

KAJIAN POTENSI BAHAYA GEMPABUMI DAERAH SUMBAWA BERDASARKAN EFEK TAPAK LOKAL EARTHQUAKE HAZARD POTENTIAL STUDY IN SUMBAWA BASED LOCAL SITE EFFECT

Bambang Sunardi^{1}, Daryono², Januar Arifin³, Pupung Susilanto¹*

Drajat Ngadmanto¹, Boko Nurdiyanto¹, Sulastri¹

¹ Puslitbang BMKG, Jl. Angkasa 1/No. 2 Kemayoran, Jakarta, 10720

² Akademi Meteorologi Dan Geofisika, Jl. Perhubungan I No.5, Pondok Betung

³ Stasiun Geofisika Karangasem, Jl. Raya Bajo Kahang-Kahang Karangasem, Bali

*Email: bambang.sunardi@bmgk.go.id

Naskah masuk: 14 Oktober 2012; Perbaikan terakhir: 17 Desember 2012; Naskah diterima: 21 Desember 2012

ABSTRAK

Telah dilakukan pengukuran mikrotremor di 71 titik di Sumbawa. Daerah penelitian dibatasi pada koordinat 117.2125°-117.2275° BT dan 8.785°-8.815° LS. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dinamis kondisi geologi lokal diantaranya frekuensi resonansi (f_0) dan indeks kerentanan seismik (K_g) serta nilai percepatan getaran tanah (PGA) menurut formulasi Kannai. Pengukuran mikrotremor dilakukan pada masing-masing titik pengukuran selama 30 menit dengan menggunakan Digital Portable Seismograph. Dari analisa data diperoleh nilai frekuensi resonansi (f_0) yang relatif tinggi berkisar antara 24,4 hingga 48,14 Hz dan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) yang relatif rendah berkisar antara 0,1 hingga 4,8. Hal ini berkaitan erat dengan kondisi geologi lokal berupa batuan yang masif, sehingga daerah dengan frekuensi resonansi tinggi dan indeks kerentanan yang rendah relatif stabil secara seismik. Nilai PGA di daerah kajian berkisar antara 0,25 hingga 0,36 g. Nilai PGA di daerah kajian menunjukkan variasi yang tidak terlalu mencolok yang menunjukkan nilai PGA lebih banyak dipengaruhi oleh input nilai periode dominan di daerah kajian.

Kata kunci: efek tapak lokal, Sumbawa, mikrotremor, HVSR, indeks kerentanan seismik

ABSTRACT

Microtremor measurements have been done at 71 points in Sumbawa. The research area is restricted to the coordinate 117.2275° 117.2125° E and 8.785° - 8.815° S. This study aims to determine the local dynamic characteristics including the resonance frequency (f_0), seismic vulnerability index (K_g) and peak ground acceleration (PGA) according to Kannai formulation. Microtremor measurements carried out at each point for 30 minutes using Digital Portable Seismograph. From the data analysis obtained the resonance frequency (f_0) value are relatively high ranging from 24.4 to 48.14 Hz and seismic vulnerability index (K_g) values are relatively low ranging from 0.1 to 4.8. It is closely related to local geological conditions in the form of a massive rock, so that area with a high resonance frequency and relatively low vulnerability index is seismically stable. PGA values in the study area ranged from 0.25 to 0.36 g. PGA values showed a less variations that indicate PGA value is more influenced by the input value of the dominant period in the study area.

Keywords: local site effect, Sumbawa, microtremor, HVSR, seismic vulnerability index

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Salah satu upaya pengurangan risiko bencana gempabumi pada suatu daerah adalah dengan menggali dan menganalisis seluruh potensi bahaya gempabumi secara lengkap. Pemahaman terhadap potensi bahaya gempabumi secara tidak langsung akan meningkatkan kapasitas kita dalam menghadapi bahaya yang kemungkinan ditimbulkannya. Untuk itu kajian mengenai potensi bahaya gempabumi di suatu daerah

sangatlah penting dilakukan. Salah satu upaya untuk mengetahui potensi bahaya gempabumi di suatu daerah adalah dengan melakukan kajian efek tapak lokal (*local site effect*).

Tingkat kerusakan akibat gempabumi umumnya dipengaruhi oleh magnitudo dan jarak pusat gempabumi. Namun pada beberapa kasus gempabumi yang telah terjadi, ternyata tingkat kerusakan akibat gempabumi tidak regular seperti yang diperkirakan. Pada beberapa kasus ada daerah-daerah tertentu yang tingkat

kerusakannya diatas kewajaran. Beberapa kasus gempabumi yang telah terjadi menunjukkan bahwa kerusakan lebih parah terjadi pada dataran *alluvial* dibandingkan dengan daerah perbukitan [1]. Banyak daerah dengan populasi yang besar berada pada *soft sediment* (seperti di daerah lembah dan muara) yang struktur tanahnya cenderung memperkuat gelombang seismik [2]. Litologi yang lebih lunak cenderung akan memberikan respon periode getaran yang panjang (frekuensi rendah) dan mempunyai resiko yang lebih tinggi bila digoncang gelombang gempabumi karena akan mengalami penguatan yang lebih besar dibandingkan dengan batuan yang lebih kompak. Fenomena ini biasanya disebut *site effect* atau *site amplification* [3].

