

ANALISIS STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN *GROUND PROFILES* V_s DI KECAMATAN PRAMBANAN DAN KECAMATAN GANTIWARNO KABUPATEN KLATEN

Nugroho Budi Wibowo¹, Denny Darmawan², Siti Patimah²

¹BMKG, Stasiun Geofisika Yogyakarta

²Program Studi Fisika, Fakultas MIPA UNY

Email: nugrohobudiwibowo@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai kecepatan gelombang geser dari pemodelan *ground profiles* menggunakan metode *ellipticity curve*, dan untuk menentukan struktur bawah permukaan. Akuisisi data mikrotremor dilakukan sebanyak 30 titik. Sinyal mikrotremor dianalisis menggunakan metode HVSR sehingga diperoleh data frekuensi dominan dan faktor amplifikasi yang disajikan dalam bentuk kurva H/V. *Ground profile* V_s diperoleh menggunakan metode *ellipticity curve* dengan input kurva H/V, V_s , V_p , *density* dan *poisson ratio*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur bawah permukaan di daerah penelitian terbagi menjadi tiga zona yang diklasifikasikan berdasarkan formasi pada lokasi penelitian, yaitu zona I (Formasi Merapi Muda), zona II (Formasi Kebobotak) dan zona III (Formasi Semilir). Nilai V_s pada zona I bervariasi antara 50,15 m/s - 1657 m/s. Pada zona II nilai V_s bervariasi antara 50,75 m/s - 1555,08 m/s. Zona III memiliki nilai V_s bervariasi antara 52,09 m/s - 1744,5 m/s. Struktur bawah permukaan daerah penelitian didominasi oleh abu dan *tuff* yang tebal pada zona Formasi Merapi Muda. Konglomerat dan aglomerat pada zona Formasi Kebobotak. Lempung, dasit dan andesit pada zona Formasi Semilir. Analisa Struktur bawah permukaan memperlihatkan bahwa Kecamatan Prambanan dan Kecamatan Gantiwarno adalah wilayah yang mempunyai resiko bahaya seismik yang tinggi dikarenakan didominasi oleh material lunak.

Kata kunci: *ellipticity curve*, *ground profiles*, kecepatan gelombang geser, struktur bawah permukaan

Abstract

The aims of this study were to determine the value of shear wave velocity from ground profiles modelling using ellipticity curve method and to determine the structure of subsurface. Microtremor data acquisition done at 30 point. Microtremor signals were analyzed using HVSR method, to get the predominant frequency and amplification from the H/V curve. Ground profile V_s is obtained using ellipticity curve method with input curve H / V, V_s , V_p , density and poisson ratio. The results showed that the structure of subsurface in the area were divided into three zones that can be classified based on geological formation, as zone I (Merapi Muda Formation), zone II (Kebobotak Formation), and zone III (Semilir Formation). The determined V_s value on zone I from 50.15 m/s to 1657 m/s. Zone II has V_s value from 50.75 m/s to 1555.08 m/s. Zone III has V_s value from 52.09 m/s to 1744.5 m/s. It can be concluded that the structure of subsurface at research area were dominated by thick ash and tuff at Merapi Muda formation zone. Conglomerates and agglomerates at Kebobotak formation zone. Clay, dasit, and andesit at Semilir formation zone. Based on the structure of subsurface Prambanan and Gantiwarno Subdistrict have high risk of seismic hazard due to dominated by soft materials.

Keywords: : *ellipticity curve*, *ground profiles*, shear wave velocity, the structure of subsurface

1. Pendahuluan

Kabupaten Klaten merupakan daerah dengan kondisi geologi yang sebagian besar berupa Formasi Merapi Muda, sedikit endapan alluvium, batuan gunung api tua, batuan Merapi Tua, dan sebagian kecil Formasi Wonosari, Formasi Semilir serta Formasi Kebobotak. Formasi Merapi Muda umumnya memiliki struktur bawah permukaan berupa material hasil aktivitas Gunung Merapi Muda yaitu *tuff*, aliran lava andesit, breksi serta endapan lahar. Wilayah dengan kondisi geologi berupa *tuff* mempunyai potensi bahaya lebih besar terhadap efek getaran tanah akibat amplifikasi dan interaksi getaran tanah [4]. Selain itu, Kabupaten Klaten berada dekat dengan jalur Sesar Opak yang berdasarkan peta geologi memanjang dari wilayah Bantul Yogyakarta hingga perbatasan Kabupaten Sleman dan Kabupaten Klaten. Gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta tahun 2006 menimbulkan dampak berupa

