

TUGAS AKHIR

ANALISIS HUBUNGAN INDEKS KERENTANAN SEISMIC DAN TEBAL LAPISAN SEDIMEN TERHADAP RISIKO GEMPA BUMI DI KAWASAN KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN METODE HVSR

***(ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SEISMIC
VULNERABILITY INDEX AND SEDIMENT LAYER THICKNESS
TOWARDS EARTHQUAKE RISK IN THE INTEGRATED CAMPUS
AREA OF THE ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA USING THE
HVSR METHOD)***

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



Disusun Oleh:

Sungsang Jalu Pamungkas

20511238

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

2025

TUGAS AKHIR

**ANALISIS HUBUNGAN INDEKS KERENTANAN SEISMIC DAN
TEBAL LAPISAN SEDIMEN TERHADAP RISIKO GEMPA BUMI DI
KAWASAN KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA MENGGUNAKAN METODE HVSR
(ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SEISMIC
VULNERABILITY INDEX AND SEDIMENT LAYER THICKNESS
TOWARDS EARTHQUAKE RISK IN THE INTEGRATED CAMPUS
AREA OF THE ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA USING THE
HVSR METHOD)**

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

Disusun oleh

SUNGSANG JALU PAMUNGKAS

20511238

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

Diuji pada tanggal 4 September 2025

Oleh Dewan Penguji

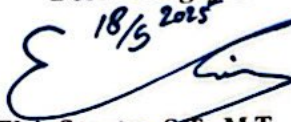
Dosen Pembimbing



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

NIK: 185111304

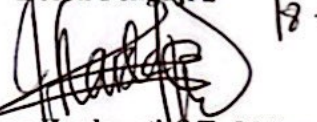
Dosen Penguji 1



Elvis Saputra, S.T., M.T.

NIK: 205111302

Dosen Penguji 2



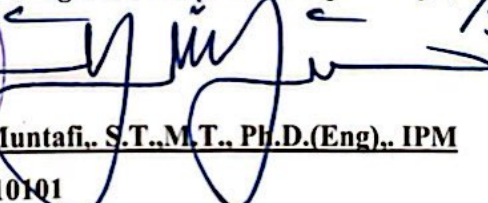
Astriana Hardawati, S.T., M.Eng

NIK: 165111301

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil





Yungia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng), IPM

NIK: 095110101

22/9/2025

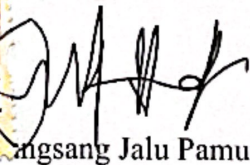
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sadar bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya sendiri. Adapun bagian tertentu dalam laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dengan sumber yang jelas sesuai dengan kaidah, norma, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau Sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau terdapat pada bagian-bagian tertentu maka saya bersedia untuk menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta,

Yang Membuat Pernyataan





Mgsang Jalu Pamungkas

(20511238)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr, Wb.,

Alhamdulillahirabbil'aalamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Hubungan Indeks Kerentanan Seismik dan Tebal Lapisan Sedimen Terhadap Risiko Gempa Bumi di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Menggunakan Metode HVSR”**. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Dalam Menyelesaikan Tugas Akhir Ini, Penulis mengalami hambatan dalam menulis. Namun berkat saran, kritik, serta masukan dan dorongan semangat dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Pada kesempatan kali ini perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu serta membimbing dalam proses penulisan. Penulis mengucapkan kasih penulis 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. Kepada kedua orang tua saya yang selalu memberikan dorongan dan memberikan doa serta membantu banyak hal dalam masa perkuliahan penulis serta untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Kepada Faradiba Antika Fany dalam kesempatan ini, saya ingin menyampaikan terima kasih sedalam-dalamnya, terima kasih menjadi penyemangat dikala lelah, menjadi pendengar setia, dan terus percaya pada kemampuan saya saat ketika mulai ragu. Dukungan, perhatian, dan

pengertianmu telah menjadi salah satu alasan besar saya melewati masa-masa sulit selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

5. Terima kasih kepada teman-teman penulis selalu memberikan support untuk penulis di berbagai halangan.
6. Dan yang terakhir terimakasih kepada diri saya sendiri sebagai penulis yang telah menyelesaikan Tugas Akhir sebagai syarat wajib bagi mahasiswa strata satu.

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	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	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu	5
2.2.1 Analisis Mirotremor HVSR Struktur Sedimen Dangkal Heterogen Di Pohang, Korea Selatan	5
2.2.2 Karakteristik Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Mikrotremor	6
2.2.3 Analisa Menggunakan Metode Mikrotremor Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi	8

2.2.4 Identifikasi Potensi Likuifaksi Berdasakan Analisis Data Mikrotremor Didesa Trimukti, Srandakan Bantul	9
2.2.5 Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)	12
2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan	13
BAB III LANDASAN TEORI	18
3.1 Tinjauan Umum	18
3.2 Gelombang Seismik	20
3.3 Mikrotremor	20
3.4 Metode HVSr	21
3.5 Faktor Amplifikasi	22
3.6 Faktor Dominan	22
3.7 Uji <i>Outlier</i>	23
BAB IV METODE PENELITIAN	29
4.1 Lokasi Penelitian	29
4.2 Peralatan	30
4.3 Teknik Pengumpulan Data	32
4.4 Pengolahan Data	35
4.4.1 Pengolahan Data Mikrotremor	36
4.4.2 Perhitungan Frekuensi Dominan Dan Faktor Amplifikasi	36
4.4.3 Analisis Invers Kurva HVSr Menggunakan Metode <i>Ellipticity Curve</i>	38
4.4.4 Perhitungan Indeks Kerentanan Seismik (Kg)	38
4.4.5 Perhitungan Ketebalan Sedimen (h)	38

BAB V ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN	40
5.4 Analisis Nilai Frekuensi Dominan (fg)	47
5.5 Analisis Nilai Faktor Amplifikasi (Ag)	50
5.6 Analisis Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg)	58
5.7 Nilai Kecepatan Gelombang (Vs30) dan Klasifikasi Tanah	61
5.8 Analisis Nilai Ketebalan Lapisan Sedimen (h)	68
5.7 Hubungan Antara Nilai Indeks Kerentanan Seismik Dengan Nilai Ketebalan Lapisan Sedimen	73
5.8 Hubungan Antara Nilai Kecepatan Geser Dengan Nilai Ketebalan Lapisan Sedimen	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	79
6.1 Kesimpulan	79
6.2 SARAN	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan	14
Tabel 3.1	Klasifikasi Site	25
Tabel 4.1	Koordinat Titik Penelitian	31
Tabel 4.2	Syarat Teknis Pengukuran Mikrotremor	32
Tabel 5.1	Hasil Rekap Nilai Frekuensi Dominan (Fg)	46
Tabel 5.2	Hasil Rekap Nilai Faktor Amplifikasi (Ag)	46
Tabel 5.3	Rekapitulasi Frekuensi Dominan Pada Wilayah UII	48
Tabel 5.4	Rekapitulasi Faktor Amplifikasi Pada Wilayah UII	51
Tabel 5.5	Analisa Outlier Amplifikasi Tanah Ag	55
Tabel 5.6	Analisa Outlier Frekuensi Dominan Fg	56
Tabel 5.7	Rekapitulasi Indeks Kerentanan Seismik Pada Wilayah UII	58
Tabel 5.8	Data Pengolahan Aplikasi Dinver	63
Tabel 5.9	Nilai Vs Setiap Lapisan Pada Titik 5	65
Tabel 5.10	Rekapitulasi Vs 30 Pada Wilayah Kampus UII	65
Tabel 5.11	Nilai Rekapitulasi Ketebalan Sedimen Pada Wilayah UII	69
Tabel 5.12	Perhitungan Koefisien Indeks Kerentanan Seismik Dengan Ketebalan Lapisan Sedimen	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Peta Persebaran Frekuensi Dominan RSP Unila (F_0)	8
Gambar 2. 2	Peta Persebaran Periode Dominan RSP Unila (T_0)	8
Gambar 2. 3	Peta Persebaran Nilai Amplifikasi RSP Unila (A_g)	9
Gambar 2. 4	Peta Geologi Penelitian di Kecamatan Adipala di Cilacap	10
Gambar 2. 5	Peta Sebaran Frekuensi Dominan (f_0) Yang Ditumpang Tidih (<i>overlay</i>) Dengan Peta Topografi	11
Gambar 2. 6	Peta Sebaran Amplifikasi (A_0) Yang Ditumpang Tidih (<i>overlay</i>) Dengan Peta Topografi	12
Gambar 2. 7	Peta Sebaran Indeks Kerentanan Seismik (K_g) Yang Ditumpang Tidih (<i>overlay</i>) Dengan Peta Topografi	12
Gambar 2. 8	Sebaran Ketebalan Sedimen (h) Yang Ditumpang Tidih (<i>overlay</i>) Dengan Peta Topografi	13
Gambar 2. 9	Peta Sebaran Nilai Frekuensi Dominan Tanah (f_0)	13
Gambar 2. 10	Peta Sebaran Nilai Kecepatan Gelombang Shear (V_{S30})	14
Gambar 2. 11	Peta Sebaran Nilai Ketebalan Lapisan Sedimen (h)	14
Gambar 3. 1	Kondisi Geologi Yogyakarta	19
Gambar 3. 2	Contoh Hasil Sinyal Mikrotremor di Distrik Jayapura	22
Gambar 4. 1	Peta Lokasi Penelitian	27
Gambar 4. 2	Hardware Yang Digunakan	29
Gambar 4. 3	Grid Lokasi Titik Penelitian Interval $\pm 125 \times 125$ m	30
Gambar 4. 4	Sinyal Mikrotremor Tiga Komponen	34
Gambar 4. 5	Windowing Sinyal pada Software Sesarray Geopsy	35
Gambar 4. 6	Grafik Kurva HVSR	
Gambar 4. 7	Peta Mikrozonasi	37
Gambar 5. 1	Pengambilan Sampel	41

Gambar 5. 2	Pengambilan Sampel	41
Gambar 5. 3	Peta Lokasi Titik Penelitian Di Wilayah Kampus UII	42
Gambar 5. 4	Grafik Hasil Pengukuran Mikrotremor Di Titik 5	43
Gambar 5. 5	Filtering Options Untuk Windowing Di Titik 5	44
Gambar 5. 6	Hasil Windowing Pada Titik 5	44
Gambar 5. 7	Kurva HVSR Pada Titik 5	45
Gambar 5. 8	Gambar Kurva HVSR Setelah Filtrasi Pada Titik 5	45
Gambar 5. 9	Kurva HVSR Nilai Fg Pada Titik 5 Setelah Filtrasi	47
Gambar 5.10	Peta Persebaran Frekuensi Dominan Wilayah Universitas Islam Indonesia	49
Gambar 5.11	Kurva HVSR Nilai Ag Pada Titik 5 Setelah Filtrasi	51
Gambar 5.12	Peta Persebaran Faktor Amplifikasi Wilayah UII	53
Gambar 5.13	Peta Persebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg) Pada Universitas Islam Indonesia Terpadu	60
Gambar 5.14	Data Borlog Pada Rusunawa Kampus UII	62
Gambar 5.15	Tampilan Software Dinver Pada Titik 5	63
Gambar 5.16	Grafik Vs Pada Titik 5	64
Gambar 5.17	Peta Kecepatan Geser Tanah Kedalaman 30 Meter (Vs30) Di Wilayah Kampus Universitas Islam Indonesia	67
Gambar 5.18	Peta Persebaran Ketebalan Sedimen Pada Universitas Islam Indonesia Terpadu	70
Gambar 5.19	Peta 3D Persebaran Ketebalan Sedimen Pada Universitas Islam Indonesia Terpadu	71
Gambar 5.20	Penampang Potongan Titik 3	72
Gambar 5.21	Penampang Potongan Titik 21	72
Gambar 5.22	Penampang Potongan Titik 23	73
Gambar 5.23	Scatter Plot Hubungan Indeks Kerentanan Seismik Dengan Ketebalan Lapisan Sedimen	76
Gambar 5.24	Grafik Hubungan Vs30 dengan H	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Kurva HVSR	78
Lampiran 2	Gambar Grafik Inversi Kurva HVSR	88
Lampiran 3	Gambar Titik Lokasi Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	98
Lampiran 4	Gambar Faktor Dominan (Fg) Lokasi Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesi	99
Lampiran 5	Gambar Faktor Amplifikasi (Ag) Lokasi Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	100
Lampiran 6	Gambar Indeks Kerentanan Seiemik (Kg) Lokasi Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	101
Lampiran 7	Gambar Kecepatan Geser Tanah (Vs30) Lokasi Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	102
Lampiran 8	Gambar Ketebalan Sedimen (h) Lokasi Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	103
Lampiran 9	Gambar 3D Ketebalan Sedimen (h) Lokasi Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	104
Lampiran 10	Gambar Penampang Lapisan Tebal Sedimen	105
Lampiran 11	Gambar Data Borlog Pada Rusunawa Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	105
Lampiran 12	Gambar Dokumentasi Penelitian	106
Lampiran 13	Gambar Surat Izin Balasan Perizinan Penelitian Di Kawasan Kampus Universitas Islam Indonesia	108
Lampiran 14	Gambar Surat Perizinan Penelitian Di Kawasan Universitas Islam Indonesia	109
Lampiran 15	Gambar Surat di Desa Sardonoharjo	110
Lampiran 16	Gambar Surat di Desa Umbulmartani	111

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

F_g	= Frekuensi dominan (hz)
A_g	= Faktor amplifikasi
V_s	= Kecepatan geser tanah (m/s)
h	= Ketebalan lapisan sedimen (meter)
K_g	= Indeks kerentanan seismic
LS	= Lintang selatan
BT	= Bujur Timur
$HVSR$	= <i>Horizontal to Vertical Ratio</i>
T_{SITE}	= Efek tapak Lokal
A	= Kekuatan batuan
P	= Kerepatan batuan
V_p	= Kecepatan gelombang primer (m/s)
V_s	= Kecepatan Gelombang sekunder
V_{s30}	= Kecepatan Geser tanah hingga kedalaman 30 meter
V_{si}	= Kecepatan gelombang geser lapisan (m/s)
d_i	= Tebal setiap lapisan hingga kedalaman 30 (m)
x_i	= Nilai sampel
$\sum x$	= Nilai dari jumlah data
σ	= standar deviasi atau Simpangan Baku
Z Score	= standar batas
r	= Koefisien korelasi
x	= Nilai variabel bebas
y	= Nilai variabel terikat
a	= Variabel <i>intercept</i>
b	= Koefisien arah

ABSTRAK

Kepulauan Indonesia memiliki tingkat kejadian bencana alam yang tinggi, seperti banjir, tanah longsor, gempa bumi, dan bencana lainnya. Kondisi ini dipengaruhi oleh faktor tektonik dan topografi yang kompleks, karena Indonesia terletak pada pertemuan lempeng besar dunia. Salah satu upaya mitigasi untuk mengurangi dampak gempa bumi adalah dengan mengidentifikasi ketebalan lapisan sedimen dan indeks kerentanan seismik. Penelitian ini penting dilakukan di wilayah Kampus Universitas Islam Indonesia (UII) yang tergolong rawan gempa bumi.

Penelitian dilakukan dengan pengukuran langsung menggunakan *seismograph digital* Lunitek Triton 5s. Perekaman sinyal mikrotremor berlangsung 30 menit pada 29 titik dengan jarak sekitar 125 meter. Data dianalisis menggunakan metode HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan (F_g) dan faktor amplifikasi (A_g). Hasil kurva H/V kemudian diinversi guna memperoleh nilai kecepatan geser tanah hingga kedalaman 30 meter (V_{s30}). Dari parameter tersebut dihitung ketebalan lapisan sedimen (h) dan indeks kerentanan seismik (K_g).

Hasil penelitian menunjukkan ketebalan lapisan sedimen bervariasi antara 4,63–92,302 meter. Lapisan paling tebal berada di area parkir Fakultas Hukum, sedangkan yang paling tipis di area boulevard UII. Nilai K_g berkisar 0,24491–11,7269 dengan sebagian besar wilayah termasuk kategori rendah. Hubungan antara ketebalan lapisan sedimen dan nilai K_g tergolong lemah, dengan koefisien korelasi +0,3376. Analisis regresi linier menunjukkan hubungan keduanya dirumuskan dengan persamaan $y = 11,459 + 4,6339x$. Hubungan ini menggambarkan bahwa jika sedimen dan K_g tinggi, potensi amplifikasi gelombang gempa juga meningkat sehingga risiko kerusakan bangunan lebih besar.

Kata Kunci : Mikrotremor, HVSr, Ketebalan Sedimen, Universitas Islam Indonesia

ABSTRACT

The Indonesian archipelago experiences a high frequency of natural disasters such as floods, landslides, earthquakes, and other hazards. This condition is influenced by complex tectonic and topographic factors, as Indonesia lies at the convergence of major tectonic plates. One mitigation effort to reduce the impact of earthquakes is to identify sediment layer thickness and the seismic vulnerability index. This research is particularly important in the area of Universitas Islam Indonesia (UII) campus, which is considered prone to earthquakes.

The study was conducted through direct field measurements using a Lunitek Triton 5s digital seismograph. Microtremor signals were recorded for 30 minutes at 29 measurement points with an interval of approximately 125 meters. The data were analyzed using the HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) method to obtain the dominant frequency (F_g) and amplification factor (A_g). The H/V curves were then inverted to derive the shear wave velocity up to a depth of 30 meters (V_{s30}). Based on these parameters, the sediment thickness (h) and seismic vulnerability index (K_g) were calculated.

The results show that sediment thickness varies between 4.63 and 92.302 meters. The thickest layer is found in the Faculty of Law parking area, while the thinnest is located along the UII boulevard. The K_g values range from 0.24491 to 11.7269, with most areas classified as low vulnerability. The correlation between sediment thickness and K_g is weak, with a correlation coefficient of +0.3376. Linear regression analysis yielded the equation $y = 11.459 + 4.6339x$. This relationship indicates that when both sediment thickness and K_g values are high, the potential for earthquake wave amplification increases, thereby raising the risk of building damage.