Tingkat kerusakan dan bahaya gempabumi ternyata juga sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi lokal atau efek tapak lokal. Contoh kasus fenomena efek tapak lokal adalah gempabumi Bantul 27 Mei 2006 dan gempabumi Michoacan, Mexico 19 September 1985. Gempabumi Bantul, 2006 magnitudonya relatif kecil namun mengakibatkan lebih dari 6.000 orang meninggal dunia dan 1.000.000 orang kehilangan tempat tinggal [4]. Gempabumi Michoacan juga menimbulkan kerusakan parah, meskipun jarak antara pusat gempabumi dengan kota Michoacan lebih dari 100 kilometer. Gempabumi Bantul dan Michoacan menjadi sangat merusak disebabkan oleh kondisi geologi lokal. Graben Bantul merupakan cekungan yang berisi material lepas produk erupsi Gunungapi Merapi [5], sementara Kota Michoacan dibangun di atas bekas rawa. Ketebalan lapisan sedimen kedua kota ini memicu terjadinya resonansi gelombang gempabumi, sehingga menimbulkan amplifikasi getaran gempabumi [6].

Daryono (2011) [5] telah melakukan penelitian tentang indeks kerentanan seismik berdasarkan mikrotremor pada setiap satuan bentuk lahan di zona Graben Bantul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata indeks kerentanan seismik berdasarkan mikrotremor pada setiap satuan bentuklahan berubah mengikuti satuan bentuklahan. Dari penelitian tersebut juga didapatkan beberapa faktor yang mempengaruhi indeks kerentanan

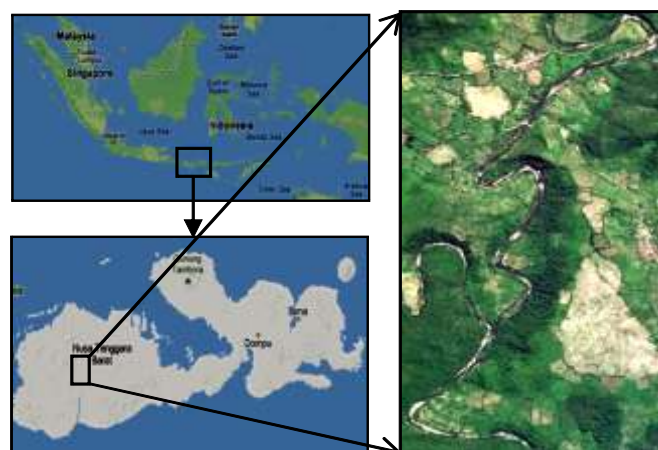
seismik antara lain jenis material penyusun bentuklahan, ketebalan sedimen dan kedalaman muka airtanah. Daryono (2009) [7] juga telah melakukan penelitian tentang efek tapak lokal di Graben Bantul berdasarkan pengukuran mikrotremor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zona kerusakan parah akibat gempabumi Bantul, 2006 yang terkonsentrasi di sepanjang sesar Opak tidak disebabkan oleh reaktivasi sesar seperti yang diprediksi oleh para ahli ilmu kebumihan sebelumnya, tetapi merupakan cerminan adanya fenomena efek tapak lokal di Graben Bantul.

Berdasarkan kasus-kasus gempabumi diatas, untuk keperluan perencanaan pembangunan infrastruktur penting di daerah Sumbawa, kajian potensi bahaya gempabumi penting dilakukan, salah satunya dengan penelitian efek tapak lokal melalui pengukuran mikrotremor. Kajian potensi bahaya gempabumi akibat efek tapak lokal ini dibatasi pada koordinat 117.2125° - 117.2275° BT dan 8.785° - 8.815° LS (Gambar 1).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dinamis kondisi geologi lokal diantaranya frekuensi resonansi (f_0), indeks kerentanan seismik (Kg) serta nilai percepatan getaran tanah (PGA) menurut formulasi Kannai. Nilai PGA ini menggambarkan masukan getaran (*input motion*) gempabumi secara empiris.

1.2. Tatanan tektonik dan kegempaan

Pulau Sumbawa memanjang dengan arah timur - barat dan tersayat oleh beberapa lembah yang berarah utama timurlaut - baratdaya dan baratlaut - tenggara. Teluk Saleh merupakan lekuk terbesar dan membagi Pulau Sumbawa ini menjadi dua bagian, yaitu Sumbawa Barat dan Timur [8]. Pulau Sumbawa dan sekitarnya merupakan bagian dari kerangka sistem tektonik Indonesia. Daerah ini termasuk dalam jalur pegunungan Mediteranian yang lokasinya berdekatan dengan zona tumbukan lempeng (*plate collision*). Pertemuan kedua lempeng ini bersifat konvergen, di mana keduanya bertumbukan dan lempeng Indo-Australia menyusup ke bawah lempeng Eurasia.



