

TUGAS AKHIR

**PENYUSUNAN PETA KERENTANAN GEMPA
MENGUNAKAN METODE *HORIZONTAL TO
VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSr)*
BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR
DI KAWASAN KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS
ISLAM INDONESIA
(*PREPARATION OF EARTHQUAKE VULNERABILITY
MAP IN THE INTEGRATED CAMPUS AREA OF
INDONESIAN ISLAMIC UNIVERSITY USING THE
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO
(HVSr) METHOD BASED ON MICROTREMOR
MEASUREMENTS*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Muhamad Ridwan
20511269**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

**PENYUSUNAN PETA KERENTANAN GEMPA
MENGUNAKAN METODE *HORIZONTAL TO
VERTICAL SPECTRAL RATIO* (HVSr)
BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR
DI KAWASAN KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS
ISLAM INDONESIA
(*PREPARATION OF EARTHQUAKE VULNERABILITY
MAP IN THE INTEGRATED CAMPUS AREA OF
INDONESIAN ISLAMIC UNIVERSITY USING THE
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO
(HVSr) METHOD BASED ON MIKROTREMOR
MEASUREMENTS*)**

Disusun Oleh

Muhamad Ridwan

20511269

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 1 Agustus 2024

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

 13/8/2024

Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
NIK : 185111304

Penguji I

 13.08.24

Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK : 205111302

Penguji II

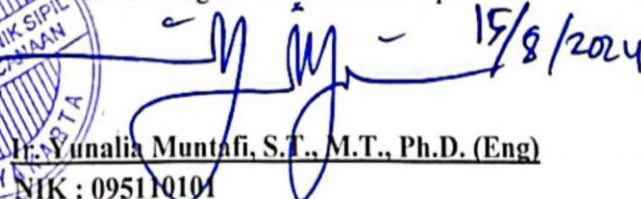
 13.08.24

Astria Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK : 165111301

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil



 15/8/2024
H. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan penelitian Tugas Akhir berikut yang saya susun sebagai syarat kelulusan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil penyusunan milik saya sendiri. Terdapat bagian – bagian tertentu dalam penulisan yang dikutip dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan aturan, kaidah, dan etika penulisan. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiasi pada laporan Tugas Akhir ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 15 Juli 2024

Yang membuat pernyataan,



Muhamad Ridwan

(20511269)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.,

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul Penyusunan Peta Kerentanan Gempa Menggunakan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio (HVSr) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia. Proposal Tugas Akhir merupakan salah satu tahapan untuk menyelesaikan Tugas Akhir dan merupakan syarat akademik dalam kelulusan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Program Sarjana, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, penulis mengalami banyak hambatan dalam menulis. Namun, berkat saran, kritik, serta masukan dan dorongan semangat dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan baik. Maka dari itu, perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan membimbing dalam proses penulisan. Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada :

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng), selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Program Sarjana, Fakultas Teknik Sipil, dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Anggit Mas Arifudin S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan banyak tambahan ilmu selama proses penulisan.
3. Teman – teman yang telah memberikan semangat dan dorongan selama proses penulisan.
4. Serta orang tua penulis yang telah memberikan doa dan semangat selama proses penulisan.
5. Seluruh keluarga besar, yang sudah memberikan dukungan dan juga doa.
6. Teman – teman seperjuangan “Blok Barat” dan “Kos Luwik”, yang selalu mendukung penulis untuk menyelesaikan Proposal Tugas Akhir.

7. Kepada seseorang yang pernah bersama saya terima kasih sudah mau berproses bersama. Terima kasih telah mengisi cerita di masa perkuliahan untuk banyak hal, baik itu yang menyenangkan maupun menyakitkan untuk proses pendewasaan penulis.
8. Terakhir, untuk diri saya sendiri. Terima kasih telah mampu bekerja keras dan berjuang melewati semua ini. Terima kasih karena tidak pernah memutuskan untuk menyerah dan dapat menyelesaikan apapun yang dihadapi. Pencapaian ini patut dibanggakan untuk diri sendiri.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu kritik dan saran sangat diperlukan demi membangun demi kesempurnaan Proposal Tugas Akhir ini.

Akhir kata, diharapkan Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat khususnya pada rekayasa struktur kegempaan di kemudian waktu.

Yogyakarta, 15 Juli 2024

Penulis,

Muhamad Ridwan
(20511269)

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu	6
2.1.1 Mikrozonasi Berdasarkan Data Mikrotremor dan Kecepatan Gelombang Geser di Kotamadya Yogyakarta	6
2.1.2 Pemetaan Respons Dinamik Tanah Dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Di Wilayah Kertajati Menggunakan Metode Horizontal-To-Vertical Spectral Ratio (HVSr)	7
2.1.3 Mikrozonasi Seismik Di Kawasan ITSNU Pekalongan Dengan Menggunakan Metode HVSr	8
2.1.4 Pemetaan Respon Dinamis Tanah Kota Palu Berdasarkan Metode Rasio Spektral Horizontal ke Vertikal (HVSr)	10

2.1.5	Analisis Kerentanan Tanah Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Jambi Dengan Menggunakan Data Mikrotremor	11
2.2	Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan	13
BAB III LANDASAN TEORI		18
3.1	Kondisi Geologi	18
3.1.1	Kondisi Geologi Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	18
3.2	Gempa Bumi	20
3.3	Mikrotremor	21
3.4	Mikrozonasi	22
3.5	Uji <i>Outlier</i>	22
3.6	Metode <i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i>	23
3.7	Frekuensi Natural (F0)	25
3.8	Amplifikasi Maksimal (Ag)	26
3.9	Periode Dominan (T0)	27
3.10	Indeks Kerentanan Seismik (Kg)	27
3.11	Percepatan Tanah Maksimum (PGA)	28
3.12	Peta Kerentanan Gempa Bumi	30
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		32
4.1	Lokasi Penelitian	32
4.2	Peralatan dan Teknik Pengumpulan Data	33
4.2.1	Peralatan	33
4.2.2	Teknik Pengumpulan Data	34
4.3	Pengolahan Data	37
4.3.1	Data Mikrotremor	37
4.3.2	Perhitungan Frekuensi Natural (F0), Faktor Amplifikasi (A0), Periode Dominan (T0)	37
4.3.3	Perhitungan Indeks Kerentanan Seismik	39
4.3.4	Perhitungan Percepatan Tanah Maksimum (PGA)	39
4.3.5	Peta Kerentanan Gempa bumi	39

4.4	Diagram Alir Penelitian	40
BAB V PEMBAHASAN		41
5.1	Pengambilan Data di Lapangan	41
5.2	Uji <i>Outlier</i>	43
5.3	Analisis Data	45
5.4	Analisis Nilai Frekuensi Dominan (Fg)	49
5.5	Analisis Nilai Faktor Amplifikasi Tanah (Ag)	51
5.6	Analisis Periode Dominan Tanah (Tg)	53
5.7	Analisis Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg)	55
5.8	Analisis <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA)	58
5.8.1	Menentukan Jarak Episentrum Gempa	59
5.8.2	Menentukan Jarak Hiposentrum Gempa (R)	59
5.8.3	Analisis <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA)	60
5.9	Hubungan antara nilai Ag, Fg, Kg, dan PGA	65
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		68
6.1	Kesimpulan	68
6.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		70
LAMPIRAN		74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	14
Tabel 3.1 Nilai Frekuensi Natural Berdasarkan Klasifikasi Kanai	26
Tabel 3.2 Klasifikasi Nilai Amplifikasi	26
Tabel 3.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Periode Dominan Kanai	27
Tabel 3.4 Klasifikasi Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg)	28
Tabel 3.5 Klasifikasi nilai PGA menurut SIG BMKG	30
Tabel 4.1 Koordinat titik penelitian dalam UTM	35
Tabel 4.2 Standar dan Syarat Pengukuran SESAME	36
Tabel 5.1 Analisis Outlier Pada Data Penelitian	44
Tabel 5.2 Nilai Frekuensi Dominan (Fg) di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	49
Tabel 5.3 Nilai Amplifikasi Tanah (Ag) di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	51
Tabel 5.4 Nilai Periode Dominan Tanah (Tg) di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	54
Tabel 5.5 Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg) di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	56
Tabel 5.6 Data Gempa Bumi Daerah Istimewa Yogyakarta 27 Mei 2006	58
Tabel 5.7 Nilai Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) gal	61
Tabel 5.8 Nilai Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) g	62
Tabel 5.9 Nilai Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) MMI	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi Pengukuran Mikroseismik	9
Gambar 2.2 Peta Frekuensi Natural (f_0)	10
Gambar 2.3 Peta indeks kerentanan seismik	11
Gambar 2.4 Peta Sebaran Nilai Faktor Amplifikasi	12
Gambar 2.5 Peta Sebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik	13
Gambar 3.1 Peta Geologi Daerah Istimewa Yogyakarta	19
Gambar 3.2 Data Mikrotremor Tiga Komponen di Kecamatan Gantiwarno	22
Gambar 3.3 Gerakan Horizontal dan Vertikal Batuan di Area Cekung	24
Gambar 3.4 Peta Kerentanan Bencana Gempabumi Kabupaten Sleman Tahun 2021	31
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	32
Gambar 4.2 Perangkat Keras Yang Digunakan Untuk Pengukuran Mikrotremor	34
Gambar 4.3 Grid Lokasi Penelitian dengan Interval $\pm 125 \times 125$ meter	35
Gambar 4.4 Contoh windowing Sinyal	38
Gambar 4.5 Kurva H/V	39
Gambar 4.6 Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 5.1 Persiapan Instrumen Alat Pengukuran Mikrotremor	41
Gambar 5.2 Instrumen Alat Pengambilan Data Mikrotremor	42
Gambar 5.3 Proses Perekaman Sinyal Mikrotremor	42
Gambar 5.4 Distribusi Data Nilai Frekuensi Dominan Tanah (F_g)	43
Gambar 5.5 Peta Persebaran Lokasi Titik Pengukuran Mikrotremor	45
Gambar 5.6 Grafik Pengolahan Data Sinyal Mikrotremor Titik 7 Menggunakan Software Geopsy	46
Gambar 5.7 Filtering Option Untuk Windowing Sinyal Mikrotremor Titik 7	47
Gambar 5.8 Windowing Sinyal Mikrotremor Titik 7	47
Gambar 5.9 Grafik Kurva HVSR Titik 7	48
Gambar 5.10 Nilai Puncak Grafik Kurva HVSR Titik 7	48
Gambar 5.11 Peta Persebaran Nilai Frekuensi Dominan Tanah (F_g)	50
Gambar 5.12 Peta Sebaran Faktor Amplifikasi Tanah (A_g)	52

Gambar 5.13 Peta Persebaran Nilai Periode Dominan Tanah (T_g)	55
Gambar 5.14 Peta Persebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik (K_g)	57
Gambar 5.15 Koordinat Titik Pusat Gempa Yogyakarta 2006	58
Gambar 5.16 Ilustrasi Perhitungan Episentrum	59
Gambar 5.17 Ilustrasi Perhitungan Hiposentrum	60
Gambar 5.18 Peta Persebaran Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) gal	63
Gambar 5.19 Peta Persebaran Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) g	64
Gambar 5.20 Peta Persebaran Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) MMI	64
Gambar 5.21 Grafik Hubungan Antara Nilai F_g dan Nilai A_g	66
Gambar 5.22 Kurva Regresi Nilai F_g dan Nilai A_g	66
Gambar 5.23 Grafik Hubungan Antara Nilai K_g dan Nilai PGA	67
Gambar 5.24 Kurva Regresi Nilai K_g dan Nilai PGA	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Kurva HVSR	75
Lampiran 2 Gambar Peta Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	85
Lampiran 3 Gambar Peta Persebaran Nilai Frekuensi Dominan Tanah (Fg)	86
Lampiran 4 Gambar Peta Persebaran Nilai Amplifikasi Tanah (Ag)	87
Lampiran 5 Gambar Peta Persebaran Nilai Periode Dominan Tanah (Tg)	88
Lampiran 6 Gambar Peta Persebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg)	89
Lampiran 7 Gambar Peta Persebaran Nilai PGA (gal)	90
Lampiran 8 Gambar Peta Persebaran Nilai PGA (g)	91
Lampiran 9 Gambar Peta Persebaran Nilai PGA (MMI)	92
Lampiran 10 Dokumentasi Penelitian	93
Lampiran 11 Surat Perizinan Penelitian di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	97
Lampiran 12 Surat Balasan Perizinan Penelitian di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	98
Lampiran 13 Surat Perizinan Penelitian di Desa Sardonoarjo	99
Lampiran 14 Surat Perizinan Penelitian di Desa Umbulmartani	100

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

HVSR	= Horizontal to Vertikal Spektral Rasio
P	= Kerapatan Material
V_s	= Kecepatan Gelombang Geser
M	= Magnitudo
R	= Jarak Hiposenter
A	= Amplitudo Gerakan Tanah
T	= Periode
F	= Frekuensi
H	= Ketebalan Sedimen
C_s	= Faktor Koreksi
CR	= Faktor Koreksi
TH	= Faktor Amplifikasi Horizontal
SHS	= Spektra Fourier Komponen Horizontal di Surface
SHB	= Spektra Fourier Komponen Horizontal di Bedrock
TV	= Faktor Amplifikasi Vertikal
SVS	= Spektra Fourier Komponen Vertikal di Surface xvii
SVB	= Spektra Fourier Komponen Vertikal di Bedrock
T_{SITE}	= Rasio spektrum mikrotremor
$SH_{North-South}$	= Sinyal horizontal arah utara dan selatan
$SH_{East-West}$	= Sinyal horizontal arah timur dan barat
T0	= Periode Dominan

F_0	= Frekuensi Natural
A_0	= Amplifikasi
K_g	= Indeks Kerentanan Seismik
A_g	= Faktor Amplifikasi Tanah
F_g	= Frekuensi Dominan Tanah
T_g	= Periode Dominan Tanah
PGA	= Nilai Percepatan Tanah Maksimum
A	= Nilai Percepatan Tanah di Bawah Permukaan
Ew	= East – West
NS	= North – South
y	= Persamaan regresi
R^2	= Koefisien/indeks determinasi
$R \sim 1$	= Maka data semakin baik

ABSTRAK

Gempa bumi Yogyakarta 27 Mei 2006 disebabkan oleh aktivitas sesar opak dengan kekuatan 6,3 mw. Salah satu kawasan yang terdampak adalah Kabupaten Sleman dimana kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia berada sehingga diperlukan upaya mitigasi berupa penelitian untuk mendapatkan peta kerentanan bencana yang dapat digunakan sebagai acuan mitigasi bencana. Penyusunan peta tersebut menggunakan data parameter gempa seperti F_g , A_g , T_g , K_g , dan PGA . Pengukuran mikrotremor yang digunakan pada penelitian ini dilakukan pada 29 titik dengan bantuan alat *Lunitek Digital Seismic Sensor* yang kemudian data mikrotremor diolah dengan metode HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) untuk mendapatkan kurva H/V. Analisis yang digunakan dalam perhitungan parameter - parameter gempa tersebut menggunakan metode empiris Kanai dan menggunakan referensi gempa bumi Yogyakarta 2006 untuk mendapatkan nilai PGA . Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai F_g berkisar antara 1,07741 – 18,5558 Hz dengan sebagian besar masuk dalam kategori zona sedang dan tinggi. Nilai A_g berkisar antara 1,45334 – 7,66527 dengan sebagian besar masuk klasifikasi zona rendah. Nilai T_g berkisar antara 0,05389 – 0,92815 detik dengan sebagian besar masuk kategori rendah. Nilai K_g berkisar antara 0,24491 – 11,7269 dengan sebagian besar masuk dalam kategori rendah. Nilai PGA berkisar antara 431,8896 – 1792,435 gal dengan didominasi nilai PGA tinggi. Dari nilai - nilai tersebut menunjukkan bahwa mayoritas tempat memiliki nilai indeks kerentanan seismik masuk kategori rendah yang menandakan kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia termasuk kawasan yang aman dan tanahnya tidak akan mengalami deformasi yang parah jika terjadi gempa bumi.

Kata kunci: PGA , Mikrotremor, HVSR, Universitas Islam Indonesia

ABSTRACT

The Yogyakarta earthquake of May 27, 2006 was caused by opak fault activity with a power of 6.3 mw. One of the affected areas is Sleman regency where the integrated campus area of the Islamic University of Indonesia is located so that mitigation efforts are needed in the form of research to obtain a disaster vulnerability map that can be used as a reference for Disaster Mitigation. The preparation of the map using Earthquake parameter data such as F_g , A_g , T_g , K_g , and PGA . Microtremor measurement used in this study was carried out at 29 points with the help of Lunitek Digital Seismic Sensor and then the microtremor data processed by HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) method to obtain the H/V curve. The analysis used in calculating the parameters of the earthquake using empirical methods Kanai and reference Yogyakarta earthquake in 2006 to obtain the value of PGA . Based on the results obtained F_g values ranging from 1.07741 – 18.5558 Hz with most of the values in the category of medium and high zones. A_g values ranged from 1.45334-7.66527 with dominated values in the low zone classification. T_g values range from 0.05389-0.92815 s with most values in the low category. K_g values range from 0.24491-11.7269 with most of them in the low category. PGA values range from 431.8896-1792.435 gal with predominantly high PGA values. From these values, it shows that the majority of places have a seismic vulnerability index value in the low category, which indicates that the Integrated Campus Area of the Islamic University of Indonesia is a safe area and the soil will not undergo severe deformation in the event of an earthquake.

Keyword: PGA , Microtremor, HVSR, Islamic University Of Indonesia

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang paling rentan terhadap bencana gempa bumi karena berada di jalur cincin api pasifik, yang merupakan jalur gempa bumi paling aktif di dunia dengan pertemuan tiga lempeng benua yaitu lempeng benua Indo-Australia terletak di sebelah selatan, lempeng Eurasia terletak di sebelah utara, dan lempeng Pasifik terletak di sebelah timur (BMKG).

Karena aktivitas pergerakan lempeng, beberapa wilayah di Indonesia rawan akan gempa bumi, salah satunya yaitu di Yogyakarta. Aktivitas sesar lokal, seperti Sesar Opak, yang menyebabkan gempa bumi pada 27 Mei 2006, membuat wilayah ini rawan. Pusat gempa berada di $7,961^{\circ}$ LS– $110,446^{\circ}$ BT, atau 37 km selatan Yogyakarta dan 33 km di bawah permukaan laut, dengan kekuatan 6,3 mw selama 57 detik (USGS). Gempa ini menyebabkan 5.782 korban jiwa, 26.299 luka-luka, 71.763 rumah hancur, 71.372 rumah rusak berat, dan 66.359 rusak ringan (BPBD Kabupaten Bantul). Tidak hanya Yogyakarta yang terkena dampaknya, tetapi juga wilayah sekitarnya seperti Boyolali, Klaten, Surakarta, dan wilayah lain di sekitar Yogyakarta.

Kondisi geologi di Kabupaten Sleman didominasi dari keberadaan gunung Merapi. Formasi geologi dibedakan menjadi endapan vulkanik, sedimen, dan batuan terobosan, dengan endapan vulkanik mewakili lebih dari 90% luas wilayah. Material vulkanik gunung Merapi yang berfungsi sebagai lapisan pembawa air tanah (akuifer) yang sudah terurai menjadi material pasir vulkanik, yang sebagian besar merupakan bagian dari endapan vulkanik Merapi muda. Material vulkanik Merapi muda ini dibedakan menjadi 2 unit formasi geologi yaitu formasi Sleman (lebih di dominasi oleh endapan piroklastik halus dan tufa) di bagian bawah dan formasi Yogyakarta (lebih di dominasi oleh pasir vulkanik berbutir kasar hingga pasir berkerikil) di bagian atas (Bappeda DIY). Salah satu kecamatan di Kabupaten Sleman adalah Ngemplak. Secara geografis, Kecamatan

ngemplak berbatasan dengan Kecamatan Ngaglik di bagian barat, Kecamatan Depok di bagian selatan, dan Kecamatan Pakem dan Kecamatan Cangkringan di bagian utara. Di bagian timur, Kecamatan Ngemplak berbatasan dengan provinsi Jawa Tengah. Wilayah di Kecamatan Ngemplak juga terdampak dari gempa yang terjadi pada tahun 2006 tersebut.

Dari kondisi geografis dan geologi di Kecamatan Ngemplak Kabupaten Sleman, yang juga termasuk dalam wilayah rawan gempa, karakteristik dinamika tanah dapat diidentifikasi, termasuk frekuensi natural dan amplifikasi. Selain itu, perhitungan dilakukan untuk mengetahui periode dominan tanah, ketebalan lapisan sedimen, nilai kerentanan seismik, dan nilai percepatan tanah maksimum sebagai akibat dari bencana gempa bumi yang pernah terjadi di lokasi penelitian yaitu di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Krawitan, Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta merupakan kawasan yang ramai dan ramah lingkungan, maka dibutuhkan metode yang dapat menghilangkan getaran gangguan dari aktivitas sekitar dan ramah lingkungan sehingga tidak merusak atau mengubah kondisi permukaan tanah. Maka, metode yang tepat digunakan yaitu metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr). Metode tersebut merupakan metode yang tidak merusak atau merubah kondisi permukaan tanah sehingga lingkungan tetap terjaga. Penggunaan metode HVSr memiliki kelebihan yaitu dapat menghilangkan efek sumber gangguan dan tidak bergantung terhadap ketersediaan *hard rock site* (Kumar et al., 2021) dan metode ini populer digunakan untuk menganalisis getaran seismik dan didasarkan pada rasio antara spektrum horizontal dan vertikal dari getaran seismik (Nakamura, 2000).

Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dinamika lapisan permukaan tanah. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Nogoshi dan Igarashi pada tahun 1971 yang kemudian dikembangkan oleh Nakamura pada tahun 1989. Nakamura menyatakan bahwa perbedaan karakteristik permukaan

akan mempengaruhi efek gempa yang terjadi. Metode *horizontal to vertical spectral ratio* (HVSr) didasarkan pada pengolahan data mikrotremor yang menghasilkan informasi berupa frekuensi. Metode tersebut menyatakan bahwa terdapat hubungan antara perbandingan komponen horizontal dengan vertikal, dimana rasio antara kedua komponen tersebut dari gelombang permukaan menyatakan fungsi perpindahan. Hasil dari metode tersebut menunjukkan nilai frekuensi natural (f_0) dan nilai amplifikasi tanah (A_0) yang menggambarkan karakteristik tanah (Nakamura, 2000).

Minimnya informasi tentang nilai periode dominan tanah, nilai kerentanan seismik, dan nilai percepatan tanah maksimum di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Krawitan, Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta menjadikan penelitian ini dilakukan. Informasi tentang nilai periode dominan tanah, nilai kerentanan seismik, dan nilai percepatan tanah maksimum sangat bermanfaat sebagai tahapan awal dalam upaya mitigasi bencana terutama dalam desain bangunan dan kesiapsiagaan menghadapi bencana gempa bumi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah karakteristik dinamika tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan (F_g), nilai amplifikasi (A_g), periode dominan (T_g), dan indeks kerentanan seismik (K_g)?
2. Bagaimanakah percepatan tanah maksimum (PGA) di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia?
3. Bagaimanakah peta kerentanan gempa di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan di atas, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah sebagai berikut.

1. Menentukan karakteristik dinamika tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan (F_g), nilai amplifikasi (A_g), periode dominan (T_g), dan indeks kerentanan seismik (K_g).
2. Mengetahui percepatan tanah maksimum (PGA) di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.
3. Mengetahui peta kerentanan gempa di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.

1.4 Batasan Penelitian

Adanya batasan pada penelitian ini dimaksudkan agar penulis dapat menjadi lebih terfokus dan tidak ada hal yang keluar dari topik penelitian, serta bisa mendapatkan hasil yang optimal. Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian untuk tugas akhir ini dilakukan di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Software yang digunakan dalam analisis data adalah Geopsy dan untuk pemetaan digunakan software QGIS, lalu metode yang akan digunakan dalam pengolahan data adalah menggunakan metode HVSr. Metode dan software ini nantinya akan digunakan untuk memperoleh amplifikasi dan frekuensi dominan yang nantinya akan menjadi parameter perhitungan nilai percepatan tanah dan juga indeks kerentanan tanah.
3. Percepatan tanah maksimum (PGA) dapat ditentukan menggunakan parameter periode dominan dan referensi gempa Yogyakarta pada 2006, dan dihitung dengan perhitungan empiris metode Kanai.
4. Penelitian ini terbatas pada informasi berupa nilai frekuensi dominan (F_g), nilai amplifikasi (A_g), periode dominan (T_g), indeks kerentanan tanah (K_g), nilai percepatan tanah maksimum (PGA), dan peta zonasi.
5. Alat yang digunakan untuk pengambilan data mikrotremor adalah *Lunitec Digital Seismic Sensors*, dengan jarak pengukuran $\pm$ per 125 m sebanyak 29 titik.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini berguna karena dapat memberikan informasi dan saran kepada Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan pihak-pihak yang terkait dengan mikrozonasi daerah rawan gempa bumi di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Manfaat lain dari penelitian ini adalah informasi yang ada dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dinamika tanah di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta berdasarkan frekuensi dominan, faktor amplifikasi, dan indeks kerentanan seismik. Penelitian ini juga diharapkan dapat membantu peneliti mengembangkan dan menggunakan temuan ini sebagai literatur untuk peneliti lain. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat membantu peneliti menyelesaikan tugas akhir mereka sebagai mahasiswa teknik sipil, serta menambah wawasan dan pengalaman mereka.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Metode penelitian yang akan dilakukan terkait dengan beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian tersebut antara lain adalah Purnama *et al.* (2021), Fadhilah, Yudistira dan Sopyan (2022), Hakim dan Yuniarto (2023), Salsabila, Yudistira dan Tohari (2023), dan Dewi *et al* (2023).

2.1.1 Mikrozonasi Berdasarkan Data Mikrotremor dan Kecepatan Gelombang Geser di Kotamadya Yogyakarta

Purnama *et al* (2021) melakukan penelitian mengenai analisis mikrotremor untuk memetakan daerah rawan kerusakan gempabumi di Kotamadya Yogyakarta berdasarkan analisis kurva Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (HVSr) dan mengetahui litologi bawah permukaan berdasarkan ground profiles kecepatan gelombang geser (V_s) dengan metode inversi kurva HVSr. Penelitian ini dilakukan karena adanya Gempabumi Yogyakarta dengan magnitude 6,3 Skala Richter yang terjadi pada tahun 2006 menyebabkan kerusakan bangunan di Kota Yogyakarta dan sekitarnya.

Data yang dihasilkan dengan metode HVSr adalah data nilai frekuensi natural (f_0) dan nilai amplifikasi (A_0), kedua data tersebut dapat diolah lagi untuk menghasilkan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan Kecepatan gelombang geser (V_s) juga digunakan sebagai indikator kekerasan batuan dalam geoteknik.

Penelitian dilakukan di Kotamadya Yogyakarta dan sekitarnya yang dibatasi pada koordinat $7^{\circ}45'58.09''$ - $7^{\circ}50'59.01''$ Lintang Selatan dan $110^{\circ}19'7.87''$ - $110^{\circ}24'35.43''$ Bujur Timur dengan pengambilan langsung di lapangan sebanyak 7 titik. Didapatkan data mikrotremor sebanyak 280 diproses menggunakan metode HVSr dan proses inversi HVSr juga digunakan untuk memperkirakan model perlapisan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi natural (f_0) di Kotamadya Yogyakarta dan sekitarnya adalah 1,1–5,8 Hz, nilai amplifikasi (A_0) adalah 1-21, dan nilai Kecepatan gelombang geser (V_s^{30}) adalah 210–376 m/s.

Hasil inversi menunjukkan bahwa ketebalan lapisan sedimen di Kotamadya Yogyakarta dan sekitarnya adalah 104–262 meter. Lokasi yang rentan terhadap likuifaksi terletak di daerah yang memiliki nilai amplifikasi (A_0) tinggi sebesar 9–21 dengan frekuensi natural (f_0) 1,1–2,3 Hz, terutama di Kecamatan Sewon, Banguntapan, dan Umbulharjo. Lokasi kejadian likuifaksi juga memiliki kecepatan gelombang geser rendah dengan rentang 210–262 m/s dengan jenis tanah sedang (SD), terutama di Kecamatan Sewon.

2.1.2 Pemetaan Respons Dinamik Tanah Dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Di Wilayah Kertajati Menggunakan Metode Horizontal-To-Vertical Spectral Ratio (HVSr)

Fadhilah, Yudistira dan Sopyan (2022) melakukan penelitian mengenai analisis mikrotremor dengan metode HVSr di wilayah Kertajati. Wilayah Kertajati adalah wilayah yang didominasi oleh kondisi geologi berupa batuan lunak yaitu batuan sedimen Kuartir Bawah (Qos) yang mengalami pelapukan pada sebagian besar daerah penelitian dan adanya kenampakan Endapan Aluvium (Qa) pada sisi tenggara. Amplifikasi terjadi saat gempa bumi terjadi pada batuan lunak yang berada di atas batuan yang lebih keras. Hal ini disebabkan oleh Sesar Baribis yang mengalir dari Purwakarta dan Majalengka ke barat daya wilayah penelitian. Sesar ini juga diperkirakan sempat menyebabkan gempa bumi paling besar di Pulau Jawa pada abad ke-17. HVSr adalah metode seismik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik dinamik tanah berupa frekuensi dominan dan amplifikasi, serta dapat menghasilkan gambaran struktur seismik bawah permukaan.

