

PENYUSUNAN PETA KERENTANAN GEMPA DI BERBAH KABUPATEN SLEMAN MENGGUNAKAN METODE *HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSR)* BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR DI LAPANGAN

Diinaa Romiizahathuuf Haniifah¹, Anggit Mas Arifudin² dan Muhammad Kevin Fadhilul Azyam³
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Article Info

Article history:

Available online

Keywords:

Berbah,
Mikrotremor,
PGA.

Corresponding Author:

Anggit Mas Arifudin
185111304@uii.ac.id

Abstract

One of the major earthquake disasters that shook the Indonesian region was the 27 May 2006 earthquake, DI Yogyakarta. Kapanewon Berbah is the area with the most severe damage and casualties that occurred in Sleman Regency which was caused by the Yogyakarta earthquake in 2006. This damage was caused by several factors, including the magnitude, depth of the earthquake, distance to the hypocenter of the earthquake, duration of the vibration, condition

of the soil and buildings, and local geological conditions and because Kapanewon Berbah is passed by an opak fault. Microtremor data measurements were carried out at Kapanewon Berbah to determine earthquake parameter factors such as Maximum Amplification (Ag), Dominant Frequency (Fg), Dominant Period (Tg), Earthquake Susceptibility Index (Kg), and Peak Ground Acceleration (PGA). This research was conducted at 36 points spread throughout the Kapanewon Berbah area with the help of Lunitek Digital Seismic Sensors. After collecting data in the field, the next step is data processing to obtain the desired earthquake parameters. The analysis used in calculating these parameters is using the Kanai Empirical method and using the Yogyakarta earthquake reference in 2006. The results obtained from this study were Ag values ranging from 1,621 – 15,810, Fg values ranging from 0,443 – 3,523, Tg values ranging from 0,284 – 2,259, Kg values ranging from 1,860 – 564,634, and PGA (gal) values ranging from 290,049 – 830,451.

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan sekali terjadi bencana gempa bumi, hal ini dikarenakan Indonesia merupakan titik terjadi pertemuan tiga lempeng benua. Salah satu bencana gempa besar yang mengguncang kawasan Indonesia adalah gempa bumi 27 Mei 2006, di Kabupaten Bantul Yogyakarta. Tercatat gempa bumi di daerah tersebut tercatat gempa bumi berkekuatan 6,2 SR

(USGS). Gempa tersebut terjadi dikarenakan adanya tumbukan antara lempeng Indo – Australia dengan lempeng Eurasia dan juga diakibatkan oleh adanya sesar opak. Gempa bumi tersebut tidak hanya menyebabkan kerusakan di daerah tersebut, namun juga berdampak di Kapanewon Berbah Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Kapanewon Berbah merupakan wilayah dengan kerusakan dan korban paling parah yang terjadi di Kabupaten Sleman, dengan menelan korban sebanyak 83 korban tewas,

307 luka berat, 166 luka sedang, 1607 luka ringan. Selain itu gempa ini juga memakan kerusakan yang sangat besar diantaranya 2014 bangunan rata dengan tanah, 3628 rusak berat, 839 rusak sedang, 2058 rusak ringan (Direktorat Jendral Cipta Karya, KemenPUPR). Kerusakan ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya faktor magnitudo, kedalaman gempa, jarak hiposenter gempa bumi, durasi getaran, kondisi tanah dan bangunan, serta kondisi geologi setempat.

Dari kondisi geologi Kapanewon Berbah Kabupaten Sleman yang juga termasuk dalam daerah rawan gempa, maka dapat dilakukan identifikasi karakteristik dinamika tanah, karakteristik yang diidentifikasi adalah frekuensi natural dan amplifikasi, dan juga dilakukan perhitungan untuk mengetahui periode dominan tanah, ketebalan lapisan sedimen, nilai kerentanan seismik, dan nilai percepatan tanah maksimum akibat bencana gempa bumi yang pernah terjadi di lokasi penelitian tersebut, yang tujuan kedepannya dapat menjadi landasan yang digunakan untuk pembangunan di Kapanewon Berbah berbentuk peta kerentanan bencana gempa bumi di wilayah tersebut .

Tujuan Penelitian

1. Menentukan Karakteristik dinamika tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan (Fg), amplifikasi maksimal (Ag), periode dominan (Tg), dan indeks kerentanan tanah (Kg)
2. Mengetahui percepatan tanah maksimum (PGA) di daerah Berbah, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

Mikrotremor

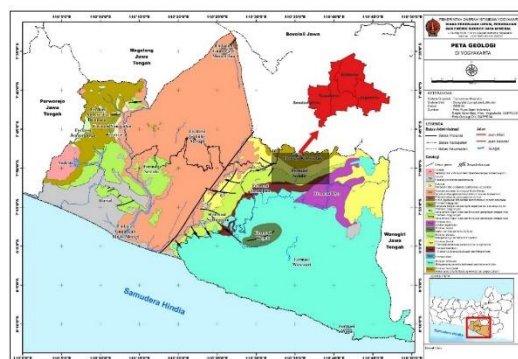
Mikrotremor adalah getaran tanah yang bersumber dari alam seperti angin ataupun guncangan dan gelombang, selain itu getaran tersebut juga bisa bersumber dari manusia seperti lalu lintas, aktivitas industri dan lain sebagainya. Nakamura (2000) menjelaskan bahwasanya pengukuran mikrotremor digunakan untuk mengetahui sifat getaran tanah, hal ini dikarenakan mikrotremor sangat berkaitan dengan kondisi struktur tanah dan

