

# Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik Menggunakan Metode HVSR di Kapanewon Galur, Kabupaten Kulon Progo

*Microzonation of Seismic Vulnerability Index Using the HVSR Method in the Galur Subdistrict, Kulon Progo Regency*

Ailing Kalyana Mita<sup>1</sup>, Bambang Sunardi<sup>2</sup>, Mardiyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Jl. Colombo No.1, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

<sup>2</sup>Stasiun Geofisika Kelas I Sleman, Jl. Wates Km. 8, Jitengan, Balecat, Gamping, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55295

## INFO ARTIKEL

Naskah masuk : 30 Desember 2023

Naskah diperbaiki : 5 Januari 2023

Naskah diterima : 7 Januari 2023

*Kata kunci:*

HVSR

mikrozonasi

indeks kerentanan seismik

Kapanewon Galur

*Keywords:*

HVSR

microzonation

seismic vulnerability index

Kapanewon Galur

\* Email Korespondensi :

[ailingkalyanamita12@gmail.com](mailto:ailingkalyanamita12@gmail.com)

## ABSTRAK

Kapanewon Galur di Kulon Progo berdekatan dengan Sesar Progo, suatu sesar dengan tanda-tanda aktivitas sepanjang sekitar 35 km. Daerah ini termasuk dalam kawasan aktif seismik karena berdekatan dengan aktivitas subduksi lempeng, membuatnya rawan gempa bumi. Kondisi ini menjadikan Kapanewon Galur sebagai daerah yang berpotensi mengalami gempa bumi. Keberadaan Sesar Progo yang lebih panjang dibandingkan dengan Sesar Opak menunjukkan risiko lebih besar, memungkinkan terjadinya gempa bumi yang lebih besar dan merusak di masa depan, dibandingkan dengan peristiwa gempa tahun 2006 di Bantul. Mendapatkan nilai faktor amplifikasi (A0) dan frekuensi dominan (f0) menggunakan metode HVSR membantu untuk melihat indeks kerentanan seismik (Kg) di daerah tersebut. Mikrozonasi wilayah tersebut juga merupakan kriteria penting untuk mengetahui daerah rawan gempa pada wilayah Kapanewon Galur. Temuan dari penelitian di Kapanewon Galur dengan menggunakan metode HVSR menunjukkan bahwa nilai f0 berkisar 0,15 hingga 1,57 Hz, A0 berkisar 1,24 hingga 3,61, dan Kg berkisar 4,8 hingga 87,85. Dengan mempertimbangkan nilai-nilai tersebut, dapat disimpulkan bahwa Kapanewon Galur dapat diklasifikasikan sebagai daerah dengan indeks kerentanan seismik yang tinggi.

## ABSTRACT

*Kapanewon Galur in Kulon Progo is close to the Progo Fault, a fault with signs of activity about 35 km long. This area is included in a seismically active area because it is close to plate subduction activity, making it prone to earthquakes. This condition makes Kapanewon Galur an area that has the potential to experience earthquakes. The longer existence of the Progo Fault compared to the Opak Fault indicates a greater risk, allowing larger and more destructive earthquakes to occur in the future, compared to the 2006 earthquake in Bantul. Obtaining the dominant frequency (f0) and amplification factor (A0) values using the HVSR method helps to see the seismic vulnerability index (Kg) in the area. The microzonation of the area is also an important criterion for identifying earthquake-prone areas in the Kapanewon Galur area. Findings from research in Kapanewon Galur using the HVSR method show that the f0 ranges from 0.15 to 1.57 Hz, A0 value ranges from 1.24 to 3.61, and Kg ranges from 4.8 to 87.85. By considering these values, it can be concluded that Kapanewon Galur can be classified as an area with a high seismic vulnerability index.*

© 2023 Jurnal Stasiun Geofisika Sleman

## 1. Pendahuluan

Indonesia terletak di persimpangan Lempeng Indo-Australia, Laut Filipina, Caroline, dan Lempeng Eurasia [1]. Beberapa gempa bumi terbesar yang terdeteksi melalui alat instrumental terjadi di Indonesia, termasuk lima peristiwa dengan magnitudo  $\geq 8.0$  sejak Januari 2000, di mana gempa bumi Sumatra-Andaman Mw 9,1 pada tahun 2004

merupakan yang paling merusak. Tingginya frekuensi gempa bumi kuat pada kedalaman  $\leq 70$  km membawa risiko serius terhadap guncangan tanah, tsunami, dan longsoran bagi penduduk Indonesia [2].