korban jiwa dan kerusakan bangunan di daerah Yogyakarta (kawasan jalur Sesar Opak) maupun Kabupaten Klaten, khususnya Kecamatan Prambanan dan Kecamatan Gantiwarno. Kerusakan struktur bangunan yang terjadi akibat gempa bumi dapat diakibatkan oleh kondisi geologi setempat yang didominasi oleh lapisan sedimen. Batuan sedimen yang lunak dapat memperkuat gerakan tanah selama gempa [5]. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2013) dalam Indeks Rawan Bencana, Kabupaten Klaten berada pada rangking 19 untuk tingkat nasional [2]. Data Indeks Rawan Bencana Indonesia (IRBI) Provinsi Jawa Tengah menunjukkan bahwa Kabupaten Klaten masuk ke dalam kelas daerah rawan bencana yang tinggi seperti banjir, gunung meletus, tanah longsor, maupun gempa bumi.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan terhadap turbin angin model DAWT dengan rotor ganda kontra rotasi menggunakan metode simulasi dengan perangkat lunak ANSYS Fluent. Simulasi dilakukan pada kecepatan angin 3 m/s. Model penelitian ditunjukkan pada gambar 1, dalam penelitian ini objek yang Penelitian ini menggunakan 30 data akuisisi mikrotremor di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno Kabupaten Klaten (Gambar 3). Akuisisi mikrotremor menggunakan TDS-303 *portabel seismograph* (gambar 4), kompas geologi, GPS, dan Laptop. Standar operasional pengukuran alat tersebut berdasarkan pada *SESAME European research project* [6] dengan durasi pengukuran 30 menit untuk setiap titiknya. Pengolahan data menggunakan *software NetRec, DataPro, Geopsy, Dinver* dan *Surfer*. Metode *ellipticity curve* digunakan untuk menghasilkan nilai Vs. Metode ini menggunakan aplikasi *dinver* dengan input kurva HV yang diperoleh dari perhitungan HVSR menggunakan *geopsy*. Kurva HV diperoleh dari persamaan HVSR sebagai berikut :

$$HVSR = \frac{\sqrt{(A_{(U-S)}(f))^2 + (A_{(B-T)}(f))^2}}{(A_{(V)}(f))} \quad (1)$$

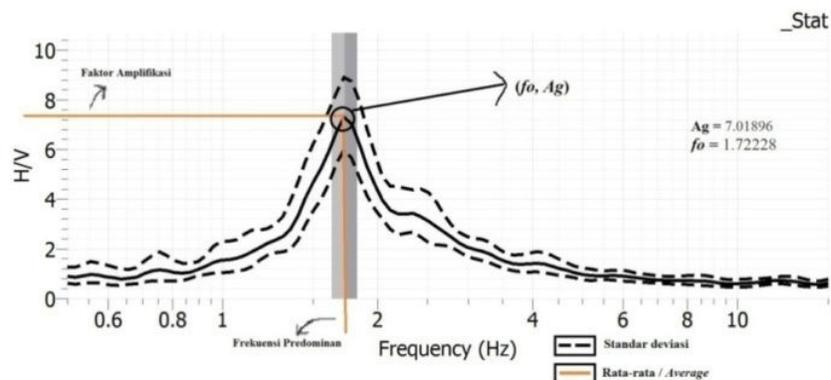
HVSR = Horizontal to Vertical Ratio

$A_{(U-S)}(f)$ = Nilai Amplitudo spektrum frekuensi komponen Utara-Selatan

$A_{(B-T)}(f)$ = Nilai Amplitudo spektrum frekuensi komponen Barat-Timur

$(A_{(V)}(f))$ = Nilai Amplitudo spektrum frekuensi komponen Vertikal

Kurva HV yang digunakan sebagai input *ellipticity curve* seperti gambar 1, berikut



