

Analisis Risiko Gempa Bumi di Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat

Rahmad Baihaqi, Dwi Pujiastuti*

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 19 November 2022
Direvisi: 26 Desember 2022
Diterima: 29 Desember 2022

Kata kunci:

Gempa bumi
Intensitas
PGA
PSHA
Risiko

Keywords:

Earthquake
Pariaman City
PGA
PSHA
Risk

Penulis Korespondensi:

Dwi Pujiastuti
Email:
Dwipujiastuti@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian Analisis Risiko Gempa Bumi di Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat menggunakan metode PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) untuk memetakan risiko gempa bumi. Metode ini dilakukan dengan memperhitungkan ketidakpastian lokasi, ukuran, dan frekuensi terjadinya gempa bumi. Data yang digunakan berupa data gempa bumi dari katalog gempa bumi BMKG, IRIS, dan USGS dalam periode waktu tahun 1918-2021. Nilai percepatan gerakan tanah maksimum (PGA) akan dicari menggunakan rumus fungsi atenuasi yang didasarkan pada sumber gempa dengan menggunakan bobot ketidakpastian *logic tree*. Hasil yang diperoleh untuk nilai b-value sebesar 0,851 menunjukkan kerapuhan batuan pada sumber gempa. Nilai a-value sebesar 6,76 menunjukkan aktivitas seismik yang tinggi. Nilai PGA diperoleh sebesar 0,24-0,53gal di Kota Pariaman. Hasil PGA yang diperoleh menunjukkan bahwa Kota Pariaman memiliki nilai risiko gempa bumi sedang. Nilai Intensitas gempa bumi diperoleh sebesar 5,388-5,907 MMI di Kota Pariaman.

This research on Earthquake Risk Analysis has been carried out in Pariaman City, West Sumatra Province using the PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) method to map earthquake risk. This method is carried out by taking into account the uncertainty of the location, size, and frequency of earthquakes. The data used are earthquake data from the BMKG, IRIS, and USGS earthquake catalogs for the 1918-2021 time period. The maximum ground motion acceleration (PGA) value will be searched using the attenuation function formula based on the earthquake source using the logic tree uncertainty weight. The results obtained for the b-value of 0.851 indicate the fragility of rocks at the earthquake source. The a-value of 6.76 indicates high seismic activity. The PGA value was obtained at 0.24-0.53gal in Kota Pariaman. The PGA results obtained indicate that Kota Pariaman has a moderate earthquake risk value. The earthquake intensity value was obtained from 5.388-5.907 MMI in Pariaman City.

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara rawan gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh adanya pertemuan 3 lempeng aktif, yaitu Lempeng Eurasia yang bergerak relatif ke arah tenggara dengan kecepatan sekitar 0,4 cm/tahun, Lempeng Indo – Australia yang bergerak relatif ke arah utara dengan kecepatan sekitar 7 cm/tahun dan Lempeng Pasifik yang bergerak relatif ke arah barat dengan kecepatan sekitar 11 cm/tahun. Gempa bumi ini umumnya bersifat merusak disebabkan terjadi pada kedalaman dangkal serta magnitudonya cukup besar dan terletak dekat permukiman dan aktivitas penduduk.

Salah satu peristiwa gempa bumi yang membahayakan adalah gempa pada tanggal 30 September 2009 jam 17.15 WIB dengan magnitudo 7,9 SR. Gempa berepisenter di Selat Mentawai, sekitar 50 km barat laut kota Padang atau 60 km barat daya Pariaman. Intensitas maksimum terdapat di Padang dan Padang/Pariaman dengan skala VIII MMI. Terdapat korban jiwa lebih dari 1000 orang. Namun gempa ini tidak menimbulkan tsunami. Selain gempanya yang dalam (kedalaman 71 km) yang tidak memenuhi persyaratan timbulnya tsunami, di daerah pusat gempa juga tidak terdapat *megathrust* yang memungkinkan pergerakan vertikal yang mengguncang air laut (Setiyono *et al.*, 2019)

