

ANALISIS RESIKO GEMPA BUMI DI KABUPATEN BANTUL

Ami Dwi Ananto, Edi Widodo Dosen Universitas Islam Indonesia

*Jurusan Statistika Universitas Islam Indonesia
amidwiananto@gmail.com, edykafifa@gmail.com

Abstrak

Pada makalah ini akan dibahas mengenai analisis resiko gempa bumi di kabupaten bantul. Penelitian sebelumnya, membahas bencana gempa bumi yang lalu, yaitu Gempa Bantul 2006 mengakibatkan kerugian yang sangat besar dikarenakan banyak bangunan rusak bahkan hancur. Struktur yang tidak dapat menahan kekuatan guncangan tertentu akibat gempa bumi mengakibatkan bangunan masyarakat mudah hancur. Sehingga menurut penulis menjadi penting untuk memperkirakan dampak guncangan yang dapat ditimbulkan oleh gempa bumi di masa 50 tahun dan 100 tahun mendatang. Metode yang digunakan adalah PHSA (*Probabilistic Hazard Seismic Risk Analysis*) dan DHSA (*Deterministic Hazard Seismic Risk Analysis*) yaitu untuk menghitung percepatan tanah puncak dan probabilitas kemungkinan terlampauinya percepatan getaran tanah. Hasil yang didapat diketahui bahwa Bantul merupakan daerah yang termasuk dalam kategori bahaya terhadap gempa bumi dengan probabilitas diatas 15%.

Kata Kunci: Resiko Gempa; PHSA; DHSA; Bantul.

1. PENDAHULUAN

Secara geologis, Kabupaten Bantul berdekatan dengan zona subduksi aktif selatan pulau jawa dari lempeng tektonik Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Terletak dalam susunan geologi yang luar biasa, Kabupaten Bantul memiliki ancaman terhadap bahaya seismik, dan diperkirakan akan mengalami gempa lain dengan instensitas tinggi dalam 50 tahun kedepan (Hizbaron et al, 2012). Tentu ancaman resiko ini tidak dapat diabaikan. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah memperkirakan besarnya dan kecepatan gempa untuk beberapa periode ke depan. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi aturan yang sudah ada yang mencakup ruang lingkup keselamatan dan desain bangunan di Kabupaten Bantul. Peluang yang didapatkan bisa digunakan sebagai penguat argumen pemerintah untuk menyosialisasikan standar bangunan tahan gempa di Provinsi DI Yogyakarta umumnya dan Kabupaten Bantul khususnya.

Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Deterministic Hazard Seismics Risk Analysis* (DHSA) dan *Probabilistic Hazard Seismics Risk Analysis* (PHSA). Konsep dasarnya adalah dengan memperkirakan percepatan gerakan tanah di permukaan tempat manusia bermukim. Percepatan getaran tersebut berdampak pada segala hal yang berada diatasnya termasuk runtuhnya bangunan, retaknya jalan raya, hingga tsunami. Dampak getaran ini sangat terpengaruh pada atenuasi (peluruhan energy gempa dan geologis setempat). Atenuasi sangat dipengaruhi oleh kekuatan gempa, jarak serta kedalaman pusat gempa. Atenuasi dibatasi oleh kekuatan gempa dan jarak serta kedalaman pusat gempa untuk daerah yang akan ditinjau kejadian gempunya. Atenuasi dihitung melalui persamaan yang telah dirumuskan oleh sejumlah

ahli peneliti kegempaan yang telah dilakukan penelitian di sejumlah tempat dan diperoleh persamaan untuk menghitung percepatan gempa setempat.

DHSA digunakan untuk mengestimasi dampak yang timbulkan oleh gempa bumi. Dengan memperoleh rekaman data gempa di suatu lokasi maka resiko tercapai atau terlampaui intensitas suatu pergerakan tanah setempat dapat diperkirakan melalui penerapan-penerapan rumusan-rumusan statistik. Perhitungan resiko gempa dilakukan dengan dasar informasi kegempaan yang diambil dari suatu daerah. Informasi ini berupa pencatatan gempa yang pernah terjadi dan atau sejarah kejadian gempa pada lokasi tersebut. Model kejadian gempa yang digunakan dalam studi ini adalah *Least Square Method* (Gutenberg & Richter, 1944).

Selanjutnya adalah dengan metode PHSA. Merupakan wujud pertimbangan yang digunakan sebagai pembanding dengan pendekatan probabilistik. Pendekatan probabilistik digunakan agar diperoleh hasil yang dapat mendekati dengan gambaran dan kondisi daerah yang ditinjau. Tujuannya adalah untuk mengukur unsur ketidakpastian dari parameter yang didapat.