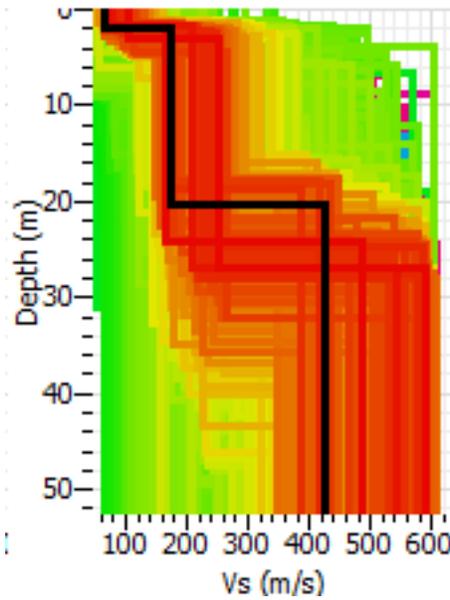
Gambar 1. Kurva HVSR sebagai Input Parameter *Ellipticity Curve*

Parameter lain yang digunakan pada metode *ellipticity curve* antara lain *poisson's ratio*, *shear wave velocity* dan *density*. Hasil dari model tersebut berupa *ground profile* dari Vs. Model dengan misfit terendah yang akan digunakan sebagai model terbaik. Perhitungan misfit berdasarkan persamaan berikut [3]

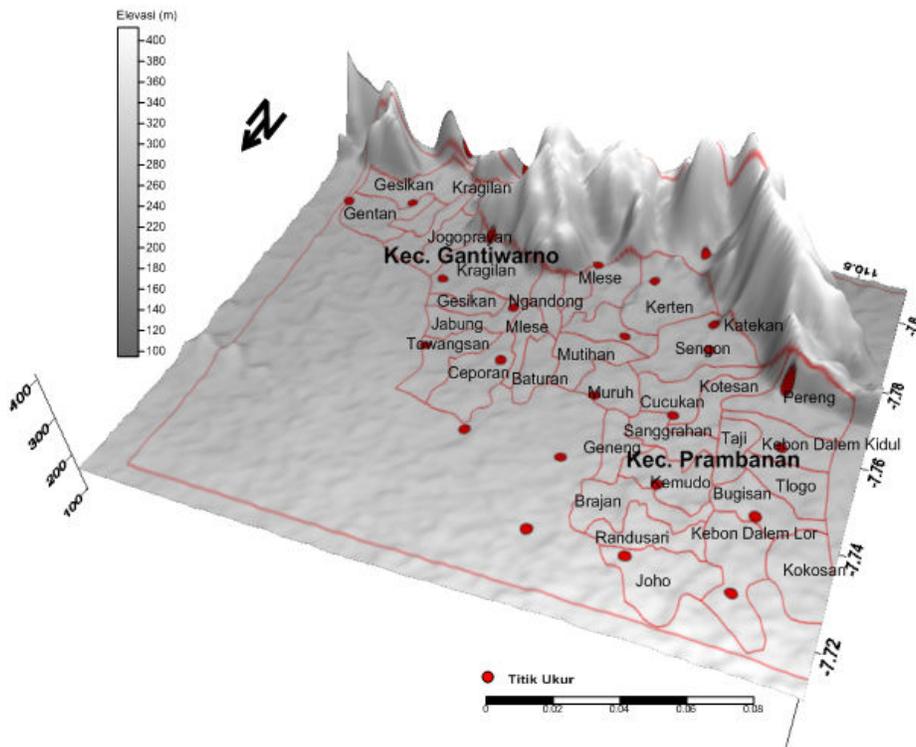
$$m_{tsfit} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{D_i - M_i}{\sigma_i} \right)^2} \tag{2}$$

- N = titik data
- D_i = data hasil inversi
- M_i = model struktur tanah

Ground profile^[1] yang dihasilkan dari metode *ellipticity curve* sebagai berikut :



Gambar 2. Ground profile Vs hasil Metode *Ellipticity Curve* dengan Garis Hitam merupakan Model Terbaik



