



Percepatan Tanah Berdasarkan Data Mikroseismik Wisata Bantir Sumowono Semarang

Rahmad Hafid H [✉], Supriyadi, Nur Kholifatun N, Tahlisiamita A, Fadilatur Rohmaniyah

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Desember 2017
Disetujui Januari 2018
Dipublikasikan Februari 2018

Keywords:

Mikroseismik, HVSR,

Abstrak

Daerah bantir merupakan salah satu destinasi wisata yang ada di Semarang, tepatnya di desa Losari kecamatan Sumowono kabupaten Semarang. Sebagai salah satu destinasi wisata daerah ini mempunyai keadaan geologi dengan kemiringan yang cukup curam, yang dimungkinkan rawan akan terjadinya pergerakan tanah. Hal ini mendasari dilakukannya penelitian mikroseismik di daerah Bantir sebagai informasi kepada masyarakat tentang nilai percepatan maksimum tanah daerah tersebut. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan seismometer 3 komponen pada 16 titik dengan jarak antar titiknya 200 m. Prosesing data menggunakan metode HVSR yang menghasilkan nilai amplitudo dan frekuensi dominan. Nilai-nilai ini dapat digunakan untuk menentukan kerentanan gempa dan percepatan tanah maksimum. Dari hasil penelitian didapatkan nilai kerentanan gempa daerah Bantir berkisar antara 0-120, secara umum nilai ini menunjukkan kerentanan gempa di daerah Bantir adalah rendah. Sedangkan nilai percepatan tanah rata-rata berdasarkan gempa Yogyakarta, Jepara dan Tegal berkisar sekitar 0,2 gal. Percepatan tanah di daerah ini bernilai rendah, sehingga dapat diinterpretasikan bahwa wilayah Bantir mempunyai potensi bahaya seismik yang rendah.

PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Gempa bumi dengan kekuatan lebih dari 8 SR selalu menimbulkan deretan gempa susulan yang biasa disebut dengan *aftershock*. *Aftershock* merupakan pengulangan gempa bumi pada episenter yang sama dan terjadi setelah gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa bumi yang di alami selama periode waktu. Gempa bumi diukur dengan menggunakan alat seismometer.

Mikroseismik

Mikrotremor merupakan getaran alami yang berasal dari dua sumber yaitu alam dan manusia. Untuk getaran alami (*ambient vibration*) mikrotremor dapat diartikan sebagai getaran harmonik alami tanah yang terjadi secara menerus dan disebabkan oleh getaran mikro di bawah permukaan tanah atau kegiatan alam lainnya, sedangkan mikrotremor yang disebabkan oleh aktivitas manusia (*ambient noise*) merupakan getaran tanah yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti kendaraan, industri, lalu lintas. Survei mikrotremor dilakukan untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah suatu wilayah.

Mikrotremor mempunyai frekuensi lebih tinggi dari frekuensi gempa bumi, periodenya kurang dari 0,1 detik dan secara umum antara 0,05-0,2 detik, untuk mikrotremor periode panjang dapat mencapai 5 detik. Amplitudo pergeseran mikrotremor sekitar 0,1-1 μm dengan kecepatan amplitudo sebesar 0,001 cm/s sampai 0,01 cm/s.

Indeks Kerentanan Seismik (Kg)

Menurue Nakamura (2008) kerentanan seismik atau kerentanan gempa (Kg) merupakan nilai yang menggambarkan kerentanan permukaan tanah akibat deformasi saat terjadinya gempa. Tujuannya untuk mengukur tingkat kerentanan tanah disuatu tempat yang menerima gempa. Manfaat dari kerentanan seismik adalah untuk mendeteksi zona – zona yang lemah atau rawan terhadap gempa bumi.