Keyword: Mikrotremor, HVSR, Ketebalan Sedimen, Universitas Islam Indonesia.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepulauan Indonesia mempunyai kejadian bencana yang relatif tinggi, mulai dari banjir, tanah longsor, gempa bumi, letusan gunung berapi, kebakaran hutan, tsunami, angin puting beliung, dan bencana alam lainnya. Bencana alam di Indonesia disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya kondisi tektonik dan topografi yang kompleks. Indonesia terletak pada pertemuan lempeng-lempeng besar: Lempeng Pasifik, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Eurasia. Oleh karena itu, gempa bumi sering terjadi di beberapa wilayah di Indonesia. Gempa bumi merupakan bencana alam yang tidak dapat diprediksi dan dapat menimbulkan kasus kerusakan ringan, sedang, berat, kerugian material, bahkan kematian, Jumlah kerusakan kasus meliputi kasus kerusakan jalan, kerusakan bangunan, dan kerusakan infrastruktur lainnya. Faktor penyebab kerusakan akibat gempa bumi antara lain kekuatan getaran, lama getaran, kedalaman episentrum, sifat tanah, dan struktur bangunan. gempa bumi melanda Indonesia.

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki tingkat kerawanan gempa bumi cukup tinggi. Hal ini tidak terlepas dari kondisi geologi dan tektonik yang membentuk wilayah tersebut. Secara tektonik, Yogyakarta berada dekat dengan daerah pertemuan lempeng tektonik, yaitu pertemuan antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia di sepanjang Samudera Hindia. Proses tumbukan lempeng ini menimbulkan aktivitas seismik yang berpotensi menyebabkan gempa bumi dengan intensitas yang cukup besar. Selain itu, di sekitar Yogyakarta terdapat beberapa sesar aktif, seperti Sesar Opak, yang juga menjadi salah satu sumber gempa bumi merusak di masa lalu. Contohnya adalah peristiwa gempa pada 27 Mei 2006 yang menimbulkan kerusakan parah serta korban jiwa dalam jumlah besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa Yogyakarta merupakan daerah yang tidak hanya rawan terhadap gempa tektonik, tetapi juga gempa yang bersumber dari sesar lokal. Dengan kondisi geografis dan geologis

tersebut, masyarakat Yogyakarta dituntut untuk memiliki kesiapan yang baik dalam menghadapi kemungkinan terjadinya gempa bumi di masa mendatang. Pengetahuan mengenai potensi bahaya, penyebab, dan dampak gempa bumi menjadi hal yang sangat penting untuk mengurangi risiko bencana.

Salah satu kampus yang berada di Kabupaten Sleman adalah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta. Kawasan ini terus berkembang sebagai pusat aktivitas pendidikan, penelitian, dan perencanaan pembangunan berbagai infrastruktur sehingga memiliki tingkat kerentanan tertentu terhadap risiko gempa bumi. Penentuan nilai kerentanan dapat diperoleh dengan mengetahui ketebalan sedimen yang diperoleh dengan melakukan pengukuran mikrotremomr dengan menggunakan *digital seismograph* merek Lunitek Triton 5s. Selanjutnya setelah itu diolah memperoleh data nilai frekuensi dominan (F_g) dan nilai faktor amplifikasi (A_g). Setelah itu dilakukan pengolahan data yang akan memperoleh nilai kecepatan gelombang geser (V_s). digunakan untuk memperoleh nilai ketebalan sedimen (h). sedangkan nilai Frekuensi dominan (F_g) dan nilai faktor amplifikasi (A_g) digunakan untuk memperoleh nilai indeks kerentanan seismik (K_g). Berdasarkan nilai indeks kerentanan seismik dan ketebalan lapisan sedimen (h) nantinya akan diolah untuk mengetahui hubungan antara nilai parameter tersebut. Sehingga dapat menggambarkan tingkat kerentanan pada wilayah Kampus Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Sleman. Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian di wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta. Berdasarkan beberapa penjelasan tersebut penulis tertarik melakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengidentifikasi ketebalan lapisan sedimen di kawasan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta menggunakan metode *HVSR*, sehingga diperoleh data seismik yang lebih detail dan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu acuan mitigasi bencana gempa bumi di kawasan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang dibahas pada latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan diangkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana persebaran nilai indeks kerentanan seismik (Kg) pada kampus Universitas Islam Indonesia?
2. Bagaimana persebaran nilai ketebalan tebal lapisan sedimen (h) pada kampus Universitas Islam Indonesia?
3. Bagaimana Hubungan antara nilai faktor indeks kerentanan seismik (Kg) dengan nilai ketebalan lapisan sedimen (h), pada kampus Universitas Islam Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dikemukakan diatas, maka tujuan penelitian yang hendak dicapai adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai indeks kerentanan seismik (Kg) di wilayah kampus Universitas Islam Indonesia.
2. Untuk mengetahui nilai mengetahui tebal lapisan sedimen (h) di wilayah kampus Universitas Islam Indonesia.
3. Untuk mengetahui bagaimana Hubungan antar parameter nilai indeks kerentanan seismik dengan nilai ketebalan lapisan sedimen (h), di wilayah kampus Universitas Islam Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran dan informasi terkait nilai indeks kerentanan seismik (Kg) dan identifikasi lapisan sedimen (h) di wilayah kampus Universitas Islam Indonesia Kabupaten Sleman, yang dijadikan untuk mitigasi bencana gempa bumi
2. Memberikan informasi bagaimana hubungan antara nilai indeks kerentanan seismik (Kg) dengan lapisan ketebalan sedimen (h).
3. Memberikan informasi dalam melakukan tahapan melakukan perencanaan pembangunan di wilayah kampus Universitas Islam Indonesia Yogyakarta sehingga dapat meminimalisir adanya kerusakan akibat gempa bumi.

1.5 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan dari penelitian ini.

1. Lokasi penelitian terletak di wilayah Universitas Islam Indonesia Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Pengumpulan data mikrotremor mengacu pada peraturan yang diacu oleh penelitian Eropa SESAME.
3. Data pengukuran gempa diukur menggunakan *Digital Portable Seismograph Triton 5 s*.
4. Penentuan titik menggunakan grid dengan jarak antar titik ± 125 m dengan 29 titik.
5. *Software* yang akan digunakan pada saat menganalisis data adalah *Geopsy*. dan *software* yang digunakan pada saat melakukan pemetaan adalah *QGIS* output peta lapisan sedimen 3D menggunakan aplikasi *QGIS*.
6. Data lapisan tanah pada saat dilakukan yaitu tanah lunak, dan dilakukan pada saat tidak hujan ataupun pada saat kondisi tenang tidak ada aktivitas lain.
7. Informasi yang didapatkan pada penelitian meliputi dari nilai frekuensi dominan (f_g), nilai faktor amplifikasi (A_g), nilai percepatan geser (V_{s30}), nilai lapisan ketebalan sedimen (h), dan nilai indeks kerentanan seismik (K_g)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Dalam melakukan penelitian ini dilakukan *review* terhadap penelitian-penelitian sebelumnya dan diperlukan suatu teori yang dapat dipertanggungjawabkan baik berdasarkan sumber data maupun isinya. Penelitian ini mencakup tiga penelitian terdahulu yang memuat topik-topik yang berkaitan dengan penelitian ini.

2.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Metode Penelitian yang akan dilakukan terkait dengan beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian tersebut meliputi sebagai berikut.

2.2.1 Analisis Mirotremor HVSR Struktur Sedimen Dangkal Heterogen Di Pohang, Korea Selatan

Menurut Kang et al., (2020) metode HVSR menghasilkan puncak yang jelas pada frekuensi resonansi pada lapisan tanah lunak. Frekuensi resonansi kemudian dihubungkan dengan kedalaman kontras impedansi utama; yaitu antar muka tanah batuan dasar. Oleh karena itu, variasi lateral dalam frekuensi resonansi akan mengungkapkan topografi batuan dasar bawah permukaan atau geometri keseluruhan cekungan. Dua keuntungan dari analisis HVSR adalah kesederhanaannya dan biaya implementasi yang rendah. Teknik ini bahkan dapat diterapkan di daerah dengan tingkat kegempaan rendah selain penilaian bahaya dan risiko seismik. Kota Pohang, Korea Selatan, sebuah kompleks industri terkemuka yang berperan penting dalam mengembangkan perekonomian Korea sejak tahun 1970, dilanda gempa bumi ML 5.4 pada tanggal 15 November 2017. Lebih dari 100 orang terluka, dan kerugian sebesar USD\$52 juta kerugian langsung dan tidak langsung yang diderita akibat gempa bumi (Kim & Do, 2018).

Data bentuk tiga komponen dalam penelitian ini berasal dari jaringan seismic sementara di Pohang, Korea. Menurut Kang et al., (2020) metode HVSR

mikrotremor stasiun tunggal diterapkan untuk mengidentifikasi frekuensi resonansi yang dikaitkan dengan kedalaman hingga kontras impedansi paling signifikan (kemungkinan besar antara sedimen-batuan dasar dalam pengaturan cekungan sedimen). Teknik tersebut diterapkan pada 124 stasiun seismik sementara di wilayah episentral Gempa Pohang 5,4 MW 2017. Hasilnya dapat diperoleh detail struktur tiga dimensi cekungan menggunakan frekuensi resonansi dan ketebalan sedimen yang dapat diandalkan melalui metode HVSR. Kemudian dibandingkan dengan pengukuran bor langsung, menghasilkan kesesuaian yang baik antara ketebalan lapisan sedimen yang diamati dan yang disimpulkan. Studi ini menunjukkan efektivitas metode mikrotremor HVSR dalam memetakan antar muka tanah-batuan dsara dengan biaya rendah di lingkungan perkotaan dan mencapai ketebalan maksimumnya 340 meter. Cekungan sedimen yang dalam ini dibatasi oleh sungai dan batuan dasar terbuka. Variasi special ketebalan sedimen yang telah di tentukan melalui Teknik HVSR dengan diukur melalui lubang bor.

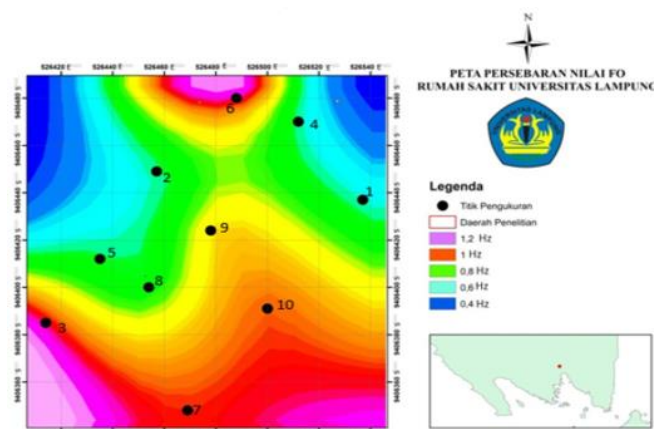
2.2.2 Karakteristik Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Mikrotremor

Hesti, Suharno, Rahmi Mulyasari, Akroma Hidayatika (2021)

Hesti et al., (2021) melakukan penelitian mengenai analisis karakteristik lapisan sedimen berdasarkan mikrotremor di area rumah sakit Pendidikan unila. Informasi mengenai frekuensi lapisan batuan sangat penting untuk menghindari terjadinya resonansi terhadap bangunan yang memiliki tingkat frekuensi yang sama apabila gempa bumi terjadi (Mucciarelli et al., 2007). Metode geofisika adalah metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi perihal kondisi bawah permukaan. Lapisan sedimen di bawah permukaan dapat di deteksi dengan salah satu metode geofisika yaitu menggunakan metode mikrotremor. Metode mikrotremor merupakan metode yang efektif untuk mengetahui karakteristik lapisan bawah permukaan. Metode mikrotremor merupakan metode yang dapat dijangkau, murah dan dapat diterapkan di lingkungan perkotaan (Mucciarelli et al., 2007)

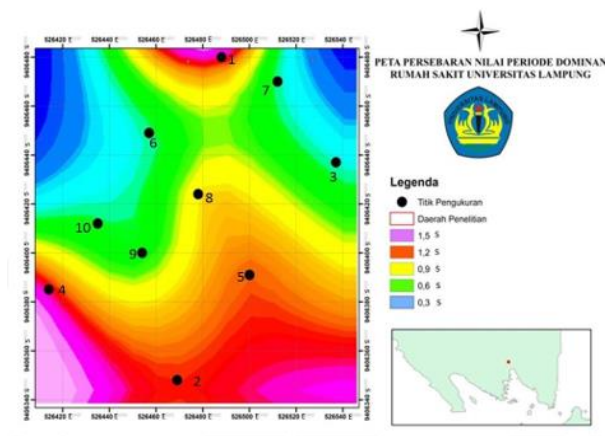
Pada penelitian ini dilakukan analisis lapisan batuan di bawah permukaan pada area pembangunan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Lampung (RSP

Unila) dengan metode mikrotremor dan analisis geologi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik lapisan batuan sedimen pada area pembangunan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Lampung sebagai Bagian dari tahapan mitigasi bencana gempa bumi. Penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk menunjang pembangunan fasilitas umum yang berkelanjutan. Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut didapatkan frekuensi dominan berkisar antara 0,65 – 1,2 Hz yang menunjukkan ketebalan sedimen > 30 meter yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut.



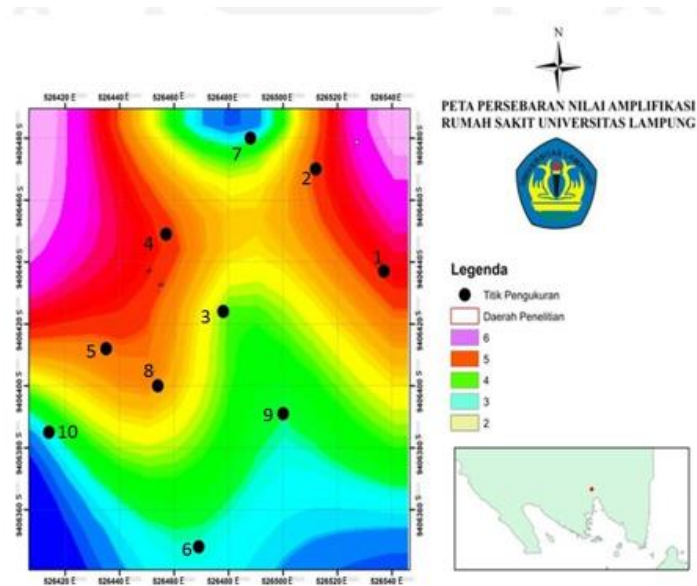
Gambar 2. 1 Peta Persebaran Frekuensi Dominan RSP Unila (F0)

(Sumber: Hesti et al., 2021)



Gambar 2. 2 Peta Persebaran Periode Dominan RSP Unila (T0)

(Sumber: Hesti et al., 2021)

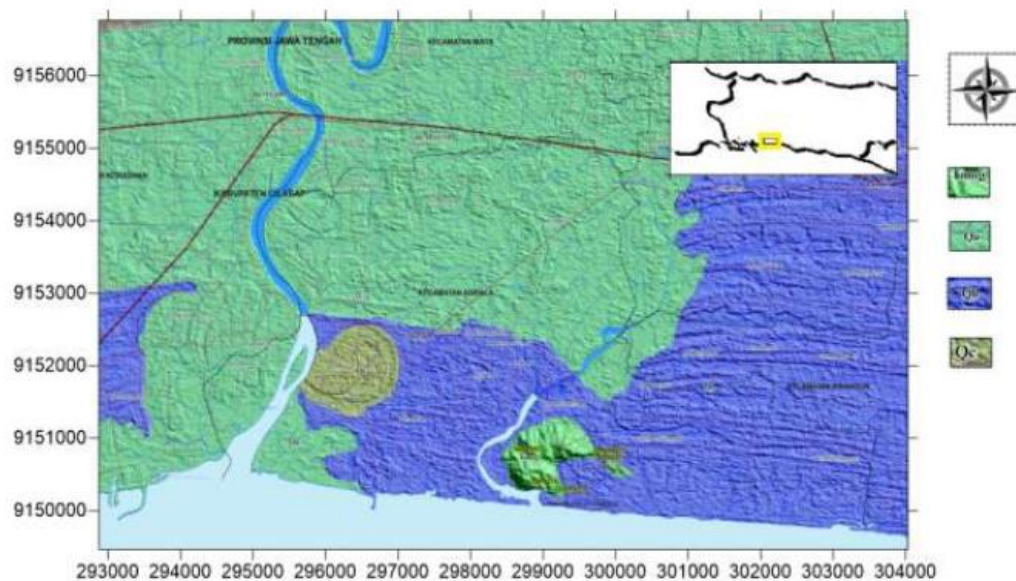


Gambar 2. 3 Peta Persebaran Nilai Amplifikasi RSP Unila (Ag)

(Sumber: Hesti et al., 2021)

2.2.3 Analisa Menggunakan Metode Mikrotremor Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi

Menurut Fauzatun Wachidah dan Ninik Agustin (2021) berdasarkan peta geologi Kecamatan Adipala sebagian besar terdiri atas endapan *alluvial*, endapan pantai yang terdiri atas pasir dan tuf, lokasi ini berjumlah 17 titik. Kecamatan ini memiliki nilai PGA 10000 - 32000 mgal dengan PGA tertinggi dibagian Selatan Timur dan semakin rendah menuju utara. Berdasarkan hasil penelitian Kecamatan Adipala berada pada zona dengan faktor penguatan (amplifikasi) 1-8 dengan amplifikasi kuat ke lemah berarah dari Selatan ke Utara. Hasil pengolahan data Kg dan PGA dapat disimpulkan bahwa ketebalan sedimen berkaitan erat dengan tingginya nilai PGA dan Kg. Endapan *alluvial* pantai yang merupakan pasir yang terpilah baik sedang dan sangat lepas lebih luak dibandingkan dengan endapan *alluvial* yang terdiri dari atas lempung, lanau, pasir, kerikil, dan kerakal.