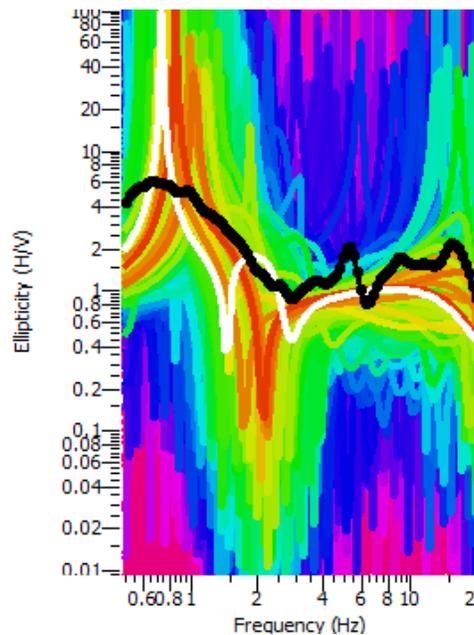
Gambar 3. Lokasi Penelitian dan Titik Akuisisi Mikrotremor

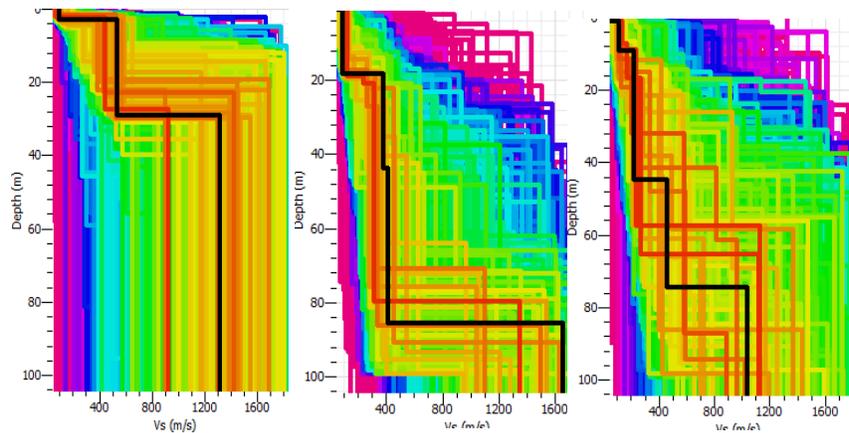


Gambar 4. Portabel Seismograph TDS

3. Hasil dan Analisis

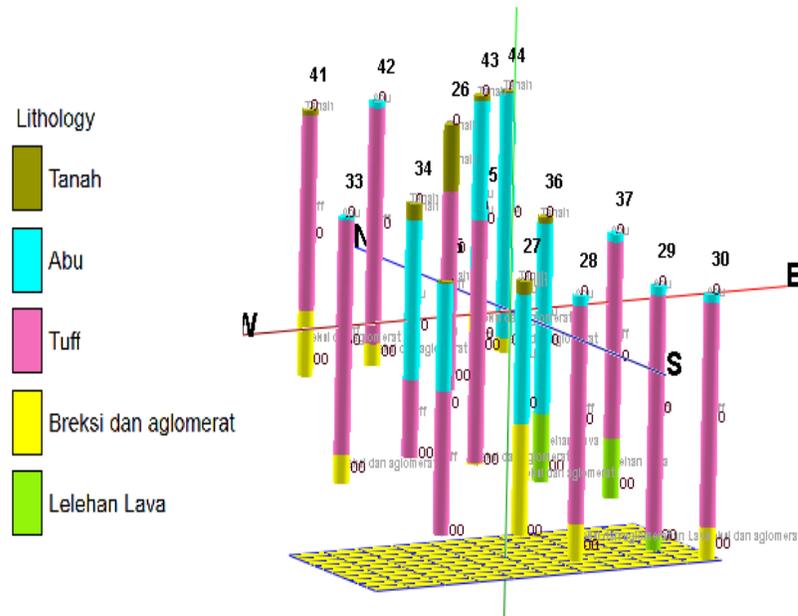
Metode *ellipticity curve* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan (*ground profiles*) berdasarkan kurva H/V hasil pengukuran mikrotremor sebagai input model awal. Metode ini sangat ditentukan oleh beberapa parameter sebagai inisialisasi model awal. Parameter yang dijadikan sebagai inisialisasi awal pada analisis metode *ellipticity curve* yaitu V_s (kecepatan gelombang S), V_p (kecepatan gelombang P), *Poisson ratio*, dan massa jenis (densitas) batuan. Nilai parameter tersebut disesuaikan dengan kondisi pada formasi geologi di wilayah penelitian. Penelitian ini menggunakan model lapisan sebanyak 3 lapisan (*layer*), 4 lapisan (*layer*), dan 5 lapisan (*layer*). Kurva hasil metode *ellipticity curve* ditunjukkan pada Gambar 5. Warna pada kurva menunjukkan proses iterasi dengan *misfit* yang beragam. Kurva dengan garis putih merupakan kurva dengan nilai *misfit* terbaik untuk analisis *ground profiles* V_s .