3. Mengetahui peta kerentanan gempa di Kapanewon Berbah

Landasan Teori

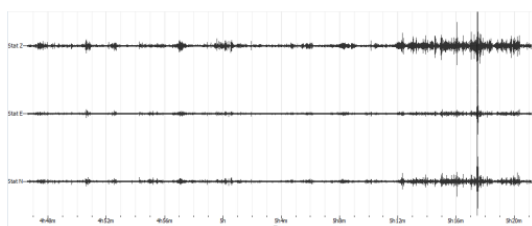
Kondisi Geologi Berbah

Kecamatan Berbah merupakan kecamatan yang dilewati oleh Sungai Opak, Sungai Opak sendiri mulai dikenal banyak kalangan akibat adanya gempa bumi 2006 di Yogyakarta. Hal tersebut dikarenakan banyak pakar yang berpendapat bahwa gempa tersebut disebabkan oleh Sesar Opak. Dengan penyebab tersebut menandakan bahwa daerah yang dilaluinya termasuk Kecamatan Berbah aktif secara tektonik. Menurut Rahardjo dr. (1955) kondisi geologi lokasi penelitian terdiri atas perselingan breksi-tuf, breksi batupung, tuf dasit dan tuf andesit, serta batulempeng tufan yang termasuk formasi semilir (Tmse) Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi Geologi Kecamatan Berbah

keadaan di bawah permukaan tanah. Berikut dapat dilihat contoh sinyal mikrotremor yang diperoleh dari pembacaan seismograf Gambar 2.



Gambar 2. Contoh Data Mikrotremor Tiga Komponen di Kecamatan Gantiwarno

Uji Outlier

Outlier merupakan data observasi yang didalamnya muncul nilai – nilai yang jauh berbeda dengan nilai lain dalam kelompoknya. Outlier dalam penelitian dapat di deteksi dengan menentukan nilai batas dengan cara mengolah data penelitian ke dalam skor *standardized* atau dapat disebut *Z-score*, nilai syarat *Z-score* yang digunakan sebagai batas adalah kurang dari -3 atau lebih dari +3 Hairunnisah (2013). Berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk uji outlier.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \tag{1}$$

$$S.Deviasi = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n}} \tag{2}$$

$$Z = \frac{\bar{X} - Mean}{S.Deviasi} \tag{3}$$

Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)

Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) merupakan metode yang dikembangkan oleh Yutaka Nakamura, metode ini dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dinamika lapisan permukaan tanah. Nakamura (1989) berpendapat bahwa mikrotremor yang di aplikasikan ke metode HVSR dapat dipergunakan untuk menganalisis frekuensi alami, dan faktor amplifikasi. Nakamura (1989) menganalisis bahwa perbandingan nilai puncak *spektral horizontal* dan vertikal (H/V) mempunyai kesamaan dengan periode

natural dan faktor amplifikasi dari lapisan tanah.

Frekuensi Dominan (Fg)

Frekuensi dominan adalah banyaknya gelombang yang terjadi pada suatu wilayah yang sering muncul, nilai ini dapat dicari dengan analisis sumbu puncak horizontal pada kurva H/V. Nilai dari frekuensi natural digunakan untuk mengetahui jenis dan karakteristik lapisan tanah maupun batuan. wilayah yang memiliki lapisan sedimen yang tebal cenderung mempunyai nilai frekuensi natural yang kecil. Untuk mengetahui klasifikasi lengkapnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Frekuensi Dominan (Fg)

Tipe	Klasifikasi
I	< 2,5 (Ketebalan sedimen permukaan kategori sangat tebal, > 30 m)
II	2,5 – 4 (Ketebalan sedimen permukaan kategori tebal, 10 – 30 m)
III	4 – 10 (Ketebalan sedimen permukaan kategori menengah, 5 – 10 m)
IV	6,6 – 20

Amplifikasi Maksimal (Ag)

Amplifikasi adalah gelombang seismik yang mengalami perbesaran pada saat merambat pada suatu medium ke medium lain yang lebih lunak. Amplifikasi dapat diartikan dengan perubahan perbesaran gelombang seismik yang diakibatkan oleh perbedaan dari lapisan medium rambatnya. Nilai besarnya perubahan tersebut tidak hanya ditentukan oleh faktor lapisan saja namun nilai tersebut juga dapat bertambah apabila lapisan tersebut mengalami deformasi yang disebabkan oleh pelapukan, pelipatan, dan pesesaran, atau dengan kata lain lapisan mengalami perubahan sifatnya. Ratdomopurbo (2008) nilai faktor amplifikasi mengelompokkan menjadi empat zona, yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Amplifikasi Maksimal (A_g)

Zona	Klasifikasi	Nilai Amplifikasi
1	Rendah	$A < 3$
2	Sedang	$3 \leq A < 6$
3	Tinggi	$6 \leq A < 9$
4	Sangat Tinggi	$A \geq 9$

Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Indeks kerentanan seismik (K_g) adalah indikator yang digunakan apabila terjadi deformasi pada saat gempa bumi untuk melihat tingkat kerentanan tanah. Indikator ini digunakan untuk memperkirakan daerah yang rawan terhadap adanya gerakan tanah. Perkiraan ini diperoleh dari hubungan antara frekuensi natural dan amplifikasi. Indeks kerentanan seismik (K_g) dapat dicari menggunakan Persamaan dibawah Nakamura (1997)

$$K_g = \frac{A_g^2}{F_g} \tag{4}$$

Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

Percepatan tanah maksimum merupakan salah satu parameter penting dalam menganalisis kerentanan gempabumi, hal ini dikarenakan PGA memberikan informasi mengenai kekuatan gempa yang pernah terjadi pada suatu wilayah. Parameter ini sangat penting digunakan untuk memetakan tingkat bahaya dan rawan bencana gempabumi. Percepatan tanah dapat diukur dengan accelerograph yang langsung dilakukan di lapangan. Akan tetapi terdapat alternatif lain yaitu dengan cara melakukan pendekatan empiris. Pendekatan empiris adalah pendekatan dalam penelitian yang dilakukan dengan tujuan menggambarkan kondisi yang ada di lapangan secara apa adanya. Salah metode dalam pendekatan empiris adalah menggunakan metode kanai, metode ini dapat digunakan untuk menghitung nilai percepatan getaran tanah maksimal. Perhitungan yang di input dalam metode ini adalah parameter pada gempabumi seperti. Berikut merupakan persamaan dalam menghitung nilai

percepatan getaran tanah pada metode kanai (1996).

$$\alpha = \frac{\alpha 1}{\sqrt{T_g}} 10^{\alpha 2M - P \log_{10} R + Q} \tag{5}$$

$$P = \alpha 3 + \frac{\alpha 4}{R} \tag{6}$$

$$Q = \alpha 5 + \frac{\alpha 6}{R} \tag{7}$$

Nilai PGA kanai dalam satuan gal dapat dikonversi menjadi PGA satuan g seperti pada persamaan 8 dan PGA MMI seperti pada persamaan 9.

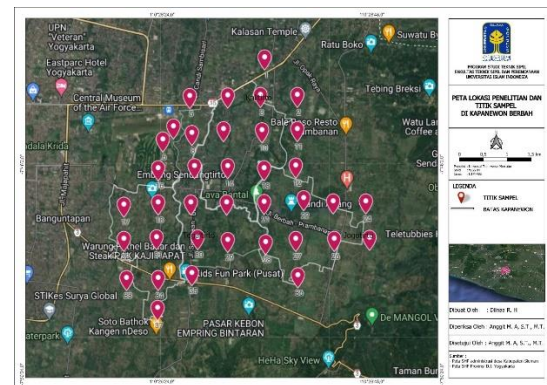
$$\alpha g = PGA(gal) \times 0,0010197 \tag{8}$$

$$\alpha g = 3,66 \times \log(PGA(gal)) - 1,66 \tag{9}$$

Metodologi Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kecamatan Berbah, Kabupaten Berbah. Meliputi 4 desa yaitu Desa Tegaltirto, Sendangtirto, Kalitirto, Joglotirto. Wilayah penelitian ini terletak pada koordinat $110^{\circ}42'47,8''$ - $110^{\circ}48'83,0''$, berikut merupakan detail lokasi penelitian.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

Metode

Penelitian diawali dengan pengambilan data di lapangan di 37 titik yang tersebar di Kapanewon Berbah. Pengumpulan data dilakukan dengan bantuan alat *Lunitec Digital Seismic Sensors* untuk mendapatkan file

dengan format *SHE.mseed*, *SHN.mseed* dan *SHZ.mseed*. file dengan format tersebut diolah menggunakan *software geopsy* untuk mendapatkan kurva HVSR, pada saat dilakukan pengolahan kurva HVSR sinyal yang didapat dari pengambilan di lapangan dilakukan filtering pada sinyal – sinyal lain yang mengganggu. Hasil yang didapat dari kurva HVSR adalah nilai amplifikasi maksimal (Ag), frekuensi dominan (Fg), hasil tersebut digunakan untuk pengolahan perhitungan indeks kerentanan seismik (Kg), dan percepatan tanah maksimum (PGA).

Analisis, Hasil, dan Pembahasan

Uji Outlier

Tabel 3. Analisis Outlier Pada Data Penelitian

Titik	PGA (gal)	Rata - Rata	Std. Dev	Z-Score	Ket
1	353,218			0,581	OK
2	361,399			0,549	OK
3	392,347			0,429	OK
4	400,627			0,397	OK
5	356,891			0,566	OK
6	385,136			0,457	OK
7	465,057			0,147	OK
8	465,586			0,145	OK
9	379,067			0,480	OK
10	390,339			0,437	OK
11	355,185	503,1	258,2	0,573	OK
12	551,014			0,185	OK
13	548,550			0,176	OK
14	386,555			0,451	OK
15	430,134			0,283	OK
16	490,345			0,050	OK
17	330,868			0,667	OK
18	487,483			0,061	OK
19	427,137			0,293	OK
20	424,137			0,306	OK
21	830,451			1,268	OK

