

**ANALISIS NILAI *PEAK GROUND ACCELERATION* DAN INDEKS KERENTANAN SEISMIK BERDASARKAN DATA MIKROSEISMIK PADA DAERAH RAWAN GEMPABUMI DI KOTA BENGKULU**

**Yeza Febriani, Ika Daruwati, Rindi Genesa Hatika**

Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Pasir Pengaraian

**ABSTRAK**

Survey mikroseismik telah dilakukan pada tanggal 24 sampai 30 Agustus 2013 di Kota Bengkulu. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis nilai PGA dan nilai indeks kerentanan seismik Kota Bengkulu yang merupakan daerah yang sangat rawan terhadap gempabumi. Pengambilan data menggunakan seismometer DS-4A sebanyak 21 titik pengukuran. Nilai periode dominan dihitung dengan teknik *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr). Perhitungan nilai PGA diperoleh dengan menggunakan metode empiris Kanai untuk *event* gempa tanggal 04 Juni 2000 dengan magnitudo momen 7,9. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa Kota Bengkulu memiliki nilai PGA yang bervariasi dari 292 gal sampai 852 gal dan nilai kerentanan seismik dari 0,3 sampai 20,8. Nilai PGA dan indeks kerentanan seismik akan digunakan untuk memberikan rekomendasi dalam perencanaan wilayah di daerah penelitian, sehingga dapat meminimalkan tingkat kerusakan, serta korban akibat gempabumi yang akan terjadi.

**Keywords:** Mikroseismik, *Peak Ground Acceleration* (PGA), Indeks Kerentanan Seismik, Metode Kanai, HVSr, Gempa Bumi.

**PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan daerah pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Pasifik, Indo-Australia, dan Eurasia. Oleh karena itu, keaktifan kegempaan banyak terjadi pada daerah pertemuan antara lempeng-lempeng tersebut. Ketiga lempeng tersebut bergerak satu sama lainnya. Lempeng Indian-Australian bergerak dari selatan ke utara dan lempeng Pasifik bergerak dari timur ke barat.

Salah satu wilayah Indonesia yang merupakan daerah seismik aktif yaitu Kota Bengkulu, sehingga mengakibatkan Kota Bengkulu rawan terhadap gempabumi. Gempabumi yang terjadi di sekitar Kota Bengkulu dalam kurun waktu 1963-2011 tercatat rata-rata 25 kali/tahun dengan  $M_w$  sekitar 3,6-7,9.

Asumsi umum menyatakan bahwa semakin dekat suatu daerah terhadap sumber gempa, maka kerusakan yang ditimbulkan semakin besar, namun hal ini juga bergantung pada geologi lokal yang sangat berpengaruh signifikan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Secara garis besar, tingkat kerusakan yang mungkin terjadi bergantung pada kekuatan dan kualitas bangunan, kondisi geologi dan geotektonik lokasi bangunan, serta besarnya PGA dan indeks kerentanan seismik di daerah yang pernah terjadi gempabumi.

Perhitungan mengenai nilai PGA dan kerentanan seismik ditujukan untuk mengetahui tingkat kerawanan suatu daerah terhadap bahaya gempa bumi.

Kota Bengkulu pernah dilanda gempa tektonik dengan *moment*

*magnitude* sebesar 7,9 pada 4 Juni 2000. Gempa ini mengakibatkan banyak kerusakan bangunan permukiman penduduk, perkantoran, tempat ibadah, fasilitas umum, dan prasarana jalan, listrik dan air bersih. Korban manusia tercatat 2.641 orang, terdiri dari 92 orang meninggal dunia, luka berat 704 orang, luka ringan 1.845 orang (Sudibyakto, 2000).

Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi untuk mengetahui tingkat kerawanan suatu daerah terhadap bahaya gempa bumi dengan melakukan penelitian mengenai PGA di wilayah Kota Bengkulu yang dihubungkan dengan keadaan geologi Kota Bengkulu dan indeks kerentanan seismik Kota Bengkulu. Penelitian ini diharapkan sebagai referensi dalam meminimalisasi korban, serta kerusakan akibat bencana gempabumi.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Gempabumi

Gempabumi adalah peristiwa pelepasan energi secara tiba-tiba yang merupakan salah satu sumber yang dapat menimbulkan terjadinya penjarangan gelombang seismik. Seismolog Amerika, *Reid*, mengemukakan teori *elastic rebound*. Teori ini menyatakan, bahwa gempa bumi merupakan gejala alam yang disebabkan oleh pelepasan energi regangan elastis batuan akibat akumulasi energi dari peristiwa tekanan (*stress*) dan regangan (*strain*) pada kulit bumi yang terus-menerus.

