



PEMODELAN GUNCANGAN TANAH DI PERMUKAAN BERDASARKAN
KARAKTERISTIK SITE DI KABUPATEN SLEMAN

*MODELING OF SURFACE GROUND SHAKING BASED ON SITE
CHARACTERISTICS IN SLEMAN DISTRICT*

Meila Prati Handayani*, Program Studi Fisika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto,
Indonesia

Zaroh Irayani, Program Studi Fisika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia
Bambang Sunardi, Program Studi Fisika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto,
Indonesia

*email: meilaprati8686@gmail.com (corresponding author)

Abstrak. Kabupaten Sleman berada di dekat Sesar Opak oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi untuk meminimalisir dampak gempa bumi, salah satunya melalui pemodelan guncangan tanah berdasarkan karakteristik site lokal. Karakterisasi site merupakan upaya untuk mengukur perilaku gelombang seismik pada suatu lokasi tertentu berdasarkan sifat geofisika dekat permukaan. Karakterisasi site didasarkan pada nilai V_{s30} USGS. Pemodelan guncangan tanah ini bertujuan untuk memperkirakan nilai kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 m (V_{s30}), Kedalaman 1000 m ($Z_{1.0}$), kedalaman 2,5 km ($Z_{2.5}$), PGA dan spectra acceleration di batuan dasar dan permukaan berdasarkan karakteristik site lokal. Metode yang digunakan untuk memodelkan menggunakan metode Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA) dengan skenario terburuk gempa bumi dari Sesar Opak yang diolah menggunakan Software OpenQuake. Hasil menunjukkan bahwa V_{s30} di Kabupaten Sleman didominasi nilai yang relatif rendah (180 m/s). Nilai PGA relatif tinggi di batuan dasar mencapai 0,65 g sedangkan PGA di permukaan tanah mencapai 0,75 g. Nilai spectral acceleration (0,2) relatif tinggi di batuan dasar mencapai 1,5 g sedangkan spectra acceleration (0,2) di permukaan mencapai 1,8 g. Nilai spectral acceleration (1,0) relatif tinggi di batuan dasar mencapai 0,4 g sedangkan nilai spectral acceleration (1,0) di permukaan mencapai 0,88 g. Nilai amplifikasi PGA dan nilai amplifikasi spectral acceleration (0,2) tertinggi 1,36 serta nilai amplifikasi spectral acceleration (1,0) tertinggi 2,98. Hal ini mengakibatkan beberapa daerah di Kabupaten Sleman memiliki kerawanan yang tinggi terhadap bencana gempa bumi sehingga cenderung memberikan respon guncangan yang lebih besar.

Kata Kunci: Gempa bumi, guncangan tanah, kabupaten Sleman, kecepatan gelombang geser V_{s30} , PGA.

Abstract. Sleman Regency is located near the Opak Fault, therefore, mitigation efforts are needed to minimize the impact of earthquakes, one of which is through ground shaking modeling based on local site characteristics. Site characterization is an effort to measure seismic wave behavior at a particular location based on near-surface geophysical properties.

Site characterization is based on the USGS V_{s30} value. This ground shaking modeling aims to estimate the average shear wave velocity value to a depth of 30 m (V_{s30}), 1000 m depth ($Z_{1.0}$), 2.5 km depth ($Z_{2.5}$), PGA and acceleration spectra in bedrock and surface based on local site characteristics. The method used for modeling uses the Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA) method with the worst-case scenario of an earthquake from the Opak Fault processed using OpenQuake Software. The results show that V_{s30} in Sleman Regency is dominated by relatively low values (180 m/s). The PGA value is relatively high in bedrock reaching 0.65 g while the PGA on the ground surface reaches 0.75 g. The spectral acceleration value (0.2) is relatively high in bedrock reaching 1.5 g while the spectral acceleration (0.2) on the surface reaches 1.8 g. The spectral acceleration value (1.0) is relatively high in bedrock reaching 0.4 g while the spectral acceleration value (1.0) on the surface reaches 0.88 g. The highest PGA amplification value and spectral acceleration amplification value (0.2) are 1.36 and the highest spectral acceleration amplification value (1.0) is 2.98. This causes several areas in Sleman Regency to have high vulnerability to earthquake disasters so that they tend to provide a greater shock response.

Keywords: *Earthquake, ground shaking, Sleman regency, shear wave velocity V_{s30} , PGA.*

PENDAHULUAN

Secara geologis, Sleman terletak di wilayah yang memiliki sejarah seismik yang cukup aktif karena berada di sekitar jalur sesar aktif yang dikenal sebagai Sesar Opak sehingga berpotensi menghasilkan gempa bumi dengan magnitudo besar (Jati, 2014). Ternyata guncangan dipermukaan tanah tidak hanya dipengaruhi oleh magnitudo dan jarak gempa bumi tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik *site* lokal. Karakteristik *site* sangat penting untuk mengurangi kerusakan akibat gempa bumi (Gosselin et al., 2022).