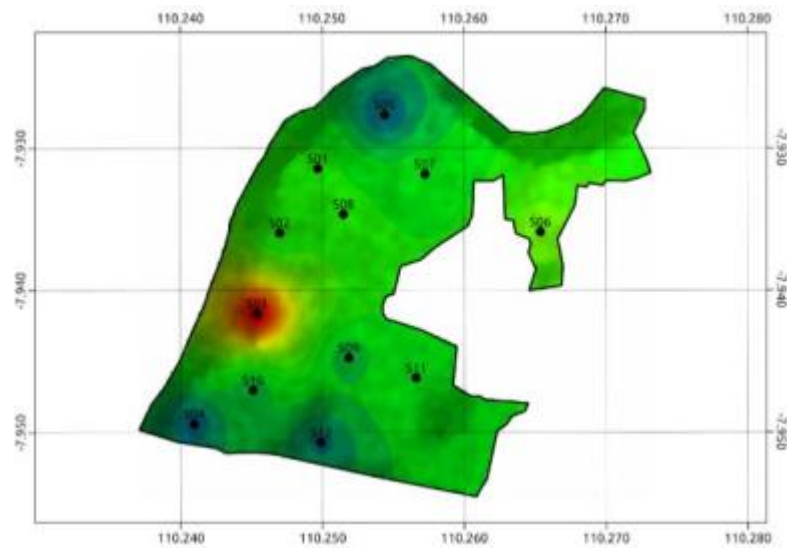


Gambar 2. 4 Peta Geologi Penelitian di Kecamatan Adipala di Cilacap

(Sumber: Fauzatun Wachidah dan Ninik Agustin 2021)

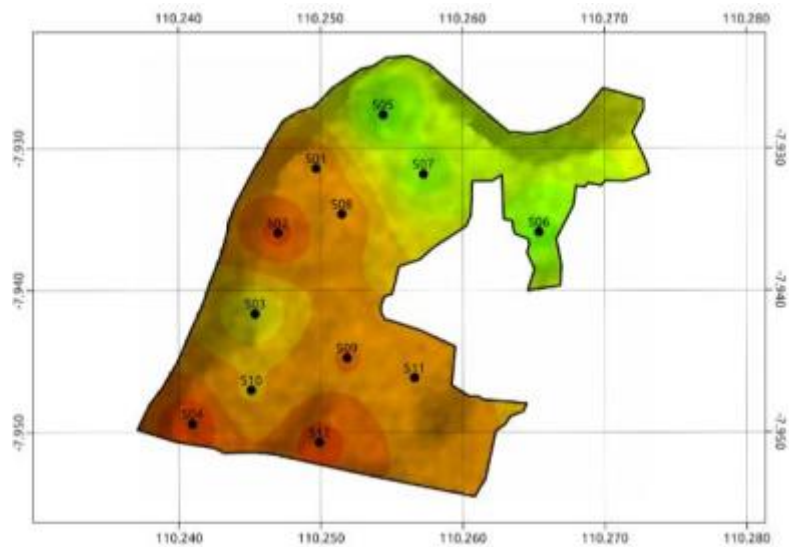
2.2.4 Identifikasi Potensi Likuifaksi Berdasakan Analisis Data Mikrotremor Didesa Trimukti, Srandakan Bantul

Bagus Hermawan et al., (2022) melakukan pengambilan data Mikrotremor di Desa Trimukti yang dilakukan pada 12 titik sampel pengukuran dengan jarak antar titiknya 0,5-1 km. perangkat pengambilan data yang digunakan yaitu seismometer 3 komponen merek *Lennartz 3D*, *Data Logger DI-719*, Laptop, dan *SD Frequency Sampling 100 Hz*. Data yang diperoleh dari *Data Logger* Diekstrak menggunakan *software WinDAQ*. Data hasil ekstrak masih berformat ASCII dan terpisah komponen Z, N, Dan E. sehingga dilakukan Penggabungan dan konversi ke format mseed menggunakan *software Obspy*. Setelah itu dilakukan filtering untuk frekuensi *bandpass* antara 0,2 – 20 Hz menggunakan *software Geopsy*. Setelah diperoleh sinyal yang cukup bersih dari gangguan kemudian sinyal mikrotremor dianalisis menggunakan metode HVSR dengan panjang setiap *window* 25 s dan *smoothing filter Konno–Omachi* dengan faktor 20%. Sehingga diperoleh kurva H/V yang puncak dari kurva tersebut merupakan nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi (A_0) dari titik sampel pengukuran.



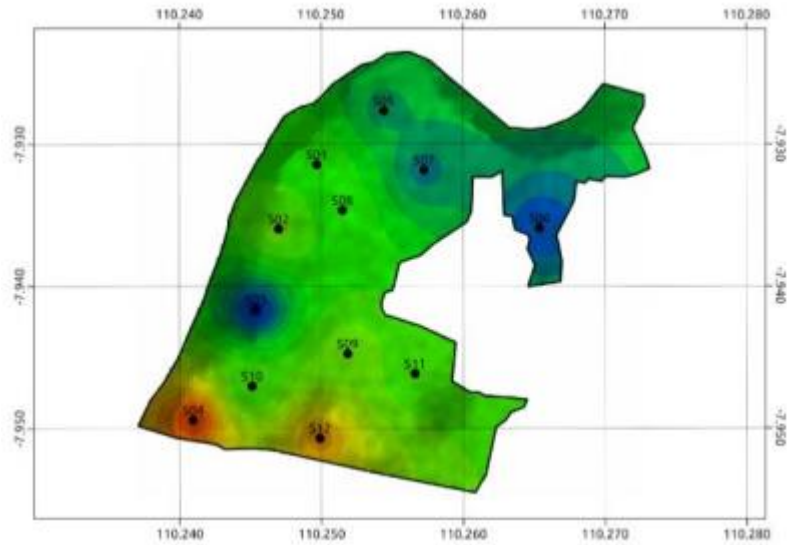
Gambar 2. 5 Peta Sebaran Frekuensi Dominan (f_0) Yang Ditumpang Tidih (overlay) Dengan Peta Topografi

(Sumber: Bagus Hermawan et al., 2022)



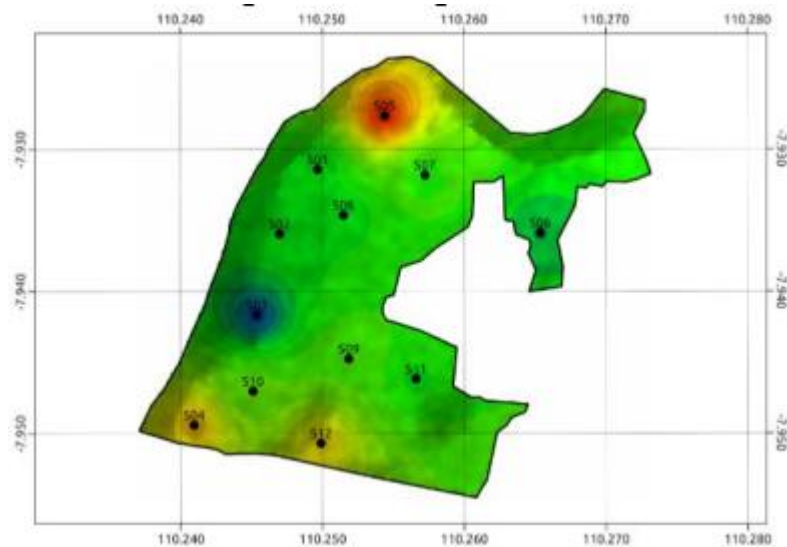
Gambar 2. 6 Peta Sebaran Amplifikasi (A_0) Yang Ditumpang Tidih (overlay) Dengan Peta Topografi

(Sumber: Bagus Hermawan et al., 2022)



Gambar 2. 7 Peta Sebaran Indeks Kerentanan Seismik (K_g) Yang Ditumpang Tidih (overlay) Dengan Peta Topografi

(Sumber: Bagus Hermawan et al., 2022)



Gambar 2. 8 Sebaran Ketebalan Sedimen (h) Yang Ditumpang Tidih (overlay) Dengan Peta Topografi

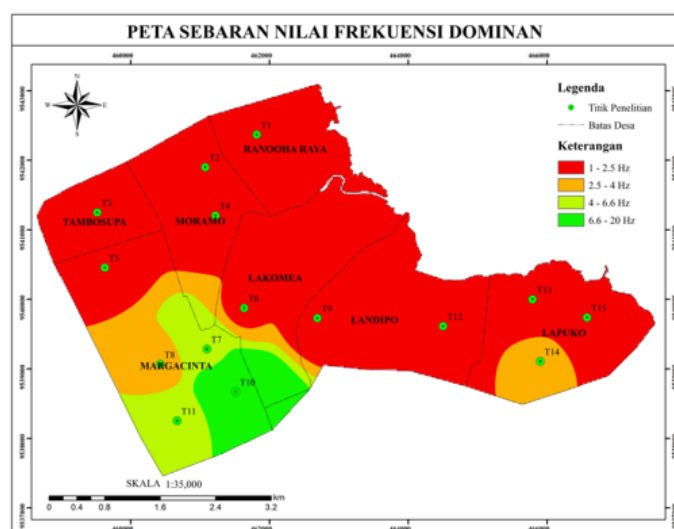
(Sumber: Bagus Hermawan et al., (2022)

Berdasarkan nilai faktor amplifikasi (A_g) faktor Dominan (f_0), dan nilai indeks kerentanan seismic (K_g), dan ketebalan sedimen (h), maka didapatkan

bahwa wilayah yang dapat berpotensi likuifaksi hasil kedalaman lapisan sedimen di Desa Trimurti yang bervariasi yaitu pada rentang 6,54 – 46,25 m.

2.2.5 Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)

Menurut Juarzan et al., (2023) sebaran ketebalan lapisan sedimen di Kecamatan Moramo Kabupaten Konawe Selatan berkisar antar 6,596 m sampai 66,124 cm. Daerah dengan ketebalan lapisan sedimen dengan kategori menengah berada pada bagian Tenggara Desa Marga Cinta dan bagian Barat Daya Desa Lakomea dengan nilai ketebalan lapisan sedimen sebesar 6,596 m. Daerah dengan ketebalan lapisan sedimen dengan kategori tebal berada pada Desa Marga Cinta, bagian barat Daya Desa Lapuko dengan ketebalan sedimen 10,914 m sampai 29,577 m. Daerah dengan sangat tebal pada Desa Tombosupa, Desam Moramo dengan nilai ketebalan sedimen 32,359 m sampai 66,124 m. Moramo mengalami kerusakan akibat gempa bumi adalah Desa Tombosupa, Desa Moramo, Desa Ranoha Raya, Desa Lakomea, Desa Landipo, sebagian besar Desa Lapuko dan bagian barat laut desa Marga cinta. Ini karena daerah tersebut memiliki ketebalan sedimen sangat tebal. Peta persebaran nilai frekuensi dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut.



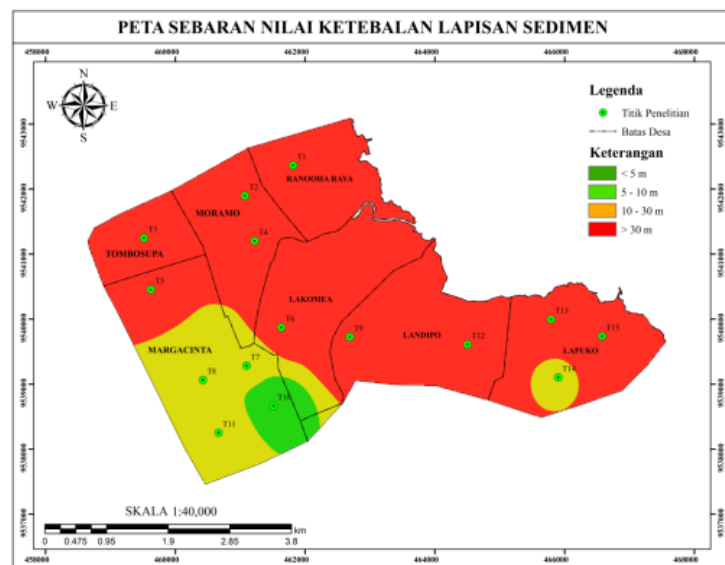
Gambar 2. 9 Peta Sebaran Nilai Frekuensi Dominan Tanah (f_0)

(Sumber: Juarzan et al., 2023)



Gambar 2. 10 Peta Sebaran Nilai Kecepatan Gelombang Shear (V_{s30})

(Sumber: Juarzan et al., 2023)



Gambar 2. 11 Peta Sebaran Nilai Ketebalan Lapisan Sedimen (h)

(Sumber: Juarzan et al., 2023)

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

Dari penelitian-penelitian diatas dapat dirangkum pada tabel 2.1 sebagai berikut

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

	Peneliti Terdahulu					Penelitian Sekarang
	Su Young Kang (2020)	Suharno dkk (2021)	Ninik Agustin dkk (2021)	Heru Bagus Hermawan dkk (2022)	Indrawati dkk (2023)	Sungsang Jalu P (2025)
Judul Penelitian	<i>Micrometer HVSR Analysis of Heterogeneous Shallow Sedimentary Structures at Pohang, South Korea</i>	Analisis Karakteristik Lapisan Sedimen Berdasarkan Data Mikrometer Di Area Rumah Sakit Pendidikan Unila	Analisa Kerentanan Tanah Di Kecamatan Adipala Kabupaten Cilacap Menggunakan Metode Mikrotremor Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi	Identifikasi Potensi Likuifaksi Berdasarkan Analisis Data Mikrotremor DI Desa Trimurti, Srandakan, Bantul	Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen Menggunakan Metode to <i>Vertical Spectral Ratio</i> (HVSR) Di Wilayah Pesisir Kecamatan Moramo Kabupaten Konawe Selatan	Analisis Hubungan Indeks Kerentanan Seismik dan TEBAL Lapisan Sedimen Terhadap Risiko Gempa Bumi Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Menggunakan Metode HVSR

Tabel 2.2 Perbandingan Tujuan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Terdahulu

Tujuan Penelitian	1. Menganalisis tebal sedimen menggunakan metode HVSR pada struktur sedimen dangkal yang heterogen di Pohang, Korea Selatan	1. Mengetahui karakteristik lapisan batuan sedimen pada area pembangunan Rumah Sakit Pendidikan Unila sebagai bagian dari tahapan mitigasi bencana gempa bumi	1. Menganalisis Kerentanan Tanah di Kecamatan Adipala, Kabupaten Cilacap dan mengidentifikasi struktur geologi yang berkontribusi pada terjadinya bencana.	1. Mengidentifikasi potensi terjadinya likuifaksi berdasarkan analisis data mikrotremor Di Desa Trimurti, Srandakan, Bantul.	1. Mengidentifikasi struktur sedimen dan mengevaluasi potensi likuifaksi di daerah pesisir Kecamatan Moramo, Kabupaten Konawe Selatan.	1. Untuk mengetahui nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di wilayah kampus Universitas Islam Indonesia. 2. Untuk mengetahui nilai mengetahui tebal lapisan sedimen (h) di wilayah kampus Universitas Islam Indonesia.
--------------------------	---	---	--	--	--	---

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Tujuan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Terdahulu

Tujuan Penelitian					.	3. Untuk mengetahui bagaimana Hubungan antar parameter nilai indeks kerentanan seismik dengan nilai ketebalan lapisan sedimen (h), di wilayah kampus Universitas Islam Indonesia.
--------------------------	--	--	--	--	---	---

Tabel 2.3 Hasil Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Terdahulu

Hasil Penelitian	1. Dari penelitian ini memberikan hasil lapisan sedimen yang diperoleh melalui pengukuran langsung menggunakan metode bor dan HVSR sangat berkesibangan satu sama lain.	1. Nilai frekuensi persebaran dominan 2. Analisis data periode dominan (T_0) 3. Nilai amplifikasi.	1. mendapatkan nilai amplifikasi 2. sebagai mitigasi bencana pada daerah tersbut karena adanya resiko kerusakan tinggi apabila terjadi gempa bumi.	1. Memberikan pemahaman yang lebih baik tentang potensi likuifaksi di daerah tersebut 2. Dapat digunakan dalam perencanaan mitigasi bencana pengembangan wilayah.	1. Mendapatkan nilai ketebalan (h) lapisan daerah tersebut	1. Mendapatkan nilai Ketebalan Lapisan Sedimen pada daerah tersebut 2. Dapat menjadi acuan dasar pembangunan infrastruktur untuk meminimalisir kerusakan yang diakibatkan gempa bumi.
-------------------------	---	--	---	--	--	--

BAB III

LANDASAN TEORI

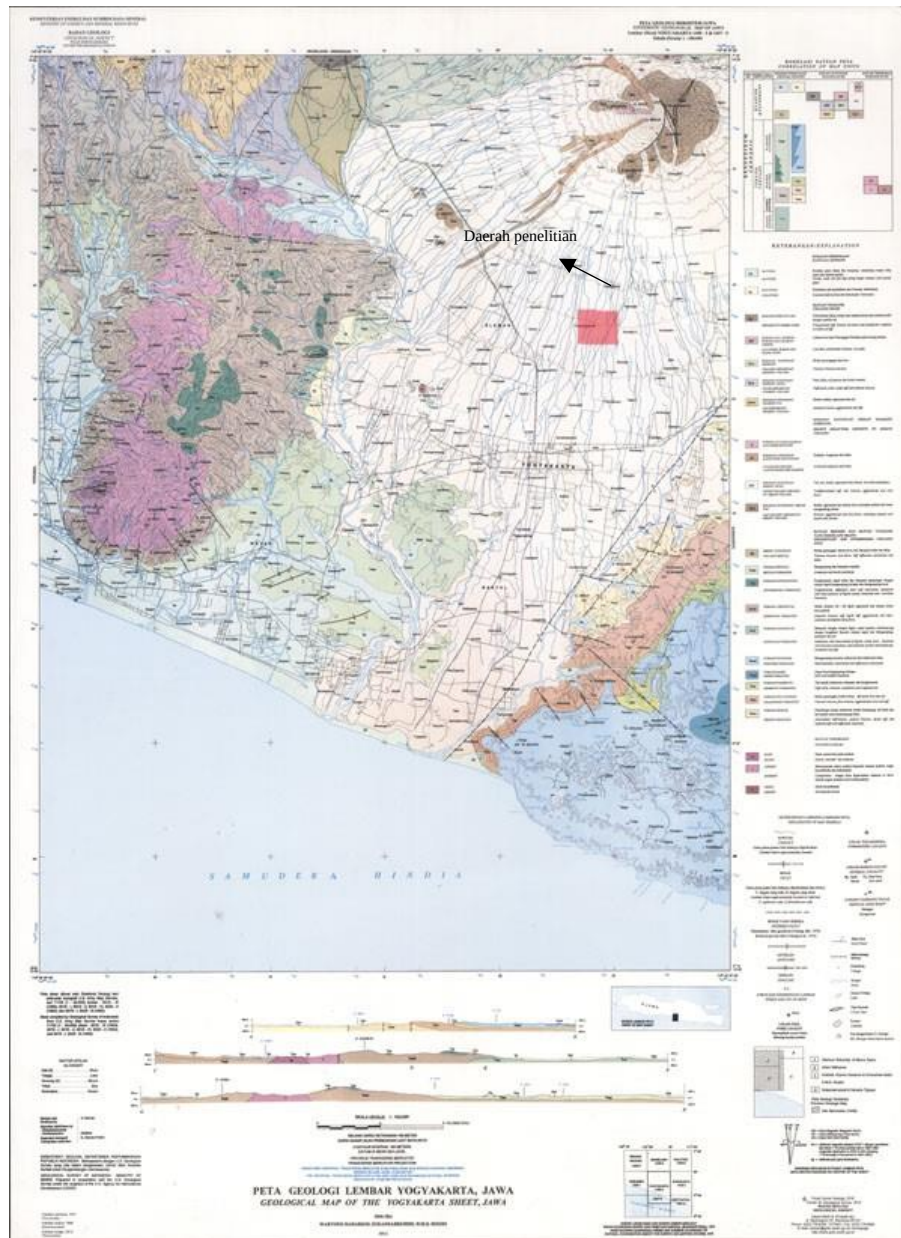
3.1 Tinjauan Umum

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang menimbulkan kerusakan bangunan dan korban jiwa. Besarnya kerusakan akibat gempa bumi pada suatu wilayah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jarak dari pusat gempa, besaran gempa, dan kondisi geologi permukaan.