Gambar 1. Peta lokasi daerah kajian.

Pergerakan lempeng Indo-Australia terhadap lempeng Eurasia diperkirakan memiliki kecepatan 7 cm per tahun [9]. Pergerakan lempeng tersebut menimbulkan struktur-struktur tektonik yang merupakan ciri-ciri sistem subduksi, yaitu *benioff zone*, palung laut (*oceanic trench*), punggung busur luar (*outer arc ridge*), cekungan busur luar (*outer arc basin*) dan busur pegunungan (*volcanic arc*) [10]. Dampak dari hal tersebut mengakibatkan Sumbawa menjadi daerah yang memiliki kerawanan gempa bumi dari arah selatan.

Disamping kerawanan gempa bumi dari arah selatan, daerah Sumbawa juga sangat rawan gempa bumi dari utara sebagai akibat adanya struktur tektonik sesar naik belakang busur kepulauan atau biasa dikenal sebagai *back arc thrust*. Struktur ini membujur di Laut Bali hingga Laut Flores sejajar dengan Pulau Sumbawa dalam bentuk segmen-segmen sesar. Terkait dengan keterdapatannya segmentasi *back arc thrust*, maka terdapat segmen mayor maupun segmen minor sebagaimana ditunjukkan Gambar 2 [11]. Struktur *Back arc thrust* ini terbentuk akibat tunjaman balik Lempeng Eurasia terhadap Lempeng Samudra Indo-Australia. Fenomena tumbukan busur benua (*arc continent collision*) diduga sebagai pengendali mekanisme deformasi sesar naik di utara Pulau Sumbawa ini. Keberadaan *back arc thrust* ini sangat menarik untuk dikaji karena cukup aktif dan terbukti nyata membangkitkan gempa bumi tektonik di kawasan tersebut dengan karakteristik hiposenter gempa buminya yang dangkal dan magnitudo yang relatif besar. Berdasarkan data, sebagian besar gempa bumi kuat hingga gempa bumi merusak yang mengguncang daerah Sumbawa disebabkan oleh aktivitas penyesaran naik belakang busur (*back arc thrust*) ini dan sebagian lagi disebabkan oleh aktivitas penyusupan lempeng [12].

Sesar segmen barat dikenal sebagai Flores *back arc thrust* yang membujur dari timur laut Bali sampai dengan utara Flores [11]. Flores *back arc thrust* merupakan generator gempa bumi merusak yang akan terus mengancam busur Pulau Bali, Sumbawa dan Flores. Sesar ini menjadi penyebab gempa bumi dan tsunami Flores tanggal 12 Desember 1992 yang menewaskan lebih dari 2.080 orang [13].

Tinjauan aspek tektonik tersebut dapat menjelaskan penyebab tingginya aktivitas seismik daerah Sumbawa dimana kawasan ini diapit oleh dua buah generator sumber gempa bumi, yaitu dari arah selatan Sumbawa berupa desakan lempeng Indo-Australia, dan di sebelah utara Sumbawa, terdapat sesar aktif busur belakang (Flores *back arc thrust*).

Dari data katalog gempa bumi signifikan dan merusak BMKG hingga tahun 2009 [14] terdapat beberapa gempa bumi yang dirasakan di Sumbawa antara lain gempa bumi yang terjadi 2 November 1954, 19 Agustus 1977, 7 Oktober 1977, 10 April 1978, 30 Mei 1979, 11 Maret 1982, 1 Desember 2006, 25 November 2007 dan 8 November 2009.

Gambaran kerangka tektonik dan kegempaan di atas cukup memberikan gambaran yang menyeluruh bahwa daerah Sumbawa dan sekitarnya merupakan kawasan rawan terhadap bencana gempa bumi dan bencana yang mengikutinya.

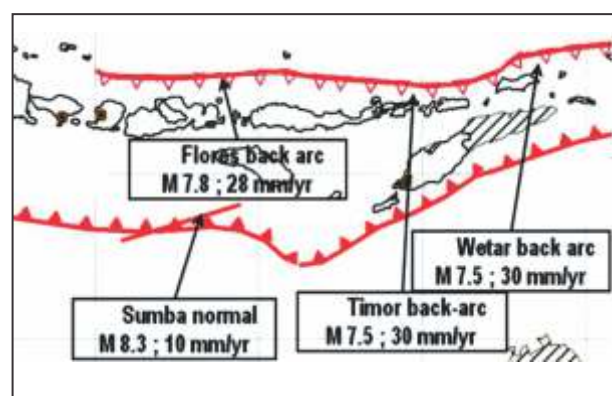
2. Metode Penelitian

2.1. Data penelitian

Data mikrotremor yang dipergunakan adalah data pengukuran yang dilakukan di 71 titik ukur yang tersebar di daerah kajian. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Digital Portable Seismograph* dengan durasi pengukuran di tiap titik selama 30 menit pada interval sampling 1/100 detik. Data kegempaan yang dipergunakan dalam kajian ini meliputi data kejadian gempa bumi di wilayah Nusa Tenggara Barat dan sekitarnya tahun 1973 – 2011 [15], sebanyak 1.854 event. Luasan data gempa bumi yang digunakan dalam perhitungan PGA mencakup radius 500 kilometer dari daerah kajian.

