

Identifikasi Gerakan Tanah Longsor Dengan Pendekatan Ground Shear Strain Menggunakan Pengukuran Mikroseismik di Graha Taman Nirwana Kota Semarang

Supriyadi ^{1*}, R H Hidayatullah¹, Mahardika Prasetya Aji¹, Taufik Nur Fitrianto¹ dan Rini Kusumawardani²

¹Department of Physics, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

²Department of Civil Engineering, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

*supriyadi@mail.unnes.ac.id

ABSTRACT

Mikroseismic research at Graha Nirwana has been carried out as information on landslide-prone areas that can be used to minimize the risk of landslide impacts, so as to optimize infrastructure development and spatial development. Data retrieval is done using a 3-component seismometer at 16 points with a distance between 100 m. Data processing is done by HVSR method. The data obtained are in the form of horizontal spectral comparison to vertical (H/V), dominant frequency and amplification. The value of natural frequency and amplification can be used to determine the value of maximum round acceleration earthquake vulnerability and ground shear strain value. From the results of the study, the thickness of the sediment layer was obtained ranging from 10-30 m which generally consisted of alluvial layers in the form of sandstone and claystone. The earthquake vulnerability value ranged between 3-5.1, while the average shear strain value was in the range of 0.001-0.0022 with an average earthquake intensity scale of IV MMI scale. Based on research data, in general the potential for landslide in the Graha Nirwana area is relatively high. There are areas with high seismic vulnerability and high shear strains that need to be considered. In areas with earthquake vulnerability and high shear strains it is not recommended to construct buildings. Building construction in areas with high earthquake vulnerability is recommended to be built with deep foundation with buildings that are not too high.

Keywords: Microseismic, ground shear strain, Kg, landslide

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mikroseismik di Graha Taman Nirwana sebagai informasi daerah rawan tanah longsor yang dapat digunakan untuk meminimalisir resiko dampak tanah longsor, sehingga dapat mengoptimalkan pembangunan infrastruktur dan pengembangan tataruang. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan seismometer 3 komponen pada 16 titik dengan jarak antar titik 100 m. Prosesing data dilakukan dengan metode HVSR. Data yang diperoleh berupa nilai perbandingan spektral horizontal terhadap vertikal (H/V), frekuensi dominan dan amplifikasi. Nilai frekuensi natural dan amplifikasi dapat digunakan untuk menentukan nilai kerentanan gempa percepatan tanah maksimum dan nilai regang geser tanah. Dari hasil penelitian diperoleh ketebalan lapisan sedimen berkisar antara 10-30 m yang secara umum terdiri dari lapisan alluvial berupa batupasir dan batulempung. Nilai kerentanan gempa berkisar antara 3-5,1, sementara itu nilai shear strain rata-rata berada pada rentang 0,001-0,0022 dengan rata-rata skala intensitas gempa IV skala MMI. Berdasarkan data-data penelitian, secara umum potensi longsor di daerah Graha Taman Nirwana relatif tinggi. terdapat daerah-daerah dengan kerentanan gempa dan shear strain yang tinggi yang perlu diperhatikan, Pada daerah dengan kerentanan gempa dan shear strain tinggi tidak disarankan untuk membuat bangunan. Pembangunan gedung pada daerah dengan kerentanan gempa tinggi direkomendasikan dibangun dengan pondasi yang dalam dengan bangunan gedung yang tidak terlalu tinggi.

