



Klasifikasi Tanah Di Kapanewon Kasihan Kabupaten Bantul Berdasarkan Metode MASW

Heru Gunawan, Yohana Noradika Maharani*, Wijayanto, Arif Rianto Budi Nugroho, Suharsono

Magister Manajemen Bencana, UPN Veteran Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

*)Koresponden Penulis : yohanam@upnyk.ac.id

Abstrak

Kapanewon Kasihan merupakan daerah berisiko tinggi terhadap gempa karena kedekatannya dengan zona subduksi Jawa dan Sesar Opak. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan klasifikasi jenis tanah di Kapanewon Kasihan, menggunakan metode *Multi-channel Analysis of Surface Waves* (MASW). Survei dilakukan di 13 titik pengukuran yang tersebar di Kalurahan, yaitu Ngestiharjo, Tamantirto, Tirtonirmolo, dan Bangunjiwo. Pengukuran MASW digunakan untuk memperkirakan kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 meter (V_{s30}) dan mengklasifikasikan jenis tanah berdasarkan SNI 1726:2019. Hasil menunjukkan nilai V_{s30} berkisar antara 260-440 m/s, dengan dominasi tanah sedang (SD) di sebagian besar wilayah, terutama di Kalurahan Ngestiharjo, Tamantirto, Tirtonirmolo, dan wilayah timur Kalurahan Bangunjiwo. Tanah keras (SC) ditemukan di bagian barat dan utara Kalurahan Bangunjiwo. Kajian ini terbatas pada empat Kalurahan di wilayah Kasihan dan hanya mencakup titik pengamatan di area tersebut. Pemahaman karakteristik tanah ini penting untuk perencanaan bangunan yang aman, desain infrastruktur, dan manajemen risiko bencana gempa. Metode MASW terbukti efektif dalam menganalisis sifat mekanik tanah, berkontribusi pada mitigasi bencana dan peningkatan kesiapsiagaan terhadap gempa di wilayah seismik aktif seperti Indonesia.

Kata kunci: Klasifikasi tanah, kecepatan gelombang geser, MASW, V_{s30} , Kapanewon Kasihan.

Abstract

Kasihan Sub District is an area with a high risk of earthquakes due to its proximity to the Java subduction zone and the Opak Fault. This study aims to determine the soil classification in Kapanewon Kasihan using the *Multi-channel Analysis of Surface Waves* (MASW) method. The survey was conducted at 13 measurement points scattered across the villages of Ngestiharjo, Tamantirto, Tirtonirmolo, and Bangunjiwo. MASW measurements were used to estimate the average shear wave velocity to a depth of 30 meters (V_{s30}) and classify soil types according to SNI 1726:2019. The results showed that V_{s30} values ranged from 260 to 440 m/s, with the dominant soil type being medium soil (SD) in most areas, particularly in the villages of Ngestiharjo, Tamantirto, Tirtonirmolo, and the eastern part of Bangunjiwo. Hard soil (SC) was found in the western and northern parts of Bangunjiwo. This study is limited to the four villages in the Kasihan region and only covers observation points within these areas. The understanding of soil characteristics is crucial for the planning of safe buildings, infrastructure design, and earthquake disaster risk management. The MASW method has proven to be effective in analyzing soil mechanical properties, contributing to disaster mitigation and enhancing earthquake preparedness in seismically active regions like Indonesia.

Keywords: Soil classification, shear wave velocity, MASW, V_{s30} , Kasihan Sub District.

Histori Artikel

Submit : 25 April 2025

Direvisi : 11 Juli 2025

Diterima : 15 Juli 2025

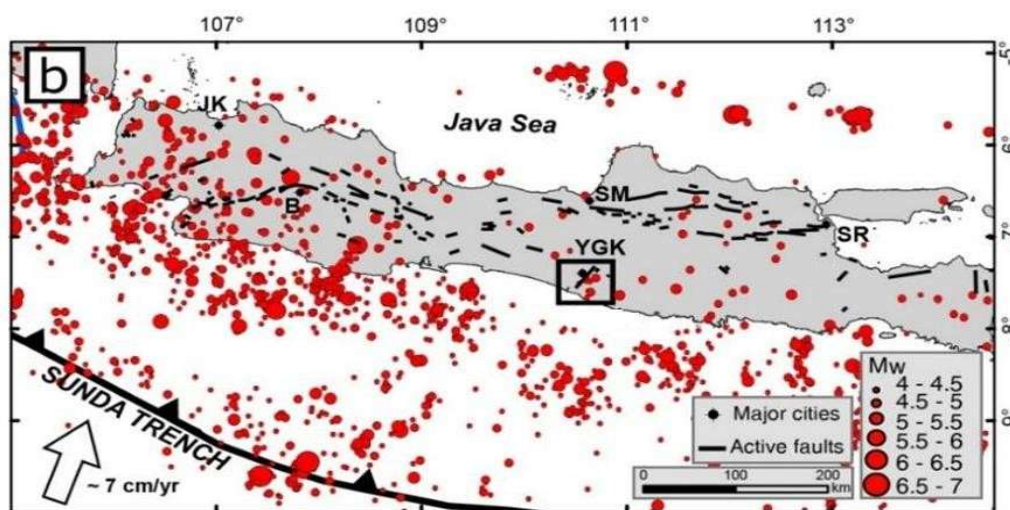
DOI : 10.33474/e-jbst.v11i1.623

Sitasi : H. Gunawan, Y. N. Maharani, Wijayanto, A. R. B. Nugroho, and Suharsono, "Klasifikasi Tanah di Kapanewon Kasihan Kabupaten Bantul Berdasarkan Metode MASW," *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, vol. 11, no. 1, pp. 56–66, Aug. 2025. <https://doi.org/10.33474/e-jbst.v11i1.623>