2. METODE PENELITIAN

Teknik Pengambilan Data

Pada penelitian ini menggunakan data gempa yang diambil dari katalog gempa *National Earthquake Information Center U.S. Geological Survey* (USGS). Data bisa di download melalui <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>. Berikut kriteria pengambilan data rekam gempa dari USG:

Rentang waktu	: 1/Januari/1950 – 1/Desember/2015
Kekuatan gempa	: 5.0 – 9.0 Magnitude
Kedalaman gempa	: 0 – 500 km
Titik tinjau	: 778° 98' 19" LS dan 110° 36' 27.6" BT
Outsidedecircular radius	: 300 km

Metode

Gempa bantul dari data USGS memiliki skala gempa yang berbeda. Untuk itu perlu di konfersi menjadi skala gempa yang sama (M_w) untuk menyamakan hasil dari analisis resiko gempa. Asrurifak (2010) memiliki konfersi menjadi satuan gempa yang sama.

Tabel 1. Korelasi Konversi

Korelasi Konversi
$M_w = 0.143M_s^2 - 1.051M_s + 7.285$
$M_w = 0.114M_b^2 - 0.556m_b + 5.560$
$M_w = 0.787M_E - 1.537$
$m_b = 0.125M_L^2 - 0.389M_L + 3.513$
$M_L = 0.717M_D + 1.003$

Untuk menganalisis Gempa di Kabupaten Bantul memerlukan nilai dari jarak episenter dan jarak hiposenter. Untuk dapat menemukannya bisa menggunakan rumus yang terdapat didalam makalah Putra (2012) sebagai berikut:

$$r = \cos^{-1}(\sin(\text{lat } 1) \times \sin(\text{lat } 2) + \cos(\text{lat } 1) \times \cos(\text{lat } 2) \times \cos(\text{long } 2 - \text{long } 1)) \times R \quad (1)$$

Setelah itu untuk mencari jarak hyposenter (H) dapat menggunakan teorema Pitagoras:

$$H = \sqrt{r^2 + d^2} \quad (2)$$

dengan r merupakan Epicenter dan d merupakan kedalaman dari gempa.

Fungsi Atenuasi

Fungsi atenuasi adalah suatu fungsi yang menggambarkan korelasi antara intensitas gerakan tanah setempat (i) dan magnitudo (M) serta jarak (R) dari suatu sumber titik dalam daerah sumber. Fungsi atenuasi merupakan alat yang penting dalam implementasi resiko kegempaan dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Fungsi atenuasi sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah lokal di titik tinjau. Untuk Kabupaten Bantul memiliki tanah dengan tipe Soil menurut Septianusa et al, (2015). Untuk tanah soil digunakan persamaan fungsi atenuasi dari Youngs et al (1997) kemudian menghitung nilai maksimum percepatan tanah pada waktu T tahun dengan persamaan Gumbel I.

$$\ln PGA = -0,6687 + 1,438 M - 2,329 \ln(r + 1,097 e^{0,617 M}) + 0,00648H + 0,3643Z_T \quad (3)$$

dengan $\ln PGA$ dengan satuan(gals), M merupakan momen magnitudo gempa $M \geq 5$, r jarak episenter (km), H merupakan Hiposenter dan Z_T merupakan tipe sumber gempa yang mana 0 untuk *interface* dan 1 untuk *interslab*. Setelah itu mencari nilai konstanta dari parameter Gumberl I yaitu A , B , α dan β menggunakan persamaan berikut:

$$G(M) = e^{(-\alpha \cdot e^{-\beta M})} \quad (4)$$

dengan α merupakan rata-rata jumlah gempa bumi per tahun, β adalah parameter yang menyatakan hubungan antara distribusi gempa bumi dengan magnitudo, dan M adalah besar gempa. Kemudian, setelah mendapatkan konstanta A , B , α dan β di setiap kabupaten Kabupaten Bantul, proses selanjutnya adalah menghitung korelasi antara periode ulang T dan percepatan dengan menggunakan rumus berikut:

$$a = \frac{\ln(T \cdot \alpha)}{\beta} \quad (5)$$

Perhitungan Probabilitas

Perhitungan probabilitas terlampaui dari PGA (Li et al, 2010). Pertama, mencari distribusi kemungkinan tingkat tanah-gerak untuk skenario dari sumber gempa dari hubungan atenuasi:

$$P_i(\ln PGA) = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{[\ln PGA - g(m_i, d_i)]^2}{2\sigma_n} \right\} \quad (6)$$

