



**MIKRO-ZONASI TINGKAT POTENSI RESIKO BENCANA GEMPA BUMI  
DI WILAYAH PESISIR PROVINSI BENGKULU UNTUK  
MENDUKUNG MITIGASI BENCANA  
(BAGIAN I)**

Arif Ismul Hadi<sup>1)</sup>, M. Fauzi<sup>2)</sup>, Refrizon<sup>1)</sup>, Irkhos<sup>1)</sup>, M. Farid<sup>1)</sup>, dan Malik Krisbudianto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Physics Dept., Mathematics and Natural Sciences Faculty, The University of Bengkulu,

<sup>2)</sup> Civil Engineering Study Program, Engineering Faculty, The University of Bengkulu,

<sup>3)</sup> BMKG Kepahyang, Bengkulu Province

**ABSTRACT**

This study goal to determine the value of peak ground acceleration (PGA) as the strength parameters of the earthquake ground shaking at some points along the coast of Bengkulu Province with the way of zoning, create a contour map of the distribution of PGA values in these areas, and to analyze the level of earthquake risk potential in such areas by micro-zonation. Data of the soil dominant period obtained by micro-zonation using TDL-303 portable seismometer. Recording seismic data were analyzed using Datapro and Geopsy Software. Contour map of micro-zonation of the PGA made with the program ArcView GIS version 9.3. In the first stage (in 2013 years) obtained PGA values along the coastal of Regency Muko-Muko, North Bengkulu, Central Bengkulu, and Bengkulu City. The results showed that the PGA values in these areas for the period of the earthquake 25, 50, and 75 years is 118.06-576.59 gal, while the 100-year period of the earthquake is 132.65-645.43 gal. The level of disaster risk potential for the period of earthquake 25, 50, and 75 years are at risk of being medium three up to very big one on a scale of intensity (MMI) between VI -VIII. For the period of 100 years the level of disaster risk potential are medium three up to very big two on a scale of intensity (MMI) between VI-IX. The level of the earthquake risk potential for an area that has a large PGA values have very large effects of the risk on earthquakes occurrence.

Keywords: earthquake risk potential level, disaster mitigation, micro-zonation, , , peak ground acceleration (PGA), and scale of intensity (MMI).

**PENDAHULUAN**

Peristiwa getaran tanah akibat gempa bumi banyak memberikan dampak sosial dan ekonomi pada masyarakat, seperti korban jiwa, harta benda dan rusaknya sarana umum seperti transportasi dan telekomunikasi. Provinsi Bengkulu khususnya di daerah pesisir yang berdekatan dengan sumber gempa memerlukan sebuah peta yang menggambarkan tingkat kerawanan terhadap bencana gempa bumi untuk keperluan tata ruang wilayah dan konstruksi bangunan tahan gempa. Salah satu peta yang dapat menggambarkan zonasi tingkat potensi resiko gempa bumi adalah peta percepatan

getaran tanah maksimum (*peak ground acceleration/PGA*) yang dapat memberikan rekomendasi dalam penempatan bangunan permukiman dan bangunan vital lainnya (Brotopuspito, 2006).

Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai PGA sebagai parameter kekuatan getaran tanah akibat gempa bumi di beberapa titik di sepanjang pesisir Provinsi Bengkulu dengan cara zonasi, membuat peta kontur sebaran nilai PGA di wilayah-wilayah tersebut, dan menganalisis tingkat potensi resiko bencana gempa bumi di wilayah-wilayah tersebut secara mikro-zonasi. Untuk menentukan nilai PGA digunakan metode empiris melalui pendekatan beberapa rumus yang diturunkan dari parameter-parameter gempa bumi. Pada penelitian ini menggunakan rumus empiris Kanai (Douglas, 2004) dengan memperhitungkan faktor mikro-zonasi periode dominan tanah.

$$\alpha \frac{5}{\sqrt{T_g}} 10^{0,61M - 1,66 \log R - \frac{5,6}{R} \log R + 0,167 \frac{1,88}{R}}, \quad (1)$$

dengan  $\alpha$  = percepatan getaran tanah permukaan (gal),  $T_g$  = periode dominan tanah titik pengamatan (s),  $M$  = magnitudo gempa (SR), dan  $R$  = jarak hiposenter (km).

