

ANALISA POTENSI LONGSOR MENGGUNAKAN DATA MIKROTREMOR DAN KEMIRINGAN DI JALAN RAYA PUNCAK KABUPATEN BOGOR

Rendi Wijaya Kusuma^{1)*}, Wahyudi Nasrul Pratama¹⁾

¹⁾Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

*email: r_wijayakusuma@yahoo.com

ABSTRACT

Bogor Regency is an area where landslides often occur. The factors that cause the landslides are meteorological factor likes rainfall and geological factors due to texture, rock structures surface lithology and slope. This study aims to map area that has high potential to occur landslide based on indicator Ground Shear Strain (γ_g) value and soil characteristics in Jalan Raya Puncak Bogor, Bogor Regency using Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method by considering slope factor on the measurement points. The measurements were carried out using Accelerometer sensor at 21 measurement points with a spacing of 700-1000 m and data recording for 30 minutes. The distribution of landslide potential locations are classified into high, medium, low and no potential. P15, P18 and P21 measurement points had values $\gamma_g=3.35 \times 10^{-4}$ to 1.10×10^{-3} with soft soil character and steep enough to steep slope were classified as areas that have high landslide potential whereas P1 measurement point had value $\gamma_g=2.04 \times 10^{-4}$ with medium soil character and flat or almost flat soil slope was classified as a area with low landslide potential.

Keywords: *Landslide, Ground shear strain, Horizontal to Vertical Spectral Ratio*

ABSTRAK

Kabupaten Bogor merupakan wilayah yang sering terjadi tanah longsor. Faktor penyebab terjadinya tanah longsor tersebut adalah faktor meteorologi yang ditandai dengan curah hujan dan faktor geologi karena tekstur, struktur batuan, litologi permukaan dan kemiringan. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan wilayah rawan longsor berdasarkan indikator nilai *Ground Shear Strain* (γ_g) dan karakteristik tanah di wilayah Jalan Raya Puncak, Kabupaten Bogor menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) serta dengan mempertimbangkan faktor kemiringan tanah pada titik pengukuran. Pengukuran dilakukan menggunakan sensor Accelerometer pada 21 titik dengan spasi 700-1000 m dan durasi perekaman data selama 30 menit. Distribusi lokasi potensi longsor diklasifikasikan menjadi tinggi, sedang, rendah dan tidak berpotensi. Lokasi titik pengukuran P15, P18 dan P21 memiliki nilai $\gamma_g=3.35 \times 10^{-4}$ hingga 1.10×10^{-3} dengan karakter tanah lunak dan kelas kemiringan cukup curam hingga curam diklasifikasikan sebagai wilayah dengan potensi longsor tinggi sedangkan Lokasi titik pengukuran P1 yang memiliki nilai $\gamma_g=2.04 \times 10^{-4}$ dengan karakter tanah sedang dan kelas kemiringan datar atau hampir datar diklasifikasikan sebagai wilayah potensi longsor yang rendah.

Kata kunci: Tanah longsor, *Ground shear strain, Horizontal to Vertical Spectral Ratio.*

PENDAHULUAN

Bogor merupakan salah satu kabupaten di provinsi Jawa Barat yang memiliki curah hujan kategori tinggi setiap tahunnya. Berdasarkan catatan BMKG yang tertera dalam BPS Kota Bogor, pada tahun 2016 rata-rata curah hujan di Kota Bogor yaitu 402.9 mm. Selain fenomena meteorologi, daerah ini juga sering terkena

dampak guncangan gempa bumi yang diakibatkan oleh zona subduksi lempeng Indo-Australia dengan Eurasia yang berada di sebelah selatan Pulau Jawa, serta beberapa sesar aktif di Jawa Barat seperti sesar Lembang, sesar Cimandiri, dan sesar Baribis (Pusgen, 2017). Kondisi alam yang sedemikian rupa mengakibatkan daerah Bogor berpotensi terjadi bencana alam seperti banjir, angin kencang dan

tanah longsor yang disebabkan oleh hujan deras atau getaran gempabumi.