Lanjutan Tabel 3. Analisis Outlier Pada Data Penelitian

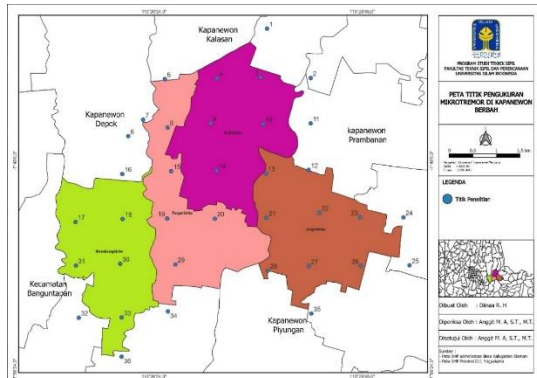
Titik	PGA (gal)	Rata - Rata	Std. Dev	Z-Score	Ket
22	529,011			0,100	OK
23	530,928			0,108	OK
24	526,709			0,091	OK
25	524,474			0,083	OK
26	484,488			0,072	OK
27	441,928			0,237	OK
28	685,922			0,708	OK
29	1901,805	503,1	258,2	5,417	OTLR
30	290,049			0,825	OK
31	502,784			0,001	OK
32	453,407			0,193	OK
33	478,965			0,094	OK
34	544,365			0,160	OK
35	407,083			0,327	OK
36	467,716			0,137	OK
37	634,309			0,508	OK

Dari analisis ke 37 data diatas didapatkan satu outlier penelitian yaitu pada titik ke 29 dengan Z-score 5,417. Titik tersebut menjadi tidak sama dengan titik – titik lainnya dikarenakan memiliki nilai Fg yang sangat ekstrim dibanding pada titik lainnya, selain itu lokasi titik 29 juga merupakan lokasi yang sangat tidak memungkinkan untuk digunakan sebagai lokasi penelitian, hal tersebut dikarenakan lokasi tersebut merupakan hamparan sawah yang dikelilingi parit besar dan tanah yang cenderung mengandung banyak air.

Analisa Data

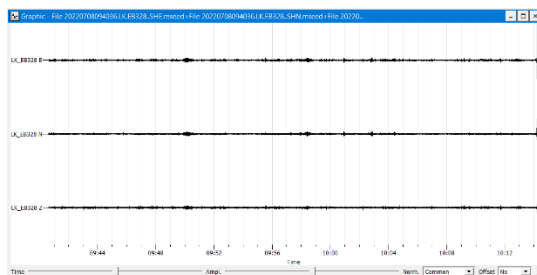
Penelitian yang dilakukan di Kapanewon Berbah ini menghasilkan nilai akhir yaitu nilai percepatan tanah puncak (PGA) yang didapatkan berdasarkan pengolahan data frekuensi dominan (fg), faktor amplifikasi (Ag), periode dominan (Tg), dan indeks kerentanan seismik (Kg). pada penelitian di kecamatan tersebut didapatkan 37 titik

pengukuran mikrotremor dan terdapat 1 data outlier, sehingga data yang dapat digunakan sebanyak 36 titik seperti pada gambar berikut.



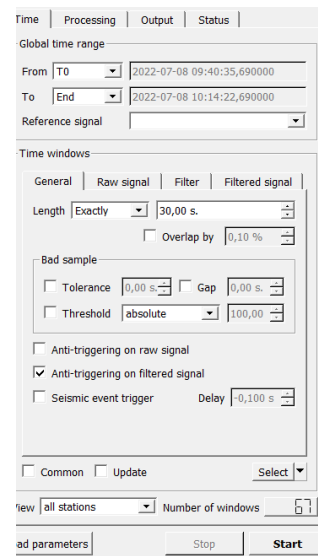
Gambar 4. Peta Persebaran Lokasi Titik Mikrotremor

Dari pengukuran mikrotremor pada titik – titik pada Gambar 4, didapatkan data sinyal gelombang seismik dengan format *SHE*, *SHN*, dan *SHZ*. Data – data tersebut kemudian diolah menggunakan *software geopsy* dan didapatkan hasil seperti berikut.

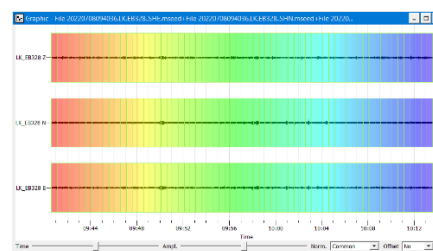


Gambar 5. Grafik Pengolahan Data Titik 1 Menggunakan *Software Geopsy*

Setelah dilakukan input data dari ketiga komponen, langkah selanjutnya adalah pemilihan window berupa sinyal konstan. Pemilihan window dilakukan menggunakan *filtering* seperti Gambar 6 dan didapatkan hasil seperti pada Gambar 7.

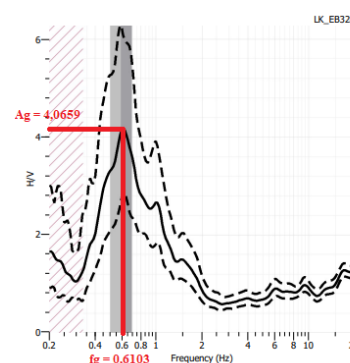


Gambar 6. *Filtering* Pada Titik 1



Gambar 7. Proses Pemilihan Window Pada Titik 1

Hasil dari *filtering* pada ketiga data tersebut adalah menghasilkan kurva HVSR yang didalamnya terkandung nilai A_g serta F_g seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Nilai Puncak Kurva HVSR Pada Titik 1