Gambar 5. Kurva dari metode *Ellipticity Curve*.

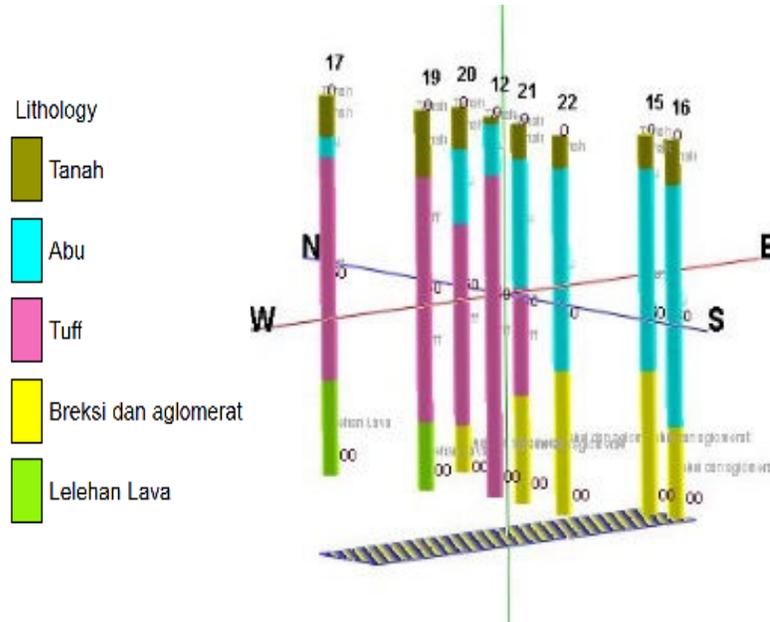


Gambar 6. *Ground Profiles* V_s dengan variasi lapisan (a) *ground profiles* V_s dengan 3 lapisan (b) *ground profiles* V_s dengan 4 lapisan (c) *ground profiles* V_s dengan 5 lapisan

Gambar 6 menunjukkan model *ground profiles* V_s dengan jumlah lapisan yang berbeda. Gambar 6(a) adalah pemodelan *ground profiles* pada titik 6 dengan 3 lapisan. Gambar 6(b) adalah *ground profiles* V_s pada titik 19 dengan 4 lapisan, dan Gambar 6(c) adalah *ground profiles* V_s pada titik 21 dengan 5 lapisan. Hasil interpretasi *ground profile* V_s di lokasi penelitian menunjukkan bahwa lapisan pertama bervariasi pada kedalaman 0 – 5 m dengan nilai V_s bervariasi dari 50 – 274 m/s. Analisis struktur bawah permukaan di lokasi penelitian dikelompokkan menjadi 3 zona analisis berdasarkan formasi geologi. Zona I (Formasi Merapi Muda), Zona II (Formasi Kebobotak), dan zona III (Formasi Semilir). Identifikasi litologi pada masing – masing zona berdasarkan interpretasi nilai V_s pada model *ground profiles* V_s .