Resiko bencana gempa bumi yang terjadi sebagian besar justru diakibatkan oleh adanya kerusakan konstruksi bangunan dan non bangunan. Kota Pariaman sebagai kota persinggahan yang sering di kunjungi memiliki kawasan permukiman padat serta sarana-prasarana penting seperti kantor pemerintahan. Namun demikian permukiman dan sarana-prasarana yang dibangun di Kota Pariaman seringkali tidak didesain sesuai dengan standar bangunan tahan gempa bumi. Oleh karena itu bisa tergambarkan bagaimana besarnya bencana yang dapat ditimbulkan di masa lalu oleh guncangan gempa bumi yang besar yang terjadi di daerah ini. Kenyataan bahwa daerah penelitian adalah daerah yang rawan bencana gempa bumi, maka upaya mitigasi sangat diperlukan di antaranya melalui studi tentang bahaya, kerentanan, dan risiko gempa bumi. Syafriana, Pujiastuti dan Sabarani (2015) telah melakukan penelitian nilai PGA untuk wilayah Sumatera Barat. Hasil penelitian menunjukkan wilayah paling rentan berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas adalah pulau siberut diikuti Kota Pariaman, Kabupaten Padang Pariaman, Kabupaten Agam dan Kota Padang. Maka dari penelitian tersebut diambil lokasi di Kota Pariaman dengan tujuan untuk melakukan analisis dan pemetaan terhadap bahaya gempa bumi, kerentanan, serta risiko gempa bumi.

Berdasarkan pemetaan terhadap gempa bumi yang terjadi terdapat beberapa lembaga yang mengkaji salah satunya adalah Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN). PUSGEN menyatakan bahwa analisis bahaya/*hazard* gempa bumi ada dua jenis yaitu metode *deterministic seismic hazard analysis* (DSHA) dan *probabilistik seismic hazard analysis* (PSHA). Metode DSHA dan PSHA merupakan metode untuk mengetahui mikrozonasi gempa bumi dengan menganalisis sumber, mekanisme, dan parameter gempa bumi menghasilkan percepatan gerakan tanah maksimum atau *peak ground acceleration* (PGA) dalam satuan *gravitational acceleration* (gal/g) atau cm/s^2 . Keuntungan metode PSHA dibandingkan Analisis metode DSHA adalah metode PSHA memperhitungkan ketidakpastian sumber gempa bumi. Ketidakpastian berupa ketidakpastian ukuran, lokasi, dan frekuensi gempa bumi yang sangat mempengaruhi nilai parameter dalam analisis. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode PSHA dengan memperhitungkan probabilitas ketidakpastian dari berbagai sumber gempa yang berdampak ke Kota Pariaman.

II. METODE

2.1 Pengumpulan Data Gempa

Data penelitian berupa data sekunder gempa bumi yang diperoleh dari katalog gempa nasional dan internasional dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), *United States Geological Survey* (USGS), dan *International Research Institutions for Seismology* (IRIS). Data yang diperoleh meliputi data geografis, waktu terjadinya gempa bumi, magnitudo, episenter, dan kedalaman gempa bumi. Data penelitian berupa data gempa pada sumber gempa di sekitaran Kota Pariaman yang memiliki letak geografis $00^{\circ} 33' 00'' - 00^{\circ} 40' 43''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ} 04' 46'' - 100^{\circ} 10' 55''$ Bujur Timur. Data gempa berasal dari katalog gempa bumi nasional dan internasional (BMKG, IRIS dan USGS) dengan Magnitudo ≥ 3 , maksimum kedalaman 300 km, dan radius jarak maksimum 300 km dari Ibukota Kota Pariaman. Data gempa yang di kumpulkan yaitu data magnitudo, tanggal dan jam, letak geografis, serta kedalaman gempa yang terjadi dari tahun 1918 hingga tahun 2021.

