

# ANALISIS ZONA GERAKAN TANAH BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR DI DUSUN NGROTO, DESA PURWOSARI, KECAMATAN GIRIMULYO, KABUPATEN KULONPROGO

## ANALYSIS OF MASS MOVEMENT AREA FROM MICROTREMOR MEASUREMENT IN NGROTO HAMLET PURWOSARI VILLAGE GIRIMULYO SUBDISTRICT KULONPROGO REGENCY

Oleh: Novia Nurul Khayati<sup>1</sup>, Nugroho Budi Wibowo, M.Si.<sup>2</sup>, Bambang Ruwanto, M.Si<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta

<sup>2</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Yogyakarta

Email: Noviakhayantari21@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sinyal dan parameter mikrotremor yang berkorelasi dengan gerakan tanah. Penelitian ini menggunakan 33 data mikrotremor dengan jarak antar titik sejauh 85 m. Sinyal mikrotremor dianalisis menggunakan metode HVSR sehingga diperoleh data berupa frekuensi dominan dan faktor amplifikasi dalam bentuk kurva H/V. Data tersebut menjadi input pada metode *ellipticity curve* untuk mendapatkan nilai kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai frekuensi dominan ( $f_o$ ) berkisar antara 1,9–9,9 Hz, nilai faktor amplifikasi ( $A_o$ ) berkisar antara 2,8–9,6, dan nilai indeks kerentanan seismik berkisar antara 1–18  $s^2/m$ . Mikrozonasi frekuensi dominan, faktor amplifikasi, dan indeks kerentanan seismik menunjukkan pola bidang rekahan dengan peningkatan nilai faktor amplifikasi di sekitar jalur rekahan. Pola bidang rekahan menunjukkan nilai  $A_o = 9,36$  dengan ketebalan sedimen 8,8 meter.

Kata kunci: gerakan tanah, tanah longsor, indeks kerentanan seismik, *ellipticity curve*.

### Abstract

*It aimed to find out the characteristics of the signal and the microtremor parameter that correlates to mass movement. This research used 33 microtremor data with distance between points of 85 m. Microtremor signal was analyzed using HVSR method to get predominant frequency and amplification factors in the form of H/V curve. The data was being the input of the ellipticity curve method to get the value of shear wave velocity ( $V_s$ ). Based on the research results obtained, predominant frequency ( $f_o$ ) ranged between 1.9 – 9.9 Hz, value of amplification factor ( $A_o$ ) ranged between 2.8 – 9.6, and seismic vulnerability index value ranged from 1 – 18  $s^2/m$ . Microzonation of the predominant frequency, amplification factors, and seismic vulnerability index shows a pattern of fracture plane with increasing value of amplification factor around the path of the fracture. The pattern on the plane shows value of  $A_o = 9.36$  with sediment thickness of 8.8 meters.*

Keywords: landslide, ground motions, seismic vulnerability index, *ellipticity curve*.

### PENDAHULUAN

Dusun Ngroto merupakan salah satu dusun di Desa Purwosari dengan tingkat kesiagaan tanah longsor atau gerakan tanah sangat tinggi. Dusun Ngroto dihuni oleh 118 warga dan memiliki riwayat rekahan di dalam rumah warga sepanjang 8 meter yang sewaktu-waktu dapat mengancam. Berdasarkan kejadian tanah longsor di Dusun Ngroto. usaha mitigasi

bencana tanah longsor sangat dibutuhkan. Gerakan tanah atau tanah longsor yang terjadi selain diakibatkan oleh curah hujan tinggi dan kemiringan lereng dapat dipicu oleh adanya gempa bumi. Gempa bumi mengakibatkan kestabilan struktur tanah pada suatu daerah terganggu, khususnya pada daerah dengan topografi curam. Identifikasi gerakan

tanah dapat dilakukan dengan pendekatan mikrotremor.