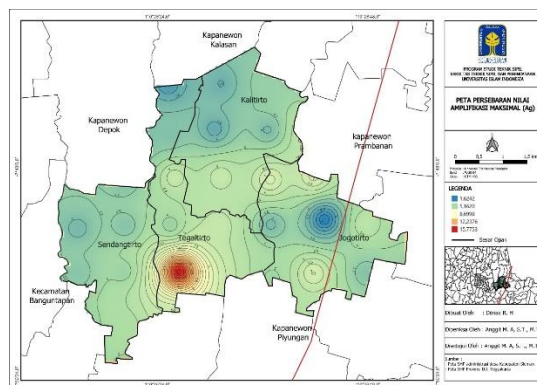
Analisa Nilai Faktor Amplifikasi Tanah (Ag)

Nilai amplifikasi tanah (Ag) merupakan nilai yang didapat dari nilai puncak kurva HVSR. Nilai amplifikasi tanah berkaitan dengan sedimen, jika nilai amplifikasi tanah semakin besar maka sedimen di daerah tersebut juga akan semakin lunak. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa, nilai amplifikasi tanah (Ag) semakin besar maka potensi kerusakan daerah tersebut apabila terkena gempa akan semakin besar juga. Nilai amplifikasi tanah (Ag) di Kapanewon Berbah adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai Amplifikasi Tanah (Ag) di Kapanewon Berbah

Titik	Nilai Ag	Titik	Nilai Ag
1	4,065	19	4,755
2	4,136	20	6,283
3	4,656	21	3,846
4	3,462	22	1,621
5	2,592	23	5,983
6	3,184	24	5,021
7	4,103	25	4,546
8	4,060	26	4,175
9	3,215	27	7,038
10	3,915	28	4,872
11	7,548	29	15,810
12	7,187	30	4,753
13	7,187	31	4,237
14	6,387	32	4,526
15	6,373	33	5,270
16	4,126	34	6,353
17	3,805	35	5,593
18	4,167	36	4,877

Berdasarkan data nilai amplifikasi tanah (Ag) dan klasifikasi berdasarkan Tabel 2, didapatkan peta persebaran seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Peta Persebaran Faktor Amplifikasi Tanah (Ag)

Berdasarkan peta persebaran dan data yang ada, nilai amplifikasi tanah berkisar antara daerah dengan nilai amplifikasi tanah rendah berada di kelurahan Tegaltirto (pada titik 5) dengan nilai Ag kurang dari 3, selanjutnya daerah dengan nilai amplifikasi tanah sedang meliputi Kelurahan Kalitirto (kecuali pada titik 14), Kelurahan Tegaltirto (pada titik 8 dan 19), Kelurahan Jogotirto (pada titik 21, 23, 26, dan 28), Kelurahan Sendangtirto (kecuali pada titik 30) dengan nilai Ag berkisar antara 3 sampai dengan 6. Daerah dengan nilai amplifikasi tinggi tersebar pada wilayah Kelurahan Jogotirtirto (pada titik 12, 13 dan 27), Kelurahan Kalitirto (pada titik 14), dan Kelurahan Tegaltirto (pada titik 15 dan 20) dengan nilai Ag berkisar antara 6 sampai dengan 9. Daerah dengan nilai amplifikasi sangat tinggi terletak pada Kelurahan Tegaltirto tepatnya pada titik 30 dengan nilai Ag lebih dari 9. Daerah dengan nilai amplifikasi tanah sangat tinggi disebabkan oleh jenis sedimen dan batuan di daerah tersebut yang mengakibatkan daerah dengan nilai Ag sangat tinggi menjadi daerah yang berpotensi rawan terjadi bencana gempa bumi.

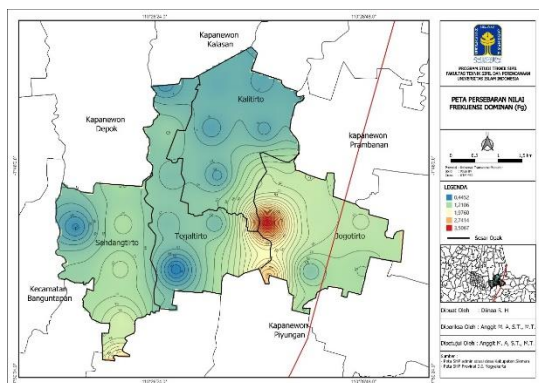
Analisa Frekuensi Dominan Tanah (Fg)

Frekuensi dominan tanah adalah frekuensi yang diambil dari nilai kurva HVSR yang didapat dari hasil penelitian. Nilai frekuensi dominan tanah (Fg) di Kapanewon Berbah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Nilai Frekuensi Dominan (Fg) di Kapanewon Berbah

Titik	Nilai Fg	Titik	Nilai Fg
1	0,610	19	0,951
2	0,641	20	0,928
3	0,762	21	3,523
4	0,800	22	1,413
5	0,641	23	1,413
6	0,762	24	1,378
7	1,103	25	1,378
8	1,103	26	1,188
9	0,725	27	1,000
10	0,762	28	2,432
11	0,625	29	0,442
12	1,521	30	1,344
13	1,521	31	1,103
14	0,762	32	1,248
15	0,951	33	1,598
16	1,248	34	0,883
17	0,580	35	1,131
18	1,248	36	2,193

Berdasarkan data nilai Frekuensi Dominan (Fg) dan klasifikasi berdasarkan Tabel 1, didapatkan peta persebaran seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Peta Persebaran Nilai Frekuensi Dominan Tanah (Fg)