Karakteristik *site* dapat diketahui salah satunya dari nilai kecepatan gelombang geser (V_s) (Afrudin, A.M, 2018). Nilai V_s merupakan indikator yang baik untuk menggambarkan karakteristik kekakuan dan kekuatan tanah (Fauziah, L., dan Pohan, A. F, 2023). Berdasarkan penelitian terkini untuk daerah basin atau cekungan, yang mempengaruhi guncangan di permukaan tidak hanya V_{s30} , tetapi terdapat faktor lain yaitu kedalaman cekungan yang direpresentasikan sebagai $Z_{1.0}$ dan $Z_{2.5}$. $Z_{1.0}$ adalah kedalaman dimana kecepatan gelombang geser mencapai 1.000 m/s, sedangkan $Z_{2.5}$ adalah kedalaman dimana kecepatan gelombang geser mencapai 2.500 km (Chiou & Youngs, 2014).

Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meminimalkan dampak bencana gempa bumi di Kabupaten Sleman. Salah satu yang dapat dilakukan melalui upaya mitigasi gempa bumi untuk meminimalisir dampak tersebut adalah memodelkan guncangan di permukaan tanah berdasarkan karakteristik *site* lokal. Guncangan tanah dapat didefinisikan sebagai percepatan tanah maksimum (PGA) dan *spectral acceleration* (SA) yang dapat ditentukan salah satunya berdasarkan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) (ASCE, 2014).

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan dan mengolah data V_{s30} serta membuat peta. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data V_{s30} USGS dan data skenario terburuk Sesar Opak. Sebagai data pendukung digunakan data batas administrasi Kabupaten Sleman (McPhillips et al, 2020). Tahap pertama yaitu penentuan nilai V_{s30} , $Z_{1.0}$

dan $Z_{2.5}$ dilakukan dengan mengunduh data V_{s30} USGS melalui website USGS (<https://earthquake.usgs.gov/data/Vs30/>) (Park Seismic LLC, 2018). Nilai V_{s30} di dapatkan dengan mengkonversi data raster V_{s30} USGS menjadi format XYZ (ASCII). Hasil dari nilai V_{s30} digunakan untuk menghasilkan parameter nilai $Z_{1.0}$ dan $Z_{2.5}$. Selain itu juga dilakukan pemetaan V_{s30} di Kabupaten Sleman.

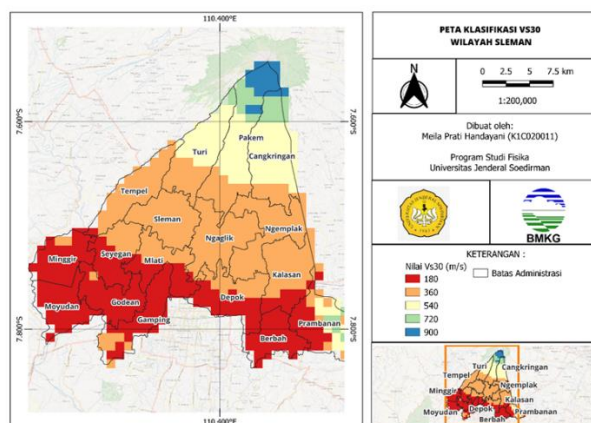
$$\ln Z_{1.0} = - \frac{7.15}{4} \times \left(\frac{Vs30^4 + 571^4}{1360^4 + 571^4} \right) \quad (1)$$

$$\ln Z_{2.5} = 7.089 - 1,44 \ln V_{s30} \quad (2)$$

Tahap berikutnya penentuan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) dan *spectral acceleration* (SA) pada batuan dasar dapat dilakukan dengan memodelkan Patahan Opak menggunakan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) (Astutik, 2022); (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2017). Metode ini mempertimbangkan satu skenario terburuk Sesar Opak, dimana titik kejadian terletak di tengah Sesar Opak (*point source*) dengan magnitude maksimum M6.6, *longitude* 110.4213⁰, *latitude* -7.87168⁰, dan kedalaman (*depth*) 10 kilometer menggunakan model percepatan tanah Chiou-Youngs 2014 (Pratama, 2017); (Al Ayubi et al., 2020). Selanjutnya tahap penentuan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) dan *spectral acceleration* (SA) di permukaan dilakukan dengan langkah yang serupa dengan penentuan nilai PGA dan *spectral acceleration* di batuan dasar (Sunardi, B, 2015). Namun, dalam analisis *hazard* di permukaan tanah, memiliki informasi tambahan mengenai *site specific* parameter berupa V_{s30} *site* USGS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