Pendahuluan

Sifat tanah berdasarkan parameter kecepatan gelombang geser seismik sangat penting untuk diselidiki, terutama di wilayah yang aktif secara seismik dan berpenduduk padat. Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu wilayah yang rawan gempa karena berdekatan dengan dua generator gempa (Gambar 1). Pertama gempa yang bersumber dari zona subduksi Jawa, yang terletak di sebelah selatan Jawa. Zona subduksi ini terjadi karena Lempeng Indo- Australia menunjam di bawah Lempeng Eurasia [1]. Zona ini dikenal sebagai salah satu sumber gempa besar di Indonesia. Kedua gempa yang bersumber dari Sesar aktif yang ada di darat seperti halnya Sesar Opak. Sesar Opak adalah salah satu patahan aktif yang melewati Daerah Istimewa Yogyakarta. Sesar ini bertanggung jawab atas aktivitas seismik lokal dan dapat menghasilkan gempa dengan magnitudo sedang hingga besar, seperti Gempa Yogyakarta 2006 yang berkekuatan 6,3 SR yang menyebabkan kerusakan infrastruktur yang parah, korban jiwa, dan kerugian ekonomi yang signifikan di Kabupaten Bantul.

Kapanewon Kasihan adalah kecamatan di Kabupaten Bantul, dengan wilayah yang membentang dari barat daya hingga selatan Kota Yogyakarta. Kecamatan ini telah menderita akibat dari perkembangan kota yang meluas, termasuk pertumbuhan penduduk yang cepat, perkembangan ekonomi yang mengundang migrasi penduduk, lokasinya yang strategis dekat dengan kota Yogyakarta, perluasan area perumahan, dan perkembangan struktural yang cepat. Saat ini, Kasihan memiliki kepadatan penduduk sebesar 29 orang per hektar dan laju pertumbuhan penduduk sebesar 2,53% [2]. Perkembangan pesat di wilayah perkotaan telah meningkatkan risiko bagi kota-kota terhadap potensi peningkatan signifikan dalam jumlah korban jiwa dan kerugian ekonomi akibat kerusakan bangunan dan infrastruktur [3]. Oleh karena itu memerlukan suatu upaya menyeluruh dari berbagai pihak untuk mengembangkan rencana mitigasi yang efektif sebagai langkah pencegahan untuk mengurangi risiko gempa di masa depan.



Gambar 1. Tektonik setting Wilayah Yogyakarta dan sekitarnya [1]

Kapanewon Kasihan telah mengalami perkembangan pesat, termasuk peningkatan kepadatan penduduk dan urbanisasi yang cepat. Lokasi yang strategis dekat dengan Kota Yogyakarta dan perluasan area perumahan serta perkembangan ekonomi telah menarik banyak migrasi penduduk. Hal ini meningkatkan potensi kerusakan akibat gempa, terutama di kawasan yang padat penduduk. Perkembangan kota yang cepat ini menambah kompleksitas dalam perencanaan mitigasi bencana, karena tingginya kebutuhan infrastruktur dan kesiapsiagaan terhadap potensi dampak gempa.

Kapanewon Kasihan berada dalam zona risiko tinggi terhadap gempa. Hal ini disebabkan oleh lokasinya yang dekat dengan dua sumber gempa besar serta berada di wilayah dengan aktivitas seismik yang tinggi. Kondisi ini menuntut perhatian khusus dalam upaya mitigasi bencana. Oleh karena itu, klasifikasi tanah berdasarkan metode MASW menjadi sangat penting. Dengan melakukan analisis



ini, kita dapat memahami karakteristik tanah dan perilaku seismiknya, sehingga memungkinkan penentuan strategi yang lebih efektif dalam manajemen risiko dan penanggulangan bencana gempa di wilayah tersebut. Beberapa penelitian MASW untuk klasifikasi jenis tanah telah dilakukan di seluruh dunia termasuk yang dilakukan di Maroko [4], Bengkulu, Indonesia [5], Turki [6, 7], Himalaya [8]. Nilai Vs digunakan untuk menurunkan jenis tanah berdasarkan klasifikasi SNI 1726:2019 [9]. Klasifikasi jenis tanah berdasarkan metode MASW memiliki manfaat penting dalam mitigasi risiko gempa, seperti: mengidentifikasi wilayah rawan gempa dan rentan terhadap pergerakan tanah atau likuifaksi, membantu merancang pembangunan yang lebih tahan gempa, mengoptimalkan penanggulangan bencana dengan strategi evakuasi yang lebih efisien, serta memperkuat kebijakan mitigasi berbasis kondisi geologi dan seismik lokal untuk mengurangi kerugian akibat gempa.

Penelitian ini sangat penting dilakukan di Kapanewon Kasihan, mengingat perkembangan pesat wilayah tersebut dan meningkatnya risiko gempa. Dengan metode MASW untuk klasifikasi jenis tanah, penelitian ini memberikan kebaharuan dalam pemahaman karakteristik tanah di wilayah yang rawan gempa. Selain itu, penelitian ini menawarkan informasi yang lebih rinci dan akurat mengenai potensi kerentanannya terhadap gempa, yang belum banyak dibahas dalam literatur sebelumnya. Kebaharuan penelitian ini terletak pada penyediaan data yang lebih komprehensif mengenai perilaku seismik tanah, yang dapat digunakan untuk merancang strategi mitigasi yang lebih efektif dan meningkatkan kesiapsiagaan terhadap bencana gempa.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan klasifikasi jenis tanah di Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul dengan menggunakan metode MASW. Dengan mengetahui karakteristik tanah, terutama kecepatan gelombang geser (Vs), dapat memperkirakan kerentanan wilayah terhadap gempa. Data klasifikasi tanah penting untuk perencanaan fondasi bangunan yang aman, desain jalan, dan jembatan yang lebih tahan lama. Ini juga membantu dalam pemilihan bahan dan teknik konstruksi yang tepat, serta menentukan penggunaan lahan yang optimal, seperti untuk pertanian, permukiman, atau industri. Selain itu, informasi jenis tanah mendukung perencanaan tata ruang yang efektif, pengelolaan sumber daya air, dan irigasi. Memahami karakteristik tanah juga melindungi masyarakat dari bahaya seperti longsor dan penurunan tanah, serta meningkatkan keselamatan dan kesadaran akan dampaknya terhadap kehidupan sehari-hari.