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian hibah bersaing tahap pertama (tahun 2013). Akuisi data di lapangan dilaksanakan untuk mendapatkan nilai periode dominan tanah secara mikro-zonasi. Data historis gempa bumi bersumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), *United States Geological Service* (USGS), dan *International Seismological Center* (ISC) selama periode (1912-2012) di Provinsi Bengkulu (untuk penelitian tahap ke-1) dan ditambah data historis gempa bumi tahun 2013 (untuk penelitian tahap ke-2) dengan magnitudo gempa  $\geq 5$  SR dan kedalaman  $\leq 70$  km. Wilayah yang menjadi objek penelitian adalah wilayah di sepanjang pesisir Provinsi Bengkulu yang meliputi: Kabupaten (Kab.) Muko-muko, Kab. Bengkulu Utara, Kab. Bengkulu Tengah, Kota Bengkulu, Kab. Seluma, Kab. Bengkulu Selatan, dan Kab. Kaur. Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Bengkulu.

Penentuan titik zonasi penelitian dilakukan mengacu pada wilayah kecamatan yang ada di masing-masing kabupaten dan kota di sepanjang pesisir Provinsi Bengkulu dengan bantuan *Software* Google Earth. Dari masing-masing kecamatan tersebut diambil titik-titik data yang meliputi data posisi dan ketinggian dengan menggunakan

*Global Positioning System* (GPS) serta data periode dominan tanah di lokasi tersebut secara mikro-zonasi dengan menggunakan Seismometer *portable* TDL-303.

Rekaman data seismik dianalisis spektrum gelombangnya dengan menggunakan *Software* Datapro dan Geopsy, sehingga diperoleh data frekuensi diri dominan tanah maupun periode dominan tanah. Data historis gempa dan periode dominan tanah digunakan sebagai parameter *input* untuk menentukan nilai percepatan getaran tanah maksimum di masing-masing lokasi. Nilai PGA pada permukaan di tiap lokasi dipilih satu nilai PGA tahunan yang terbesar berdasarkan persamaan (1). Selanjutnya dibuat peta kontur mikro-zonasi PGA dengan *Software* ArcView GIS versi 9.3.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis bentuk peta kontur PGA di sepanjang pesisir Provinsi Bengkulu secara mikro-zonasi. Analisis data berdasarkan peta kontur PGA bahwa daerah dengan nilai PGA besar merupakan daerah yang mempunyai tingkat resiko gempa bumi yang besar pula dan sebaliknya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap pertama (tahun 2013), data penelitian lapangan diambil di sepanjang pesisir Kab. Muko-muko, Kab. Bengkulu Utara, Kab. Bengkulu Tengah, dan Kota Bengkulu. Jumlah titik data yang diperoleh sebanyak 73 titik data (stasiun). Masing-masing titik stasiun berjarak 2 s.d. 6 km. Hasil analisis spektrum gelombang diketahui bahwa nilai frekuensi dominan tanah terkecil adalah 0,62 Hz dan terbesar 14,05 Hz. Peta kontur sebaran nilai frekuensi dominan tanah secara mikrozonansi ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1 Peta kontur frekuensi dominan tanah di Kab. Muko-muko, Kab. Bengkulu Utara, Bengkulu Tengah, dan Kota Bengkulu.

Berdasarkan peta kontur frekuensi dominan tanah di Kab. Muko-muko, Kab. Bengkulu Utara, Bengkulu Tengah, dan Kota Bengkulu (gambar 1) diketahui bahwa nilai frekuensi dominan tanah terkecil terdapat di Ds. Koto Jaya 1, Kec. MM Utara,

Kab. Muko-muko pada koordinat  $2^{\circ}35'18,88''$  LS dan  $101^{\circ}6'53,88''$  BT. Untuk nilai frekuensi dominan tanah terbesar terdapat di Pantai Air Petai, Kec. Putri Hijau, Kab. Bengkulu Utara pada koordinat  $3^{\circ}16'30,29''$  LS dan  $101^{\circ}39'52,30''$  BT. Besarnya nilai frekuensi dominan tanah dapat mempengaruhi nilai PGA pada lokasi tersebut. Pada frekuensi dominan tanah yang tinggi tersebut, maka bangunan harus dibuat tidak boleh terlalu tinggi. Hubungan jumlah tingkat bangunan dengan frekuensi dominan tanah mengacu kepada Slob, dkk. (2002) dan Nakamura (2003). Berdasarkan peta kontur frekuensi dominan tanah, hubungan antara frekuensi dominan tanah dan jumlah tingkat bangunan pada penelitian ini dapat diklasifikasikan seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Hubungan frekuensi dominan tanah dan jumlah tingkat bangunan yang disarankan.