Mikrotremor merupakan getaran lemah di permukaan bumi yang berlangsung terus-menerus akibat adanya sumber getaran seperti gempa bumi, aktivitas manusia, dan lalu lintas (Nakamura, 2000). Data mikrotremor yang terukur memiliki 3 sinyal berupa komponen vertikal (*up* dan *down*), horizontal (*north-south*), dan horizontal (*east-west*). Sinyal hasil pengukuran dianalisis menggunakan metode HVSR dan diperoleh parameter hasil berupa nilai frekuensi dominan dan amplifikasi. Kurva HVSR yang dianalisis menggunakan metode *ellipticity curve* dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan tanah.

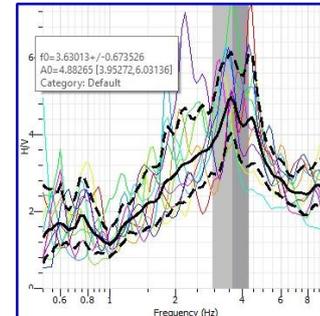
## METODE PENELITIAN

Kegiatan prasurevei dan survei dilakukan di Dusun Ngroto, Desa Purwosari, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, selama empat bulan yaitu Mei sampai Agustus 2017. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 21–24 September 2017. Secara geografis, lokasi penelitian terletak pada  $7^{\circ} 43' 52,314''$  –  $7^{\circ} 44' 13,984''$  LS dan  $110^{\circ} 9' 35,418''$  –  $110^{\circ} 9' 43,830''$  BT dengan pengukuran dilakukan sebanyak 33 titik lokasi dengan jarak antartitik 85 m. Menggunakan *Digital Portable Seismograph* merek Taide tipe TDL-303S.

### Teknik Analisis Data

Hasil pengukuran sinyal mikrotremor diolah dengan menggunakan *software Sesarray-Geopsy* untuk melakukan proses *windowing*. Proses *windowing* adalah proses pemilihan sinyal

dari hasil pengukuran tanpa adanya *noise*. Hasil dari proses *windowing* berupa kurva H/V yang memberikan informasi mengenai nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan nilai faktor amplifikasi ( $A_0$ ) seperti pada Gambar 1.

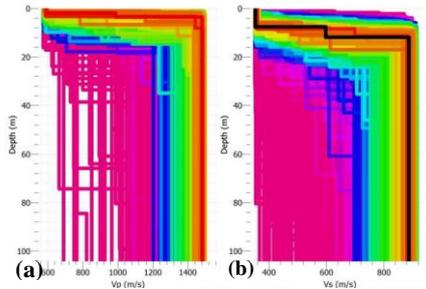


Gambar 1. Kurva H/V yang memberikan informasi nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan nilai faktor amplifikasi ( $A_0$ )

Setelah diperoleh kurva H/V, sinyal hasil olahan disimpan dalam bentuk *.hv*. Selanjutnya olahan dalam bentuk *.hv* digunakan sebagai input dalam inversi gelombang *Rayleigh (ellipticity curve)* menggunakan program *dinver*. Kemudian memasukkan parameter nilai kelajuan gelombang P ( $V_p$ ), kecepatan gelombang S ( $V_s$ ), *Poisson Ratio*, dan nilai massa jenis (densitas) batuan sebagai model awal yang berfungsi untuk menggambarkan karakteristik *site* di daerah tersebut, guna mengetahui nilai  $V_s$  yang dicari. Parameter yang digunakan disesuaikan dengan kondisi litologi bawah permukaan tanah pada setiap formasi geologi daerah pengukuran dengan mengacu pada peta geologi Regional Yogyakarta. Dusun Ngroto tersusun oleh Formasi Kebo Butak yang terdiri dari material pasir, lempung, breksi andesit, andesit, tuff lapili, batuan anglomerat dan lelehan lava.

