

## ANALISIS BAHAYA BENCANA GEMPABUMI DI WILAYAH BITUNG MENGUNAKAN METODE PROBABILITY SEISMIC HAZARD ANALYSIS

Pamela Sifra Lumingas<sup>1)</sup>, Heinrich Taunaumang<sup>2)</sup>, Farly Tumimomor<sup>3)</sup> dan Muhammad Zulkifli<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3</sup>FMIPA, Universitas Negeri Manado

<sup>4</sup>Badan Geofisika Manado, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

email: [pamelalumingas@gmail.com](mailto:pamelalumingas@gmail.com)

### ABSTRAK

Kabupaten Bitung merupakan daerah seismik aktif di Provinsi Sulawesi Utara. Hal ini disebabkan adanya aktivitas lempeng tektonik antara lain subduksi Laut Maluku Barat dan subduksi Palung Sulawesi Utara yang dapat menimbulkan bencana gempa. Gempa bumi merupakan bencana tak terduga yang dapat menimbulkan bahaya bagi suatu wilayah. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah meminimalisir dampak bencana gempa bumi. Penelitian dilakukan dengan studi analisis bahaya gempa menggunakan pendekatan probabilitas dengan periode ulang 500 tahun, probabilitas melebihi 10% pada usia bangunan 50 tahun pada kondisi  $T = 0$  detik,  $T = 0,2$  detik dan  $T = 0,1$  detik. Perhitungan PSHA di wilayah Bitung diperoleh nilai PGA sebesar 1.4g - 1.8g, nilai SA  $T = 0.2$  sekon 1,7g-2,1g dan nilai SA  $T = 1,0$  sekon 0,5-0,6g. adapun turbulensi hasil konversi nilai PGA berada pada skala VIII-IX MMI yang berarti dapat menimbulkan risiko kerusakan yang serius pada bangunan.

**Kata kunci:** Bahaya seismik, PGA, PSHA, probabilitas

### ABSTRACT

*Bitung district was an active seismic area in North Sulawesi Province. This is because of plate tectonic activity, among other things, subduction of West Molucca Sea and subduction of North Sulawesi Trench that can cause earthquake disaster. Earthquake is an unpredictable disaster that can pose a danger to a region. So the purpose of the research is to minimize the impact of the earthquake disaster. The study conducted with study of the earthquake hazard analytics using probability approaches with 500-year-old return period, probability exceeded 10% in 50 years of building age in condition  $T = 0$  second,  $T = 0.2$  second and  $T = 0.1$  second. PSHA's calculation in the Bitung region were obtained at PGA value of the same amount 1.4g - 1.8g, SA value  $T = 0.2$  second is 1,7g-2,1g and SA value  $T = 1,0$  second is 0,5-0,6g. as for the turbulence of the result of te conversion of the PGA value being on the VIII-IX MMI scale which means it can cause a serious risk of damage to the building.*

**Keywords:** seismic hazard, PGA, PSHA, probability.



katalog gempa yaitu *Advance National Seismic System* (ANSS), relokasi *Engdahl Van der Hilst* (EHB) serta katalog gempa BMKG. Data kejadian gempabumi dari berbagai katalog yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai perbedaan dalam skala magnitudo. Hal tersebut perlu dilakukan penyeragaman magnitudo. Skala magnitudo yang digunakan adalah skala magnitudo momen ( $M_w$ ).

Dalam mengolah ke tahap selanjutnya data tersebut didecluster atau pemisahan gempa utama dan susulan dengan bantuan software ZMAP yang dijalankan pada aplikasi MATLAB 2007. Kemudian selanjutnya ialah menentukan parameter seismic hazard dengan menentukan model-model sumber gempa pada daerah penelitian, menentukan parameter nilai  $b$  dan magnitudo maksimum dengan bantuan software ZMAP. Tahap-tahap tersebut yang dinamakan tahap pengolahan gempabumi.