Kemudian, mencari probabilitas terlampaui oleh integrasi:

$$P_i(\ln PGA > \ln a) = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} \int_{\ln a}^{\infty} \exp\left\{-\frac{[\ln PGA - g(m_i, d_i)]^2}{2\sigma_n^2}\right\} d \ln PGA = 1 - \Phi\left(\frac{\ln PGA - g(m_i, d_i)}{\sigma_n}\right) \tag{7}$$

Kemudian, menjumlahkan semua skenario dari sumber gempa, untuk mendapatkan tingkat tahunan sebesar melebihi setiap lnPGA:

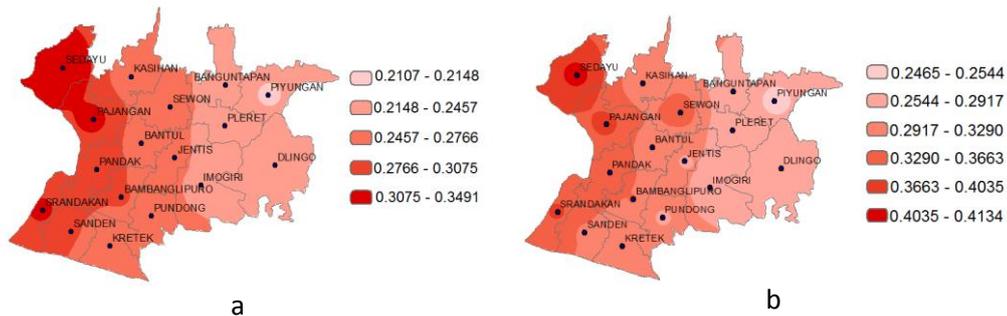
$$R_{tot}(\ln PGA > \ln a) = \sum_{i=1}^N R_i(\ln PGA > \ln a) = \sum_{i=1}^N r_i P_i(\ln PGA > \ln a) \tag{8}$$

Kemudian, dengan menggunakan distribusi Poisson, kita dapat menghitung probabilitas terlampaui setiap permukaan tanah-gerak dalam tahun T:

$$P(\ln PGA > \ln a | T) = 1 - \exp(-R_{tot} T) \tag{9}$$

Dengan PGA merupakan *Peak Ground Accelaration*, $g(m_i, d_i)$ merupakan mean dari lnPGA, σ_i merupakan deviasi standar dari lnPGA, a merupakan periode ulang PGA dalam T tahun (gals) dan R merupakan periode ulang PGA dalam T tahun (gals).

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



Gambar 3.1. a. Nilai PGA untuk 50 Tahun, b. Nilai PGA untuk 100 Tahun

Table 3.1 Kelas Indikator Intensitas Gempa Bumi Skala Marcelli

Number	Kelas Bencana	Intensitas (MMI)	Nilai Percepatan (Gals)
1	Rendah	< VI	< 0.15
2	Sedang	VI-VII	0.15 – 0.20
3	Tinggi	> VII	> 0.20

Sumber: Oktariadi, 2009

Setelah perhitungan menggunakan rumus pada metode penelitian untuk 17 kecamatan di Kabupaten Bantul diperoleh hasil nilai percepatan tanah ke T tahun dan probabilitasnya (Tabel 3.2). Pada Tabel 3.1 telah dibagi untuk tingkatan gals oleh Marcelli dalam makalah Oktariadi 2009 dimana Marcelli membagi gempa menurut gals menjadi 3 kelas bencana bahaya yaitu; rendah, sedang dan tinggi. Kemudian pada Tabel 3.1 telah diketahui nilai gals untuk