2.2. Metodologi

Mikrotremor merupakan getaran tanah dengan amplitudo mikrometer yang dapat ditimbulkan oleh peristiwa alam ataupun buatan, misalnya angin, gelombang laut maupun getaran kendaraan yang dapat menggambarkan kondisi geologis dekat permukaan [16]. Sumber-sumber lain seperti interaksi angin-bangunan, arus laut dan gelombang laut periode panjang juga merupakan sumber mikrotremor [17,18]. Hasil pengukuran mikrotremor di lapangan berupa data getaran tanah dalam fungsi waktu. Data tercatat dalam 3 komponen yaitu komponen vertikal dan dua komponen horisontal.



Gambar 2. Segmen-segmen sesar di sekitar pulau Sumbawa [11].

Data mikrotremor dianalisis dengan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr). Masing-masing spektrum fourier mikrotremor komponen horisontal (timur-barat dan utara selatan) dirata-rata dengan akar rerata kuadrat dan dibagi dengan spektrum fourier komponen vertikal dalam kawasan frekuensi hingga diperoleh sebuah rata-rata spektrum rasio H/V [19]. Perbandingan spektrum fourier komponen H dan V tersebut dinyatakan dalam rumus:

$$\frac{H}{V} = \frac{\sqrt{(S_{Utara - Selatan})^2 + (S_{Barat - Timur})^2}}{S_{Vertikal}} \quad (1)$$

dengan $S_{Utara-Selatan}$ dan $S_{Barat-Timur}$ masing-masing adalah spektrum fourier komponen Utara-Selatan dan spektrum fourier komponen Barat-Timur sedangkan $S_{Vertikal}$ merupakan spektrum fourier komponen Vertikal. Secara garis besar prosedur pengolahan data menggunakan metode HVSr didiskripsikan pada Gambar 3.

Seluruh perhitungan dikerjakan menggunakan program Geopsy [20] dengan keluaran berupa rata-rata spektrum HVSr. Dari spektrum ini dapat diketahui nilai frekuensi dominan (f_0) dan puncak spektrum HVSr (A_g) di lokasi pengukuran mikrotremor. Selanjutnya nilai f_0 dan A_g tersebut dipergunakan untuk menghitung nilai indeks kerentanan seismik (K_g) [21], [22], diperoleh dengan rumus:

$$K_g = \frac{A_g^2}{f_0} \quad (2)$$

Perhitungan PGA di daerah kajian menggunakan metode Kannai dengan memperhatikan faktor *local site effect* yaitu nilai periode dominan hasil pengukuran mikrotremor. Formula empiris PGA metode Kannai dirumuskan sebagai [21]:

$$\alpha = \frac{a1}{\sqrt{T_g}} 10^{a2M - P \log_{10} R + Q} \quad (3)$$

Dengan α adalah percepatan getaran tanah, $a = 0,61$. T_g merupakan periode dominan tanah (s), M merupakan magnitudo gempabumi (skala richter), R merupakan jarak hiposenter gempabumi (km). P dan Q merupakan nilai-nilai yang ditentukan dengan rumus berikut :

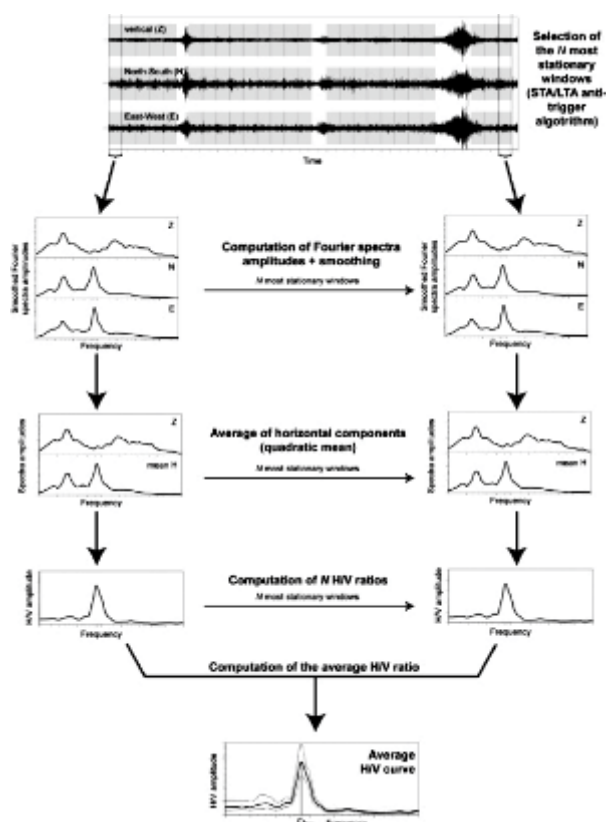
$$P = 1,66 + \frac{3,6}{R} \quad \text{dan} \quad Q = 0,167 - \frac{183}{R}$$