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu wilayah Indonesia yang pernah mengalami gempa bumi dengan dampak kerusakan yang besar. Tidak hanya gempa bumi yang berkekuatan besar yang

terjadi, tetapi juga banyak gempa bumi berkekuatan kecil juga melanda wilayah DIY. tidak hanya rentan terhadap gempa bumi akibat aktivitas tumbukan lempeng di Samudera Indonesia, tetapi juga berisiko tinggi terhadap gempa bumi karena aktivitas sesar aktif di daratan seperti yang terjadi pada tahun 2006 [3].

Gempabumi menjadi salah satu bencana yang tidak dapat diprediksi. Beberapa hal yang dapat dilakukan dalam mempelajari gempabumi itu sendiri adalah mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi kerusakan yang terjadi. Adapun faktor-faktor yang berpengaruh diantaranya adalah kekuatan, kedalaman, jarak dari hiposenter, lamanya getaran, kondisi tanah, dan kondisi bangunan. Menurut data BPBD Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2021, keterjadian gempa memiliki pola yang cenderung meningkat dalam 5 tahun ke belakang. Hal ini dapat kita lihat pada tabel berikut. Melihat pola keterjadian gempa bumi yang cenderung meningkat membuat risiko kerusakan akibat bencana gempa bumi juga semakin tinggi.

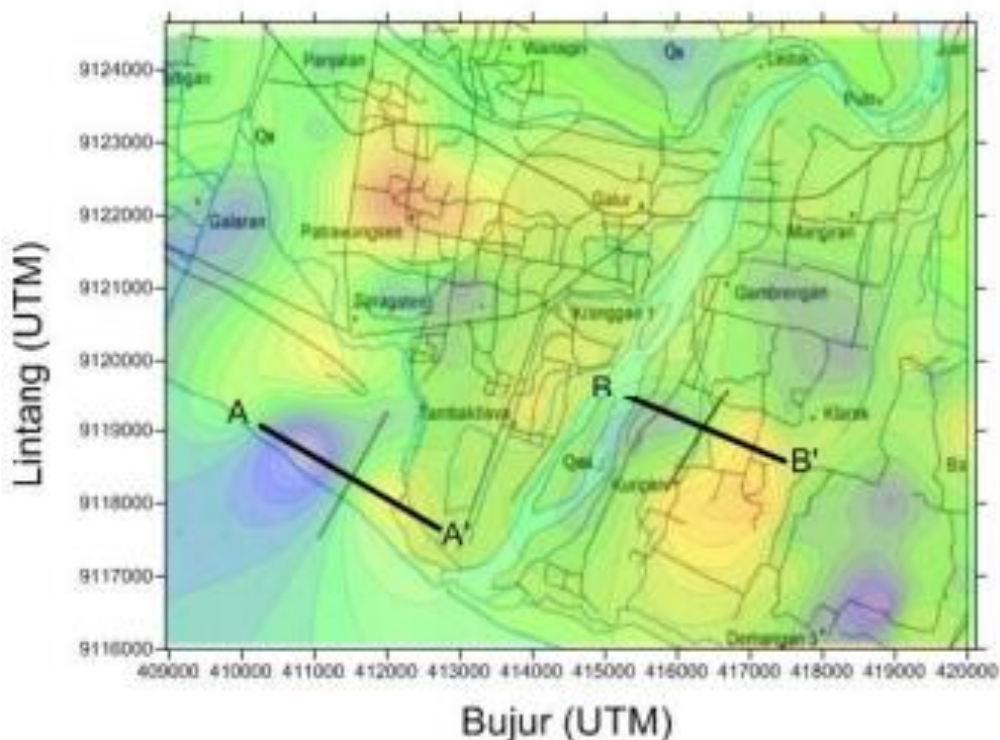
Kapanewon Galur di Kulon Progo terletak di jalur Sesar Progo, sebuah sesar yang berpotensi aktif dan memiliki panjang sekitar 35 km. Adanya sesar diperkuat dengan adanya kenampakan dipermukaan yaitu dengan adanya sungai (Sungai Progo) yang merupakan sungai patahan seperti pada Gambar 1. Wilayah yang dilintasi oleh sesar aktif dan terlibat dalam aktivitas subduksi lempeng dikenal sebagai kawasan aktif seismik, yang umumnya rentan terhadap