Setelah itu, diperoleh hasil model berupa penampakan *ground profile* yang menggambarkan nilai  $V_s$  pada setiap titiknya

dengan nilai ralat atau ketidakcocokan (nilai *misfit*) terendah ( $0 \leq misfit < 1$ ) akan digunakan sebagai model terbaik dari hasil pengukuran. Adapun hasil penampakan *ground profile* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) *ground profile*  $V_p$  (b) *ground profile*  $V_s$

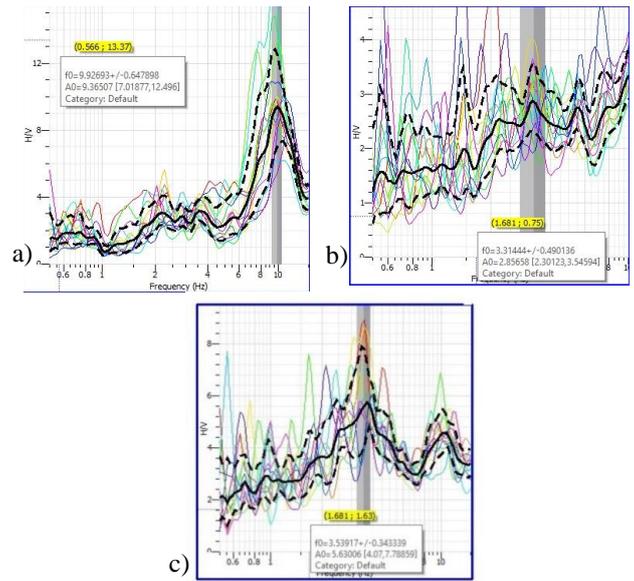
Dari hasil *ground profile* dengan metode *ellipticity curve* diperoleh nilai kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ) serta kedalaman per lapisan. Hasil ini kemudian digunakan untuk pemodelan 3D dengan menggunakan *software* Rockwork 17 untuk menghasilkan visualisasi litologi bawah permukaan tanah dalam bentuk pemodelan 3D pada daerah penelitian sehingga dapat memberikan informasi mengenai lapisan penyusun yang ada di daerah penelitian.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Kurva H/V

*Horizontal to Vertical Spectra Ratio* (HVSR) merupakan hubungan antara perbandingan komponen horizontal dan vertikal terhadap kurva eliptisitas pada gelombang *Rayleigh*. Spektrum H/V yang dihasilkan HVSR dapat digunakan untuk menentukan karakteristik tanah dan batuan bawah permukaan sebagai fungsi nilai frekuensi dominan dan faktor penguatan gelombang (amplifikasi). Berdasarkan interpretasi kurva H/V di Dusun Ngroto terdapat tiga variasi karakteristik kurva H/V, yaitu *clear*

*peak*, *flat H/V curve* dan *two peaks* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Bentuk karakteristik kurva H/V di lokasi penelitian.

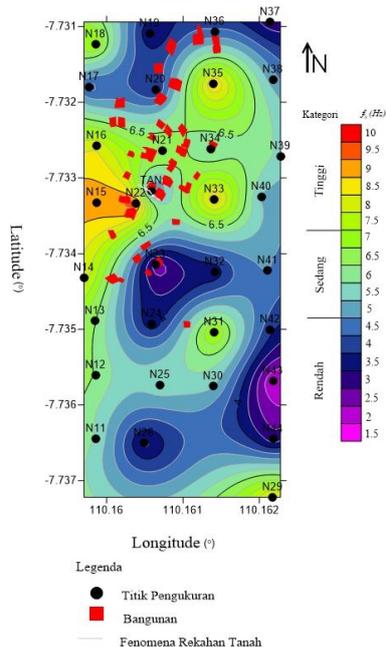
### Mikrozonasi $f_0$ , $A_0$ dan $K_g$

Keberagaman nilai  $f_0$ ,  $A_0$  dan  $K_g$  pada setiap titik pengukuran bergantung pada karakteristik dan jenis lapisan batuan di lapangan. Sebaran nilai  $f_0$ ,  $A_0$  dan  $K_g$  dikategorikan menjadi tiga kategori berdasarkan metode interval kelas yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

Mikrozonasi nilai distribusi  $f_0$  yang terdapat di Dusun Ngroto ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai  $f_0$  rendah dengan rentang nilai sebesar 1,5–4,5 Hz dan diasumsikan menggambarkan kondisi lapisan sedimen tebal tersusun oleh material lempung dan pasir dengan lapisan *bedrock* yang tersusun oleh material breksi andesit, dasit, andesit dan lelehan lava.