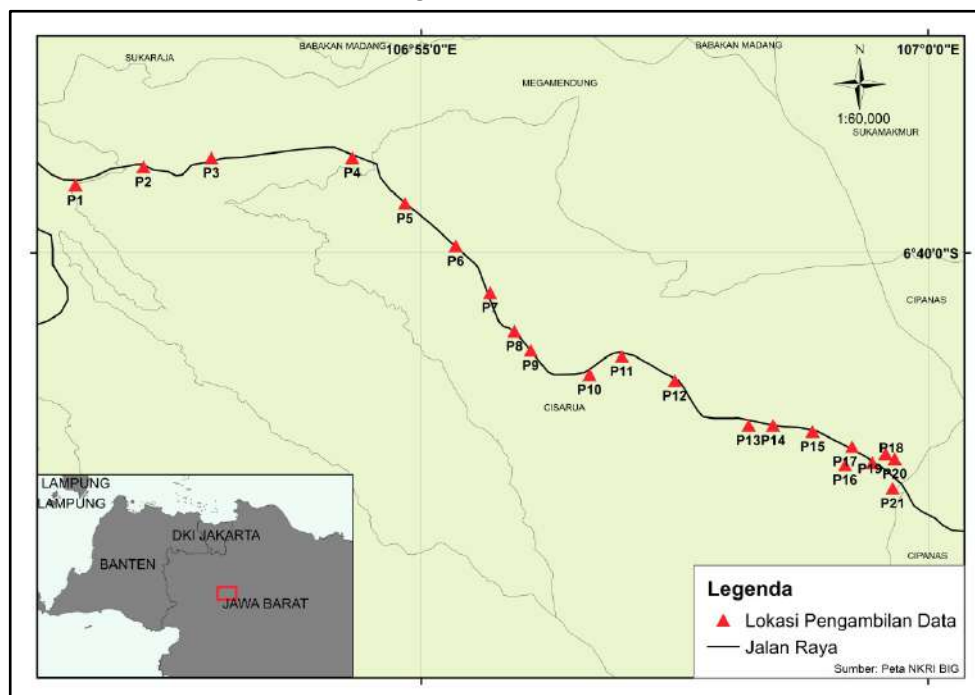
Jalan raya puncak di Kabupaten Bogor merupakan salah satu daerah yang sering terjadi tanah longsor. Pada tahun 2016 hingga 2018 telah terjadi 6 kali kejadian tanah longsor di daerah tersebut (BNPB, 2018). Jalan ini juga merupakan salah satu akses penghubung antara Kota Bogor dengan Kab. Cianjur dan Sukabumi, sehingga perlu kewaspadaan terhadap potensi longsor yang tidak hanya terjadi karena faktor meteorologi, tetapi juga disebabkan oleh sudut kemiringan pada sisi jalannya. Secara geologi, tanah longsor juga dapat disebabkan karena tekstur dan struktur batuan, litologi permukaan, elevasi serta kemiringan (Balitbang RI, 2014). Selain faktor kemiringan dan struktur batuan, gempabumi juga merupakan faktor yang dapat menimbulkan terjadinya tanah longsor.

Berdasarkan dari kondisi tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui sebaran nilai Indeks Kerentanan Seismik (K_g),

Peak Ground Acceleration (PGA), *Ground Shear Strain* (γ_g), karakteristik tanah, serta presentase kemiringan tanah di jalan raya Puncak, Kab. Bogor berdasarkan data mikrotremor. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mempetakan daerah yang berpotensi longsor berdasarkan indikator nilai *Ground Shear Strain*, karakteristik tanah, dan kemiringan di area penelitian.

METODE

Penelitian dilakukan di Jalan Raya Puncak, mulai dari simpang tiga-Gadok, Kec. Megamendung hingga perbatasan Kab. Bogor dengan Kab. Cianjur (Gambar 1). Penelitian ini menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) untuk mendapatkan nilai faktor Amplifikasi (A_0) dan Frekuensi dominan (f_0). HVSr merupakan salah satu metode pengukuran yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik struktur lapisan bawah permukaan tanpa menyebabkan kerusakan pada strukturnya (Nakamura, 1989).



Gambar 5. Lokasi penelitian dan titik pengukuran

Pengambilan data pada tiap titik pengukuran berupa data mikrotremor dengan

menggunakan *Accelerometer Titan*, *Digitizer Taurus*, dan data posisi dengan menggunakan

GPS (*Global Positioning System*) (gambar 2). Nilai faktor amplifikasi dan frekuensi dominan yang dihasilkan berdasarkan kurva HVSR digunakan untuk menghitung nilai Periode dominan, Indeks Kerentanan Seismik (K_g), dan *Ground Shear Strain* (γ_g).