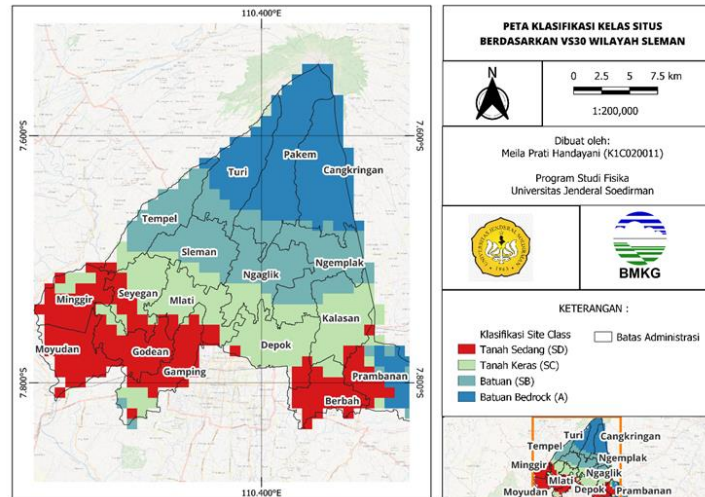
Secara umum, Kabupaten Sleman didominasi nilai V_{s30} yang relatif rendah yakni pada kisaran 180 – 360 m/s sehingga Kabupaten Sleman termasuk kategori jenis tanah sedang ditunjukkan pada Gambar 1 (Sudrajat, 2016). Hal ini menandakan semakin rendah nilai kecepatan gelombang gesernya mengindikasikan tingkat bahaya gempa bumi semakin tinggi sehingga ketika terjadinya gempa bumi maka tanah dengan V_{s30} yang lebih rendah cenderung memberikan respon guncangan yang lebih besar (Artati, H. K, 2023).



Gambar 1. Peta V_{s30} Kabupaten Sleman

Kabupaten Sleman memiliki empat macam kelas situs yaitu tanah sedang (SD) yang digambarkan dengan warna merah, tanah keras (SC) digambarkan dengan warna hijau muda, batuan (SB) digambarkan dengan warna biru muda, dan batuan bedrock (A) digambarkan dengan warna biru tua. Wilayah dengan kategori tanah sedang (SD) berada di sebelah selatan

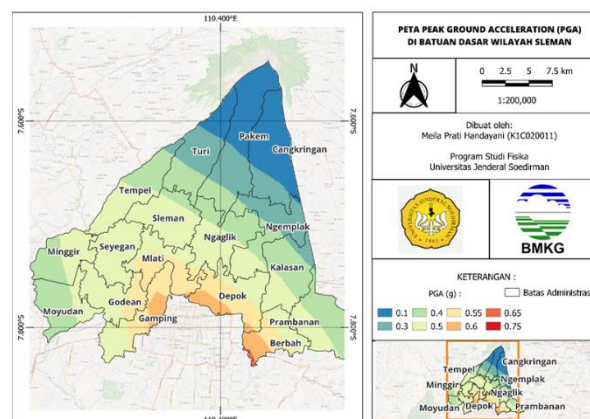
Kapenewon Prambanan, Brebah, Gamping, Godean, Moyudan, Minggir, dan sebelah barat daya Seyegan. Wilayah dengan kelas site tanah keras (SC) berada di sebelah timur Kapenewon Seyegan, Mlati, Depok, dan Kalasan. Wilayah dengan kelas site batuan (SB) berada di Kapenewon Tempel, Sleman, Ngaglik, dan Ngemplak. Sementara itu, wilayah dengan kelas site batuan bedrock (A) berada di Kapenewon Turi, Pakem, dan Cangkringan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Klasifikasi Kelas Site Berdasarkan V_{s30}

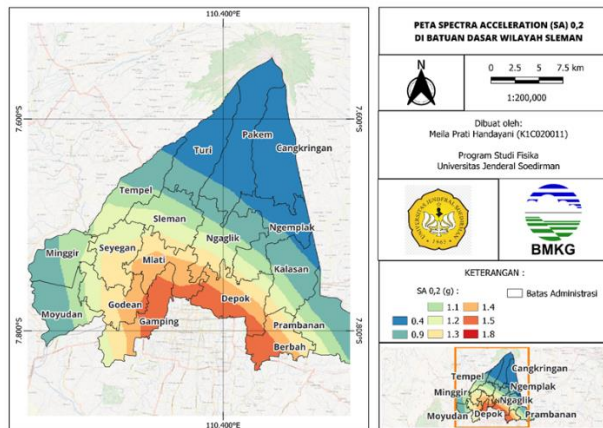
Kabupaten Sleman

Nilai percepatan tanah maksimum (PGA) di batuan dasar Kabupaten Sleman bervariasi dari 0.1 – 0.75 g pada Gambar 3. Daerah dengan nilai PGA rendah termasuk daerah yang cukup aman, namun tetap terasa guncangan pada bangunan meskipun tidak separah pada daerah yang memiliki nilai PGA tinggi. Semakin besar nilai PGA, potensi terjadi kerusakan semakin besar (Bustari dan Wibowo, 2023); (Syahputri, A., dan Sismanto, S, 2020)