Material dan Metode

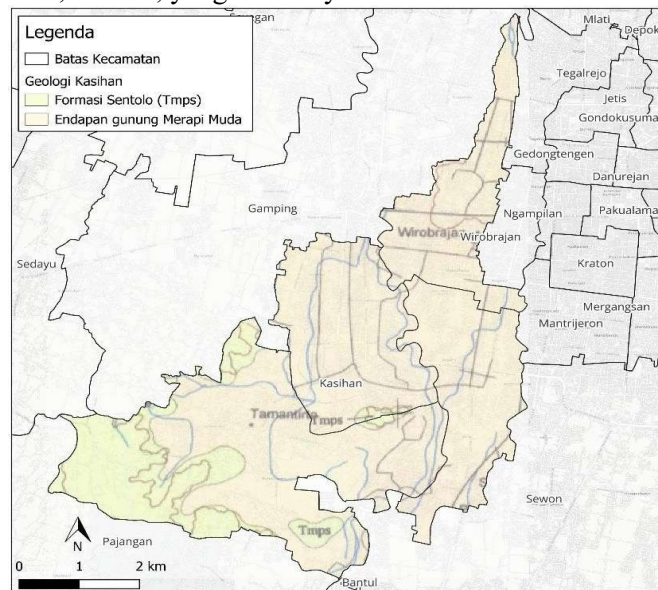
Lokasi Penelitian

Kapanewon Kasihan berada di bagian utara Kabupaten Bantul, dengan luas wilayah sekitar 3.438 hektar dan terbagi dalam empat kalurahan, yaitu Kalurahan Ngestiharjo, Bangunjiwo, Tirtonirmolo, dan Kalurahan Tamantirto. Kapanewon Kasihan berbatasan dengan Kemantren Ngampilan di sebelah utara, sementara bagian timur berbatasan dengan Kapanewon Sewon, bagian selatan dengan Kapanewon Sewon dan Pajangan, dan bagian barat dengan Kapanewon Pajangan. Secara topografi Kecamatan Kasihan berada di dataran rendah dan perbukitan. Desa Tamantirto, Ngestiharjo, Tirtonirmolo merupakan daerah dengan dataran rendah, sedangkan Bangunjiwo merupakan daerah perbukitan, meskipun ada sebagian pedukuhan di Bangunjiwo yang berada di dataran [2].

Daerah Istimewa Yogyakarta terletak di suatu cekungan yang di bagian utaranya dibatasi oleh Gunung Merapi yang berumur tersier, kemudian di bagian timurnya dibatasi oleh Pegunungan Selatan, dan bagian baratnya dibatasi oleh Pegunungan Kulon Progo yang sama-sama tersusun oleh batuan yang berumur tersier, serta dibatasi oleh Samudera Hindia di bagian selatannya [10]. Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul terletak di bagian selatan Pulau Jawa yang secara geologi dikenal kompleks karena terletak di pertemuan lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia. Wilayah ini memiliki sejarah geologi yang panjang dengan berbagai formasi batuan dari berbagai periode geologi.

Berdasarkan peta geologi yang disusun oleh Rahardjo dkk. [11], terdapat dua formasi batuan Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul, yaitu endapan Gunung Merapi Muda yang berumur Kuartar,

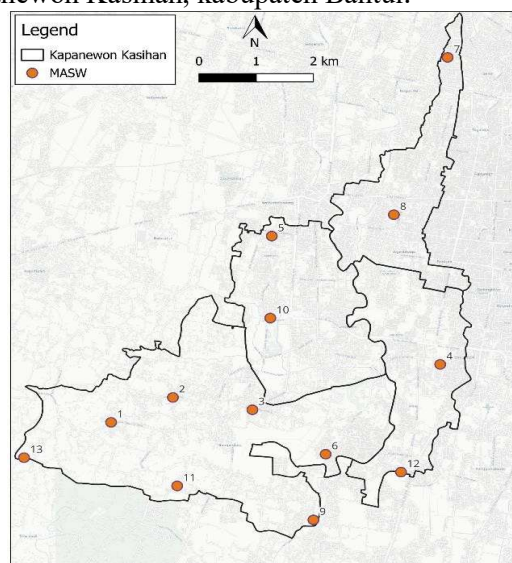
dan Formasi Sentolo (Gambar 2). Endapan ini Gunung Merapi Muda terdiri dari batuan tuf, abu, breksi, aglomerat, dan leleran lava yang tidak terpisahkan. Endapan Gunung Merapi Muda ini dapat ditemukan di sebelah utara dan timur daerah penelitian. Formasi Sentolo yang didominasi oleh batugamping dapat ditemukan di bagian barat wilayah ini. Implikasi litologi terhadap penyebaran nilai Vs menunjukkan bahwa Formasi Sentolo, yang sebagian besar terdiri dari batugamping, cenderung memiliki nilai Vs yang lebih tinggi dibandingkan dengan endapan Gunung Merapi Muda, yang terdiri dari material vulkanik seperti abu, breksi, dan tuf, yang umumnya memiliki nilai Vs lebih rendah.