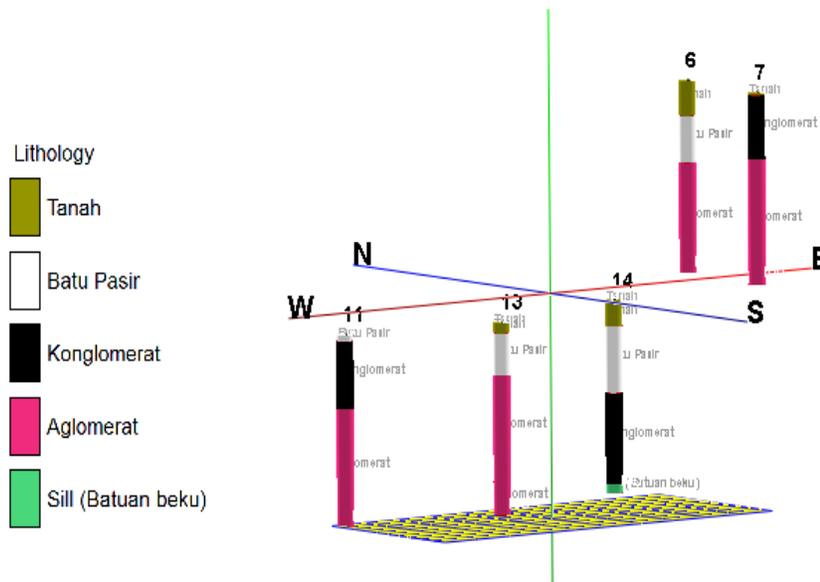


Gambar 7. *Multilog* 3D Zona I Formasi Merapi Muda bagian Utara



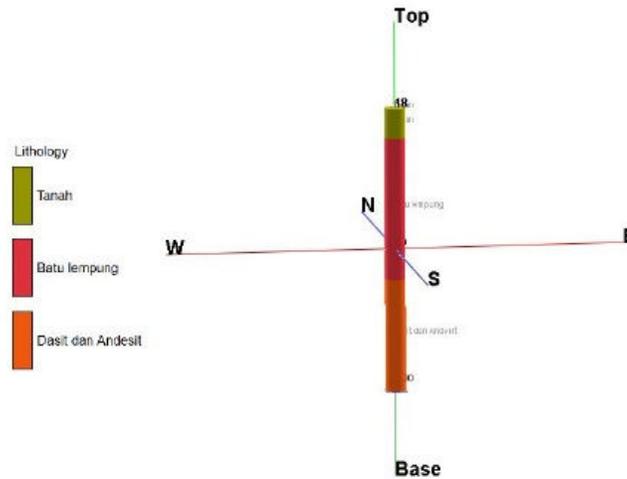
Gambar 8. Multilog 3D Zona I Formasi Merapi Muda bagian Selatan

Zona I mencakup wilayah yang berada pada Formasi Merapi Muda di Kecamatan Prambanan dan Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten. Gambar 7 menunjukkan bahwa sisi Utara pada formasi ini secara keseluruhan tertutupi oleh abu dengan kedalaman 0 - 1 m. Lapisan bawahnya didominasi oleh tuff dengan kedalaman 10 - 80 m, meskipun ada beberapa wilayah di sisi Utara yang didominasi oleh abu. Wilayah Selatan pada zona I seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, keseluruhan titik tertutupi oleh tanah dari kedalaman 0 - 5 m. Lapisan di bawahnya didominasi oleh abu dan tuff dari kedalaman 20 - 70 m dan lapisan akhir dengan sedikit material breksi dan aglomerat. Dengan demikian sebagian besar wilayah penelitian pada zona I tersusun oleh material abu dan tuff yang cukup tebal dengan distribusi nilai kecepatan gelombang geser (V_s) antara 50,15 - 1657 m/s.



Gambar 9. Multilog 3D Zona II Formasi Kebobutak

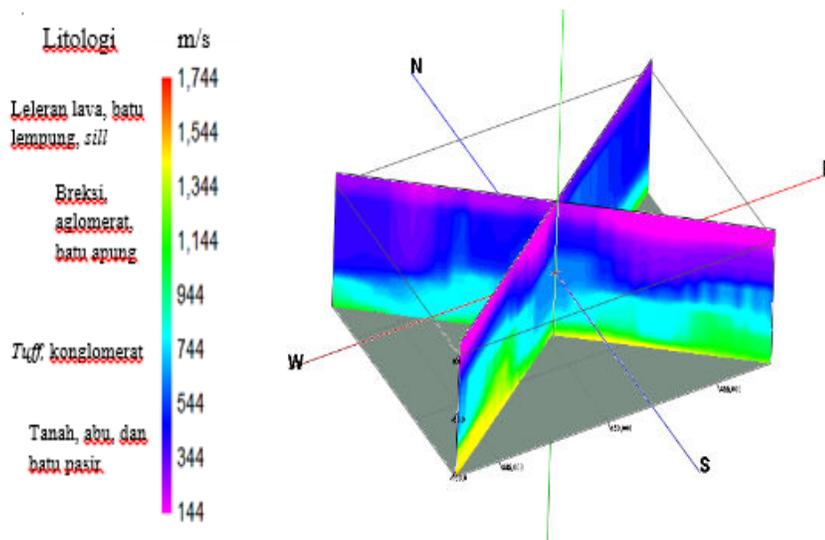
Zona II mencakup wilayah yang memiliki Formasi Kebobutak di Kecamatan Prambanan dan Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten. Gambar 9 menunjukkan bahwa zona II memiliki variasi struktur bawah permukaan didominasi oleh lapisan batuan konglomerat dan aglomerat. Lapisan penutup pada Zona II berupa lapisan tanah yang tidak terlalu tebal pada kedalaman 0 - 5 m. Lapisan dibawahnya berupa batuan pasir pada kedalaman 5 - 10 m, dengan distribusi nilai kecepatan gelombang geser (V_s) bervariasi antara 50,75 - 1555,08 m/s.