Kata kunci: Mikroseismik, ground shear strain, Kg, tanah longsor

PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia merupakan kepulauan yang mempunyai tingkat kegempaan yang tinggi sumber-sumber gempa yang terjadi di Pulau Jawa, khususnya Kota Semarang, lebih banyak berasal dari sesar-sesar aktif di Pulau Jawa. Sesar-sesar aktif yang dapat memberikan pengaruh cukup besar bagi kota Semarang adalah Sesar Opak (Yogyakarta), Sesar Lasem, Sesar Pati, dan Sesar Kaligarang^[1,2]. Jika salah satu dari sesar itu mengalami pergeseran maka akan mempengaruhi pergeseran sesar-sesar yang lain yang dapat menimbulkan sesar-sesar minor. Aktifitas sesar-sesar ini dapat menimbulkan gempa bumi yang merusak. Kota Semarang yang mempunyai luas wilayah 373,7 km² mempunyai daerah rawan gempa yang cukup tinggi, diantaranya Kecamatan Gunungpati dan Mijen^[3]. Daerah tersebut termasuk daerah yang rawan gempa, dikarenakan morfologi daerah tersebut yang berbukit-bukit sehingga jika terjadi gempa yang cukup besar akan berdampak pada pergerakan tanah yang dapat menyebabkan longsor.

Bencana longsor menimbulkan banyak kerugian terutama bangunan dan kemacetan lalu lintas, bagi pengguna jalan daerah setempat maupun dari daerah lain yang akan melewati jalan tersebut. Selain itu juga, bencana longsor dapat menimbulkan dampak negatif jangka panjang seperti hilangnya lapisan tanah (*top soil*) yang subur sehingga produktivitas tanah menurun. Faktor yang menyebabkan gerakan tanah (tanah longsor) adalah topografi kemiringan lereng, keadaan tanah (tekstur, struktur lapisan), curah hujan, gempa bumi dan keadaan vegetasi hutan^[4].

Di Graha Taman Nirwana Kota Semarang, kejadian longsor terjadi pada tahun 2017 Keadaan geologi perumahan Taman Nirwana terdiri dari alluvium dan lempung, di samping itu batuan yang terdapat di Perumahan Taman Nirwana merupakan batuan kerakal dan bongkah yang berada di lereng tebing sehingga mudah bergerak atau menggelinding. Oleh karena itu, daerah tersebut dipilih sebagai lokasi penelitian untuk mengetahui tingkat potensi rawan longsor dan nilai shear strain di lokasi penelitian^[6].

Kerentanan gempa

Kerentanan gempa merupakan nilai yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa^[7]. Kerentanan gempa bertujuan untuk mengukur tingkat kerentanan tanah atau struktur dalam menerima gempa^[8]. Kerentanan gempa bermanfaat untuk memprediksi zona lemah saat terjadi gempa bumi^[9]. Nilai kerentanan gempa diperoleh dengan mengkuadratkan amplifikasi dibagi dengan frekuensi naturalnya, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Kg = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (1)$$

dimana :

Kg = Indeks Kerentanan Seismik

A_0 = faktor amplifikasi tanah

f_0 = frekuensi dominan tanah (Hz)

Percepatan Tanah Maksimum atau Peak Ground Acceleration (PGA)

Percepatan tanah maksimum (*PGA*) adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempa bumi. Percepatan tanah maksimum di suatu tempat disebabkan oleh getaran seismik bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah di tempat tersebut^[13]. Sifat-

sifat lapisan tanah ditentukan oleh periode natural tanah dari lapisan tanah tersebut bila ada getaran seismik. Periode getaran seismik (T) dan periode natural tanah (T_0) akan mempengaruhi besarnya percepatan batuan pada lapisan batuan dasar dan pada lapisan permukaan. Sedangkan perbedaan kecepatan perambatan gelombang seismik pada batuan dasar dengan kecepatan perambatan gelombang seismik pada permukaan tanah akan menentukan faktor perbesaran $G(T)$ [10,]. Jika nilai periode getaran seismik (T) dan periode natural tanah (T_0) sama maka akan terjadi resonansi, sehingga percepatan tanah akan mengalami penguatan yang disebut dengan percepatan tanah maksimum. Berdasarkan hal tersebut [11,12]. Persamaan empiris percepatan tanah maksimum yang dirumuskan sebagai berikut [14,15].

$$\text{Log } a_{max} = 1.3 + 0.41Mw - \text{Log}(R \times 0.32.10.0.41Mw) - 0.0034R \tag{2}$$

dengan M adalah magnitudo gempa (Skala *Richter*) dan R adalah jarak hiposenter gempa (km)

Shear Strain

Ground Shear strain (γ) Nilai GSS dapat dihitung dengan persamaan Nakamura [8] yaitu :

$$\gamma = Kg (1000 \times 10^{-6}) a_{max} \tag{3}$$

Dimana γ adalah *Ground shear-strain*, Kg adalah nilai kerentanan tanah, dan a_{max} adalah *peak ground acceleration*.