Kondisi geologi di permukaan bumi berkaitan dengan karakteristik lapisan sedimen di permukaan bumi yang dapat meningkatkan guncangan gelombang seismik yang disebut amplifikasi. Akibat fenomena amplifikasi, kerusakan besar dapat terjadi bahkan di lokasi yang relatif jauh dari pusat gempa. Hubungan antara fenomena amplifikasi dan kerusakan akibat gempa telah dipelajari di berbagai lokasi, termasuk Meksiko, Kobe, Jepang, dan Yogyakarta. Kondisi geologi permukaan yang mempengaruhi fenomena penguatan dan tingkat kerusakan adalah ketebalan dan derajat kekompakan lapisan sedimen permukaan. Tebalnya lapisan sedimen membuat kawasan tersebut lebih rentan terhadap kerusakan bangunan akibat gempa bumi. Sebaliknya, derajat kekompakan bergantung pada kekerasan batuan penyusun lapisan permukaan sedimen, dan semakin lunak batuan maka semakin kuat efek perkuatan dan efektivitas daerah tersebut. Lapisan sedimen batuan lunak permukaan dapat terdiri dari aluvium, tanah tebal, dan produk vulkanik yang tidak terkonsolidasi.

Penentuan kondisi geologi permukaan suatu daerah dapat menggunakan data pengukuran mikrotremor yang diolah berdasarkan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)*. Mikrotremor merupakan getaran yang konstan pada permukaan bumi dan berasal dari aktivitas manusia dan fenomena alam. Amplitudo getaran berkisar 10^{-7} - 10^{-5} m. Sedangkan metode analisis data yang membandingkan spektrum mikrotremor vertikal dan horizontal. hasil analisis HVSr berupa kurva HVSr dimana tinggi puncak kurva tersebut faktor amplifikasi

dan frekuensi pada puncak kurva. Kondisi geologi di Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Kondisi Geologi Yogyakarta

(Sumber: Geomap Peta Geologi Yogyakarta)

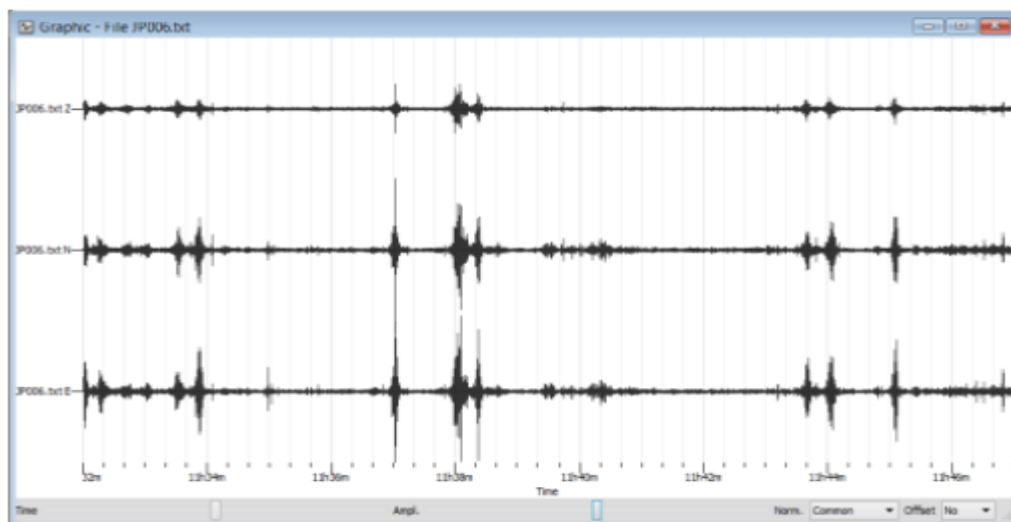
3.2 Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang elastis yang perambatannya bergantung pada elastisitas batuan dan kepadatan batuan. Oleh karena itu, mengetahui kecepatan rambat gelombang seismik dalam suatu formasi batuan memungkinkan untuk menentukan kekerasan dan kepadatan batuan (Lubis, 2005). Ketika gelombang seismik merambat hingga mencapai batas lapisan, maka sebagian gelombang seismik akan terpantul dan sebagian lagi tersapu, sehingga gejala fisik dapat dideteksi dengan mendeteksi gelombang seismik tersebut dengan geophone (Nakif et al., 2013). Dalam hal ini nilai kecepatan dan kedalaman lapisan dicari dengan menghitung waktu rambat gelombang antara sumber dan penerima. Waktu yang diperlukan gelombang seismik untuk menembus lapisan batuan bergantung pada kecepatan medium yang dilaluinya. Metode refraksi seismik merupakan metode yang menggunakan hukum fisika untuk analisisnya. Hukum yang digunakan dalam metode refraksi seismik ini adalah hukum Snell, hukum Fermat, dan hukum Huygens Sismanto, (1999). Hukum pembiasan Snell (hukum bias) menggambarkan hubungan antara sudut datang dan sudut bias terhadap kecepatan rambat gelombang di lingkungan. Prinsip Fermat menjelaskan bagaimana gelombang merambat dari satu titik ke titik lain dalam jalur terpendek (waktu minimum) melalui medium tertentu. Hukum Huygens menjelaskan bagaimana suatu gelombang merambat dengan melewati suatu titik yang menjadi sumber gelombang, yang merambat dengan melewati suatu titik yang menjadi sumber gelombang baru, dan seterusnya, diulangi hingga gelombang tersebut merambat.

3.3 Mikrotremor

Mikrotremor merupakan vibrasi berperiode panjang yang disebabkan dari peristiwa alam maupun peristiwa yang meliputi aktivitas manusia. Peristiwa seperti angin, hujan, guncangan dan gelombang, sedangkan getaran yang diakibatkan dari aktivitas manusia seperti getaran dari kendaraan, aktivitas dari industri dan masih banyak lagi. Nakamura (2008) menjelaskan bahwa mikrotremor merupakan *noise*

dengan periode pendek yang berasal dari sumber artifisial, dapat diartikan juga sebagai getaran yang terjadi secara alami dan terus menerus. Mikrotremor memiliki hubungan dengan kondisi dan keadaan struktur tanah di bawah permukaan tanah, sehingga sifat getaran tanah dapat diketahui. Terdapat dua parameter dalam menggunakan mikrotremor untuk mengetahui karakteristik lapisan, yaitu parameter periode dominan dan amplifikasi. Contoh data yang dihasilkan pada saat menggunakan mikrotremor pada gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3. 2 Contoh Hasil Sinyal Mikrotremor di Distrik Jayapura

(Sumber: Jati, 2021)

3.4 Metode HVSr

Metode HVSr adalah frekuensi dan aplikasi utama. HVSr yang diukur untuk kedua parameter formasi batuan ini memberikan informasi tentang sifat geologi permukaan datar. Di sisi lain, HVSr yang diukur di dalam suatu bangunan berkaitan dengan kekuatan bangunan tersebut. Konsep dasar metode HVSr memiliki kesamaan antara rasio spektra horizontal ke vertikal dengan transfer gelombang batuan dasar ke permukaan (Nakamura, 1997). Nakamura menjelaskan bahwa periode dominan dan nilai puncak rasio spektra (H/V) dengan periode alami dan koefisien penguatan lapisan tanah sebesar nilai H/V dapat diperoleh dari perbandingan.

3.5 Faktor Amplifikasi

Faktor amplifikasi adalah perbandingan massa batuan terhadap percepatan maksimum gempa bumi di permukaan. Tingkat amplifikasi dapat diperkirakan dari kontras impedansi antara massa batuan dan sedimen permukaan. Semakin besar perbedaan parameter tersebut maka semakin besar pula nilai gain rambat gelombangnya. Nakamura (2000) menyatakan bahwa nilai faktor amplifikasi tanah berhubungan dengan kontras antara impedansi lapisan permukaan dan sub lapisan. Jika rasio kontras impedansi dua lapisan tinggi maka nilai gain juga akan tinggi dan sebaliknya. Gain tersebut berbanding lurus dengan nilai perbandingan spektral horizontal dan vertical (Marjiyono, 2010). Berikut adalah tabel klasifikasi site menjadi beberapa kelas seperti pada tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Klasifikasi Nilai Amplifikasi

Klasifikasi	Nilai Amplifikasi
Rendah	$Ag < 3$
Sedang	$3 \leq Ag < 6$
Tinggi	$6 \leq Ag < 9$
Sangat Tinggi	$Ag \geq 9$

(Sumber: Setiawan et al., 2008)

3.6 Faktor Dominan

Frekuensi dominan mengacu pada frekuensi gelombang yang sering terjadi selama periode waktu tertentu. Nilai frekuensi natural ditentukan dari sumbu horizontal puncak kurva H/V. Frekuensi alami atau asli lapisan tanah lebih diutamakan dibandingkan frekuensi lainnya, seperti yang disebabkan oleh kendaraan, aktivitas manusia, dan lain-lain, sehingga frekuensi ini dapat diambil sebagai nilai frekuensi yang dominan (Prabowo et al., (2017)). Frekuensi dominan juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis batuan dan karakteristik lapisan tanah. Berikut merupakan tabel 3.2 yang menjelaskan tentang klasifikasi frekuensi terhadap jenis tanah.

Tabel 3.2 Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan Mikrotremor Oleh Kanai

Klasifikasi Tanah		Frekuensi Dominan (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Tipe	Jenis			
IV	I	6,667-20	Batuan Tersier atau lebih tua yang terdiri dari batuan <i>gravel, hard sandy</i> , dll	Ketebalan lapisan sedimen permukaan sangat tipis dan didominasi oleh lapisan batuan keras
	II	4-10	Batuan alluvial dengan ketebalan 5 meter yang terdiri dari <i>loam, sandy hard clay, sandy – gravel, dll</i>	Ketebalan lapisan sedimen antara 5-10 meter dan masuk kedalam kategori menengah
III	III	2,5 – 4	Batuan alluvial dengan ketebalan 5 meter yang terdiri dari <i>loam, sandy hard clay, sandy – gravel, dll</i>	Ketebalan lapisan sedimen antara 10 – 30 meter dan masuk kedalam kategori tebal
II	IV	< 2,5	Batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi <i>top soil</i> , delta, lumpur, dll dengan kedalaman 30 meter atau lebih	Ketebalan lapisan sedimen masuk kedalam kategori sangat tebal

(Sumber: Arifin et al., 2014)

3.7 Uji Outlier

Uji *Outlier* adalah merupakan suatu kondisi untuk mengamati suatu data yang mempunyai karakteristik yang berbeda dan relatif penting dibandingkan dengan data lainnya. Jika *Outlier* data tersebut tidak dapat digunakan dalam analisis pengecekan *Outlier* dapat dilakukan dengan melihat *Z-score* atau nilai standar. Nilai *Z-score* atau nilai standar kurang dari -3 atau lebih dari +3 maka dikategorikan menjadi data *Outlier* Ghazali, (2016)

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

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

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

Keterangan:

x_i = Nilai Sampel

$\bar{x}$ = Rata – rata nilai sampel

σ = Standar deviasi atau simpangan baku

Z Score = Standar Batas

3.8 Inversi Kurva HVSR

Metode inversi kurva *HVSR* merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan nilai model berdasarkan data hasil pengamatan dengan membuat model secara acak serta dilakukan pencocokan data untuk mendapatkan model yang terbaik (Fatimah, 2017). Hasil akhir proses inversi tergantung dengan penentuan nilai dari setiap parameter yang mendekati pada data eksperimen, sehingga perlu dilakukan pengulangan perhitungan untuk mencapai keakuratan dari hasil inversi *HVSR*. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam melakukan inversi kurva *HVSR* yaitu adalah metode *ellipticity curve*. Pengolahan data inversi kurva *HVSR* dengan *ellipticity curve* dilakukan pada saat menggunakan *software Dinver*. Dengan memasukan beberapa parameter yang mempengaruhi seperti kecepatan gelombang P (V_p), kecepatan gelombang S (V_s), densitas, dan *poisson ratio*. Selain itu diperlukan juga data sekunder berupa data *borlog* pada wilayah yang akan diteliti yang digunakan untuk mengetahui ketebalan setiap lapisan dan jenis tanah yang ada di sekitar. Hasil dari pengolahan *ellipticity curve* yaitu nilai kecepatan gelombang geser (V_{s30}). Berdasarkan nilai gelombang geser permukaan setiap lapisan nantinya akan dihitung hingga kedalaman 30 meter dengan persamaan V_{s30} sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019 seperti persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$V_{s30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}}} \quad (3.4)$$

Keterangan:

V_{s30} = Kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter

$\sum_{i=1}^n d_i$ = 30 meter

d_i = Tebal setiap lapisan hingga kedalaman 30 meter

V_{si} = Kecepatan gelombang geser lapisan i (m/s)

Tabel 3. 2 Klasifikasi Site

Klasifikasi site	V_s (m/s)
Batuan Keras	≥ 1500
Batuan Sedang	750-1500
Tanah Keras	350-750
Tanah Sedang	175-350
Tanah lunak	< 175

(Sumber: Juarzan et al., 2023)

3.9 Indeks Kerentanan Seismik

Nilai tersebut diperoleh dari nilai frekuensi dominan dan nilai K_g dapat mengetahui kerentanan tanah saat terjadi gempa. Semakin tinggi nilai perkuatan tanah maka semakin besar pula kerentanan daerah terhadap gempa bumi. Oleh karena itu, perlu berhati-hati diperlukan pada wilayah yang indeks kerentanan seismiknya relatif tinggi. Hubungan indeks kerentanan seismik dapat dituliskan pada persamaan berikut.

$$K_g = \frac{A_g^2}{F_g} \quad (3.5)$$

Keterangan:

K_g = Indeks Kerentanan Seismik

A_g = Faktor Amplifikasi

F_g = Frekuensi Dominan

Tabel 3.3 Klasifikasi Nilai Indeks Kerentanan Seismik

No	Indeks Kerentanan Seismik	Keterangan
1	$Kg < 3$	Rendah
2	$3 < Kg < 6$	Sedang
3	$Kg > 6$	Tinggi

(Sumber: Daryono, 2011)

3.10 Ketebalan Sedimen

Ketebalan lapisan sedimen merupakan salah satu faktor penyebab dampak lokal pada saat terjadi gempa. Pengaruh lokal merupakan pembahasan mengenai pengaruh kondisi geologi lokal suatu daerah terhadap getaran tanah akibat gempa bumi. Frekuensi dominan mempengaruhi ketebalan lapisan sedimen. Frekuensi dominan sebanding dengan ketebalan lapisan Arifin et al., (2014). Secara sistematis ketebalan lapisan sedimen dapat dituliskan sebagai berikut.

$$h = \frac{V_s}{4fg} \quad (3.6)$$

Keterangan

 h = Ketebalan nilai sedimen Fg = Frekuensi Dominan

Dimana h adalah ketebalan lapisan sedimen (m), V_s adalah kecepatan rambat gelombang di dalam lapisan sedimen, dan fg adalah frekuensi dominan. Selain frekuensi dominan, kecepatan gelombang geser (V_s).

3.11 Hubungan Ketebalan Lapisan Sedimen Dengan Indeks Kerentanan Seismik

Kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi dipengaruhi oleh kondisi geologi di wilayah tersebut. Menurut Nakamura pada tahun 1997 bahwa tingkat kerentanan terhadap tanah terhadap deformasi pada saat terjadi gempa bumi dapat digambarkan dengan indeks kerentanan seismik. Sementara itu tingkat kerentanan seismik wilayah dipengaruhi oleh ketebalan lapisan sedimen. Dimana semakin tipis lapisan sedimen maka indeks kerentanan seismik juga semakin kecil dan begitupun sebaliknya (Rusdin et al., 2016). Untuk mengetahui hubungan antara ketebalan

lapisan sedimen dengan indeks kerentanan seismik perlu dilakukan analisis regresi linier dan analisis korelasi terhadap 2 variabel tersebut.

