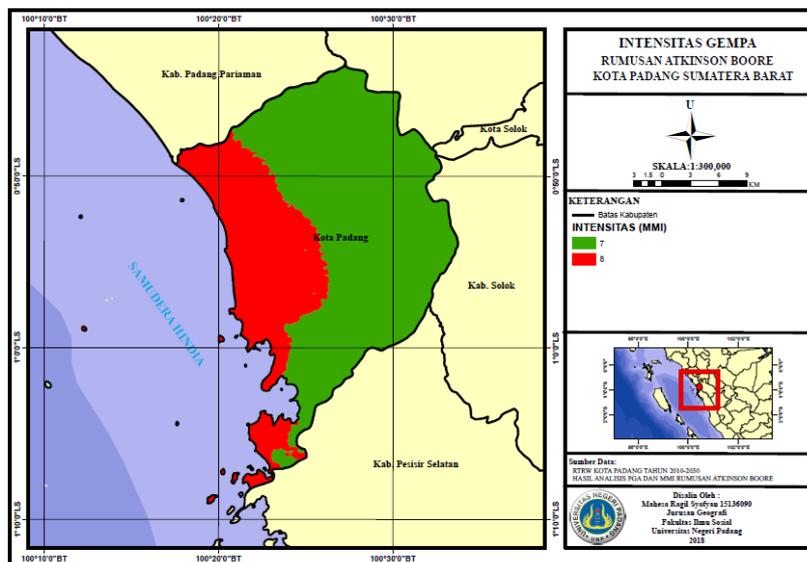


Gambar 6. Peta Intensitas Gempa Menurut Rumusan BCHYDRO

2) **Atkinson Boore (2003)**

Nilai intensitas gempa di Kota Padang menurut rumusan Atkinson Boore mengikuti klasifikasi pengelompokan nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan tingkat kerusakan yang dipublikasikan oleh

Mercalli. Zona yang memiliki intensitas gempa terbesar dengan MMI 7 mencakup 69% dari luas Kota Padang. Intensitas gempa terendah dengan MMI 8 mencakup 31% dari luas Kota Padang. (Gambar 7)

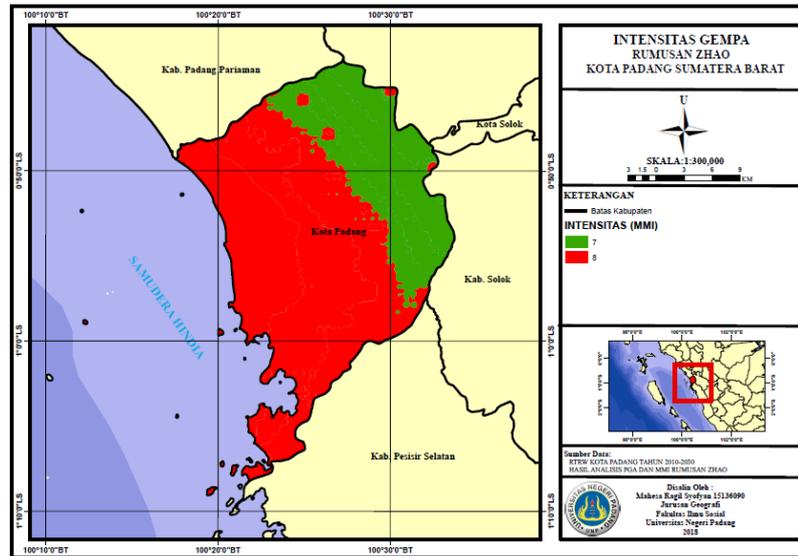


Gambar 7. Peta Intensitas Gempa Menurut Rumusan Atkinson Boore

3) Zhao et al (2006)

Nilai intensitas gempa di Kota Padang menurut rumusan Zhao et al mengikuti klasifikasi pengelompokan nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan tingkat kerusa-

kan yang dipublikasikan oleh Mercalli. Zona yang memiliki intensitas gempa terbesar dengan MMI 7 mencakup 30% dari luas Kota Padang. (Gambar 8)