Gambar 2. Geologi Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul [11]

Data Penelitian

Dalam penelitian ini melibatkan tiga belas data MASW di Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, sebagaimana ditunjukkan Gambar 3. Dalam penelitian ini, data geologi [11] dipergunakan sebagai verifikasi hasil pengolahan MASW. Gambar 3 menunjukkan lokasi pengukuran MASW di Kapanewon Kasihan, kabupaten Bantul.

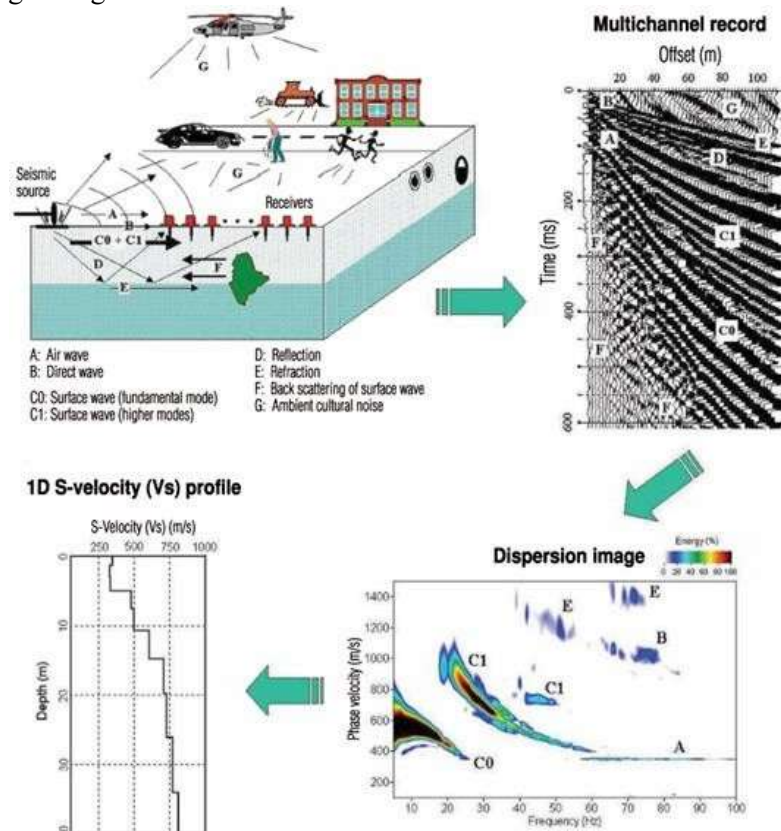


Gambar 3. Lokasi pengukuran MASW di Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul

Metode *Multichannel Analysis of Surface Wave* (MASW)

Metode MASW adalah metode geofisika non-invasif yang digunakan untuk mengevaluasi sifat-sifat mekanik dari lapisan tanah di bawah permukaan bumi. Pengolahan data MASW merupakan proses analisis untuk mendapatkan informasi tentang karakteristik mekanik tanah di bawah permukaan menggunakan gelombang seismik pada permukaan. Proses pengolahan MASW meliputi pengumpulan data, praproses data, analisis spektral, dan tahapan inversi. Tahapan pengumpulan data MASW dilakukan dengan merekam data menggunakan perangkat perekam gelombang seismik yang dipasang di permukaan tanah. Gelombang permukaan direkam menggunakan *array* geofon yang ditempatkan secara berurutan di sepanjang garis survei seperti yang terlihat pada Gambar 4.

Pengukuran dilakukan dengan 13 geofon yang ditempatkan pada jarak 2 meter satu sama lain sepanjang lintasan survei sepanjang 100 meter. Sumber getaran yang digunakan adalah seismometer atau palu berat yang dipukul pada permukaan tanah untuk menghasilkan gelombang permukaan. Langkah praproses data mencakup pembersihan data dan koreksi geometri untuk menghilangkan *noise* dan memperbaiki perbedaan waktu tiba gelombang yang disebabkan oleh posisi berbeda geofon. Analisis spektral melibatkan penelitian spektrum frekuensi dari sinyal gelombang permukaan untuk mengidentifikasi frekuensi dominan gelombang. Ini membantu dalam menentukan panjang gelombang dominan yang mempengaruhi kedalaman penetrasi sinyal. Pada tahapan inversi, data yang telah diproses digunakan untuk menghasilkan model kecepatan gelombang permukaan melalui proses inversi numerik yang mencocokkan data observasi dengan model matematis kecepatan gelombang permukaan sebagai fungsi kedalaman.



Gambar 4. Ilustrasi metode *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW) untuk menentukan kecepatan gelombang geser [12]

Hasil pengolahan MASW dapat memberikan gambaran tentang kecepatan gelombang permukaan, yang kemudian digunakan untuk menafsirkan karakteristik lapisan tanah, seperti ketebalan, kekerasan, dan kepadatan. Informasi ini penting dalam berbagai aplikasi, termasuk pemetaan geologi, penilaian risiko



gempa, dan desain konstruksi. Hasil MASW dapat dikaitkan dengan peta geologi lokal untuk memberikan gambaran tentang kondisi geologi wilayah tersebut. Misalnya formasi yang lebih lunak dan memiliki kadar air tinggi cenderung menunjukkan nilai Vs lebih rendah, sementara formasi batuan yang lebih keras memiliki nilai Vs yang lebih tinggi. Interpretasi awal Vs30 dapat menunjukkan kerentanannya terhadap gempa. Tanah lunak dengan nilai Vs30 yang rendah menunjukkan potensi kerusakan lebih tinggi, sedangkan tanah keras dengan nilai Vs30 yang tinggi akan lebih stabil. Penggabungan data MASW dengan peta geologi lokal dan interpretasi Vs30 membantu dalam pemetaan risiko gempa dan perencanaan mitigasi yang lebih efektif.