2.2 Pengolahan Data Gempa

Perhitungan nilai dari PGA dilakukan dengan cara mengkalkulasikan ancaman gempa bumi berdasarkan kumpulan hasil semua kejadian gempa bumi dan gerak tanah yang dapat terjadi di masa yang akan datang. Metode probabilistik mempunyai 6 tahapan yang dijelaskan di bawah ini :

2.2.1 Pemisahan data gempa utama dan susulan.

Data gempa yang telah didapat dikonversi ke satuan magnitudo momen (M_w) untuk memudahkan pengolahan data. Data gempa yang sebelumnya telah disamakan satuannya dibuat dalam bentuk *.dat file dalam bentuk *notepad* dengan kolom *longitude*, *latitude*, tahun, bulan, hari, magnitudo, kedalaman, dan jam seperti yang terlihat pada Tabel. 1

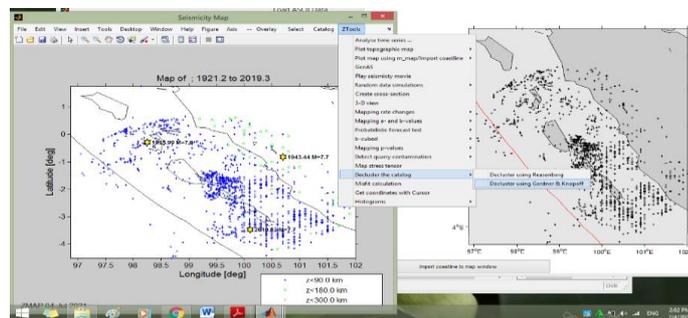
Tabel 1 Konversi satuan magnitudo

| Konversi | Range Data |
|----------------------------|-------------------------|
| $M_w = 0,6016M_s + 2,476$ | $2,8 \leq M_s \leq 6,1$ |
| $M_w = 0,9239M_s + 0,5671$ | $6,2 \leq M_s \leq 8,7$ |
| $M_w = 1,0107M_b + 0,0801$ | $3,2 \leq M_b \leq 8,2$ |

(Puslitbang, 2017)

2.2.2 Pemodelan sumber gempa bumi

Data gempa bumi dilakukan *declustering* dengan metode *Garnerd* dan *Knopoff* menggunakan *software* ZMAP. Data gempa yang sebelumnya telah dibuat dalam *notepad* kemudian diinputkan kedalam aplikasi ZMAP sehingga didapatkan hasil pemisahan gempa utama dan gempa susulan. Data gempa bumi yang di *declustering* akan ditampilkan dalam bentuk titik-titik dan kontur seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1 Declustering data gempa bumi

2.2.3 Karakterisasi sumber gempa bumi

Data hasil *declustering* didapatkan untuk perhitungan nilai parameter a-b menggunakan metode maximum likelihood dan menggunakan *software* ZMAP. *Software* ZMAP mengkarakterisasi sumber gempa dengan mencari nilai parameter a-b. Nilai b-value berkisar antara 0-1 dimana jika nilai b mendekati atau lebih dari 1 maka daerah tersebut memiliki potensi gempa bumi tinggi. Metode *maximum likelihood* suatu hasil yang diamati sama dengan probabilitas hasil pengamatan. Persamaan *maximum likelihood* dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$b = \frac{(\log e)}{(M - M_0)} \tag{1}$$

b merupakan parameter gempa, M merupakan nilai magnitudo rata-rata, M_0 merupakan nilai magnitudo minimum, dan e merupakan bilangan natural ($\log e = 0,4343$).

$$a = \log N + \log(b \ln 10) + M_0 B \tag{2}$$

2.2.4 Fungsi atenuasi

Pusgen menyatakan bahwa fungsi atenuasi gempa bumi merupakan hubungan antara parameter gempa (kecepatan, percepatan, simpangan, intensitas dan ukuran) dengan jarak ke lokasi pencatat gempa. Fungsi atenuasi dibagi menjadi tiga macam berdasarkan sumber gempa yaitu gempa subduksi, gempa sesar dan kedalaman fokus gempa.