Dari penelitian tersebut didapatkan data mikrotremor, lalu dilakukan analisis kerentanan wilayah Kertajati terhadap gempa bumi diperoleh dari beberapa hasil yang didapatkan yaitu peta frekuensi dominan (f_0), faktor amplifikasi (A_0), amplifikasi, V_s^{30} , dan model penampang V_s .

Dari hasil penelitian tersebut maka didapatkan data mikrotremor lalu dilakukan pengolahan data. Data yang diperoleh yaitu nilai frekuensi dominan bervariasi dengan rentang 0,6 - 18 Hz sedangkan nilai amplifikasi memiliki

rentang 1,26 - 6,3. Frekuensi dominan bernilai rendah berada pada bagian tengah, Barat, dan bagian Tenggara dari daerah penelitian, hal ini mengindikasikan ketebalan lapisan sedimen yang relatif lebih besar. Sedangkan nilai amplifikasi bernilai tinggi dominan berada pada bagian tengah dan sisi utara dari daerah penelitian. Hasil penelitian dari data mikrotremor yang sudah dikumpulkan dan kemudian diproses. Didapatkan nilai frekuensi dominan (f_0) menurut data yang dikumpulkan, berkisar antara 0,6 - 18 Hz, dan nilai amplifikasi menurut data, berkisar antara 1,26 - 6,3. Nilai frekuensi dominan yang paling rendah ditemukan di bagian tengah, barat, dan tenggara daerah penelitian, menunjukkan ketebalan lapisan sedimen yang lebih besar. Nilai amplifikasi yang paling tinggi ditemukan di bagian utara dan tengah daerah penelitian. Diperoleh nilai V_s berkisar antara 53 – 3027 m/s untuk rentang kedalaman hingga 610 m, dengan nilai relative lebih rendah pada sisi tengah, tenggara, dan barat laut. Dilakukan juga pengelompokan jenis tanah dengan nilai rata-rata kecepatan gelombang V_s hingga kedalaman 30 m yang menunjukkan jenis tanah di daerah penelitian yaitu wilayah Kertajati berupa tanah sedang (SD) dan tanah padat atau batuan lunak (SC).

2.1.3 Mikrozonasi Seismik Di Kawasan ITSNU Pekalongan Dengan Menggunakan Metode HVSr

Hakim dan Yuniarto (2023) melakukan penelitian mengenai analisis mikrotremor dengan metode HVSr untuk mikrozonasi di kawasan ITSNU Pekalongan. Penelitian tentang kerawanan terhadap bencana gempa bumi di kawasan ITSNU Pekalongan perlu dilakukan karena kawasan tersebut terdiri atas 3 buah bangunan bertingkat dan merupakan kawasan yang setiap hari digunakan untuk aktivitas banyak orang. Pernah ada gempa bumi yang menyebabkan kerusakan besar, seperti gempa Kuningan pada tahun 1842, gempa Karawang pada tahun 1862, gempa Majalengka pada tahun 1912, dan gempa Madiun pada tahun 2015. Beberapa kota atau kabupaten, seperti Cirebon, Brebes, Pemalang, dan Pekalongan, dilintasi oleh sesar di bagian barat Pantura. Hingga saat ini, sesar tersebut masih bergerak dengan kecepatan rata-rata 4,5 milimeter per tahun. Kabupaten Pekalongan terletak di daerah yang rawan gempa bumi karena sesar

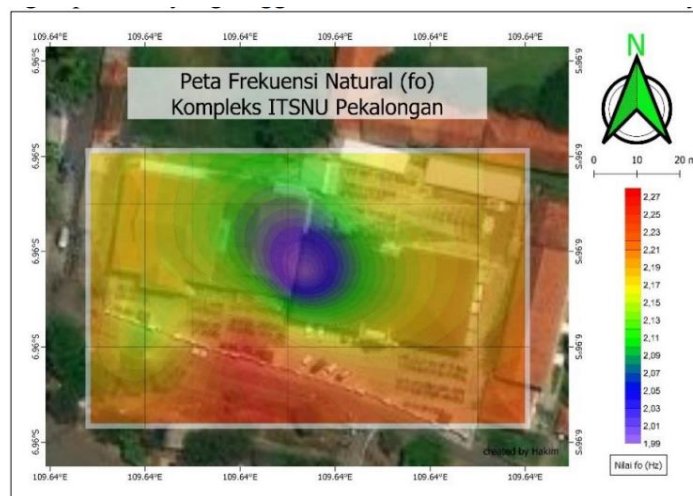
tersebut melewatinya. Kerawanan terhadap gempa bumi dapat dianalisis dengan menggunakan metode HVSR. Penelitian dilakukan dengan pengukuran pada 10 titik yang tersebar di kawasan ITSNU Pekalongan **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Lokasi Pengukuran Mikroseismik
(Hakim dan Yuniarto, 2023)

Data yang dihasilkan dengan metode HVSR adalah data nilai frekuensi natural (f_0) dan nilai amplifikasi (A_0). Dari kedua data tersebut dapat diolah lagi untuk menghasilkan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan ketebalan lapisan lapuk (H) kemudian diolah menggunakan software Surfer untuk menghasilkan peta.

Berdasarkan pengukuran di kawasan ITSNU Pekalongan, diperoleh nilai frekuensi natural (f_0) sebesar 1,99-2,27 Hz dapat dilihat pada **Gambar 2.2** sebagai berikut.



Gambar 2.2 Peta Frekuensi Natural (f_0)
(Hakim dan Yuniarto, 2023)

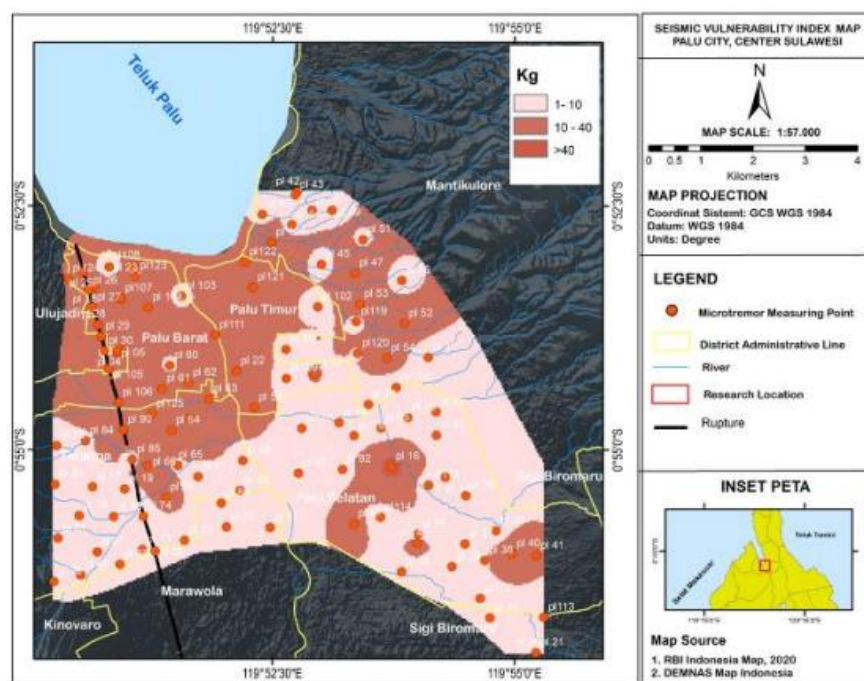
Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data mikrotremor diperoleh nilai amplifikasi (A_0) di kawasan ITSNU Pekalongan berkisar 3,8-6,8 dan mempunyai indeks kerentanan seismik (K_g) antara 6 dan 23 serta lapisan sedimen di ITSNU Pekalongan berkisar antara 26 dan 29,8 meter.

2.1.4 Pemetaan Respon Dinamis Tanah Kota Palu Berdasarkan Metode Rasio Spektral Horisontal ke Vertikal (HVSr)

Salsabila, Yudistira dan Tohari (2023) melakukan penelitian mengenai analisis mikrotremor untuk digunakan untuk memperkirakan sifat dinamis endapan aluvial dan laut untuk mitigasi gempa. Penelitian ini dilakukan karena pada tanggal 28 September Gempa tahun 2018 (M_w 7,5) menghancurkan bangunan di Palu akibat amplifikasi guncangan tanah, likuifaksi, dan tsunami. Bencana gempa bumi sendiri adalah bencana yang menyebabkan banyak kerusakan yang disebabkan oleh banyak faktor. Kondisi geologi adalah salah satu faktor yang paling signifikan dalam menyebabkan kerusakan tertentu. Metode HVSr adalah salah satu cara untuk mengidentifikasi kondisi tersebut.

Data yang dihasilkan dengan metode HVSr adalah data nilai frekuensi natural (f_0) dan nilai amplifikasi (A_0), lalu dari data-data tersebut diolah untuk menghasilkan nilai indeks kerentanan seismik (K_g).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sedimen aluvial dan laut di Palu memiliki nilai frekuensi dominan (f_0) 0,54 hingga 11,72 Hz, amplifikasi (A_0) 1,64 hingga 6,15, dan indeks kerentanan seismik 1,49 hingga 56. Sedimen dengan frekuensi dominan rendah dan faktor amplifikasi tinggi paling banyak terdapat di wilayah barat, serta Kabupaten Palu dan Mantikulore bagian timur yang berasosiasi dengan lapisan sedimen yang tebal. Daerah dengan faktor amplifikasi dan indeks kerentanan seismik tertinggi adalah Petobo dan Balaroa yang mengalami kerusakan parah pada gempa tahun 2018, didapatkan juga peta indeks kerentanan seismik pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Peta indeks kerentanan seismik
(Salsabila, Yudistira dan Tohari, 2023)

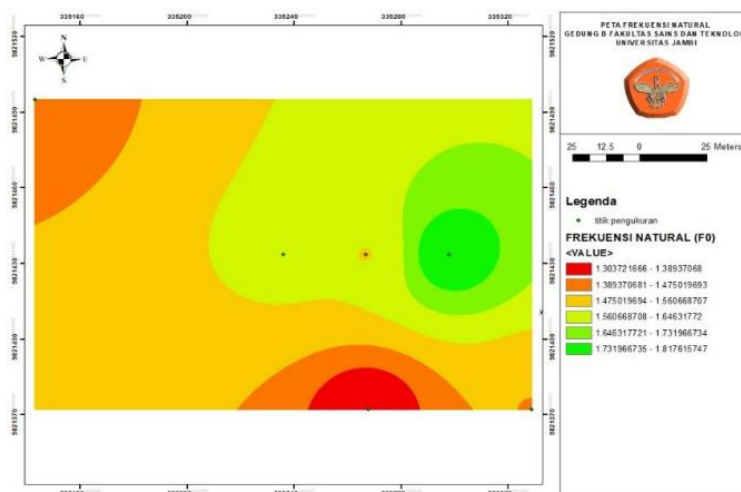
2.1.5 Analisis Kerentanan Tanah Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Jambi Dengan Menggunakan Data Mikrotremor

Dewi *et al* (2023) melakukan penelitian untuk melakukan analisis kerentanan tanah pada di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi. Geologi daerah ini termasuk formasi Muara Enim (TMPM), yang terbentuk pada umur tersier dan terdiri dari batuan yang terbentuk dari perselingan antara

batupasir tufa dengan batulempung tufa, perselingan batupasir kuarsa dengan batulempung kuarsa, dan bersisipan batubara dan oksida besi. Batuan di formasi ini termasuk jenis batuan sedimen. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan perlu analisis kerentanan tanah di sekitar gedung di Fakultas Sains dan Teknologi. Untuk melakukan analisis kerentanan tanah maka diterapkan metode HVSR dalam pengukuran microtremor. Metode HVSR yang dilakukan ini merupakan metode seismik pasif dengan menggunakan tiga komponen yaitu 2 komponen horizontal dan 1 komponen vertical. Pengukuran microtremor pada tanah dilakukan sebanyak 6 titik di sekitar bangunan tersebut.

Hasil yang diperoleh dari pengukuran microtremor dengan metode HVSR adalah nilai frekuensi natural (f_0), faktor amplifikasi (A_0) dan Indeks Kerentanan Seismik (K_g).

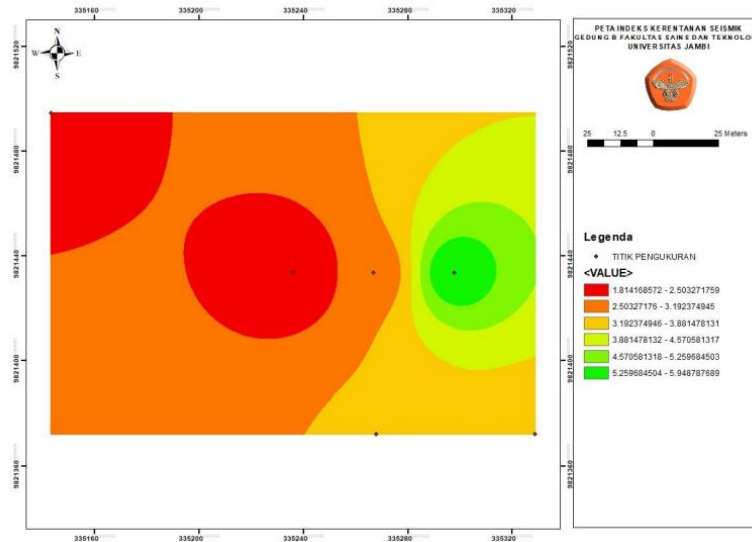
Dari penelitian yang sudah dilakukan didapatkan data nilai frekuensi natural (f_0) berkisar antara 1,30-1,82 Hz, nilai faktor amplifikasi (A_0) berkisar antara 1,69 - 3,28 kali dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Peta Sebaran Nilai Faktor Amplifikasi

(Dewi *et al.*, 2023)

Nilai indeks kerentanan seismik (K_g) berkisar antara 1,814167 sampai $5,948834 \times 10^6 \text{ s}^2/\text{cm}$ dapat dilihat pada **Gambar 2.5** di bawah ini.



Gambar 2.5 Peta Sebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik

(Dewi *et al.*, 2023)

Menurut klasifikasi Kanai, nilai frekuensi di bawah 2,5 Hz dianggap sebagai jenis tanah IV atau jenis tanah II dengan litologi batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, tanah dasar atas, dan lumpur dengan kedalaman lebih dari 30 meter. Permukaan sedimen di daerah ini sangat tebal, dengan ketebalan lebih dari 30 meter.

2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

Dari penelitian – penelitian di atas dapat dirangkum menjadi tabel seperti berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

No	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		(Purnama <i>et al.</i> , 2021)	(Fadhilah, Yudistira dan Sopyan, 2022)	(Hakim dan Yuniarto, 2023)	(Salsabila, Yudistira dan Tohari, 2023)	(Dewi <i>et al.</i> , 2023)	(Muhamad Ridwan 2023)
1	Judul Penelitian	Mikrozonasi Berdasarkan Data Mikrotremor dan Kecepatan Gelombang Geser di Kotamadya Yogyakarta.	Pemetaan Respons Dinamik Tanah Dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Di Wilayah Kertajati Menggunakan Metode Horizontal-To-Vertical Spectral Ratio (HVSr).	Mikrozonasi Seismik Di Kawasan ITSNU Pekalongan Dengan Menggunakan Metode HVSR.	Pemetaan Respon Dinamis Tanah Kota Palu Berdasarkan Metode Rasio Spektral Horizontal ke Vertikal (HVSR).	Analisis Kerentanan Tanah Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Jambi Dengan Menggunakan Data Mikrotremor.	Penyusunan Peta Kerentanan Gempa Menggunakan Metode Horizontal To Vertikal Spectral Ratio (HVSR) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

2	Tujuan Penelitian	1. Mengetahui nilai frekuensi natural (f_0) dan nilai amplifikasi (A_0), nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan Kecepatan gelombang geser (V_s).	1. Mengetahui nilai frekuensi dominan, nilai amplifikasi, dan untuk mengetahui informasi nilai V_s .	1. Menentukan nilai frekuensi natural (f_0) dan nilai amplifikasi (A_0). Sehingga menghasilkan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan ketebalan lapisan lapuk (H).	1. Mengetahui frekuensi dominan (F_g), faktor amplifikasi (A_0), dan memperkirakan variasi karakteristik dinamis menggunakan nilai indeks kerentanan seismik.	1. Mengetahui nilai frekuensi natural (f_0), faktor amplifikasi (A_0) dan Indeks Kerentanan Seismik (K_g).	1. Menentukan karakteristik dinamika tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan (F_g), nilai faktor amplifikasi tanah (A_g), periode dominan tanah (T_g), dan indeks kerentanan seismik (K_g).
		2. Memetakan daerah rawan kerusakan gempabumi di Kotamadya Yogyakarta.	2. Untuk mengetahui jenis tanah di daerah Kertajati.	2. Mengetahui peta kerentanan seismik di kawasan ITSNU Pekalongan.	2. Mengetahui Daerah dengan faktor amplifikasi dan indeks kerentanan seismik tertinggi pada gempa tahun 2018 di Palu.	2. Mengetahui tanah di sekitar gedung FST tergolong aman atau tidak aman terhadap guncangan.	2. Mengetahui percepatan tanah maksimum (PGA) di kawasan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

	Tujuan Penelitian			3. Mendapat klasifikasi tanah di kawasan ITSNU Pekalongan.			3. Mengetahui peta kerentanan gempa di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.
3	Hasil Penelitian	1. Mengetahui nilai frekuensi natural (f_0) dan nilai amplifikasi (A_0), nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan Kecepatan gelombang geser (V_s) di Kotamadya Yogyakarta.	1. Mendapat nilai frekuensi dominan, nilai amplifikasi, dan untuk mengetahui informasi nilai V_s .	1. Mendapat nilai frekuensi natural (f_0) dan nilai amplifikasi (A_0). Sehingga didapat nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan ketebalan lapisan lapuk (H) di wilayah ITSNU Pekalongan.	1. Mendapat nilai frekuensi dominan (F_g), faktor amplifikasi (A_0), dan variasi karakteristik dinamis menggunakan nilai indeks kerentanan seismik.	1. Mendapat nilai frekuensi natural (f_0), faktor amplifikasi (A_0) dan Indeks Kerentanan Seismik (K_g) di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.	1. Karakteristik dinamika tanah berdasarkan nilai frekuensi natural (f_0), nilai amplifikasi (A_0), periode dominan (T_0), dan indeks kerentanan seismik (K_g) di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

	Hasil Penelitian	2. Peta daerah rawan kerusakan gempabumi di Kotamadya Yogyakarta.	2. Jenis tanah wilayah Kertajati berupa tanah sedang (SD) dan tanah padat atau batuan lunak (SC).	2. Peta kerentanan seismik di kawasan ITSNU Pekalongan. 3. Kawasan ITSNU Pekalongan termasuk dalam klasifikasi tanah tipe I jenis IV.	2. Daerah dengan faktor amplifikasi dan indeks kerentanan seismik tertinggi pada gempa tahun 2018 di Palu adalah Petobo dan Balaroa.	2. Tanah di sekitar gedung FST tergolong aman terhadap guncangan.	2. Mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia. 3. Peta kerentanan gempa di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.
--	-------------------------	---	---	--	--	---	--

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Kondisi Geologi

Kondisi geologi adalah karakteristik fisik dan struktural kerak bumi serta materi yang membentuknya di suatu wilayah geografis tertentu. Kondisi geologi mencakup berbagai aspek, termasuk jenis batuan, komposisi tanah, bentuk lahan, patahan, dan fitur geologi lainnya. Pengetahuan tentang kondisi geologi penting untuk proyek konstruksi. Insinyur perlu menilai stabilitas tanah dan potensi bahaya geologi seperti tanah longsor atau gempa bumi.

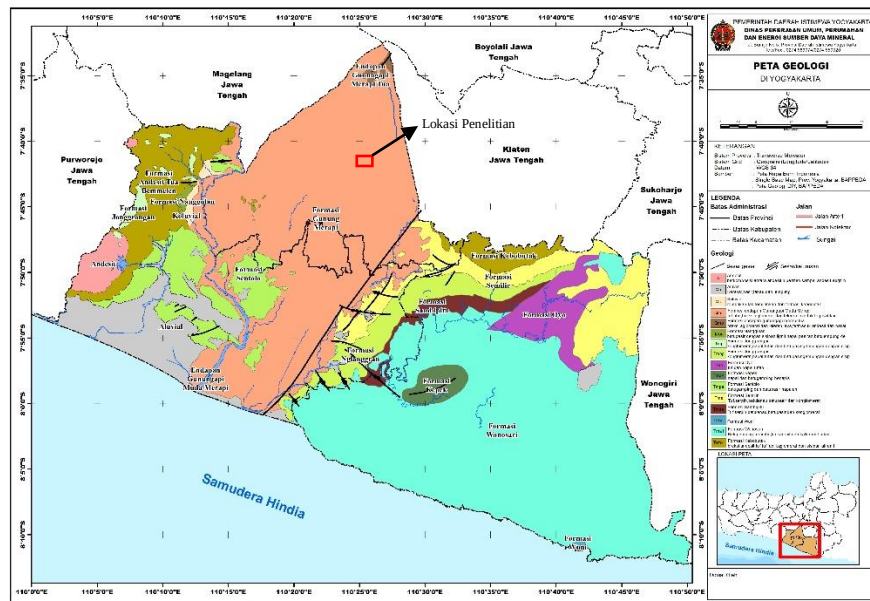
3.1.1 Kondisi Geologi Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia berada di Jl. Kaliurang km 14.5, Candirejo, Sinduharjo, Kec. Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta yang dimana terdapat 2 sungai yang melewati area kampus. Sungai yang berada di belakang yaitu sungai Pelang dan dibangun Waduk UII 1, lalu pada bagian depan sungai Kladuan terletak dibagian barat Kampus UII yang tepatnya berada di depan Perpustakaan UII yang kemudian dibangun Waduk UII 2 Kedua Waduk UII ini memiliki peranan yang penting bagi lingkungan disekitar Kampus Universitas Islam Indonesia, yaitu sebagai sarana konservasi dan juga irigasi untuk persawahan di sekitar Kampus UII. Lalu disekitar kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia juga terdapat area persawahan, perkebunan jati, dan pemukiman padat penduduk.

Menurut data sistem informasi profil daerah Kabupaten Sleman tahun 2014, Jenis tanah di sekitar Kampus UII merupakan tanah regosol. Menurut jurnal nutrisi tanah Institut Teknologi Nasional Malang (2018), regosol adalah tanah yang berasal dari pelapukan dari material yang dikeluarkan oleh letusan gunung berapi seperti debu, pasir, lahar, dan lapili. Jenis tanah ini belum mengalami perkembangan sempurna. Tanah ini seringkali terbentuk melalui proses-proses geomorfologis seperti deposisi oleh air sungai, endapan abu vulkanik, atau

sedimentasi dari gerakan massa tanah seperti longsor. Material asalnya bervariasi, mencakup pasir, kerikil, endapan abu, atau bahan sedimentasi lainnya yang terakumulasi melalui proses alami yang membuat tanah ini memiliki sifat yang kurang stabil dibandingkan dengan beberapa jenis tanah lain yang lebih berkembang.

Menurut jurnal geologi dan sumberdaya mineral, batuan pada area kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia merupakan batuan endapan gunung api muda Merapi. Endapan gunungapi muda umumnya terdiri dari beberapa jenis batuan vulkanik yang dihasilkan selama letusan-letusan terakhir. Contohnya Seperti Lapilli (Batu Kerikil Vulkanik). Lapilli adalah batuan vulkanik kecil yang terbentuk selama letusan vulkanik. Mereka dapat berupa fragmen lava yang memadat atau pecahan batuan yang terlempar selama letusan. Berikut peta kondisi geologi di Yogyakarta dapat dilihat pada **Gambar 3.1** di bawah ini.



Gambar 3.1 Peta Geologi Daerah Istimewa Yogyakarta

(Sumber: Badan Perencanaan & Pembangunan Daerah Istimewa Yogyakarta, 2021)

3.2 Gempa Bumi

Menurut BMKG, Gempa bumi adalah getaran atau guncangan permukaan bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi di dalam kerak bumi. Energi ini merambat dalam bentuk gelombang seismik.

Faktor Penyebab:

a. Aktivitas Tektonik

Mayoritas gempa bumi terjadi akibat pergerakan lempeng tektonik di kerak bumi. Patahan-patahan atau geseran di sepanjang batas lempeng dapat menyebabkan tekanan yang dilepaskan dalam bentuk gempa.

b. Aktivitas Vulkanik

Erupsi gunung berapi dapat menciptakan gempa vulkanik. Penimbunan magma di bawah permukaan dapat menyebabkan tekanan yang memicu gempa.

c. Aktivitas Manusia

Aktivitas manusia seperti pengeboran minyak, penambangan, atau reservoir air besar dapat memicu gempa bumi. Fenomena ini dikenal sebagai gempa buatan atau gempa induksi manusia.

Dari faktor – faktor diatas dapat disimpulkan bahwa gempa bumi terjadi akibat terlepasnya energi energi yang berada di dalam bumi, yang kemudian oleh gelombang gempa bumi energi tersebut dirambatkan ke permukaan bumi dan terjadilah getaran gempa bumi.

Gempa bumi diukur menggunakan beberapa skala, yang paling umum adalah Skala Richter atau Skala Moment. Skala ini memberikan gambaran tentang seberapa besar energi yang dilepaskan selama gempa. Gempa bumi adalah fenomena alam yang kompleks, dan pemahaman tentang faktor penyebab, gelombangnya, dan karakteristiknya penting untuk pengelolaan risiko bencana dan perlindungan masyarakat.

3.3 Mikrotremor

Mikrotremor atau *ambient noise* adalah getaran tanah yang bersumber dari alam seperti guncangan dan gelombang, selain itu getaran tersebut juga bisa bersumber dari manusia, aktivitas industri dan lain sebagainya (Haniifah, 2023). Mikrotremor merupakan getaran kecil atau gempa kecil yang terjadi pada permukaan tanah dan sering kali tidak terasa oleh manusia tanpa menggunakan peralatan khusus. Getaran ini umumnya memiliki frekuensi antara 0,1 hingga 0,5 Hertz (Ibrahim dan Subardjo, 2005). Mikrotremor sering diukur dan dianalisis dalam bidang seismologi dan geofisika. Penyebab mikrotremor berasal dari berbagai faktor alami dan buatan manusia, termasuk:

1. Penyebab Alami

a. Angin

Getaran yang diinduksi oleh angin dapat menyebabkan mikrotremor.

b. Gelombang Laut

Aktivitas laut, seperti ombak, dapat menghasilkan getaran tanah.

c. Gaya Pasang Surut

Gaya pasang surut dapat memengaruhi gerakan tanah.

2. Penyebab Buatan Manusia

a. Angin

Lalu Lintas baik berupa gerakan kendaraan, terutama di daerah perkotaan, dapat menghasilkan mikrotremor.

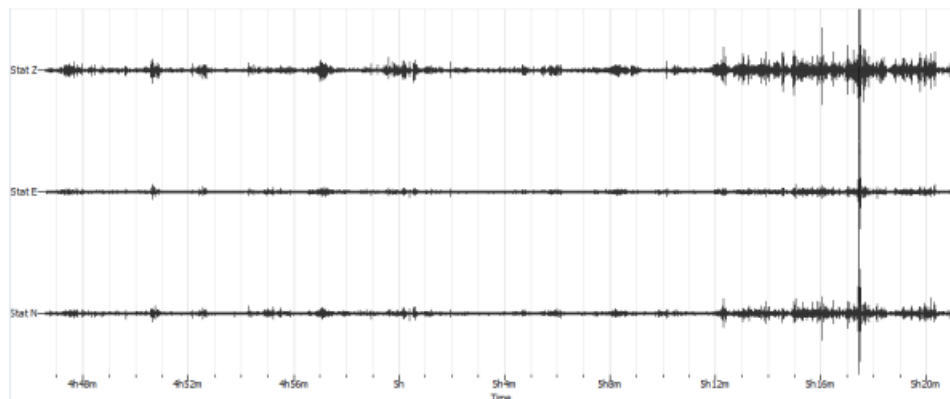
b. Konstruksi

Aktivitas konstruksi dan mesin berat dapat menyebabkan getaran tanah.

c. Proses Industri

Beberapa proses industri dapat berkontribusi terhadap mikrotremor.