Analisis korelasi adalah merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan dan arah hubungan dari dua variabel. Hasil dari analisis korelasi menghasilkan sebuah nilai koefisien yang menunjukkan seberapa besar kekuatan hubungan dan arah hubungan dari dua variabel. Hasil dari analisis korelasi menghasilkan sebuah nilai koefisien yang menunjukkan seberapa besar kekuatan dan arah hubungan tersebut. Koefisien korelasi tersebut berkisar antara -1 hingga 1. Dimana jika nilai mendekati -1 ataupun 1 maka menandakan hubungan antara 2 variabel tersebut semakin kuat. Namun apabila nilai tersebut mendekati 0 menandakan bahwa korelasi antara 2 variabel tersebut semakin lemah. Selain itu, nilai positif dalam koefisien antara 2 variabel tersebut searah dan nilai negatif menunjukkan bahwa hubungan antara 2 variabel berbanding terbalik. Adapun persamaan yang digunakan dalam analisis adalah sebagai berikut

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - ((\sum x)^2)(n(\sum y^2) - ((\sum y)^2)}} \quad (3.7)$$

Keterangan :

- n = Banyaknya sampel
- x = Nilai variabel bebas
- y = Nilai variabel terikat

Tabel 3.4 Klasifikasi Koefisien Korelasi

No	Koefisien Korelasi	Keterangan
1	0,00 – 0,10	Korelasi Diabaikan
2	0,10 – 0,39	Korelasi Lemah
3	0,40 – 0,69	Korelasi Sedang
4	0,70 – 0,89	Korelasi Kuat
5	0,90 – 1,00	Korelasi Sangat Kuat

(Sumber: Schober & Schwarte, 2018)

Setelah didapatkan koefisien korelasi maka dapat dilanjutkan dengan uji regresi linier. Regresi linier merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh satu variabel atau lebih terhadap satu variabel lainnya. Dalam pengujian regresi, variabel yang didaptakan mempengaruhi disebut variabel bebas. Sedangkan, variabel bebas disebut dengan variabel terikat. Adapun beberapa fungsi yang digunakan dalam perhitungan regrasi linier adalah sebagai berikut.

$$y = a + bx \quad (3.8)$$

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{nx\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3.9)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{nx\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3.10)$$

Keterangan:

y = Prediksi nilai variabel respon / dependen

a = Konstanta

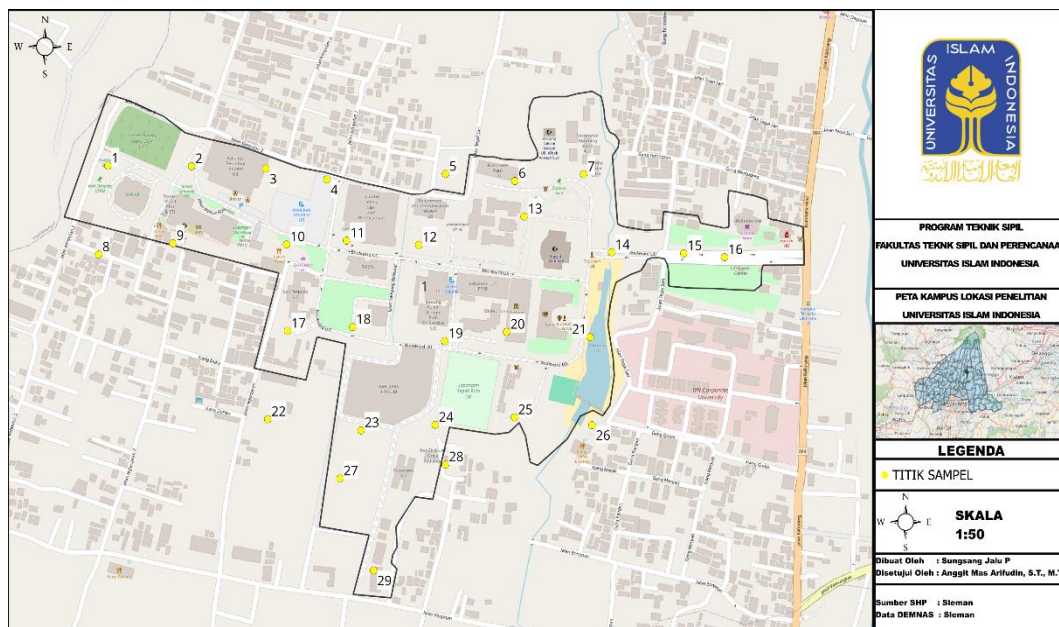
b = Koefisien variabel bebas

x = Nilai Variabel bebas/ independent

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kampus Terpadu UII, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta yang 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 detail lokasi penelitian Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian

4.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat lunak (*software*) dan juga perangkat keras (*hardware*).

1. Perangkat lunak terdiri dari:
 - a. *Web Luntek* berfungsi untuk mengatur instrument.
 - b. *QGIS* berfungsi untuk membuat peta lokasi penelitian.
 - c. *Google Earth* berfungsi untuk memvisualisasikan gambaran lokasi penelitian.
 - d. *Geopsy* berfungsi untuk menganalisis sinyal mikrotremor.
 - e. *Microsoft Excel* berfungsi untuk mengolah data.
 - f. *Microsoft word* berfungsi untuk membuat laporan.
 - g. *Google Earth* berfungsi untuk penentuan titik penelitian.
2. Perangkat keras terdiri dari:
 - a. *Blue suitcase* digunakan untuk merekam getaran tanah yang terjadi.
 - b. *Triton 5s* digunakan untuk memproses data penelitian.
 - c. *Wi-Fi antena* atau *Ethernet cable (LAN)* digunakan untuk penghubung antar instrument.
 - d. *USB* digunakan untuk menyimpan data selama penelitian.
 - e. Laptop digunakan untuk analisis.
 - f. Baterai tipe 18650 3400 mAh 3.7 V digunakan sebagai sumber daya energi.
 - g. *Adaptor + power cable (to AC)*.
 - h. Lembar check list titik pengambilan data.

Perangkat yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Triton 5s



Wi-Fi Antena



Ethernet Cable



Power Cable + Adaptor

Blue Suitcase



GPS Anthena



Flashdisk



Laptop

Gambar 4. 2 Hardware Yang Digunakan

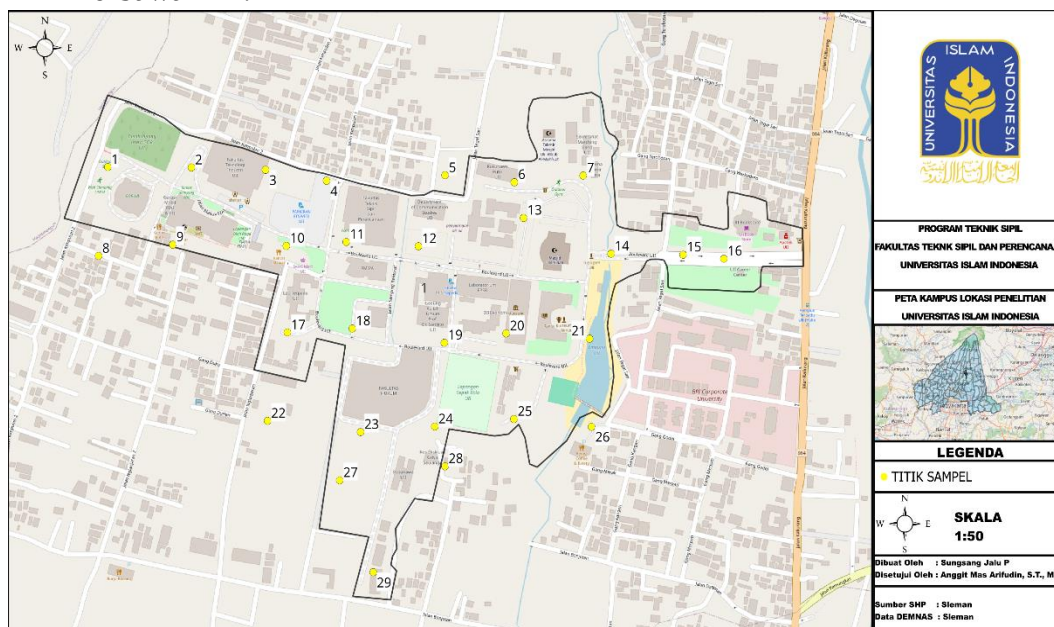
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan mengumpulkan data titik penelitian yang dibuat menggunakan *Google Earth* dengan mencari titik koordinatnya dengan interval antar titik ± 125 m. Selanjutnya, proses pendesaianan menggunakan *software* QGIS, dengan dibantu juga data pendukung seperti peta wilayah pada kampus Universitas Islam Indoensia. dimana langkah awal yang dilakukan yaitu menginput beberapa data seperti berikut ini adalah langkah-langkah dalam proses pengumpulan data dalam penelitian ini tahap survei dan tahap pengambilan data.

1. Tahap Survei

Tujuan dari tahap survei ini adalah untuk mengetahui topografi atau gambaran lokasi penelitian secara langsung. Penelitian langsung di lapangan dilakukan untuk mendapatkan data nilai miktrotremor. Perencanaan lokasi penelitian diperkirakan dengan menggunakan garis bantu atau grid interval $\pm 125 \times 125$ m dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4. 3 Grid Lokasi Titik Penelitian Interval $\pm 125 \times 125$ m

Berikut output titik-titik koordinat penelitian yang sudah ditentukan dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Koordinat Titik Penelitian

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
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

2. Tahap Pengambilan Data

Pada setiap titik penelitian, sinyal mikrotremor diukur selama ± 30 menit. Data yang berhasil direkam melalui getaran tanah yang tercatat oleh alat *Digital Portable Seismograph* dan akan menghasilkan tiga jenis gelombang, yaitu gelombang seismik vertikal dan gelombang seismik horizontal dalam format SHE.mseed, SHN.mseed, dan SHZ.mseed. Kemudian data tersebut diolah dengan perangkat lunak *geopsy* untuk menghasilkan parameter yang diperlukan untuk penelitian ini. Dasar pengumpulan data ini memenuhi persyaratan *SESAME European Research Project* yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2 Syarat Teknis Pengukuran Mikrotremor

Jenis Parameter	Saran yang Dianjurkan	
	fg minimum yang diharapkan (Hz)	Durasi pencatatan minimum yang disarankan (menit)
Durasi Pencatatan	0,2	30
	0,5	20
	1	10
	2	5
	5	3
	10	2
<i>Coupling soil-sensor</i> alami (insitu)	1. Letakkan sensor langsung pada permukaan tanah 2. Hindari meletakkan sensor seismograf pada permukaan lunak (lumpur, semak-semak) atau tanah lunak setelah hujan	
<i>Coupling soil-sensor</i> buatan atau artifisial	1. Hindari lempengan yang terbuat dari material lunak seperti karet atau busa. 2. Pada kemiringan yang curam dimana sulit untuk mendapatkan kepadatan sensor yang baik, pasang sensor dalam timbunan pasir atau wadah yang diisi pasir.	

Lanjutan Tabel 4. 2 Syarat Teknis Pengukuran Mikrotremor

Kondisi cuaca	<ol style="list-style-type: none"> 1. Angin: lindungi sensor dari angin (lebih cepat dari 5m/s). 2. Hujan: hindari pengukuran pada saat hujan lebat. 3. Suhu: mengecek kondisi sensor dan mengikuti instruksi pabrik
Keberadaan bangunan atau pohon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hindari pengukuran dekat dengan bangunan, gedung bertingkat, dan pohon yang tinggi, jika tiupan angin di atas ± 5 m/s. Kondisi ini sangat mempengaruhi hasil analisa HVSR yang ditunjukkan dengan munculnya frekuensi rendah pada kurva. 2. Hindari pengukuran di lokasi tempat parkir, pipa air dan gorong-gorong
Gangguan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sumber Monokromik: hindari pengukuran mikrotremor dekat dengan mesin, industri, pompa air, generator yang sedang beroperasi. 2. Sumber sementara: jika terdapat sumber getar transient (jejak langkah kaki, mobil lewat, motor lewat), tingkatkan durasi pengukuran untuk memberikan jendela yang cukup untuk analisis setelah gangguan tersebut hilang.

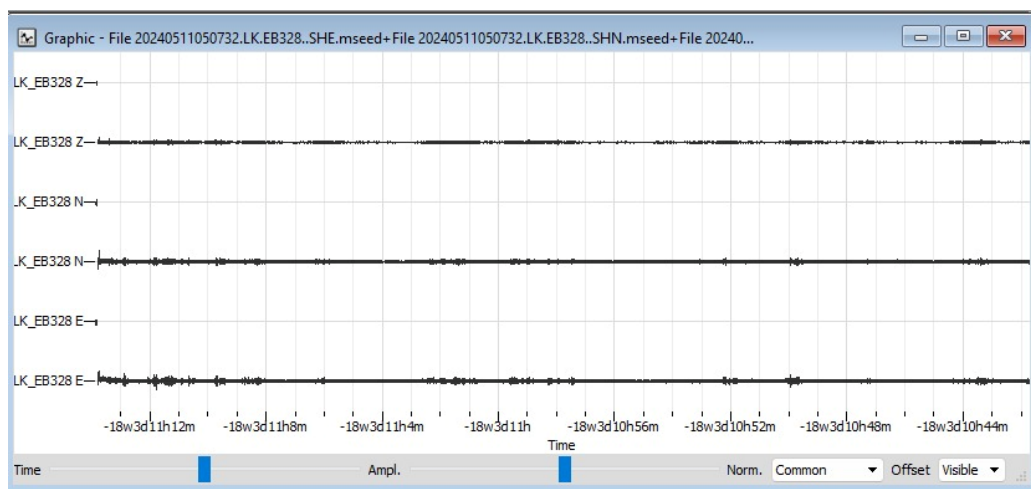
(Sumber: Sesame, 2004)

4.4 Pengolahan Data

Data yang dihasilkan dari pengukuran mikrotremor kemudian dimasukkan ke dalam program *Geopsy*. Kemudian, kanal dipilih sesuai dengan format data mikrotremor. Setelah itu, aplikasi *Geopsy* akan secara otomatis mengolah sinyal setelah menekan tombol *seedlink*. Kurva HVSR dapat diperoleh dengan menyesuaikan *windows* untuk memilih parameter secara otomatis. Penjelasan detail tentang pengolahan data untuk tiap parameter sebagai berikut.

4.4.1 Pengolahan Data Mikrotremor

Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) digunakan untuk mengolah data pengukuran mikrotremor. Data pengukuran getaran dalam dari tiga komponen: vertikal, timur-barat, dan utara-selatan. Format data SHZ.mseed, SHN.mseed, dan SHE.mseed. yang diproses menggunakan *software Sesarray-Geopsy*. Berikut adalah dari pengolahan data mikrotremor dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4. 4 Sinyal Mikrotremor Tiga Komponen

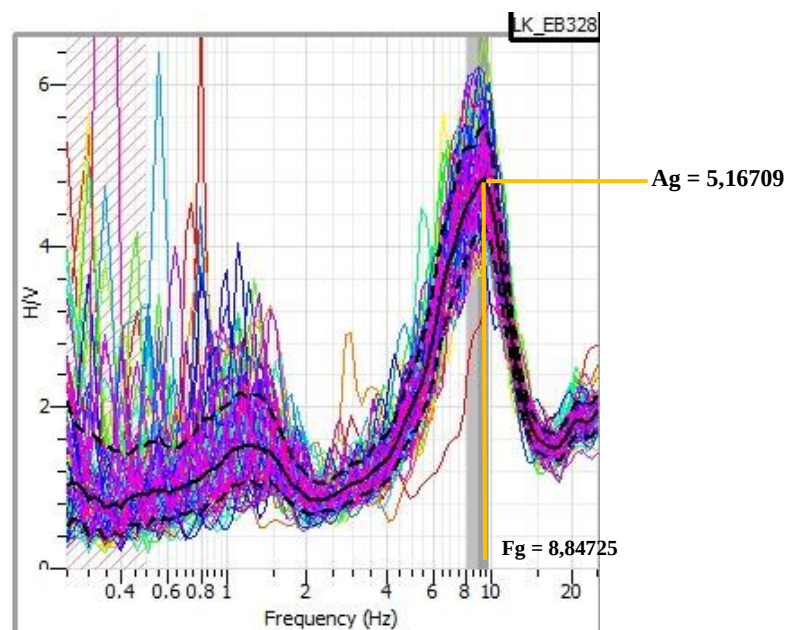
4.4.2 Perhitungan Nilai Frekuensi Dominan Dan Faktor Amplifikasi

Metode yang digunakan dalam pengolahan data microtremor dalam penelitian ini adalah *Horizontal to Vertical Ratio* (HVSr) dengan menggunakan program *Geopsy* digunakan untuk mengolah kembali data mikrotremor yang telah diproses sebelumnya agar mendapatkan kurva H/V. Kurva tersebut akan digunakan untuk menghitung parameter yang diperlukan yaitu Frekuensi Natural (f_0), Amplifikasi (A_0). Berikut ini adalah langkah-langkah yang diambil untuk mengolah data menggunakan program *Geopsy*.

1. Buka program *Geopsy*, pilih file, import sinyal, dan kemudian atur gelombang awal dengan IP Instrument 19.168.0.100 (WiFi) atau 19.168.1.100 (Ethernet).
2. Connect dan pilih channels format data SHE, SHN, dan SHZ.
3. Pilih start atau input data ke dalam Seed Link Signal Loader *Geopsy* pada windows. Dengan menekan tombol pada toolbar, software *Geopsy* akan

menyeleksi *windows* secara otomatis akan mengolah waktu sinyal. Pengolahan tahapan dapat dilihat pada Gambar 4.5 sebagai berikut

4. Kemudian pilih *time window* yang meliputi panjang (*length*), range waktu yaitu waktu pada saat mulai dan waktu maksimum *window*. Klik kanan pada tiga komponen data lalu pilih H/V setelah itu pilih *exactly* pada kolom *length*, kemudian checklist bagian anti *trigres on raw signal*, dan pada kolom *select* pilih *auto* lalu klik *start*.
5. Proses pengolahan data disesuaikan dengan *windows* untuk memilih parameter yang diperlukan secara otomatis kemudian pilih tombol *start* agar *software Geopsy* langsung memulai perhitungan HVSR.
6. Kemudian akan menampilkan kurva H/V, simpan hasil kurva H/V yang telah diolah dengan format extension H/V. Contoh hasil kurva H/V dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4. 5 Grafik Kurva HVSR

4.4.3 Analisis Invers Kurva HVSR Menggunakan Metode *Ellipticity Curve*

Berdasarkan Kurva H/V yang telah didapatkan pada proses sebelumnya dapat digunakan sebagai input data pada metode *ellipticity curve*. Pada proses ini dilakukan menggunakan *software Dinver*. Hasil dari proses dengan menggunakan metode ini adalah *ground profiles* kecepatan gelombang geser (V_s). nilai V_s yang didapatkan sangat berpengaruh berdasarkan nilai *input* parameter yang menggambarkan karakteristik tanah disekitar daerah penelitian seperti nilai kecepatan gelombang S (V_s), kecepatan gelombang P (V_p), *poisson ratio*, dan densitas batuan.