Nilai  $f_0$  sedang memiliki rentang nilai sebesar 4,5–7,5 Hz menggambarkan kawasan yang memiliki lapisan sedimen yang cenderung tebal dengan karakteristik material berupa batuan terombakkan. Sedangkan nilai  $f_0$  dengan kategori tinggi dengan rentang nilai sebesar 7,5–9,1 Hz

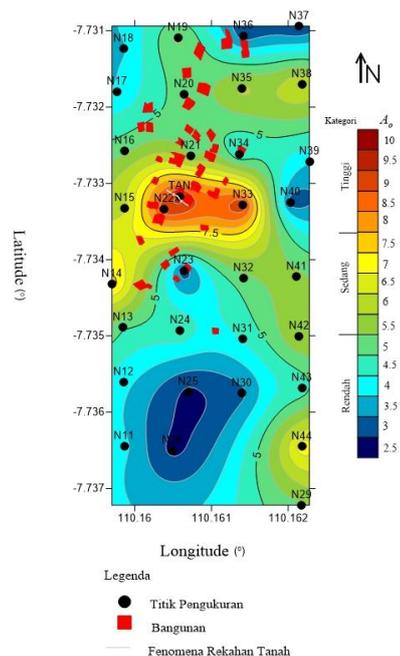
menggambarkan daerah penelitian dengan lapisan sedimen yang lebih tipis dibandingkan daerah sekitarnya.



Gambar 4. Peta mikrozonasi frekuensi dominan pada lokasi penelitian.

Mikrozonasi  $A_0$  di Dusun Ngroto memiliki rentang variasi sebesar 2,8–9,6 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Kawasan dengan nilai  $A_0$  kategori tinggi dengan rentang nilai sebesar 7,5–9,6 berada pada kawasan tengah daerah penelitian yang bertepatan dengan titik pengukuran N22, TAN, dan N33. Hal ini menunjukkan bahwa kawasan tersebut memiliki percepatan getaran tanah tinggi dan akan mempengaruhi kestabilan dan keseimbangan bangunan sehingga beresiko terhadap kerusakan bangunan. Sedangkan untuk daerah dengan nilai  $A_0$  sedang dengan rentang nilai sebesar 5–7,4 terdistribusi pada kawasan tengah dan tenggara daerah penelitian. Kemudian untuk daerah dengan nilai  $A_0$  rendah dengan rentang nilai sebesar 2,8–4,9 terdistribusi pada bagian selatan daerah penelitian. Berdasarkan kategori distribusi persebaran nilai amplifikasi, kawasan tengah

daerah penelitian memiliki risiko tinggi terhadap kerusakan bangunan.

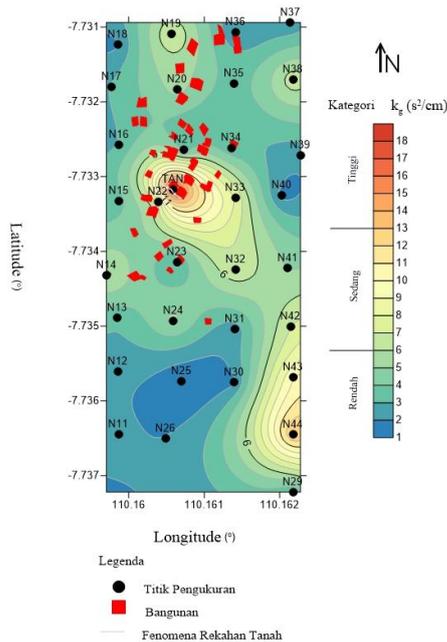


Gambar 5. Peta mikrozonasi nilai amplifikasi pada lokasi penelitian.