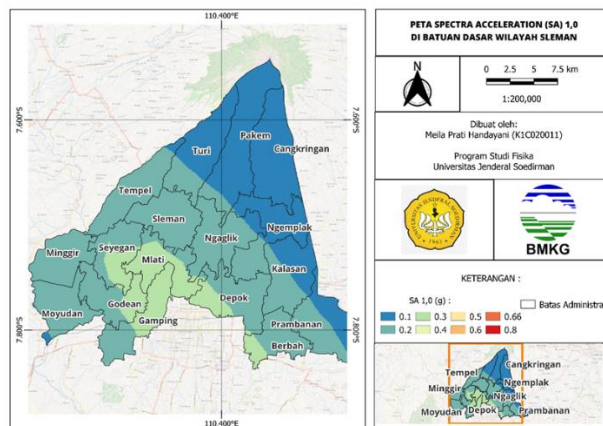
Gambar 3. Peta PGA Batuan Dasar

Periode getaran mewakili periode getaran struktur untuk masing-masing tingkatan. Pada $T = 0,2$ s digunakan untuk mewakili periode getar struktur pendek atau bangunan 2 tingkat pada Gambar 4. Nilai SA (0,2) tertinggi di batuan dasar disebabkan karena daerah tersebut memiliki jarak yang dekat dengan zona Sesar Opak sehingga pengaruh terhadap struktur bangunan semakin besar. Sedangkan untuk nilai SA (0,2) terendah karena daerah tersebut semakin jauh dengan jarak Sesar Opak. Nilai spectral acceleration (0,2) pada batuan dasar membantu dalam mengevaluasi resiko kerusakan struktural dan fondasi bangunan.



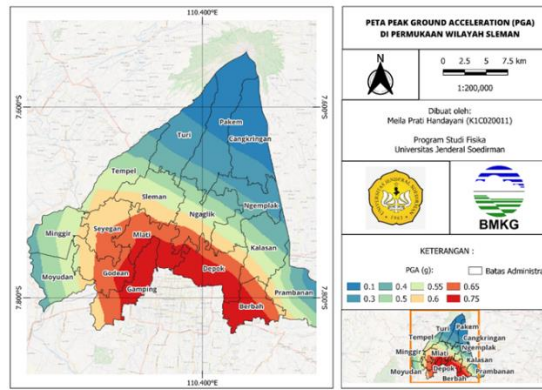
Gambar 4. Peta Spectral Acceleration (0,2) Batuan Dasar Kabupaten Sleman

Periode $T = 1,0$ s mewakili periode panjang dan berpengaruh pada guncangan tanah untuk gedung bertingkat hingga 10 lantai pada Gambar 5. Nilai SA (1,0) di batuan dasar untuk Kabupaten Sleman memiliki rentang nilai 0,1 – 0,8 g. Nilai SA (1,0) tertinggi berada di Kapanewon Mlati, Gamping, dan bagian timur Godean. Hal ini disebabkan karena daerah tersebut memiliki jarak dengan dengan zona Sesar Opak. Sedangkan nilai SA (1,0) terendah digambarkan berada di Kapenewon Pakem, Turi, Ngeemplak dan Cangkringan. Hal ini disebabkan karena daerah tersebut memiliki jarak semakin jauh dengan zona Sesar Opak. Nilai spectral acceleration (1,0) pada batuan dasar membantu dalam memahami guncangan tanah yang dapat memengaruhi respon struktural.

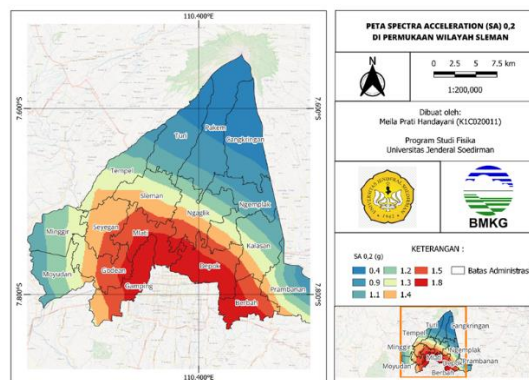


Gambar 5. Peta Spectral Acceleration (1,0) Batuan Dasar Kabupaten Sleman

Nilai percepatan tanah maksimum (PGA) di permukaan Kabupaten Sleman dilihat pada Gambar 6. Nilai PGA permukaan tertinggi dikarenakan wilayah tersebut berdekatan dengan sumber gempa patahan Sesar Opak. Ditambah dengan lapisan tanah yang di dominasi oleh tanah sedang ditunjukkan dengan peta V_{s30} Kabupaten Sleman. Daerah dengan nilai PGA permukaan terendah dikarenakan letaknya jauh dari sumber gempa patahan Sesar Opak serta didominasi oleh jenis tanah batuan dan batuan bedrock.

