

Penentuan Klasifikasi Tanah Dengan Menggunakan Metode *Multi-channel Analysis of Surface Waves* Di Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul

Determining Soil Classification Using the Multi-channel Analysis of Surface Waves Method in Kapanewon Pleret, Bantul Regency

Aditya Fais Zawawi¹, Bambang Sunardi², Setyoajie Prayoedhie²

¹Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No. 36 A, Kentingan, Jebres, Surakarta 57126

²Stasiun Geofisika Kelas I Sleman, Jl. Wates Km. 8, Jitengan, Balekatun, Gamping, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55295

INFO ARTIKEL

Naskah masuk : 23 Oktober 2023

Naskah diperbaiki : 25 Oktober 2023

Naskah diterima : 30 Oktober 2023

Kata kunci:

Klasifikasi tanah

Vs30

MASW

Kapanewon Pleret

Keywords:

Site classification

Vs30

MASW

Kapanewon Pleret

* Email Korespondensi:

adityafaais26@gmail.com

ABSTRAK

Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul, merupakan salah satu wilayah yang rawan gempa bumi. Salah satu gempa bumi yang pernah terjadi adalah gempa bumi 27 Mei 2006 dengan magnitudo sebesar 6.3. Daerah yang terdampak paling berat dari gempa bumi tersebut salah satunya adalah Kapanewon Pleret. Kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 m (Vs30) merupakan kriteria penting dalam penentuan klasifikasi jenis tanah. Salah satu metode geofisika untuk menentukan Vs30 adalah metode *Multichannel Analysis of Surface Wave* (MASW). Hasil penelitian di Kapanewon Pleret menggunakan metode MASW menunjukkan nilai Vs30 di Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul, berada di kisaran 212 – 396 m/s. Berdasarkan nilai Vs30 yang telah didapatkan tersebut dapat diklasifikasikan bahwa jenis tanah yang berada di Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul, di dominasi oleh tanah sedang (SD), dan sebagian kecil jenis tanah sangat padat (SC).

ABSTRACT

Kapanewon Pleret, Bantul Regency, is one of the areas prone to earthquakes. One of the earthquakes that occurred was the 27 May 2006 earthquake with a magnitude of 6.3. The area most heavily affected by the earthquake was Kapanewon Pleret. The average shear wave velocity to a depth of 30 m (Vs30) is an important criterion in determining soil type classification. One geophysical method for determining Vs30 is the Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW) method. The results of research in Kapanewon Pleret using the MASW method show that the Vs30 value in Kapanewon Pleret, Bantul Regency, is in the range of 212 – 396 m/s. Based on the Vs30 value that has been obtained, it can be classified that the soil types in Kapanewon Pleret, Bantul Regency, are dominated by medium soil (SD), and a small portion of very dense soil (SC).

© 2023 Jurnal Stasiun Geofisika Sleman

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di dekat pertemuan Lempeng Indo Australia, Lempeng Eurasia, Lempeng Filipina, dan Lempeng Pasifik [1]. Pergerakan antar lempeng yang terletak di sekitar Indonesia menyebabkan sering terjadinya bencana alam khususnya gempa bumi dan tsunami. Tercatat ada 71.628 kejadian gempa bumi di wilayah teritorial Indonesia dalam kurun waktu 10 tahun dari tahun 2009 sampai tahun 2019 [2].

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu wilayah yang berada di zona pertemuan antar lempeng, tepatnya berada pada pertemuan lempeng antara Eurasia dan Indo-Australia [3]. Salah satu gempa

bumi yang pernah terjadi di DIY adalah gempa bumi pada tanggal 27 Mei 2006 dengan magnitudo sebesar 5.9. Daerah yang terdampak dari gempa bumi tersebut adalah Bantul, Kulonprogo, Gunungkidul, Sleman, Solo, Karanganyar, Klaten, dan sekitarnya. Banyak sekali kerugian yang diakibatkan pada bencana alam tersebut. Tercatat korban jiwa sebanyak 5.500 di sekitar Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya. Gempa bumi tersebut berpusat pada kedalaman 33 kilometer, tepatnya 37 kilometer dari garis pantai dengan koordinat 8.26° LS dan 110.31°BT [4].