3. Hasil dan Pembahasan

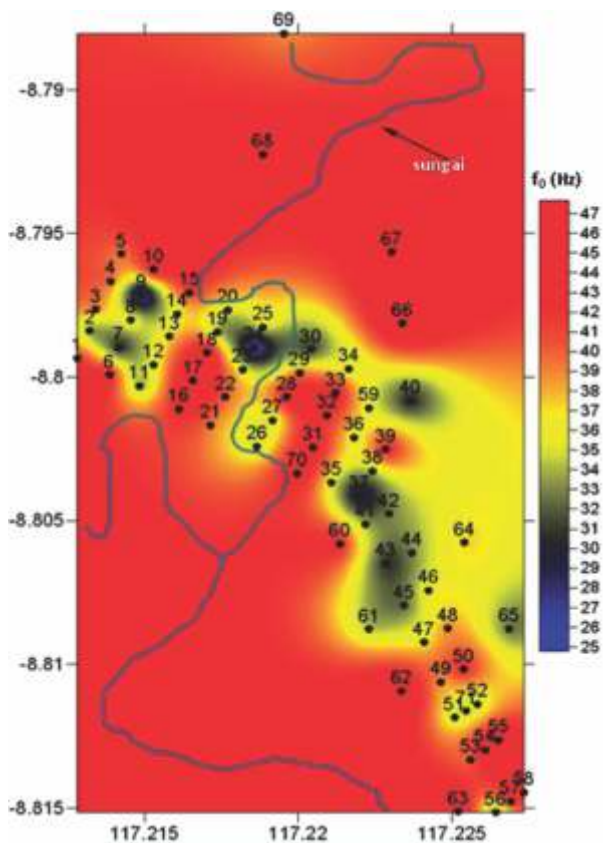
3.1. Frekuensi Resonansi (f_0)

Secara spasial, nilai frekuensi resonansi (f_0) pada titik pengukuran 1-40 relatif lebih rendah (kurang dari 35 Hz). Nilai f_0 yang relatif rendah ini banyak terdapat pada lokasi di sekitar jalur sungai yang banyak terdapat material sedimen, antara lain pada lokasi titik pengukuran 7, 9, 24, 30 dan 37. Variasi ketebalan sedimen pada kawasan yang berdekatan dengan jalur sungai tampak pada warna biru yang menunjukkan frekuensi resonansi yang relatif rendah (Gambar 4).

Frekuensi resonansi yang relatif lebih rendah ini mencerminkan adanya ketebalan sedimen tipis di lokasi pengukuran mikrotremor dimana terdapat *topsoil* atau lempung di permukaan. Biasanya frekuensi rendah pada jalur sungai ini berhubungan dengan morfologi tanggul alam dan dataran banjir. Meskipun pada lokasi di sekitar sungai didominasi nilai frekuensi resonansi yang relatif rendah, namun terdapat juga beberapa lokasi dengan frekuensi resonansi relatif tinggi sekitar 43 Hz seperti halnya pada lokasi pengukuran 16, 17 dan 28. Nilai frekuensi resonansi yang relatif tinggi ini berhubungan dengan kondisi geologi di lokasi pengukuran yang merupakan batuan keras seperti breksi andesit dan batuan andesit di permukaan.



Gambar 3. Deskripsi komputasi rasio H/V [19].



Gambar 4. Distribusi spasial frekuensi resonansi (f_0) di daerah kajian.

Secara spasial, nilai frekuensi resonansi pada titik pengukuran 41-71 didominasi oleh frekuensi resonansi yang relatif lebih tinggi di atas 35 Hz. Sama halnya pada titik pengukuran 1-40, maka frekuensi tinggi yang ditampilkan dengan warna merah secara fisis menggambarkan kondisi lapisan sedimen yang sangat tipis atau bahkan adanya keterdapatn singkapan batuan di permukaan pada lokasi pengukuran. Secara geologi, pada lokasi ini terdapat batuan-batuan keras seperti breksi andesit atau andesit di permukaan. Namun demikian pada beberapa titik pengukuran yang berdekatan dengan jalur sungai nampak memiliki frekuensi resonansi yang relatif rendah sekitar 27 Hz, antara lain pada titik pengukuran 37 dan 43. Hal ini disebabkan keterdapatn lapisan sedimen tipis berupa topsoil atau lempung di lokasi tersebut.

Secara umum seluruh nilai frekuensi resonansi (f_0) di daerah penelitian menunjukkan nilai yang relatif sangat tinggi. Sebagai bahan perbandingan, nilai frekuensi resonansi (f_0) daerah Graben Bantul yang mengalami kerusakan parah akibat efek tapak lokal saat gempa bumi Bantul, 2006 memiliki frekuensi resonansi (f_0) yang rendah kurang dari 5 Hz. Sementara itu daerah di perbukitan struktural Nglanggran yang tidak mengalami kerusakan parah memiliki nilai frekuensi resonansi tinggi (f_0) berkisar 10 hingga 13 Hz. Jika dibandingkan dengan nilai frekuensi resonansi (f_0) hasil survei dalam kajian ini yang memiliki nilai berkisar antara 24,4 hingga 48,14 Hz, nampak bahwa kondisi batuan di daerah penelitian ini sangat masif dan stabil yang tercermin pada nilai frekuensi resonansi yang sangat tinggi. Meskipun di

daerah penelitian ini terdapat nilai frekuensi resonansi yang relatif rendah namun nilai tersebut secara umum sebenarnya masih tergolong kawasan frekuensi sangat tinggi. Seluruh nilai frekuensi resonansi hasil pengukuran mikrotremor tersebut jika ditinjau dari potensi bahaya efek tapak lokal akibat gempa bumi menunjukkan kondisi yang relatif aman.