Salah satu kelebihan utama MASW dibandingkan dengan metode sejenis, seperti metode refraksi atau refleksi seismik, adalah kemampuannya untuk memperoleh informasi tentang kecepatan gelombang permukaan dengan resolusi yang lebih tinggi dan dalam kedalaman yang lebih bervariasi. MASW juga lebih efisien dan memerlukan peralatan yang lebih sederhana serta biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan metode seismik tradisional. Selain itu, MASW memberikan hasil yang lebih langsung terkait dengan karakteristik tanah di permukaan, yang sangat penting untuk aplikasi di bidang geoteknik, mitigasi bencana, dan perencanaan kota.

Vs30 dan Klasifikasi Jenis Tanah

Kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 meter (Vs30) merupakan indikator yang akurat untuk menggambarkan karakteristik kekakuan dan kekuatan tanah. Nilai Vs30 dapat menunjukkan daerah-daerah yang memiliki potensi amplifikasi gelombang lebih besar dibandingkan dengan daerah lainnya. Profil kecepatan gelombang geser (Vs) hasil pengolahan MASW dapat dipergunakan untuk memperkirakan nilai kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 m (Vs30) menggunakan persamaan (2), merujuk pada SNI 1726:2019 [8].

$$Vs30 = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{si}}} \quad (2)$$

Dengan h_i adalah ketebalan lapisan sedimen (m), V_{si} adalah kecepatan gelombang geser (m/s), dan n adalah jumlah lapisan dalam rentang kedalaman 30 m. Vs30 merupakan salah satu parameter yang dipergunakan untuk mengklasifikasikan jenis tanah. SNI 1726:2019 [8] menyediakan pedoman untuk klasifikasi kelas situs berdasarkan Vs30 yang sering digunakan dalam analisis gempa, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi *site* berdasarkan SNI 1726:2019 [8].

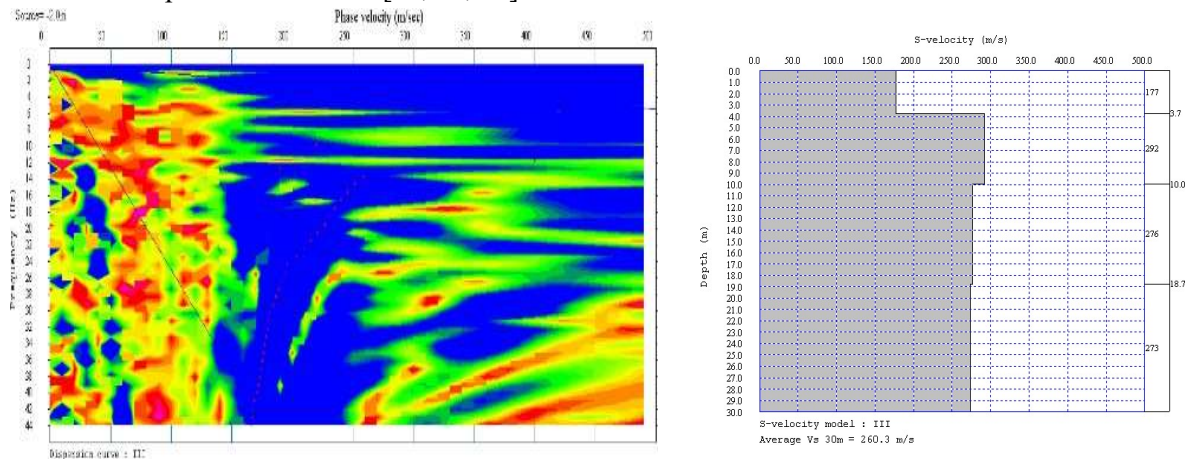
Kelas Klasifikasi	Vs 30
SA (Batuan Keras)	>1500
SB (Batuan)	>750 – 1500
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	>300 – 750
SD (Tanah sedang)	175 – 350
SE (Tanah lunak)	<175
SF (Tanah khusus)	Investigasi spesifik

Hasil dan Diskusi

Profil Vs

Penerapan Metode MASW di Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul memberikan hasil profil 1D Vs di titik pengukuran. Gambar 5 menunjukkan contoh profil Vs di titik pengukuran 4. Profil Vs dapat ditampilkan dalam bentuk grafik, di mana sumbu vertikal mewakili kedalaman dan sumbu horizontal mewakili Vs. Profil Vs yang dihasilkan menggambarkan variasi kecepatan gelombang

geser dengan kedalaman. Profil ini memberikan informasi tentang lapisan tanah dan karakteristiknya. Profil Vs bermanfaat dalam menilai bagaimana tanah akan bereaksi terhadap beban dinamis, seperti gempa, menentukan jenis dan desain fondasi yang sesuai berdasarkan sifat tanah, menganalisis stabilitas lereng dan risiko longsor, serta membantu dalam penilaian kelayakan lokasi untuk proyek konstruksi. Memahami profil Vs dari hasil MASW sangat penting dalam bidang geoteknik dan rekayasa sipil untuk memastikan desain yang aman dan efisien. Beberapa penelitian sebelumnya menggabungkan metode MASW dengan metode lainnya untuk memberikan pemahaman yang lebih akurat tentang karakteristik tanah, yang sejalan dengan pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini untuk memperoleh profil Vs tanah di Kapanewon Kasihan [13, 14, 15].