bencana alam seperti gempa bumi. Oleh karena itu, Kapanewon Galur dianggap sebagai daerah yang berpotensi mengalami dampak gempa bumi akibat aktivitas sesar oleh karena wilayahnya yang berdekatan dengan zona Subduksi dan Sesar Progo.. Perbandingan panjang antara Sesar Progo dan Sesar Opak menunjukkan bahwa Sesar Progo memiliki dimensi yang lebih besar, menciptakan ancaman tambahan di masa mendatang dengan potensi menghasilkan gempa bumi yang lebih besar dan merusak dibandingkan dengan peristiwa gempa tahun 2006 di Bantul.

Kapanewon Galur merupakan Kapanewon yang langsung berbatasan dengan wilayah Kabupaten Bantul. Wilayahnya yang dekat dengan Kabupaten Bantul membuat Kapanewon Galur menjadi wilayah tetangga yang beresiko mengalami kerusakan jika terjadi gempa yang berpusat dari Kabupaten Bantul.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Gempa Bumi dalam 5 tahun Daerah Istimewa Yogyakarta [4].

Tahun	Keterjadian
2017	89
2018	124
2019	122
2020	135
2021	245



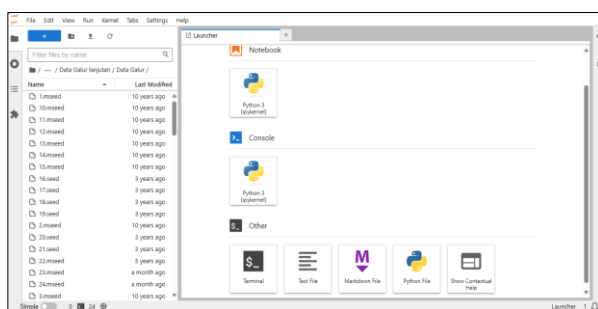
**Gambar 1.** Peta terduga Sesar Progo [5].

Penelitian mengenai potensi bahaya seismik pada cakupan wilayah Kapanewon masih terbatas, terutama dalam penggunaan pendekatan potensi bencana. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut yang memfokuskan pada karakteristik seismik di wilayah tersebut, terutama pada Kapanewon Galur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan mikrozonasi frekuensi dominan, faktor amplifikasi, dan indeks kerentanan seismik di wilayah Kapanewon Galur. Indeks kerentanan seismik mencerminkan tingkat rentan permukaan tanah terhadap gempa bumi. Berbagai metode digunakan untuk menentukan indeks kerentanan suatu wilayah, dan salah satu di antaranya adalah metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR). HVSR merupakan teknik seismik pasif yang memanfaatkan kebisingan lingkungan alamiah. Metode ini melibatkan perbandingan rasio spektrum antara sinyal mikrotremor pada komponen horizontal dan vertikal [6, 7]. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pemahaman risiko bencana gempa di daerah tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian mengenai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) dilakukan di Kapanewon Galur, Kulon Progo. Dalam studi ini, sebanyak 23 lokasi pengukuran digunakan, tersebar di seluruh wilayah Kapanewon Galur. Pengukuran sinyal mikrotremor dilakukan dengan menggunakan LE-3Dlite MkIII Short Period 3 komponen, memiliki frekuensi sampling sebesar 100 Hz, dan menggunakan Digitizer Taurus Nanometrics. Data pengukuran yang diperoleh kemudian diproses menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) dengan bantuan perangkat lunak *Jupyterlab* dan mengolah data menggunakan *hvsrpy* yang merupakan *Python package* atau paket *Python*.