Salah satu daerah yang terdampak di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta adalah Kabupaten Bantul. Kabupaten Bantul ini secara tektonis terletak disekitar Sesar Opak. Sesar tersebut terbentang mendatar dari

Kabupaten Bantul sampai ke Kabupaten Klaten. Beberapa sistem sesar yang masih dianggap aktif adalah sesar Opak, Sesar Dengkeng, Sesar Oyo, dan Sesar Progo. Salah satu kapanewon (kecamatan) yang terdampak pada saat gempa bumi tahun 2006 adalah Kapanewon Pleret.

Sebagian besar kerusakan akibat gempa bumi terjadi karena amplifikasi tanah, yang berubah seiring dengan kekakuan tanah pada kedalaman yang relatif dangkal. Berdasarkan penelitian, rata-rata Vs di 30 m teratas dikenal dengan istilah Vs30m digunakan sebagai kriteria penting dalam desain struktur bangunan. Secara umum, Vs30 yang lebih rendah berkorelasi dengan jenis tanah yang semakin lunak dan umumnya akan mengalami amplifikasi tanah yang lebih besar dan mengalami lebih banyak kerusakan akibat gempa bumi [5].

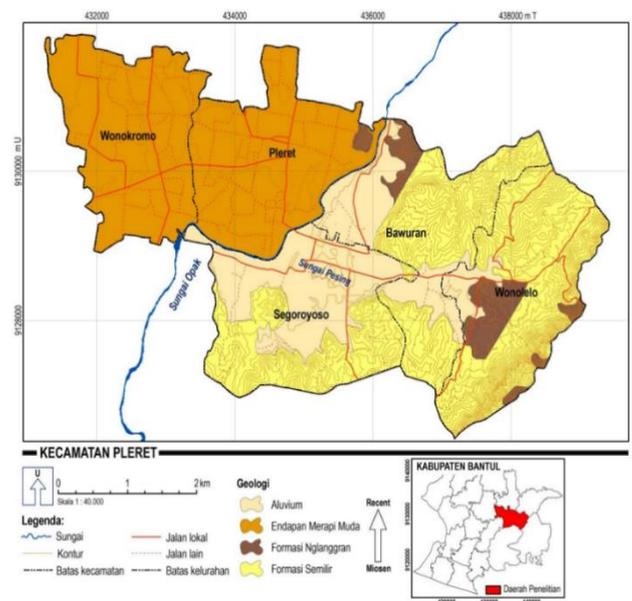
Metode *Multichannel Analysis of Surface Wave* (MASW) adalah salah satu metode seismik yang digunakan untuk mengidentifikasi lapisan *subsurface* melalui analisis gelombang permukaan berdasarkan nilai kecepatan gelombang *shear* (gelombang geser). Secara umum metode MASW mengukur variasi kecepatan gelombang permukaan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Metode MASW sangat populer dalam identifikasi zona-rawan guncangan gempa bumi, dan diklasifikasi berdasarkan *site class* yang mengacu pada nilai kecepatan gelombang *shear* (Vs30) [6]. Aplikasi MASW telah diterapkan oleh banyak peneliti diantaranya [7] melakukan analisis MASW untuk karakterisasi dan kepadatan tanah sebagai informasi penting dalam bidang geoteknik dalam mendesain bangunan tahan guncangan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan klasifikasi jenis tanah dengan menggunakan metode *Multi-channel Analysis of Surface Waves* (MASW) Di Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul. Klasifikasi tanah yang digunakan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu upaya mitigasi bencana gempa bumi di Kapanewon Pleret.