Gempabumi dapat diklasifikasikan berdasarkan sumber penyebab terjadinya (Ibrahim dan Subardjo, 2003).

1. Gempabumi runtuh (*Collapse Earthquake*) adalah gempabumi yang disebabkan oleh runtuhnya lubang-lubang di dalam bumi, seperti gua, tambang dan sebagainya.

2. Gempabumi vulkanik (*Volcanic Earthquake*) adalah gempabumi yang berasal dari gerakan magma karena aktivitas gunung api.
3. Gempa bumi Tektonik (*Tectonic Earthquake*) adalah gempabumi yang disebabkan oleh aktifitas sesar karena perlipatan kerak bumi, pembentukan pegunungan dan sebagainya. Gempa bumi tektonik ini merupakan gempa bumi yang signifikan terjadi di bumi secara menyeluruh.

### *Ambient vibration (microseismic)*

Mikroseismik merupakan getaran alami (*ambient vibration*) yang berasal dari dua sumber utama yakni alam dan manusia (Nakamura, 2000). Rekaman dari gerakan tanah selalu mengandung *ambient vibration* (mikroseismik). Ini berarti, bahwa tanah tidak pernah benar-benar beristirahat (diam). Hal ini dikarenakan semua penghasil sumber energi membangkitkan gelombang seismik seperti laut dan gangguan meteorologi yang terus menerus, sehingga menjadi latar belakang adanya *noise* setiap saat.

### Klasifikasi gelombang mikroseismik

Ada dua teori yang menerangkan terjadinya gelombang mikroseismik yaitu sebagai berikut:

1. Teori pantai yang menyatakan bahwa gelombang mikroseismik berasal dari aktivitas ombak yang memecah pantai yang curam.
2. Teori siklon yang menyatakan bahwa gelombang ini berasal dari aktifitas angin siklon di atas laut dalam.

Bath, (1979) menyatakan bahwa berdasarkan observasi yang dilakukan pada stasiun-stasiun seismik di Swedia menjumpai:

1. Gelombang mikroseismik periode pendek (<2 detik) yang disebabkan oleh faktor-faktor seperti getaran mesin, angin, dan sebagainya.
2. Gelombang mikroseismik periode sedang (~8 detik) yang disebabkan pada saat terjadi badai di laut sebelah utara Norwegia.
3. Gelombang mikroseismik periode panjang (17-20 detik), timbulnya sangat jarang terjadi pada saat gelombang laut yang sangat besar.

Gelombang mikroseismik kelautan dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Gelombang mikroseismik primer yaitu gelombang mikroseismik yang mempunyai frekuensi yang sama dengan frekuensi gelombang laut yang menimbulkannya. Frekuensi gelombang berkisar antara 0,06-0,08 Hz.
2. Gelombang mikroseismik sekunder yaitu gelombang mikro seismik yang memiliki dua kali lipat frekuensi gelombang laut yang menimbulkannya. Frekuensi gelombang berkisar antara 0,125-0,17 Hz.

#### **Peak Ground Acceleration (PGA)**

*Acceleration* atau percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Percepatan getaran tanah maksimum adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempabumi.

Pada metode perhitungan nilai PGA dengan metode Kanai tidak hanya melakukan perhitungan secara rumus saja, tetapi juga dibutuhkan

data pengamatan yang dilakukan di lapangan. Metode ini mengkombinasikan antara parameter gempa bumi dan karakteristik tanah di suatu tempat.

Percepatan tanah pada permukaan menjadi maksimum dengan besarnya nilai perbesaran  $G(T)$  maka dapat ditulis persamaan:

$$\alpha_g = \frac{5}{\sqrt{T_g}} 10^{0,61M - (1,66 - \frac{3,6}{R}) \log_{10} \left( 0,167 - \frac{1,83}{R} \right)}$$

dengan:

$\alpha_g$  = Nilai percepatan getaran tanah titik pengamatan (gal)

$T_g$  = Periode dominan tanah titik pengamatan (s)

$M$  = *Moment magnitude*

$R$  = Jarak episenter (km)

$\alpha_g$  = Percepatan tanah pada *base rock* (gal).