Gambar 2. Tampilan *Jupyterlab*

Nakamura mengembangkan metode HVSR untuk mengestimasi nilai frekuensi dan amplifikasi keadaan geologi setempat dengan membandingkan spektrum horizontal dengan spektrum vertikalnya untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan pada suatu daerah. Metode ini dapat digunakan untuk

mengidentifikasi frekuensi dasar lapisan lunak. Metode ini dapat menunjukkan adanya korelasi yang tepat dengan frekuensi alami dasar medium pada lapisan yang lunak (*soft soil*). Perbandingan tersebut dapat didefinisikan seperti pada persamaan (1) [6, 7].

$$\frac{H}{V} = \frac{A_H}{A_V} \quad (1)$$

Dari persamaan (1),  $A_H$  dan  $A_V$  merupakan spektrum fourier horizontal dan vertikal. Rasio ini adalah sebuah fungsi frekuensi yang akan menghasilkan kurva  $H/V$ . Indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) diusulkan oleh Nakamura pada tahun 1996 untuk memperkirakan kerusakan akibat gempa bumi berdasarkan lapisan tanah dan struktur [8]. Indeks kerentanan seismik dirumuskan pada persamaan (2) [7, 9]:

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (2)$$

Nilai  $K_g$  dapat digunakan sebagai parameter mikrotremor untuk mengidentifikasi daerah tanah yang lemah, tingkat kerentanan, dan menghitung kerusakan yang mungkin terjadi di area dengan aktivitas seismik tinggi.

Indeks kerentanan seismik merupakan parameter yang menunjukkan sejauh mana permukaan tanah rentan terhadap gempa bumi. Salah satu teknik yang digunakan untuk mengukur indeks kerentanan adalah metode HVSR. Metode HVSR mikrotremor semakin terkenal karena dapat memberikan frekuensi resonansi tanah tanpa harus tahu berapa tebalnya sedimen dan bagaimana profil kecepatan gelombang  $S$ -nya secara vertikal. Biasanya, data-data seperti itu diperlukan untuk menghitung frekuensi dengan menggunakan perhitungan secara numerik [10]. Metode HVSR digunakan untuk pengolahan data mikrotremor. Seismograf dengan periode pendek yang memiliki tiga komponen, yaitu horizontal (Utara dan Timur) dan Vertikal, digunakan untuk merekam data mikrotremor [11]. Pendekatan ini menggunakan kebisingan lingkungan dan melibatkan perbandingan rasio spektrum antara sinyal mikrotremor pada komponen horizontal dan vertikal.

Kerusakan yang disebabkan oleh gempa bumi baru-baru ini disimpulkan sebagai hasil langsung dari kondisi geologi lokal yang memengaruhi gerakan tanah. Pendekatan terbaik untuk memahami kondisi tanah adalah melalui pengamatan langsung terhadap gerakan tanah seismik, tetapi studi-studi semacam itu terbatas pada daerah dengan tingkat seismisitas yang relatif tinggi [7].

Rasio spektral antara komponen horizontal dan vertikal (rasio  $H/V$ ) dari mikrotremor yang diukur di permukaan tanah telah digunakan untuk

memperkirakan periode fundamental dan faktor amplifikasi suatu lokasi [11]. HVSR juga menghitung faktor amplifikasi sebagai parameter mikrozonasi. Faktor amplifikasi sebagian besar dipengaruhi oleh kecepatan gelombang dan kerapatan batuan, jika kecepatan gelombang semakin rendah, amplifikasi akan lebih besar, nilai yang didapatkan kemudian diuji secara langsung pada *hvsrpy* apakah termasuk dalam kategori *clear peak* dan *reliable* berdasarkan aturan SESAME [12].