Geologi Kapanewon Pleret. Kapanewon Pleret merupakan salah satu kapanewon yang berada di Kabupaten Bantul. Saat gempa bumi Yogyakarta tanggal 27 Mei 2006 tercatat 579 orang menjadi korban dan sekitar 8.309 bangunan mengalami kerusakan di kapanewon ini (Saputra, 2012). Kapanewon Pleret termasuk dalam salah satu daerah rawan bencana alam khususnya gempa bumi. Hal tersebut dikarenakan kondisi Kapanewon Pleret secara tektonik berdekatan dengan sesar Opak. Sesar ini berorientasi barat daya – timur laut ditandai dengan adanya gawir sesar Baturagung pada sebelah timur kapanewon. Struktur lapisan sesar ini terdiri dari tiga lapisan. Lapisan tersebut adalah lapisan batuan gamping, batuan breksi, dan batuan penutup [8].

Secara geologis, Kapanewon Pleret tersusun oleh hasil pengendapan gaya barat pada kala Miosen. Berdasarkan endapan tersebut diklasifikasi menjadi beberapa formasi yaitu Formasi Sambipitu tersusun oleh perpaduan batupasir dan serpih, batulanau, tuff dan konglomerat.

Formasi ini diendapkan di atas Formasi Nglanggran, Formasi Semilir tersusun oleh perselingan batuan antara breksi tuf, breksi batuapung, tuf dasit dan tuf andesit serta batu lempung tufan. Formasi ini diperkirakan berumur Miosen Bawah terletak pada sebagian besar perbukitan daerah penelitian, Formasi Nglanggran tersusun oleh batuan breksi vulkanik, breksi aliran aglomerat, lava dan tuf. Formasi ini terletak di bagian atas perbukitan atau bagian atas daerah aliran sungai dan diperkirakan berumur Miosen Bawah, Formasi Wonosari tersusun dari kalkarenit, kalkarenit tufan dan gamping terumbu. Formasi ini berumur Miosen Tengah sampai Miosen Atas dan selaras, Formasi Kepek tersusun dari perpaduan batugamping dan napal. Formasi ini berumur Miosen Atas dan berhubungan secara stratigrafis berhubungan menjari dengan Formasi Wonosari [9].



Gambar 1. Peta geologi Kapanewon Pleret [9].

2. Metode Penelitian

Kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 meter atau Vs30 merupakan indikator yang tepat untuk menggambarkan karakteristik kekakuan dan kekuatan tanah. Nilai Vs30 dapat memberikan informasi wilayah mana saja yang memiliki potensi untuk mengalami amplifikasi gelombang relatif lebih besar terhadap wilayah yang lain [10]. Menurut SNI 1726:2019 [11], nilai Vs30 dapat ditentukan dengan persamaan (1).

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{v_i}} \quad (1)$$

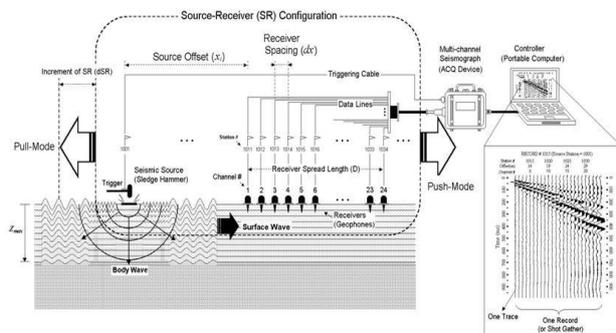
Dengan h_i = ketebalan (m), v_i = kecepatan gelombang geser, N = jumlah lapisan diatas kedalaman 30 meter.

Klasifikasi tanah berdasarkan nilai Vs30 menurut SNI 1726:2019 ditunjukkan pada Tabel 1 [11, 12].

Tabel 1. Klasifikasi *site* berdasarkan SNI 1726:2019 [11, 12].