Berdasarkan peta persebaran dan data yang ada dapat dilihat bahwa Kapanewon Berbah mempunyai nilai frekuensi dominan tanah (Fg) didominasi dengan nilai Fg tipe 1 yang

berarti mempunyai ketebalan sedimen permukaan sangat tebal, dengan ketebalan lebih dari 30 m. selain tipe 1 Kapanewon Berbah tepatnya pada titik 21 di Kelurahan Jogotirto dengan ketebalan sedimen permukaan kategori rendah sekitar 10 sampai 30 m. berdasarkan klasifikasi tersebut dapat dilihat bahwa pada daerah sedimen dengan tingkat kekerasan dan jenis tanah yang sama, nilai frekuensi dominan tanah yang tinggi berhubungan dengan titik yang mempunyai ketebalan sedimen yang rendah begitupula sebaliknya, titik dengan nilai frekuensi dominan rendah mempunyai ketebalan sedimen yang tinggi.

Analisis Periode Dominan Tanah (Tg)

Periode dominan tanah (Tg) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang mikrotremor untuk merambat melewati lapisan endapan di permukaan. Nilai Tg dapat dicari dengan perbandingan seper frekuensi. Berikut merupakan rekapitulasi nilai Tg.

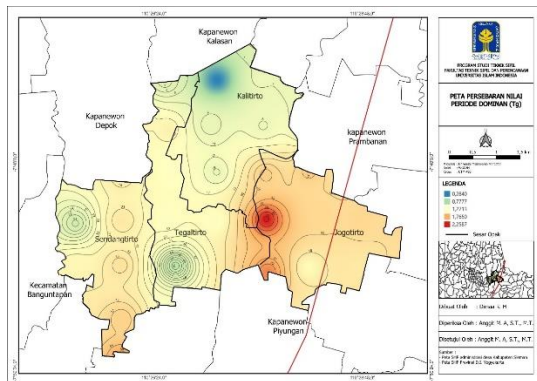
Tabel 6. Nilai Analisis Periode Dominan Tanah (Tg)

Titik	Nilai Tg	Titik	Nilai Tg
1	1,638	17	1,721
2	1,559	18	0,800
3	1,312	19	1,050
4	1,248	20	1,076
5	1,559	21	0,283
6	1,312	22	0,707
7	0,906	23	0,707
8	0,906	24	0,725
9	1,378	25	0,725
10	1,312	26	0,841
11	1,598	27	1,000
12	0,657	28	0,411
13	0,657	29	2,258
14	1,312	30	0,743
15	1,050	31	0,906
16	0,800	32	0,800

Lanjutan Tabel 6. Nilai Analisis Periode Dominan Tanah (Tg)

Titik	Nilai Tg	Titik	Nilai Tg
33	0,625	35	0,883
34	1,131	36	0,455

Berdasarkan rekapitulasi nilai Tg didapatkan peta persebaran seperti pada gambar berikut.



Gambar 11. Peta Persebaran Nilai Periode Dominan Tanah (Tg)

Berdasarkan peta persebaran dan data yang ada, Kapanewon Berbah mempunyai nilai Tg yang didominasi dengan nilai Tg diatas 0,6 yang berarti tanah di Kapanewon Berbah merupakan tanah lunak, adapun titik – titik yang termasuk di zona lain yaitu titik 21 yang berada di Kelurahan Jogotirto memiliki nilai Tg antara 0,2 sampai 0,4 yang berarti wilayah tersebut memiliki kondisi tanah yang termasuk tanah keras, dan titik 37 yang berada di Kelurahan Jogotirto memiliki nilai Tg antar 0,4 sampai 0,6 dan memiliki jenis tanah medium.

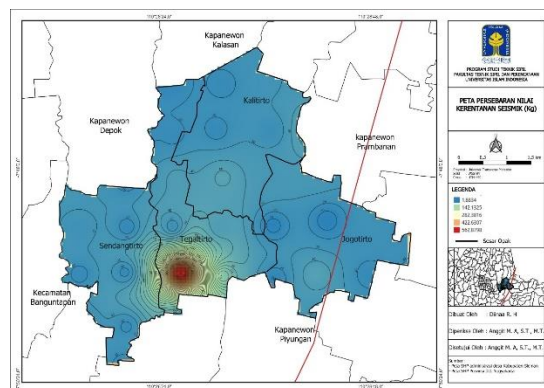
Analisis Indeks Kerentanan Seismik (Kg)

Indeks kerentanan seismik (Kg) diperoleh berdasarkan nilai dari frekuensi dominan dan faktor amplifikasi yang dihitung seperti pada persamaan 4, dan berikut merupakan rekapitulasi dari perhitungan nilai Kg

Tabel 7. Nilai Analisis Indeks Kerentanan Seismik (Kg)

Titik	Nilai Kg	Titik	Nilai Kg
1	27,089	19	23,762
2	26,692	20	42,513
3	28,451	21	4,200
4	14,969	22	1,860
5	10,479	23	25,338
6	13,305	24	18,290
7	15,254	25	14,997
8	14,939	26	49,539
9	14,258	27	49,539
10	20,117	28	9,760
11	91,099	29	564,633
12	33,948	30	16,800
13	33,948	31	16,270
14	53,527	32	16,407
15	42,672	33	17,375
16	13,632	34	45,669
17	24,931	35	27,653
18	13,906	36	10,846

Berdasarkan data nilai indeks kerentanan seismik (Kg), dapat dibuat peta persebaran nilai indeks kerentanan seismik (Kg) seperti pada gambar berikut.