### 3. Hasil Dan Pembahasan

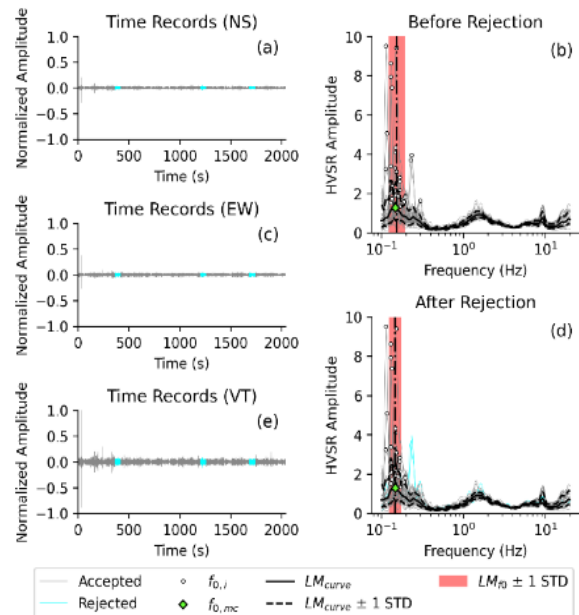
Frekuensi dominan ( $f_0$ ), faktor amplifikasi (A0) dan indeks kerentanan seismik (Kg) diperoleh menggunakan metode HVSR dan persamaan (1, 2) untuk setiap titik pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Data pada Tabel 2 didapat dari masing-masing kurva HVSR dengan *filter rejected* data otomatis dari *Python package hvsrpy* yang ditunjukkan pada Gambar 3. Data tersebut kemudian diolah menggunakan *software QGis* untuk menggambarkan mikrozonasi di Kapanewon Galur. Hasil mikrozonasi memberikan gambaran sebaran  $f_0$ , A0 dan Kg di berbagai lokasi pengambilan data.

Gambaran mikrozonasi pertama mencakup mikrozonasi frekuensi dominan ( $f_0$ ) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4. Frekuensi dominan dapat digunakan untuk memperkirakan kedalaman yang dapat diatributkan pada ketebalan lapisan sedimen. Nilai frekuensi dominan yang rendah terkait dengan ketebalan sedimen yang membentuk permukaan dan nilai frekuensi dominan yang tinggi menggambarkan penipisan yang semakin besar pada lapisan sedimen [8]. Pada Gambar 4, terlihat bahwa rentang nilai frekuensi dominan cukup sempit, berkisar antara 0,15 hingga 1,57 Hz, dengan nilai yang tertinggi terkumpul di titik 2 di barat daya Karangsewu. Nilai frekuensi yang relatif tinggi umumnya terjadi di daerah dengan tanah keras. Frekuensi dominan untuk titik lainnya didominasi oleh nilai rendah, yang sering ditemui pada tanah lunak dan sedimen tebal. Variasi nilai frekuensi dominan yang ditunjukkan pada tiap-tiap titik tidak terlalu jauh sehingga frekuensi dominan di Kapanewon Galur masih tergolong rendah.

Hasil mikrozonasi frekuensi dominan ini juga diperkuat oleh hasil mikrozonasi faktor amplifikasi (A0). Faktor amplifikasi yang diperoleh dari penelitian berkisar pada nilai 1,24 hingga 3,61. Gambar 5 menunjukkan faktor amplifikasi (A0) dengan kombinasi warna yang beragam, menyatakan variasi nilai dari yang tertinggi hingga terendah tersebar pada setiap wilayah di Kapanewon Galur.