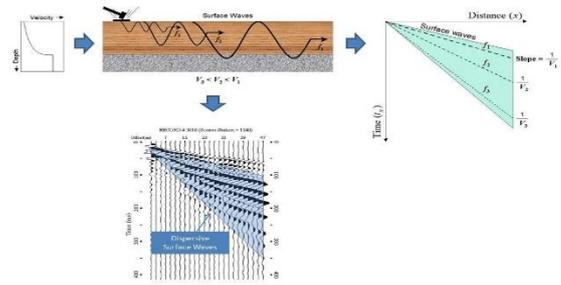
Kelas Klasifikasi	Vs 30
SA (Batuan Keras)	>1500
SB (Batuan)	>750 – 1500
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	>300 – 750
SD (Tanah sedang)	175 – 350
SE (Tanah lunak)	<175
SF (Tanah khusus)	Investigasi spesifik

Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW) merupakan salah satu metode yang digunakan dalam survei geofisika untuk pengukuran kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 meter (V_s30). Prinsip dasar dari metode ini adalah merujuk pada teori perambatan gelombang permukaan yaitu gelombang Rayleigh, dimana gelombang ini adalah gelombang yang dihasilkan dari interaksi gelombang geser dengan lapisan tanah di permukaan. Dengan mengukur kecepatan perambatan dari gelombang Rayleigh, maka dapat diperkirakan profil Vs. Gelombang Rayleigh memiliki sifat dispersif, dimana kecepatan fase gelombangnya tergantung pada besarnya frekuensi gelombang. Metode untuk akuisisi data MASW aktif dapat dilihat pada Gambar 2 [13].



Gambar 2. Ilustrasi desain akuisisi data MASW [13].

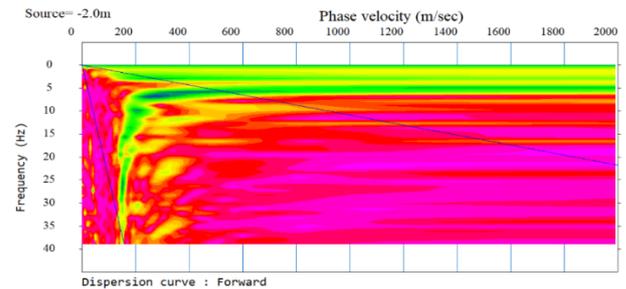
Gelombang yang memiliki frekuensi tinggi akan memiliki panjang gelombang yang pendek sehingga hanya merambat pada kedalaman yang dangkal dengan kecepatan yang rendah. Sebaliknya, gelombang yang memiliki frekuensi rendah akan memiliki panjang gelombang yang panjang sehingga dapat merambat hingga kedalaman yang lebih dalam, dengan kecepatan yang lebih tinggi. Kelebihan dari sifat dispersif ini yang dimanfaatkan untuk mengidentifikasi ketebalan lapisan yang berkesesuaian dengan kecepatan gelombang gesernya sehingga didapatkan profil Vs. Gambar 3 menunjukkan dispersi gelombang permukaan Rayleigh yang dijadikan dasar dalam metode *Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW)*.



Gambar 3. Sifat dispersi gelombang Rayleigh [13].

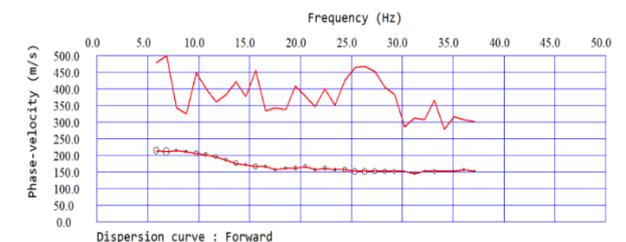
Pengambilan data MASW dilakukan secara *forward* dan *backward* dimana perbedaan dari setiap pengambilan data ini adalah letak sumber getaran yang diberikan. Hal ini agar didapatkan hasil yang lebih akurat. Hasil kurva dispersi antara *forward* dan *backward* untuk setiap lokasi seharusnya memiliki pola atau nilai yang hampir sama.