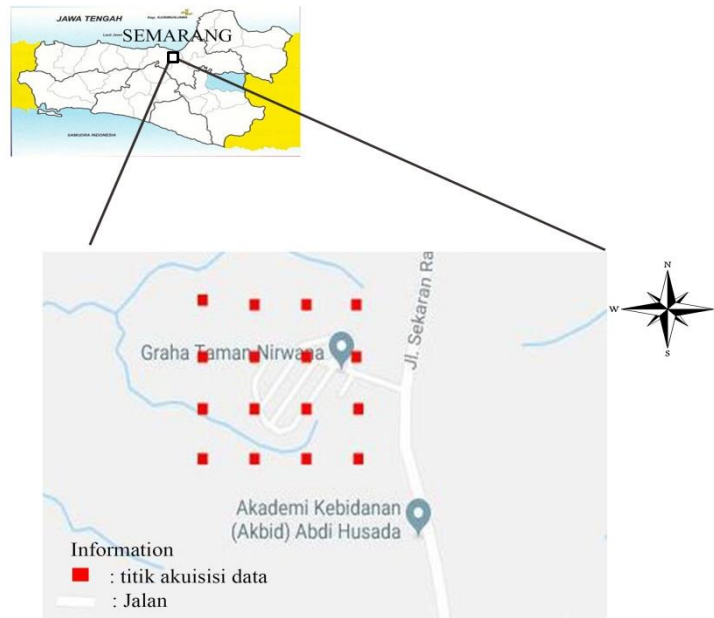
Berdasarkan persamaan tersebut didapat hubungan antara nilai kerentanan gempa dan nilai regang-geser permukaan tanah, semakin besar nilai kerentanan gempa (Kg) maka semakin tinggi juga nilai shear-strain permukaan tanah (γ) [5], nilai shear-strain pada permukaan tanah perlu diperhatikan. Pada umumnya, permukaan tanah yang mengalami shear-strain diatas mulai mengalami deformasi non-linear. Sementara itu, jika nilai shear-strain maka lapisan tanah akan mengalami deformasi runtuh. Tabel 1. menjelaskan fenomena yang terjadi pada tanah berdasarkan nilai regang-geser tanah.

Tabel 1. Nilai regangan sifat dinamis tanah [5]

Size of strain	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
Phenomena	Wave, Vibration		Crack, Settlement		Landslide,	Soil compaction
Dynamic Properties	Elasticity		Elasto-Plasticity		Liquifaction	Collapse
	Repeat-Effect, Speed-Effect of loading					

METODE

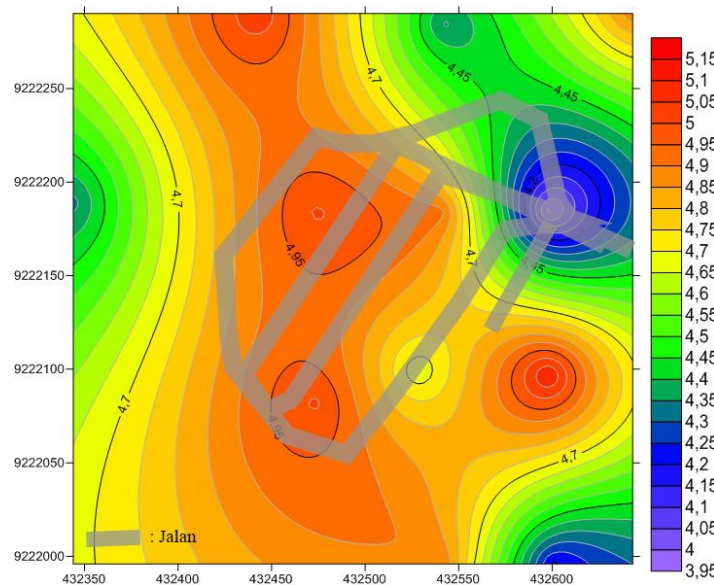
Lokasi penelitian berada di Perumahan Taman Nirwana, Gunungpati Kota Semarang dengan luas daerah penelitian adalah 900 m². Titik pengukuran berjumlah 16 titik yang terbagi menjadi 4 lintasan dengan spasi antar titik adalah 100 m dan spasi antar lintasan 100 m. Durasi perekaman data mikroseismik di setiap titik adalah 30 menit. Berikut adalah desain survei untuk pengambilan data lapangan di lokasi penelitian.