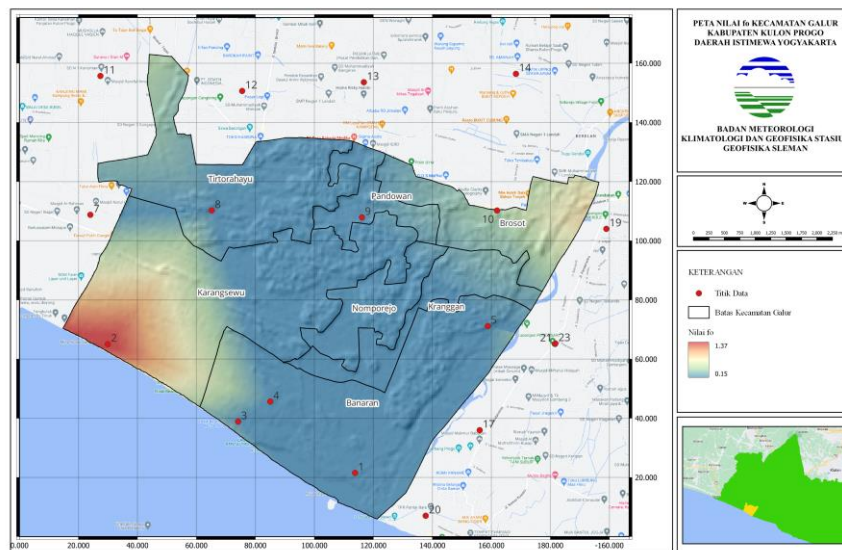
**Tabel 2.** Data Longitude, Latitude,  $f_0$ , A0, dan Kg.

Longitude	Latitude	Titik	F0	A0	Kg
110.208	-7.979	1	0.15	1.29	11.09
110.172	-7.960	2	1.46	2.06	2.91
110.191	-7.971	3	0.15	2.35	36.82
110.196	-7.968	4	0.15	3.63	87.85
110.228	-7.957	5	0.15	1.57	16.43
110.149	-7.944	6	0.21	2.07	20.40
110.169	-7.941	7	0.16	1.69	17.85
110.187	-7.940	8	0.16	1.63	16.61
110.209	-7.941	9	0.16	1.88	22.09
110.229	-7.940	10	0.45	1.47	4.80
110.171	-7.921	11	0.58	3.39	19.81
110.192	-7.923	12	0.18	1.37	10.43
110.209	-7.921	13	0.17	1.5	13.24
110.232	-7.920	14	0.16	1.66	17.22
110.251	-7.919	15	0.67	1.26	2.37
110.257	-7.939	16	0.49	2.23	10.15
110.228	-7.972	17	0.17	2.12	26.44
110.252	-7.926	18	0.16	2.54	40.32
110.245	-7.943	19	1	3.12	9.73
110.219	-7.985	20	0.17	1.2	8.47
110.238	-7.960	21	0.6	1.3	2.82
110.238	-7.960	23	0.15	4.17	115.93
110.252	-7.927	24	0.14	3.07	67.32