Pengolahan data MASW dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Seisimager [14]. Pengolahan data diawali dengan memasukkan file data .dat ke perangkat lunak. Selanjutnya pilih menu *Surface-wave analysis* hingga didapatkan grafik antara *phase-velocity* dan frekuensi (Gambar 4).



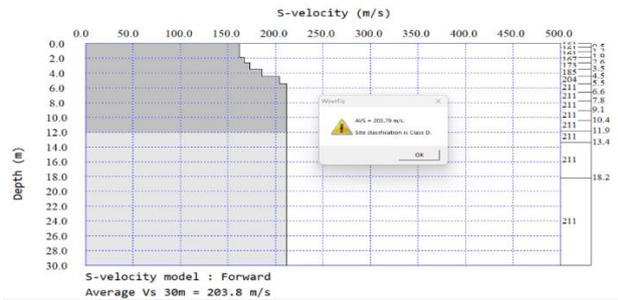
Gambar 4. Window menu *surface-wave analysis*.

Setelah itu dilakukan *picking* dengan menggunakan menu *pick phase velocity*. Terlihat pada grafik akan muncul beberapa warna sebagai indikator gelombang. Berikutnya dengan menggunakan menu *show phase velocity curve* maka kita akan mendapatkan grafik antara frekuensi dan *phase-velocity* (Gambar 5). Dari grafik tersebut dapat dihapuskan beberapa bagian yang tidak diperlukan sehingga didapatkan hasil yang lebih *smooth*.



Gambar 5. Window menu *show phase velocity curve*.

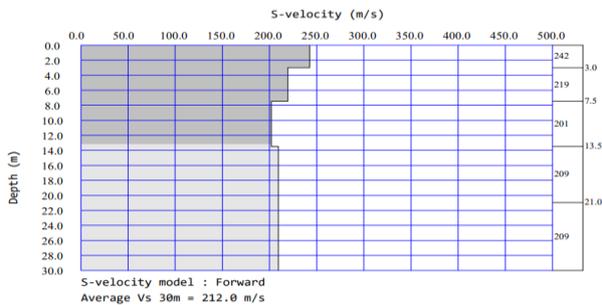
Setelah itu dengan *menu initial mode* maka didapatkan hasil grafik antara Vs dan kedalaman sehingga dengan menggunakan persamaan (1) dapat dapat ditentukan nilai Vs30 (Gambar 6). Hasil perhitungan Vs30 dapat dibandingkan salah satunya dengan hasil penelitian dari Wijayanto [12], dan juga nilai Vs30 USGS [15-17].



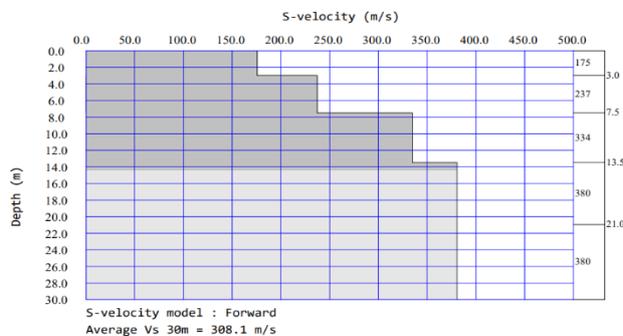
Gambar 6. Window MASW UBC Model.