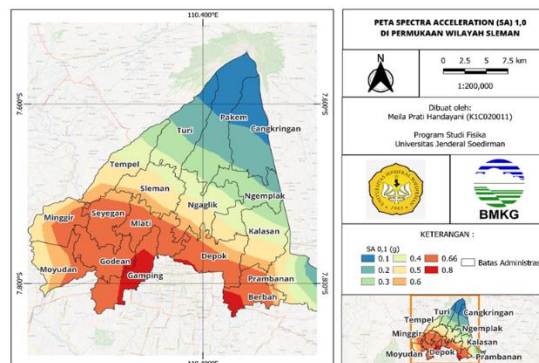


Gambar 6. Peta PGA Permukaan Peta spectral acceleration (0,2) di permukaan dapat dimanfaatkan untuk perencanaan struktur bangunan tahan gempa dalam menentukan respon spectra Gambar 8 (Farlianti, S., dan Sapta, S, 2020).



Gambar 7. Peta Spectral Acceleration (1,0) Permukaan Kabupaten Sleman

Nilai SA (1,0) tertinggi di permukaan digambarkan karena di daerah tersebut lebih dekat dengan sumber gempa patahan Sesar Opak serta kondisinya yang didominasi oleh klasifikasi site tanah sedang (SD) dimana tanah sedang menyebabkan amplifikasi getaran pada periode ini (Fahrizi dan Saifuddin, 2023). Ditambah lagi efek cekungan juga sangat mempengaruhi bangunan pada periode panjang sehingga terjadi guncangan yang lebih besar (Putri et al., 2017). Sedangkan nilai SA (1,0) terendah di permukaan karena daerah tersebut jauh dengan sumber gempa patahan Sesar Opak serta jika dikaitkan dengan V_{s30} , maka kondisi geologinya didominasi oleh batuan bedrock sehingga mampu meredam getaran. Peta spectral acceleration (1,0) di permukaan dapat dimanfaatkan untuk perencanaan struktur bangunan tahan gempa dalam menentukan respon spectra dengan periode yang lebih Panjang (Utami et al., 2023) terdapat pada Gambar 7.



Gambar 8. Peta Spectral Acceleration (1,0) Permukaan Kabupaten Sleman

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Nilai V_{s30} di Kabupaten Sleman relatif rendah sehingga menunjukkan tingkat bahaya gempa bumi yang tinggi. Nilai $Z_{1,0}$ dan $Z_{2,5}$ menginterpretasikan semakin rendah nilai V_{s30} maka jenis tanah semakin lunak sehingga kedalaman menjadi lebih dalam. Nilai percepatan tanah maksimum (PGA) di Kabupaten Sleman mengindikasikan bahwa semakin besar nilai PGA, potensi kerusakan semakin besar. Pengaruh bangunan periode panjang akibat efek cekungan dan amplifikasi getaran dapat menyebabkan guncangan lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Ayubi, S. S., Karyanto, K., Haerudin, N., Rasimeng, S., & Wibowo, R. C. (2020). Zonasi Site Effect dan Analisis Bahaya Penguatan Gempa Menggunakan Metode DSHA (Deterministic Seismic Hazard Analysis) untuk Menentukan PGA (Peak Ground Acceleration) di Kabupaten Sumba Barat Daya. *Indonesian Physical Review*, 3(2), 38–53.
- Arifudin, A. M. (2018). *Karakteristik Situs dan Kerentanan Seismik di Kabupaten Klaten dengan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) dari Data Mikrotremor* (Master's thesis, Universitas Islam Indonesia).
- Artati, H. K. (2023). *Potensi Likuefaksi Menggunakan Pendekatan State Parameter Berdasarkan Percepatan Maksimum Permukaan Tanah Akibat Gempa Hasil Codes, Deterministic and Probabilistic Seismic Hazard Analysis (Studi Kasus: Gempa Palu, Sulawesi Tengah, M 7.4, 28 September 2018)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- ASCE. (2014). *Minimum design loads for buildings and other structures* (A. S. of C. Engineers (ed.)). American Society of Civil Engineers
- Astutik, D. R. (2022). Respon Seismik Provinsi Jawa Tengah Berdasarkan Probabilistic Seismic Hazard Analysis Analisis: Peta, Faktor Situs Dan Amplifikasi.
- Chiou, B. S. J., & Youngs, R. R. (2014). Update of the Chiou and Youngs NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra. *Earthquake Spectra*, 30(3), 1117–1153. <https://doi.org/10.1193/072813EQS219M>
- Fahrizi, M. A., & Saifuddin, S. (2023). Pengaruh Kedalaman dan Kecepatan Gelombang Geser Batuan Dasar terhadap Respons Tanah Menggunakan Mikrotremor di ITS Surabaya. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 12(2), B1–B7.