3.2. Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Hasil analisis data mikrotremor menggunakan metoda HVSR terhadap sinyal mikrotremor hasil pengukuran menghasilkan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di daerah kajian bervariasi antara 0,1 hingga 4,8. Distribusi spasial nilai indeks kerentanan seismik ini ditunjukkan oleh Gambar 5.

Distribusi spasial indeks kerentanan seismik (K_g) pada titik pengukuran 1-71 secara umum menunjukkan nilai yang sangat rendah, yaitu berkisar antara 0,1 hingga 4,8. Rendahnya nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di area ini disebabkan oleh kondisi geologi di daerah ini yang tersusun oleh material batuan breksi andesit atau andesit di permukaan. Batuan keras semacam ini secara fisis memiliki nilai *shear-strain* yang sangat rendah jika terjadi guncangan gempa bumi, sehingga secara tapak lokal lokasi ini relatif aman dari guncangan gempa bumi.

Dari keseluruhan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) yang rendah tersebut, hanya dua lokasi saja yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik (K_g) yang agak tinggi yaitu pada titik 52 dan 42 dengan indeks kerentanan seismik (K_g) 3,3 dan 4,8. Nilai indeks kerentanan seismik (K_g) yang agak tinggi ini berhubungan dengan keterdapatn lapisan material sedimen tipis seperti topsoil atau lempung. Namun demikian secara umum kawasan ini tetap stabil secara seismik.

Apabila dikomparasikan dengan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) daerah Graben Bantul. Daerah yang mengalami kerusakan parah akibat gempa bumi Bantul, 2006 memiliki nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di atas 10. Sementara itu daerah di perbukitan struktural Nglanggran yang tidak mengalami kerusakan parah memiliki nilai indeks kerentanan seismik (K_g) kurang dari 2. Nilai indeks kerentanan seismik (K_g) hasil survei dalam kajian ini berkisar antara 0,1 hingga 4,8 jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan daerah Graben Bantul. Meskipun pada beberapa titik pengukuran terdapat nilai indeks kerentanan seismik (K_g) 4,8 namun nilai indeks tersebut secara umum masih tergolong rendah. Dari fakta empiris gempa bumi Bantul tahun 2006, daerah yang mengalami kerusakan parah memiliki nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di atas 10.

Dapat ditegaskan bahwa seluruh nilai indeks kerentanan seismik hasil pengukuran mikrotremor di daerah kajian, jika ditinjau dari potensi bahaya efek tapak lokal akibat gempa bumi menunjukkan kondisi yang relatif aman. Hal

ini disebabkan karena secara umum seluruh nilai indeks kerentanan seismik di lokasi pengukuran menunjukkan nilai yang relatif rendah. Karakteristik dinamik tanah yang tercermin dalam rendahnya nilai indeks kerentanan seismik menunjukkan rendahnya nilai *shear-strain* saat gempabumi, sehingga secara efek tapak lokal daerah ini relatif aman secara seismik.

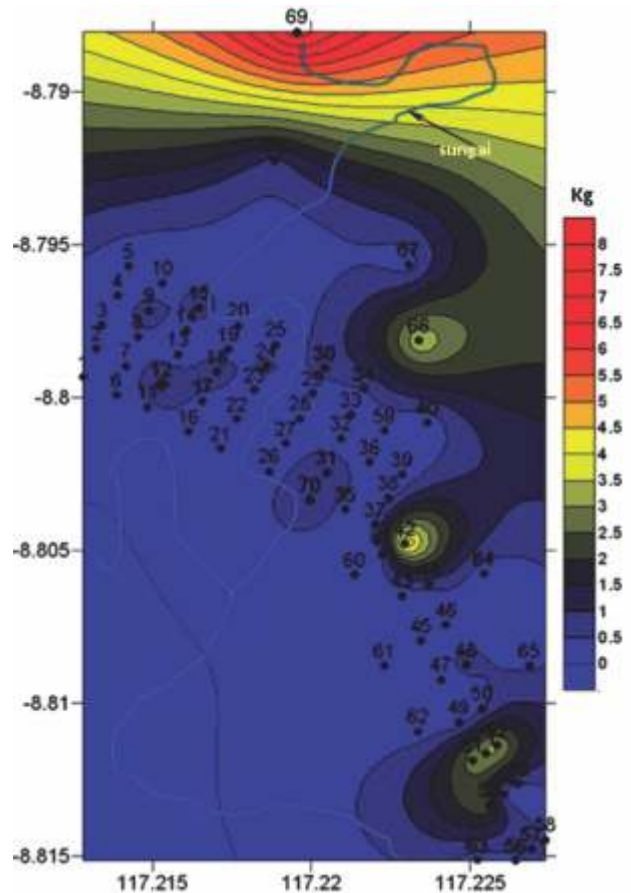
3.3. Peak Ground Acceleration

Perhitungan PGA dengan menggunakan metode Kannai pada kajian ini menggunakan data kejadian gempabumi sebanyak 1.854. Luasan area gempabumi yang digunakan dalam perhitungan PGA mencakup radius 500 kilometer dari daerah kajian.