2.2.5 Penggunaan Logic tree

Penentuan nilai PGA dilakukan dengan memasukkan data gempa hasil *declustering* dan parameter a-b kedalam software PSHA-USGS 07. Lalu dicari nilai PGA dengan menggunakan fungsi atenuasi dan logic tree yang sudah disediakan dalam *software* dan disesuaikan dengan sumber gempa berdasarkan model sumber gempa yang sudah dipilih sebelumnya.

2.2.6 Analisis seismic hazard dengan menggunakan Teorema Probabilitas.

Nilai PGA dan intensitas gempa bumi dibuat pemetaannya menggunakan *software* ArcGis 10 dan surfer. Pemetaan nilai PGA dan intensitas gempa bumi dibuat dalam peta kontur dengan memasukkan batas wilayah penelitian. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap peta PGA dan intensitas gempa bumi.

2.3 Analisis Gempa Bumi

Analisis data kemudian dilakukan berdasarkan hasil pemetaan. Nilai PGA masing-masing wilayah akan diamati. Nilai PGA dari wilayah yang tinggi maupun yang rendah. Nilai PGA yang didapat juga menunjukkan bahaya disesuaikan dengan tingkat bahaya gempa seperti terlihat pada Tabel 2.

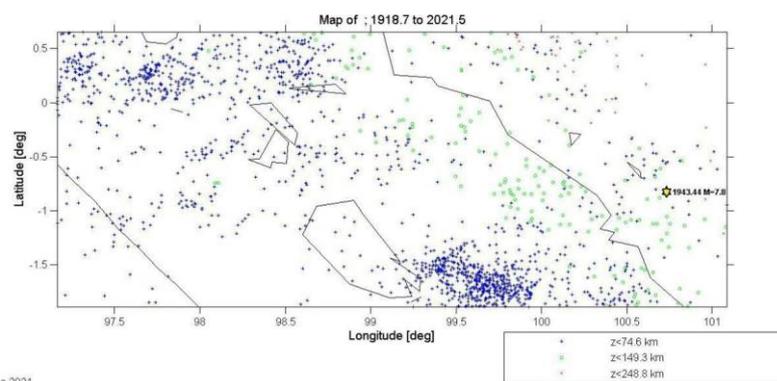
Tabel 2 Klasifikasi bahaya gempa bumi (BNPB, 2012)

| Bencana | Tingkat Risiko (gal) | | |
|------------|----------------------|-----------------------|--------------|
| Gempa Bumi | Rendah | Sedang | Tinggi |
| | $PGA < 0,2501$ | $0,2501 < PGA < 0,70$ | $PGA > 0,70$ |

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Seismisitas Sumber Gempa

Data gempa berjumlah 1.673 data. Kota Pariaman terdampak gempa darat dari sumber gempa Sesar Semangko dan gempa laut dari sumber *Megathrust* dan Sesar Mentawai. Dari proses *declustering* didapatkan 327 kejadian dari 1.673 data gempa atau sekitar 19,54% dari keseluruhan kejadian gempa bumi.