Frekuensi Dominan Tanah (Hz)	Jumlah Tingkat Bangunan (Lantai) yang Disarankan
0 – 2	5 - tingkat tinggi
2,01 – 4	$2,5 \leq 5$
4,01 – 6	$2 \leq 2,5$
6,01 – 8	$1,25 \leq 2,5$
8,01 – 10	$1 \leq 1,25$
$\geq 10$	$\leq 1$

Mengacu kepada hasil frekuensi terendah yang diperoleh pada penelitian ini (0,62 Hz), maka pada lokasi tersebut dapat dibangun dengan bangunan bertingkat maksimal 16 lantai (Ds. Koto Jaya 1 dan Koto Jaya 2, Kec. MM Utara, Kab. Muko-muko, serta di Jl. Ir. Rustandi, Kec. Kampung Melayu, Kota Bengkulu). Untuk frekuensi  $\geq 10$  Hz hanya boleh didirikan bangunan maksimal satu lantai. Untuk lokasi dengan frekuensi tertinggi (Pantai Air Petai, Kec. Putri Hijau, Kab. Bengkulu Utara), ketebalan lapisan sedimen hanya 1,34 m dan kecepatan gelombang geser di permukaan sebesar 75,38 m/s. Kecepatan gelombang geser berkaitan dengan densitas (kepadatan) suatu batuan. Semakin padat batuan, maka kecepatan gelombang geser akan semakin besar dan sebaliknya. Menurut Nakamura (2008), kecepatan gelombang geser di *basement* adalah 600 m/s. Perbandingan kecepatan gelombang geser di *basement* dan di permukaan (sedimen) dapat mempengaruhi penguatan (amplifikasi) guncangan terhadap bangunan di atas permukaan tanah. Apabila kecepatan gelombang geser di permukaan tanah semakin kecil, maka amplifikasi guncangannya semakin besar. Nilai amplifikasi di lokasi ini tergolong cukup besar yaitu 7,96. Tingkat kepadatan batuan dapat

mengurangi amplifikasi guncangan terhadap bangunan di atas permukaan tanah, karena amplitudo gelombang yang menjalar di batuan padat relatif kecil. Sebaliknya pada sedimen lunak akan memperlama durasi gelombang yang menjalar di lokasi tersebut dan memperbesar amplitudo gelombangnya. Hal inilah yang dapat menyebabkan tingkat potensi resiko bencana gempa bumi semakin besar.

Dengan memasukkan data historis gempa bumi selama periode ulang 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun (1912-1987) serta periode dominan tanah diperoleh nilai PGA terkecil adalah 118,06 gal dan terbesar 576,59 gal, sedangkan untuk periode gempa bumi 100 tahun (1912-2012) diperoleh nilai PGA terkecil adalah 132,65 gal dan terbesar 645,43 gal. Setelah diperoleh nilai PGA dari persamaan Kanai dengan parameter *input* berupa nilai periode dominan tanah, magnitudo gempa, dan jarak hiposenter ke titik-titik lokasi penelitian kemudian dibuat kontur PGA untuk periode gempa 25 tahun, 50 tahun, 75 tahun, dan 100 tahun. Berdasarkan pengolahan data tersebut diperoleh bahwa untuk PGA 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun mempunyai nilai PGA yang sama, sehingga kontur PGA-nya dibuat satu peta (gambar 2). Untuk periode gempa 100 tahun diperoleh peta kontur PGA seperti ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 2 Peta kontur PGA periode gempa 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun.



Gambar 3 Peta kontur PGA periode gempa 100 tahun.

Untuk peta kontur mikro-zonasi PGA periode gempa 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun (gambar 2) dan periode gempa 100 tahun (gambar 3) menunjukkan bahwa besarnya nilai PGA lebih banyak dipengaruhi oleh besarnya nilai frekuensi dominan tanah di lokasi penelitian (14,05 Hz) selain dari magnitudo gempa dan jarak hiposenter ke titik lokasi penelitian. Pengaruh magnitudo gempa dan jarak hiposenter ke titik lokasi penelitian terhadap besarnya PGA periode 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun terjadi pada tanggal 25 Juni 1914 dengan magnitudo gempa 7,6 SR dan jarak hiposenter ke titik lokasi penelitian 168,26 km, sedangkan untuk periode 100 tahun terjadi pada tanggal 12 September 2007 dengan magnitudo gempa 8,5 SR dan jarak hiposenter ke titik lokasi penelitian 137,64 km. Nilai PGA terbesar untuk periode gempa 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun adalah 576,59 gal dan periode 100 adalah 645,43 gal yang terdapat di lokasi yang mempunyai nilai frekuensi dominan tanah yang paling tinggi yaitu di Pantai Air Petai, Kec. Putri Hijau, Kab. Bengkulu Utara dan nilai PGA terkecil terdapat di lokasi yang mempunyai nilai frekuensi dominan tanah yang paling terendah yaitu di Ds. Koto Jaya 1, Kec. MM Utara, Kab. Muko-muko.