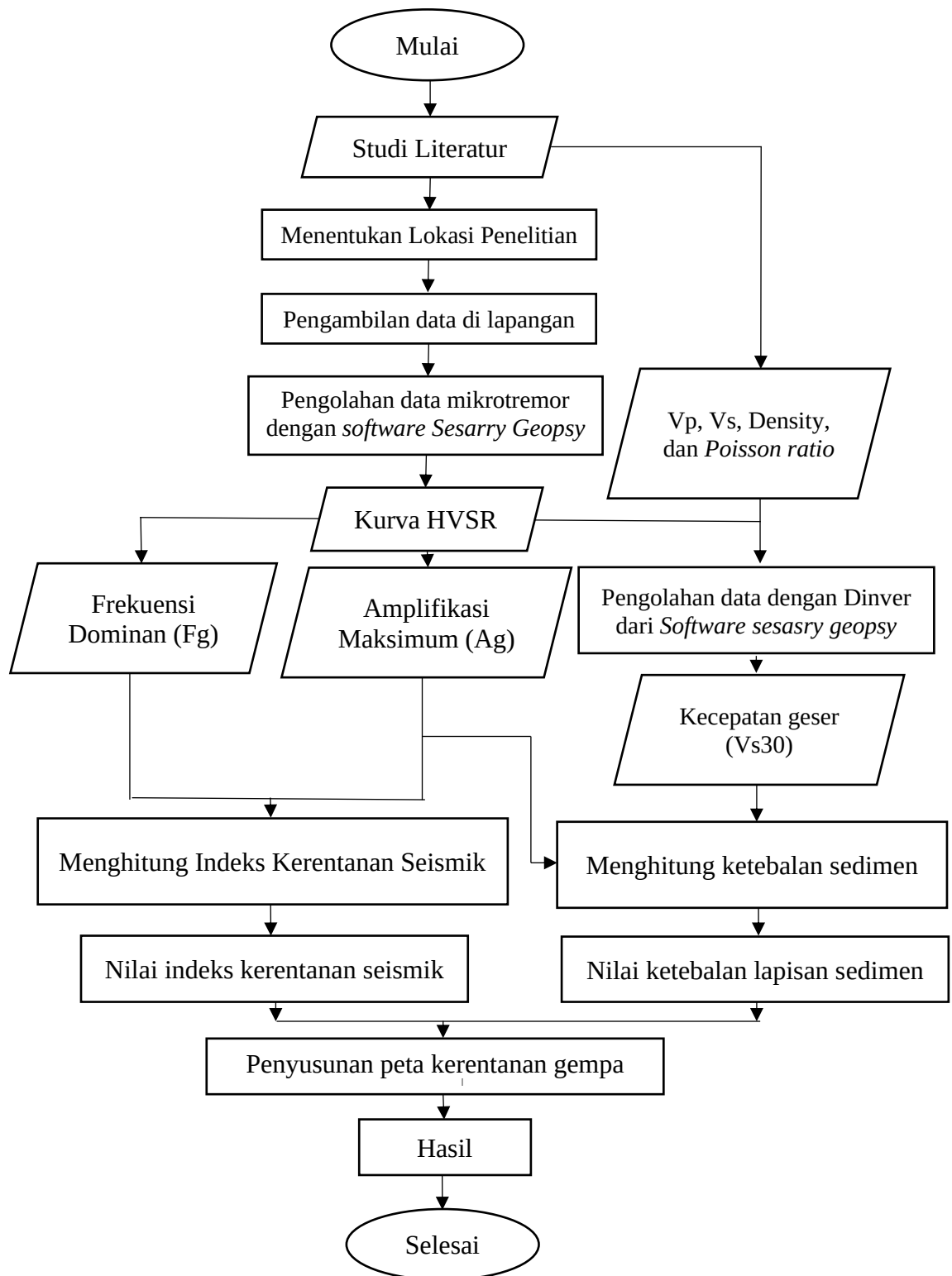
4.4.4 Perhitungan Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Nilai Indeks kerentanan seismik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Pada penelitian ini perhitungan indeks kerentanan seismik dihitung menggunakan Persamaan (3.6). Setelah mengetahui nilai indeks kerentanan seismik, langkah selanjutnya adalah memetakan untuk mengetahui persebaran distribusi nilai tersebut. Berdasarkan nilai indeks kerentanan seismik hasil untuk mengetahui bagaimana persebaran nilai distribusinya.

4.4.5 Perhitungan Ketebalan Sedimen (h)

Nilai ketebalan sedimen dapat dihitung dengan persamaan (3.7) dengan nilai V_s yang dipakai adalah nilai invers HVSR pada tiap titik pengukuran. Pada peta distribusi kecepatan gelombang geser setiap titik pengukuran mempunyai nilai V_s , nilai ini digunakan untuk perhitungan ketebalan sedimen pada masing – masing titik penelitian sehingga didapatkan distribusi nilai ketebalannya.

4.5 Diagram Alur Penelitian



Gambar 4.8 Diagram Alur Penelitian

BAB V

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Penelitian terkait analisis ketebalan sedimen dan indeks kerentanan seismik di wilayah Kampus Terpadu UII, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, yang memanfaatkan data mikrotremor di lapangan, menghasilkan beberapa parameter yang menggambarkan karakteristik tanah, yaitu frekuensi dominan (f_g), faktor amplifikasi (A_g), dan kecepatan geser tanah (V_s). Berdasarkan parameter-parameter tersebut, dilakukan analisis untuk memperoleh nilai ketebalan lapisan sedimen (h) dan indeks kerentanan seismik (K_g). Tahap pertama dalam penelitian ini adalah menentukan lokasi penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 4.2. Selanjutnya, dilakukan persiapan alat seismograph digital merek Lunitek Triton 5s dengan memasang berbagai komponen seperti GPS, wifi, dan baterai. Setelah itu, alat diposisikan agar menghadap ke arah utara menggunakan kompas, serta ketinggiannya diatur dengan melihat nivo agar alat berada pada posisi yang tepat di tengah. Setelah semua pengaturan selesai, tekan tombol power hingga terdengar bunyi "beep" pertama yang menandakan alat telah aktif, dan tunggu hingga bunyi "beep" kedua yang menandakan alat sudah mulai merekam. Selama proses pengukuran, hasil pengukuran dapat dipantau secara langsung melalui laptop yang terhubung dengan wifi alat perekam melalui website yang tersedia. Setelah pengukuran selesai, alat dapat dimatikan melalui laptop, dan data yang terekam akan disimpan dalam memori alat perekam serta dapat diunduh untuk digunakan pada tahap selanjutnya.



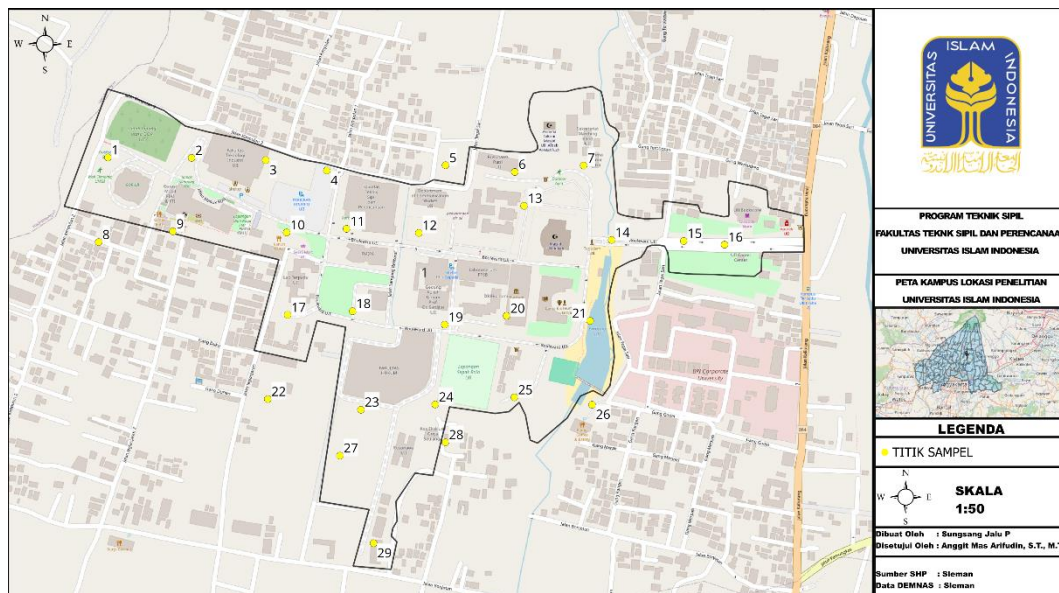
Gambar 5. 1 Pengambilan Sampel



Gambar 5. 2 Pengambilan Sampel

5.2 Analisis Data Mikrotremor

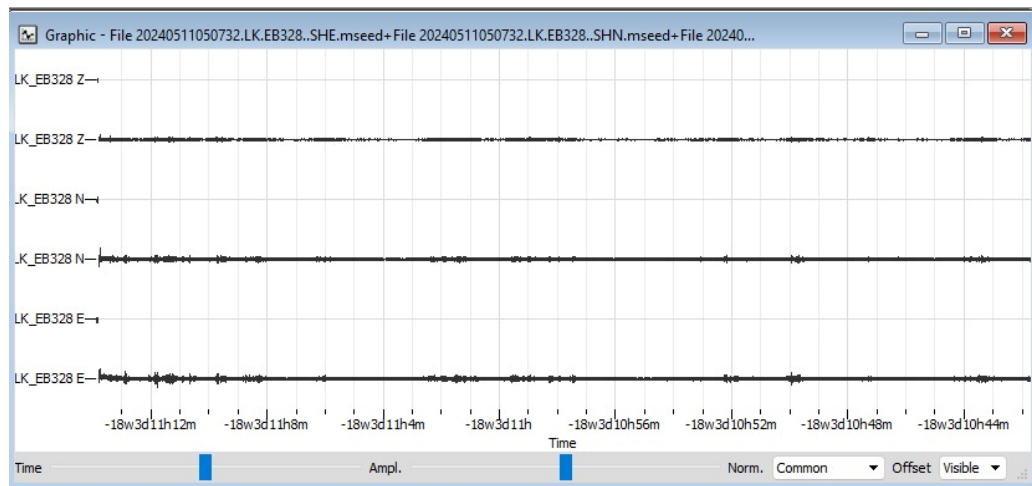
Penelitian yang dilakukan untuk menganalisis ketebalan lapisan sedimen dan indeks kerentanan seismik di wilayah Kampus Terpadu UII, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, menggunakan mikrotremor dan dilakukan secara menyeluruh di wilayah tersebut. Terdapat 29 titik pengukuran yang tersebar di kecamatan ini, dengan jarak antar titik pengukuran sekitar 125 m. Pengukuran data dilakukan dengan menggunakan alat seismograph digital merek Lunitek Triton 5s di lokasi-lokasi yang telah ditentukan. Untuk menentukan titik pengukuran yang spesifik, prosedur yang tercantum pada Tabel 4.1 harus diikuti. Peta lokasi penelitian di Kecamatan Pacitan dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Peta Lokasi Titik Penelitian Di Wilayah Kampus UII

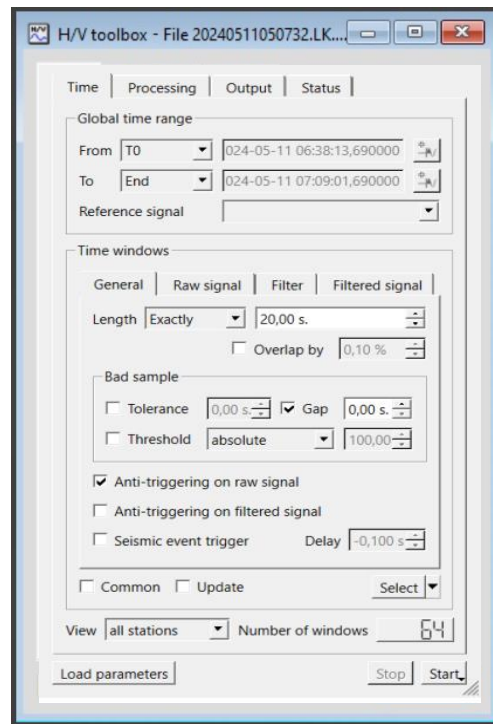
Proses pengukuran mikrotremor di lapangan memakan waktu rata-rata sekitar 30 menit untuk setiap titik pengukuran. Pengukuran tersebut dilakukan secara merata dan nanti hasil dari pengukuran mikrotremor menghasilkan tiga jenis gelombang seismik, yaitu gelombang seismik vertikal, gelombang seismik horizontal arah utara–selatan, dan gelombang seismik horizontal arah timur – barat. Data yang dihasilkan dari pengukuran ini disimpan dalam format berturut-turut yaitu SHZ.mseed, SHN.mseed, dan SHE.mseed. Gelombang seismik tersebut kemudian akan diproses menggunakan metode HVSR untuk mendapatkan nilai.

Sebagai contoh pengambilan data adalah titik 5. *Output* sinyal yang diolah menggunakan *software geopsy* dapat dilihat pada Gambar 5.4 sebagai berikut.

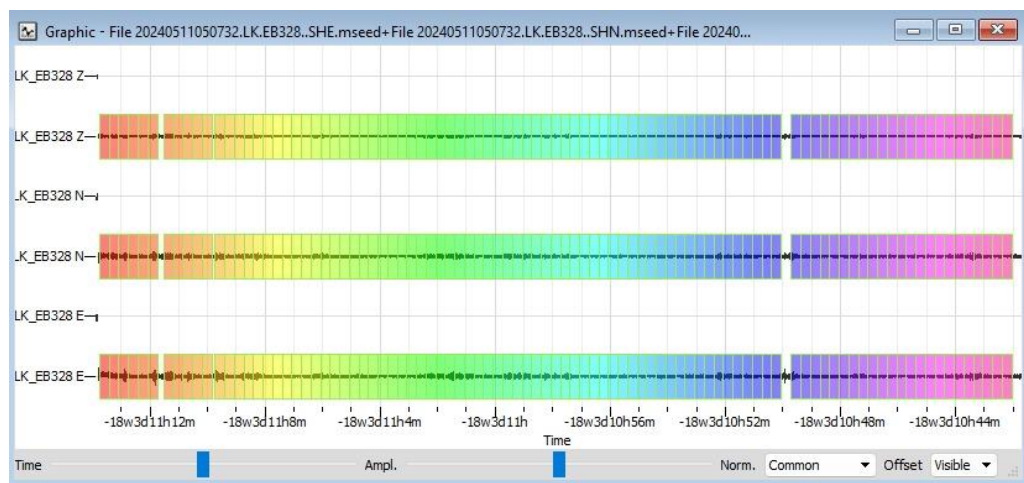


Gambar 5. 4 Grafik Hasil Pengukuran Mikrotremor Di Titik 5

Hasil dari perekaman gelombang seismik selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *software Sessary Geopsy*. Dalam tahap ini perlu dilakukannya proses pemilihan sinyal atau *windowing* yaitu proses pemilihan sinyal yang akurat serta menghapus *noise* atau sinyal gangguan yang terjadi selama dilakukannya perekaman, menurut Nakamura pada tahun 2000. Hal ini dilakukan karena pada saat proses dilakukannya perekaman, sinyal yang terekam oleh alat tidak hanya berupa getaran alami, namun getaran yang di sebabkan oleh aktivitas manusia bisa juga ikut terekam, seperti halnya Langkah kaki, sepeda motor, suara mesin. Pada proses *windowing* pada penelitian ini dilakukan dengan metode *auto select* dengan Panjang kotak 20 detik seperti gambar 5.5 sebagai berikut.

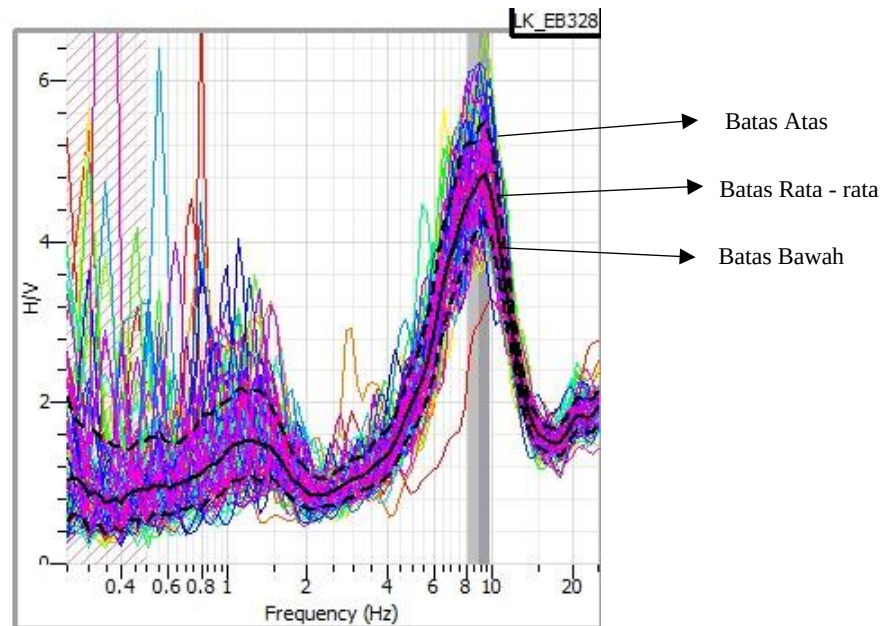


Gambar 5. 5 Filtering Options Untuk Windowing Di Titik 5

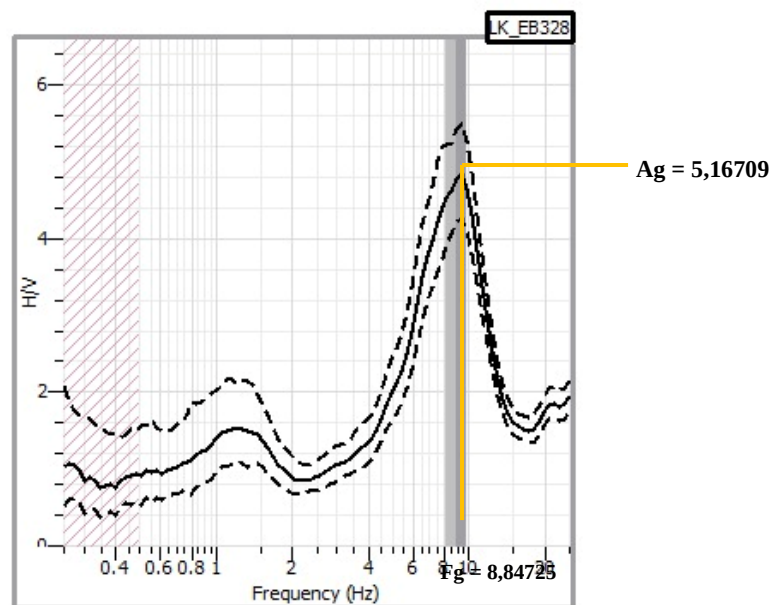


Gambar 5. 6 Hasil Windowing Pada Titik 5

Hasil dari proses *windowing* nantinya akan membentuk kurva HVSR yang menampilkan semua *window*. Kurva dengan warna garis hitam menunjukkan nilai rata-rata dari kurva HVSR semua *window*. Sedangkan garis putus-putus warna menunjukkan nilai simpangan kurva HVSR. Berikut merupakan kurva HVSR yang diperoleh berdasarkan pengolahan menggunakan *Sessary Geopsy* dapat dilihat pada gambar 5.7 dan 5.8 sebagai berikut