Nilai kerentanan gempa didapatkan dari kuadrat nilai amplifikasi dibagi dengan frekuensi natural tanah, atau dapat di rumuskan menjadi :

$$Kg = \frac{A^2}{f_0} \quad (1)$$

Dimana Kg = kerentanan gempa

A = Amplifikasi

f_0 = Frekuensi dominan

Percepatan Tanah atau *Peak Ground Acceleration* (PGA)

Percepatan tanah maksimum (PGA) adalah percepatan getaran tanah maksimum yang terjadi di suatu daerah akibat oleh gelombang gempa bumi. Percepatan tanah maksimum di suatu daerah getaran seismik yang bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah di suatu daerah tersebut (Kanai & Tanaka, 1961), persamaan dari percepatan tanah dapat dilihat pada persamaan 2.

$$a_{max} = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{(0,61M) - (1,66 + \frac{3,6}{R}) \log R + (0,16 - \frac{1,87}{R})} \quad (2)$$

Dimana : M = magnitudo (SR)

R = Jarak hiposenter gempa (Km)

METODE EKSPERIMEN

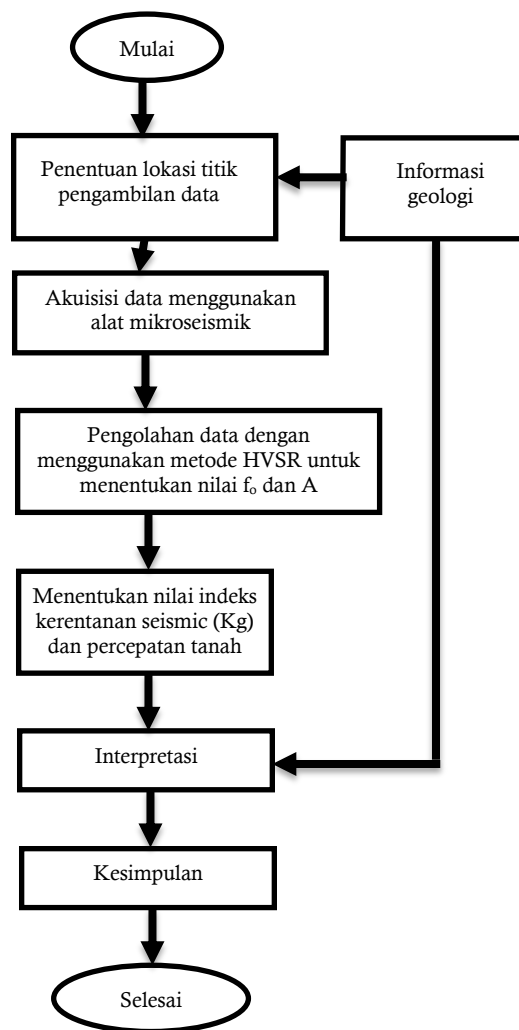
Lokasi penelitian dilakukan di Bantir, Kecamatan Sumowono yang merupakan salah satu destinasi wisata di Semarang. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada keadaan geologi wilayah Bantir yang memiliki tingkat kemiringan cukup tinggi sehingga perlu diketahui nilai percepatan tanah di daerah tersebut. Terdapat 3 lintasan pengukuran yang

terbagi menjadi 16 titik dengan spasi antar titik adalah 200m serta spasi antar lintasan adalah 300m. durasi perekaman mikroseismik di setiap titik adalah 30 menit. Pengambilan data dilaksanakan pada 16 – 20 Desember 2016.

Penelitian ini menggunakan metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) untuk mengetahui nilai amplitudo dan frekuensi dominan tanah, yang selanjutnya akan digunakan untuk menghitung nilai kerentanan gempa daerah Bantir. Untuk mengetahui nilai percepatan tanah maksimum daerah penelitian digunakan data gempa yang pernah terjadi disekitar lokasi penelitian, data gempa pada penelitian ini menggunakan gempa Yogyakarta dengan magnitudo 6,2 SR, gempa Jepara bermagnitudo 5 SR dan gempa Tegal 5,1 SR. Hasil rata-rata percepatan tanah dari 3 gempa akan diketahui nilai percepatan tanah maksimum daerah Bantir.

Peralatan yang digunakan selama penelitian ini adalah seismometer 3 komponen (vertikal, utara-selatan, barat-timur) merek MAE, data logger untuk menyimpan data, global positioning system (GPS), kompas geologi, peta geologi lembar Semarang – Magelang, alat tulis Payung dan ember sebagai pelindung peralatan.