- Farlianti, S., & Sapta, S. (2020). Perhitungan Respon Spektra Percepatan Gempa Kota Palembang Berdasarkan SNI 1726; 2019 Sebagai Revisi Terhadap SNI 1726; 2012. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 6(2), 167-177.
- Fauziah, L., & Pohan, A. F. (2023). Identifikasi Potensi Longsor di Kota Sawahlunto dengan Menggunakan Parameter Frekuensi Dominan, Amplifikasi, dan Kecepatan Gelombang Geser. *Jurnal Fisika Unand*, 12(3), 342-348.
- Gosselin, J. M., Dosso, S. E., Askan, A., Wathelet, M., Savvaidis, A., & Cassidy, J. F. (2022). A review of inverse methods in seismic site characterization. *Journal of Seismology*, 26(4), 781–821. <https://doi.org/10.1007/s10950-021-10047-8>
- Jati, W. R. (2014). Gejolak Sosial Paska Penanggulangan Bencana: Studi Bencana Gempa Bumi Bantul 2006. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 5(1), 57–64. <https://bnpb.go.id/jurnal/jurnal-dialog-penanggulangan-bencana-vol-5-no-1-tahun-2014>
- McPhillips, D.F., Herrick, J.A., Ahdi, S., Yong, A.K., and Haefner, S., 2020. (2020). *Updated Compilation of VS30 Data for the United States*. <https://doi.org/https://doi.org/10.5066/P9H5QEAC>.
- Park Seismic LLC. (2018). *How To Calculate Average Vs and Vs30m*. <http://www.parkseismic.com/SSC-HowToCalculateVs30m.html> (diakses 1 Oktober 2018)
- Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia. (2017). *Pusat Studi Gempa Nasional (Indonesia) Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman (Indonesia)*.
- Pratama, S. (2017). *Karakterisasi site Effect dengan HVSR mikrotremor dan Analisis Bahaya Kegempaan dengan Metode DSHA di Kota Banda Aceh*.
- Putri, A., Purwanto, M. S., & Widodo, A. (2017). Identifikasi Percepatan Tanah Maksimum (PGA) dan Kerentanan Tanah Menggunakan Metode Mikrotremor Jalur Sesar Kendeng. *Jurnal Geosaintek*, 3(2), 107-114.
- Sudrajat, A. R. I. F. (2016). Analisis Litologi Lapisan Sedimen Berdasarkan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio (HVSR) Dan Data Bor Di Kawasan Jalur Sesar Opak.
- Sunardi, B. (2015). Percepatan Tanah Sintetis Kota Yogyakarta Berdasarkan Deagregasi Bahaya Gempa. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 6(3), 211-228.
- Syahputri, A., & Sismanto, S. (2020). Identifikasi Potensi Tanah Longsor Menggunakan Metode Mikrotremor Di Dusun Tegalsari Desa Ngargosari Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Fisika Indonesia*, 24(2), 66-71.
- Utami, F., Mase, L. Z., Supriani, F., & Mahendra, Y. (2023). Pemanfaatan Analisis Perambatan Gelombang Seismik dan Implementasinya pada Struktur Bangunan. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 25(1), 9-14.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai V_{s30} , Nilai $Z_{1.0}$ dan $Z_{2.5}$