Nakamura (2000) menjelaskan bahwa pengukuran mikrotremor digunakan untuk mengetahui sifat getaran tanah, ini dikarenakan mikrotremor berkaitan dengan kondisi struktur tanah dan juga kondisi di bawah permukaan tanah. Berikut contoh data sinyal mikrotremor yang diperoleh dari pembacaan seismograf pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Data Mikrotremor Tiga Komponen di Kecamatan Gantiwarno
(Arifudin, 2018)

3.4 Mikrozonasi

Mikrozonasi adalah suatu proses pemetaan dan karakterisasi mikrozon atau zona kecil dalam suatu wilayah geografis tertentu yang dapat memiliki karakteristik seismik dan geoteknik yang berbeda-beda. Tujuan utama mikrozonasi adalah untuk memahami dan mengidentifikasi variabilitas dalam respons seismik dan geoteknikal di berbagai bagian suatu wilayah. Maka dari itu tersebut perlu diadakan pemetaan untuk mengetahui potensi gempa yang ada terutama di kawasan penelitian yaitu di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia. Hasil dari pemetaan tersebut bertujuan untuk mengetahui zona rawan gempa dan juga daerah patahannya hal ini berguna untuk pedoman ketika akan dibangun sebuah infrastruktur diatasnya maupun mengevaluasi bangunan yang sudah berdiri di kawasan tersebut. Alasan tersebutlah yang menjadikan mikrozonasi sangat dibutuhkan untuk mitigasi bencana dan juga pedoman evaluasi pembangunan.

3.5 Uji Outlier

Outlier adalah kondisi observasi dari suatu data yang menyimpang atau memiliki karakteristik nilai yang sangat berbeda dengan data lainnya (Tileng, 2015). *Outlier* merupakan data hasil observasi yang memuat nilai – nilai yang berbeda dengan nilai lain dalam kelompoknya. *Outlier* dalam penelitian diketahui dengan menentukan nilai batas dengan cara mengolah data penelitian ke dalam

skor *standardized* atau disebut *Z-score*, nilai syarat *Z-score* yang digunakan sebagai batas adalah kurang dari -3 atau lebih dari +3. Teknik ini cocok digunakan untuk data yang distribusi normal, jika distribusi data tidak normal maka teknik ini tidak dapat digunakan dan perlu menggunakan teknik lain. Distribusi normal adalah jenis distribusi probabilitas yang memiliki bentuk simetris menyerupai kurva lonceng. Ini menunjukkan bahwa kebanyakan data mengelompokkan sekitar rata-rata. Pengecekan distribusi data dapat dilakukan dengan menggunakan grafik Histogram. Menurut Pollock (2011) histogram merupakan salah satu grafik yang dapat digunakan untuk mengecek distribusi data, khususnya kenormalan data. Berikut merupakan perhitungan yang didapat digunakan untuk uji *outlier* dapat dilihat pada **Persamaan 3.1**, **Persamaan 3.2**, dan **Persamaan 3.3**.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.1)$$

$$S. \text{ Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n}} \quad (3.2)$$

$$Z = \frac{\bar{X} - \text{Mean}}{S. \text{ Deviasi}} \quad (3.3)$$

3.6 Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio*

Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dinamika lapisan permukaan tanah. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Nogoshi dan Igarashi pada tahun 1971 yang kemudian dikembangkan oleh Nakamura pada tahun 1989. Nakamura menyatakan bahwa perbedaan karakteristik permukaan akan mempengaruhi efek gempa yang terjadi.

Metode HVSr menyatakan bahwa terdapat hubungan antara perbandingan komponen horizontal dengan vertikal, dimana rasio antara kedua komponen tersebut dari gelombang permukaan menyatakan fungsi perpindahan. Hasil dari pengolahan data menggunakan metode ini adalah nilai frekuensi dominan (f_0) dan nilai amplifikasi (A_g). Berdasarkan getaran seismik horizontal dan vertikal pada permukaan tanah yang mengenai lapisan batuan pada area cekung didapatkan

faktor amplifikasi dimana komponen horizontal dinotasikan dengan TH dan komponen vertikal dinotasikan dengan TV, untuk ilustrasi dapat dilihat pada **Gambar 3.3**. Besarnya nilai amplifikasi diperoleh dengan membandingkan spektrum pada permukaan tanah dengan spektrum yang terjadi pada batuan dasar. Perhitungan nilai faktor amplifikasi horizontal dan faktor amplifikasi vertikal diperoleh dengan **Persamaan 3.4** dan **Persamaan 3.5** sebagai berikut.

1. Perhitungan nilai amplifikasi horizontal :

$$TH = \frac{S_{Hs}}{S_{Hb}} \quad (3.4)$$

2. Perhitungan nilai amplifikasi vertikal :

$$TV = \frac{S_{Vs}}{S_{Vb}} \quad (3.5)$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

TH = Faktor amplifikasi gerakan horizontal

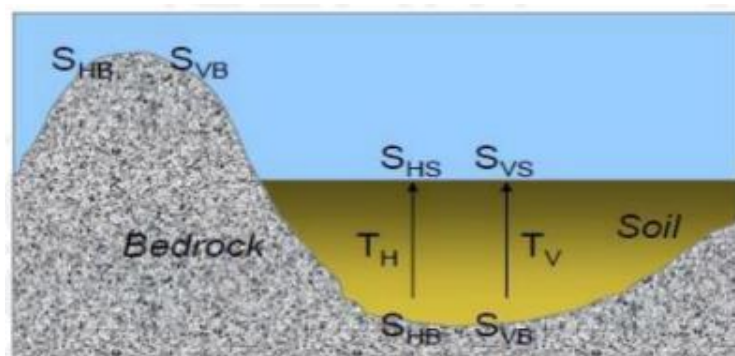
S_{Hf} = Spektrum komponen horizontal di permukaan tanah

S_{Hb} = Spektrum komponen horizontal di lapisan dasar

TV = Faktor amplifikasi gerakan vertikal

S_{Vf} = Spektrum komponen vertikal di permukaan tanah

S_{Vb} = Spektrum komponen vertikal di lapisan dasar



Gambar 3.3 Gerakan Horizontal dan Vertikal Batuan di Area Cekung

(Nakamura, 2000)

Data yang digunakan untuk analisis metode HVSR adalah data mikrotremor. Data – data tersebut didapatkan dengan dilakukan penelitian langsung di lapangan. Pada pengukuran mikrotremor dengan seismograf terdapat 3 komponen yaitu komponen horizontal EW (east – west), komponen horizontal NS (north – south), dan komponen vertikal (up – down). Lalu dapat dilakukan perhitungan rasio spektrum mikrotremor dengan **Persamaan 3.6** sebagai berikut.

$$HVSR = T_{SITE} = \frac{\sqrt{(SH_{North-South})^2 + (SH_{East-West})^2}}{S_{Vs}} \quad (3.6)$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

T_{SITE} = Rasio spektrum mikrotremor

$SH_{North-South}$ = Sinyal horizontal arah utara dan selatan

$SH_{East-West}$ = Sinyal horizontal arah timur dan barat

S_{Vs} = Sinyal vertikal

3.7 Frekuensi Natural (F0)

Frekuensi Natural (F0) mengacu pada frekuensi puncak dalam spektrum frekuensi dari suatu sinyal atau getaran di mana amplitudo atau intensitas sinyal atau getaran mencapai nilai maksimum. Frekuensi dominan sering kali ditemukan dalam konteks analisis sinyal, seismologi, dan berbagai bidang ilmu lainnya. Dalam konteks getaran tanah atau struktur, frekuensi dominan berisi informasi penting tentang karakteristik dinamis suatu sistem. Misalnya, dalam analisis gempa bumi atau struktur bangunan, frekuensi dominan dapat digunakan untuk merancang struktur yang tahan terhadap getaran atau mengevaluasi respons dinamis dari suatu sistem. Nilai frekuensi dominan ini didapatkan dari hasil pengolahan metode HVSR pada sumbu horizontal puncak kurva H/V. Nilai dari frekuensi natural digunakan untuk mengetahui jenis dan karakteristik lapisan tanah maupun batuan. Nilai frekuensi natural besarnya dipengaruhi oleh ketebalan lapisan lapuk (H) dan kecepatan di bawah permukaan (V_s), dengan ini dapat disimpulkan bahwa wilayah yang memiliki lapisan sedimen yang tebal cenderung mempunyai nilai frekuensi natural yang kecil. Berikut **Tabel 3.1** untuk mengetahui klasifikasinya secara lengkap.

Tabel 3.1 Nilai Frekuensi Natural Berdasarkan Klasifikasi Kanai

Tipe	Jenis	Frekuensi Natural (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
IV	I	6,67 – 20	Batuan <i>gravel</i> , <i>hard sandy</i> , dll. Berumur tersier atau lebih tua.	Didominasi oleh batuan keras, ketebalan sedimen permukaan sangat tipis.
III	II	4,0 – 6,67	Batuan <i>sandy-gravel</i> , <i>loam</i> , <i>sandy hard clay</i> , dll. Batuan <i>alluvial</i> dengan ketebalan sekitar 5 m.	Ketebalan sedimen permukaan sekitar 5 – 10 m, masuk dalam kategori menengah.
II	III	2,5 – 4,0	Batuan <i>sandy-gravel</i> , <i>loam</i> , <i>sandy hard clay</i> , dll. Batuan <i>alluvial</i> dengan ketebalan > 5 m.	Ketebalan sedimen permukaan sekitar 10 – 30 m, termasuk dalam kategori tebal.
I	IV	< 2,5	Batuan <i>alluvial</i> dari sedimentasi delta, <i>top soil</i> , lumpur dan lainnya. Kedalaman ≥ 30 m.	Ketebalan sedimen permukaan sangatlah tebal.

(Hakim dan Yuniarto, 2023)

3.8 Amplifikasi Maksimal (A_g)

Faktor amplifikasi menggambarkan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan densitas antar lapisan. Besar atau kecilnya faktor amplifikasi sangat bergantung pada lunak atau kerasnya lapisan batuan yang dilalui oleh gelombang (Dewi *et al.*, 2023). Nilai faktor amplifikasi dikelompokkan menjadi empat zona, dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Klasifikasi Nilai Amplifikasi

Zona	Klasifikasi	Nilai Amplifikasi
I	Rendah	$A_g < 3$
II	Sedang	$3 \leq A_g < 6$
III	Tinggi	$6 \leq A_g < 9$
IV	Sangat Tinggi	$A_g \geq 9$

(Hakim dan Yuniarto, 2023)

Nilai Amplifikasi dapat juga dicari menggunakan rumus persamaan. Hal ini dapat terjadi karena nilai penguatan amplifikasi berhubungan dengan kontras

lapisan yang ada baik di bawah maupun di permukaanya. Apabila kontras lapisan tinggi maka nilai faktor amplifikasi akan tinggi, begitu juga sebaliknya. Berikut rumus dapat dilihat pada **Persamaan 3.7**.

$$A0 = \frac{\rho_b V_b}{\rho_s V_s} \quad (3.7)$$

3.9 Periode Dominan (T₀)

Periode Dominan (T₀) adalah periode di mana struktur atau sistem dinamis memiliki respons dinamis terbesar atau frekuensi paling signifikan. Dalam konteks analisis seismik atau dinamika struktur, periode dominan adalah periode getaran yang diperlukan oleh gelombang mikrotremor untuk merambat melewati lapis endapan di permukaan. Nilai dari periode dominan dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik pada lapisan di lokasi penelitian menggunakan **Persamaan 3.8** di bawah dan klasifikasinya dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

$$T_0 = \frac{1}{F_0} \quad (3.8)$$

Tabel 3.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Periode Dominan Kanai

Klasifikasi Tanah Kanai	Periode Dominan	Deskripsi
Jenis I	< 0,25	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>hard sandy, gravel</i> .
Jenis II	0,25 – 0,5	Batuan <i>alluvial</i> dengan ketebalan 5 m. terdiri dari <i>sandy – gravel, sandy hard clay, loam</i> .
Jenis III	0,5 – 0,75	Batuan <i>alluvial</i> , hampir sama dengan jenis II, hanya dibedakan oleh adanya formasi <i>bluff</i> .
Jenis IV	> 0,75	Batuan <i>alluvial</i> , yang terbentuk dari sedimentasi delta, <i>top soil</i> , lumpur, dll. Kedalaman ≥ 30 m.

(Pratiwi, 2017)

3.10 Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Indeks kerentanan seismik (K_g) adalah indikator yang digunakan jika terjadi deformasi pada saat terjadi gempa bumi untuk melihat tingkat kerentanan

tanah. Indeks kerentanan seismik (K_g) dapat diperoleh dari hubungan antara frekuensi natural dan amplifikasi yang terjadi, dan dapat diperoleh dari pengukuran permukaan. Faktor yang mempengaruhi indeks kerentanan seismik adalah sedimen pada periode terakhir dan ketiga periode pada era kenozoikum yang mempunyai tingkat rendah, hal ini mempengaruhi nilai faktor amplifikasi saat adanya gempa bumi. Indeks kerentanan seismik (K_g) dapat dicari menggunakan **Persamaan 3.9** dan klasifikasinya dapat dilihat pada **Tabel 3.4** di bawah ini.

$$K_g = \frac{A_g^2}{f_g} \quad (3.9)$$

Keterangan :

K_g = Indeks kerentanan seismik

A_g = Faktor amplifikasi Tanah

f_g = Frekuensi dominan

Tabel 3.4 Klasifikasi Nilai Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Kategori Kerentanan	Nilai K_g
Rendah	$K_g < 3$
Sedang	$3 < K_g < 6$
Tinggi	$K_g > 6$

(Refrizon, 2013)

3.11 Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

Percepatan tanah maksimum (PGA) adalah besaran percepatan maksimum yang terjadi pada permukaan tanah selama suatu gempa bumi atau peristiwa dinamis lainnya. Nilai percepatan tanah maksimum (PGA) dapat diperoleh dari hasil peninjauan gelombang seismik dari pusat gempa yang menuju lapisan di atasnya. Percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* menjadi salah satu parameter penting dalam menganalisa kerentanan gempa bumi, hal ini dikarenakan PGA memberikan informasi mengenai kekuatan gempa yang pernah terjadi pada suatu wilayah. Faktor – faktor yang mempengaruhi percepatan tanah

maksimum mencakup kerusakan yang terjadi yang diakibatkan oleh gempa bumi berdasarkan pada tingkat besarnya gempa yang terjadi meliputi kekuatan dan kualitas bangunan, kondisi geologi, dan juga percepatan tanah dimana lokasi infrastruktur didirikan.

Percepatan tanah dapat diukur menggunakan *accelerograp* yang dilakukan langsung dilapangan, dapat juga diukur dengan pendekatan empiris. Pendekatan empiris adalah pendekatan yang dilakukan dengan penelitian untuk menggambarkan kondisi yang ada di lapangan, pendekatan ini dibuktikan dengan penelitian langsung sehingga didapat hasil yang kuat. Metode untuk pendekatan empiris adalah metode kanai. Perhitungan dengan metode ini didapatkan nilai percepatan tanah maksimum, berikut dapat dilihat pada **Persamaan 3.10**.

$$\alpha = \frac{5}{\sqrt{T_g}} 10^{(0,61M) - (1,6 + \frac{3,6}{R} \log 10^R) + (0,167 - \frac{1,83}{R})} \quad (3.10)$$

Nilai PGA kanai dalam satuan gal dapat dikonversi menjadi PGA satuan g dengan **Persamaan 3.11** dan PGA MMI dengan **Persamaan 3.12** berikut.

$$\alpha g = PGA (gal) \times 0,0010197 \quad (3.11)$$

$$\alpha g = 3,66 \times \log (PGA (gal) - 1,66) \quad (3.12)$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

- α = Nilai Percepatan Tanah di Bawah Permukaan
- T_g = Periode Dominan Tanah
- M = Magnitudo
- R = Jarak Hiposenter

Klasifikasi skala nilai PGA menurut SIG BMKG dapat dilihat pada **Tabel 3.5** dibawah ini.

Tabel 3.5 Klasifikasi nilai PGA menurut SIG BMKG

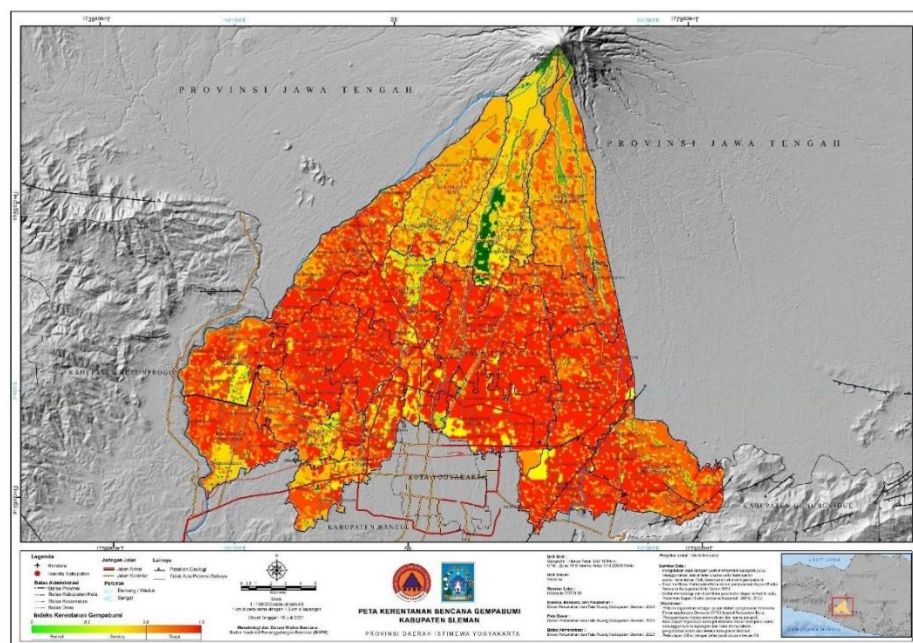
Skala SIG BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	TIDAK DIRASAKAN (<i>Not Felt</i>)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.	I-II	< 2.9
II	Hijau	DIRASAKAN (<i>Felt</i>)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-V	2.9-88
III	Kuning	KERUSAKAN RINGAN (<i>Slight Damage</i>)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, atap bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.	VI	89-167
IV	Jingga	KERUSAKAN SEDANG (<i>Moderate Damage</i>)	Banyak Retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar atap bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	168-564
V	Merah	KERUSAKAN BERAT (<i>Heavy Damage</i>)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	> 564

(Sumber : Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika)

3.12 Peta Kerentanan Gempa Bumi

Peta adalah representasi visual dari suatu wilayah atau area geografis yang dibuat dalam dua dimensi dengan skala, simbol, dan informasi lain di dalamnya. Peta menyajikan informasi tentang berbagai elemen geografis seperti batas – batas negara, kota, sungai, gunung, topografi. Peta berperan sebagai sarana informasi dengan berbagai macam fungsi seperti untuk navigasi, analisis geografis, perencanaan wilayah, dll. Peta kerentanan gempa bumi diartikan sebagai

gambaran kawasan yang dibuat berdasarkan klasifikasi tingkat kerentanan dan kerusakan suatu wilayah terhadap gempa bumi yang terjadi di wilayah tersebut. Peta kerentanan gempa bumi dibuat dengan analisa terhadap nilai percepatan tanah maksimum pada daerah penelitian. Wilayah dengan nilai PGA tinggi mengindikasikan bahwa wilayah tersebut memiliki dampak yang besar jika terjadi gempa bumi demikian juga sebaliknya. Berikut merupakan contoh peta kerentanan gempa bumi dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Peta Kerentanan Bencana Gempabumi Kabupaten Sleman Tahun 2021

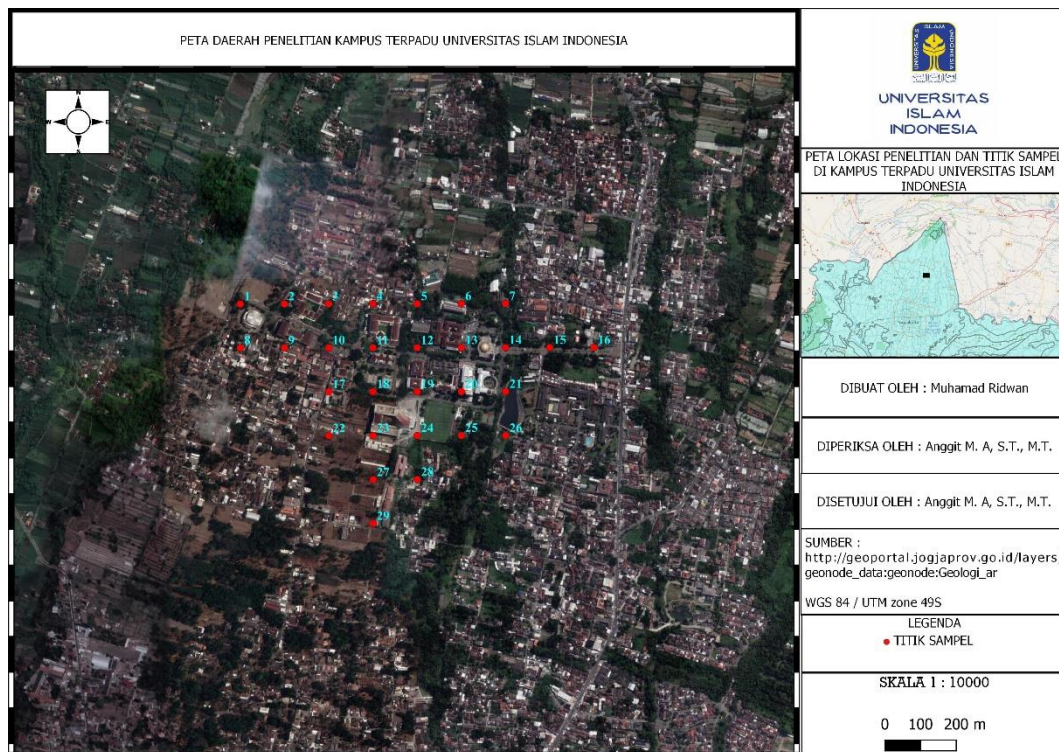
(Sumber: Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Sleman, 2021)

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia tepatnya di Candirejo, Sinduharjo, Kec. Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Wilayah penelitian ini terletak pada koordinat $7^{\circ}41'5.679''$ - $7^{\circ}41'34.094''$ dan $110^{\circ}24'30.279''$ – $110^{\circ}24'31.363''$ berikut merupakan detail lokasi penelitian **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

4.2 Peralatan dan Teknik Pengumpulan Data

4.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua perangkat, yaitu perangkat lunak dan perangkat keras.

1. Perangkat lunak (*software*)
 - a. *Web Lunitek* berfungsi untuk mengatur instrument.
 - b. *Sesarry Geopsy* berfungsi untuk menginver dan menganalisis kurva H/V.
 - c. *QGIS 3.22.16* berfungsi untuk membuat peta penelitian.
 - d. *Google Earth Pro* berfungsi untuk menentukan titik lokasi penelitian dan penentuan koordinat.
 - e. *Microsoft Excel office 16* berfungsi untuk pengolahan data.
 - f. *Microsoft Word office 16* berfungsi untuk menyusun laporan.
2. Perangkat keras (*hardware*)
 - a. *Blue suitcase* berfungsi untuk mengukur dan merekam getaran tanah.
 - b. *Digital Seismic Sensor Triton 5s* berfungsi mengukur dan menyimpan getaran tanah pada setiap titik penelitian.
 - c. *WIFI Antenna* atau *Ethernet cable* berfungsi untuk penghubung antar instrument.
 - d. *USB* atau *flashdisk* berfungsi untuk menyimpan data penelitian.
 - e. *Adaptor + power cable (to AC)*.
 - f. *GPS Antenna* berfungsi untuk menentukan posisi titik penelitian.
 - g. *Battery type 18650 3400 mAh 3,7 Volt* berfungsi sebagai sumber daya perangkat perekam.
 - h. *Laptop* berfungsi sebagai perangkat untuk pengolahan dan penyusunan laporan.
 - i. *Lembar Checklist* pengukuran data penelitian.

Untuk mengetahui dengan jelas *hardware* yang dipakai untuk penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.

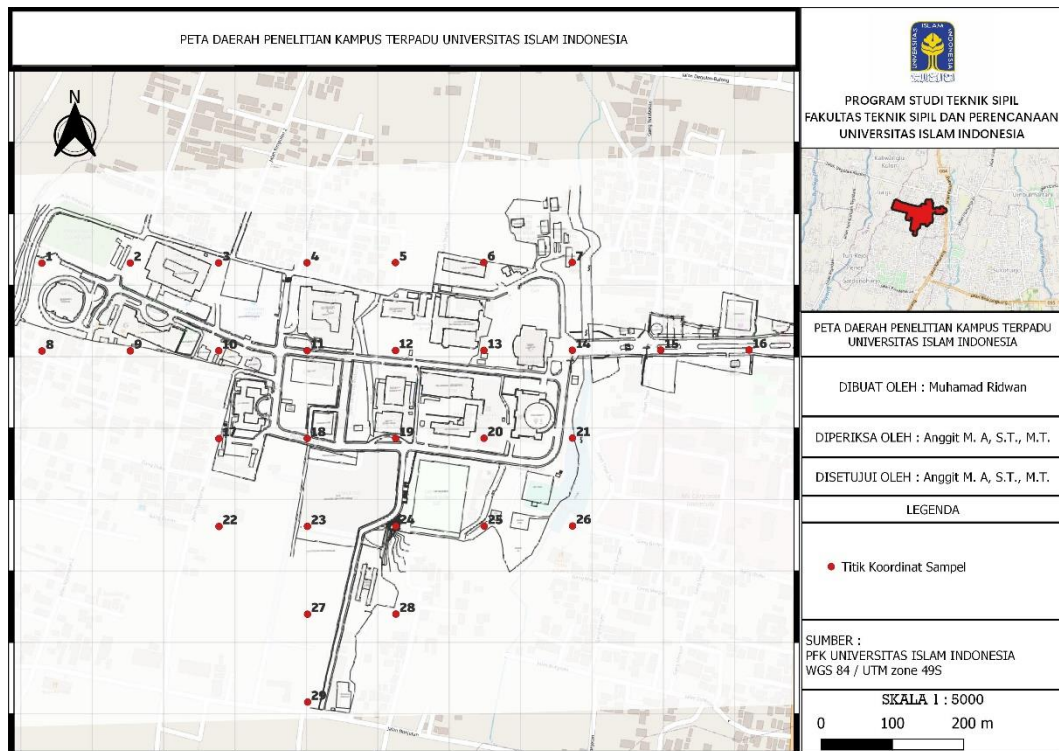


Gambar 4.2 Perangkat Keras Yang Digunakan Untuk Pengukuran Mikrotremor

4.2.2 Teknik Pengumpulan Data

Langkah awal yang dilakukan sebelum penelitian adalah melakukan desain peta untuk penentuan titik penelitian. Proses pembuatan peta ini menggunakan *software* QGIS 3.22.16 dengan membuat grid dengan interval $\pm 125 \times 125$ meter lalu menggunakan OSM satelit untuk memudahkan dalam menemukan titik tersebut. Data – data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari survey yang dilakukan di lapangan untuk mendapatkan nilai mikrotremor pada titik penelitian yang sudah ditentukan. Perencanaan lokasi untuk penelitian menggunakan grid dengan interval $\pm 125 \times 125$ meter dapat dilihat pada **Gambar 4.3**. Pengukuran pada penelitian ini dibantu *software* QGIS yang dibuat

berpedoman pada peta yang didapat dari pihak Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.



Gambar 4.3 Grid Lokasi Penelitian dengan Interval $\pm 125 \times 125$ meter

Kemudian mencari koordinat pada tiap titik penelitian yang sudah ditentukan. Koordinat pada tiap titik penelitian dapat dilihat pada **Tabel 4.1** di bawah ini.