Perangkat lunak yang digunakan adalah *Google Earth* untuk menentukan peta lokasi daerah penelitian, *SEG2conv* untuk mengubah data yang dihasilkan dari pengukuran mikrotremor yang berformat BIN menjadi file berformat SG2, *Geopsy* untuk mengolah data yang dihasilkan dengan metode HVSr, *Microsoft office* untuk menyusun dan mengolah data, *Surfer 12* untuk membuat peta kontur hasil pengukuran dan pengolahan data.

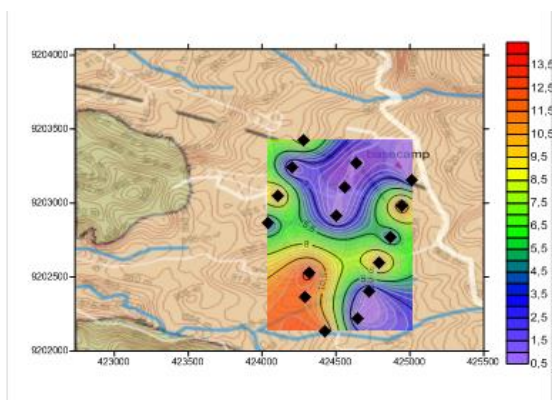


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi Natural

Frekuensi natural merupakan nilai frekuensi yang sering muncul pada daerah penelitian, dimana frekuensi natural dapat menggambarkan lapisan bawah permukaan tanah. Dengan melakukan interpolasi pada data melalui software *Surfer*, maka di dapatkan peta sebaran nilai frekuensi natural seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

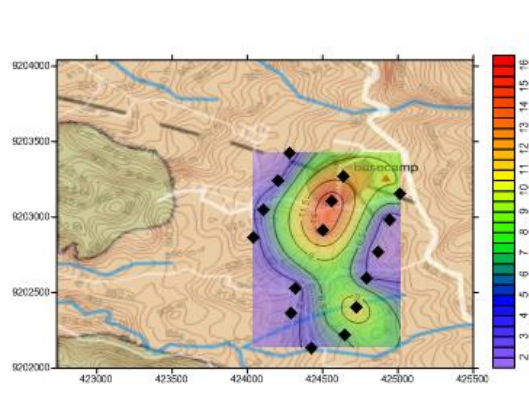


Gambar 2. Peta nilai frekuensi natural (f_0) di kawasan Bantir

Nilai frekuensi natural di kawasan Bantir, Sumowono secara umum sangat bervariasi meskipun di beberapa titik pengukuran terdapat nilai frekuensi natural yang cukup tinggi. Frekuensi natural di kawasan Bantir, sumowono mulai dari rentang 0,5-13,5 Hz, dimana frekuensi natural yang kurang dari 10 Hz mendominasi daerah penelitian. Nilai frekuensi natural yang tinggi ditunjukkan dengan warna kuning sampai dengan merah. Nilai frekuensi natural yang rendah menggambarkan lapisan sedimen yang tebal. Ketebalan lapisan **H_z** sedimen dapat menggambarkan lapisan bawah permukaan pada daerah penelitian. Semakin rendah nilai frekuensi naturalnya maka semakin tebal ketebalan lapisan sedimennya, sehingga kedalaman dari batuan yang lebih keras atau bedrock juga semakin dalam. Sebaliknya, jika semakin tinggi nilai frekuensi naturalnya maka semakin tipis ketebalan lapisan sedimennya, sehingga kedalaman dari batuan yang lebih keras atau *bedrock* juga semakin dangkal.

Amplifikasi

Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan, dengan kata lain gelombang seismik akan mengalami perbesaran jika merambat pada suatu medium ke medium lain yang lebih lunak dibandingkan dengan medium awal yang dilaluinya. Nilai amplifikasi selanjutnya diplot dengan menggunakan software *Surfer*, sehingga didapatkan peta sebaran nilai amplifikasi (A) ditunjukkan pada **Gambar 3**.