Mikrozonasi  $K_g$  merupakan hubungan antara faktor amplifikasi, frekuensi dominan, dan nilai kecepatan gelombang di permukaan. Nilai  $K_g$  dapat memberikan informasi tingkat kerentanan lapisan permukaan tanah saat terjadi pergerakan tanah, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui tinggi atau rendahnya potensi suatu wilayah mengalami kerusakan. Berdasarkan peta mikrozonasi  $K_g$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 diperoleh distribusi nilai dengan rentang 1 – 18  $s^2/cm$ .

Daerah dengan nilai  $K_g$  kategori rendah berkisar antara 1–7  $s^2/cm$  berada pada bagian selatan daerah penelitian. Selanjutnya, daerah dengan nilai  $K_g$  kategori sedang berkisar antara 7–13  $s^2/cm$  terdistribusi sebagian pada kawasan tengah dan tenggara daerah penelitian, sedangkan daerah dengan  $K_g$  tinggi berkisar antara 13–18  $s^2/cm$  terdistribusi pada kawasan tengah daerah penelitian dan menggambarkan daerah tersebut

memiliki potensi kerusakan yang sangat tinggi dibandingkan dengan daerah lainnya.



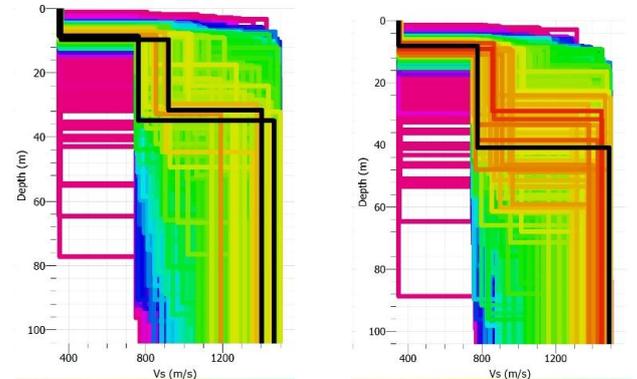
Gambar 6. Peta mikrozonasi indeks kerentanan seismik pada daerah penelitian.

### Ground Profile Vs dan Litologi Bawah Permukaan Tanah

Pemodelan *Ground Profile Vs* dengan metode *ellipticity curve* berdasarkan kurva H/V hasil pengukuran merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan. Nilai  $V_s$  setiap karakteristik material penyusun dapat digunakan untuk mendeskripsikan litologi bawah permukaan tanah.

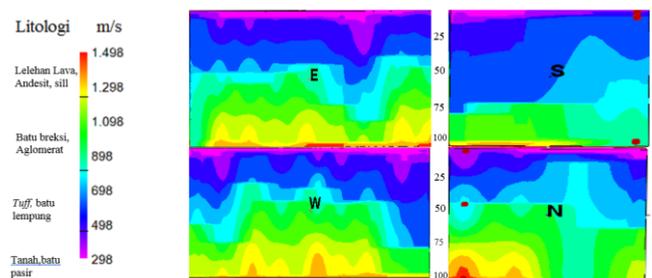
Parameter input model  $V_s$  berdasarkan kondisi geologi di lapangan yang berupa Formasi Kebo Butak terwakili oleh: nilai *compression wave velocity* ( $V_p$ ) yang berkisar antara 250–2500 m/s nilai ini diperoleh berdasarkan data kecepatan gelombang primer pada beberapa medium berdasarkan jenis material batuan penyusun (Burger, 1992). Nilai *Poisson's ratio* yang digunakan berkisar antara 0,2–0,5 mewakili material jenis batuan pada lokasi penelitian. Nilai *shear wave velocity* ( $V_s$ ) berkisar antara 350–3500 m/s. Selanjutnya nilai massa jenis (densitas) dengan rentang nilai sebesar 1200–2800 kg/m<sup>3</sup> merepresentasikan karakteristik material penyusun Formasi Kebo Butak (Telford, dkk., 2004).