Gambar 5. Hasil pengolahan metode MASW dalam bentuk profil kecepatan gelombang geser (Vs) di titik pengukuran 4

Kecepatan Gelombang Geser Rata-Rata Hingga Kedalaman 30 m (Vs30)

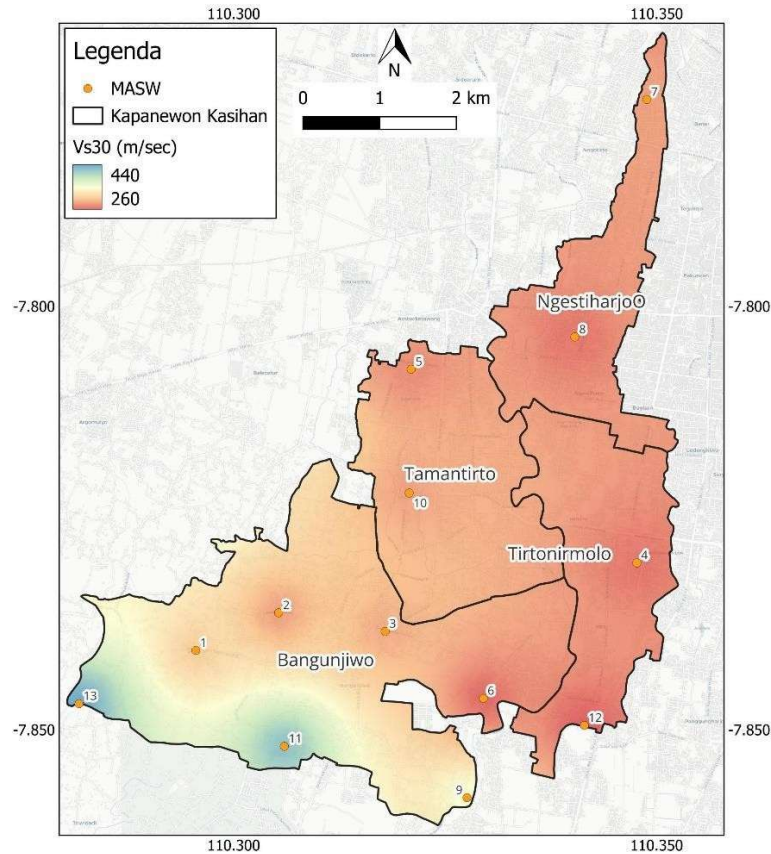
Hasil pengolahan MASW dipergunakan untuk memperkirakan nilai kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 m (Vs30). Nilai Vs30 di Kecamatan Kasihan, Bantul yang berkisar antara 260-440 m/s sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Nilai Vs30 menunjukkan variasi karakteristik tanah di wilayah tersebut. Nilai Vs30 ini memiliki beberapa implikasi penting dalam konteks rekayasa gempa dan geoteknik. Nilai Vs30 yang lebih rendah mengindikasikan tanah yang lebih lunak, sedangkan nilai yang lebih tinggi menunjukkan tanah yang lebih padat atau keras. Nilai Vs30 yang relatif rendah meliputi Kalurahan Ngestiharjo, Tirtonirmolo, Tamantirto, dan sebagian wilayah timur Kalurahan Bangunjiwo. Sementara nilai Vs30 yang relatif lebih tinggi berada di wilayah barat dan utara Kalurahan Bangunjiwo.

Daerah dengan Vs30 yang lebih rendah cenderung mengalami amplifikasi getaran seismik yang lebih besar selama gempa. Ini berarti bahwa bangunan di wilayah dengan Vs30 lebih rendah mungkin mengalami getaran yang lebih kuat dan perlu dirancang untuk menahan getaran yang lebih tinggi. Sebaliknya, daerah dengan Vs30 lebih tinggi cenderung mengalami getaran yang lebih kecil karena tanah yang lebih padat menyerap lebih banyak energi seismik. Wilayah dengan nilai Vs30 lebih rendah mungkin dikelompokkan dalam zona risiko yang lebih tinggi karena potensi amplifikasi seismik yang lebih besar. Dengan mengetahui nilai Vs30 di Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul, kita dapat mengambil langkah-langkah yang tepat dalam mendesain bangunan dan infrastruktur yang aman dan tahan gempa, serta dalam merencanakan pengembangan wilayah yang lebih tangguh terhadap bencana seismik.

Klasifikasi Jenis Tanah

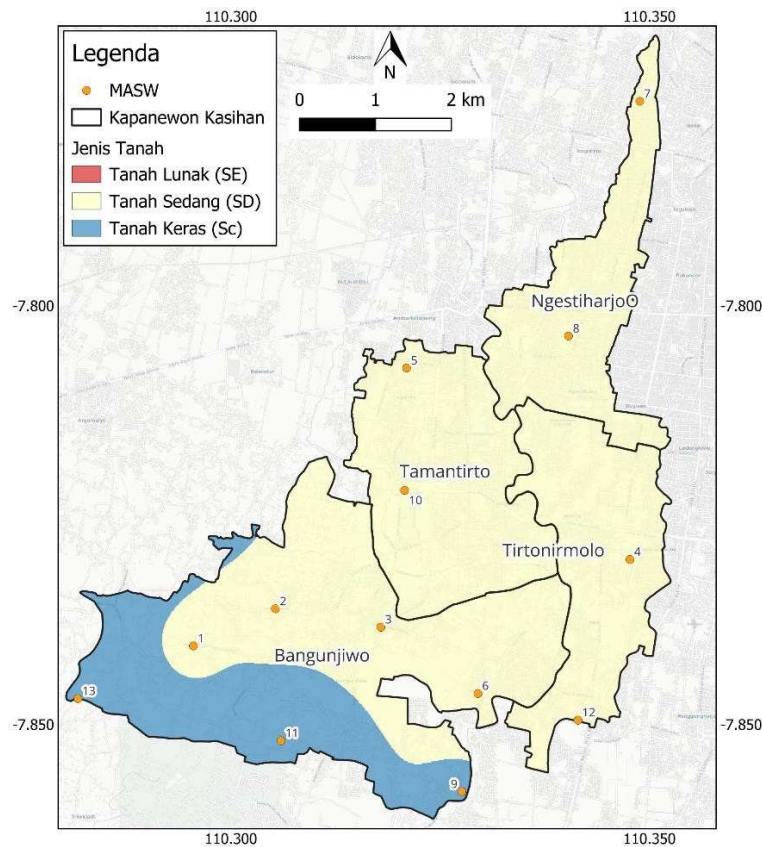
Kemajuan teknologi dalam pengukuran seismik dan analisis data memberikan peluang baru untuk melakukan klasifikasi tanah yang lebih akurat dan detail. Metode *Multichannel Analysis of*