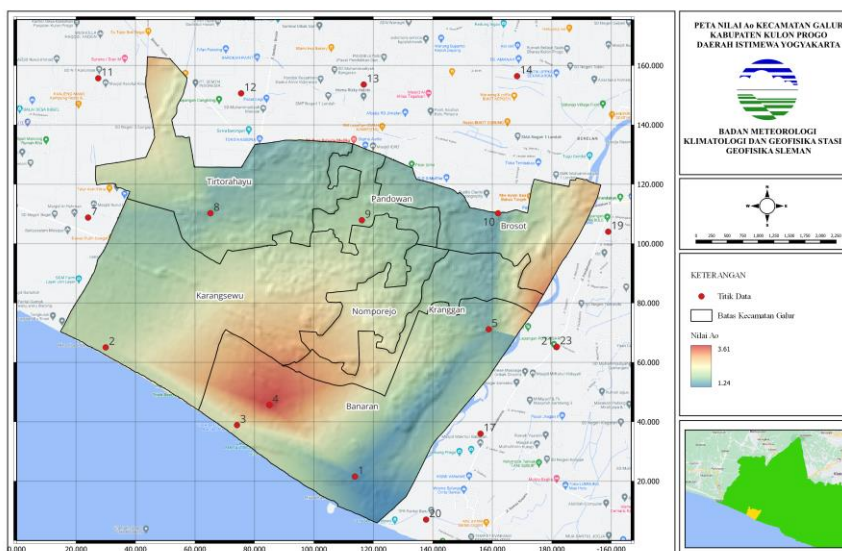


**Gambar 3.** Contoh pengolahan HVSR di titik 1.





Gambar 4. Peta sebaran nilai  $f_0$  di Kapanewon Galur.



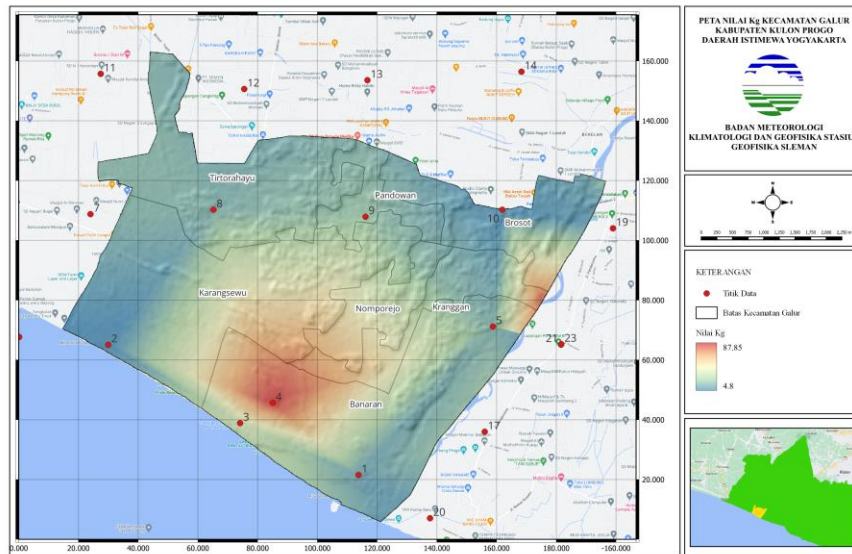
Gambar 5. Peta sebaran nilai  $A_0$  di Kapanewon Galur.

Faktor amplifikasi dengan nilai rendah memiliki pola melingkar di sekitar titik 4. Temuan ini menyiratkan bahwa wilayah tengah Kapanewon Galur cenderung meningkatkan intensitas gelombang gempa dengan faktor penguatan yang relatif lebih tinggi namun tidak terlalu signifikan dibandingkan titik-titik di sekitarnya dimana faktor amplifikasi tidak terlalu jauh berbeda.

Dengan menggunakan data frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan faktor amplifikasi ( $A_0$ ), kita dapat menghitung nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ). Indeks kerentanan mengindikasikan sejauh mana suatu lokasi rentan terhadap kerusakan akibat gempa. Meskipun kekuatan bangunan juga berperan sebagai faktor penentu apakah

suatu lokasi rentan atau tidak, namun indeks kerentanan lebih fokus pada karakteristik tanah di suatu daerah.

Gambar 6 menunjukkan hasil mikrozonasi dari nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ). Indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) memiliki pola persebaran yang hampir serupa dengan peta mikrozonasi Faktor Amplifikasi ( $A_0$ ), sedikit perbedaan di bagian barat daya, terutama pada titik 2. Rentang nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) berkisar antara 4.8 hingga 87.85, dengan nilai tertinggi tercatat pada titik 4. Nilai batas  $K_g \leq 3$  tergolong Rendah,  $3 < K_g \leq 5$  tergolong Sedang,  $5 < K_g \leq 10$  tergolong Tinggi, dan  $K_g \geq 10$  Sangat tinggi [13].