Tabel 4.1 Koordinat titik penelitian dalam UTM

Titik	X (Longitude)	Y (Latitude)
1	110.4090637	-7.686353829
2	110.4101866	-7.686353829
3	110.4113095	-7.686353829
4	110.4124324	-7.686353829
5	110.4135552	-7.686353829
6	110.4146781	-7.686353829
7	110.415801	-7.686353829
8	110.4090637	-7.687466632
9	110.4101866	-7.687466632
10	110.4113095	-7.687466632
11	110.4124324	-7.687466632

Lanjutan Tabel 4.1 Koordinat titik penelitian dalam UTM

12	110.4135552	-7.687466632
13	110.4146781	-7.687466632
14	110.415801	-7.687466632
15	110.4169239	-7.687466632
16	110.4180468	-7.687466632
17	110.4113095	-7.688579433
18	110.4124324	-7.688579433
19	110.4135552	-7.688579433
20	110.4146781	-7.688579433
21	110.415801	-7.688579433
22	110.4113095	-7.689692231
23	110.4124324	-7.689692231
24	110.4135552	-7.689692231
25	110.4146781	-7.689692231
26	110.415801	-7.689692231
27	110.4124324	-7.690805026
28	110.4135552	-7.690805026
29	110.4124324	-7.691917817

Kemudian dilakukan pengukuran data mikrotremor secara langsung di lokasi penelitian sesuai titik yang sudah ditentukan sebelumnya. Dalam melakukan pengukuran dibutuhkan waktu ± 30 menit untuk setiap titiknya dan pengukuran harus dilakukan sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan oleh *SESAME European Research Project* yang mencakup standar dan syarat pengukuran mikrotremor yang dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Standar dan Syarat Pengukuran SESAME

Jenis Parameter	Saran yang dianjurkan	
Durasi Pencatatan	F0 minimum yang diharapkan (Hz)	Durasi pencatatan minimum yang disarankan (menit)
	0,2	30
	0,5	20
	1	10
	2	5
	5	3
	10	2
Coupling soil – sensor alami (in situ)	1. Atur sensor langsung pada permukaan tanah 2. Hindari menempatkan sensor seismograf pada permukaan tanah yang lunak (lumpur dan semak – semak) atau tanah lunak setelah hujan	

Lanjutan Tabel 4.2 Standar dan Syarat Pengukuran SESAME

Coupling soil – sensor buatan atau artificial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hindari lempengan yang terbuat dari material lunak seperti karet atau busa 2. Pada kemiringan yang curam di mana sulit mendapatkan kedataran sensor yang baik maka pasang sensor pada timbunan pasir atau wadah yang diisi pasir
Keberadaan bangunan atau pohon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suhu : Mengecek kondisi sensor dan mengikuti penjelasan pabrik 2. Hujan : Hindari pengukuran pada saat hujan lebat 3. Angin : Lindungi sensor ketika kecepatan angin lebih dari 5 m/s
Sumber Gangguan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sumber monokromatik : Hindari pengukuran dekat dengan mesin, industri, pompa air, dan generator 2. Sumber sementara : Jika terdapat gangguan seperti langkah kaki dan kendaraan yang melintas maka tambahkan durasi pengukuran

Sumber: SESAME (2004)

4.3 Pengolahan Data

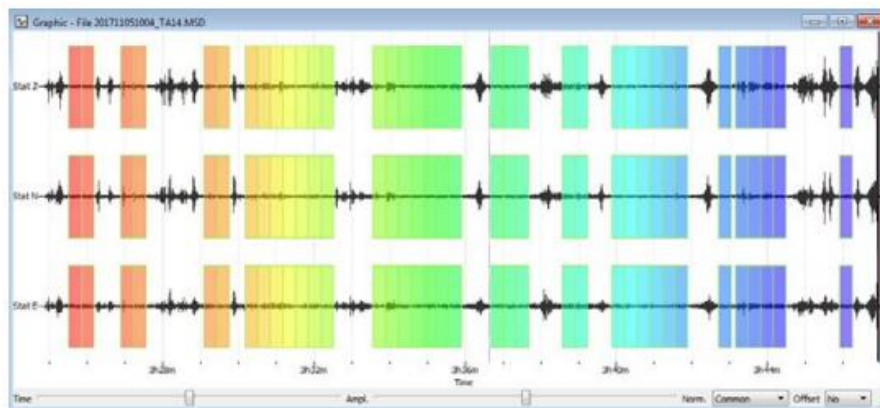
4.3.1 Data Mikrotremor

Data yang diperoleh dari penelitian di lapangan diolah menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr). Hasil dari pengukuran akan menghasilkan 3 komponen getaran gelombang horizontal EW (*east – west*), gelombang horizontal NS (*north – south*), dan gelombang vertikal (*up – down*) kemudian disimpan dengan format *file .mseed*. Setelah itu, data mikrotremor tersebut dilakukan proses *windowing* dan *cutting*. Proses *windowing* dan *cutting* bertujuan untuk membagi dan memilih sinyal tanpa gangguan secara manual menggunakan *software Geopsy*, lalu didapatkan kurva H/V.

4.3.2 Perhitungan Frekuensi Natural (F0), Faktor Amplifikasi (A0), Periode Dominan (T0)

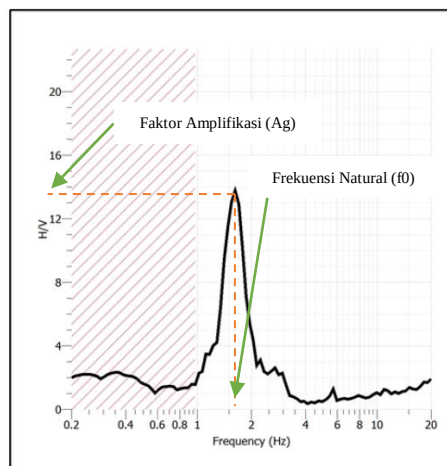
Data yang sudah diolah dengan mikrotremor kemudian diolah menggunakan *software geopsy* untuk mendapatkan kurva H/V. Berdasarkan kurva H/V yang sudah didapat kemudian akan diketahui parameter – parameter yang dibutuhkan seperti nilai frekuensi natural (F0), faktor amplifikasi (A0), dan Periode Dominan (T0). Untuk tahap-tahap pengolahan metode HVSr dengan *software Geopsy* sebagai berikut.

1. *Open software geopsy*, pilih file dan *import signal* lalu atur *seed stream* dengan IP *Instrument* 19.168.0.100 (*Wi – Fi*) atau 192.168.1.100 (*Ethernet*).
2. *Connect* dan pilih format SHE, SHN, SHZ.
3. *Filtering signal* dengan *band pass* 0,5 Hz – 2,5 Hz yang merupakan sinyal frekuensi rendah sesuai dengan karakteristik mikrotremor.
4. Pada *windows seed link signal loader geopsy*, pilih *start*. Setelah itu tekan tombol pada *toolbar*. Secara otomatis *software* akan menyeleksi dan mengolah waktu sinyal. Berikut merupakan contoh sinyal yang diolah dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Contoh windowing Sinyal
(Sumber: Arifudin, A. M, 2018)

5. Pilih *time window* yang meliputi panjang (*length*), *range* waktu yaitu waktu pada saat mulai dan waktu maksimum *window*. Klik kanan pada tiga komponen data, pilih HV, lalu klik *exactly* pada kolom *length*, kemudian *checklist* bagian *anti triggers on raw signal*, dan pada kolom *select* pilih *auto* lalu *start*.
6. Proses pengolahan data disesuaikan dengan *windows* untuk memilah parameter yang diperlukan secara otomatis, klik *start* agar software mulai melakukan perhitungan HVSR.
7. Simpan *output* kurva H/V hasil perhitungan yang sudah diolah dengan format *extension* .HV, dan berikut hasil kurva H/V dapat dilihat pada **Gambar 4.5** dibawah ini.



Gambar 4.5 Kurva H/V
(Sumber: Purnama, A.Y. dkk, 2021)

4.3.3 Perhitungan Indeks Kerentanan Seismik

Perhitungan indeks kerentanan seismik pada penelitian ini dilakukan menggunakan **Persamaan 3.9.** yang merupakan hubungan antara frekuensi natural dan nilai faktor amplifikasi tanah yang terjadi setelah didapatkan nilai indeks kerentanan seismik langkah berikutnya adalah melakukan pemetaan dari hasil tersebut untuk mengetahui persebaran distribusinya.

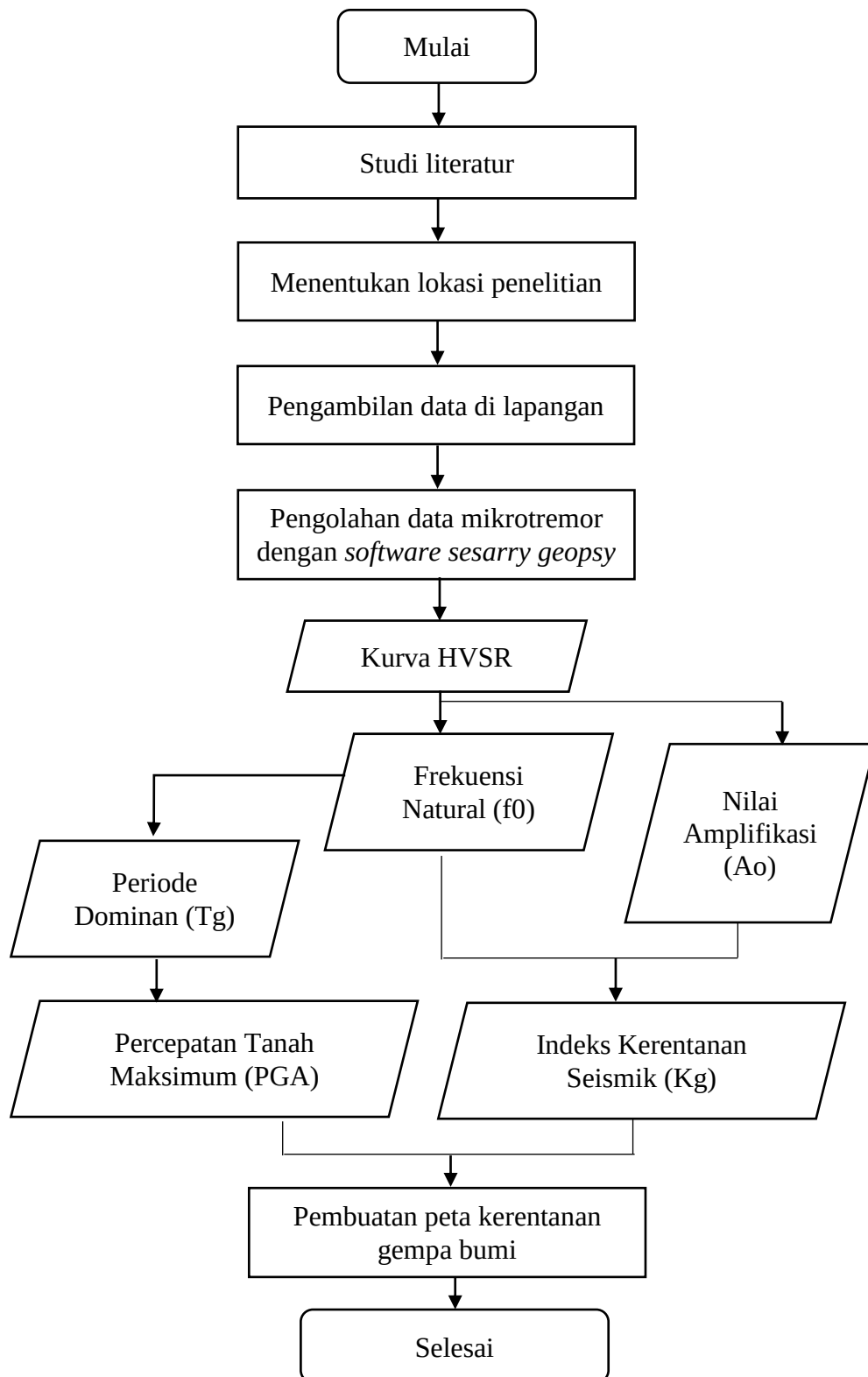
4.3.4 Perhitungan Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

Perhitungan nilai percepatan tanah (PGA) pada penelitian ini menggunakan metode kanai (1996) yang dapat dilihat pada **Persamaan (3.10 – 3.12)** dengan mempertimbangkan hubungan PGA dengan periode dominan tanah, magnitude gempa, serta jarak *epicenter* pada gempa yang terjadi pada tahun 2006 di Yogyakarta.

4.3.5 Peta Kerentanan Gempa bumi

Pembuatan peta kerentanan gempa bumi dilakukan menggunakan software QGIS, pembuatan peta ini dilakukan dengan penggabungan data – data yang diperoleh dari hasil parameter yang sudah didapatkan pada penelitian di lapangan meliputi indeks kerentanan seismik (Kg) dan juga nilai percepatan tanah maksimum (PGA).

4.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4.6 Diagram Alir Penelitian

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Pengambilan Data di Lapangan

Pengambilan data mikrotremor dilakukan di lapangan sesuai titik koordinat yang sudah ditentukan sebelumnya, pengambilan data dilakukan dengan cara merekam getaran tanah menggunakan bantuan alat mikrotremor *Lunitek Digital Seismik Sensor Triton 5s*. Proses perekaman yang dilakukan dengan alat mikrotremor menyesuaikan dengan panduan SESAME. Pada awal pengambilan data mikrotremor yang dilakukan adalah menuju titik dengan bantuan *Google Maps*. Setelah titik sudah sesuai, dilanjut mempersiapkan instrument alat. Berikut merupakan proses persiapan instrument dapat dilihat pada **Gambar 5.1**.



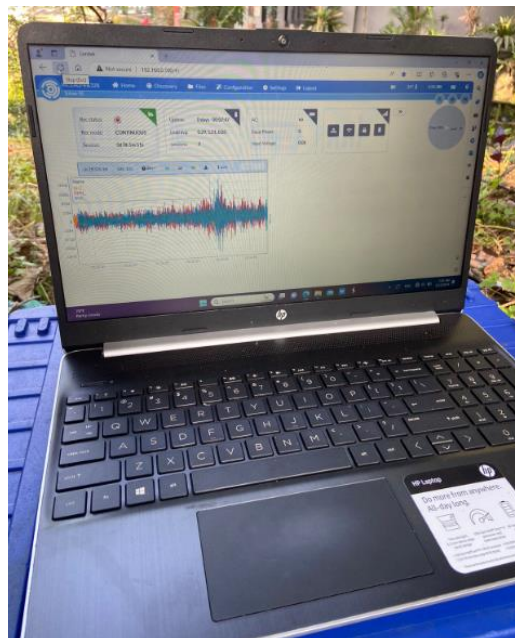
Gambar 5.1 Persiapan Instrumen Alat Pengukuran Mikrotremor

Tahap selanjutnya meletakkan alat di permukaan tanah yang datar, lalu pastikan alat searah dengan arah mata angin utara dan mengatur *nivo* atau gelembung berada di tengah dengan cara mengatur kaki - kaki pada alat *triton 5s*. Pasang kabel GPS, kabel ethernet, antena *Wi-Fi* dan juga baterai. Berikut instrument alat sudah siap untuk merekam getaran tanah dapat dilihat pada **Gambar 5.2**.



Gambar 5.2 Instrumen Alat Pengambilan Data Mikrotremor

Setelah alat dinyalakan lalu dihubungkan dengan *software lunatek* untuk memulai proses perekaman. Proses perekaman dilakukan dalam waktu sekitar 30 menit. Berikut proses perekaman seperti pada gambar **Gambar 5.3**.

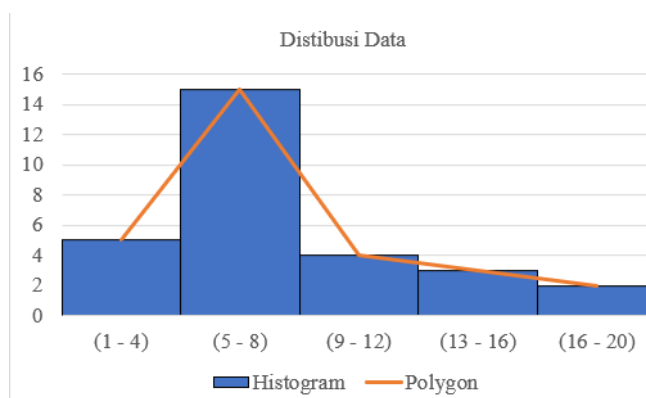


Gambar 5.3 Proses Perekaman Sinyal Mikrotremor

Hasil yang diperoleh dari pembacaan alat mikrotremor adalah data mentah yang terdiri dari 3 jenis komponen gelombang seismik dengan format SHZ.mseed, SHN.mseed, SHE.mseed.

5.2 Uji Outlier

Outlier merupakan data hasil observasi yang memuat nilai – nilai yang berbeda dengan nilai lain dalam kelompoknya. Pengujian *Outlier* perlu dilakukan sebelum melanjutkan suatu analisis karena apabila terdapat data yang outlier, maka akan merusak data yang sudah didapat sehingga data tersebut tidak dapat digunakan. *Outlier* dalam penelitian diketahui dengan menentukan nilai batas dengan cara mengolah data penelitian ke dalam skor *standardized* atau disebut *Z-score*, nilai syarat *Z-score* yang digunakan sebagai batas adalah kurang dari -3 atau lebih dari +3 (Tileng, 2015). Teknik ini cocok digunakan untuk data yang distribusi normal. Pengecekan distribusi data normal dilakukan dengan menggunakan grafik Histogram yang dapat dilihat pada **Gambar 5.4** sebagai berikut.



Gambar 5.4 Distribusi Data Nilai Frekuensi Dominan Tanah (Fg)

Setelah diketahui distribusi nilai frekuensi dominan, kemudian dilakukan analisis uji *outlier* yang dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

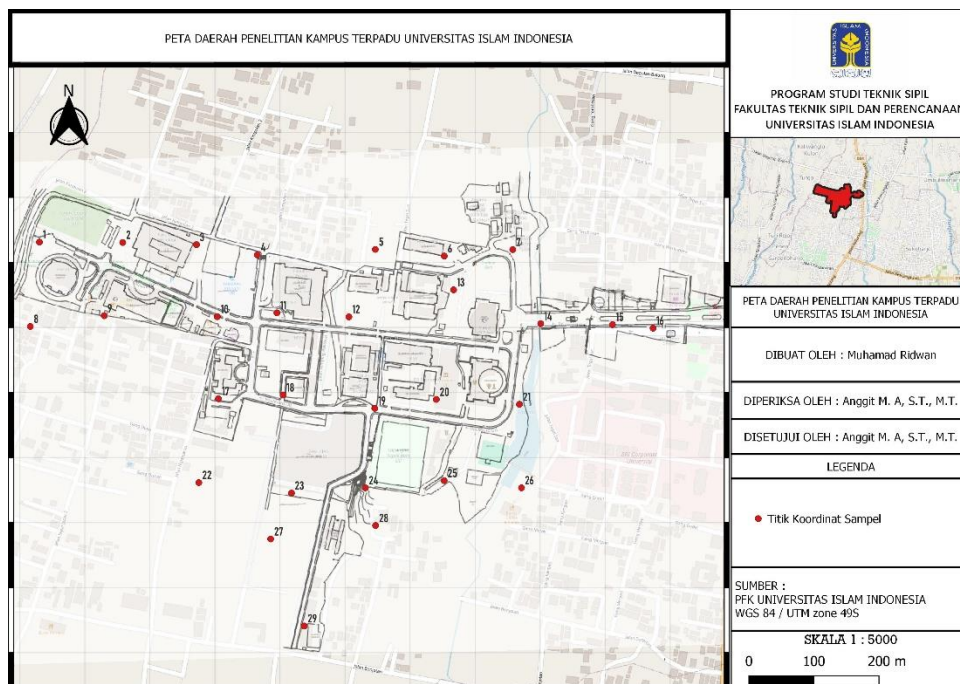
Tabel 5.1 Analisis *Outlier* Pada Data Penelitian

Titik	Frekuensi Dominan (Fg)	Mean	Standar Deviasi	Standardized (Z-score)	Keterangan
1	10,1299	8,039	4,92	0,413825792	Tidak Outlier
2	18,5558			2,126478273	Tidak Outlier
3	1,2443			1,392265532	Tidak Outlier
4	2,33819			1,169920925	Tidak Outlier
5	8,84725			0,153113737	Tidak Outlier
6	6,23601			0,37764816	Tidak Outlier
7	10,8506			0,56031562	Tidak Outlier
8	17,7773			1,968239989	Tidak Outlier
9	16,2318			1,654100917	Tidak Outlier
10	5,43178			0,541116336	Tidak Outlier
11	6,3005			0,364539892	Tidak Outlier
12	12,4241			0,880145986	Tidak Outlier
13	16,8738			1,784594145	Tidak Outlier
14	5,62263			0,502324073	Tidak Outlier
15	8,77102			0,13761919	Tidak Outlier
16	14,0073			1,201947978	Tidak Outlier
17	2,84097			1,067725621	Tidak Outlier
18	5,39946			0,547685715	Tidak Outlier
19	10,7638			0,54267261	Tidak Outlier
20	6,12382			0,400451953	Tidak Outlier
21	1,07741			1,426187674	Tidak Outlier
22	5,49473			0,528321089	Tidak Outlier
23	1,16464			1,408457262	Tidak Outlier
24	7,72235			0,075533978	Tidak Outlier
25	6,29159			0,366350942	Tidak Outlier
26	6,88306			0,246128466	Tidak Outlier
27	6,58248			0,307224501	Tidak Outlier
28	5,40907			0,545732382	Tidak Outlier
29	7,32923			0,155439738	Tidak Outlier

Dari hasil uji *outlier* pada **Tabel 5.1** tersebut yang berjumlah 29 titik, tidak terdapat data yang *outlier* atau menyimpang jauh dari kelompoknya. Dibuktikan dengan nilai *Z-score* yang tidak lebih kecil dari -3 dan tidak lebih besar dari +3, dengan uji *outlier* tersebut maka semua data dapat digunakan dengan tingkat keakuratan yang baik.

5.3 Analisis Data

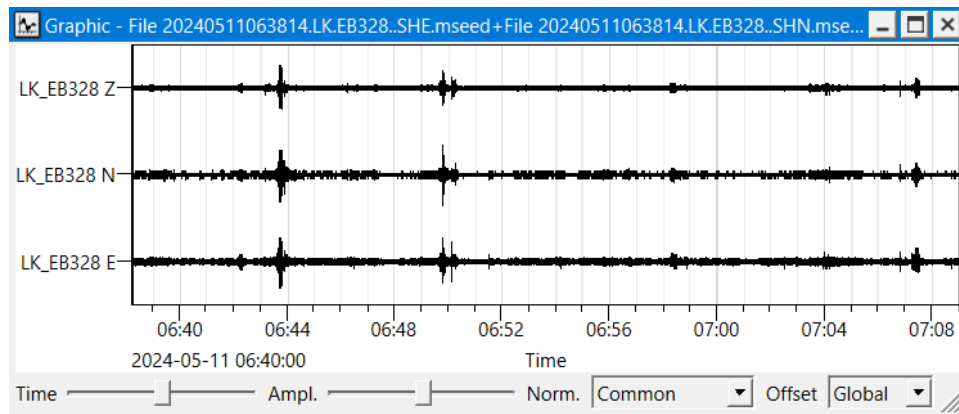
Penelitian yang dilakukan di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia ini mendapatkan nilai akhir berupa nilai percepatan tanah maksimum (PGA). Nilai tersebut didapat dari pengolahan data frekuensi dominan (F_g), nilai faktor amplifikasi tanah (A_g), periode dominan tanah (T_g), dan indeks kerentanan seismik (K_g). Penelitian yang dilakukan di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia tersebut dilakukan pada 29 titik pengukuran mikrotremor yang dapat dilihat pada **Gambar 5.5**.



Gambar 5.5 Peta Persebaran Lokasi Titik Pengukuran Mikrotremor

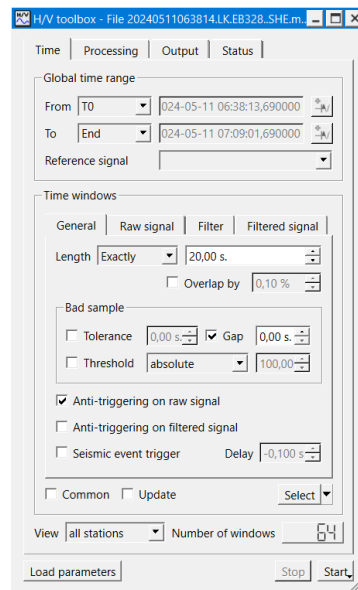
Dari pengukuran yang sudah dilakukan dengan bantuan alat *triton* 5s, kemudian didapatkan data sinyal gelombang seismik yang terdiri dari 3 format SHZ.mseed, SHN.mseed, SHE.mseed. Data yang didapatkan kemudian diolah

menggunakan *software geopsy* yang menghasilkan 3 grafik komponen gelombang vertikal, horizontal *north-south*, horizontal *east-west*. Berikut *output* sinyal yang diolah menggunakan *software geopsy* dapat dilihat pada **Gambar 5.6**.

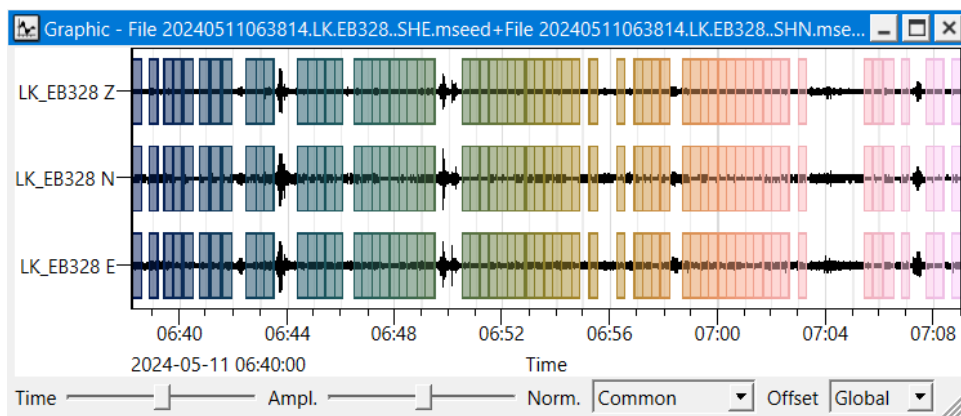


**Gambar 5.6 Grafik Pengolahan Data Sinyal Mikrotremor Titik 7
Menggunakan Software Geopsy**

Setelah *input* komponen ketiga data tersebut, kemudian dilakukan *filtering option* dan *windowing* dengan memilih gelombang sinyal yang bebas dari *noise*. Pemilihan gelombang sinyal ini dilakukan karena pada saat pengambilan data dilapangan terdapat getaran yang tidak berasal dari dalam tanah, tetapi juga dari aktivitas disekitar seperti aktivitas manusia maupun getaran dari benda lain. Pemilihan *window* dilakukan dengan metode auto dengan panjang grafik 20s setelah itu dilakukan *filter* ulang secara manual untuk menghilangkan *noise*. Berikut contoh proses *filtering* dan *windowing* pada Titik 7 dapat dilihat pada **Gambar 5.7** dan **Gambar 5.8** sebagai berikut.

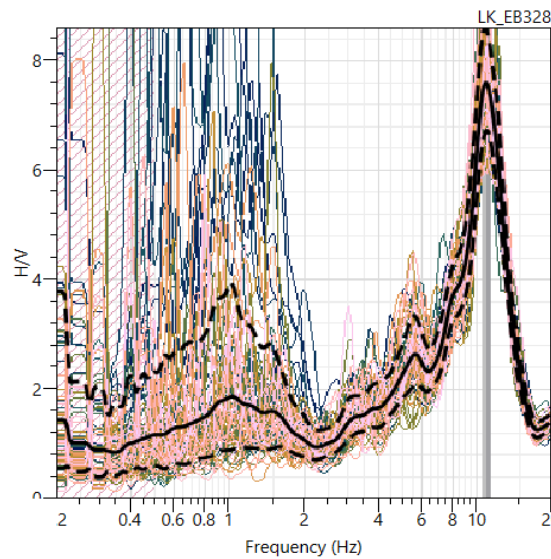


Gambar 5.7 Filtering Option Untuk Windowing Sinyal Mikrotremor Titik 7



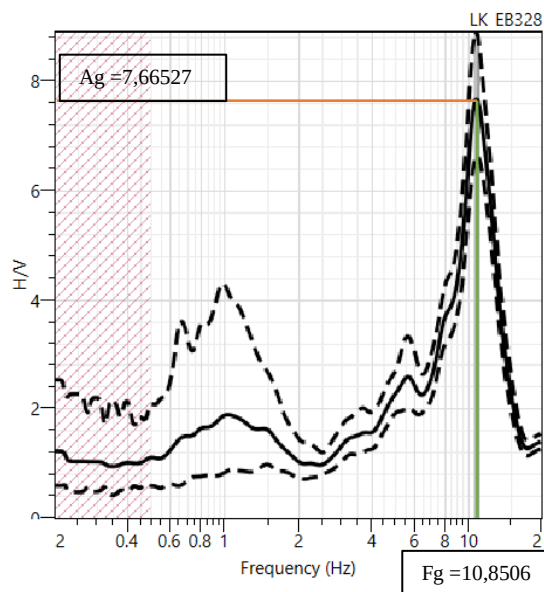
Gambar 5.8 Windowing Sinyal Mikrotremor Titik 7

Setelah itu dilanjutkan dengan analisis H/V untuk mendapatkan kurva HVSR seperti **Gambar 5.9**.



Gambar 5.9 Grafik Kurva HVSr Titik 7

Kurva HVSr diatas adalah hasil dari proses *filtering* dan *windowing* dari data sinyal mikrotremor pada titik 7. Hasil pengolahan dari kurva HVSr tersebut adalah nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi yang didapat dari pembacaan nilai pada puncak grafik HVSr seperti pada **Gambar 5.10**.



Gambar 5.10 Nilai Puncak Grafik Kurva HVSr Titik 7

5.4 Nilai Frekuensi Dominan Tanah (Fg)

Frekuensi adalah banyaknya gelombang dalam satuan waktu tertentu. Frekuensi dominan tanah adalah nilai frekuensi yang diambil dari kurva HVSR mencapai nilai maksimum dengan pengambilan data mikrotremor pada tanah. Nilai frekuensi dominan dipengaruhi oleh tebal lapisan sedimen dan menggambarkan jenis tanah dan ketebalan lapisan sedimennya. Berikut nilai frekuensi dominan di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 5.2** dibawah ini.