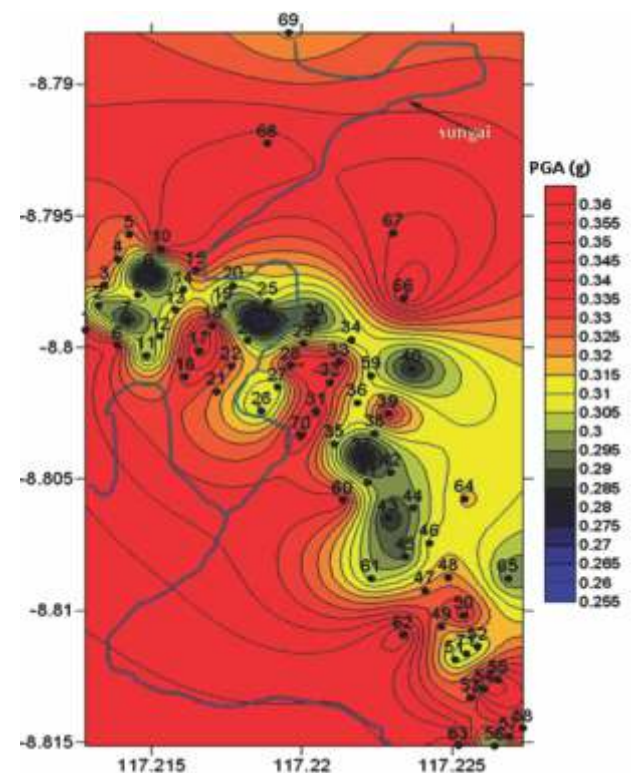
Hasil analisis PGA menggunakan metode Kannai dengan memasukkan faktor *site effect* berupa data periode dominan pada lokasi pengukuran mikrotremor menghasilkan nilai PGA di daerah kajian bervariasi antara 0,25 hingga 0,36 g. Gambar 6 menunjukkan distribusi nilai PGA hasil pengolahan dengan metode Kannai. Distribusi spasial nilai PGA pada titik pengukuran 1-40 berkisar antara 0,25 g (titik 24) hingga 0,35 g (titik 17). Sebagian besar nilai PGA pada titik 1-40 sekitar 0,30 g. Nilai PGA yang relatif tinggi terdapat pada beberapa lokasi pengukuran seperti pada titik 10, 15, 17, 28, 31 dan 32. Sementara itu nilai PGA yang relatif rendah terdapat pada titik 7, 9, 24, 30, 37 dan 40.

Distribusi spasial nilai PGA pada titik pengukuran 41-71 berkisar antara 0,28 g (titik 42) hingga 0,36 (titik 62). Sebagian besar nilai PGA pada titik 41-71 berkisar antara 0,27 hingga 0,34 g. Nilai PGA yang relatif tinggi terdapat pada lokasi titik pengukuran 50, 54 dan 55 sedangkan nilai PGA yang relatif rendah terdapat pada lokasi titik pengukuran 41, 42, 43 dan 45.

Berdasarkan data historis, gempabumi kuat yang pernah terjadi di Sumbawa dan sekitarnya memiliki jarak pusat gempabumi yang relatif jauh dari daerah kajian. Jika mengamati variasi nilai PGA hasil perhitungan, nampak bahwa variasi nilai PGA yang ada sebenarnya tidak terlalu mencolok. Hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai PGA lebih banyak dipengaruhi oleh besarnya nilai periode dominan di titik pengukuran mikrotremor.



Gambar 5. Distribusi spasial nilai indeks kerentanan seismik (Kg) di daerah penelitian.



Gambar 6. Distribusi spasial nilai PGA di daerah kajian dengan metode Kannai.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dirumuskan dari hasil kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai frekuensi resonansi (f_0) di daerah kajian berkisar antara 24,4 hingga 48,14 Hz. Tingginya nilai frekuensi resonansi (f_0) di daerah kajian berkaitan erat dengan kondisi geologi setempat berupa batuan yang masif, sehingga secara seismik daerah kajian relatif stabil.
2. Nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di daerah kajian berkisar antara 0,1 hingga 4,8. Rendahnya nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di daerah kajian berkaitan erat dengan kondisi geologi berupa batuan yang masif, sehingga secara seismik daerah dengan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) yang rendah relatif stabil karena memiliki nilai *shear-strain* yang relatif kecil saat terjadi gempa bumi.
3. Nilai PGA di daerah kajian berkisar antara 0,25 hingga 0,36 g. Nilai PGA di daerah kajian menunjukkan variasi yang tidak terlalu mencolok, hal ini menunjukkan bahwa nilai PGA lebih banyak dipengaruhi oleh input nilai periode dominan di daerah kajian.