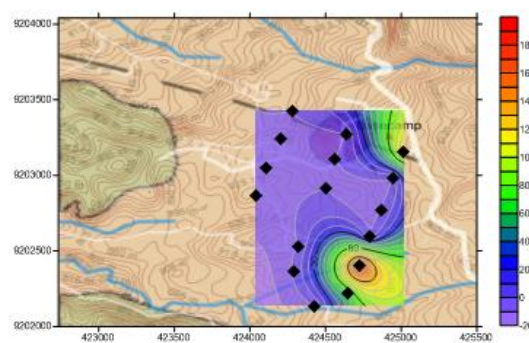


Gambar 3. Peta nilai amplifikasi (A) di kawasan Bantir

Nilai amplifikasi di kawasan Bantir mulai dari 2 – 16. Secara umum hampir semua lokasi pengambilan data di kawasan Bantir mempunyai nilai amplifikasi yang rendah. Nilai amplifikasi tinggi berada di sekitar titik 11,12,13 pengambilan data. Perbedaan nilai amplifikasi di kawasan Bantir disebabkan karena batuan-batuan yang terdapat dibawah permukaan tanah mengalami deformasi yang menonjol karena adanya sesar.

Kerentanan Gempa

Kerentanan gempa merupakan nilai yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa. Kerentanan gempa bertujuan untuk mengukur tingkat kerentanan tanah atau deformasi tanah dalam menerima gempa. Kerentanan gempa didapat dari persamaan (1). Selanjutnya, hasil perhitungan kerentanan gempa di plot dengan software *Surfer* sehingga didapatkan peta sebaran nilai kerentanan gempa yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Nilai Kerentanan gempa di Bantir

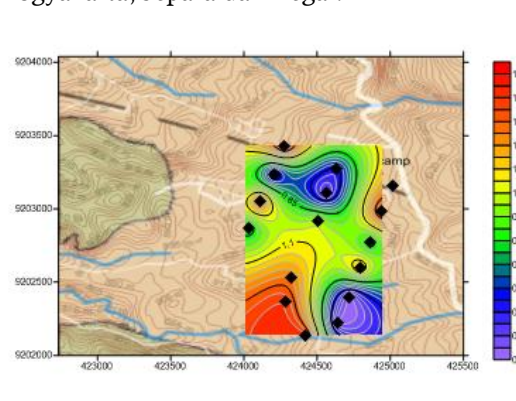
Hasil perhitungan kerentanan gempa di daerah penelitian bervariasi, berada pada rentang 0 sampai dengan 120. Secara umum nilai kerentanan gempa di daerah Bantir termasuk dalam kategori rendah. Nilai kerentanan gempa yang cukup tinggi berada di daerah titik 1, 5, dan 6 yang ditandai dengan warna kuning dan merah. Nilai kerentanan gempa yang berbeda-beda menunjukkan fenomena reganggeser tanah atau *ground shear-strain* yang berbeda-beda. Semakin tinggi nilai kerentanan gempa maka semakin tinggi nilai regang-geser tanahnya. Berdasarkan nilai regang-geser, maka fenomena deformasi tanah akibat gempa dapat diinterpretasi berdasarkan tabel nilai regang sifat dinamis tanah. Pada daerah yang nilai reganggesernya tinggi, gempa dapat mengakibatkan fenomena berupa terasanya getaran dan gelombang gempa yang menyebabkan retaknya tanah.

Percepatan Tanah Maksimum

Percepatan tanah maksimum merupakan nilai percepatan getaran tanah terbesar yang terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempabumi. Nilai percepatan tanah maksimum ditentukan berdasarkan persamaan (2). Parameter yang digunakan untuk menentukan nilai percepatan maksimum adalah periode dominan tanah yang berasal dari nilai frekuensi natural tanah dan sumber gempa yang terjadi disekitar daerah Sumowono. Sumber gempa bumi yang digunakan untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum diambil berdasarkan data dari BMKG dan USGS. Sumber gempa bumi yang diambil merupakan gempa bumi dalam waktu 10 tahun terakhir dengan magnitudo 5 SR atau lebih. Sumber gempa bumi tersebut antara lain: gempa Yogyakarta pada tanggal 27 Mei 2006, gempa Jepara pada tanggal 23 Oktober 2015 dan gempa Tegal pada tanggal 23 Maret 2015. Nilai percepatan tanah maksimum dapat merepresentasikan dampak langsung yang diakibatkan saat gempa terjadi. Semakin tinggi nilai percepatan maksimumnya maka semakin tinggi nilai intensitas gemanya. Nilai intensitas gempa selanjutnya di cocokan dengan tabel skala *Modified Mercalli* atau skala MMI.