3. Hasil dan Pembahasan

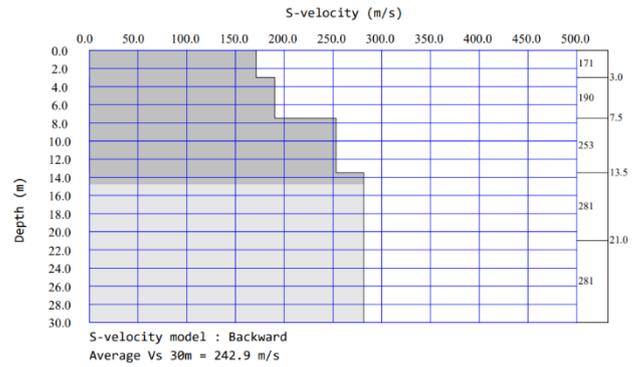
Hasil pengolahan MASW diperoleh grafik antara Vs dan kedalaman di lokasi pengukuran MASW. Dari grafik tersebut didapatkan nilai Vs pada kedalaman tertentu untuk setiap lokasi, sehingga dapat diperkirakan nilai Vs30. Gambar 7 – 9 berikut menunjukkan contoh hasil pengolahan MASW di lokasi pengukuran Pleret 20, 21, 22 dan 29. Hasil pengolahan MASW dan klasifikasi *site* berdasarkan SNI 1726:2019 ditunjukkan pada Tabel 2.



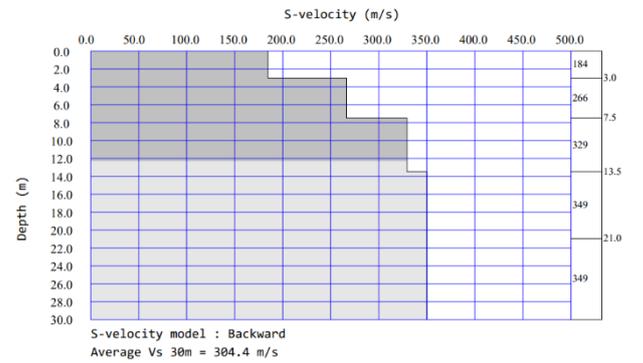
Gambar 7. Hasil MASW di lokasi Pleret 20 (Forward).



Gambar 7. Hasil MASW di lokasi Pleret 21 (Forward).



Gambar 8. Hasil MASW di lokasi Pleret 22 (Forward).



Gambar 9. Hasil MASW di lokasi Pleret 29 (Backward).

Tabel 2. Hasil pengolahan MASW dan klasifikasi *site* berdasarkan SNI 1726:2019 [11].

Lokasi	Vs30		Klasifikasi Site
	Forward	Backward	
19	378	396	SC
20	212	227	SD
21	308	307	SD
22	241	242	SD
29	296	304	SD

Dari tabel 2 dapat dianalisis bahwa klasifikasi tanah di wilayah penelitian berdasarkan data MASW di dominasi oleh jenis tanah sedang (SD) dan sebagian kecil tanah keras (SC). Hasil penelitian juga selaras dengan Vs30 USGS [15-17], dan juga penelitian Wijayanto dkk [12] mengenai klasifikasi tanah, dimana jenis tanah di Kapanewon Pleret dominan oleh jenis tanah sedang (SD). Berdasarkan Nurwidyanto [9], Kapanewon Pleret secara geologis terdiri beberapa endapan, dimana endapan terbanyak merupakan batuan batupasir dan serpih, batulanau, tuff, konglomerat dan perpaduan batugamping dan napal sehingga dapat dikatakan bahwa hasil pengolahan MASW relatif sesuai dengan keadaan geologis Kapanewon Pleret.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data MASW didapatkan nilai Vs30 di Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta berkisar 212 – 396 m/s. Berdasarkan nilai Vs30 yang telah didapatkan dapat diklasifikasikan karakterisasi tanah yang berada di Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta dominan tanah sedang (SD) dan sebagian kecil tanah keras (SC).