Selanjutnya dilakukan penentuan fungsi atenuasi. Dari penentuan tersebut ada nilai-nilai yang akan didapat dan yang akan diolah kembali. Pengolahan tersebut menggunakan program PSHA-USGS 2007. Kemudian data yang ada dimodelkan menjadi peta hazard atau peta bahaya bencana gempabumi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

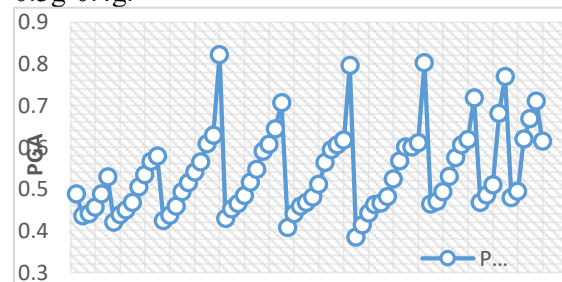
Salah satu parameter *seismic hazard* yang dapat mengestimasi bahaya kegempaan adalah nilai *peak ground acceleration* (PGA). Nilai percepatan tanah yang diperhitungkan sebagai salah satu bagian dalam perencanaan bangunan tahan gempa yaitu nilai percepatan tanah maksimum (Hadi, dkk., 2012). Dimana notasi PGA atau percepatan tanah adalah  $g$ , yang merupakan akselerasi akibat gravitasi. Metode untuk menghitung nilai PGA adalah salah satunya menggunakan pendekatan secara PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*).

Dalam penelitian ini hasil metode tersebut adalah berupa peta kontur nilai percepatan di batuan dasar wilayah penelitian terkait.

Setelah dilakukan pengolahan data, maka didapatkan model percepatan tanah di wilayah Sulawesi Utara dengan probabilitas terlewat 10% dalam 50 tahun atau dengan periode ulang gempa bumi 500 tahun. Model percepatan tanah yang dihasilkan terdiri dari 3 jenis, yaitu PGA atau pada periode  $T=0$  detik, pada periode  $T=0.2$  detik, dan pada periode  $T=1$  detik

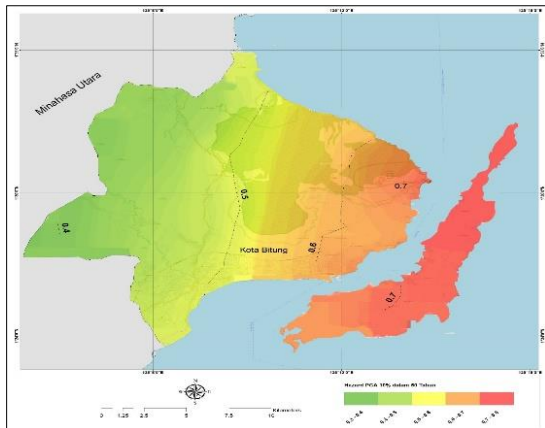
### Analisa Peta Hazard di Wilayah Bitung (PSHA $T=0$ detik PE 10% 50 tahun)

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa rentang nilai PGA di batuan dasar wilayah Bitung, dengan periode  $T=0$  detik probabilitas terlewat 10% dalam 50 tahun usia bangunan (periode ulang gempabumi 500 tahun). Berdasarkan hasil analisa *seismic hazard* / wilayah bahaya gempabumi secara probabilitas diperoleh nilai maksimum PGA sebesar 0.7g-0.8g dan nilai minimum PGA 0.3g-0.4g.



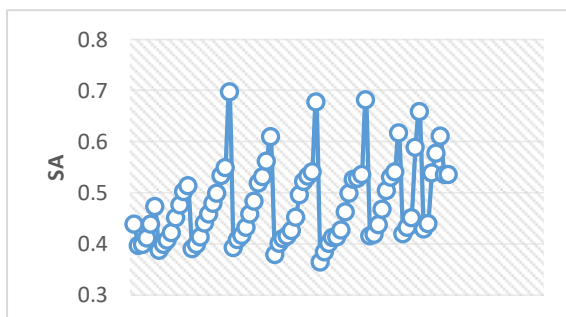
Gambar 2. Grafik Sebaran Nilai PGA di Kota Bitung pada Kondisi  $T=0$  detik