Percepatan Tanah Maksimum Rata-Rata Kawasan Bantir

Percepatan tanah maksimum rata-rata di kawasan Bantir dihitung berdasarkan rata-rata nilai percepatan tanah maksimum yang diakibatkan gempa Yogyakarta, Jepara dan Tegal. Nilai percepatan tanah maksimum rata-rata dipengaruhi oleh magnitudo gempa, jarak sumber gempa dengan lokasi penelitian dan kedalaman sumber gempa. Semakin kecil magnitudo gempa, dan semakin jauh jarak sumber gempa serta semakin dalam sumber gempa maka nilai percepatan maksimum juga semakin kecil. **Gambar 5** menunjukkan nilai percepatan tanah maksimum rata-rata di daerah penelitian berdasarkan rata-rata percepatan tanah maksimum yang diakibatkan gempa Yogyakarta, Jepara dan Tegal.



Gambar 5. Percepatan Tanah Maksimum Rata-Rata Kawasan Bantir

Nilai percepatan tanah maksimum rata-rata di kawasan bantir berdasarkan gempa Yogyakarta, Jepara dan Tegal berkisar pada rentang 0-2 gal. Percepatan tanah di kawasan bantir pada umumnya bernilai rendah. Sehingga bisa diinterpretasikan bahwa di wilayah Bantir, kecamatan Sumowono, Kab Semarang mempunyai nilai percepatan tanah yang rendah sehingga potensi bahaya seismik di wilayah bantir juga rendah.

SIMPULAN

1. Nilai kerentanan gempa rata-rata daerah Bantir berkisar antara 0 – 120 yang menunjukkan tingkat kerentanan yang rendah.

2. Nilai percepatan tanah maksimum (PGA) berkisar 0,2 gal yang menunjukkan percepatan yang kecil.
3. Tingkat kerentanan bencana daerah Bantir akibat gempa bumi adalah kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG.2016.Gempabumi.http://www.bmkg.go.id/BMKG_pusat/Gempabumitsunami/gempabumi.bmkg Diakses pada 26 Februari 2017
- Gurler, E.D., Y. Nakamura, J. Saita, & T. Sato. 2000. *Local site effect of Mexico City based on microtremor measurement*. 6th International Conference on Seismic Zonation. Palm Spring Riviera Resort. California, USA, pp.65.
- Kanai K. & T. Tanaka. 1961. *On Microtremors. VIII*, Bull. Earth . Res. Inst., University of Tokyo, Japan.
- Nakamura, Y. 2000. *Clear identification of fundamental idea of Nakamura's*. System and Data Researc Co. Ltd., 3-25-3 Fujimidai, Kunitachishi, Tokyo.
- Nakamura, Y. 2001. *Inventory Development for Natural and Built Environments: Use of Seismic Motion and Microtremor for Vulnerability Assessment*. 4th EQTAP Workshop in Kamakura.
- Nakamura, Y. 2008. *On The H/V Spectrum*. The 14th World Conference on Earthquake Eginering. Beijing. Cina
- Saita, J., M.L.P. Bautista, & Y. Nakamura. 2004. *On Relationship Between The Estimated Strong Motion Characteristic of Surface Layer and The Earthquake Damage -Case Study at Intramuros, Metro Manila*. Paper No. 905, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C.Canada.
- Tokimatsu, K. 1995. *Geotechnical site characterization using surface waves*. In Proc. 1st Intl. Conf. Earhquake Geotechnical Engineering. Ishihara (ed). Balkema. 1333-1368.
- USGS. *The Modified Mercalli Intensity Scale*. <http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>. Diakses: 3 Maret 2016.