Tabel 5.2 Nilai Frekuensi Dominan (Fg) di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Titik	Nilai (Fg)	Titik	Nilai (Fg)
1	10,1299	16	14,0073
2	18,5558	17	2,84097
3	1,2443	18	5,39946
4	2,33819	19	10,7638
5	8,84725	20	6,12382
6	6,23601	21	1,07741
7	10,8506	22	5,49473
8	17,7773	23	1,16464
9	16,2318	24	7,72235
10	5,43178	25	6,29159
11	6,3005	26	6,88306
12	12,4241	27	6,58248
13	16,8738	28	5,40907
14	5,62263	29	7,32923
15	8,77102		

Berdasarkan nilai frekuensi dominan tanah (Fg) yang didapatkan dari hasil pengukuran mikrotremor di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, maka dapat diklasifikasikan berdasarkan nilai frekuensi dominan sebagai berikut (Hakim dan Yuniarto, 2023).

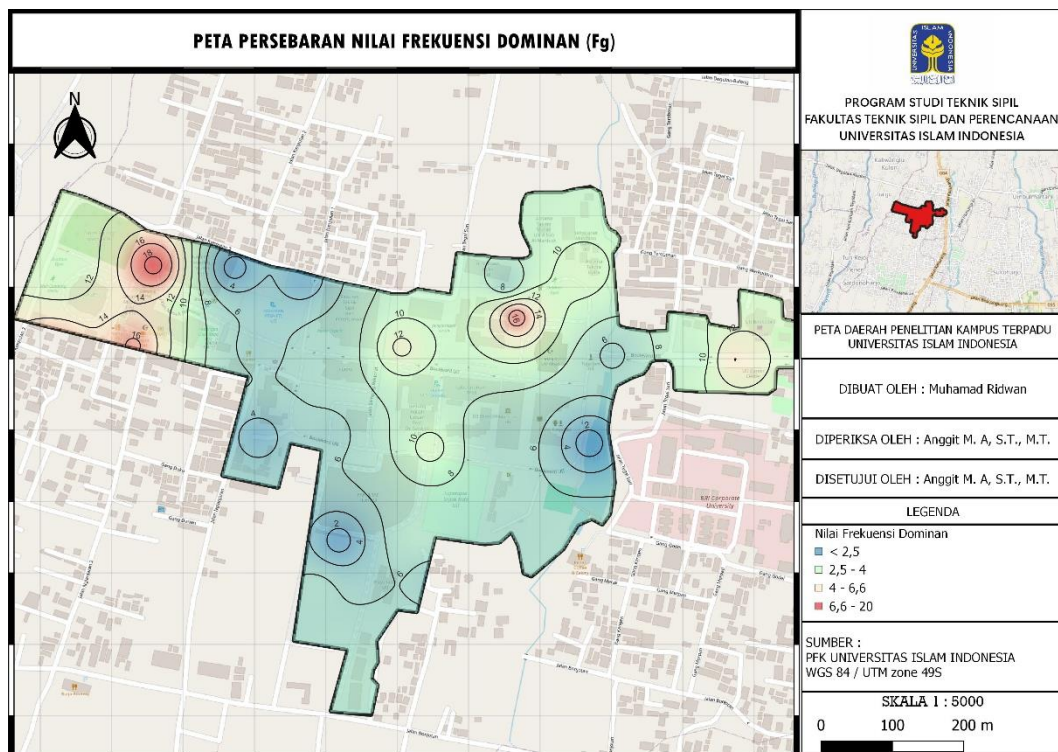
Tipe I : < 2,5 (Ketebalan sedimen permukaan sangatlah tebal)

Tipe II : 2,5 – 4 (Ketebalan sedimen permukaan sekitar 10 – 30 m, termasuk dalam kategori tebal)

Tipe III: 4 – 6,6 (Ketebalan sedimen permukaan sekitar 5 – 10 m, masuk dalam kategori menengah)

Tipe IV: 6,6 - 20 (Didominasi oleh batuan keras, ketebalan sedimen permukaan sangat tipis)

Berdasarkan klasifikasi dan nilai frekuensi dominan tanah (Fg) yang didapatkan, dapat dibuat peta persebaran nilai frekuensi dominan tanah di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia pada **Gambar 5.11** dibawah ini.



Gambar 5.11 Peta Persebaran Nilai Frekuensi Dominan Tanah (Fg)

Berdasarkan peta persebaran nilai frekuensi dominan tanah (Fg) di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, didapati sebagian besar tempat memiliki nilai frekuensi dominan tanah yang masuk kategori sedang zona tipe III (4 – 6,6 Hz) dan kategori tinggi zona tipe IV (6,6 – 20 Hz) yang tersebar di daerah Fakultas Teknologi Industri dan Fakultas Kedokteran. Terdapat tempat dengan

nilai frekuensi dominan tanah sedang yang masuk kategori zona tipe II (2,5 – 4 Hz) yaitu di selatan Laboratorium Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (titik 17). Selain itu juga terdapat tempat dengan nilai frekuensi dominan tanah kategori zona I ($< 2,5$) yang berada di tempat parkir mobil Fakultas Teknologi Industri (titik 3), tempat parkir sepeda motor Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (titik 4), sekitar embung depan Universitas Islam Indonesia (titik 21), dan tempat parkir mobil selatan gedung Fakultas Hukum (titik 23).

5.5 Nilai Faktor Amplifikasi Tanah (A_g)

Nilai amplifikasi tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kerusakan akibat adanya getaran gempa bumi. Nilai amplifikasi tanah berhubungan dengan sedimen, jika nilai amplifikasi tanah disuatu wilayah besar maka sedimen di daerah tersebut lunak. Dapat disimpulkan bahwa jika nilai amplifikasi besar maka tingkat kerusakan yang akan ditimbulkan oleh adanya gempa bumi juga semakin besar. Nilai Amplifikasi di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 5.3** dibawah ini.

Tabel 5.3 Nilai Amplifikasi Tanah (A_g) di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Titik	Nilai (A_g)	Titik	Nilai (A_g)
1	1,98688	16	1,91639
2	3,82709	17	1,76806
3	1,45334	18	1,63212
4	4,2564	19	3,3421
5	5,16709	20	2,12597
6	2,27029	21	3,55453
7	7,66527	22	1,83694
8	5,49148	23	2,25725
9	2,19645	24	6,54976
10	2,45988	25	2,77735
11	1,6306	26	1,91565
12	4,82108	27	2,16448
13	2,03288	28	1,94912

Lanjutan Tabel 5.3 Nilai Amplifikasi Tanah (Ag) di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

14	2,44375	29	2,80362
15	2,45953		

Berdasarkan nilai amplifikasi tanah (Ag) yang diperoleh dari hasil pengukuran mikrotremor di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, maka dapat diklasifikasikan berdasarkan nilai faktor amplifikasi seperti berikut (Hakim dan Yuniarto, 2023).

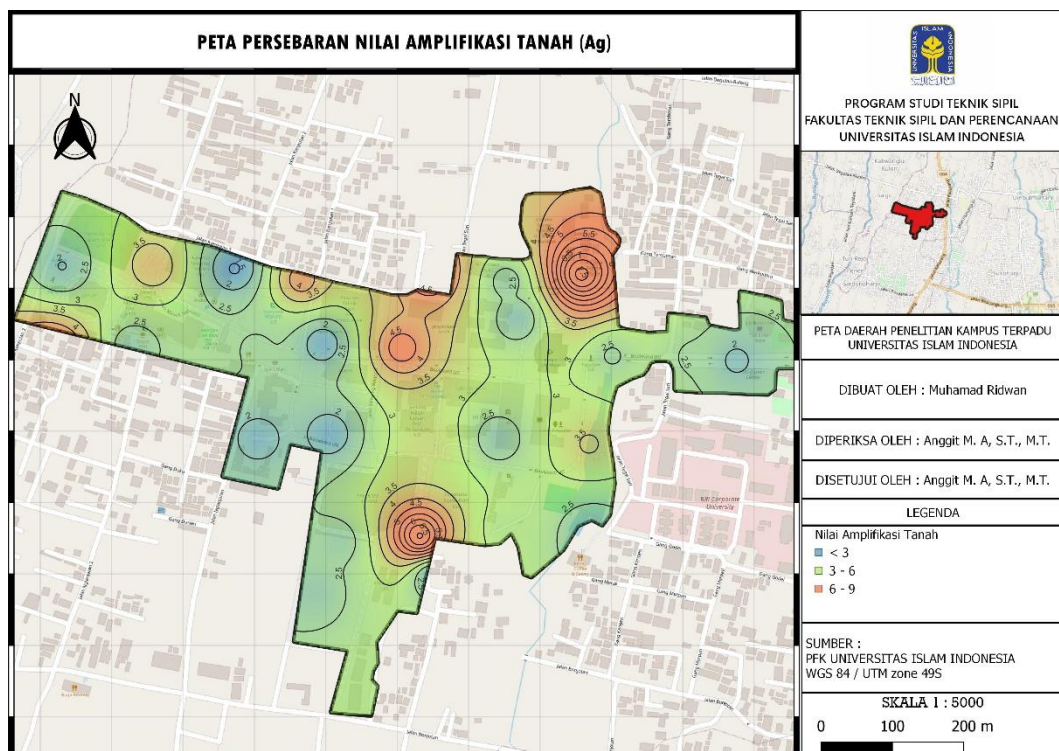
Zona Amplifikasi Rendah : $Ag < 3$

Zona Amplifikasi Sedang : $3 \leq Ag < 6$

Zona Amplifikasi Tinggi : $6 \leq Ag < 9$

Zona Amplifikasi Sangat Tinggi : $Ag \geq 9$

Berdasarkan klasifikasi dan faktor amplifikasi tanah (Ag) yang didapatkan, dapat dibuat peta persebaran nilai amplifikasi tanah di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia pada **Gambar 5.12** sebagai berikut.



Gambar 5.12 Peta Sebaran Faktor Amplifikasi Tanah (Ag)

Berdasarkan peta persebaran faktor amplifikasi tanah (A_g) di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, sebagian besar nilai amplifikasi tanah masuk kategori zona amplifikasi rendah. Tempat yang memiliki nilai amplifikasi tanah masuk kategori zona amplifikasi sedang yaitu di Fakultas Teknologi Industri (titik 2), tempat parkir sepeda motor Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (titik 4), di utara Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (titik 5), di pemukiman warga Desa Sardonoarjo (titik 8), tempat parkir sepeda motor Fakultas Pendidikan dan Seni Budaya (titik 12), di depan Gedung Kuliah Umum Prof. Dr. Sardjito (titik 19), dan di sekitar embung depan Universitas Islam Indonesia (titik 21) dengan nilai amplifikasi tanah pada rentang ≤ 3 sampai < 6 ($3 \leq A_g < 6$). Sedangkan tempat yang memiliki nilai amplifikasi tanah masuk kedalam kategori tinggi adalah didepan asrama takmir putra (titik 7) dan di lapangan sepak bola (titik 24) yang rentang nilainya ≤ 6 sampai < 9 ($6 \leq A_g < 9$).

5.6 Periode Dominan Tanah (T_g)

Periode dominan tanah (T_g) adalah waktu yang dibutuhkan oleh gelombang mikrotremor merambat melewati lapis endapan di permukaan. Nilai periodisitas dominan (T_g) dapat mengidentifikasi ciri-ciri lapisan tanah dalam suatu wilayah. Semakin kecil nilai periode dominan maka sifat tanah semakin keras, sebaliknya jika nilai periode dominannya besar maka sifat tanah akan lunak. Nilai periode dominan didapat menggunakan perhitungan, berikut contoh perhitungan nilai periode dominan pada titik 1 dan rekapitulasi dapat dilihat pada **Tabel 5.4**.

$$\begin{aligned}
 T_g &= \frac{1}{f_g} \\
 &= \frac{1}{10,1299} \\
 &= 0,098717658 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Nilai Periode Dominan Tanah (Tg) di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Titik	Nilai (Tg)	Titik	Nilai (Tg)
1	0,098717658	16	0,071391346
2	0,053891506	17	0,351992453
3	0,803664711	18	0,185203706
4	0,427681241	19	0,092903993
5	0,113029472	20	0,163296766
6	0,160358947	21	0,928151771
7	0,092160802	22	0,181992564
8	0,056251512	23	0,858634428
9	0,061607462	24	0,12949426
10	0,184101713	25	0,158942334
11	0,158717562	26	0,14528422
12	0,080488728	27	0,151918426
13	0,059263474	28	0,184874664
14	0,177852713	29	0,136439981
15	0,114011825		

Berdasarkan data nilai periode dominan tanah (Tg) diatas maka dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Pratiwi, 2017).

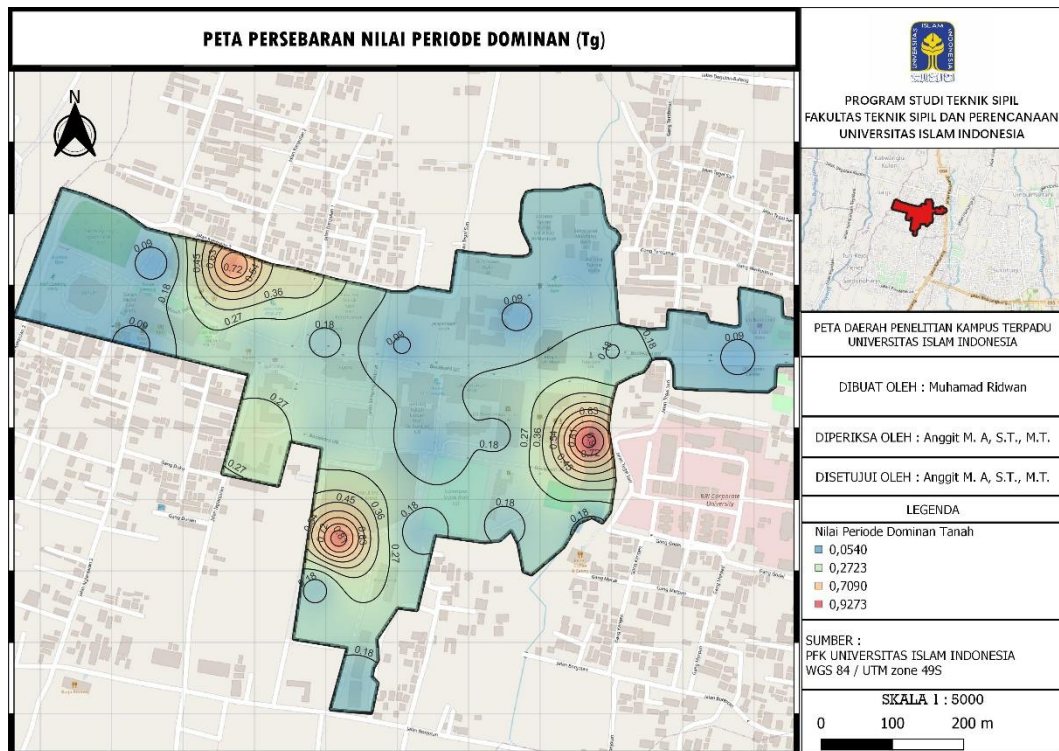
Jenis I : $Tg < 0,25$ (Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan *hard sandy, gravel*)

Jenis II : $0,25 < Tg < 0,5$ (Batuan *alluvial* dengan ketebalan 5 m. terdiri dari *sandy – gravel, sandy hard clay, loam*)

Jenis III : $0,5 < Tg < 0,75$ (Batuan *alluvial*, hampir sama dengan jenis II, hanya dibedakan oleh adanya formasi *bluff*)

Jenis IV : $Tg > 0,75$ (Batuan *alluvial*, yang terbentuk dari sedimentasi delta, *top soil*, lumpur, dll. Kedalaman ≥ 30 m)

Berdasarkan data periode dominan tanah (Tg) beserta klasifikasinya, maka dapat dibuat peta persebaran nilai periode dominan tanah seperti pada **Gambar 5.13**.



Gambar 5.13 Peta Persebaran Nilai Periode Dominan Tanah (Tg)

Berdasarkan peta dan data nilai periode dominan tanah (Tg) yang sudah didapatkan, nilai periode dominan tanah di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia sebagian besar masuk pada kategori rendah jenis I ($T_g < 0,25$) yang berarti mayoritas memiliki tanah keras. Hanya terdapat 3 tempat yang memiliki nilai periode dominan tanah (Tg) pada kategori tinggi jenis IV yang merupakan tanah lunak yaitu tempat parkir mobil Fakultas Teknologi Industri (titik 3), sekitar embung depan Universitas Islam Indonesia (titik 21), dan tempat parkir mobil selatan gedung Fakultas Hukum (titik 23).

5.7 Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg)

Indeks kerentanan seismik (Kg) merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kerawanan suatu wilayah terhadap resiko gempa bumi. Nilai indeks kerentanan seismik dipengaruhi oleh nilai faktor amplifikasi tanah dan frekuensi dominan tanah. Nilai indeks kerentanan seismik akan tinggi jika memiliki nilai faktor amplifikasi (Ag) yang tinggi dan nilai frekuensi dominan (Fg) yang rendah,

begitu pula sebaliknya. Perhitungan nilai indeks kerentanan seismik (Kg) dapat dilihat pada contoh perhitungan pada titik 1 dan rekapitulasi pada **Tabel 5.5**.

$$\begin{aligned}
 Kg &= \frac{Ag^2}{fg} \\
 &= \frac{1,98688^2}{10,1299} \\
 &= 0,0389707
 \end{aligned}$$

Tabel 5.5 Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg) di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Titik	Nilai (Kg)	Titik	Nilai (Kg)
1	0,389706921	16	0,262188333
2	0,789328289	17	1,100341138
3	1,697498317	18	0,493348538
4	7,748275786	19	1,037703451
5	3,017753434	20	0,738060302
6	0,826524762	21	11,72690389
7	5,415033655	22	0,614106346
8	1,696340422	23	4,374894871
9	0,297218583	24	5,555220374
10	1,114001232	25	1,226029195
11	0,422007199	26	0,533151668
12	1,870784392	27	0,711733825
13	0,244912296	28	0,702351564
14	1,062121118	29	1,072457148
15	0,689690346		

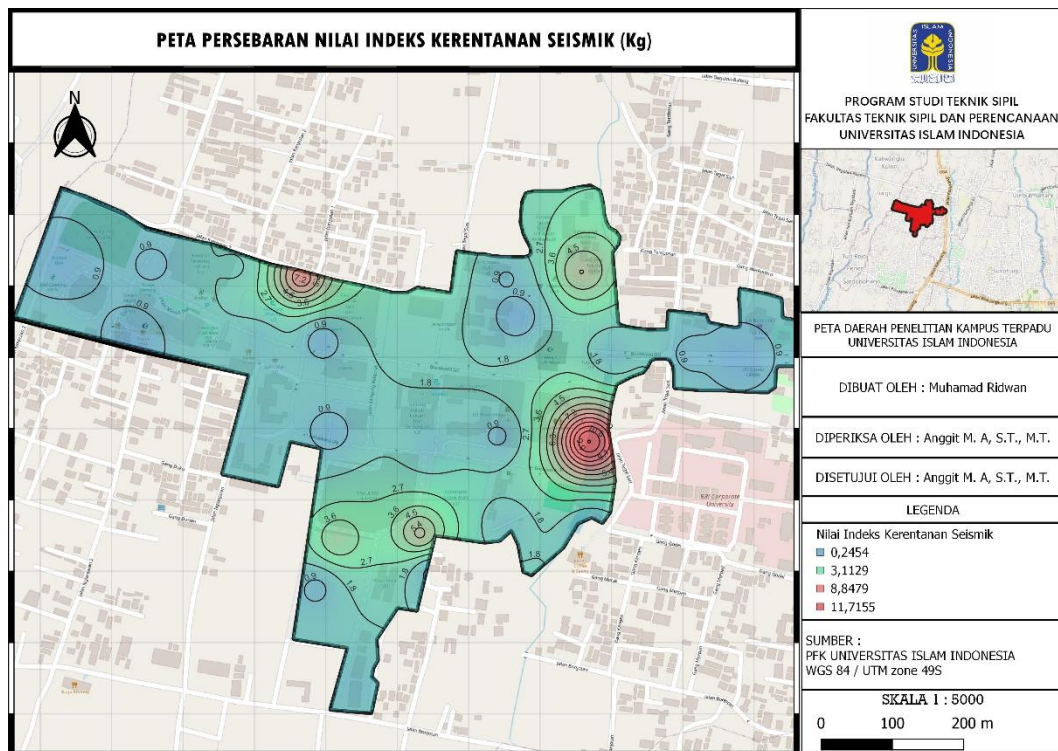
Berdasarkan data nilai indeks kerentanan seismik diatas maka dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Refrizon, 2013).

Kategori rendah : $Kg < 3$

Kategori sedang : $3 < Kg < 6$

Kategori tinggi : $Kg > 6$

Berdasarkan data nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, maka dapat dibuat peta persebaran nilai indeks kerentanan seismik seperti pada **Gambar 5.14** sebagai berikut.



Gambar 5.14 Peta Persebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

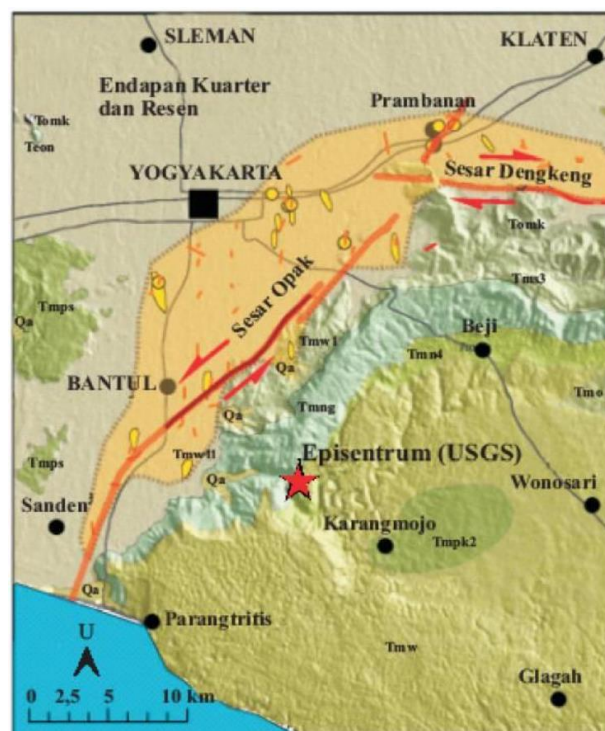
Berdasarkan peta persebaran nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, maka diketahui sebagian besar tempat memiliki nilai indeks kerentanan seismik masuk kategori rendah yang menunjukkan bahwa tanah di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia termasuk kawasan yang aman dan tidak akan mengalami deformasi jika terjadi gempa bumi. Hanya terdapat 2 tempat yang memiliki indeks kerentanan seismik yang masuk kategori tinggi (>6) yaitu di tempat parkir sepeda motor Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (Titik 4) dan di sekitar embung depan Universitas Islam Indonesia (Titik 21) yang dipengaruhi oleh nilai faktor amplifikasi (A_g) tinggi tetapi memiliki nilai frekuensi dominan (F_g) rendah sehingga kemampuan batuan untuk melewatkan gelombang seismik di tempat tersebut lemah, sehingga rentan mengalami kerusakan akibat bencana gempa bumi.

5.8 Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA)

Nilai *peak ground acceleration* menjadi parameter yang digunakan untuk memperkirakan kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi. Analisis *peak ground acceleration* (PGA) pada penelitian ini menggunakan persamaan atenuasi Kanai (1966) dan menggunakan tinjauan gempa yang terjadi di Daerah Istimewa Yogyakarta yang terjadi pada Mei 2006 seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 5.6** dan **Gambar 5.15** sebagaimana koordinat titik pusat gempa bumi yang terjadi.

Tabel 5.6 Data Gempa Bumi Daerah Istimewa Yogyakarta 27 Mei 2006

Koordinat X	Koordinat Y	Skala (Mw)	Depth(m)
421758,547	9114529,083	6,3	17200

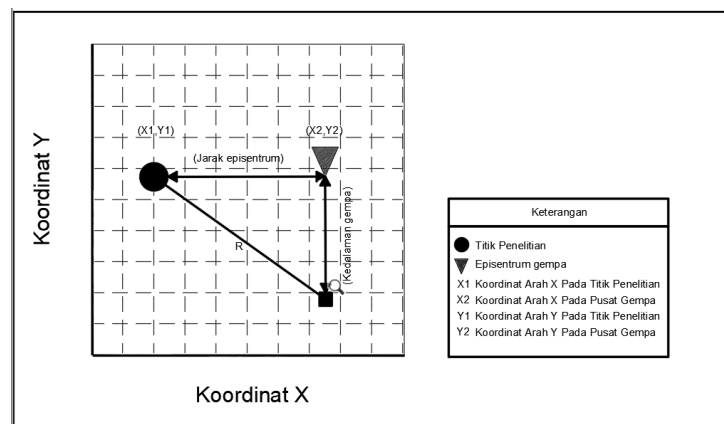


Gambar 5.15 Koordinat Titik Pusat Gempa Yogyakarta 2006

(Jurnal Geologi Indonesia, 2009)

5.8.1 Menentukan Jarak Episentrum Gempa

Jarak episentrum gempa adalah jarak titik penelitian terhadap titik dipermukaan bumi yang berada tepat diatas atau dibawah titik pusat kejadian gempa bumi. Perhitungan jarak episentrum menggunakan koordinat pada titik penelitian dan data gempa yang terjadi dengan magnitudo yang besar dan memiliki dampak kerusakan yang besar. Berikut contoh ilustrasi perhitungan episentrum dapat dilihat pada **Gambar 5.16** dibawah ini



Gambar 5.16 Ilustrasi Perhitungan Episentrum

Dari gambar diatas dapat ditarik menjadi **Persamaan 5.1** sebagai berikut.

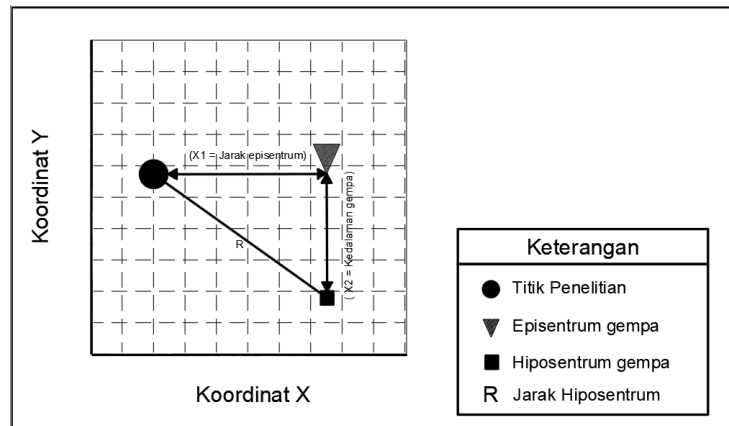
$$\sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \quad (5.1)$$

Pada penelitian ini menggunakan data gempa yang terjadi di Daerah Istimewa Yogyakarta pada 27 Mei 2006 yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Episentrum} &= \sqrt{(X \text{ data} - X \text{ gempa})^2 + (Y \text{ data} - Y \text{ gempa})^2} \\ &= \sqrt{(434830,29 - 421758,547)^2 + (9150331,2 - 9114529,083)^2} \\ &= 38113,85 \text{ m} \\ &= 38,113 \text{ km} \end{aligned}$$

5.8.2 Menentukan Jarak Hiposentrum Gempa (R)

Jarak hiposentrum gempa adalah jarak antara titik pusat gempa bumi dengan titik episentrum. Perhitungan jarak hiposentrum menggunakan jarak episentrum dan kedalaman gempa dengan ilustrasi yang dapat dilihat pada **Gambar 5.17** dibawah ini.



Gambar 5.17 Ilustrasi Perhitungan Hiposentrum

Dari gambar diatas dapat ditarik menjadi **Persamaan 5.2** sebagai berikut.

$$R = \sqrt{(X1)^2 + (X2)^2} \quad (5.2)$$

Perhitungan jarak hiposentrum gempa dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{(\text{Jarak Episentrum})^2 + (\text{Kedalaman Gempa})^2} \\ &= \sqrt{(38113,85)^2 + (17200)^2} \\ &= 41815,1035 \text{ m} \\ &= 41,815 \text{ km} \end{aligned}$$

5.8.3 Analisis Peak Ground Acceleration (PGA)

Nilai *peak ground acceleration* (PGA) dapat dicari setelah didapatkan nilai jarak episentrum dan hiposentrum. Nilai *peak ground acceleration* (PGA) dihitung dengan menggunakan persamaan atenuasi kanai 1966 menurut (Bessi, Sianturi dan Bernandus, 2018) seperti contoh perhitungan pada titik 1 sebagai berikut.