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya artikel ini. Terima kasih juga kepada Stasiun Geofisika Kelas I Sleman atas kesempatan Kerja Praktek Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) yang telah diberikan hingga terselesaikannya artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] Hutchings, S. J., dan Mooney, W. D., "The seismicity of Indonesia and tectonic implications," *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 22(9), 1-42, 2021.
- [2] Sabtaji, A., "Statistik kejadian gempa bumi tektonik tiap provinsi di wilayah Indonesia selama 11 tahun pengamatan (2009-2019)," *Buletin Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*, 1(7), 31-46, 2020.
- [3] Yulistiani, N. B., dan Darmawan, D., "Potensi Likuifaksi Berdasarkan Nilai Ground Shear Strain (Gss) Di Kecamatan Prambanan dan Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten Jawa Tengah," *Jurnal Ilmu Fisika dan Terapannya*, 7(1), 23-28, 2018.
- [4] Lutfinur, I., Wulandari, R. S., dan Fauziah, S., "Identifikasi Zona Sesar Opak di Daerah Bantul Yogyakarta Menggunakan Metode Seismik Refraksi," *Sainteknologi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(1), 2015.
- [5] Masw.com. "Seismic Site Characterization (SSC) for Vs30m Evaluation," Internet: <http://www.masw.com/MASW-SSC.html>, diakses 3 Mei 2023.
- [6] National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP). Recommended Provisions for Seismic Regulation for New Buildings and other Structures 1997 edition, 1998.
- [7] Tokeshi, K., Leo, C. J., dan Liyanapahirana, S., "Comparison of ground models estimated from surface wave inversion using synthetic microtremors," *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, 49, 19–26, 2013.
- [8] Anam, N. K., & Adji, T. N., "Karakteristik Akuifer Bebas Pada Sebagian Cekungan Air Tanah (CAT) Yogyakarta-Sleman Di Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta," *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(2), 260721, 2018.
- [9] Nurwidyanto, M. I., Brotopuspito, K. S., dan Waluyo, S., "Study Pendahuluan Sesar Opak Dengan Metode Gravity (Study Kasus Daerah Sekitar Kecamatan Pleret Bantul)," *BERKALA FISIKA*, 14(1), 11-16, 2011.
- [10] Muzli, M., Mahesworo, R. P., Madijono, R., Siswoyo, S., Pramono, S., Dewi, K. R., dan Oktavia, N., "Pengukuran Vs30 Menggunakan Metode MASW Untuk Wilayah Yogyakarta," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 17 (1), 2016.
- [11] BSN. "SNI 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung," Internet: <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/12762-sni17262019>, diakses 3 Januari 2023.
- [12] Wijayanto, W., Mardiatno, D., Nehren, U., Marfai, M. A., dan Pramono, S., "Spatial Distribution of Vs30 Based on Masw And HVSR Inversion In Gunungkidul, Yogyakarta," *Geomate Journal*, 22(94), 29-38, 2022.
- [13] Masw.com. "Data Acquisition," Internet: <http://www.masw.com/DataAcquisition.html>.
- [14] Geometrics, Inc., *SeisImager/SWTM Manual - Windows Software for Analysis of Surface Waves*. Geometrics, Inc., 2009, pp 1-314
- [15] Wald, D. J., Allen, T. I., "Topographic Slope as a Proxy for Seismic Site Conditions and Amplification," *Bulletin of the Seismological Society of America* 2007, 97 (5), 1379–1395, 2007. doi: <https://doi.org/10.1785/0120060267>.
- [16] Allen, T. I., Wald, D. J., "On the Use of High-Resolution Topographic Data as a Proxy for Seismic Site Conditions (VS30)," *Bulletin of the Seismological Society of America*, 99 (2A), 935–943, 2009. doi: <https://doi.org/10.1785/0120080255>
- [17] Heath D., Wald, D. J., Worden, C. B., Thompson, E. M., dan Scmocyk, G. A., "Global Hybrid VS30 Map with a Topographic-Slope-Based Default and Regional Map Insets," *Earthquake Spectra*, vol. 36, 3, 2020, pp. 1570-1584.