Gambar 12. Peta Persebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg)

Berdasarkan peta persebaran dan data indeks kerentanan seismik (Kg) didapatkan hasil bahwa daerah dengan nilai Kg rendah yang ditunjukkan warna biru tersebar di seluruh wilayah Kapanewon Berbah kecuali pada titik

29 yang terletak di Kelurahan Tegaltirto. Wilayah dengan nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi diperoleh pada wilayah yang memiliki nilai amplifikasi tinggi dan frekuensi dominan rendah. Daerah dengan nilai Kg tinggi biasanya mempunyai kontras impedansi atau kemampuan batuan untuk melewati gelombang seismik dan juga dipengaruhi oleh lapisan sedimen yang tipis, daerah dengan kriteria nilai Kg tinggi biasanya terletak di daerah perbukitan. Suatu wilayah yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik (Kg) tinggi akan lebih rentan terhadap bencana gempa bumi begitu pula sebaliknya (Nakamura, 2008).

Analisis Peak Ground Acceleration (PGA)

Analisis yang digunakan dalam analisis peak ground acceleration (PGA) adalah menghitung data penelitian dengan persamaan atenuasi Kanai (1966) dan meninjau dari gempa yang terjadi di DI Yogyakarta pada Mei 2006 seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 8. Data Gempa Jogja 26 Mei 2006

Koordinat X	Koordinat Y	Skala (M)	Depth (m)
1421758,547	9114529,083	6,2	17200

Setelah didapatkan jarak hiposenter dan parameter – paratermer lain yang sudah didapatkan dari perhitungan sebelumnya, nilai peak ground acceleration (PGA) dapat dicari menggunakan persamaan atenuasi kanai 1966 seperti pada persamaan 5, 6, 7, 8, dan 9. Berikut merupakan rekapitulasi nilai PGA.

Tabel 9. Nilai Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) gal

Titik	Nilai PGA	Titik	Nilai PGA
1	353,218	7	465,057
2	361,399	8	465,586
3	392,347	9	379,067
4	400,627	10	390,339
5	356,891	11	355,185
6	385,136	12	551,014

Lanjutan Tabel 9. Nilai Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) gal

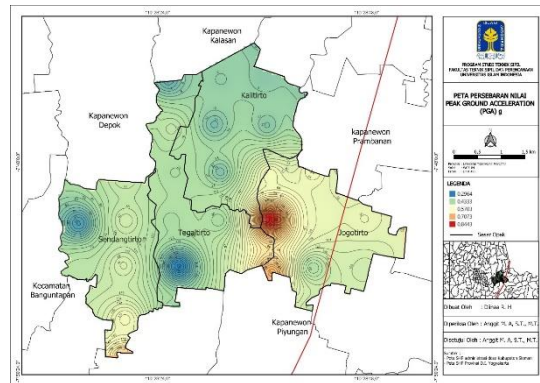
Titik	Nilai PGA	Titik	Nilai PGA
13	548,550	25	524,474
14	386,555	26	484,488
15	430,134	27	441,928
16	490,345	28	685,922
17	330,868	29	290,049
18	487,483	30	502,784
19	427,422	31	453,407
20	424,137	32	478,965
21	830,451	33	544,365
22	529,011	34	407,083
23	530,928	35	467,716
24	526,709	36	634,309

Tabel 10. Nilai Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) g

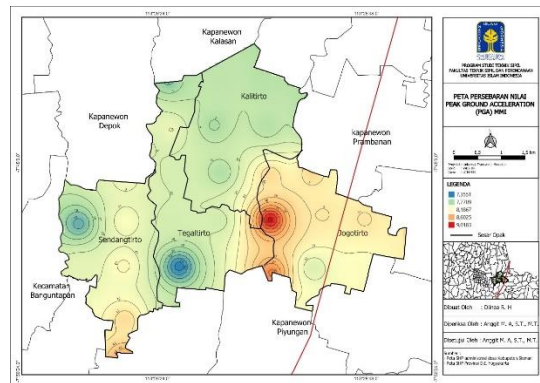
Titik	Nilai PGA	Titik	Nilai PGA
1	0,360	19	0,436
2	0,369	20	0,432
3	0,400	21	0,847
4	0,409	22	0,539
5	0,364	23	0,541
6	0,393	24	0,537
7	0,474	25	0,535
8	0,475	26	0,494
9	0,387	27	0,451
10	0,398	28	0,699
11	0,362	29	0,286
12	0,562	30	0,513
13	0,559	31	0,462
14	0,394	32	0,488
15	0,439	33	0,555
16	0,500	34	0,415
17	0,337	35	0,477
18	0,497	36	0,647

Tabel 11. Nilai Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) MMI

Titik	Nilai PGA	Titik	Nilai PGA
1	7,666	19	7,969
2	7,702	20	7,957
3	7,833	21	9,025
4	7,866	22	8,308
5	7,682	23	8,314
6	7,803	24	8,301
7	8,103	25	8,294
8	8,105	26	8,168
9	7,778	27	8,022
10	7,825	28	8,721
11	7,675	29	7,353
12	8,373	30	8,227
13	8,366	31	8,063
14	7,809	32	8,150
15	7,979	33	8,353
16	8,187	34	7,891
17	7,562	35	8,112
18	8,178	36	8,596