Gambar 1. Desain survei daerah penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

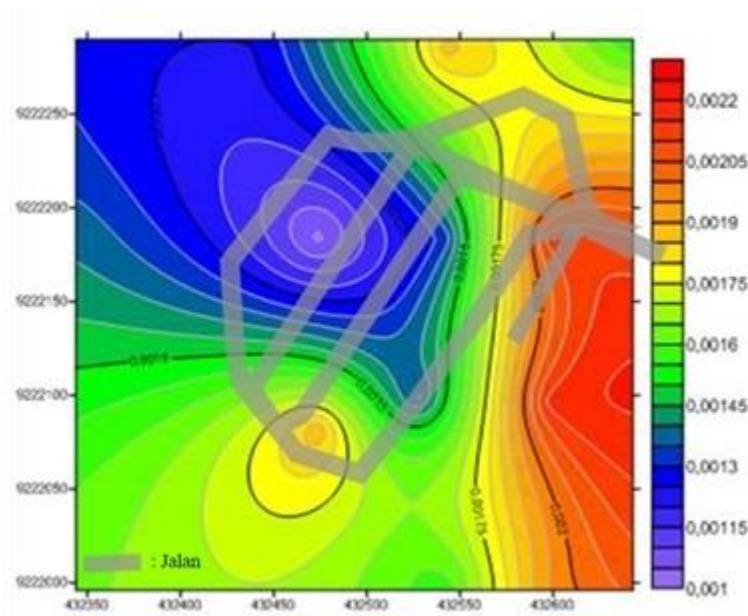
Kerentanan gempa merupakan nilai yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa [8]. Kerentanan gempa bertujuan untuk mengukur tingkat kerentanan tanah atau deformasi tanah dalam menerima gempa [7]. Kerentanan gempa didapat dari persamaan (1). Selanjutnya, hasil perhitungan kerentanan gempa di plot dengan software *Surfer* sehingga didapatkan peta sebaran nilai kerentanan gempa yang ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Peta nilai kerentanan gempa (K_g) di Graha Taman Nirwana

Hasil perhitungan kerentanan gempa di daerah penelitian bervariasi, berada pada rentang 3 sampai dengan 5.15. Secara umum nilai kerentanan gempa di Daerah Graha Taman Nirwana termasuk dalam kategori rendah. Nilai kerentanan gempa yang cukup tinggi berada di daerah

perumahan yang ditandai dengan warna hijau muda, 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 shear-strain tanahnya seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Peta nilai ground shear-strain di Graha Taman Nirwana

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa terdapat kesesuaian antara formasi geologi terhadap nilai GSS dimana untuk kawasan Graha Taman Nirwana merupakan tanah lempung dan pasir yang tergolong lebih lunak. Tanah yang lunak memiliki amplitudo gelombang yang lebih tinggi dibandingkan tanah yang keras, sehingga tanah yang lebih lunak akan menjadi lebih mudah mengalami kerusakan dibandingkan tanah yang lebih keras. Titik data dengan nilai GSS tertinggi berada di formasi Alluvium (Qa), tersusun atas material lepas dengan material yang berbutir, lempung hingga kerakal. Namun pada lokasi penelitian, hanya dijumpai material – material lepasan dengan ukuran butir mayoritas pasir yang sebagian besar lahannya difungsikan sebagai lahan bangunan rumah warga dan kebun. Pada umumnya likuifaksi terjadi pada lapisan yang terbentuk oleh material-material lepas dengan ukuran butir berupa pasir hingga lanau. Hal ini disebabkan oleh kemampuan lapisan dengan ukuran butir pasir yang cenderung dapat menyimpan air. Kondisi lapisan yang jenuh dengan air dan ditambah dengan kemiringan lahan yang curam dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan suatu daerah menjadi berpotensi untuk terjadi peristiwa longsor^[16].