Periode dominan di setiap lokasi menunjukkan kedalaman lapisan sedimen lunak (Nakamura, 1989). Periode yang tinggi menunjukkan sedimen lunak yang tebal, dan sebaliknya periode yang rendah menunjukkan

sedimen lunak yang tipis. Periode dominan didapat menggunakan persamaan berikut:

$$T_0 = \frac{1}{f_0} \quad (1)$$

Keterangan:

T_0 = periode dominan

f_0 = frekuensi dominan



Gambar 6. Accelerometer Titan dan Digitizer Taurus

Indeks kerentanan seismik merupakan indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi (Nakamura, 2008). Indeks Kerentanan Seismik dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

K_g = indeks kerentanan seismik

A_0 = faktor amplifikasi

f_0 = frekuensi dominan (Hz)

Nilai *ground shear strain* pada lapisan tanah menggambarkan kemampuan material lapisan tanah untuk merenggang dan bergeser saat terjadi gempa bumi. Nilai *ground shear strain* didapat menggunakan persamaan berikut (Nakamura, et. al., 2003):

$$\gamma_g = K_g \times \frac{\alpha}{\pi^2 v_b} \quad (2)$$

Keterangan:

γ_g = Ground Shear Strain

K_g = Indeks Kerentanan Seismik

α = PGA ($gal = cms^{-2}$)

v_b = Kecepatan Gelombang Geser
(600 m/s)

Parameter input lain yang digunakan yaitu nilai PGA *basement* di tiap titik pengukuran. Parameter yang digunakan untuk mendapatkan nilai PGA berdasarkan persamaan (3) adalah besarnya kekuatan gempabumi yang terjadi dan jarak hypocenter gempa ke lokasi pengukuran. Nilai PGA berdasarkan persamaan McGuire (J.Douglas, 2004):

$$\alpha = 472e^{0,278M_w} (R + 25)^{-1.301} \quad (3)$$

Keterangan:

α = PGA ($gal = cms^{-2}$)

M_w = kekuatan gempabumi

R = jarak hypocenter ke lokasi pengukuran (km)

Dengan :

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$$

$$\Delta = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Keterangan:

X_1 = lintang episenter ($^\circ$)

X_2 = lintang titik pengukuran ($^\circ$)

Y_1 = bujur episenter ($^\circ$)

Y_2 = bujur titik pengukuran ($^\circ$)

Δ = jarak episenter ($1^\circ = 111,1$ km)

h = kedalaman gempa (km)

Untuk mendapatkan nilai PGA *basement*, diperlukan data kejadian gempabumi di sekitar wilayah lokasi penelitian. Parameter gempabumi yang digunakan dalam menghitung nilai PGA menggunakan data historis gempa signifikan di wilayah Jawa Barat mulai tahun 1963 hingga 2018 (BMKG, 2019).

Persentase kemiringan lereng pada lokasi penelitian menggunakan data USGS. Pengklasifikasian jenis kemiringan berdasarkan persentase ditunjukkan pada tabel 1. Kemiringan suatu tempat sangat berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor. Daerah dengan nilai γ_g tinggi, karakter tanah yang lunak hingga sangat lunak, dan kemiringan $>15\%$ merupakan daerah dengan tingkat potensi longsor dengan kategori tinggi.

Tabel 1. Klasifikasi presentase kemiringan (Zuidam, 2008)

Kemiringan ($^\circ$)	Kemiringan (%)	Klasifikasi kemiringan
0 – 2	0 – 2	Datar atau hampir datar
2 – 4	2 – 7	Cukup Landai
4 – 8	7 – 15	Landai
8 – 16	15 – 30	Cukup Curam
16 – 35	30 – 70	Curam
35 – 55	70 – 140	Sangat Curam
>55	>140	Ekstrem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data mikrotremor dilakukan pada malam hari di Jalan Raya Puncak-Bogor tanggal 15 sampai 18 April 2018 sebanyak 21 titik pengukuran. Jarak antar titik pengukuran yaitu 700-1000 meter, dengan

durasi perekaman selama 30 menit. Setelah mendapatkan rekaman data mikrotremor, kemudian data diolah menggunakan *software Geopsy* (mengacu pada SESAME 2004) untuk mendapatkan kurva HVSr.