Gambar 5. 7 Kurva HVSR Pada Titik 5



Gambar 5. 8 Gambar Kurva HVSR Setelah Filtrasi Pada Titik 5

Berikut adalah tabel dari rekap kurva HVSR dapat dilihat pada tabel 5.1 dan 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5. 1 Hasil Rekap Nilai Frekuensi Dominan (*Fg*)

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		

Tabel 5. 2 Hasil Rekap Nilai Faktor Amplifikasi (*Ag*)

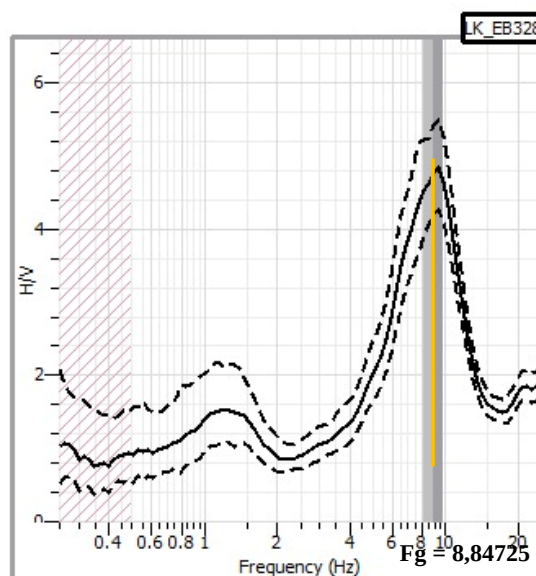
Titik	Nilai Ag	Titik	Nilai Ag
1	10,1299	16	14,0073
2	18,5558	17	2,84097
3	1,2443	18	5,39946
4	2,33819	19	10,7638
5	8,84725	20	6,12382
6	6,23601	21	1,07741
7	10,8506	22	5,49473
8	17,7773	23	1,16464
9	16,2318	24	7,72235
10	5,43178	25	6,29159

Lanjutan Tabel 5.2 Hasil Rekap Nilai Faktor Amplifikasi (A_g)

Titik	Nilai A_g	Titik	Nilai A_g
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		

5.4 Analisis Nilai Frekuensi Dominan (f_g)

Frekuensi dominan merujuk pada jumlah gelombang yang terjadi dalam satuan waktu. Nilai frekuensi dominan ini berkaitan dengan kedalaman bidang pantul, yang merupakan batas antara lapisan sedimen dan batuan keras. Oleh karena itu, frekuensi dominan memiliki hubungan dengan ketebalan lapisan sedimen (h) dan kecepatan geser tanah (V_s). Secara umum, frekuensi dominan berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan sedimen dan berbanding lurus dengan kecepatan geser tanah. Hal ini terjadi karena pada lapisan sedimen yang tebal, kecepatan geser berkurang, sehingga jumlah gelombang yang terbentuk juga sedikit. Dapat dilihat pada Gambar 5.9 sebagai berikut.



Gambar 5. 9 Kurva HVSR Nilai F_g Pada Titik 5 Setelah Filtrasi

Selanjutnya dilakukan pengelompokan data pada penelitian daerah Kampus Universitas Islam Indonesia memperoleh nilai frekuensi dominan bisa dilihat pada tabel 5.3 sebagai berikut pada rekap data ini tabel yang berwarna kuning adalah sebagai contoh pengambilan data, berwarna biru terdapat titik yang memiliki nilai frekuensi dominan (F_g) yang paling rendah dan yang berwarna hijau adalah nilai tertinggi.

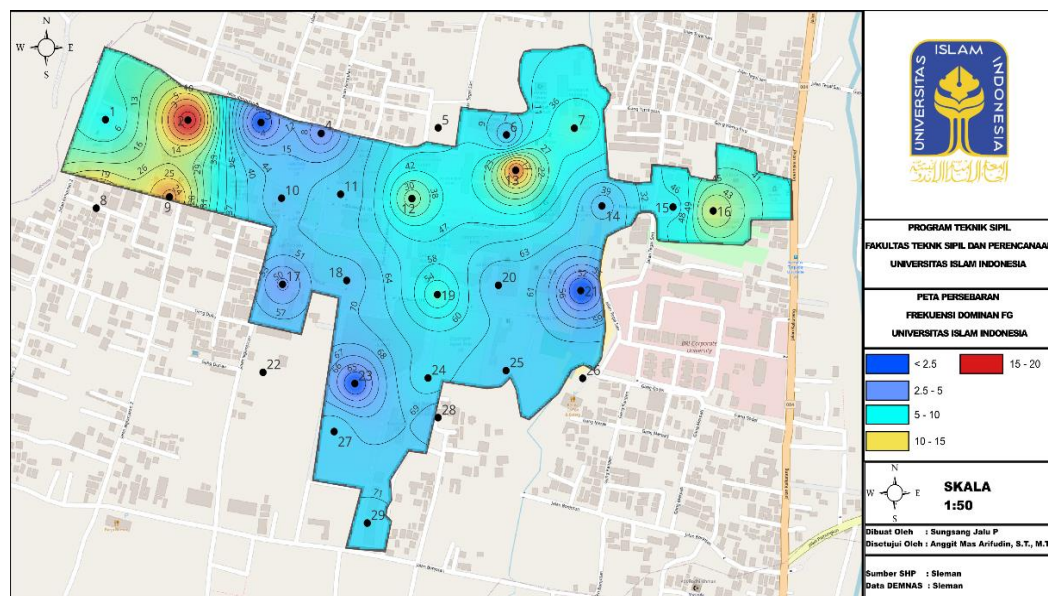
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Frekuensi Dominan Pada Wilayah UII

Titik	Longitude	Latitude	Frekuensi Dominan (fg) Hz
1	110,409072	-7,686352	10,1299
2	110,410233	-7,686359	18,5558
3	110,411261	-7,68639	1,2443
4	110,412108	-7,686534	2,33819
5	110,413754	-7,68646	8,84725
6	110,414715	-7,686554	6,23601
7	110,41567	-7,686465	10,8506
8	110,408943	-7,687525	17,7773
9	110,409973	-7,687377	16,2318
10	110,41155	-7,687393	5,43178
11	110,412381	-7,687341	6,3005
12	110,413384	-7,687398	12,4241
13	110,414844	-7,687024	16,8738
14	110,416058	-7,687496	5,62263
15	110,417058	-7,68751	8,77102
16	110,417624	-7,687561	14,0073
17	110,411564	-7,688534	2,84097
18	110,412466	-7,688483	5,39946
19	110,413743	-7,68867	10,7638
20	110,414601	-7,688547	6,12382
21	110,41576	-7,688617	1,07741
22	110,411289	-7,6897	5,49473

Lanjutan Tabel 5. 3 Rekapitulasi Frekuensi Dominan Pada Wilayah UII

Titik	Longitude	Latitude	Frekuensi Dominan (fg) Hz
23	110,412581	-7,689848	1,16464
24	110,413611	-7,689775	7,72235
25	110,414709	-7,689677	6,29159
26	110,415787	-7,689779	6,88306
27	110,41229	-7,690485	6,58248
28	110,413752	-7,6903	5,40907
29	110,412756	-7,691697	7,32923

Berdasarkan hasil pengukuran frekuensi dominan di lapangan, data tersebut dapat diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3.2. Selanjutnya, peta persebaran frekuensi dominan dapat diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5. 10 Peta Persebaran Frekuensi Dominan Wilayah Universitas Islam Indonesia

Berdasarkan distribusi nilai frekuensi dominan tanah (Fg) yang terdapat di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, sebagian besar lokasi menunjukkan nilai frekuensi dominan tanah yang masuk dalam kategori zona tipe III dengan rentang 4 – 6,6 Hz, yang dikelompokkan dalam kategori frekuensi

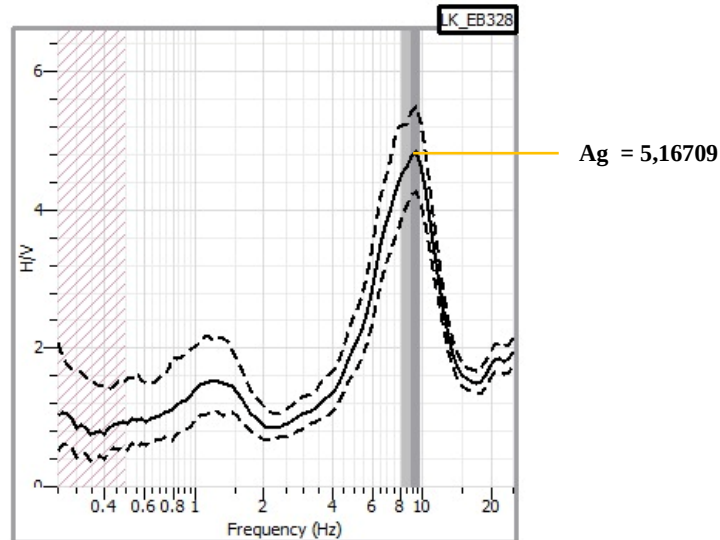
dominan sedang. Wilayah-wilayah ini tersebar di beberapa area kampus, terutama di sekitar Fakultas Teknologi Industri dan Fakultas Kedokteran. Selain itu, terdapat juga wilayah dengan nilai frekuensi dominan tanah yang berada pada kategori zona tipe IV (6,6 – 20 Hz) yang menunjukkan nilai frekuensi dominan yang lebih tinggi.

Namun demikian, terdapat area lain yang memiliki nilai frekuensi dominan tanah di kategori zona tipe II, dengan rentang frekuensi antara 2,5 hingga 4 Hz, yang terdeteksi pada titik 17, yaitu di bagian selatan Laboratorium Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Di sisi lain, ada juga lokasi-lokasi yang memiliki nilai frekuensi dominan tanah yang termasuk dalam kategori zona I ($< 2,5$ Hz), yang menunjukkan nilai frekuensi dominan tanah yang rendah. Lokasi-lokasi ini mencakup tempat parkir mobil di sekitar Fakultas Teknologi Industri (titik 3), tempat parkir sepeda motor yang berada di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (titik 4), area sekitar embung yang terletak di depan Universitas Islam Indonesia (titik 21), serta tempat parkir mobil yang terletak di bagian selatan gedung Fakultas Hukum (titik 23).

5.5 Analisis Nilai Faktor Amplifikasi (Ag)

Faktor amplifikasi (Ag) adalah suatu nilai yang digunakan untuk menggambarkan sejauh mana suatu fenomena dapat diperbesar atau dikuatkan karena adanya interaksi atau kondisi tertentu. Dalam berbagai bidang, termasuk teknik geoteknik atau seismologi, Nilai Ag bisa dihitung dengan membandingkan intensitas gelombang di permukaan tanah dengan gelombang pada lapisan dasar. Faktor-faktor seperti jenis tanah, kedalaman, dan kekuatan gempa berperan penting dalam menentukan nilai Ag, karena tanah dengan kepadatan rendah atau tanah lunak cenderung memiliki kemampuan lebih besar dalam mengamplifikasi gelombang. Pengukuran dan perhitungan faktor ini menggunakan model matematis atau rumus khusus untuk memberikan hasil yang dapat diandalkan, seperti perbandingan antara intensitas gelombang di permukaan dan pada batuan dasar. Hasil analisis ini sangat berguna dalam berbagai aplikasi, seperti perencanaan bangunan tahan gempa dan infrastruktur lainnya, dengan tujuan untuk memprediksi dampak yang mungkin terjadi pada struktur atau material yang terlibat. frekuensi

dominan dan faktor amplifikasi. Berikut adalah contoh hasil filtrasi yang dilakukan pada titik 5 bisa dilihat pada gambar 5.11 sebagai berikut.



Gambar 5. 11 Kurva HVSR Nilai Ag Pada Titik 5 Setelah Filtrasi

Berikut adalah pengelompokan data sebagai contoh adalah titik 5 di wilayah kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, dapat dilihat pada tabel 5.4 sebagai berikut. pada rekap data ini tabel yang diblok berwarna kuning adalah sebagai contoh pengambilan data, berwarna biru terdapat titik yang memiliki nilai frekuensi amplifikasi (A_g) yang paling rendah dan yang berwarna hijau adalah nilai tertinggi.

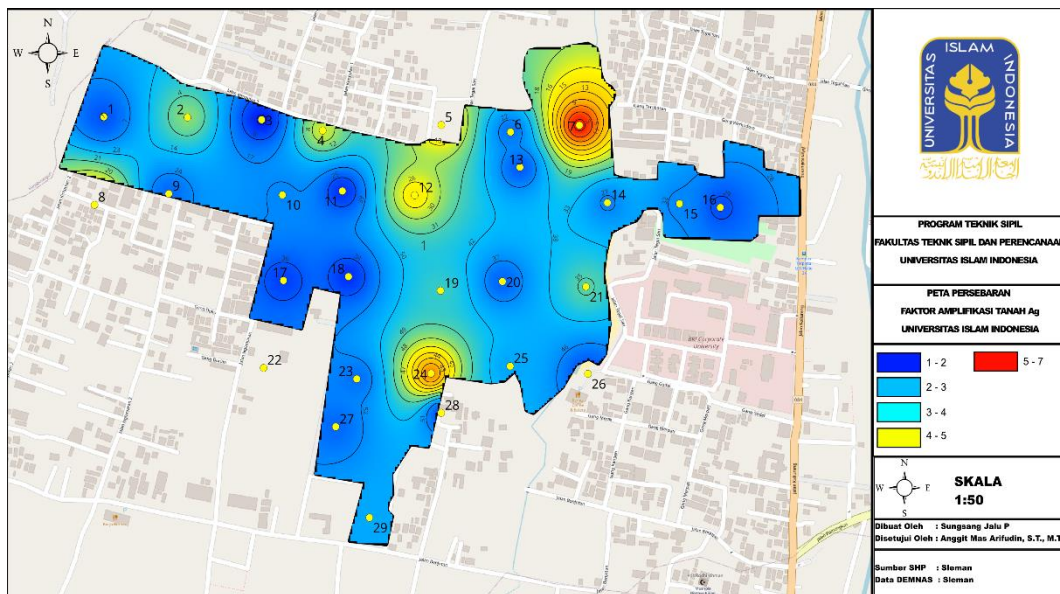
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Faktor Amplifikasi Pada Wilayah UII

Titik	Longitude	Latitude	Faktor Amplifikasi
1	110,409072	-7,686352	1,98688
2	110,410233	-7,686359	3,82709
3	110,411261	-7,68639	1,45334
4	110,412108	-7,686534	4,2564
5	110,413754	-7,68646	5,16709
6	110,414715	-7,686554	2,27029
7	110,41567	-7,686465	7,66527
8	110,408943	-7,687525	5,49148
9	110,409973	-7,687377	2,19645

**Lanjutan Tabel 5.4 Rekapitulasi Faktor Amplifikasi Pada Wilayah
Universitas Islam Indonesia**

Titik	Longitude	Latitude	Faktor Amplifikasi
10	110,41155	-7,687393	2,45988
11	110,412381	-7,687341	1,6306
12	110,413384	-7,687398	4,82108
13	110,414844	-7,687024	2,03288
14	110,416058	-7,687496	2,44375
15	110,417058	-7,68751	2,45953
16	110,417624	-7,687561	1,91639
17	110,411564	-7,688534	1,76806
18	110,412466	-7,688483	1,63212
19	110,413743	-7,68867	3,3421
20	110,414601	-7,688547	2,12597
21	110,41576	-7,688617	3,55453
22	110,411289	-7,6897	1,83694
23	110,412581	-7,689848	2,25725
24	110,413611	-7,689775	6,54976
25	110,414709	-7,689677	2,77735
26	110,415787	-7,689779	1,91565
27	110,41229	-7,690485	2,16448
28	110,413752	-7,6903	1,94912
29	110,412756	-7,691697	2,80362

Berdasarkan nilai faktor amplifikasi yang didapatkan dari hasil perekaman mikrotremor dilapangan kemudian dilakukan klasifikasi menggunakan tabel 3.1 sehingga diperoleh nilai faktor persebaran di kampus Universitas Islam Indonesia Terpadu seperti gambar 5.12 sebagai berikut.



Gambar 5. 12 Peta Persebaran Faktor Amplifikasi Wilayah UII

Berdasarkan peta persebaran faktor amplifikasi tanah (Ag) yang terletak di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, sebagian besar area menunjukkan nilai amplifikasi tanah yang termasuk dalam kategori zona amplifikasi rendah. Namun, ada beberapa lokasi yang memiliki nilai amplifikasi tanah yang lebih tinggi dan masuk dalam kategori zona amplifikasi sedang. Tempat-tempat tersebut antara lain Fakultas Teknologi Industri (titik 2), tempat parkir sepeda motor di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (titik 4), area di utara Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (titik 5), pemukiman warga yang berada di Desa Sardonoarjo (titik 8), tempat parkir sepeda motor di Fakultas Pendidikan dan Seni Budaya (titik 12), area di depan Gedung Kuliah Umum Prof. Dr. Sardjito (titik 19), serta area sekitar embung yang terletak di depan Universitas Islam Indonesia (titik 21). Semua lokasi ini memiliki nilai amplifikasi tanah dalam rentang $3 \leq Ag < 6$, yang mengindikasikan adanya amplifikasi sedang pada tanah di wilayah tersebut.