Tabel 3.2 Nilai PGAPer Kecamatan di Kabupaten Bantul

Kecamatan	A	B	α	β	Hubungan antara Periode Ulang (T) dan Percepatan (a) di Gals		Probabilitas Gals Melebihi di T Tahun	
					50 tahun	100 tahun	50 tahun	100 tahun
					Banguntapan	-0.54537	-0.6196	1.110235
Jetis	0.067532	-16.1366	1.069865	16.13665	0.246616	0.289571	0.171482	0.154203
Pleret	0.124411	-17.8417	1.132481	17.84167	0.226236	0.265086	0.228971	0.211695
Bambanglipuro	-0.01042	-13.9425	0.989634	13.94247	0.279836	0.329551	0.102626	0.087792
Sewon	0.023179	-15.3483	1.02345	15.34826	0.256394	0.301555	0.112544	0.095954
Imogiri	0.099166	-16.8716	1.104249	16.8716	0.237748	0.278832	0.212544	0.195993
Kretek	0.080607	-16.0406	1.083945	16.04058	0.248908	0.29212	0.205605	0.189884
Sanden	0.000112	-14.1051	1.000112	14.1051	0.277356	0.326498	0.114716	0.099399
Srandakan	-0.07681	-12.2211	0.926066	12.22109	0.313819	0.370537	0.056195	0.04534
Sedayu	-0.15141	-10.7709	0.859496	10.77093	0.349145	0.413498	0.01797	0.012879
Pandak	-0.06459	-12.6476	0.937451	12.64764	0.304202	0.359006	0.061119	0.049594
Pajangan	-0.09645	-12.0355	0.908053	12.0355	0.317026	0.374618	0.039744	0.030778
Kasih	0.000136	-15.0019	1.000136	15.00191	0.260777	0.306981	0.08512	0.070004
Piyungan	0.172513	-19.3786	1.188287	19.3786	0.210776	0.246544	0.280337	0.264098
Bantul	0.005134	-14.6291	1.005147	14.62906	0.267766	0.315147	0.106041	0.090416
Pundong	0.087282	-16.2955	1.091204	16.29551	0.245424	0.28796	0.210545	0.194782
Dlingo	0.165787	-18.5487	1.180321	18.54865	0.219844	0.257213	0.306113	0.29429

tiapKecamatan di Kabupaten Bantul dengan periode ulang 50 tahun dan 100 tahun. Didapat untukperiode ulang 50 tahun didapatkan nilai gals berada pada tingkatan bahaya tinggi dalam skala Marcelli, begitupun untuk 100 tahun. Skala Marcelli digunakan untuk mengukur kerusakan yang disebabkan oleh gempa bumi. Nilai percepatan terendah untuk periode ulang 50 tahun berada di Kecamatan Piyungan dan nilai percepatan tertinggi berada di Kecamatan Sedayu. Hal ini juga terjadi di periode ulang 100 tahun. Untuk lebih jelasnya bisa melihat **Gambar 3.1**.

4. SIMPULAN

Nilai percepatan tanah di Kabupaten Bantul yang diperoleh dari 17 titik ukur di setiap kecamatan masuk dalam katagori tinggi dalam skala Marcelli. Hal ini dikarenakan dari 17 titik ukur untuk 50 tahun dan 100 tahun tersebut memiliki nilai diatas 0.2 gals. Namun untuk peluang setiap nilai dari 17 titik itu terlampaui kecil setelah dihitung dengan menggunakan persamaan dari Li et al (2010). Dari hasil ini diharapkan dapat menjadi acuan pemerintah untun membuat standar bangunan untuk Kabupaten Bantul agar dapat menahan guncangan diatas 0.2 gals. Dan juga penellitian ini diharapkan menjadi kazanah baru bagi ilmu statistika di Indonesia.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Asrurifak M, (2010). Peta respons Spektra Indonesia Untuk Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan Sumber Gempa 3-Dimensi Dalam Analisis Probabilitas, Disertasi Doktor Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung.
- Gutenberg, B., Richter, C.F. (1944). *Frequency of Earthquakes in California. Bulletin of the Seismological Society of America.*
- Hizbaron, D. R. Baiquni, M. Sartohadi, J. Rijanta, R. (2012). *Urban Vulnerability in Bantul District, Indonesia-Towards Safer and Sustainable Development. Sustainability* 4, 2022-2037.
- Li, L. Wang, J. Leung, H. (2010). Using Spatial Analysis and Bayesian Network to Model the Vulnerability and make Insurance Pricing of Catastrophic Risk. *International Journal of Geographical Information Science* 24 (24), 1759-1784.
- Oktariadi, O. (2009). Penentuan Peringkat Bahaya Tsunami dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Sukabumi). *Jurnal Geologi Indonesia* 4 (2), 103-116.
- Putra, R. P. (2012). *Peak Ground Acceleration Studies of the Indonesia Earthquake Zone Maps in the Special Region of Yogyakarta. Undergraduate Theses, Civil Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology*
- Search Earthquake Archives. (2015). Diakses dari <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> pada 01 Desember 2015.
- Septianusa, Maulina S, Atina A. (2015). *Deterministic and Probabilistic Seismic Hazard Risk Analysis in Bantul Regency. Advances on Science and Technology: Proceedings of SESEE 2015.*
- Youngs, R. R., Chiou, S. J., Silva, W. J., and Humphrey, J. R. (1997). Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Subduction Zone Earthquake. *Seismological Research Letters* 68 (1), 58-73.