Faktor amplifikasi dan frekuensi dominan digunakan dalam persamaan (1) untuk mendapatkan data Indek Kerentanan Seismik di tiap titik pengukuran. Frekuensi dominan juga digunakan dalam persamaan (2) untuk mendapatkan nilai periode dominan yang akan digunakan untuk menentukan karakteristik tanah di tiap lokasi (Kinai, 1966). Data K_g dan PGA berdasarkan gempa selama 55 tahun digunakan dalam persamaan (3) untuk mengetahui nilai *ground shear strain*.

Nilai *ground shear strain* dipengaruhi oleh Indek Kerentanan Seismik dan PGA batuan dasar di lokasi penelitian. Umumnya, semakin besar K_g maka nilai *ground shear strain* juga akan semakin besar. Sedangkan nilai PGA *basement* dipengaruhi oleh besarnya kekuatan gempa dan jarak pusat gempa ke lokasi penelitian. Semakin besar kekuatan

gempa dan semakin dekat jarak pusat gempa, maka nilai PGA juga akan semakin besar. Peta sebaran *ground shear strain* ditunjukkan pada gambar 4.

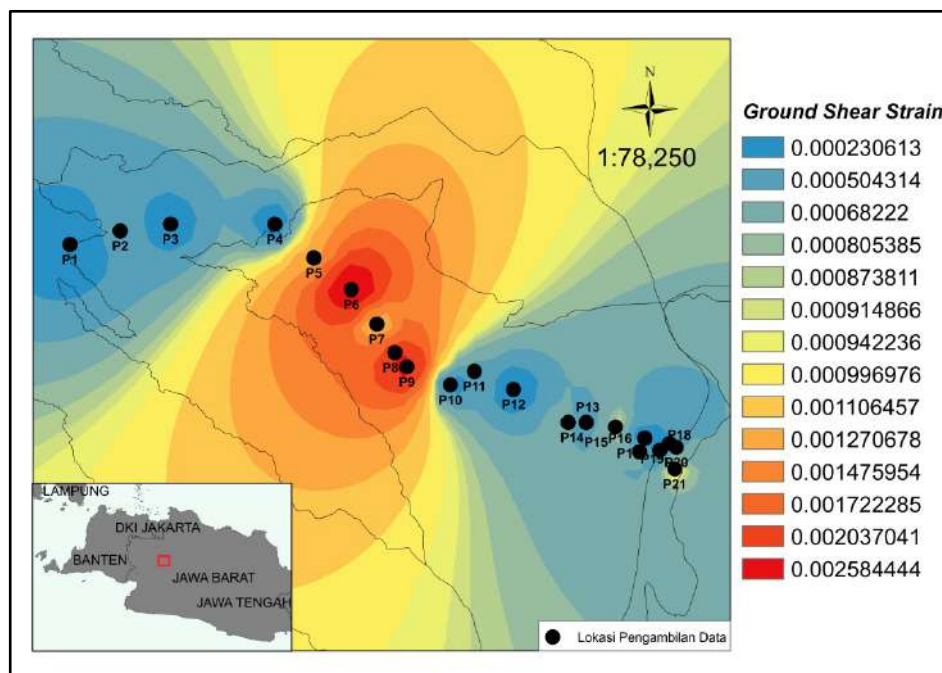
Penentuan potensi longsor pada penelitian ini juga mempertimbangkan nilai kemiringan pada tiap lokasi pengukuran. Pemetaan kemiringan menggunakan *software arcGIS* berdasarkan dengan data ketinggian lokasi dari USGS. Persentase kemiringan lebih dari 15% atau kelas *cukup curam* hingga *curam* merupakan faktor yang mengakibatkan terjadinya tanah longsor. Dengan mempertimbangkan nilai *ground shear strain*, karakteristik tanah, dan kemiringan dapat diketahui potensi longsor yang ditunjukkan pada tabel 2, sedangkan peta sebaran potensi longsor di lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 5.