Diketahui :

$$T_g = 0,09872$$

$$M = 6,3$$

$$R = 41,815$$

Penyelesaian :

$$\alpha_g = \frac{5}{\sqrt{T_g}} 10^{(0,61M) - \left(1,6 + \frac{3,6}{R} \log 10^R\right) + \left(0,167 - \frac{1,83}{R}\right)}$$

$$= \frac{5}{\sqrt{0,09872}} 10^{\{0,61(6,3)\} - \left(1,66 + \frac{3,6}{41,815} \log 10^{41,815}\right) + \left(0,167 - \frac{1,83}{41,815}\right)}$$

$$= 1324,19 \text{ gal}$$

Konversi ke satuan PGA (g)

$$\alpha_g = \text{PGA (gal)} \times 0,0010197$$

$$= 1324,19 \times 0,0010197$$

$$= 1,351 \text{ g}$$

Konversi ke satuan MMI, menurut Wald (1999)

$$\alpha_g = 3,66 \times \log (\text{PGA (gal)}) - 1,66$$

$$= 3,66 \times \log (1324,19) - 1,66$$

$$= 9,766 \text{ MMI}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan rekapitulasi nilai *peak ground acceleration* (PGA) gal pada **Tabel 5.7**, *peak ground acceleration* (PGA) g pada **Tabel 5.8**, dan *peak ground acceleration* (PGA) MMI pada **Tabel 5.9** sebagai berikut.

Tabel 5.7 Nilai Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) gal

Titik	Nilai (gal)	Titik	Nilai (gal)
1	1324,191393	16	1558,091033
2	1792,435161	17	700,9954794
3	464,2076912	18	966,5153275
4	636,3739661	19	1364,758587
5	1238,134952	20	1029,541271
6	1039,568146	21	431,8896218
7	1371,469251	22	974,5115359
8	1753,555531	23	448,6987342
9	1675,867938	24	1155,567755
10	969,6230639	25	1043,204864
11	1044,401197	26	1091,24407
12	1466,745539	27	1066,484948
13	1709,822369	28	966,9851257

Lanjutan Tabel 5.8 Nilai Analisis *Peak Ground Acceleration* (PGA) gal

14	986,9926719	29	1124,998459
15	1232,873		

Tabel 5.9 Nilai Analisis *Peak Ground Acceleration* (PGA) g

Titik	Nilai (g)	Titik	Nilai (g)
1	1,350277963	16	1,588785426
2	1,827746134	17	0,71480509
3	0,473352583	18	0,985555679
4	0,648910533	19	1,391644331
5	1,26252621	20	1,049823234
6	1,060047638	21	0,440397847
7	1,398487195	22	0,993709413
8	1,788100575	23	0,457538099
9	1,708882536	24	1,17833244
10	0,988724638	25	1,063756
11	1,064975901	26	1,112741578
12	1,495640426	27	1,087494701
13	1,743505869	28	0,986034733
14	1,006436428	29	1,147160928
15	1,257160598		

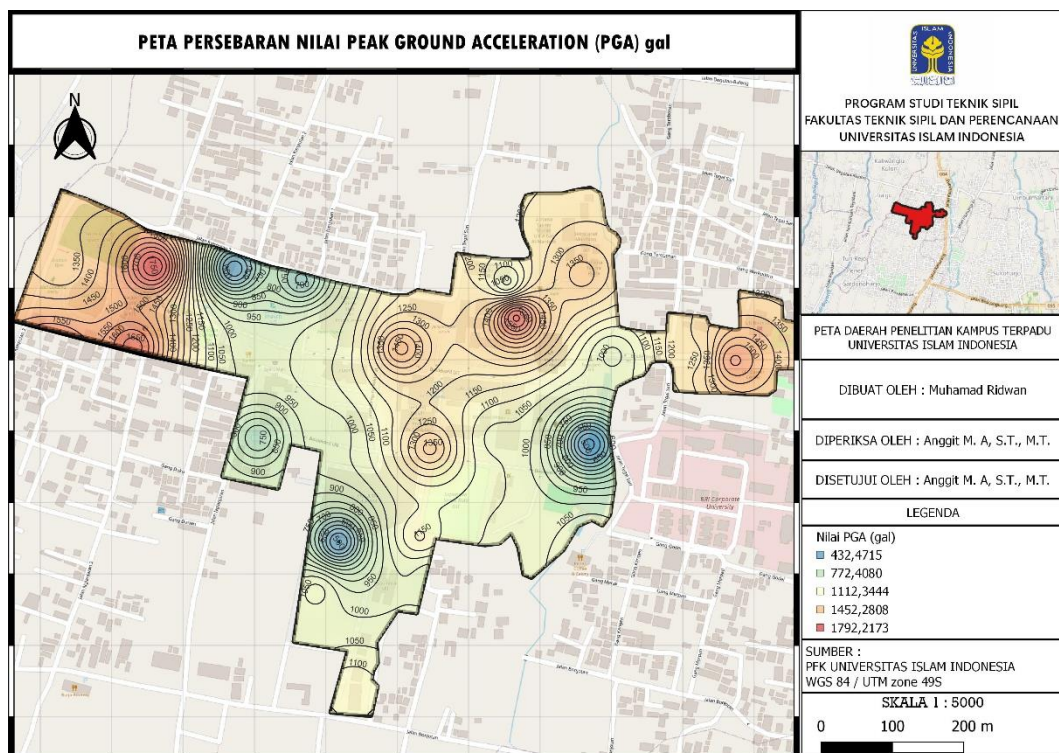
Tabel 5.10 Nilai Analisis *Peak Ground Acceleration* (PGA) MMI

Titik	Nilai (MMI)	Titik	Nilai (MMI)
1	9,766339784	16	10,02488975
2	10,24760304	17	8,755317695
3	8,100167134	18	9,265864009
4	8,6015874	19	9,814304358
5	9,65953082	20	9,366276165
6	9,381681846	21	7,985464332
7	9,822101034	22	9,278960363
8	10,21274546	23	8,04615473
9	10,14071764	24	9,549831218

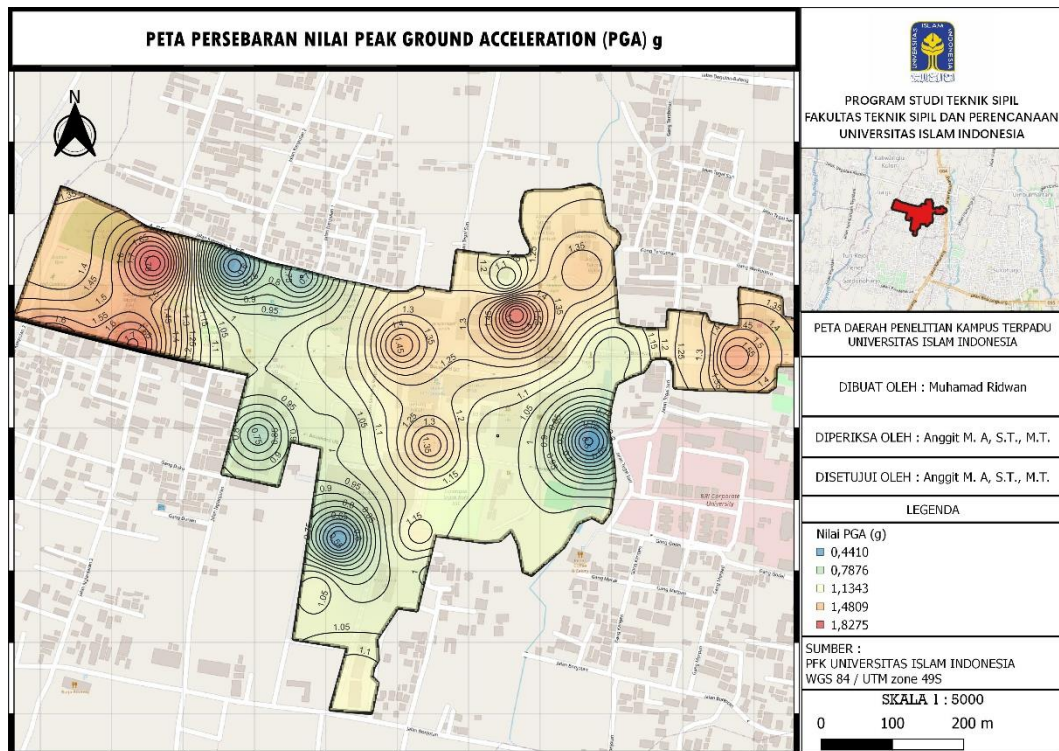
Lanjutan Tabel 5.11 Nilai Analisis *Peak Ground Acceleration* (PGA) MMI

10	9,27096675	25	9,387232748
11	9,389054541	26	9,458794141
12	9,92885848	27	9,422314312
13	10,17260064	28	9,266636445
14	9,299188977	29	9,507216054
15	9,652761131		

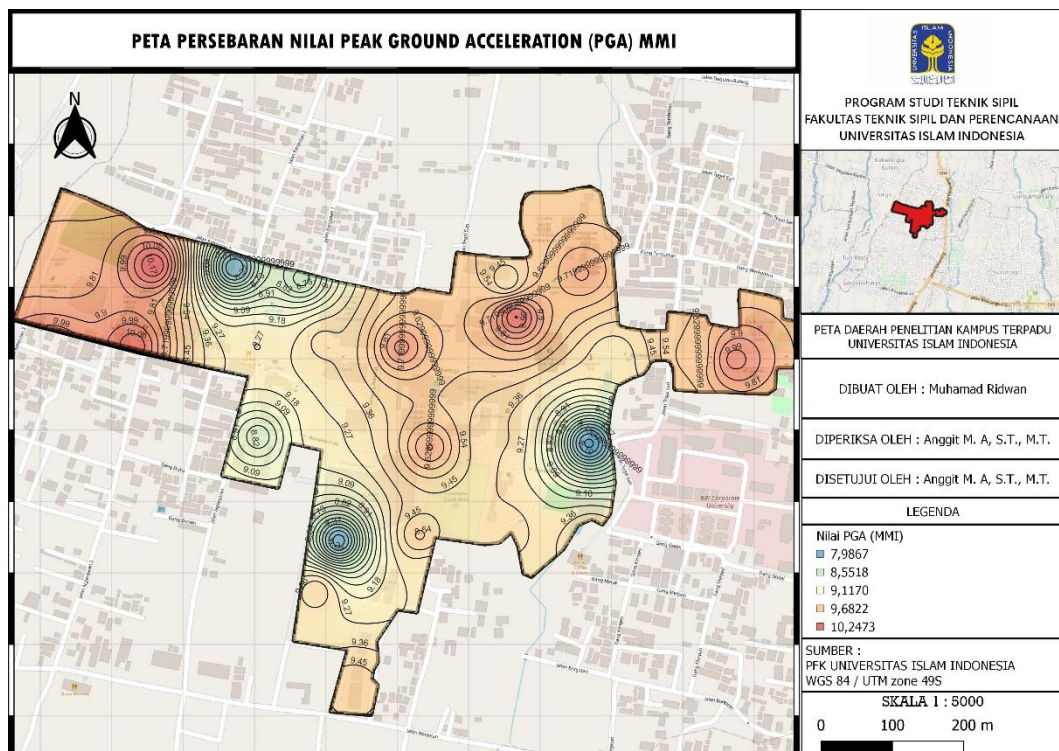
Berdasarkan data *peak ground acceleration* (PGA), dapat dibuat peta persebaran nilai PGA (gal) pada **Gambar 5.18**, peta persebaran nilai PGA (g) pada **Gambar 5.19**, dan peta persebaran nilai PGA (MMI) pada **Gambar 5.20** dibawah ini.



Gambar 5.18 Peta Persebaran Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) gal



Gambar 5.19 Peta Persebaran Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) g



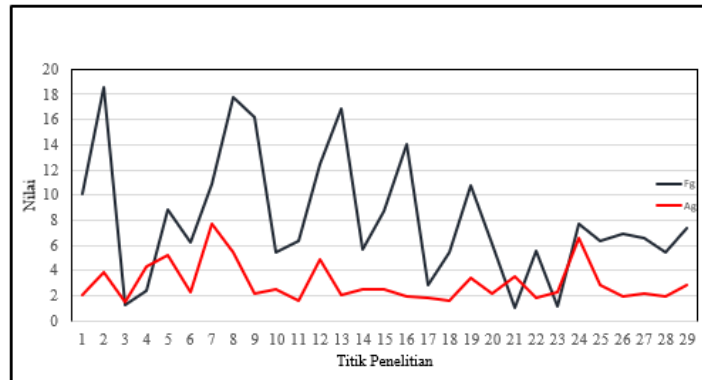
Gambar 5.20 Peta Persebaran Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) MMI

Berdasarkan peta persebaran dan nilai *peak ground acceleration* (PGA), didapatkan nilai PGA berkisar 0,44 – 1.828 g atau 431,889 – 1792,435 gal. Menurut BMKG, Nilai PGA (gal) diangka > 564 memiliki tingkat kerusakan berat. Nilai tersebut mendominasi dan tersebar di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia. Hanya 3 tempat yang memiliki tingkat kerusakan sedang dengan rentang nilai PGA (gal) yang berkisar antara 168 – 564 yaitu embung depan Universitas Islam Indonesia (Titik 21), tempat parkir mobil Fakultas Teknik Industri (Titik 3), dan tempat parkir mobil selatan Gedung Fakultas Hukum (Titik 23).

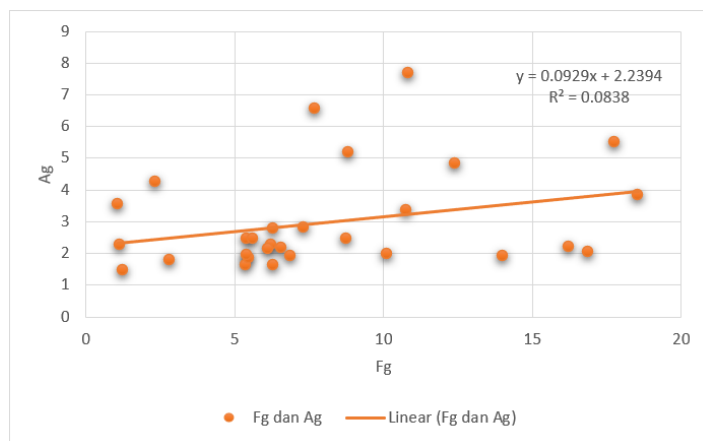
Berdasarkan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa tempat yang memiliki nilai PGA tinggi maka kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi juga tinggi, begitu pula sebaliknya. Pergerakan tanah saat terjadi gempa bumi akan merambat lebih cepat dengan durasi waktu yang lebih singkat pada daerah yang memiliki nilai PGA tinggi berdasarkan titik yang ditinjau disekitar episentrum gempa.

5.9 Hubungan antara nilai Fg, Ag, Kg, dan PGA

Dari hasil analisis data dan pembahasan maka diketahui bahwa parameter – parameter pada indeks kerentanan seismik memiliki hubungan yaitu nilai Ag, Fg, Kg, dan PGA. Daerah yang memiliki nilai frekuensi dominan (Fg) yang rendah dan memiliki nilai amplifikasi tanah (Ag) tinggi maka nilai kerentanan seismik (Kg) di daerah tersebut juga tinggi. Daerah dengan nilai kerentanan seismik tinggi mempunyai karakteristik tanah yang lunak dan memiliki lapisan sedimen yang tebal. Dibuktikan dengan pola yang sama dengan penelitian kegempaan dengan pengukuran mikrotremor yang dilakukan di Kapanewon Berbah oleh Haniifah (2023). Berikut **Gambar 5.21** grafik hubungan antara nilai frekuensi dominan (Fg) dan nilai amplifikasi (Ag) serta kurva regresi nilai frekuensi (Fg) dan nilai amplifikasi (Ag) pada **Gambar 5.22** dibawah ini.



Gambar 5.21 Grafik Hubungan Antara Nilai Fg dan Nilai Ag



Gambar 5.22 Kurva Regresi Nilai Fg dan Nilai Ag

Keterangan :

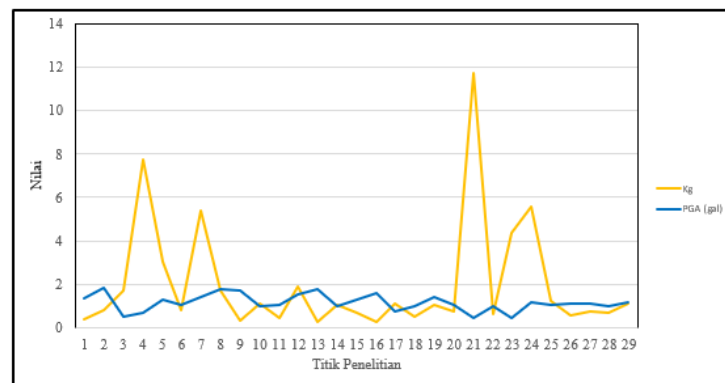
y = Persamaan regresi

R^2 = Koefisien/indeks determinasi

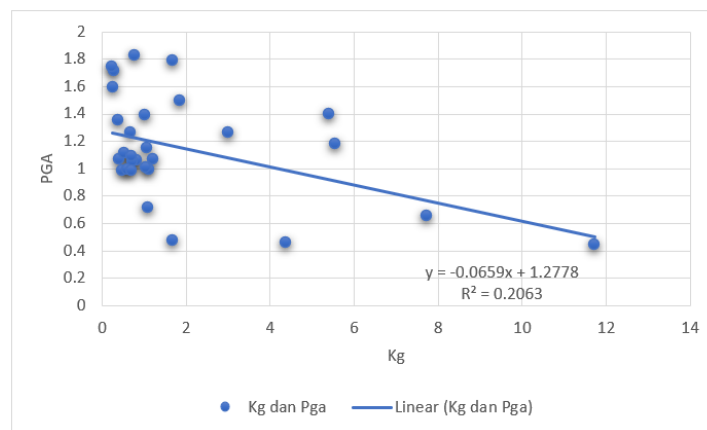
$R \sim 1$ = Maka data semakin baik

Sedangkan nilai *peak ground acceleration* (PGA), nilai PGA yang tinggi berbanding lurus dengan nilai frekuensi dominan (Fg) dan berbanding terbalik dengan nilai amplifikasi tanah (Ag). Hal tersebut berarti jika di suatu tempat memiliki nilai kerentanan seismik (Kg) yang tinggi maka di tempat tersebut memiliki nilai PGA yang rendah. Hal tersebut dimungkinkan karena nilai PGA itu sendiri dipengaruhi oleh kondisi geologi suatu wilayah dan dihitung menggunakan beberapa parameter seperti nilai periode dominan, kekuatan gempa, serta jarak episentrum dan hiposentrum gempa yang ditinjau. Hal ini dibuktikan dengan pola yang sama dengan penelitian kegempaan yang dilakukan di

Kotamadya Denpasar dan sekitarnya oleh Kurniawan *et al* (2017). Berikut grafik hubungan antara nilai kerentanan seismik (Kg) dengan nilai PGA pada **Gambar 5.23** dan kurva regresi antara nilai indeks kerentanan seismik (Kg) dengan nilai PGA pada **Gambar 5.24** dibawah ini.



Gambar 5.23 Grafik Hubungan Antara Nilai Kg dan Nilai PGA



Gambar 5.24 Kurva Regresi Nilai Kg dan Nilai PGA

Hasil peta kerentanan berdasarkan pengukuran mikrotremor dan parameter seismik yang dilakukan di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia diperkuat dengan peta kerentanan gempa yang dikeluarkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Sleman, hal tersebut ditunjukkan pada **Gambar 3.4** yang dimana kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia masuk kedalam wilayah dengan kerentanan gempa bumi tinggi di Kabupaten Sleman.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan penelitian kerentanan seismik di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia dengan pengukuran mikrotremor di lapangan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Distribusi nilai frekuensi dominan (F_g) berkisar antara 1,07741 – 18,5558 Hz dengan sebagian besar tempat memiliki nilai frekuensi dominan yang masuk dalam kategori zona sedang dan tinggi. Distribusi nilai amplifikasi maksimal (A_g) di daerah penelitian penelitian berkisar antara 1,45334 – 7,66527 dengan didominasi nilai amplifikasi yang masuk klasifikasi zona rendah. Distribusi nilai periode dominan (T_g) berkisar antara 0,05389 – 0,92815 detik dengan sebagian besar tempat memiliki nilai periode dominan yang masuk kategori rendah yang berarti didominasi oleh tanah keras. Distribusi nilai kerentanan seismik (K_g) berkisar antara 0,24491 – 11,7269 dengan sebagian besar masuk dalam kategori rendah.
2. Distribusi nilai *peak ground acceleration* (PGA) permukaan berdasarkan perhitungan metode Kanai berkisar antara 431,8896 – 1792,435 gal, atau 0,4404 – 1,82775 g, atau 7,98546 – 10,2476 MMI, dengan sebagian besar tempat memiliki nilai PGA tinggi yang menjadikan kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia masuk dalam kategori skala IV dan V menurut skala SIG BMKG yang berpotensi mengalami kerusakan sedang hingga berat.
3. Berdasarkan peta persebaran nilai indeks kerentanan seismik di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, mayoritas tempat memiliki nilai indeks kerentanan seismik masuk kategori rendah yang menunjukkan bahwa kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia termasuk kawasan yang aman dan tanahnya tidak akan mengalami deformasi yang parah jika terjadi gempa bumi.

6.2 Saran

Setelah menyelesaikan seluruh rangkaian proses penelitian ini, maka diperoleh beberapa hal yang dapat menjadi saran untuk penelitian yang akan dilakukan lebih lanjut, berikut saran – saran tersebut antara lain:

1. Diperlukan metode untuk perhitungan nilai *peak ground acceleration* (PGA) dengan atenuasi terbaru, sehingga didapatkan nilai PGA dengan metode terbaru.
2. Diperlukan data pendukung seperti data pengeboran untuk memetakan batuan penyusun dibawahnya sehingga dapat mengetahui karakteristik dinamika tanah secara akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. (2009) “Deformasi Koseismik dan Pascaseismik Gempa Yogyakarta 2006 dari Hasil Survei GPS,” *Indonesian Journal on Geoscience*, 4(4), hal. 275–284. doi:10.17014/ijog.vol4no4.20095.
- Acerra, C. et al. (2004) “SESAME European research project,” *European Commision - Research General Directorate*, D23.12(December), hal. 62 pp.
- Agus Sulistiyana. (2018). Duka Dari Bumi Projotamansari : Arsip Korban Gempa Bumi 2006 di Bantul. (<https://perpusda.bantulkab.go.id/pc/59323#pablo>) Diakses 17 Januari 2024.
- Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti et al. (2020) “Tugas Akhir Tugas Akhir,” *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201*, 2(1), hal. 41–49.
- Arifudin, A.M. (2018) “Karakteristik Situs dan Kerentanan seismik di kabupaten Klaten dengan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) dari Data Mikrotremor,” hal. 146.
- Bappeda DIY. (2011). Gambaran Umum Kondisi Daerah [Regional General Description]. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah [The Medium-Term Regional Development Plan], 1–39.
- Bessi, A.M., Sianturi, H.L. dan Bernandus, B. (2018) “Pemetaan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Dengan Metode Deterministic Seismic Hazard Analysis Di Lokasi Pembangunan Observatorium Nasional Desa Bitobe Kecamatan Amfoang Tengah Kabupaten Kupang,” *Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(1), hal. 49–53. doi:10.35508/fisa.v3i1.594.
- BMKG. (2021). Skala Intensitas Gempa Bumi (SIG) BMKG. (<https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-intensitas-gempabumi.bmkg>). Diakses 20 Juni 2024.

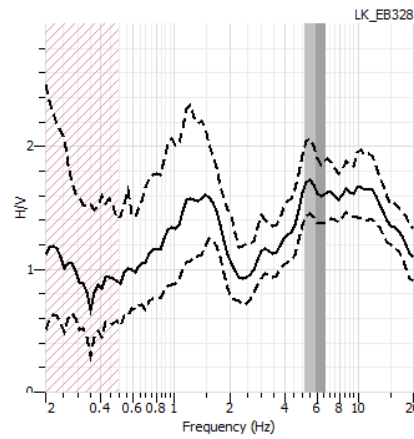
- Bronto, S. et al. (2014) “Longsor Raksasa Gunung Api Merapi Yogyakarta – Jawa Tengah,” *J.G.S.M*, 15(4), hal. 165–183.
- Demulawa, M., dan Daruwati, I. (2021) “Analisis Frekuensi Natural Dan Potensi Amplifikasi Menggunakan Metode HVSR,” *Edu Research*, 10(1), hal. 59–63.
- Dewi, I.K. et al. (2023) “Analisis kerentanan tanah fakultas sains dan teknologi universitas jambi dengan menggunakan data mikrotremor,” 9(1), hal. 109–115.
- Fadhilah, F.H., Yudistira, T. dan Sopyan, Y. (2022) “Pemetaan Respons Dinamik Tanah Dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Di Wilayah Kertajati Menggunakan Metode Horizontal-To-Vertical Spectral Ratio (HVSR),” *Jurnal Geofisika*, 20(02), hal. 52–61.
- Geoportal, DIY. (2021) “Peta Kerentanan Bencana Gempa Bumi Kabupaten Sleman Tahun 2021,” Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Sleman (bpbdd).
(https://geoportal.slemankab.go.id/documents/439/metadata_detail).
Diakses 19 Januari 2024.
- Hakim, A. dan Yuniarto, P. (2023) “Mikrozonasi Seismik di Kawasan ITSNU Pekalongan Dengan Menggunakan Metode HVSR,” *Jurnal Kumparan Fisika*, 6(1), hal. 47–54. Tersedia pada:
https://ejournal.unib.ac.id/index.php/kumparan_fisika.
- Haniifah, D.R. (2023) “Penyusunan Peta Kerentanan Gempa Di Berbah Kabupaten Sleman Menggunakan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio (HVSR) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Di Lapangan,” 2(2), hal. 116.
- Ibrahim, G., dan Subardjo. (2005). Pengetahuan Seismologi. Badan Meteorologi dan Geofisika.

- ITN. (2018). Jurnal Nutrisi Tanah. *Institut Teknologi Nasional Malang – Smart and Intelligent.*, 3–25.
- Kurniawan, R. *et al.* (2017) “Pemetaan Daerah Rawan Resiko Gempa Bumi Menggunakan Metode Hvsr Di Kotamadya Denpasar Dan Sekitarnya, Bali,” *Kurvatek*, 2(1), hal. 21–30.
- Nakamura, Y. (2000) “Clear identification of fundamental idea of Nakamura’s technique and its applications,” *Proceedings of the 12th world conference on ...*, (January 2000), hal. Paper no. 2656. Tersedia pada: http://www.sdr.co.jp/papers/n_tech_and_application.pdf.
- Pratiwi, S. (2017) “Penentuan Tingkat Kerawanan Gempa Bumi Menggunakan Metode Refraksi Mikrotremor (ReMi) di Kota Surakarta,” *Indonesian Journal of Applied Physics*, 7(1), hal. 58. doi:10.13057/ijap.v7i1.4884.
- Purnama, A.Y. *et al.* (2021) “Mikrozonasi Berdasarkan Data Mikrotremor dan Kecepatan Gelombang Geser di Kotamadya Yogyakarta,” *Positron*, 11(2), hal. 86. doi:10.26418/positron.v11i2.46860.
- Pollock, P. (2011). *Stata Companion to Political Analysis* (2nd ed.). CQ Press.
- Refrizon, dkk (2013). *Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Tingkat Kerentanan Seismik Daerah Ratu Agung Kota Bengkulu*. Lampung: Universitas Lampung.
- Salsabila, R.S., Yudistira, T. dan Tohari, A. (2023) “Mapping of Soil Dynamic Response of Palu City Based on Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) Method,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1288(1), hal. 012019. doi:10.1088/1755-1315/1288/1/012019.
- SESAME., (2004) “Guidelines For The Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations Measurements, Processing and Interpretation,” Project No. EVG1-CT-2000-00026, European Commission-Research General Directorate.

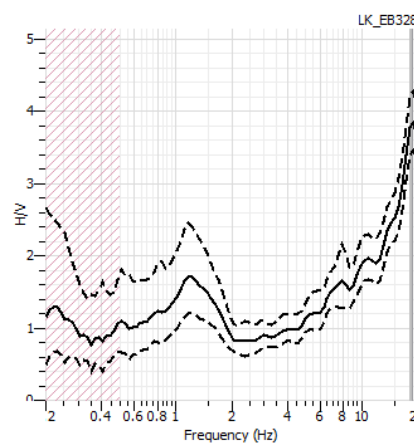
- Sushil Kumar, Priyamvada Singh, Rama Sushil, Pitam Singh, Anil Tiwari, (2021). Microtremor measurement to evaluate site characteristics by horizontal to vertical spectral ratio technique in Sikkim, Northeast Himalayas, India, Quaternary International, Volume 585.
- Tileng, K. G. (2015). Penerapan Aplikasi Edmodo di Universitas Ciputra Surabaya menggunakan Analisis Jalur. Jurnal Informatika Dan Sistem Informasi, 1(1), 28–37.
- Utsu, T. (1966). Regional differences in absorption of seismic waves in the upper mantle as inferred from abnormal distributions of seismic intensities. Journal Facul. Sci. Hokkaido Univ. Ser 7, Geophysics, 2(4), 359–374.
- Wald, D.J. et al. (1999) “Relationships between peak ground acceleration, peak ground velocity, and modified mercalli intensity in California,” Earthquake Spectra, hal. 557–564. doi:10.1193/1.1586058.