Pembagian mikro-zonasi tingkat potensi resiko bencana gempa bumi berdasarkan nilai PGA mengacu kepada pembagian zona tingkat resiko gempa bumi menurut Fauzi (2001), sedangkan hubungan PGA dan intensitas pada skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI) mengacu kepada Wald, dkk. (1999). Berdasarkan peta kontur PGA periode gempa 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun (gambar 2), tingkat potensi resiko bencana gempa bumi di wilayah pesisir Kab. Muko-muko, Kab. Bengkulu Utara, Kab. Bengkulu Tengah, dan Kota Bengkulu dapat diklasifikasikan sebagaimana tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi tingkat potensi resiko gempa bumi berdasarkan nilai PGA periode gempa 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun.

No.	Nilai PGA (gal)	Tingkat Potensi Resiko	Skala Intensitas (MMI)
1	119,82-205,70	Resiko sedang tiga s.d. resiko besar tiga	VI - VII
2	205,71-288,01	resiko besar tiga	VII
3	288,02-327,37	Resiko besar tiga s.d. resiko sangat besar satu	VII - VIII
4	327,38-576,08	Resiko sangat besar satu	VIII

Tabel 3 Klasifikasi tingkat potensi resiko gempa bumi berdasarkan nilai PGA periode gempa 100 tahun.

No.	Nilai PGA (gal)	Tingkat Potensi Resiko	Skala Intensitas (MMI)
1	133,2-218,5	Resiko sedang tiga s.d. resiko besar tiga	VI-VII
2	218,6-559,6	Resiko besar tiga s.d. resiko sangat besar satu	VII-VIII
3	559,7-644,9	Resiko sangat besar satu s.d. resiko sangat besar dua	VIII-IX

Berdasarkan tabel 2, tingkat potensi resiko gempa berdasarkan nilai PGA periode gempa 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun di wilayah pesisir Kab. Muko-muko, Kab. Bengkulu Utara, Kab. Bengkulu Tengah, dan Kota Bengkulu mempunyai resiko sedang tiga s.d. resiko sangat besar satu pada skala intensitas (MMI) antara skala VI s.d. VIII. Untuk peta kontur mikro-zonasi PGA periode 100 tahun beserta tingkat potensi resiko gempa dan skala intensitas (MMI) diklasifikasikan seperti pada tabel 3. Untuk periode gempa 100 tahun tingkat potensi resiko gempa bumi berdasarkan nilai PGA-nya mengalami kenaikan yaitu resiko sedang tiga s.d. resiko sangat besar dua pada skala intensitas (MMI) dari skala VI s.d. IX. Kenaikan tingkat resiko gempa bumi ini disebabkan karena adanya gempa yang terjadi lebih besar dari periode sebelumnya selain jarak hiposenter ke titik lokasi penelitian yang lebih dekat. Semakin tinggi nilai PGA-nya pada suatu lokasi, maka semakin tinggi tingkat potensi resiko gempanya. Kondisi geologis (*site effect*) maupun litologi batuan juga sangat mempengaruhi dampak yang ditimbulkan akibat kejadian gempa bumi. Berdasarkan kondisi geologis (*site effect*) daerah setempat tersebut khususnya di daerah yang mempunyai nilai PGA yang tinggi dan litologi batuanya terdiri dari aluvium dan endapan rawa (<http://www.ulayat.or.id> dan Gafouer, dkk., 1992). Daerah-daerah tersebut mempunyai tingkat potensi resiko gempa bumi yang sangat tinggi.