Tabel 2. Data pada tiap titik pengukuran dan potensi longsor

Sta.	Lat (LS)	Long (BT)	K_g (s^2/m)	PGA (ms^{-2})	γ_g	Karakter tanah	Kemiringan	Potensi longsor
P1	6°39.33'	106°51.59'	0.33	3.56	2.04×10^{-4}	Sedang	Hampir datar	Tidak berpotensi
P2	6°39.15'	106°52.26'	1.00	3.54	6.04×10^{-4}	Sangat lunak	Landai	Rendah
P3	6°39.18'	106°53.33'	0.59	3.53	3.35×10^{-4}	Lunak	Landai	Tidak berpotensi
P4	6°39.06'	106°54.32'	0.44	3.50	2.61×10^{-4}	Sangat lunak	Cukup Landai	Tidak berpotensi
P5	6°39.51'	106°54.84'	2.29	3.51	1.36×10^{-3}	Lunak	Cukup Landai	Tidak berpotensi
P6	6°39.93'	106°55.34'	6.29	3.52	3.74×10^{-3}	Sangat lunak	Landai	Rendah
P7	6°40.39'	106°55.68'	1.72	3.53	1.03×10^{-3}	Sangat lunak	Landai	Tidak berpotensi
P8	6°40.77'	106°55.92'	3.58	3.54	2.14×10^{-3}	Lunak	Landai	Rendah
P9	6°40.96'	106°56.08'	5.17	3.55	3.10×10^{-3}	Sedang	Landai	Rendah
P10	6°41.20'	106°56.66'	0.37	3.54	2.24×10^{-4}	Sedang	Landai	Tidak berpotensi
P11	6°41.02'	106°56.98'	1.07	3.53	6.38×10^{-4}	Sedang	Landai	Tidak berpotensi
P12	6°41.26'	106°57.50'	0.32	3.52	1.91×10^{-4}	Sedang	Landai	Tidak berpotensi
P13	6°41.99'	106°58.23'	1.38	3.53	8.15×10^{-4}	Sedang	Cukup Curam	Rendah
P14	6°42.18'	106°58.47'	0.73	3.53	4.37×10^{-4}	Lunak	Cukup Curam	Sedang
P15	6°42.16'	106°58.86'	1.80	3.52	1.07×10^{-3}	Lunak	Cukup Curam	Tinggi
P16	6°42.09'	106°59.18'	1.35	3.51	8.01×10^{-4}	Lunak	Cukup Curam	Sedang
P17	6°41.91'	106°59.25'	0.37	3.50	2.17×10^{-4}	Lunak	Curam	Sedang
P18	6°42.07'	106°59.45'	0.57	3.50	3.34×10^{-4}	Lunak	Curam	Tinggi
P19	6°41.98'	106°59.58'	0.53	3.50	3.17×10^{-4}	Lunak	Curam	Sedang
P20	6°42.03'	106°59.67'	1.52	3.50	9.04×10^{-4}	Lunak	Cukup Curam	Sedang
P21	6°42.32'	106°59.65'	1.86	3.51	1.10×10^{-3}	Lunak	Curam	Tinggi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi dengan potensi longsor kategori tinggi terdapat pada titik pengukuran *P15*, *P18*, dan *P21* dengan nilai $\gamma_g=3.35 \times 10^{-4}$ hingga 1.10×10^{-3} , kelas kemiringan *Cukup Curam* hingga *Curam*, dan karakter tanah *Lunak*. Titik pengukuran *P21* merupakan daerah potensi longsor dengan kategory paling tinggi, lokasi tersebut berada di perbatasan Kab. Bogor dengan Kab. Cianjur. Sedangkan potensi terkecil atau *Tidak berpotensi* longsor terdapat pada titik *P1* dengan nilai $\gamma_g=2.04 \times 10^{-4}$, kelas kemiringan *Datar* atau *Hampir Datar* (<2%), dan karakter tanah *Sedang*, lokasi tersebut berada di masjid Harkatul Jannah di dekat simpang tiga Gadog. Nilai $\gamma_g=2.17 \times 10^{-4}$ hingga 9.05×10^{-4} , dengan kelas kemiringan