KESIMPULAN

Potensi longsor di daerah Graha Taman Nirwana Kota Semarang secara umum tergolong pada daerah dengan potensi longsor yang tinggi. Pada daerah dengan kerentanan gempa dan GSS yang tinggi tidak disarankan untuk membuat bangunan. Pembangunan Perumahan pada daerah dengan kerentanan gempa dan GSS tinggi direkomendasikan dibangun dengan pondasi yang dalam dengan bangunan yang tidak terlalu tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Partono, W., Irsyam, M., Wardani, S. P. R., & Maarif, S. 2015. Persepsi Pengembangan Peta Rawan Gempa Kota Semarang melalui Penelitian Hazard Gempa Deterministik. *Jurnal Teknik*, ISSN 0852-1697. Universitas Diponegoro, Semarang.
- 2 PVMBG. 2010. *Peta Kawasan Rawan Bencana Gempabumi Provinsi Jawa Tengah*. Bandung.
- 3 Wuryanta, A. 2004. *Identifikasi Tanah Longsor dan Upaya Penanggulangan Studi Kasus di Kulon Progo, Purworejo dan Kebumen*, Prosiding Ekspose BP2TPDAS-IBB: Surakarta.
- 4 Motamed, R., Ghalandarzadeh, A., Tawhata, I. & Tabatabaei, S. H. 2007. Seismic Microzonation and Damage Assessment of Bam City. Southern Iran: *Journal of Earthquake Engineering*. Vol. 11, No. 1, Hal. 110-132.
- 5 Nakamura, Y. 1997. *Seismic Vulnerability Indices for Ground and Structures using Microtremor*. World Congress on Railway Research: Florence.
- 6 Nakamura, Y. 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application*. The 12nd World Conference on Earthquake Engineering. Tokyo, Japan.
- 7 Nakamura, Y. 2001. *Inventory Development for Natural and Built Environments: Use of Seismic Motion and Microtremor for Vulnerability Assessment*. 4th EQTAP Workshop in Kamakura.
- 8 Nakamura, Y. 2008. *On The H/V Spectrum*. The 14th World Conference on Earthquake Engineering. Beijing, China.
- 9 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.
- 10 Edwina, D., & S. Novita. 2008. Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang menggunakan Metode Kanai. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Andalas*, Vol. 2, No. 2, Hal. 9.
- 11 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, Hal.65.
- 12 Kanai K. & T. Tanaka. 1961. *On Microtremors*. VIII, Bull. Earth . Res. Inst., University of Tokyo, Japan.
- 13 Kanai, K. 1966. *Improved empirical formula for characteristics of stray [sic] earthquake motions*, Hal. 1-4.
- 14 Ozaki, M., Y. Kitagawa, and S. Hattori. 1977. *Study on Regional Distribution of Maximum Earthquake Motions in Japan*. Proceeding of Ninth Joint UJNR Panel Conference "Wind and Seismic Effect, Hal. 14 - 44.
- 15 Douglas, J. 2011. *Ground-Motion Prediction Equations 1964-2010*. BRGM/RP-59356-FR.
- 16 Refrizon, Irkhos. & Suhendra, Yenny, S.M 2015. Studi Site Effect Dengan Indikator Percepatan Getaran Tanah Maksimum, Indeks Kerentanan Seismik, Ground Shear Strain Dan Ketebalan Lapisan Sedimen Di Kecamatan Muara Bangkahulu Kota Bengkulu. *Jurnal Gradien*, Vol. 11, No. 2.