Gambar 10. Tampilan Multilog 3D Zona III Formasi Semilir

Gambar 10, menunjukkan log pada Zona III Formasi Semilir. Zona tersebut didominasi oleh *tuff* pada kedalaman 10 - 50 m dan sedikit material tanah pada kedalaman 0 - 10 m. Sebagian besar wilayah penelitian pada zona ini tersusun oleh batu lempung dengan bagian dasar berupa material dasit dan andesit. Nilai kecepatan gelombang geser (V_s) pada zona tersebut bervariasi dari 52,09 - 1744,5 m/s.

Ground profiles V_s pada lokasi penelitian menjadi input pada *solid model* untuk mendapatkan model V_s pada Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno. Gambar 11, merupakan penampang hasil sayatan pada *solid model* di lokasi penelitian. Sayatan memotong wilayah penelitian dengan orientasi Barat Laut – Tenggara dan Barat Daya – Timur Laut. Model sayatan tersebut menunjukkan bahwa Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno pada lapisan penutup didominasi material tanah, abu dan batu pasir yang termasuk dalam kategori material endapan dan lunak. Hal tersebut yang membuat lokasi penelitian memiliki resiko bahaya seismik yang tinggi.



Gambar 11. Sayatan persebaran kecepatan gelombang geser (V_s)

4. Kesimpulan

Zona I (Formasi Merapi Muda) tersusun oleh material abu dan *tuff* yang cukup tebal dengan distribusi nilai kecepatan gelombang geser (V_s) antara 50,15 - 1657 m/s. Zona II (Formasi Kebobutak) memiliki variasi struktur bawah permukaan didominasi oleh lapisan batuan konglomerat dan aglomerat dengan nilai kecepatan gelombang geser (V_s) bervariasi antara 50,75 - 1555,08 m/s. Zona III (Formasi Semilir) didominasi oleh *tuff* pada kedalaman 10 - 50 m, dengan kecepatan gelombang geser (V_s) bervariasi dari 52,09 - 1744,5 m/s.

Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno pada lapisan penutup didominasi material tanah, abu dan batu pasir yang termasuk dalam kategori material endapan dan lunak. Hal tersebut yang membuat lokasi penelitian memiliki resiko bahaya seismik yang tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Castellaro S and Mulargia F, "Vs30 Estimates Using Constrained H/V Measurements," *Bulletin of The Seismological Society of America*, vol. 99, no. 2A, pp. 761-773, 2009.
- [2] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, "Data Indeks Rawan Bnecana Provinsi Jawa Tengah," 2013. [Online]. Available: <http://bnpb.go.id/uploads/migration/pubs/441.pdf>. [Accessed 10 Maret 2017].
- [3] Hogiber M, *Polarization Of Surface Waves : Characterization, Inversion and Application to Seismic Hazard Assessment*, France: University of Grenoble, 2011.
- [4] Nakamura Y, *Clear identification of fundamental idea of Nakamura's Technique and its application*, Japan: System and Data Research, 2000.
- [5] Seed H. B. and Schnabel P. B., "Soil and Geological Effects on Site Response During Earthquakes. Proc. of First International Conf. on Microzonation for Safer Construction – Research and Application,," vol. I, pp. 61-74, 1972.
- [6] SESAME, "Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation," 2004.