Cukup Curam hingga *Curam*, dan karakter tanah *Lunak* termasuk dalam kategori potensi *Sedang*, terdapat pada titik *P14*, *P16*, *P17*, *P19*, dan *P20*. Lokasi dengan kategori potensi *Rendah* terdapat pada titik pengukuran *P2*, *P6*, *P8*, *P9*, dan *P13* dengan nilai $\gamma_g=4.37 \times 10^{-4} - 3.75 \times 10^{-3}$ dan kemiringan *Landai* hingga *Cukup curam*. Lokasi dengan nilai $\gamma_g=1.92 \times 10^{-4} - 1.37 \times 10^{-3}$ dengan kelas kemiringan *Hampir datar* hingga *Landai* termasuk dalam kategori tidak berpotensi longsor, namun γ_g dengan nilai 10^{-3} di lokasi dengan karakter tanah *Lunak* hingga *Sangat Lunak* seperti pada titik pengukuran *P5*, *P6*, *P7*, dan *P8*, tetap perlu waspada karena dapat terjadi retakan atau penurunan tanah ketika terjadi gempa bumi (Nakamura, 1997).



Gambar 7. Peta sebaran nilai ground shear strain

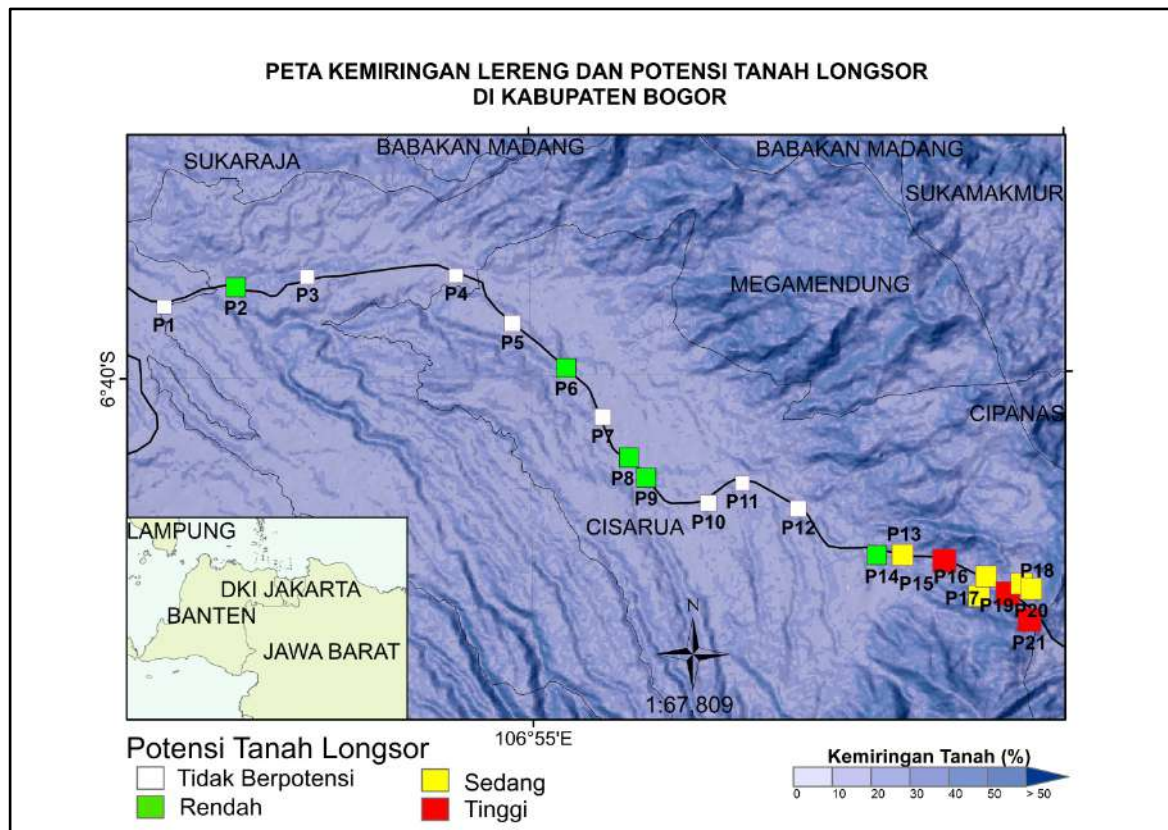
Nilai *ground shear strain* juga dipengaruhi oleh material penyusun batuan dan kecepatan gelombang seismik yang melewati batuan. Perbedaan nilai *ground shear strain* di tiap lokasi, menunjukkan adanya perbedaan material penyusun batuan. Nilai *ground shear strain* yang tinggi menunjukkan lapisan tersebut mudah terdeformasi atau lapisan yang lunak, hal ini terbukti pada titik pengukuran *P5*, *P6*, *P7*, dan *P8* titik pengukuran tersebut memiliki

nilai *ground shear strain* yang cukup tinggi dibandingkan dengan titik lainnya, dan memiliki karakteristik tanah yang *sangat lunak*.