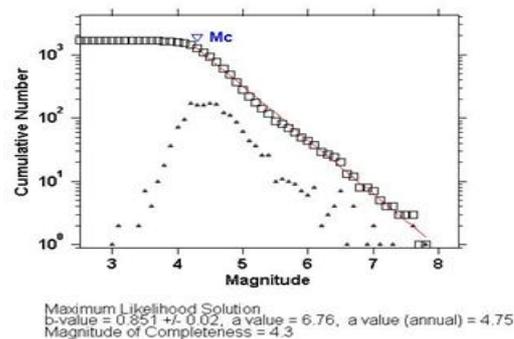


Gambar 2 Seismisitas gempa bumi yang terdampak di sekitar kota Pariaman

Distribusi kejadian gempa untuk tiga kedalaman dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai z menunjukkan episenter dari sumber gempa bumi yang ditunjukkan dengan tiga buah titik. Titik biru menjelaskan episenter gempa dengan kedalaman $z < 74,6$ km. Sedangkan titik hijau menjelaskan episenter dengan kedalaman gempa $74,6 \text{ km} < z < 149,3$ km dan titik merah menjelaskan episenter gempa dengan kedalaman $z > 149,3$ km. Daerah Kota Pariaman terdampak gempa dari sumber gempa

yang mempunyai kedalaman $z < 74,6$ km. Selain itu daerah Kota Pariaman banyak terdampak dari gempa-gempa yang berpusat di sekitaran Kepulauan Mentawai dan beberapa gempa-gempa kecil dari kepulauan Nias.

Seismisitas kegempaan di Kota Pariaman dipengaruhi oleh seismisitas kegempaan di sumber gempa yaitu pada subduksi Mentawai. Dengan menggunakan metode *maximum likelihood* diperoleh parameter seismisitas secara umum yaitu nilai b sebesar 0,851, a -value sebesar 6,76 dengan nilai tahunan 4,75 dan nilai M_c 4,3. Nilai b value merupakan regangan struktur bawah tanah yang menunjukkan kerapuhan batuan dan mempengaruhi frekuensi gempa bumi. Nilai b -value memiliki korelasi dengan tingkat stress/tegangan batuan pada suatu daerah. Jika b -value tinggi menunjukkan batuan bersifat rapuh dengan stress yang rendah dan sebaliknya (Kulhanek, 2005). Nilai b -value pada penelitian ini bernilai sebesar 0,851 menandakan bahwa frekuensi kejadian gempa bumi termasuk tinggi.



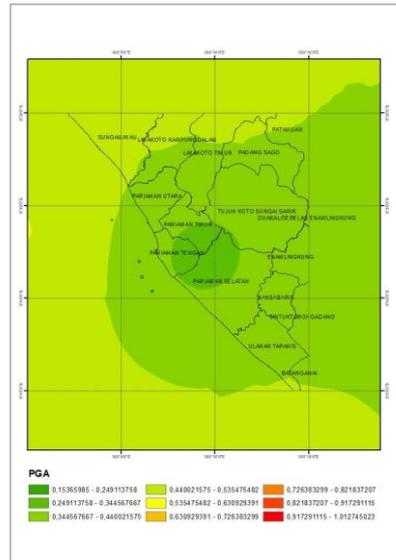
Gambar 3 Grafik Distribusi frekuensi –magnitudo kegempaan di wilayah sumber gempa dengan metode *maximum likelihood*

Parameter selanjutnya yang menunjukkan seismisitas adalah nilai a -value. Nilai a -value adalah nilai indeks kegempaan yang menunjukkan tingkat aktivitas suatu kegempaan dalam kurun waktu tertentu (keaktifan seismik). Nilai a -value pada penelitian ini bernilai sebesar 6,76. Hal ini menunjukkan aktivitas seismik dari sumber gempa yang berdampak ke Kota Pariaman sangat tinggi.

Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan angka kumulatif, magnitudo dan nilai M_c . Nilai *Magnitude of completeness* (M_c) untuk wilayah penelitian sumber gempa sebesar 4,3. *Magnitude of completeness* adalah batas magnitudo terendah dimana 100% kejadian gempa di suatu daerah pada rentang periode pengamatan yang telah ditentukan tercatat seluruhnya oleh jaringan seismograf stasiun gempa daerah tersebut. Artinya semua gempa bumi di daerah sumber gempa di atas skala magnitudo 4,3 telah tercatat dalam katalog periode 1918-2021(103 tahun). Jika nilai M_c terlalu tinggi artinya penggunaan data kurang atau terlalu sedikit, tetapi jika nilai M_c terlalu rendah parameter kegempaan yang di input salah (Rydelek, P.A., dan Sacks, 1989)