Rentang nilai PGA dibuat kedalam pola kontur PGA pada peta *hazard* gempabumi seperti Gambar 3. Pada 3 menunjukkan kontur PGA peta *hazard* gempa bumi di batuan dasar pada kondisi PGA dengan periode  $T=0$  detik untuk 10% probabilitas terlampaui (*Probability Exceedance / PE*) 50 tahun usia bangunan. Artinya masih tetap ada kemungkinan 10% percepatan gempa akan lebih besar dari yang terdapat di peta selama 50 tahun masa usia bangunan. Pada peta bahaya dengan periode  $T=0$  detik, dapat dilihat bahwa nilai tertinggi PGA di wilayah Bitung adalah 0.7 g yang ditunjukkan pada yang berwarna orange. Hal ini disebabkan karena bahaya seismik di wilayah Sulawesi Utara tepatnya di Kota Bitung pada periode  $T=0$  detik didominasi oleh sesar *West Molucca Sea*. Dominasi sesar ini menyebabkan nilai PGA semakin rendah bila menjauh dari bidang sesar yang memanjang dari selatan di tenggara Bitung hingga ke utara di antara Kepulauan Sangihe dengan Kepulauan Talaud. Sedangkan nilai PGA terendah di wilayah kota Bitung berada pada nilai PGA 0.4g yang berwarna kehijauan.



Gambar 2. Peta *Hazard* Gempabumi Kota Bitung Periode  $T=0$  detik untuk PE 10% dalam 50 tahun (Periode Ulang 500 Tahun).

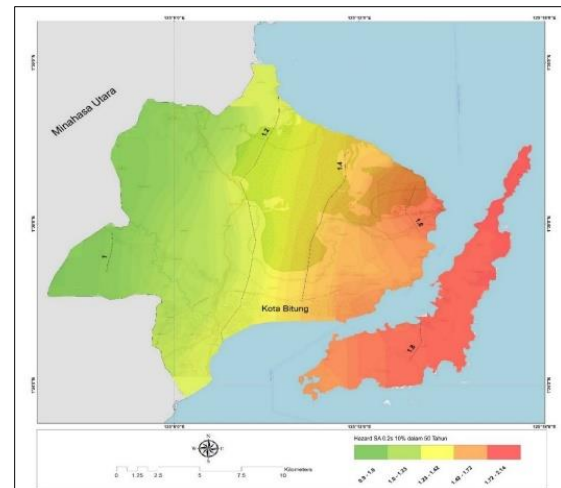
### Analisa Peta *Hazard* di Wilayah Bitung (PSHA $T=0.2$ detik, PE 10% 50 tahun).



Gambar 3. Grafik Sebaran Nilai PGA di Kota Bitung pada Kondisi  $T=0.2$  detik.

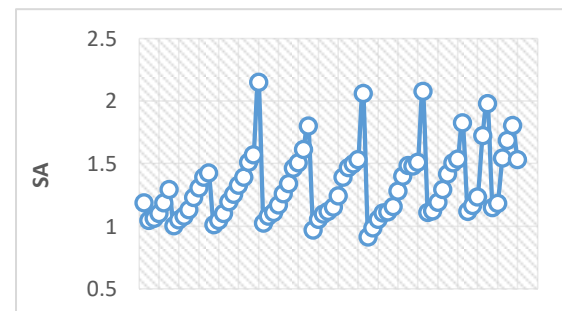
Gambar 3 menunjukkan bahwa rentang nilai SA (*Spectral Acceleration*) di batuan dasar wilayah Bitung dengan periode  $T=0.2$  detik probabilitas terlewat 10% dalam 50 tahun usia bangunan (periode ulang gempabumi 500 tahun) memiliki nilai maksimum sebesar 1.7g-2.1g dan nilai minimum kurang dari 1g. Pola Kontur SA pada peta *hazard* gempabumi di wilayah Bitung pada periode  $T=0.2$  detik dilihat pada gambar 4. Berbeda dengan peta *hazard* gempabumi di wilayah Bitung periode  $T=0$  detik, peta bahaya pada periode  $T=0.2$  detik dominasi bahaya seismik tidak hanya akibat sesar *West Molucca Sea* tetapi juga berasal dari *North Sulawesi Trench* (NST) yang lokasinya di utara Pulau Sulawesi memanjang dari barat ke timur hingga sebelah barat Manado. Dominasi dari dua sumber gempa ini menyebabkan nilai SA tertinggi terletak di wilayah Bitung dengan nilai 1.8g yang ditunjukkan pada area berwarna orange serta nilai terendah yaitu 1g yang ditunjukkan pada

kontur warna hijau. Nilai PGA pada periode  $T=0.2$  detik ini juga menjadi nilai tertinggi dibandingkan dengan periode  $T=0$  detik atau  $T=1$  detik.