Gambar 8. Peta Intensitas Gempa Menurut Rumusan Zhao et al

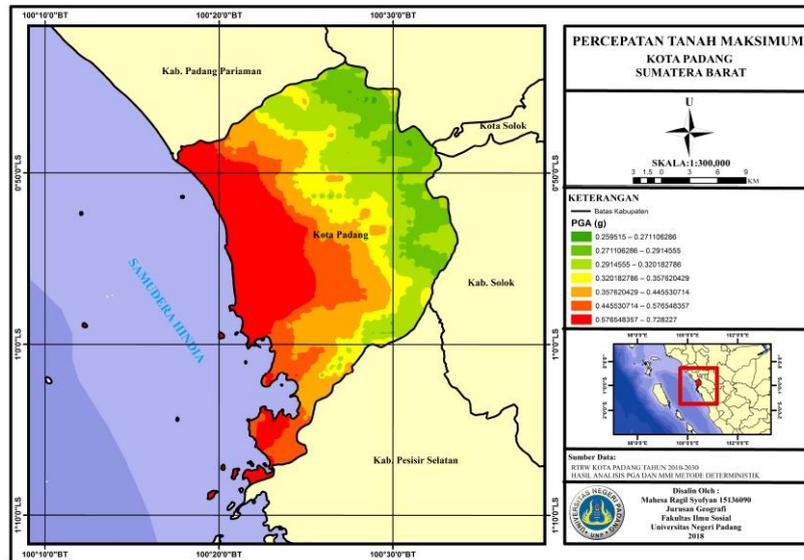
Pembahasan

Percepatan Tanah Maksimum

Berdasarkan perhitungan logic tree setelah mendapatkan nilai pada masing-masing rumusan, maka dilakukan pembobotan terhadap masing-masing rumusan tersebut untuk mendapatkan nilai akhir pada masing-masing titik pengamatan. (Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017).

Kota Padang yang terletak di zona gempabumi subduksi Mentawai berdasarkan hasil dari perhitungan *logic tree*

diperoleh nilai percepatan tanah maksimum dengan rentang 0,25 g–0,72 g. Daerah yang memiliki percepatan tanah maksimum tertinggi dengan rentang 0,46–0,72 g adalah Kecamatan Nanggalo, Kuranji, Padang Utara, Padang Timur, Padang Barat, dan Padang Selatan. Daerah yang memiliki percepatan tanah maksimum terendah dengan rentang 0,25–0,26 g adalah kecamatan Lubuk Kilangan dan Kecamatan Pauh. (Gambar 9)



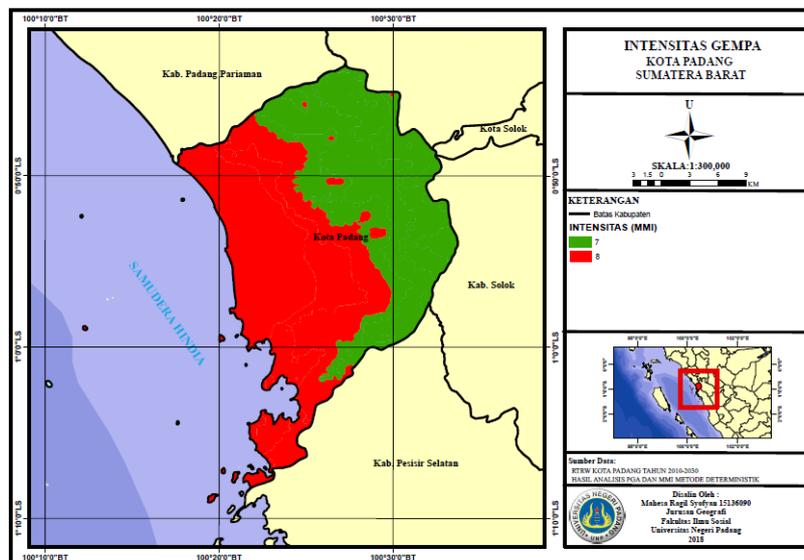
Gambar 9. Peta Percepatan Tanah Maksimum Kota Padang