3.2 Pemetaan PGA Kota Pariaman

Hasil akhir berupa nilai PGA dari sumber gempa untuk mendapat nilai PGA secara keseluruhan di Kota Pariaman. Gambar 4 menunjukkan peta persebaran PGA di Kota Pariaman. Sebagian wilayah Kecamatan Pariaman Tengah bagian timur, sebagian wilayah Kecamatan Pariaman Selatan bagian utara, dan sebagian wilayah Kecamatan Pariaman Timur bagian selatan itu memiliki nilai PGA 0.24-0.34 gal. Kecamatan Pariaman Tengah bagian utara, Kecamatan Selatan bagian selatan dan Kecamatan Pariaman Timur bagian utara memiliki nilai PGA 0.34-0.44 gal.



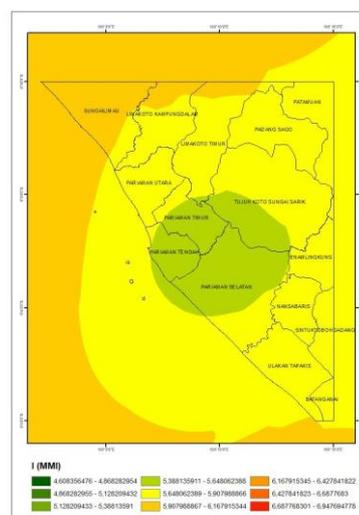
Gambar 4 peta persebaran PGA Kota Pariaman

Kota Pariaman memiliki nilai PGA berkisar antara 0.24-0.53 gal. Nilai PGA ini menunjukkan bahwa Kota Pariaman berada pada rentang tingkat risiko sedang berdasarkan tabel 2. Perbandingan nilai PGA yang didapatkan ketika penelitian dengan Nilai PGA pada penelitian Dewi dkk (2014) yaitu didapatkan hasil nilai PGA sebesar 0,841-0,866 gal. Kedua hasil memiliki nilai yang sedikit berbeda dikarenakan parameter yang digunakan untuk penelitian.

Berdasarkan hasil penelitian dari Asrurifak dkk (2010) mengacu pada standar SNI 03-1726-2002 Kota Pariaman termasuk kategori wilayah 5 dengan PGA 0,25 gal. Nilai PGA yang didapatkan pada penelitian ini kurang lebih sama besar yaitu berkisar 0,24-0,53 gal untuk keseluruhan Kota Pariaman. Artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara Nilai PGA pada penelitian dengan literatur. Nilai PGA tinggi menunjukkan bahwa lapisan batuan lebih tipis dan apabila terjadi gempa bumi akan menyebabkan guncangan yang lebih cepat (Puslitbang, 2017).

3.3 Intensitas Gempa Bumi di Kota Pariaman

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat Peta Pembagian Intensitas Gempa Bumi untuk Kota Pariaman dimana terbagi atas garis-garis kontur hijau-kuning. Daerah hijau memiliki intensitas gempa bumi yang lebih kecil daripada daerah kuning sebesar 5,388-5,648 MMI yaitu Kecamatan Pariaman Tengah, Pariaman Timur dan sebagian wilayah Kecamatan Pariaman Selatan bagian utara. Daerah kuning memiliki intensitas gempa bumi sebesar 5,648-5,907 MMI yaitu Kecamatan Pariaman Utara.



Gambar 5 Peta Intensitas Kota Pariaman

Secara umum perbandingan nilai PGA bersesuaian dengan nilai Intensitas gempa bumi yang di dapat pada penelitian. Nilai PGA yang didapat dalam penelitian ini 0,24-0,53 gal sedangkan nilai intensitas yang didapat dalam penelitian ini 5,187-6,119 MMI untuk Kota Pariaman. Hal ini menunjukkan nilai PGA dan Intensitas gempa bumi memiliki berhubungan linear dimana daerah dengan nilai PGA tinggi memiliki nilai Intensitas yang tinggi.