Pada lokasi penelitian digunakan jumlah lapisan (*layer*) sebanyak 3 lapisan untuk setiap titik pengukuran dan diperoleh variasi nilai kedalaman dan kecepatan gelombang geser. Secara keseluruhan variasi kedalaman pada lapisan pertama berkisar antara 7,6–13,69 m, pada lapisan kedua berkisar antara 11,96–91,62 m, dan pada lapisan ketiga berkisar antara 101,7–104,16 m. Nilai kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ) di lokasi penelitian pada lapisan pertama berkisar antara 259,92–360,72 m/s, lapisan kedua berkisar antara 597,44–898,71 m/s, dan lapisan ketiga berkisar antara 1301,8–1469,55 m/s. Gambar 7 merupakan beberapa contoh *ground profile Vs* pada lokasi penelitian.



Gambar 7. Contoh *Ground Profile Vs* dilokasi penelitian

Pemodelan 3D kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ) di wilayah penelitian dapat digunakan dalam memudahkan visualisasi serta interpretasi litologi bawah permukaan berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ) yang diperoleh dari pemodelan *ground profile Vs* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

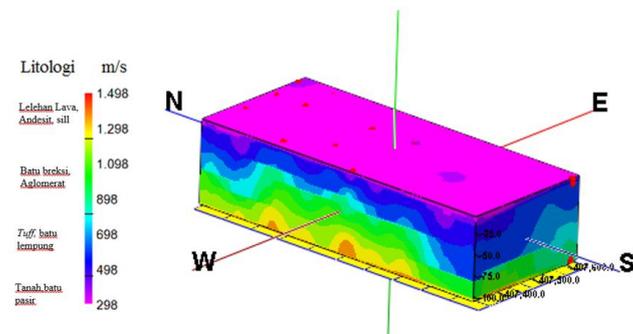


Gambar 8. Pemodelan 3D nilai  $V_s$  orientasi hadap Timur, Selatan, Barat, dan Utara.

Berdasarkan hasil pemodelan 3D nilai  $V_s$  yang ditunjukkan pada Gambar 8 terlihat

spektrum merah yang mewakili material lelehan lava dan andesit dengan nilai  $V_s$  sebesar 1200 m/s hingga 1498 m/s yang terdistribusi tipis pada seluruh sisi daerah penelitian dengan kedalaman lebih dari 100 meter, spektrum warna hijau dan kuning yang mewakili material batu breksi dan aglomerat dengan nilai  $V_s$  sebesar 750 m/s hingga 1200 m/s yang terdistribusi cukup tebal pada sisi barat, timur, dan utara dengan kedalaman lebih dari 50 meter. Spektrum warna biru yang mewakili material *tuff* dan lempung dengan nilai  $V_s$  sebesar 350 m/s hingga 750 m/s terdistribusi sangat tebal pada sisi selatan daerah penelitian dan berada pada kedalaman kurang dari 50 meter dan spektrum merah muda (*pink*) yang mewakili material tanah dan pasir dengan nilai  $V_s$  lebih besar dari 175 m/s berada pada kedalaman kurang dari 20 meter.