Gambar 4. Peta *Hazard* Gempabumi Kota Bitung Periode  $T=0.2$  Detik untuk PE 10% dalam 50 Tahun (Periode Ulang 500 Tahun)

### Analisa Peta *Hazard* di Wilayah Bitung (PSHA $T=0.3$ Detik, PE 10% 50 Tahun).

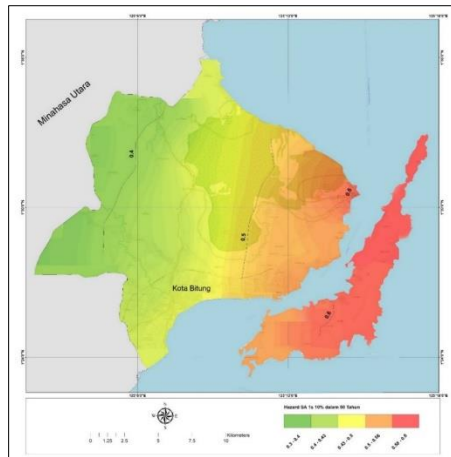


Gambar 5. Grafik Sebaran Nilai PGA di Kota Bitung Pada Kondisi  $T=1$  Detik

Pada Gambar 5 menunjukkan rentang nilai rentang SA di batuan dasar wilayah Bitung dengan periode  $T=1$  detik probabilitas terlewat 10% dalam 50 tahun usai bangunan (periode ulang gempabumi 500 tahun). Berdasarkan hasil analisa, diperoleh nilai maksimum SA sebesar 0.5g-0.6g. dan minimum 0.3g-0.4g.

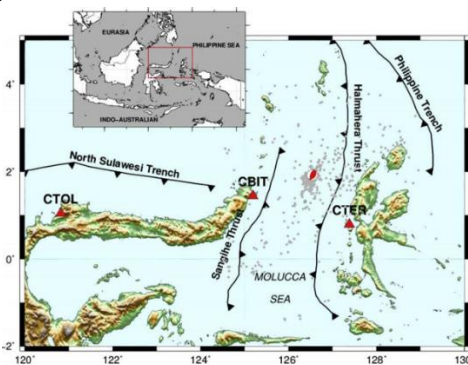
Sedangkan Gambar 6 menunjukkan pola kontur pada peta *hazard* gempabumi di wilayah Bitung. Berdasarkan sebaran nilai kontur pada periode  $T=1$  detik ini, wilayah *seismic hazard* dominan pada yang berwarna orange dengan nilai SA 0.6g sedangkan wilayah *seismic hazard* kecil berwarna hijau dengan nilai SA 0.4g.





Gambar 6. Peta Hazard Gempabumi di Wilayah Bitung Periode T=1 Detik Untuk PE 10% dalam 50 Tahun (Periode Ulang 500 Tahun)

Dari peta bahaya, diketahui bahwa daerah yang memiliki tingkat bahaya *seismik* tertinggi di wilayah Bitung berada pada ujung Timur wilayah Bitung dan Pulau Lembe yang secara administrasi termasuk dalam wilayah Bitung. Daerah-daerah ini memiliki tingkat bahaya *seismik* yang tinggi karena lokasinya yang cukup dekat dengan sumber gempabumi baik sesar *West Molucca Sea* maupun *North Sulawesi Trench*, seperti gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. West Molucca Sea dan North Sulawesi Trench

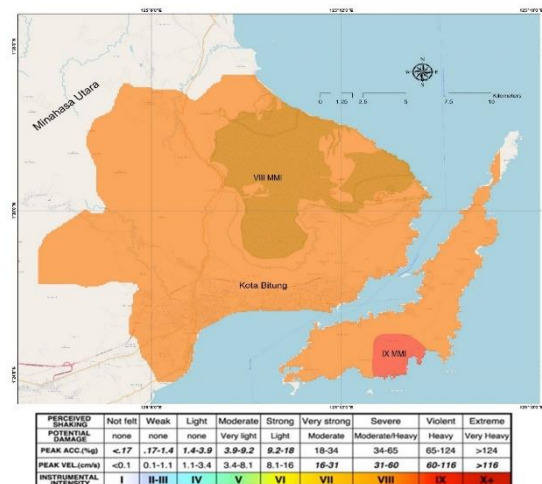
### Protensi Hazard Gempabumi di Kota Bitung

Dengan menggunakan pendekatan skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*) dari data sebaran nilai PGA di wilayah Bitung dapat diperoleh potensi kerusakan akibat dari gempa bumi berdasarkan data PGA yang diperoleh dari pemodelan PSHA. Untuk hasil konversi dari PGA ke MMI menggunakan persamaan Wald, dkk (1999b). Persamaan ini disederhanakan oleh Worden, dkk (2011) dalam bentuk skala peta guncangan

(*shakemap*) USGS seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Skala Peta Guncangan (USGS) Berdasarkan Sebaran Nilai PGA.