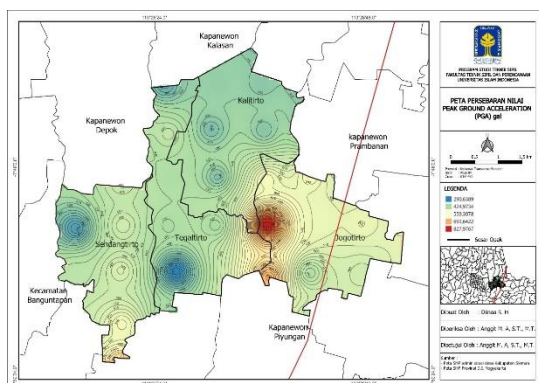


Gambar 14. Peta Persebaran Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) g



Gambar 15. Peta Persebaran Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) MMI

Berdasarkan data peak ground acceleration (PGA) , dapat dibuat peta persebaran PGA seperti pada gambar berikut.



Gambar 13. Peta Persebaran Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) gal

Berdasarkan peta persebaran dan nilai peak ground acceleration (PGA) didapatkan hasil nilai PGA di Kapanewon Berbah tersebar antara 0,337 sampai 0,847 g atau 330,868 sampai 830,451 gal. menurut BMKG wilayah dengan nilai PGA (gal) yang terletak diantara 168-564 memiliki tingkat kerusakan ringan atau bila terjadi gempa bumi maka struktur bangunan akan mengalami kerusakan ringan sampai sedang, wilayah dengan nilai PGA (gal) 168 – 564 atau memiliki skala MMI VII – VIII tersebar pada seluruh wilayah Kapanewon Berbah, kecuali pada wilayah Kelurahan Jogotirto yang memiliki nilai PGA (gal) diatas 564 dengan tipe kerusakan berat dan memiliki skala MMI IX – XII. Wilayah dengan nilai PGA tinggi menandakan bahwa wilayah tersebut akan mengalami pergerakan tanah yang lebih cepat dengan durasi waktu yang lebih singkat dari wilayah lain apabila terjadi bencana gempa

bumi yang episenternya terletak disekitar gempa jogja 2006.

Hubungan Antara Nilai Ag, Fg, Kg, dan PGA

Dari analisis data dan pembahasannya dapat dilihat bahwa terdapat hubungan antara parameter – parameter indeks kerentanan seismik. Suatu wilayah yang mempunyai nilai Ag tinggi mempunyai potensi gempa yang tinggi pula hal tersebut dikarenakan nilai Ag sangat berpengaruh pada jenis sedimen dan batuan di wilayah tersebut. wilayah dengan nilai sedimen tinggi mempunyai nilai Fg yang rendah. Wilayah dengan nilai Ag tinggi dan Fg rendah mempunyai nilai Kg atau kerentanan sesimik yang tinggi. Wilayah tersebut mempunyai kontras impedansi rendah dengan ketebalan lapisan yang tipis, umumnya wilayah tersebut berada wilayah perbukitan. Sedangkan pada nilai PGA, nilai PGA tinggi berbanding lurus dengan nilai Fg dan berbanding terbalik dengan nilai Ag. Hal tersebut berarti wilayah dengan nilai Kg tinggi mempunyai nilai PGA yang rendah begitupula sebaliknya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan penelitian kerentanan seismik di Kapanewon Berbah, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Distribusi nilai amplifikasi maksimal berada antara 1,621 – 15,810. Distribusi nilai frekuensi dominan berada antara 0,443 – 3,523 Hz. Distribusi nilai periode dominan berada antara 0,284 – 2,259 s. distribusi nilai indeks kerentanan seismik berkisar antara 1,860 – 564,634.
2. Nilai PGA berdasarkan perhitungan dengan metode kanai berada pada kisaran 290,049 – 830,451 gal atau 0,296 – 0,847 g atau 7,353 – 9,025 MMI.
3. Wilayah di bagian selatan Kapanewon Berbah mempunyai tingkat kerentanan seismik yang relatif lebih tinggi, wilayah tersebut adalah Kelurahan Tegaltirto dan Jogotirto.

Daftar pustaka

Arifudin, A. 2018. Karakteristik Situs dan Kerentanan Seismik di Kabupaten Klaten dengan Metode Horizontal to

Vertical Spectral Ratio (HVSR) dari Data Mikrotremor. Tesis. Dspace UII. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Ambarsari, D. 2017. Analisis Mikrotremor dengan Metode HVSR untuk Mikrozonasi Kabupaten GunungKidul Yogyakarta. Tugas Akhir. Repository ITS. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Satria, A., Larasati, N., Lestari, W., dan Kusuma, Ira. 2020. Analisis Mikrotremor Berdasarkan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio untuk Mengetahui Indeks Kerentanan Seismik Kota Jambi. Jurnal Teknik Kebumian. Vol.05 No.02:2715-5587. Jambi.

Santoso. 2009. Morfologi dan Umur Perpindahan Alur Sungai Opak di Daerah Berbah Sleman. JSDG. Vol.19 No.4. Bandung.

Ansary. M., Helaly. A., Hasan, M., Kabir, M., Kahir, A., Bhuiya, M., Saha, S., Helaly, S. 2020. Assessment of Seismic Vulnerability Index of Gas Network Area in Dhaka City Using Microtremor Measurement. ResearchGate. Japan. 18 September.