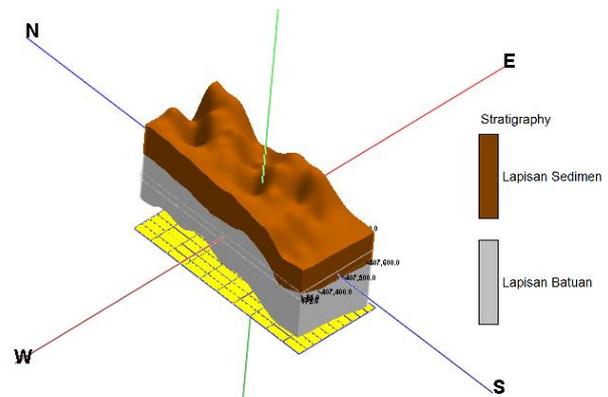
Pemodelan 3D berdasarkan nilai  $V_s$  di daerah penelitian secara keseluruhan ditunjukkan oleh Gambar 9. Dimana, spektrum warna biru yang mewakili material *tuff* dan lempung terdistribusi secara tebal pada sisi selatan, hal ini bersesuaian dengan kondisi lapangan sisi selatan yang merupakan daerah lembah dengan lapisan sedimen yang cenderung tebal.



Gambar 9. Model 3D litologi bawah permukaan tanah secara keseluruhan pada daerah penelitian.

Berdasarkan pemodelan dan persebaran distribusi nilai kecepatan gelombang geser pada daerah penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar

10, lapisan penyusun pada daerah tersebut dikelompokkan menjadi 2 lapisan yaitu: lapisan sedimen dan lapisan *bedrock* berdasarkan karakteristik material penyusun.



Gambar 10. Pemodelan 3D stratigrafi bawah permukaan tanah.

Karakteristik lapisan sedimen diwakili oleh spektrum warna abu dan tersusun oleh material lempung, pasir, dan batuan terombakkan sedangkan lapisan *bedrock* diwakili oleh spektrum warna cokelat dan tersusun oleh material andesit, breksi, *tuff*, aglomerat dan lelehan lava.

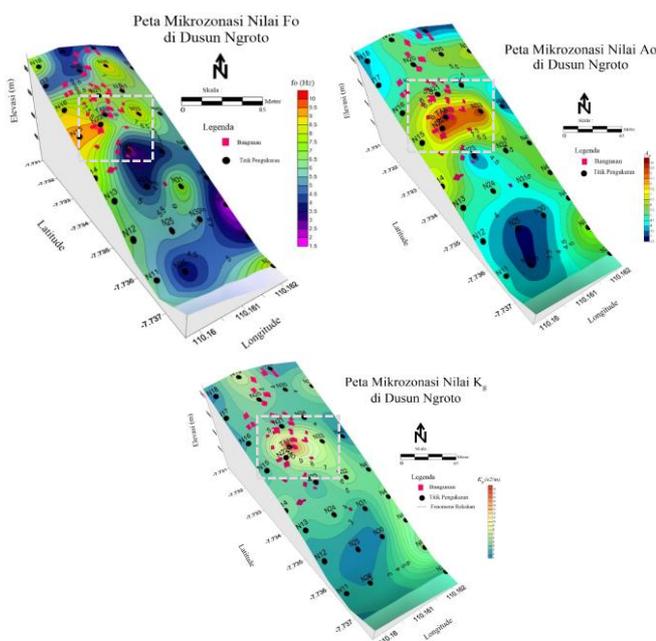
Pemodelan lapisan penyusun yang terdapat pada daerah penelitian tersebut dapat memberikan informasi mengenai struktur lapisan bawah permukaan tanah yang bersesuaian dengan adanya gerakan tanah. Di Dusun Ngroto, lapisan sedimen diasumsikan sebagai bidang gelincir yang menyebabkan adanya fenomena gerakan tanah. Hal ini dikarenakan homogenitas dan kandungan lapisan sedimen berupa material lempung dan pasir yang tidak mudah meloloskan air hujan hasil resapan. Distribusi tekanan air pori dari tanah yang cenderung sulit meloloskan air hujan hasil resapan mengakibatkan kadar air yang tinggi mempengaruhi kuat geser tanah yang terletak di bawahnya sehingga dapat menambah potensi terjadinya gerakan tanah atau tanah longsor.