**Gambar 6. Peta sebaran nilai Kg di Kapanewon Galur.**

Peta mikrozonasi indeks kerentanan seismik ini dapat menjadi pertimbangan dalam upaya mitigasi gempa bumi untuk meminimalkan dampak kerusakan dalam menghadapi potensi gempa di masa depan. Wilayah yang menunjukkan tingkat kerusakan tinggi akibat gempa bumi seharusnya memperhatikan standar kualitas bangunan yang lebih tinggi dan memenuhi kaidah bangunan tahan gempa bumi.

#### 4. Kesimpulan

Temuan dari penelitian di Kapanewon Galur dengan menggunakan metode HVSR menunjukkan bahwa mikrozonasi frekuensi dominan ( $f_0$ ) adalah 0,15 hingga 1,57 Hz, nilai faktor amplifikasi ( $A_0$ ) adalah 1,24 hingga 3,61, dan indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) adalah 4,8 hingga 87,85. Dengan mempertimbangkan nilai-nilai tersebut, dapat disimpulkan bahwa Kapanewon Galur dapat diklasifikasikan sebagai daerah dengan indeks kerentanan seismik yang tinggi.

#### Saran

Perlu dilakukan pengambilan data mikrotremor tambahan sehingga resolusi spasial dalam pemetaan mikrozonasi menjadi lebih baik.

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya artikel ini. Terima kasih kepada Stasiun Geofisika Kelas I Sleman atas kesempatan magang yang diberikan hingga terselesaikannya penulisan artikel ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] Wagner, D., Koulakov, I., Rabbel, W., Luehr, B. G., Wittwer, A., Kopp, H., Bohm, M., Asch, G., MERAMEX Scientists, Joint inversion of active and passive seismic data in Central Java,” *Geophys. J. Int.* 170, 923–932, 2007.
- [2] Hutchings, S. J., dan Mooney, W. D., “The seismicity of Indonesia and tectonic implications,” *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 22(9), 1-42, 2021.
- [3] Ruwanto, B., Sumardi, Y., Darmawan, D., “Karakteristik Seismik Kawasan Kulon Progo Bagian Utara,” *Jurnal Penelitian Sainstek*, Vol. 21, Nomor 1, 2016.
- [4] DIBI, Badan Penanggulangan Bencana Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta, 2021.
- [5] Andri, D., Irham, M., Harmoko, U., “Interpretasi Struktur Bawah Permukaan di Muara Sungai Progo Menggunakan Metode Magnetik.” *Youngster Physics Journal*, Vol. 5, No. 4, 409-416, 2016.
- [6] Nakamura, Y., “A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface Quarterly” Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), 30, No.1, 1989
- [7] Nakamura, Y., “Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura’s Technique and its Applications” *12WCEE 2656*, 2000.
- [8] Isburhan, R., Nuraeni, G., Verdhora, R., Yudistira, T., Cipta, A., Cummin, P., “Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (HVSR) Method for Earthquake Risk Determination of Jakarta City with Microtremor Data,” *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 318 012033, 2019.
- [9] Nakamura, Y., “On the H/V Spectrum,” The 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, 2008.

- [10] Gosar, A., “Study on the applicability of the microtremor HVSR method to support seismic microzonation in the town of Idrija (W Slovenia),” *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 17, 925–937, 2017.
- [11] 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,” *International Journal of GEOMATE*, 22(94), 29-38, 2022.
- [11] Konno, K., dan Ohmachi, T., “Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor,” *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88 (1), 228–241, 1998.
- [12] SESAME, W. *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations- Measurements, processing and interpretation*. SESAME European research project, Deliverable D23. 12., Project No. EVG1-CT-2000-00026 SESAME, 62 pp. 2004.
- [13] Nakamura, Y., “Seismic Vulnerability Indices for Ground and Structures Using Microtremor,” *World Congress on Railway Research*, Florence, 1997.