Intensitas Gempa

Nilai intensitas gempa di Kota Padang pada zona gempabumi subduksi Mentawai bernilai 7 MMI dan 8 MMI. Daerah yang memiliki intensitas gempa yang paling besar dengan nilai 8 MMI adalah Kecamatan Nanggalo, Padang Utara, Padang Timur, Barat, Kuranji, Lubuk Begalung, Padang Selatan, Lubuk Begalung, Bungus Teluk Kabung, sebagian wilayah Kecamatan Koto Tengah, Pauh, dan Lubuk Ki-

langan, sehingga dampak yang ditimbulkan jika terjadi gempa di *Megathrust* Mentawai dengan kekuatan 8,9 Mw.

Daerah dengan nilai intensitas gempa 7 MMI adalah sebagian wilayah Kecamatan Koto Tengah, Kecamatan Pauh, Kecamatan Lubuk Kilangan, dan sebagian kecil wilayah Kecamatan Bungus Teluk Kabung, sehingga dampak yang ditimbulkan jika terjadi gempa di *Megathrust* Mentawai dengan kekuatan 8,9 Mw. (Gambar 10)



Gambar 10. Peta Intensitas Gempa Kota Padang

KESIMPULAN

Persebaran nilai percepatan tanah maksimum (PGA) di Kota Padang akibat gempabumi pada zona subduksi Mentawai dengan kedalaman 10 km dan kekuatan gempa 8,9 Mw tertinggi dengan rentang 0,46-0,72 g mencakup Kecamatan Nanggalo, Kuranji, Padang Utara Padang Timur, Padang Barat, dan Padang Selatan. Sedangkan nilai percepatan tanah maksimum terdah dengan rentang 0,25-0,26 g mencakup kecamatan Lubuk Kilangan dan Kecamatan Pauh. Persebaran nilai intensitas gempa (MMI) memiliki nilai 7 MMI dan 8 MMI.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrahamson, N., Gregor, N. and Addo, K., 2016. *Bchydro ground motion prediction equations for subduction earthquakes*. Earthquake Spectra, 32(1), pp.23-44.
- Atkinson, G.M. dan Boore, D.M., 2003. *Empirical Ground-Motion Relations for Subduction-Zone Earthquakes and Their Application to Cascadia and Other Regions*. Bulletin of the Seismological Society of Ame-rica. Volume 93, nomor 4, pp. 1703–1729
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2012. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 1726:2012*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Hadi, Farid, dan Fauzi. (2012). *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah dan Indeks Kerentanan Seismik Akibat Gempabumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu*. Bengkulu: Ilmu Fisika Universitas Bengkulu
- Husrin, S., Kongko, W and Putera, A (2013). *Tsunami Vulnerability of Critical Infrastructures in the City of Padang*, West Sumatera. In The Proceeding of SIBE.
- Irsyam, Masyhur, dkk. 2017. *Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Bandung: Cetakan Pertama
- Juita, E., Zulva, R., & Edial, H. (2018). *Profile of Development of Critical Thinking Student Skills Assessment Instrument in the Course Geography of Disaster*. Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education, 2(1), 147-150.
- Minster, J.B. dan Jordan, T.H., 1978., *Present-day plate motions*. Jour-nal of Geophysical Research 83. ISSN: 0148-0227
- Nazir, Moh. 2009. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia
- Novita, H. (2008). *Analisis Percepatan Tanah Terhadap Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Di Padang Panjang*, Tesis S2, Universitas Andalas.
- Sieh, K. dan Natawidjaja, D., 2000. *Neotectonics of Sumatra Fault*, Indonesia.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional., 2017. *Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*
- Zhao, J.X., Zhang, J., Asano, A., Ohno, Y., Oouchi, T., Takahashi, T., Ogawa, H., Irikura, K., Thio, H. dan Somerville, P., 2006. *Attenuation Relations of Strong Motion in Japan using site classification based on predominant period*. Bulletin Seismol. Soc. Am. 96, 898.