Lon	Lat	V_{s30}	$Z_{1.0}$	$Z_{2.5}$
110.20833	-7.5416667	367.3811	394.296193	1.39386254
110.21667	-7.5416667	337.42166	425.8819153	1.536327189
110.225	-7.5416667	272.36197	478.0023053	1.962935485
110.23333	-7.5416667	261.69586	484.276305	2.0547263
110.24167	-7.5416667	304.36984	455.3412821	1.728630333
110.25	-7.5416667	417.1311	334.2445355	1.205373827
110.25833	-7.5416667	396.35934	360.1922977	1.27790818
110.26667	-7.5416667	355.85376	406.9490219	1.445635881
110.275	-7.5416667	388.60059	369.6036936	1.307138584
110.28333	-7.5416667	404.90021	349.639994	1.24711778
110.29167	-7.5416667	410.29395	342.8871098	1.228380118
110.3	-7.5416667	419.18445	331.6334616	1.198621537
110.30833	-7.5416667	427.85181	320.5486531	1.170884257
110.31667	-7.5416667	438.02014	307.4528856	1.139841207
110.325	-7.5416667	449.8786	292.1337299	1.105535054
110.33333	-7.5416667	459.16901	280.1557485	1.079983119
110.34167	-7.5416667	475.0145	259.9096648	1.038869344
110.35	-7.5416667	499.883	229.0269076	0.979959605
110.35833	-7.5416667	519.81616	205.4547687	0.937090285
110.36667	-7.5416667	535.77985	187.5385434	0.905217979
110.375	-7.5416667	562.74097	159.5183249	0.855777022
110.38333	-7.5416667	588.90167	135.2419827	0.812427533
110.39167	-7.5416667	619.56586	110.5300529	0.766594165
110.4	-7.5416667	708.07135	59.80109348	0.657999356
110.40833	-7.5416667	783.21765	35.00641714	0.586289397
110.41667	-7.5416667	900	15.45801166	0.500103796
110.425	-7.5416667	900	15.45801166	0.500103796
110.43333	-7.5416667	900	15.45801166	0.500103796
110.44167	-7.5416667	900	15.45801166	0.500103796
110.45	-7.5416667	900	15.45801166	0.500103796
110.45833	-7.5416667	900	15.45801166	0.500103796
110.46667	-7.5416667	900	15.45801166	0.500103796
110.475	-7.5416667	900	15.45801166	0.500103796
110.48333	-7.5416667	900	15.45801166	0.500103796
110.49167	-7.5416667	749.625	44.48067169	0.616441652
110.5	-7.5416667	657.45459	85.34186621	0.716267343
110.50833	-7.5416667	625.20245	106.4192011	0.758692746
110.51667	-7.5416667	611.40906	116.7132446	0.778305187
110.525	-7.5416667	592.92725	131.7681728	0.806120512
110.53333	-7.5416667	574.00812	148.7025053	0.836587461
110.54167	-7.5416667	549.48261	172.9295285	0.879440102
110.55	-7.5416667	529.80756	194.132699	0.916900946
110.55833	-7.5416667	512.04126	214.501848	0.95338587
110.56667	-7.5416667	486.50504	245.4716732	1.010847557
110.575	-7.5416667	466.60141	270.6211643	1.060325741
110.20833	-7.55	308.32956	452.1326492	1.703257213
110.21667	-7.55	340.73636	422.6023146	1.519241599
110.225	-7.55	307.49927	452.8128243	1.708519532
110.23333	-7.55	325.02795	437.6316474	1.603527031
110.24167	-7.55	278.83786	473.8856801	1.910870212
110.25	-7.55	375.77545	384.7292083	1.358299329
110.25833	-7.55	397.41974	358.8924951	1.27400822
110.26667	-7.55	388.32422	369.9355347	1.308202878

110.275	-7.55	400.40363	355.2187274	1.263152741
110.28333	-7.55	407.2709	346.67966	1.238816524
110.29167	-7.55	408.31918	345.3667143	1.235178801
110.3	-7.55	415.27448	336.599636	1.211540872
110.30833	-7.55	426.01227	322.9087256	1.176670033
110.31667	-7.55	436.74854	309.0940424	1.143638574
110.325	-7.55	450.14771	291.7862084	1.104779014
110.33333	-7.55	462.87271	275.3975454	1.070102891
110.34167	-7.55	478.3118	255.7413547	1.030680576
110.35	-7.55	504.4837	223.4795179	0.969742551
110.35833	-7.55	526.56714	197.7657089	0.923358793
110.36667	-7.55	544.95593	177.6733535	0.88780208
110.375	-7.55	566.48108	155.8681108	0.84931633
110.38333	-7.55	586.34705	137.4827637	0.816478133
110.39167	-7.55	611.29132	116.8045421	0.77847668
110.4	-7.55	675.36548	75.32507015	0.694578169
110.40833	-7.55	752.79767	43.48494775	0.613470448
110.2417	-7.825	180	514.0219095	3.152694117
110.25	-7.825	210.7348	506.2206264	2.632444286
110.2583	-7.825	344.2385	419.0762422	1.501572636
110.2667	-7.825	428.5078	319.7062328	1.16883394
110.275	-7.825	420.6485	329.7678428	1.193850148
110.2833	-7.825	397.3534	358.9738722	1.274251461
110.2917	-7.825	245.3094	492.726223	2.212486535
110.3	-7.825	318.4731	443.50927	1.641339508
110.3083	-7.825	314.2307	447.1862168	1.666714621
110.3167	-7.825	293.8676	463.4189324	1.79948428
110.325	-7.825	237.9689	496.0638163	2.290733463
110.3333	-7.825	250.4383	490.232406	2.160727509
110.3417	-7.825	266.7823	481.3622027	2.009971887
110.35	-7.825	277.9054	474.4929152	1.918206855
110.3583	-7.825	278.6495	474.0087136	1.912347706