Gambar 10 merepresentasikan persebaran nilai tertinggi untuk frekuensi dominan, faktor amplifikasi, dan indeks kerentanan seismik pada kawasan tengah daerah penelitian yang bersesuaian dengan adanya fenomena gerakan tanah. Distribusi nilai pada bagian tengah daerah penelitian memiliki variasi rentang nilai frekuensi dominan berkisar 6,5–9,9 Hz, nilai faktor amplifikasi memiliki rentang nilai berkisar 6,5–9,3, dan nilai indeks kerentanan seismik memiliki rentang nilai berkisar antara 11–18  $s^2/m$ .

### Analisis Potensi Gerakan Tanah

Gerakan tanah adalah suatu proses perpindahan massa tanah/batuan dengan arah tegak, mendatar, atau miring dari kedudukan semula dikarenakan pengaruh gravitasi, arus air, dan beban luar (Puturu, 2015).

Efek lokal yang menyebabkan kerusakan bangunan saat terjadi guncangan atau gerakan tanah bersesuaian dengan parameter HVSR berupa nilai frekuensi dominan tanah dan faktor amplifikasi. Nilai frekuensi dominan, faktor amplifikasi, indeks kerentanan seismik, nilai kecepatan gelombang geser, dan litologi lapisan bawah permukaan dapat menggambarkan karakteristik lapisan bawah permukaan daerah penelitian dengan pemodelan 3D seperti yang ditunjukkan Gambar 10 sehingga dapat melihat potensi gerakan tanah.



Keterangan:

Identifikasi Potensi Gerakan Tanah

Gambar 10. Pemodelan 3D nilai frekuensi dominan, faktor amplifikasi dan indeks kerentanan seismik pada daerah penelitian.

### SIMPULAN DAN SARAN

#### Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik sinyal mikrotremor di Dusun Ngroto terdiri dari kurva H/V berbentuk *clear peak*, *flat curve*, dan *two peaks* dan didominasi oleh bentuk kurva H/V berupa *two peaks* yang terdistribusi merata pada daerah penelitian.
2. Nilai frekuensi dominan di Dusun Ngroto bervariasi antara 1,5–9,1 Hz, nilai faktor amplifikasi bervariasi antara 2,8–9,6, dan nilai indeks kerentanan seismik bervariasi antara 2,8–10  $s^2/cm$ .
3. Gerakan tanah yang terdapat di Dusun Ngroto bersesuaian terhadap parameter frekuensi dominan dan faktor amplifikasi dengan kategori tinggi dan terdistribusi pada bagian tengah daerah penelitian. Distribusi nilai dengan kategori tinggi untuk frekuensi dominan berkisar antara 7,5–9,1 Hz dan berada di sisi barat daerah penelitian. Nilai amplifikasi berkisar antara 7,5–9,6

terdistribusi pada bagian tengah daerah penelitian dan nilai indeks kerentanan seismik berkisar antara 13–18 s<sup>2</sup>/cm terdistribusi pada bagian tengah dan tenggara daerah penelitian.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian, sosialisasi kepada warga Dusun Ngroto dan pemantauan dan penelitian secara rutin sangatlah diperlukan. Hal ini dapat menjadi salah satu upaya dalam mitigasi bencana.

### DAFTAR PUSTAKA

- Burger, H.R. 1992. *Exploration Geophysics of The Shallow Subsurface*. Englewood Cliffs. NJ
- Puturuhu, F., 2015. *Mitigasi Bencana dan Penginderaan Jauh*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Telford, W.N., Gerald, L. P., Sheriff, R.E. 2004. *Aplied Geophysics, Second Edition*. New York: Cambridge University Press.

TIM PENGUJI		
Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Nugroho Budi Wibowo, M.Si</u> Ketua Penguji		5 - Mei - 2018
<u>Bambang Ruwanto, M.Si</u> Sekretaris Penguji		9 - Mei - 2018
<u>Denny Darmawan, M.Sc</u> Penguji Utama		9 - Mei - 2018

Yogyakarta, 11 Mei 2018  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta  
Dekan,  
  
Dr. Hartono  
NIP.1962 0329 198702 1 002