Surface Waves (MASW) memungkinkan pengukuran yang lebih efisien dan akurat dari parameter-parameter seismik. Dengan metode MASW, kita dapat mengembangkan model klasifikasi tanah yang lebih komprehensif dan relevan untuk aplikasi praktis.



Gambar 6. Peta Vs30 di Kapanewon Kasihan berdasarkan metode MASW

Hasil klasifikasi tanah berdasarkan metode MASW di Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul ditunjukkan pada Gambar 7. Jenis tanah sedang (SD) mendominasi wilayah kapanewon ini diantaranya di Kalurahan Ngestiharjo, Tamantirto, Tirtonirmolo dan wilayah timur Kalurahan Bangunjiwo. Tanah sedang umumnya memiliki kecepatan gelombang geser yang moderat, yang menunjukkan bahwa tanah tersebut tidak terlalu lunak tetapi juga tidak sekeras tanah yang diklasifikasikan sebagai tanah keras. Tanah jenis ini cukup stabil untuk berbagai jenis konstruksi, meskipun perlu diperhatikan untuk desain bangunan tahan gempa. Wilayah barat dan utara Kalurahan bangunjiwo cenderung memiliki jenis tanah keras (SC). Dominasi jenis tanah sedang (SD) ditemukan di Kalurahan Ngestiharjo, Tamantirto, Tirtonirmolo, dan wilayah timur Kalurahan Bangunjiwo. Tanah keras biasanya memiliki kecepatan gelombang geser yang tinggi, menunjukkan bahwa tanah tersebut sangat padat dan stabil. Tanah keras ideal untuk konstruksi berat karena memberikan fondasi yang sangat stabil dan mengurangi amplifikasi gelombang seismik. Hasil penelitian ini selaras dengan data geologi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Daerah dengan jenis tanah sedang umumnya berada di wilayah endapan gunung merapi muda, sementara jenis tanah keras di wilayah yang masuk dalam Formasi Sentolo dimana secara umum terdiri dari Batu Gamping, Marl, Batu Lempung, Batu Pasir serta Konglomerat yang bersifat lebih keras.



Gambar 7. Jenis tanah di Kapanewon Kasihan berdasarkan Metode MASW

Mengetahui jenis tanah yang mendominasi suatu wilayah sangat penting untuk perencanaan dan desain konstruksi. Bangunan di area dengan tanah sedang harus dirancang untuk mengakomodasi pergerakan tanah yang lebih besar dibandingkan dengan tanah keras. Daerah dengan tanah sedang mungkin memerlukan teknik konstruksi khusus untuk memastikan stabilitas selama gempa. Teknik seperti fondasi dalam atau penggunaan bahan bangunan yang fleksibel dapat membantu mengurangi kerusakan. Kondisi tanah lokal berpengaruh signifikan terhadap kinerja struktural selama gempa, dengan tanah lunak cenderung meningkatkan kerusakan pada bangunan [16]. Selain itu, tanah dengan kekakuan sedang memerlukan desain struktural yang lebih teliti untuk menghindari amplifikasi gempa yang berlebihan [17]. Pemilihan teknik konstruksi yang tepat, seperti penggunaan bahan bangunan fleksibel, juga direkomendasikan oleh FEMA P-2091 yang mengulas interaksi tanah-struktur untuk desain bangunan tahan gempa [18]. Hal ini sesuai dengan prinsip-prinsip desain seismik yang menekankan pentingnya memahami kondisi tanah untuk desain bangunan yang lebih aman di daerah seismik [19].

Klasifikasi tanah berdasarkan parameter seismik dapat memberikan informasi yang berharga untuk berbagai aplikasi dalam manajemen risiko bencana. klasifikasi tanah dapat digunakan untuk menentukan zona-zona yang aman untuk pembangunan infrastruktur dan pemukiman, membantu insinyur sipil dalam merancang bangunan yang dapat bertahan terhadap getaran gempa, mengidentifikasi jalur evakuasi dan area evakuasi yang aman berdasarkan risiko seismik tanah. Salah satu tantangan utama dalam klasifikasi tanah di wilayah seismik aktif adalah variabilitas lokal dari parameter seismik. Faktor-faktor seperti komposisi tanah, tingkat kepadatan, kelembaban, dan kedalaman air tanah dapat mempengaruhi parameter-parameter ini secara signifikan. Oleh karena itu, pendekatan yang komprehensif dan berbasis data lokal sangat dibutuhkan.

Hasil dari penelitian ini tidak hanya akan bermanfaat bagi Kapanewon Kasihan dan Kabupaten Bantul, tetapi juga memiliki implikasi yang lebih luas. Metode yang dikembangkan dapat



diterapkan di wilayah seismik aktif lainnya di Indonesia. Mengingat Indonesia merupakan salah satu negara dengan aktivitas seismik tertinggi di dunia, penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi besar dalam upaya mitigasi bencana gempa. Hasil penelitian akan bermanfaat tidak hanya bagi pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga bagi masyarakat dan pemerintah dalam meningkatkan kesiapsiagaan dan respons terhadap bencana.