LAMPIRAN

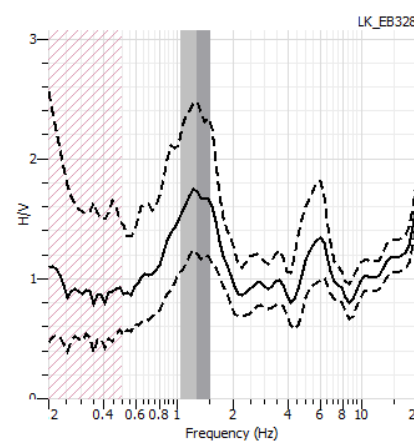
Lampiran 1 Gambar Kurva HVSR



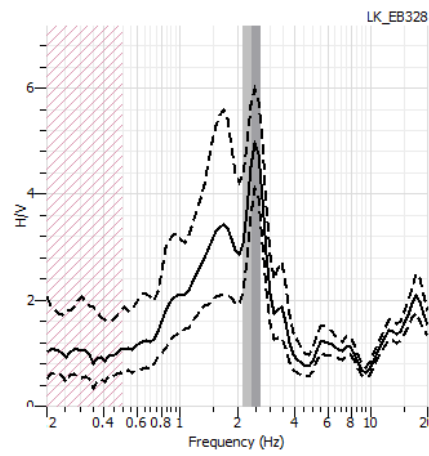
Gambar L-1.1 Kurva HVSR Titik 1



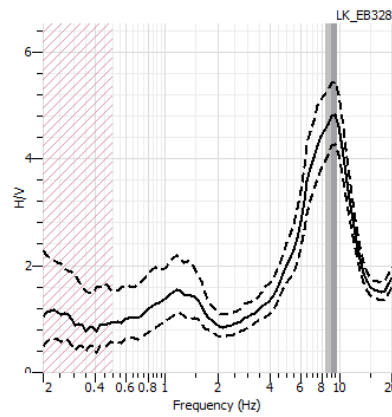
Gambar L-1.2 Kurva HVSR Titik 2



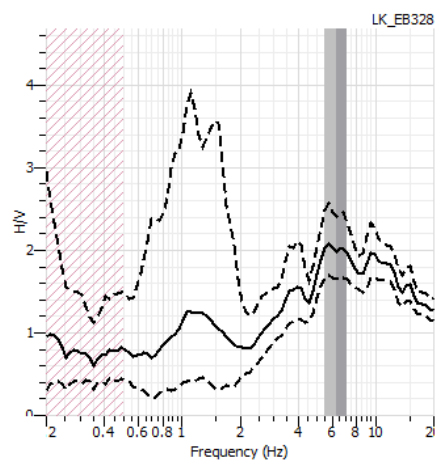
Gambar L-1.3 Kurva HVSR Titik 3



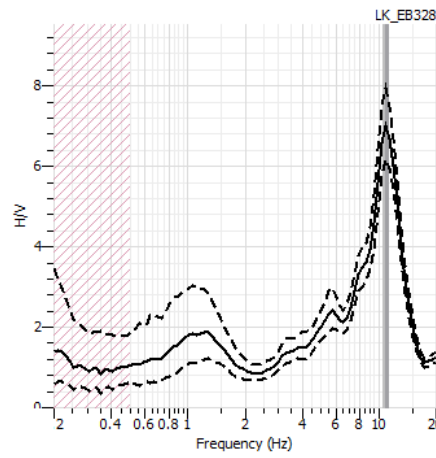
Gambar L-1.4 Kurva HVSR Titik 4



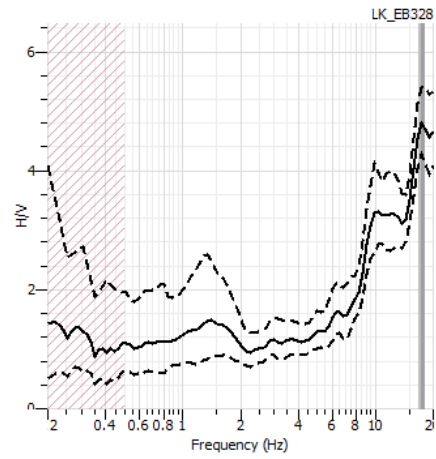
Gambar L-1.5 Kurva HVSR Titik 5



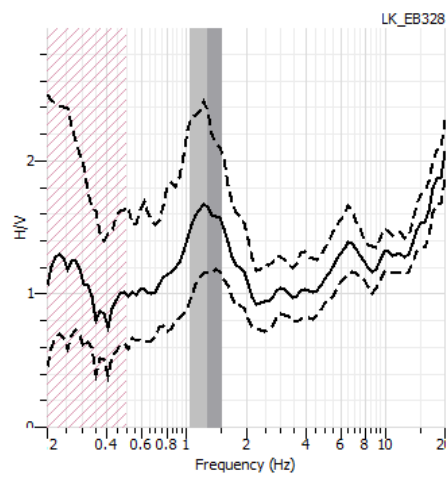
Gambar L-1.6 Kurva HVSR Titik 6



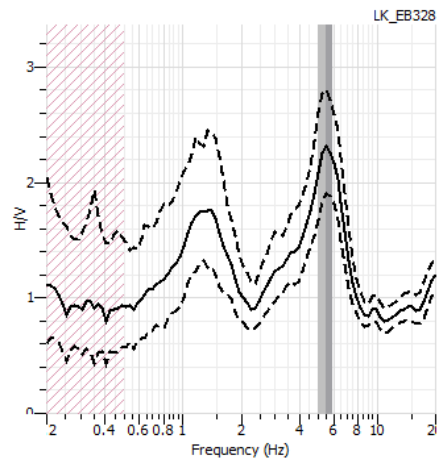
Gambar L-1.7 Kurva HVSR Titik 7



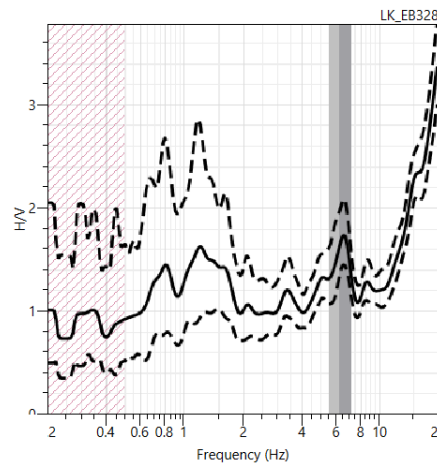
Gambar L-1.8 Kurva HVSR Titik 8



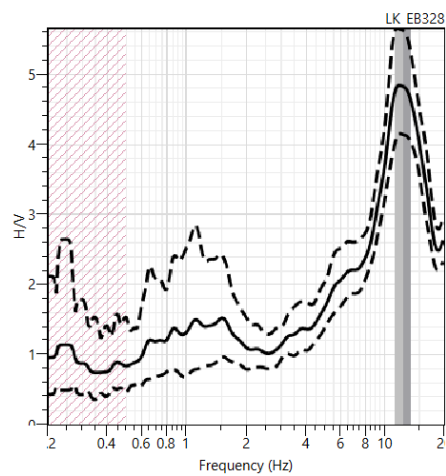
Gambar L-1.9 Kurva HVSR Titik 9



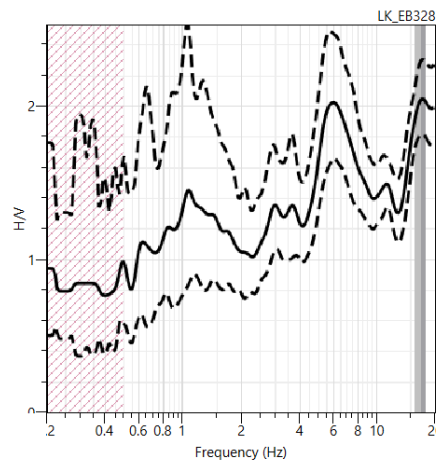
Gambar L-1.10 Kurva HVSr Titik 10



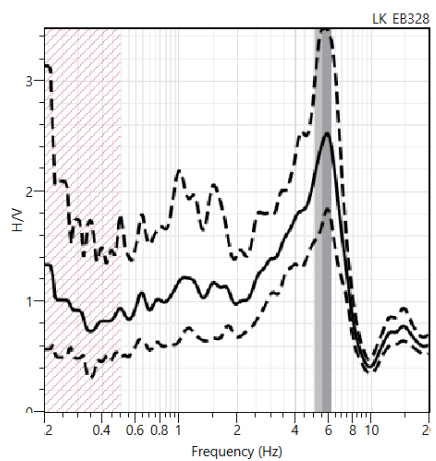
Gambar L-1.11 Kurva HVSr Titik 11



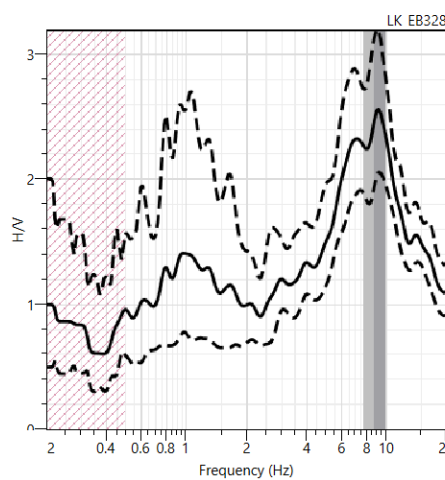
Gambar L-1.12 Kurva HVSr Titik 12



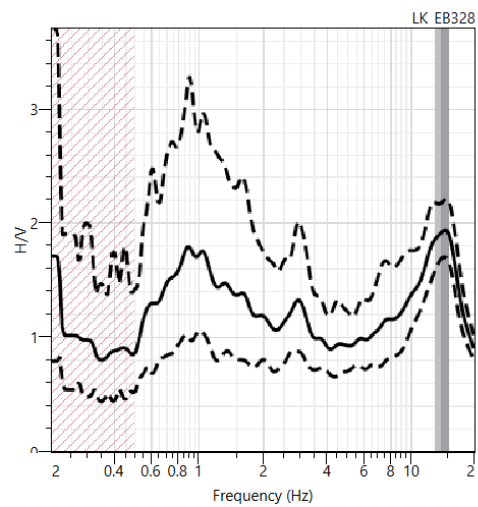
Gambar L-1.13 Kurva HVSR Titik 13



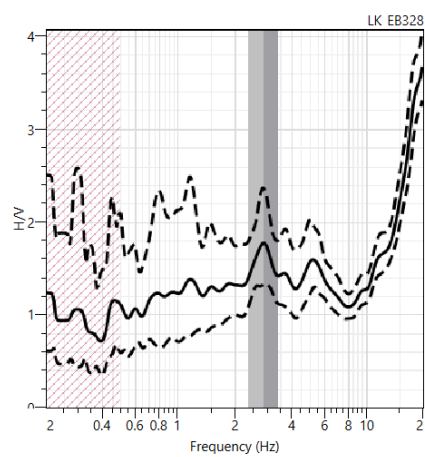
Gambar L-1.14 Kurva HVSR Titik 14



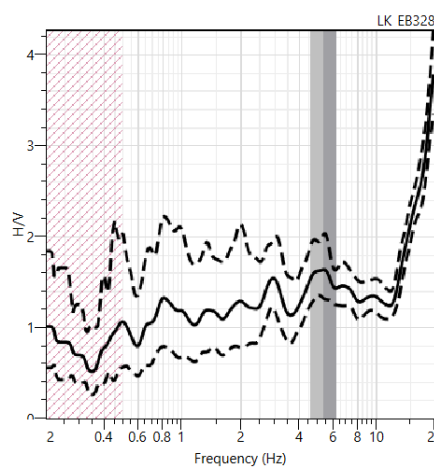
Gambar L-1.15 Kurva HVSR Titik 15



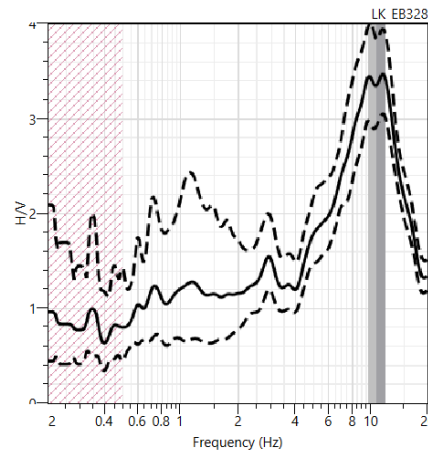
Gambar L-1.16 Kurva HVSR Titik 16



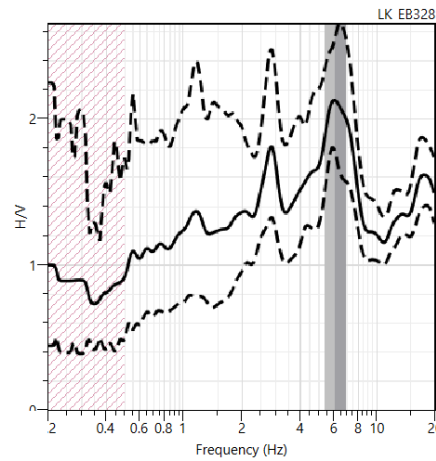
Gambar L-1.17 Kurva HVSR Titik 17



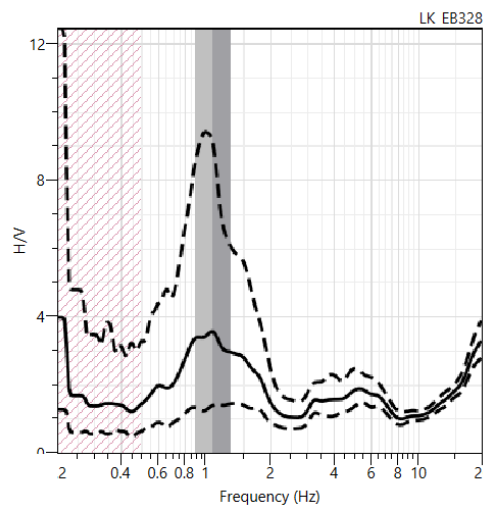
Gambar L-1.18 Kurva HVSR Titik 18



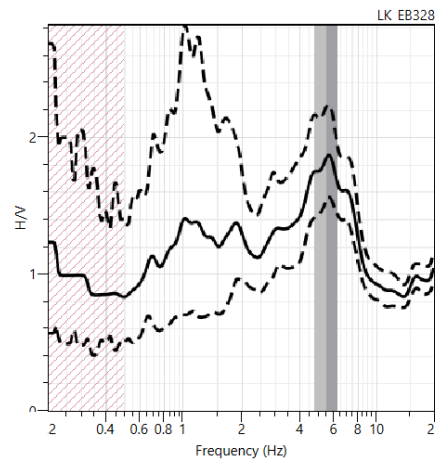
Gambar L-1.19 Kurva HVSR Titik 19



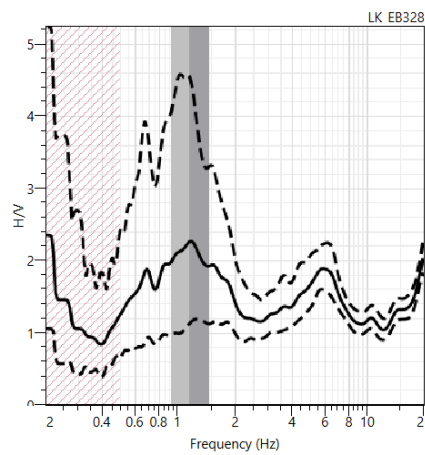
Gambar L-1.20 Kurva HVSR Titik 20



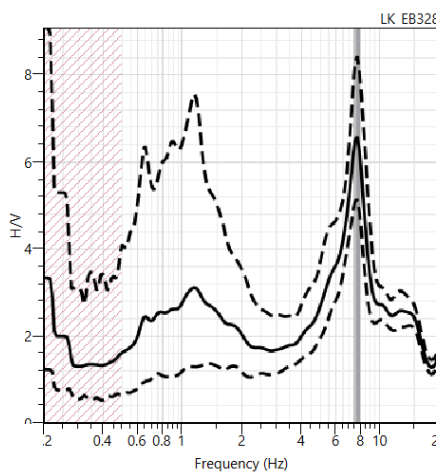
Gambar L-1.21 Kurva HVSR Titik 21



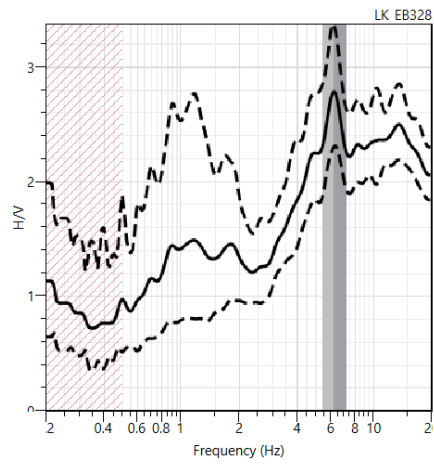
Gambar L-1.22 Kurva HVSR Titik 22



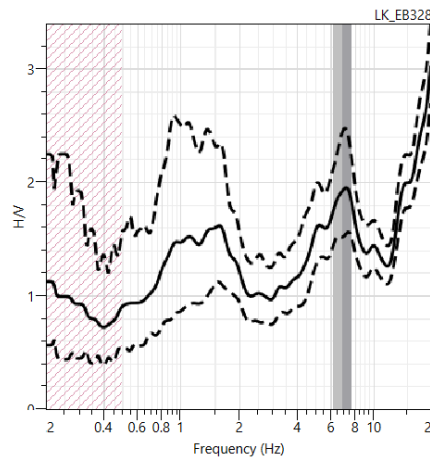
Gambar L-1.23 Kurva HVSR Titik 23



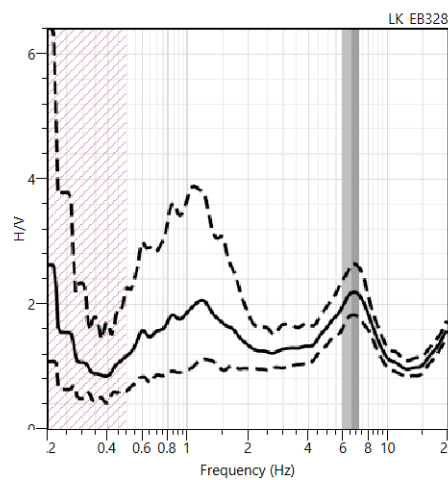
Gambar L-1.24 Kurva HVSR Titik 24



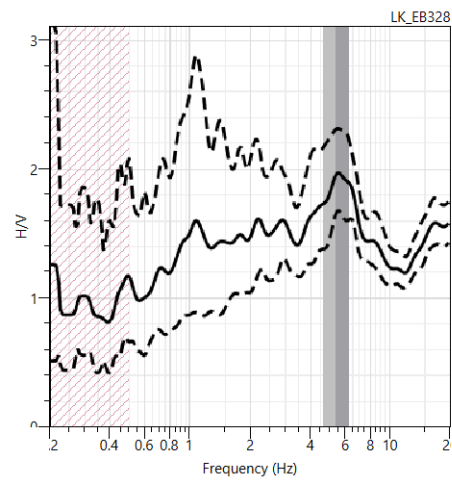
Gambar L-1.25 Kurva HVSR Titik 25



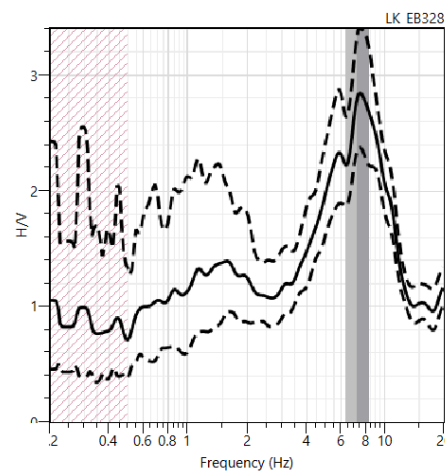
Gambar L-1.26 Kurva HVSR Titik 26



Gambar L-1.27 Kurva HVSR Titik 27

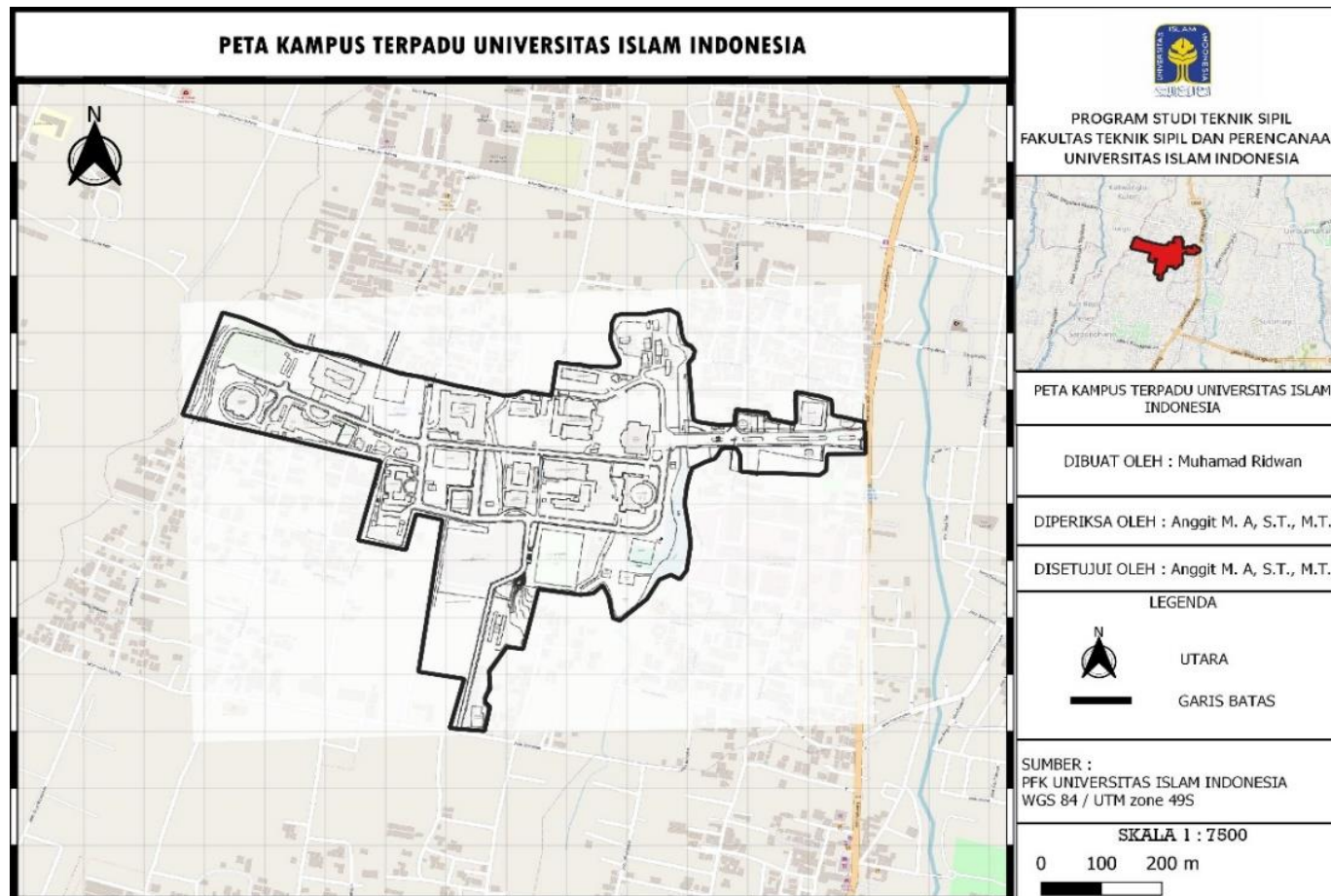


Gambar L-1.28 Kurva HVSR Titik 28



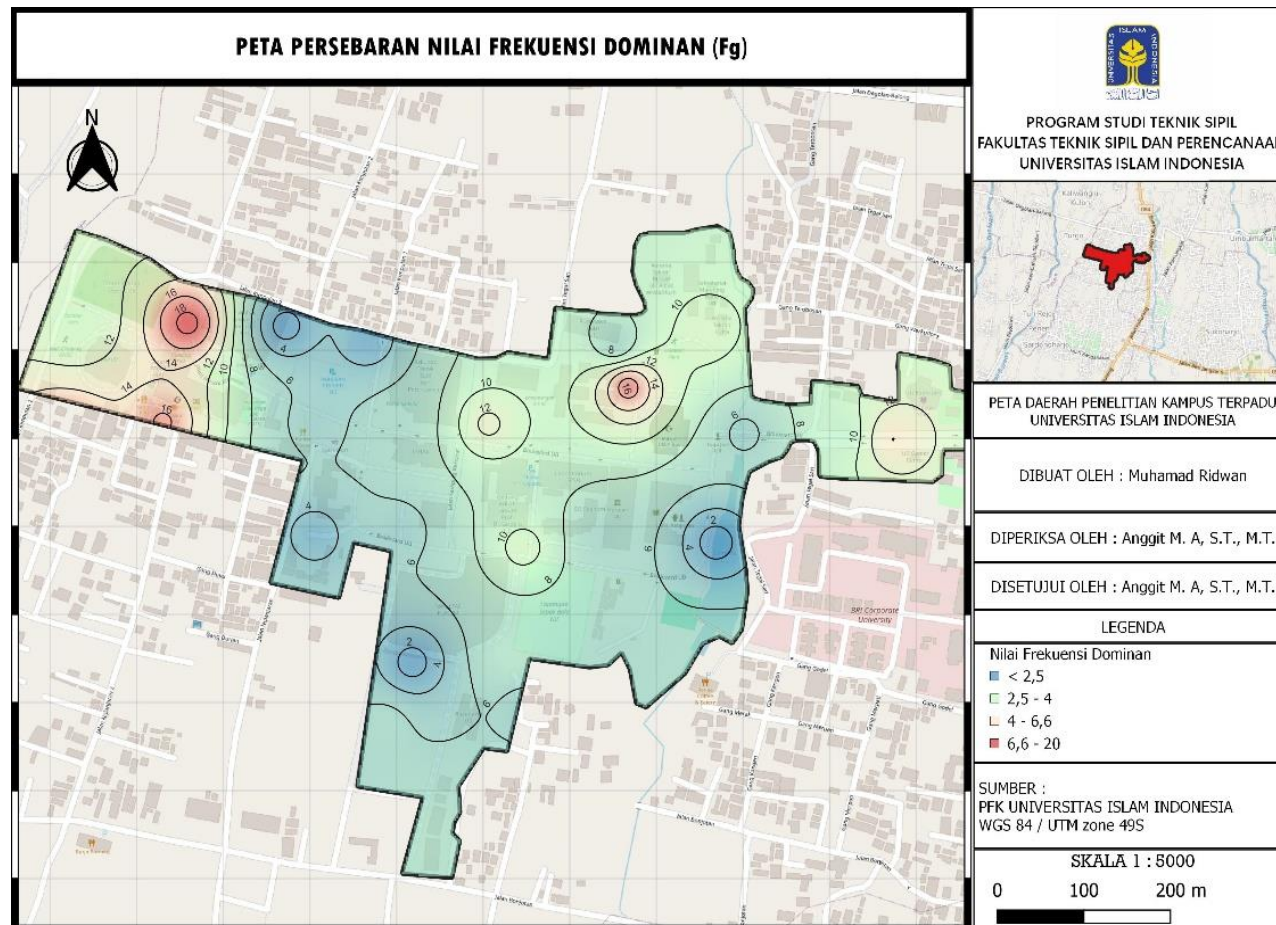
Gambar L-1.29 Kurva HVSR Titik 29

Lampiran 2 Gambar Peta Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia



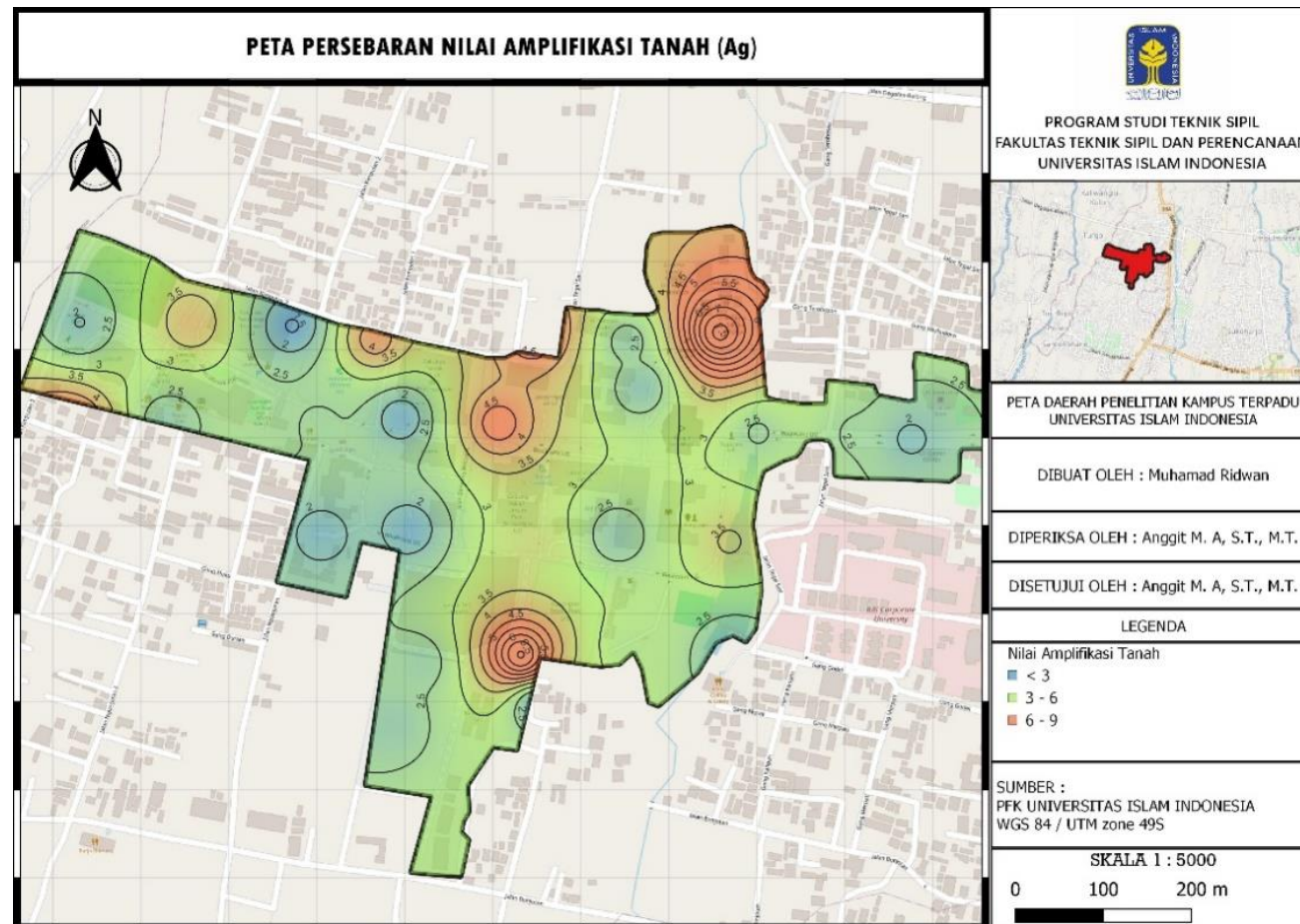
Gambar L-2.1 Peta Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Lampiran 3 Gambar Peta Persebaran Nilai Frekuensi Dominan Tanah (Fg)