#### **Indeks Kerentanan Seismik**

Indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) adalah indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi. Menurut Nakamura (2000), Nakamura (2000), indeks kerentanan seismik diperoleh dengan mengkuadratkan nilai puncak spektrum mikrotremor dibagi frekuensi resonansi, yang dirumuskan sebagai:

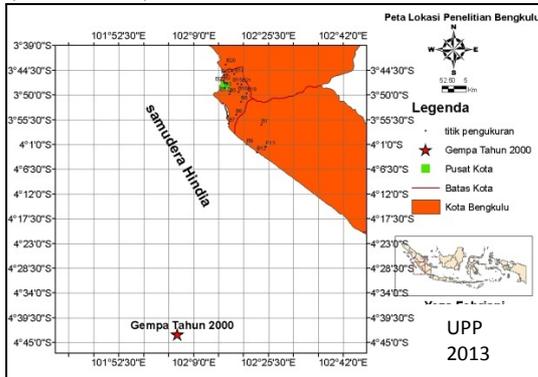
$$K_g = A^2 / f_0$$

Notasi dalam Rumus (8) tersebut adalah:  $K_g$  (indeks kerentanan seismik),  $A$  (puncak spektrum mikrotremor), dan  $f_0$  frekuensi.

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

Secara geografis lokasi penelitian terletak antara 102°16' – 102°23' BT dan 3°43' – 4°2' LS. Pemilihan titik lokasi didasarkan karena lokasi yang cukup parah yang diakibatkan

gempabumi, serta perbedaan kondisi geologi daerah Kota Bengkulu (Gambar 1).



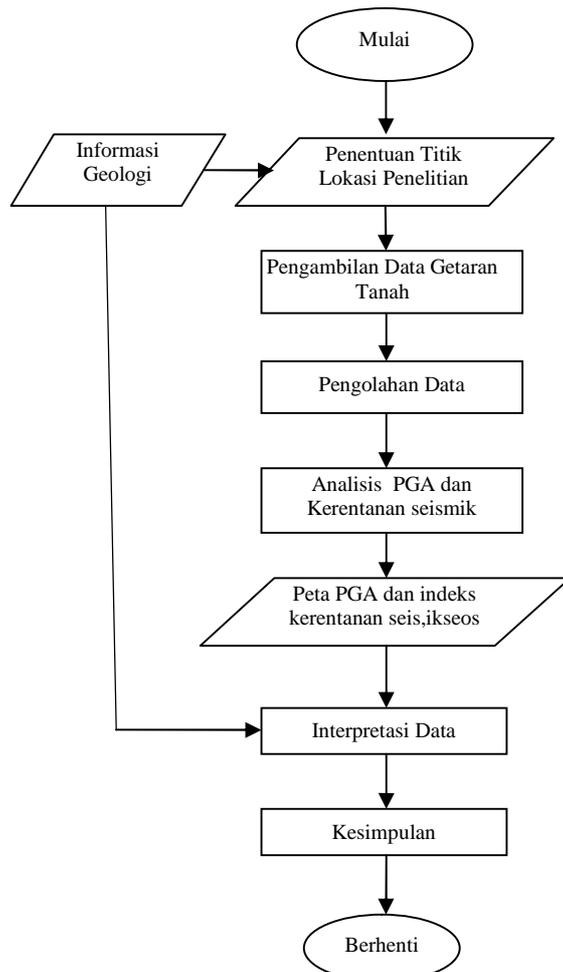
Gambar 1. Lokasi Penelitian

### Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Seismometer tiga komponen tipe DS-4A *feedback short-period seismometer*
2. Digitizer tipe TDL 303S *Digital Portable Seismograph*
3. Peralatan penunjang TDL 303S *Digital Portable Seismograph*
4. Komputer/Notebook untuk pemrosesan data dan analisis lebih lanjut.
5. GPS
6. Buku data
7. Peta geologi kota Bengkulu
8. Data sekunder tentang gempabumi dari tahun 1880 sampai 2011 diambil dari *USGS*.
9. Perangkat lunak yang terdiri dari :
  - a. Microsoft Windows XP 2007
  - b. Geopsy packs 2.4.2
  - c. Seisgram2K
  - d. Arcgis 9.3
  - e. Surfer 9
  - f. Microsoft Word 2007
  - g. Microsoft Excel 2007

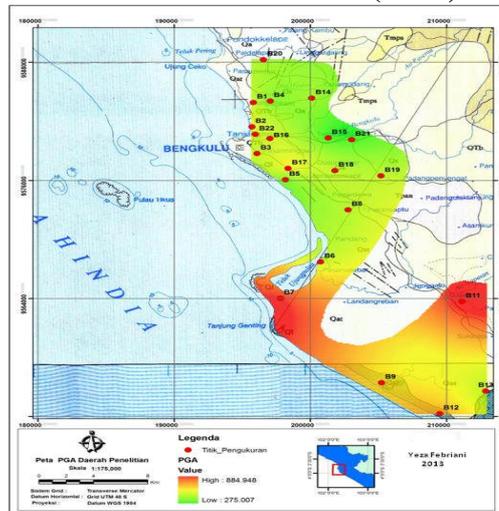
### Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