Peristiwa gempa bumi sampai saat ini belum dapat diprediksi secara pasti baik besar, tempat, dan waktu kejadiannya. Untuk itu dalam rangka mitigasi bencana perlu memperhatikan kondisi geologis (*site effect*) maupun litologi daerah setempat, besarnya nilai PGA, dan kemungkinan tingkat resiko gempa di daerah tersebut. Untuk menghindari efek resonansi, pada daerah yang mempunyai frekuensi diri tanah tinggi, maka dalam membuat bangunan sebaiknya tidak bertingkat dan frekuensi diri bangunan harus lebih besar dari frekuensi diri tanah di lokasi tersebut. Untuk membuat bangunan

di daerah yang mempunyai tingkat resiko gempa tinggi harus memperhatikan kualitas bangunan yang lebih baik dan sebaiknya menempatkan bangunan di daerah yang mempunyai nilai PGA yang rendah. Peta mikro-zonasi tingkat potensi resiko gempa bumi ini juga dapat dijadikan acuan dalam perancangan pendirian bangunan, jembatan, dan jalan raya di sepanjang pesisir Provinsi Bengkulu untuk mengurangi dampak kerusakan bila terjadi gempa bumi di kemudian hari dan rencana tata ruang dan wilayah bagi pemerintah daerah setempat.

## **KESIMPULAN**

Nilai PGA di beberapa titik di Provinsi Bengkulu khususnya di sepanjang pesisir Kab. Muko-muko, Kab. Bengkulu Utara, Kab. Bengkulu Tengah, dan Kota Bengkulu, untuk periode gempa 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun adalah 118,06 gal s.d. 576,59 gal, sedangkan untuk periode gempa 100 tahun adalah 132,65 s.d. 645,43 gal. Berdasarkan peta kontur sebaran nilai PGA di wilayah-wilayah tersebut, tingkat potensi resiko bencana untuk periode gempa 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun beresiko sedang tiga s.d. resiko sangat besar satu pada skala intensitas (MMI) antara skala VI s.d. VIII. Untuk periode 100 tahun tingkat potensi resiko gempa berada pada resiko sedang tiga s.d. resiko sangat besar dua pada skala intensitas (MMI) antara skala VI s.d. IX. Tingkat potensi resiko gempa bumi untuk daerah yang mempunyai nilai PGA besar mempunyai dampak resiko sangat besar terhadap kejadian gempa bumi. Pada daerah yang mempunyai tingkat potensi resiko besar tersebut, maka harus diperhatikan faktor-faktor geologis (*site effect*) maupun litologinya, frekuensi dominan tanah, dan nilai PGA di lokasi tersebut yaitu dengan membuat bangunan dengan kualitas bahan yang lebih baik dan frekuensi diri bangunan harus lebih besar dari frekuensi dominan tanah untuk mengurangi dampak kerusakan akibat kejadian gempa bumi.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih setulusnya kepada DP2M Dirjen Dikti melalui dana penelitian hibah bersaing (PHB) tahap pertama TA 2013.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Brotopuspito, K.S. 2006. Percepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta 1943-2006. *J. Geofisika*. **1** (1): 19-22.



- Douglas, J. 2004. Ground Motion Estimation Equation 1964-2003. Department of Civil dan Environmental Engineering Imperial College London South Kensington Campus, United Kingdom.
- Fauzi, 2001, *Peluncuran Peta Gempa Bumi dan Seminar Sehari: Earthquake a Predictable Event*, Jakarta.
- Gafoer, S., Amin, T.C., dan Pardede, R. 1992. *Peta Geologi Lembar Bengkulu, Sumatra*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), Bandung.  
<http://www.ulayat.or.id>. *Peta Geologi Provinsi Bengkulu*. [26 Oktober 2013].
- Nakamura, Y. 2003. Development of Vulnerability Assesment Models using Microtremor/Strong Motion. *Prepared for 6<sup>th</sup> EQTAP Workshop in Kashikojima, Japan*. December 2003.
- Nakamura, Y. 2008. On the H/V Spectrum. *The 14<sup>th</sup> Word Conference on Earthquake Engineering*. Beijing, China. October 12-17, 2008.
- Slob, S., Hack, R., Scarpas, T., van Bemmelen, B., and Duque, A. 2002. A Methodology for Seismic Microzonation using GIS and Shake - A Case Study from Armenia, Colombia. *Proceeding of 9<sup>th</sup> Congress of the International Association for Engineering Geology and the Environment*. Durban, South Africa, 16 - 20 September 2002.
- Wald, D.J., Quitariano, V., Heaton, T.H., and Kanamori, H. 1999. Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California. *J. Earthquake Spectra*. **15** (3): 557-564.