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<.0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+



Gambar 8. Peta Sebaran Skala MMI Dari Peta Hazard Gemabumi di Kota Bitung

Gambar 8 menggambarkan sebaran nilai MMI berdasarkan data PGA pada kondisi 0 detik dari hasil program PSHA. Dapat diperhatikan bahwa sebagian besar wilayah Bitung berada pada skala guncangan VIII-IX MMI yang artinya kondisi pada skala tersebut, memiliki tingkat resiko yang dapat menyebabkan kerusakan berat seperti kerusakan pada bangunan yang kuat, rangka-rangka rumah menjadi tidak lurus dan banyak retak, rumah tampak agak berpindah dari pondamennya serta pipa-pipa dalam rumah putus.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di wilayah Bitung dengan menggunakan Metode *Probability Seismic Hazard Analysis* (PSHA) serta data katalog gempa *Advance National Seismic System*, relokasi *Engdahl Van der Hilst* serta katalog gempa lainnya dari BMKG, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan PSHA di wilayah Bitung diperoleh nilai PGA terendah yaitu 0.4g

yang disebabkan oleh *West Molucca Sea*. Sedangkan nilai PGA terbesar adalah 1.8g yang disebabkan oleh *North Sulawesi Trench* (NST) dan *West Molucca Sea*.

2. Secara probabilitas *seismic hazard* di wilayah Bitung berdasarkan data PGA pada kondisi 0 detik berada pada skala guncangan VIII-IX MMI. Keadaan tersebut dapat menyebabkan resiko kerusakan pada bangunan yang kuat, rangka-rangka rumah menjadi tidak lurus dan banyak retak, rumah tampak agak berpindah dari pondamennya serta pipa-pipa dalam rumah putus.

## 5. REFERENSI

- Baker, W. J. (2008) An Introduction to Probabilistic Seismic Hazard Analysis (Version 1.3 October 1, 2008)
- BMKG. (2019). Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821 – 2018. Jakarta: Pusat Gempabumi dan Tsunami Kedepatian Bidang Geofisika Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Gunawan E, Kholil M, Meilano I. (2016) Splay-Fault Rupture During The 2014 Mw 7.1 Molucca Sea, Indonesia, Earthquake Determined Form GPS Measurements. *Physics of The Earth and Planetary Interiors*, 259 (2016), 29-33.
- Gunawan E, Kholil M, Meilano I. (2016). Splay-Fault Rupture During The 2014 Mw 7.1 Molucca Sea, Indonesia, Earthquake Determined Form GPS Measurements. *Physics of The Earth and Planetary Interiors*,
- Hadi, A.I., Farid, M dan Fauzi, Y. (2012) Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Kerentanan Seismik Akibat Gempa Bumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu (*Jurnal Ilmu Fisika Indonesia* Vol. 1 No.(2) Tahun 2012) 259 (2016), 29-33.
- Pemerintah Indonesia. (2014). Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2009 tentang Kawasan Ekonomi Khusus. Lembaran RI Tahun 2009 No. 147. Jakarta : Sekretariat Negara.
- Sungkowo, A. (2018). Perhitungan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Berdasar Rekaman Sinyal Acceleograph di Stasiun Pengukuran UNSO Surakarta. *Journal of Applied Physics*, 8(1), 203.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia 2017. Kabupaten Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Wiemar, S. (2001). A Software Package to Analysis Seismicity: ZMAP (*Seismology Research Letter* Vol. 72 No.2 Tahun 2011)
- Zulkifli, M. (2016). Studi Bahaya Seismik Menggunakan Metode Probabilistik dan Deterministik di Wilayah Halmahera [skripsi]. Tanggerang Selatan: Program Sarjana Terapan Geofisika, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.