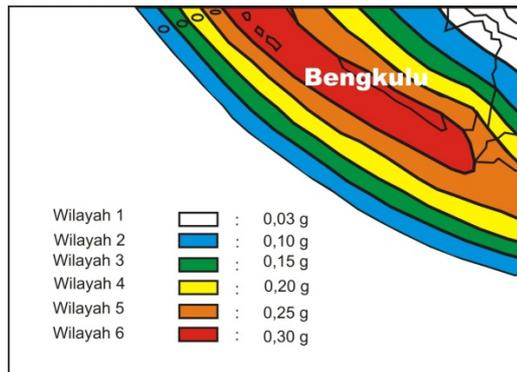
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Peak Ground Acceleration (PGA)*



Gambar 3. Peta Penyebaran PGA

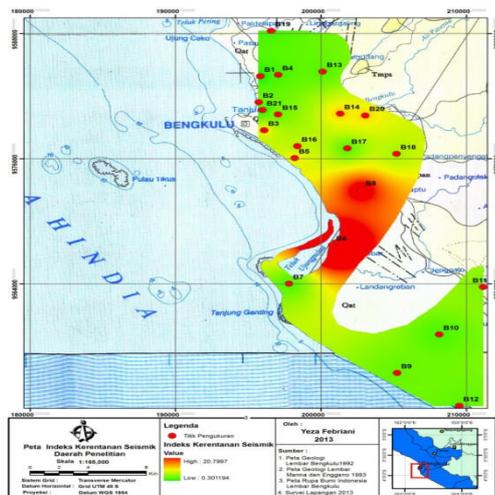
Gambar 4 peta penyebaran nilai PGA di daerah Kota Bengkulu. Nilai PGA wilayah Kota Bengkulu berkisar antara 292 gal sampai 852 gal. Nilai PGA terendah terdapat pada titik pengukuran B20 dan nilai PGA yang paling tinggi terdapat pada titik pengukuran B11.



Gambar 4. Peta Percepatan Getaran Tanah SNI 2010 (Tim revisi peta gempa Indonesia, 2010)

Dari peta PGA SNI 2010 terlihat bahwa hasil penelitian nilai PGA di Kota Bengkulu termasuk dalam zona yang paling tinggi nilai PGA di seluruh wilayah Indonesia. nilai PGA hasil penelitian mendekati *range* dari nilai peta PGA SNI yakni lebih dari 330 gal.

### Indeks Kerentanan Seismik



Gambar 5. Peta Penyebaran Indeks Kerentanan seismik

Gambar 5 peta penyebaran indeks kerentanan seismik di daerah Kota Bengkulu. Nilai indeks kerentanan seismik wilayah Kota Bengkulu berkisar antara 0,3 sampai 20,8. Nilai indeks kerentanan seismik terendah terdapat pada titik pengukuran B21 dan B21, serta nilai indeks kerentanan seismik yang paling tinggi terdapat pada titik pengukuran B8.

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

1. Nilai *peak ground acceleration* (PGA) daerah Kota Bengkulu mulai dari 292 gal sampai 852 gal (tingkat resiko besar tiga sampai tingkat resiko sangat besar dua). Nilai *peak ground acceleration* (PGA) yang tinggi didominasi oleh formasi bintunan dan batu gamping terumbu, sedangkan nilai percepatan getaran tanah yang lebih rendah dari formasi bintunan didominasi oleh alluvium, endapan rawa dan undak alluvium.
2. Nilai indeks kerentanan seismik daerah Kota Bengkulu mulai dari 0,3 sampai 20,8.

#### Saran

1. Sebaiknya data pengukuran mikroseismik dilakukan pada malam hari agar data yang diperoleh benar-benar data getaran tanah tidak terganggu oleh *noise*
2. Hasil dari penelitian ini sebaiknya disosialisasikan pada masyarakat agar menjadi rujukan mitigasi bencana Kota Bengkulu

### DAFTAR PUSTAKA

Bath, Markus. (1979). *Intensity Relation for Swedish*

- Earthquakes*. Seismological Institute
- Ibrahim, G., Subardjo. (2003). *Pengetahuan Seismologi*, Badan Meteorologi dan Klimatologi. Manado.
- Nakamura, Y. (2000). *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's*. System and Data Research Co. Ltd., 3-25-3 Fujimidai, Kunitachi-shi, Tokyo.
- Nakamura, Y. 2008. On The H/V Spectrum. The 14th *World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China.
- Sudibyakto. (2000). **Kajian dan Mitigasi Bencana Gempa Bumi: Studi Kasus Gempa Bumi Bengkulu 4 Juni 2000**. Majalah Geografi Indonesia 2000, XIV (2).
- Tim Revisi Peta Gempa Indonesia. (2010). *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010*. Bandung.