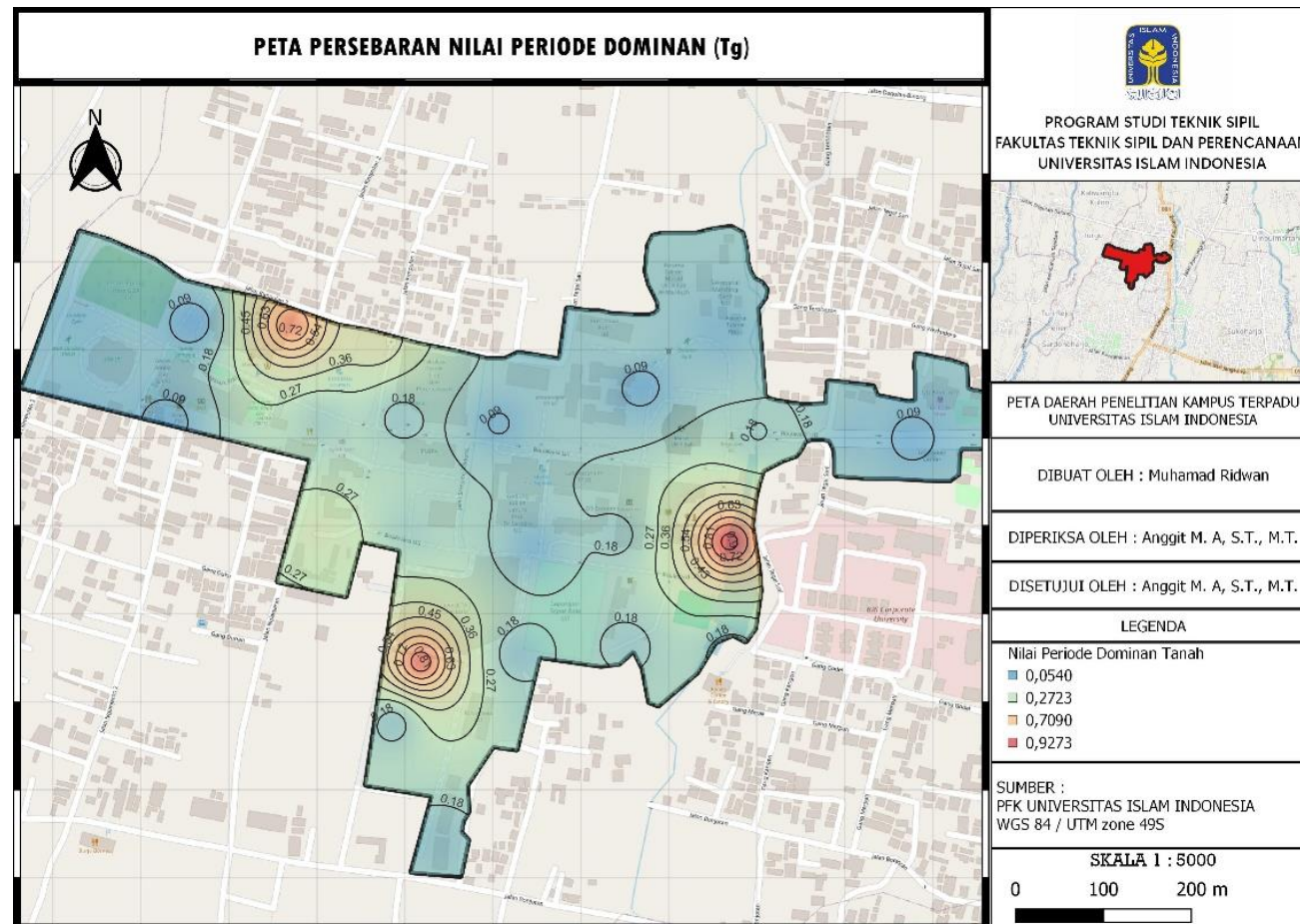
Gambar L-3.1 Peta Persebaran Nilai Frekuensi Dominan Tanah (Fg)

Lampiran 4 Gambar Peta Persebaran Nilai Amplifikasi Tanah (Ag)



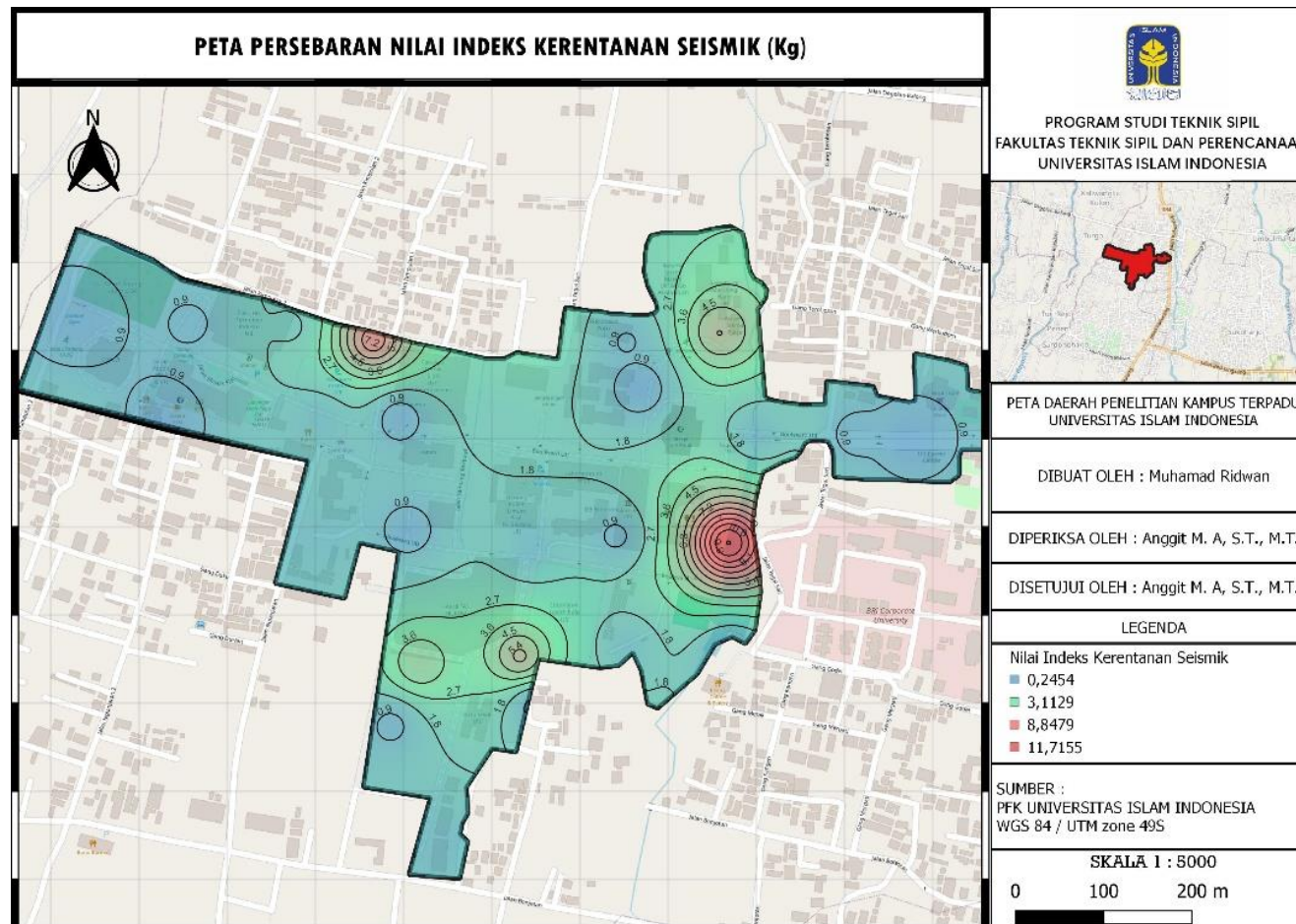
Gambar L-4.1 Peta Persebaran Nilai Amplifikasi Tanah (Ag)

Lampiran 5 Gambar Peta Persebaran Nilai Periode Dominan Tanah (Tg)



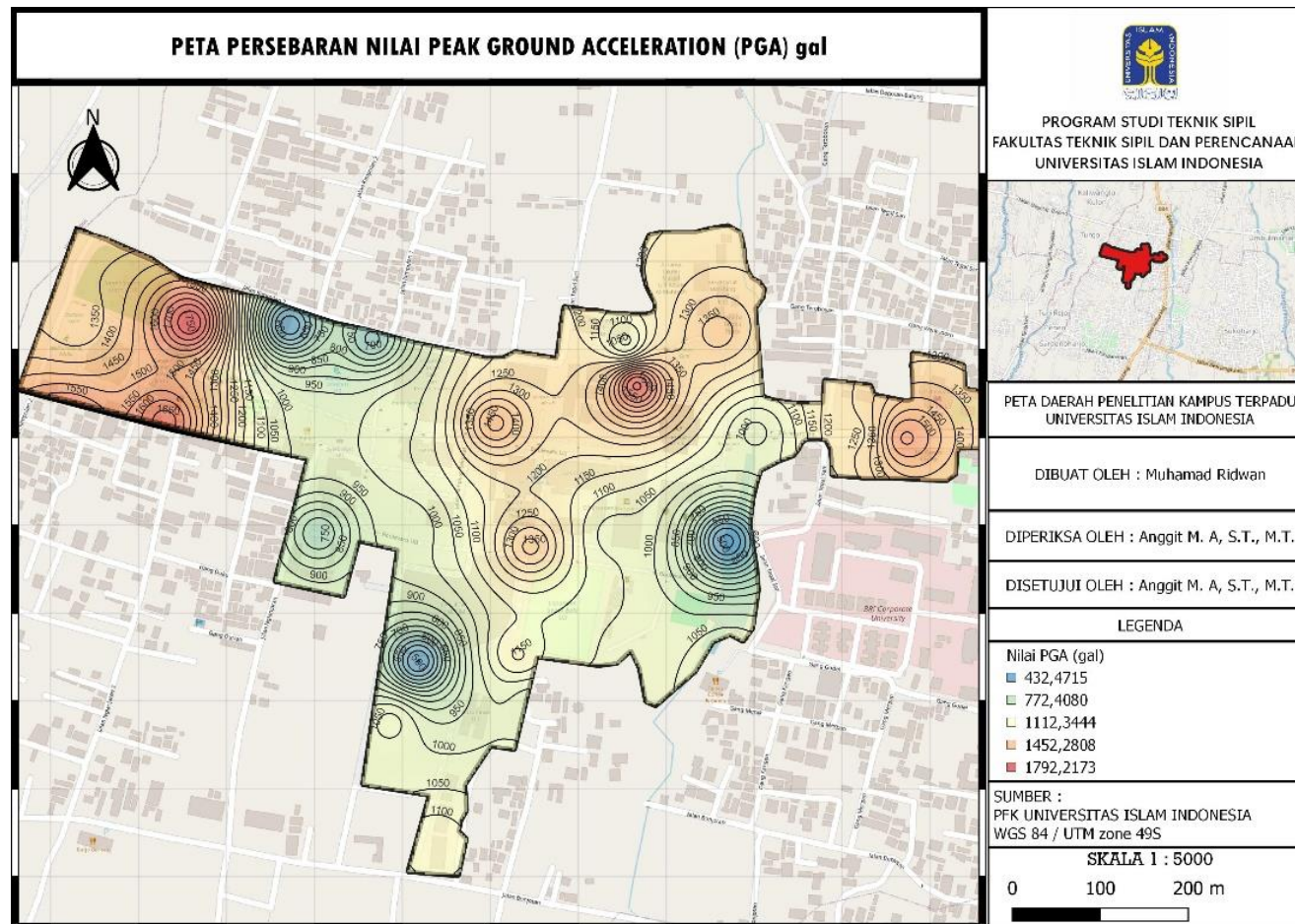
Gambar L-5.1 Peta Persebaran Nilai Periode Dominan Tanah (Tg)

Lampiran 6 Gambar Peta Persebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg)



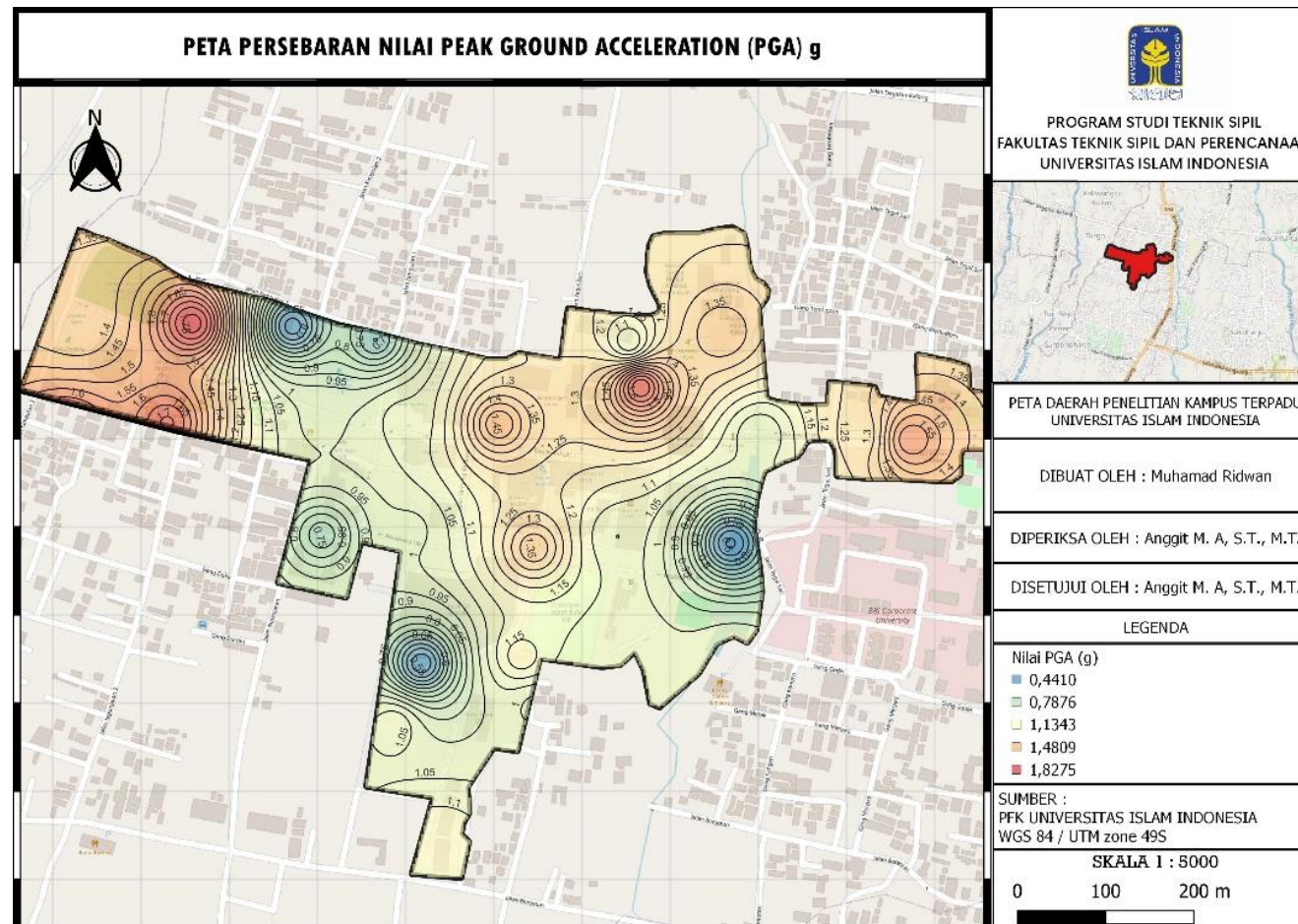
Gambar L-6.1 Peta Persebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg)

Lampiran 7 Gambar Peta Persebaran Nilai PGA (gal)



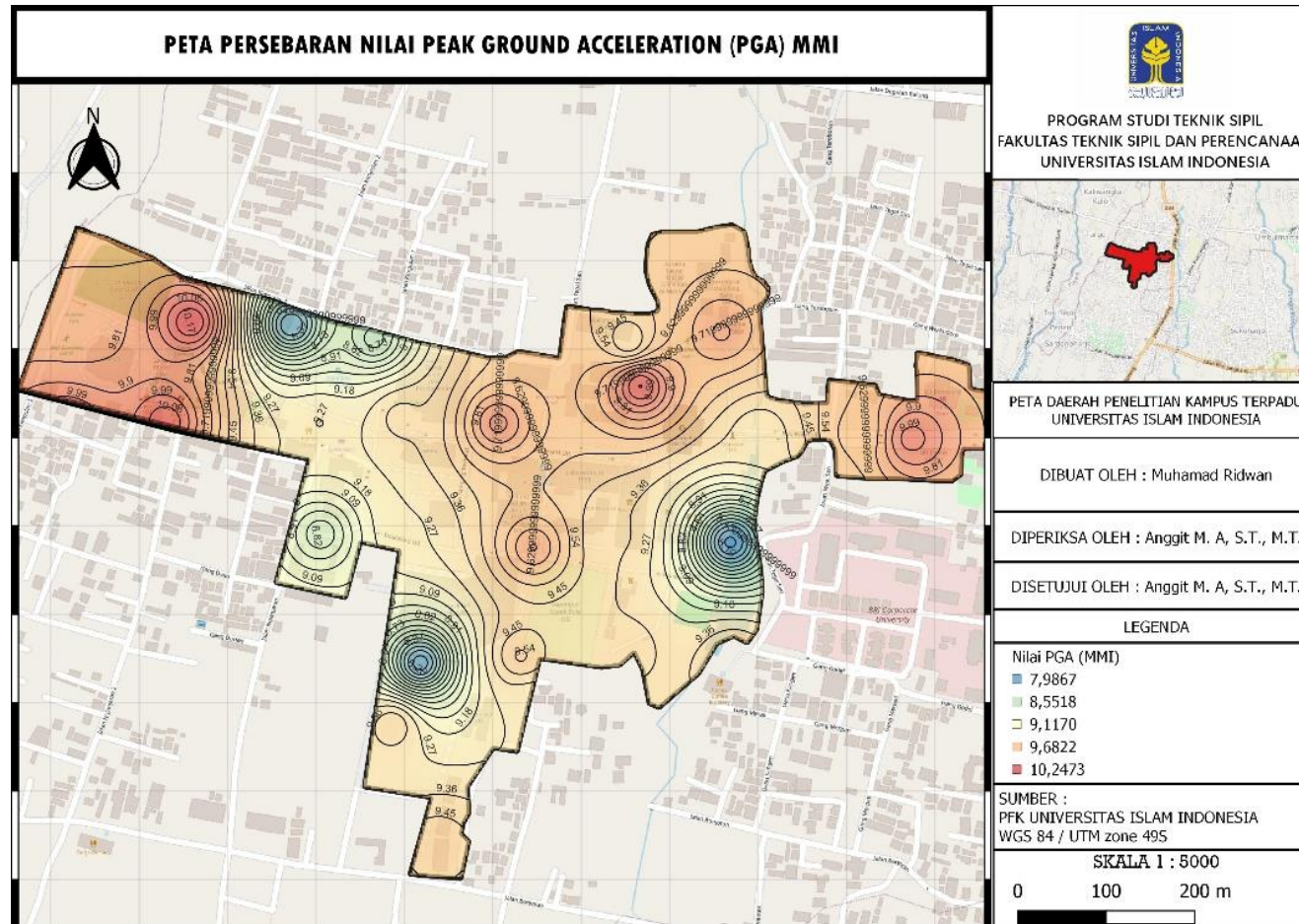
Gambar L-7.1 Peta Persebaran Nilai PGA (gal)

Lampiran 8 Gambar Peta Persebaran Nilai PGA (g)



Gambar L-8.1 Peta Persebaran Nilai PGA (g)

Lampiran 9 Gambar Peta Persebaran Nilai PGA (MMI)



Gambar L-9.1 Peta Persebaran Nilai PGA (MMI)

Lampiran 10 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-10.1 Dokumentasi Penelitian



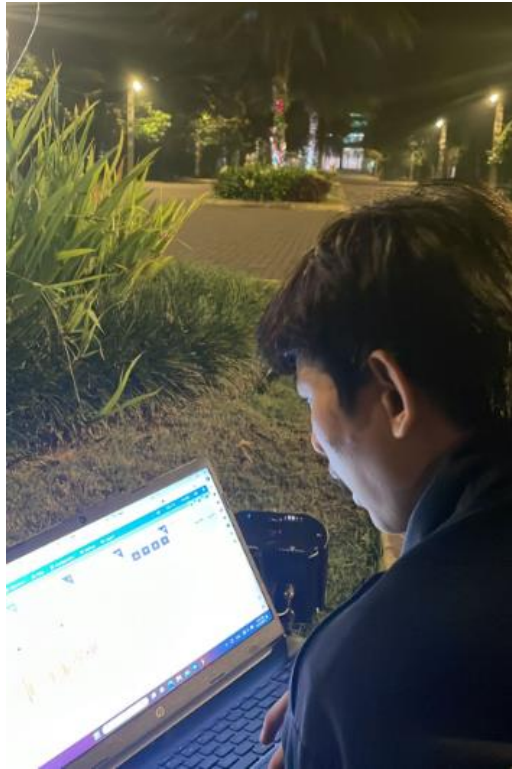
Gambar L-10.3 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-10.3 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-10.4 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-10.5 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-10.5 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-10.6 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-10.7 Dokumentasi Penelitian

Lampiran 11 Surat Perizinan Penelitian di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia



**UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 895444 ext 3200, 3261
F. (0274) 895330
E. dekanat@uii.ac.id
W. <http://uii.ac.id>

Nomor : 051/Sek. Prodi PSTS/20/TA/III/2024
Hal : Permohonan Izin Penelitian Tugas Akhir

Kepada Yth:
Pimpinan Pengelola Fasilitas Kampus
Universitas Islam Indonesia
Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Dalam rangka mempersiapkan mahasiswa untuk menempuh ujian Tugas akhir/Skripsi maka setiap mahasiswa diwajibkan untuk menyusun Tugas Akhir/skripsi. Sehubungan dengan hal tersebut diatas maka diperlukan data-data, baik dari instansi Pemerintah BUMN, ataupun dari perusahaan swasta/Proyek.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut diatas, maka dengan ini kami mohon bantuannya untuk dapat memberikan bantuan untuk dapat memberikan izin Penelitian dan Pengambilan Data yang akan digunakan untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

NAMA : Muhamad Ridwan
NIM : 20511269
JUDUL TUGAS AKHIR : Penyusunan Peta Kerentanan Gempa Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.
NO HP MAHASISWA : 0821 3546 9678

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh.



Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,
DINA ANGGRAHENI, S.T., M. ENG

Yogyakarta, 29 Maret 2024
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

ANGGIT MAS ARIFUDIN, S.T., M.T.

Gambar L-11.1 Surat Perizinan Penelitian

Lampiran 12 Surat Balasan Perizinan Penelitian di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

**PENGELOLA FASILITAS KAMPUS
YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**
Kampus Terpadu UII Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman - Yogyakarta

SURAT KETERANGAN
No. 002/SK-PENELITIAN/PFK/V/2024

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ir. Faisol AM, MS
Jabatan : Kepala Pengelola Fasilitas Kampus Yayasan Badan Wakaf UII

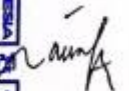
Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Muhamad Ridwan
NIM : 20511269
Jurusan : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan UII

Telah disetujui oleh Kepala Pengelola Fasilitas Kampus Yayasan Badan Wakaf UII untuk melakukan penelitian Tugas Akhir dengan judul "Penyusunan Peta Kerentanan Gempa Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia". Oleh karena itu, mahasiswa tersebut di mohon dapat menyesuaikan dengan kondisi yang ada di lapangan.

Demikian surat keterangan ini untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 8 Mei 2024



PENGELOLA FASILITAS KAMPUS
YAYASAN BADAN WAKAF
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Ir. Faisol AM, MS
Kepala PFK YBW UII

Gambar L-12.1 Surat Balasan Penelitian

Lampiran 13 Surat Perizinan Penelitian di Desa Sardonoarjo



**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung IKI, Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalurung km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dihsan@fosp@uii.ac.id
W. [fosp.uii.ac.id](http://uii.ac.id)

Nomor : 077/Sek. Prodi PSTS/20/TA/V/2024
Hal : Permohonan Izin Penelitian Tugas Akhir

Kepada Yth:
Bapak/Ibu Kepala Desa Sardonoarjo,
Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Yogyakarta

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Dalam rangka mempersiapkan mahasiswa untuk menempuh ujian Tugas akhir/Skripsi maka setiap mahasiswa diwajibkan untuk menyusun Tugas Akhir/skripsi. Sehubungan dengan hal tersebut diatas maka diperlukan data-data, baik dari instansi Pemerintah BUMN, ataupun dari perusahaan swasta/Proyek.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut diatas, maka dengan ini kami mohon bantuannya untuk dapat memberikan bantuan untuk dapat memberikan izin Penelitian dan Pengambilan Data berupa data mikrotremor di Desa Sardonoarjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Yogyakarta yang akan digunakan untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

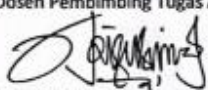
Nama	: Muhamad Ridwan
Nim	: 20511269
Judul Tugas Akhir	: Penyusunan Peta Kerentanan Gempa Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh.



Sek. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,
Dina Anggraheni, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 29 Mei 2024
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.

Gambar L-13.1 Surat Perizinan Penelitian

Lampiran 14 Surat Perizinan Penelitian di Desa Umbulmartani



**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
E. (0274) 895130
E. dekanat.fsp@uii.ac.id
W. fsp.uii.ac.id

Nomor : 076/Sek. Prodi PSTS/20/TA/V/2024
Hal : Permohonan Izin Penelitian Tugas Akhir

Kepada Yth:
Bapak/Ibu Kepala Desa Umbulmartani,
Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Yogyakarta

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Dalam rangka mempersiapkan mahasiswa untuk menempuh ujian Tugas akhir/Skripsi maka setiap mahasiswa diwajibkan untuk menyusun Tugas Akhir/skripsi. Sehubungan dengan hal tersebut diatas maka diperlukan data-data, baik dari instansi Pemerintah BUMN, ataupun dari perusahaan swasta/Proyek.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut diatas, maka dengan ini kami mohon bantuannya untuk dapat memberikan bantuan untuk dapat memberikan Izin Penelitian dan Pengambilan Data berupa data mikrotremor lapangan di wilayah Desa Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Yogyakarta yang akan digunakan untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

Nama	: Muhamad Ridwan
Nim	: 20511269
Judul Tugas Akhir	: Penyusunan Peta Kerentanan Gempa Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh.



Sek. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,
Lina Anggraheni, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 29 Mei 2024
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.

Gambar L-14.1 Surat Perizinan Penelitian