Kesimpulan

Metode MASW terbukti efektif untuk menganalisis karakteristik tanah dan batuan melalui pengukuran kecepatan gelombang geser (Vs). Penelitian di Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul, menghasilkan profil Vs dan peta Vs30 yang menunjukkan variasi tanah. Nilai Vs30 berkisar antara 260-440 m/s, dengan tanah lebih lunak di beberapa wilayah yang cenderung mengalami amplifikasi getaran seismik lebih besar. Klasifikasi tanah menunjukkan dominasi tanah sedang (SD) di sebagian besar wilayah dan tanah keras (SC) di bagian barat dan utara Kalurahan Bangunjiwo. Pengetahuan ini penting untuk perencanaan konstruksi tahan gempa dan penentuan zona aman. Hasil MASW dapat digunakan sebagai acuan untuk zonasi risiko atau pengembangan peta bahaya gempa di wilayah lokal, memberikan informasi yang berguna untuk penentuan prioritas dalam perencanaan mitigasi bencana dan perlindungan masyarakat. Metode MASW memberikan kontribusi signifikan dalam mitigasi bencana gempa di Indonesia. Rekomendasi lanjutan mencakup penggunaan MASW di wilayah sekitar, integrasi dengan data borehole untuk akurasi lebih tinggi, dan kombinasi dengan metode HVSr untuk pemetaan amplifikasi gempa dan bahaya seismik yang lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- [1] S. Pena-Castellnou, V. Steinritz, G. I. Marliyani, and K. Reicherter, "Active tectonics of the Yogyakarta area (Central Java, Indonesia): preliminary findings obtained from a tectonic-geomorphic evaluation," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 851, p. 012005, 2021. doi: 10.1088/1755-1315/851/1/012005.
- [2] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul, "Kecamatan Kasihan Dalam Angka 2024," Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul, 2024.
- [3] R. Bilham, "The seismic future of cities," *Bull. Earthquake Eng.*, vol. 7, no. 4, pp. 839–887, 2009.
- [4] I. Khadrouf, I. Hammoumi, Goumi dan Oukassou, "Contribution of HVSr, MASW, and geotechnical investigations in seismic microzonation for safe urban extension: A case study in Ghabt Admin (Agadir), western Morocco," *Journal of African Earth Sciences*, vol. 210, 2024.
- [5] M. Farid, A. I. Hadi, R. Refrizon, H. Suhartoyo, L. Litman, D. I. Fadli dan E. Putriani, "The combination of HVSr and MASW methods with Landsat 8 imagery to assess the changing shoreline along the coastal area of Central Bengkulu," *Trends in Sciences*, vol. 21, no. 5, p. 7544, 2024. doi: 10.48048/tis.2024.7544.
- [6] M. Senkaya, "Vs30-based site classification and site-specific ground response analysis assessment for densely populated Trabzon (NE Turkey) urban areas," *Acta Geophys.*, vol. 71, pp. 129–146, 2023. doi: 10.1007/s11600-022-00887-4.
- [7] H. Durmuş, "Soil characterization using HVSr and MASW techniques: A case study (Kütahya Dumlupınar University Campus)," *Pure Appl. Geophys.*, vol. 181, pp. 1281–1302, 2024. doi: 10.1007/s00024-024-03452-w.
- [8] A. K. Mahajan, R. Patial, P. Kumar, et al., "Site characterization of urban centers from the Himalayan region using active and passive seismic methods," *Geotech. Geol. Eng.*, vol. 42, pp. 1105–1129, 2024. doi: 10.1007/s10706-023-02608-0.



- [9] Badan Standardisasi Nasional (BSN), SNI 1726:2019. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, 2019.
- [10] S. Husein and S. Srijono, "Peta geomorfologi daerah istimewa Yogyakarta," *Simposium Geologi Yogyakarta*, " Maret. 2010, pp. 1–6, 2010. doi: 10.13140/RG.2.2.10627.50726.
- [11] W. Rahardjo, Sukandarrumidi, and H. M. D. Rosidi, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*, 2nd ed., Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1995.
- [12] C. B. Park, "Multichannel analysis of surface waves (MASW)—active and passive methods," *Lead Edge*, vol. 26, no. 1, pp. 60–64, 2007.
- [13] M. Farid, A. I. Hadi, R. Refrizon, H. Suhartoyo, L. Litman, D. I. Fadli, and E. Putriani, "The combination of HVSr and MASW methods with Landsat 8 imagery to assess the changing shoreline along the coastal area of Central Bengkulu," *Trends in Sciences*, vol. 21, no. 5, p. 7544, 2024.
- [14] M. Senkaya, "Vs30-based site classification and assessment of site-specific ground response analysis for densely populated urban areas of Trabzon (NE Turkey)," *Acta Geophysica*, vol. 71, no. 1, pp. 129–146, 2023.
- [15] H. Suryanto and A. Prabowo, "Characterization of soil properties using MASW for seismic site classification in earthquake-prone regions of Indonesia," *Geotechnical Testing Journal*, vol. 43, no. 3, pp. 654–667, 2021.
- [16] E. Işık, F. Avcil, A. Büyüksaraç, E. Arkan, and E. Harirchian, "Impact of Local Soil Conditions on the Seismic Performance of Reinforced Concrete Structures: In the Context of the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes," *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 5, p. 2389, 2025.
- [17] F. Khosravikia, M. Mahsuli, and M. A. Ghannad, "Comparative Assessment of Soil-Structure Interaction Regulations of ASCE 7-16 and ASCE 7-10," *arXiv*, 2018.
- [18] FEMA P-2091, "A Practical Guide to Soil-Structure Interaction," *Federal Emergency Management Agency*, 2020.
- [19] WBDG Seismic Design Principles, "Seismic Design Principles," *Whole Building Design Guide*, 2023.