Lampiran 2 Nilai PGA, dan *Spectral Acceleration* Batuan Dasar dan Permukaan

PGA Batuan Dasar	SA (0.2) Batuan Dasar	SA (1.0) Batuan Dasar	PGA Permukaan	SA (0.2) Permukaan	SA (1.0) Permukaan
2.56E-01	6.15E-01	1.54E-01	3.30E-01	7.93E-01	3.20E-01
2.80E-01	6.77E-01	1.70E-01	3.66E-01	8.41E-01	4.83E-01
2.89E-01	7.05E-01	1.75E-01	3.79E-01	8.97E-01	4.36E-01
2.82E-01	6.95E-01	1.69E-01	2.85E-01	7.05E-01	1.68E-01
2.68E-01	6.65E-01	1.59E-01	3.38E-01	8.54E-01	2.82E-01
2.50E-01	6.27E-01	1.45E-01	3.35E-01	8.53E-01	3.14E-01
2.32E-01	5.85E-01	1.30E-01	3.17E-01	8.20E-01	2.92E-01
2.13E-01	5.40E-01	1.16E-01	3.05E-01	7.96E-01	3.03E-01
1.93E-01	4.90E-01	1.03E-01	2.80E-01	7.38E-01	2.64E-01
1.74E-01	4.40E-01	9.14E-02	2.54E-01	6.78E-01	2.36E-01
2.59E-01	6.26E-01	1.56E-01	3.35E-01	8.10E-01	3.23E-01
3.04E-01	7.38E-01	1.85E-01	3.91E-01	8.96E-01	5.21E-01
3.34E-01	8.20E-01	2.05E-01	4.29E-01	1.00E+00	5.03E-01
3.45E-01	8.54E-01	2.10E-01	3.49E-01	8.65E-01	2.08E-01
3.36E-01	8.41E-01	2.01E-01	4.20E-01	1.05E+00	3.57E-01
3.18E-01	8.02E-01	1.85E-01	4.17E-01	1.05E+00	3.98E-01
2.94E-01	7.47E-01	1.65E-01	3.94E-01	1.01E+00	3.67E-01

2.69E-01	6.85E-01	1.45E-01	3.75E-01	9.64E-01	3.73E-01
2.41E-01	6.16E-01	1.26E-01	3.41E-01	8.91E-01	3.20E-01
2.13E-01	5.43E-01	1.10E-01	3.06E-01	8.09E-01	2.80E-01
2.42E-01	5.90E-01	1.45E-01	3.09E-01	7.62E-01	2.68E-01
2.95E-01	7.24E-01	1.78E-01	3.80E-01	9.26E-01	3.68E-01
3.49E-01	8.61E-01	2.12E-01	4.46E-01	1.07E+00	4.60E-01
3.89E-01	9.70E-01	2.38E-01	4.87E-01	1.19E+00	4.46E-01
4.08E-01	1.02E+00	2.46E-01	4.87E-01	1.23E+00	3.80E-01
4.01E-01	1.02E+00	2.35E-01	5.18E-01	1.24E+00	6.18E-01
3.78E-01	9.67E-01	2.12E-01	5.02E-01	1.23E+00	5.57E-01
3.46E-01	8.89E-01	1.84E-01	4.71E-01	1.14E+00	6.11E-01
3.08E-01	7.89E-01	1.58E-01	4.19E-01	1.08E+00	3.62E-01
2.66E-01	6.80E-01	1.34E-01	3.67E-01	9.59E-01	3.10E-01
2.19E-01	5.36E-01	1.29E-01	2.82E-01	7.09E-01	2.44E-01
2.68E-01	6.61E-01	1.59E-01	3.42E-01	8.54E-01	2.98E-01
3.28E-01	8.17E-01	1.96E-01	4.18E-01	1.04E+00	3.83E-01
3.93E-01	9.86E-01	2.37E-01	4.92E-01	1.22E+00	4.38E-01
4.49E-01	1.14E+00	2.69E-01	5.66E-01	1.39E+00	5.44E-01
4.80E-01	1.23E+00	2.80E-01	6.08E-01	1.44E+00	6.88E-01
4.80E-01	1.24E+00	2.66E-01	6.18E-01	1.48E+00	6.62E-01
4.51E-01	1.16E+00	2.36E-01	5.86E-01	1.39E+00	6.79E-01
3.99E-01	1.03E+00	2.00E-01	5.33E-01	1.34E+00	4.77E-01
3.37E-01	8.66E-01	1.68E-01	4.60E-01	1.18E+00	4.04E-01
1.95E-01	4.80E-01	1.13E-01	2.45E-01	6.25E-01	1.92E-01
2.37E-01	5.89E-01	1.38E-01	2.95E-01	7.53E-01	2.31E-01
2.91E-01	7.30E-01	1.70E-01	3.63E-01	9.26E-01	2.90E-01
3.60E-01	9.09E-01	2.10E-01	4.50E-01	1.14E+00	3.72E-01
4.39E-01	1.12E+00	2.54E-01	5.59E-01	1.39E+00	5.15E-01