Daftar Pustaka

- [1] Nakamura, Y. (2000). *Clear identification of fundamental idea of Nakamura's Technique and its application*. World Conference of Earthquake Engineering.
- [2] Bard, P.Y. (1998). Microtremor measurements: a tool for site effect estimation, in the effects of surface geology on seismic motion, Irikura, Kudo, Okada & Sasatani (eds), Balkema, 1251-1279.
- [3] Novianita, A. (2009). *Penggunaan microtremor ellipticity curve untuk menentukan struktur lapisan bawah permukaan di daerah Yogyakarta*. Skripsi, Jurusan Fisika: Universitas Diponegoro.
- [4] Walter, T.R., B.G. Luehr, R. Wang, M. Sobiesiak, H. Grosse, H.U. Wetzell, C. Milkereit, J. Zschau, J. Wassermann, P.J. Prih Harjadi, & Kirbani S. B.. (2008). The 26 May 2006 6.4 Yogyakarta earthquake south of Mt. Merapi Volcano: Did lahar deposits amplify ground shaking and thus lead to disaster?, geochemistry, geophysics, geosystems. *An Electronic Journal of the Earth System*. 9(5).
- [5] Daryono (2011). *Indeks kerentanan seismik berdasarkan mikrotremor pada setiap satuan bentuk lahan di zona Graben Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta*. Disertasi, Fakultas Geografi: Universitas Gadjah Mada.
- [7] Tuladhar, R., Cuong, N.N.H. and Yamasaki, F. (2004). *Seismic Microzonation of Hanoi, Vietnam Using Microtremor Observations, Paper No. 2539*. 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada.
- [7] Daryono, Sutikno, Sartohadi, J., Dulbahri, Brotopuspito, K.S. (2009). *Efek Tapak Lokal (Local Site effect) di Graben Bantul Berdasarkan Pengukuran mikrotremor*. International Conference Earth Science and Technology, Yogyakarta.
- [8] Sudradjat. (1975). *Peta geologi tinjau pulau Sumbawa*. Direktorat Geologi.
- [9] DeMets, C., R.G. Gordon, D.F. Argus, & S. Stei. (1994). Effect of Recent to the geomagnetics reversal time scale on estimates of current plate motions. *Revisions Geophysical Research Letter*, 21, 2191-2194.
- [10] Wagner, D., I. Koulakov, W. Rabbel, B.G. Luehr, A. Wittwer, H. Kopp, M. Bohm, G. Asch, & the MERAMEX Scientists. (2007). Joint inversion of active and passive seismic data in Central Java. *Geophys. J. Int*, 170, 923-932.
- [11] Irsyam, M., Sengara, W., Aldiamar, F., Widiyantoro, S., Triyoso, W., Natawidjaja, D.H., Kertapati, E., Meilano, I., Suhardjono., Asrurifak, M., & Ridwan, M. (2010). *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia*.
- [12] Identifikasi Sesar Naik Belakang Busur (Back Arc Thrust) Daerah Bali Berdasarkan Seismisitas dan Solusi Bidang Sesar. (2011). (http://www.bmkg.go.id/bmkg_pusat/lain_lain/artikel), diakses 17 Agustus 2012.
- [13] Yieh, H., Imamura, F., Synolakis, C., Tsuji, Y., Liu, P., and Shi, S. (1993). The Flores Island Tsunamis. *EOS*, 74(33).
- [14] Sub Bidang Mitigasi Gempabumi (2010). *Katalog gempabumi signifikan dan merusak 1821-2009*. BMKG.
- [15] Circular Area Earthquake Search. (2011). (http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/epic_circ.php), diakses 22 Juni 2011.
- [16] Tokimatsu, K. (1995). Geotechnical site characterization using surface waves. *Proc. 1st Intl. Conf. Earthquake Geotechnical Engineering, Ishihara (ed)*, Balkema, 1333-1368.
- [17] Motamed, R., Ghalandarzadeh, A., Tawhata, I. and Tabatabaei, S.H. (2007). Seismic microzonation and damage assessment of Bam City, Southern Iran. *Journal of Earthquake Engineering*, 11, 110-132.
- [18] Petermans, T., Devleeschouwer, X., Pouriel, F. and Rosset, P. (2006). Mapping the local seismic hazard in urban area of Brussel, Belgium. *IAEG Paper*, 424.
- [19] Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristic estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *Q.R. of R.T.I.* 30-1, 25-33.
- [20] Geopsy (Geophysical Signal Database for Noise Array Processing), (1997), (www.geopsy.org), diakses 22 Juni 2011.
- [21] Nakamura, Y. (2008). *On The H/V Spectrum*. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
- [22] Nakamura, Y. (2000). *Clear identification of fundamental idea of Nakamura's Technique and its application*. World Conference of Earthquake Engineering.