Risiko gempa bumi di Kota Pariaman termasuk kategori sedang sehingga diperlukannya rencana mitigasi dan pembangunan infrastruktur yang tahan terhadap gempa bumi. Dengan mengetahui nilai PGA dan Intensitas gempa bumi maka dapat direncanakan pembangunan rumah dan infrastruktur yang tahan terhadap guncangan. Nilai PGA yang tinggi menandakan bahwa daerah tersebut akan mengalami guncangan dan kerusakan lebih parah dari daerah dengan PGA rendah sehingga dapat dibuat infrastruktur yang lebih kuat pada daerah tersebut. Nilai PGA dapat dijadikan sebagai faktor acuan pembangunan infrastruktur yang lebih tahan terhadap guncangan gempa bumi. Nilai Intensitas gempa bumi dapat menjadi acuan tingkat kerusakan gempa terhadap kondisi dari daerah yang terdampak gempa bumi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada daerah Kota Pariaman dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa Parameter gempa bumi a-value 6,76 dan b-value 0,851 menandakan aktivitas seismik yang tinggi dari sumber gempa yang berdampak ke Kota Pariaman. Tingkat bahaya gempa bumi termasuk kategori sedang di Kota Pariaman dengan nilai PGA berkisar antara 0,24-0,53 gal. Nilai Intensitas gempa bumi untuk wilayah Kota Pariaman bernilai 5,388-5,907 MMI. Berdasarkan informasi pemetaan nilai PGA dan Intensitas, Kota Pariaman berada di kategori bahaya/risiko sedang hal ini sesuai dengan peraturan kepala BNPB no.2 tahun 2012. Penelitian ini dapat membantu dalam mengambil kebijakan, meningkatkan pengetahuan dan kewaspadaan mitigasi bencana gempa bumi untuk pemerintah Kota Pariaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrurifak, M., Irsyam, M., Budiono, B., Triyoso, W. and Hendriyawan, H. (2010), "Development of spectral hazard map for Indonesia with a return period of 2500 years using probabilistic method", *Civil Engineering Dimension*, Vol. 12 No. 1, pp. 52–62.
- Bencana, B.N.P. (2012), "Peraturan Kepala BNPB No. 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana", Jakarta.
- Dewi, L.C., Prihantono, J., Purbani, D. and Pradono, M.H. (2014), "Respon Spektrum Desain Pada Lokasi Tempat Evakuasi Sementara Tsunami Di Kota Pariaman", *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Laut Dan Pesisir Badan Penelitian Dan Pengembangan Kelautan Dan Perikanan Kementerian Kelautan Dan Perikanan*, p. 165.
- Kulhanek, O. (2005), "Seminar on b -value", No. January 2005.
- Rydelek, P.A., dan Sacks, I. (1989), "Testing the Completeness of Earthquake catalogues and the hypothesis of self-similarity", *Nature*, Vol. 337.
- Setiyono, U., Gunawan, I., Priyobudi, Y.T., Imananta, R.T. and Ramdhan, M. (2019), "Katalog gempa bumi signifikan dan merusak 1821-2018", *Jakarta: Pusat Gempa Bumi Dan Tsunami Kedeputan Bidang Geofisika Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*.
- Sumber, P. and Tahun, B.G.I. (2017), "Jakarta: Pusat Studi Gempa Nasional", Pusat Litbang Perumahan Dan Pemukiman, Badan Penelitian Dan Pengembangan, Kementerian PUPR.
- Syafriana, D., Pujiastuti, D. and Sabarani, A.Z. (2015), "Estimasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum di Sumatera Barat Berdasarkan Skenario Gempa Bumi di Wilayah Siberut Dengan Menggunakan Rumusan Si And Midorikawa (1999)", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 4 No. 4.