Material yang lunak akan mudah terdeformasi dibandingkan dengan material yang padat. Lapisan pasir dan kerikil pada permukaan akan memiliki nilai *ground shear strain* yang tinggi. Penelitian (Daryono, 2011) menunjukan bahwa lapisan jenuh air sangat sulit

terjadi proses pemadatan, hal ini disebabkan karena pada lapisan jenuh air tersusun dari pasir dan kerikil, sehingga hal ini bisa menyebabkan terjadinya deformasi seperti retakan atau likuifaksi. Terjadinya retakan pada area

pemukiman dapat menyebabkan kerusakan pondasi atau dinding bangunan, tetapi jika retakan tersebut terjadi pada lereng yang *cukup curam* hingga *curam* maka dapat menimbulkan terjadinya tanah longsor.



Gambar 5. Peta kemiringan dan sebaran potensi longsor

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa distribusi lokasi potensi longsor menggunakan data mikrotremor dengan indikator nilai *ground shear strain*, karakteristik tanah dan data kemiringan lereng dibagi menjadi 4, yaitu *tinggi*, *sedang*, *rendah*, dan *tidak berpotensi*. Area dengan potensi longsor kategori tertinggi berada pada titik P21 (perbatasan Kab. Bogor dengan Kab. Cianjur) dengan nilai $\gamma_g = 1.10 \times 10^{-3}$, karakteristik tanah Lunak, dan kemiringan 30%-70%. Area

dengan kelas potensi terendah berada di titik P1 (masjid Harakatul Jannah di dekat simpang tiga Gadog) dengan nilai $\gamma_g = 2.04 \times 10^{-4}$, karakteristik tanah sedang, dan kemiringan <2%.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG. (2019). *Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821-2018*. Pusat Gempabumi dan Tsunami, Jakarta.

- BPS. (2016). *Curah Hujan Kota Bogor*. <https://bogorkota.bps.go.id/staticta/ble/2018/05/14/98/jumlah-curah-hujan-di-kota-bogor-2016.html>. diakses tanggal 1 Februari 2020.
- Balitbang. (2006). *Pedoman Umum Budidaya Pertanian*. www.litbang.deptan.go.id, 2006. Diunduh tanggal 12 Januari 2020.
- Daryono, (2011). *Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Mikrotremor Pada Setiap Satuan Bentuklahan di Zona Graben Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Thesis, Universitas Gadjah Mada.
- Douglas, J. (2004). *Ground motion estimation equations 1964-2003*. London: Imperial College.
- Kinai, K. (1966). *Improved Empirical Formula for Characteristics of Stray (Sic) Eartquake Motion*. Page 1-4 of: Proceedings of the Japanese Earthquake Symposium.
- Nakamura, Y. (1989). *A method for dynamic characteristic estimation of subsurface using microtremor on the ground surface*. Rep. Railway Tech
- Nakamura, Y. (1997). *Seismic Vulnerability Indices for Ground and Structures Using Microtremor*. Florence: World Congress on Railway Research.
- Nakamura, Y. Saita, J., & Sato, J. (2003). *Development of Vulnerability Assessment Models using Mikrotremor/Strong Motion*. Prepared for 6th EQTAP Workshop, Kashikojima, Japan.
- Nakamura, Y. (2008). *On The H/V Spectrum*. The 14th World Conference of Earthquake Engineering, Beijing, China.
- PUSGEN. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman Badan Penelitian dan pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Zuidam, R.A.V. (1983). *Guide to Geomorphological Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. Enschede: ITC.
- SESAME. (2004). *Guidelines for the implementation pf the H/V spectral ratio technique on ambient vibration measurement, processing and interpretation*.