Selain itu, terdapat beberapa lokasi yang memiliki nilai amplifikasi tanah yang termasuk dalam kategori amplifikasi tinggi. Dua lokasi tersebut adalah area di depan Asrama Takmir Putra (titik 7) dan di Lapangan Sepak Bola (titik 24). Kedua lokasi ini memiliki nilai amplifikasi tanah dengan rentang ≤ 6 hingga kurang dari 9 ($6 \leq A_g < 9$), yang menunjukkan adanya potensi amplifikasi tanah yang tinggi di kawasan tersebut.

5.3 Uji *Outlier*

Outlier adalah kumpulan data yang memiliki karakteristik yang sangat berbeda dari data lainnya, yang ditandai dengan adanya nilai ekstrem baik pada variabel tunggal maupun kombinasi variabel. Keberadaan *Outlier* dalam data dapat mempengaruhi proses pengolahan data serta pengambilan keputusan. Untuk mengidentifikasi nilai ekstrem pada data tersebut, dilakukan uji *Outlier* dengan mengonversi data menjadi nilai standar baku atau Z score. Dalam penelitian ini, batasan Z score yang digunakan untuk mendeteksi outlier adalah kurang dari -3 atau lebih dari +3 (Tieng, 2015). Teknik ini cocok digunakan untuk data yang distribusi normal. Pada uji *Outlier* dilakukan perhitungan nilai rata-rata menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

$$Z \text{ Score} = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma}$$

Keterangan :

X_i = Nilai Sampel

$\bar{X}$ = Rata – rata nilai sampel

σ = Standar Deviasi

Zscore = Standar Batas

Untuk mencari nilai sampel bisa dilihat dengan cara menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\bar{X} = \frac{\text{Jumlah Semua Data}}{\text{Banyak Data}}$$

Untuk mencari nilai standar deviasi bisa dilihat dengan cara menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\text{Nilai Sampel} - \text{Rata-rata nilai sampel})^2}{\text{jumlah data}}}$$

Sebagai contoh perhitungan Z score nilai amplifikasi pada titik 5, contoh perhitunganya sebagai berikut.

$$Zscore = \frac{xi - \bar{x}}{\sigma}$$

$$Zscore = \frac{5,167 - 2,9915}{1,5796}$$

$$Zscore = \frac{2,1755}{1,5796}$$

$$Z \text{ score} = 1,3772$$

Selanjutnya Analisa *Outlier* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan 5.6 sebagai berikut. Pada tabel yang berwarna kuning, adalah yang menandakan sebagai contoh perhitungan, warna biru sebagai nilai paling rendah dan warna hijau adalah nilai yang paling tinggi.

Tabel 5. 5 Analisa Outlier Amplifikasi Tanah Ag

No	Ag	Rata – Rata	Standar Deviasi	Z Score	Keputusan
1	1,986	2,9915	1,5796	0,6360	TIDAK OUTLIER
2	3,827			0,5289	TIDAK OUTLIER
3	1,453			0,9737	TIDAK OUTLIER
4	4,256			0,8007	TIDAK OUTLIER
5	5,167			1,3772	TIDAK OUTLIER
6	2,270			0,4566	TIDAK OUTLIER
7	7,665			2,9586	TIDAK OUTLIER
8	5,491			1,5825	TIDAK OUTLIER
9	2,196			0,5033	TIDAK OUTLIER
10	2,4598			0,3365	TIDAK OUTLIER
11	1,630			0,8615	TIDAK OUTLIER

Lanjutan Tabel 5. 5 Analisa Outlier Amplifikasi Tanah Ag

No	Ag	Rata – Rata	Standar Deviasi	Z Score	Keputusan
12	4,821	2,9915	1,5796	1,1581	TIDAK OUTLIER
13	2,032			0,6068	TIDAK OUTLIER
14	2,443			0,3467	TIDAK OUTLIER
15	2,459			0,3368	TIDAK OUTLIER
16	1,916			0,6806	TIDAK OUTLIER
17	1,768			0,7745	TIDAK OUTLIER
18	1,632			0,8605	TIDAK OUTLIER
19	3,342			0,2219	TIDAK OUTLIER
20	2,125			0,5479	TIDAK OUTLIER
21	3,554			0,3563	TIDAK OUTLIER
22	1,836			0,7309	TIDAK OUTLIER
23	2,257			0,4648	TIDAK OUTLIER
24	6,549			2,2525	TIDAK OUTLIER
25	2,777			0,1356	TIDAK OUTLIER
26	1,915			0,6811	TIDAK OUTLIER
27	2,164			0,5235	TIDAK OUTLIER
28	1,949			0,6599	TIDAK OUTLIER
29	2,803			0,1189	TIDAK OUTLIER

Tabel 5. 6 Analisa Outlier Frekuensi Dominan Fg

No	Fg	Rata – Rata	Standar Deviasi	Z Score	Keputusan
1	10,129	8,0939	4,9197	0,4138	TIDAK OUTLIER
2	18,555			2,1264	TIDAK OUTLIER
3	1,244			1,3922	TIDAK OUTLIER
4	2,338			1,1699	TIDAK OUTLIER
5	8,847			0,1531	TIDAK OUTLIER
6	6,236			0,3776	TIDAK OUTLIER

Lanjutan Tabel 5. 6 Analisa Outlier Frekuensi Dominan Fg

No	Fg	Rata – Rata	Standar Deviasi	Z Score	Keputusan
7	10,850	8,0939	4,9197	0,5603	TIDAK OUTLIER
8	17,777			1,9682	TIDAK OUTLIER
9	16,231			1,6541	TIDAK OUTLIER
10	5,431			0,5411	TIDAK OUTLIER
11	6,300			0,3645	TIDAK OUTLIER
12	12,424			0,8801	TIDAK OUTLIER
13	16,873			1,7845	TIDAK OUTLIER
14	5,622			0,5023	TIDAK OUTLIER
15	8,771			0,1376	TIDAK OUTLIER
16	14,007			1,2019	TIDAK OUTLIER
17	2,840			1,0677	TIDAK OUTLIER
18	5,399			0,5476	TIDAK OUTLIER
19	10,763			0,5426	TIDAK OUTLIER
20	6,123			0,4004	TIDAK OUTLIER
21	1,077			1,4261	TIDAK OUTLIER
22	5,494			0,5283	TIDAK OUTLIER
23	1,164			1,4084	TIDAK OUTLIER
24	7,722			0,0755	TIDAK OUTLIER
25	6,291			0,3663	TIDAK OUTLIER
26	6,883			0,2461	TIDAK OUTLIER
27	6,582			0,3072	TIDAK OUTLIER
28	5,409			0,5457	TIDAK OUTLIER
29	7,329			0,1554	TIDAK OUTLIER

Berdasarkan hasil uji *Outlier* pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2. Tidak ditemukannya ada nilai frekuensi dominan dan nilai amplifikasi yang menyimpang. Z Score untuk nilai frekuensi amplifikasi tanah menunjukkan nilai tertinggi sebesar 7,66527 pada titik 7 dan untuk nilai terendahnya menunjukkan sebesar 1,4533 pada

titik 3 dan untuk nilai tertinggi pada nilai Analisa frekuensi dominan menunjukkan sebesar 18,5558 pada titik 2 dan untuk nilai terendahnya menunjukkan sebesar 1,07741 pada titik 21.

5.6 Analisis Nilai Indeks Kerentanan Seismik (Kg)

Indeks kerentanan seismik adalah suatu parameter yang memberikan gambaran mengenai seberapa rentan suatu wilayah terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Menurut (Labertta & Wibowo, 2013) terdapat hubungan yang positif antara indeks kerentanan seismik dan tingkat kerusakan bangunan yang terjadi sebagai dampak dari gempa. Artinya, semakin tinggi nilai indeks kerentanan seismik, semakin besar kemungkinan kerusakan yang ditimbulkan terhadap struktur bangunan akibat getaran gempa dengan contoh perhitungan pada titik 5 sebagai berikut.

$$Kg = \frac{Ag^2}{Fg}$$

$$Kg = \frac{5,16709^2}{8,84725}$$

$$Kg = 3,0177$$

Hasil pada penelitian daerah Kampus Universitas Islam Indonesia menunjukkan nilai Indeks Kerentanan seismik tanah berkisar antara 0,2449 hingga 11,7269. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.7 sebagai berikut pada tabel yang berwarna kuning adalah contoh perhitungan yang dipakai, pada tabel yang berwarna biru adalah nilai terendahnya dan yang berwarna hijau adalah nilai tertingginya.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Indeks Kerentanan Seismik Pada Wilayah UII

Titik	Longitude	Latitude	Nilai Kg
1	110,409072	-7,686352	0,3897
2	110,410233	-7,686359	0,7893
3	110,411261	-7,68639	1,6974
4	110,412108	-7,686534	7,7482
5	110,413754	-7,68646	3,0177

**Lanjutan Tabel 5.7 Nilai Rekapitulasi Indeks Kerentanan Seismik Pada
Wilayah Universitas Islam Indonesia**

Titik	Longitude	Latitude	Nilai Kg
6	110,414715	-7,686554	0,8265
7	110,41567	-7,686465	5,4150
8	110,408943	-7,687525	1,6963
9	110,409973	-7,687377	0,2972
10	110,41155	-7,687393	1,1140
11	110,412381	-7,687341	0,4220
12	110,413384	-7,687398	1,8707
13	110,414844	-7,687024	0,2449
14	110,416058	-7,687496	1,0621
15	110,417058	-7,68751	0,6896
16	110,417624	-7,687561	0,2621
17	110,411564	-7,688534	1,1003
18	110,412466	-7,688483	0,4933
19	110,413743	-7,68867	1,0377
20	110,414601	-7,688547	0,7380
21	110,41576	-7,688617	11,7269
22	110,411289	-7,6897	0,61410
23	110,412581	-7,689848	4,3748
24	110,413611	-7,689775	5,5552
25	110,414709	-7,689677	1,2260
26	110,415787	-7,689779	0,5331
27	110,41229	-7,690485	0,7117
28	110,413752	-7,6903	0,7023
29	110,412756	-7,691697	1,0724

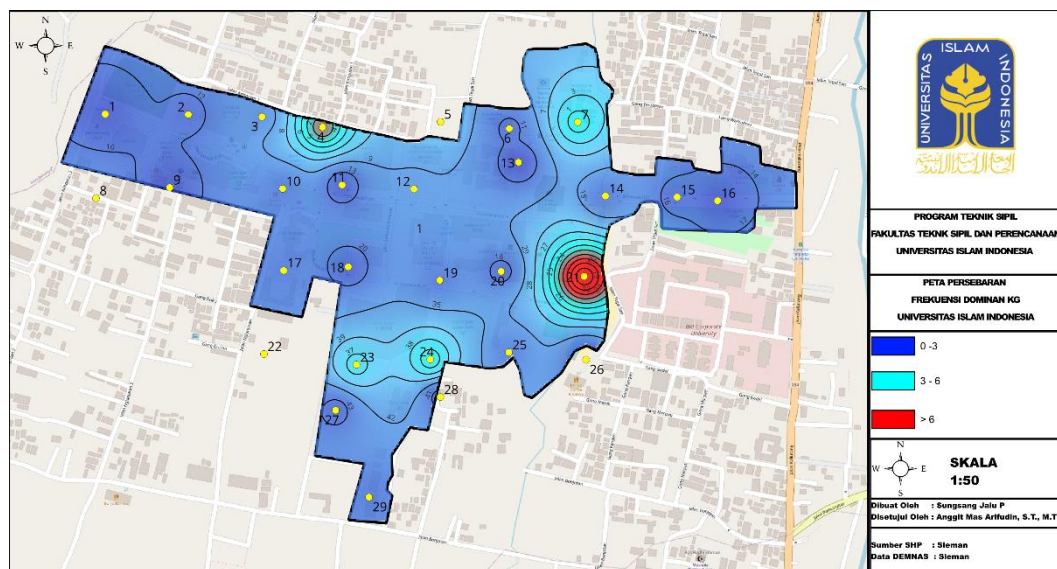
Berdasarkan data nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di Kawasan Kampus Universitas Islam Indonesia setelah diklasifikasi menggunakan persamaan 3.6 dan diklasifikasikan sebagai berikut.

Kategori rendah : $K_g < 3$

Kategori sedang : $3 < K_g < 6$

Kategori tinggi : $K_g > 6$

Berdasarkan nilai klasifikasi dan diolah menghasilkan peta persebaran kerentanan seismik (K_g) di kawasan Kampus Universitas Islam Indonesia dapat dilihat pada gambar 5.13 sebagai berikut.



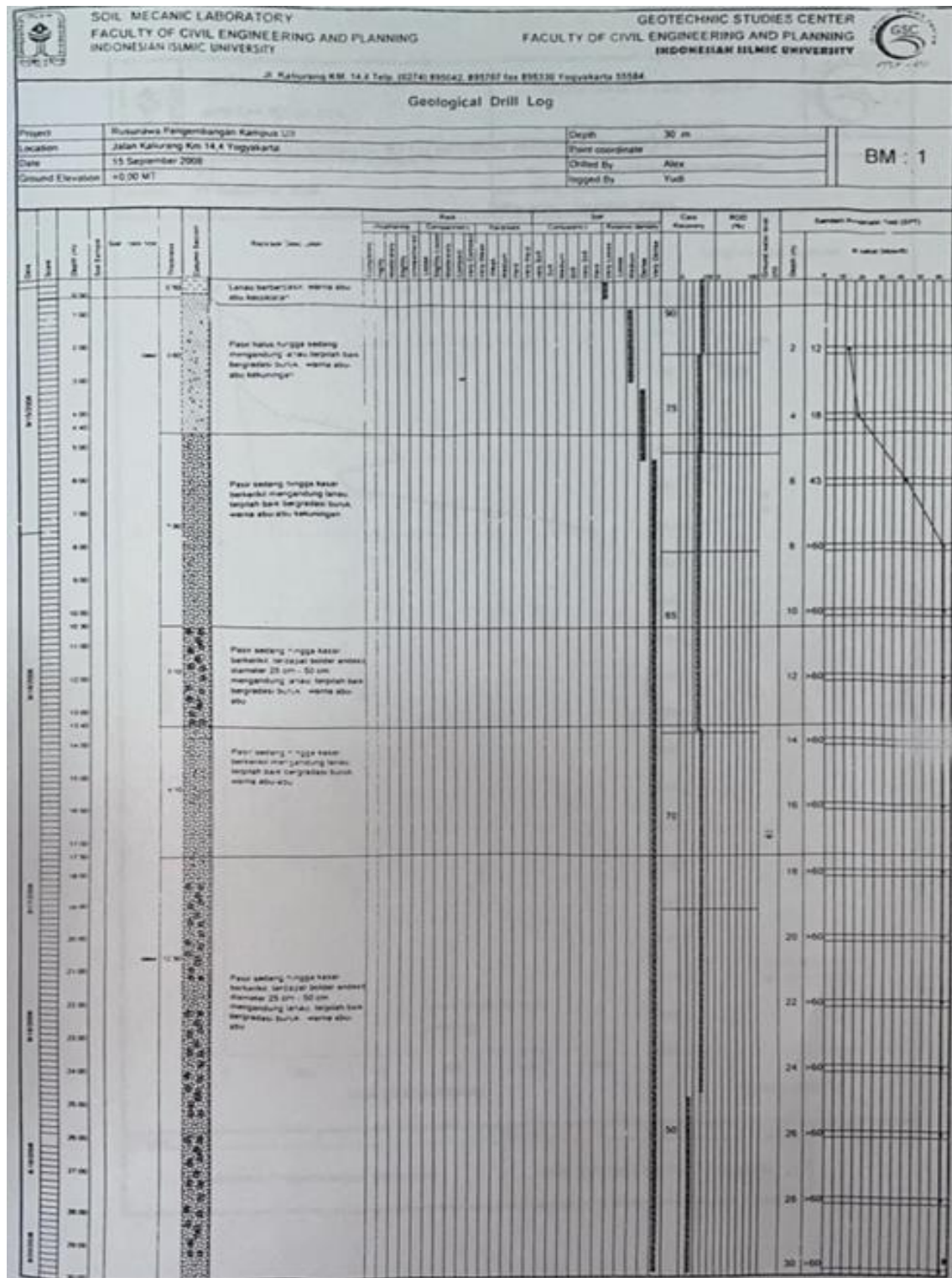
Gambar 5. 13 Peta Persebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik (K_g) Pada Universitas Islam Indonesia Terpadu

Berdasarkan analisis terhadap peta persebaran nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, dapat diketahui bahwa sebagian besar area di kampus tersebut termasuk dalam kategori rendah, yang berarti tanah di kawasan ini cukup stabil dan tidak rentan terhadap deformasi atau kerusakan signifikan saat terjadi gempa bumi. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia secara keseluruhan memiliki tingkat kerentanannya terhadap gempa bumi yang rendah, sehingga relatif aman dari dampak kerusakan gempa.

Namun, terdapat dua titik lokasi yang menunjukkan nilai indeks kerentanan seismik yang lebih tinggi, yakni lebih dari 6, yang menandakan tingkat kerentanannya lebih besar dibandingkan dengan area lainnya. Dua titik tersebut terletak di tempat parkir sepeda motor Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (Titik 4) dan di sekitar embung yang terletak di depan Universitas Islam Indonesia (Titik 21). Tingginya nilai indeks kerentanan seismik pada kedua lokasi ini dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu faktor amplifikasi (A_g) yang tinggi dan nilai frekuensi dominan (F_g) yang rendah.

5.7 Nilai Kecepatan Gelombang (V_{s30}) dan Klasifikasi Tanah

Perkiraan nilai kecepatan gelombang geser (V_s) biasanya dilakukan melalui survei lapangan langsung, seperti pengeboran, yang memerlukan waktu dan biaya cukup besar. Sebagai alternatif, metode mikrotremor dapat digunakan untuk memperkirakan nilai V_s dengan analisis kurva H/V menggunakan metode *ellipticity curve*, yang lebih murah dan efisien. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan menggunakan *software Dinver*, dengan memasukkan parameter tambahan seperti kecepatan gelombang P (V_p), kecepatan gelombang S (V_s), massa jenis batuan, dan poisson ratio, yang disesuaikan dengan data borlog di sekitar wilayah kampus Universitas Islam Terpadu yang terdiri dari lima lapisan geologi. Yang mengacu pada data borlog dengan kedalaman 30 m Rusunawa Pengembangan Kampus Universitas Islam Indonesia. Berikut lampiran data borlog dengan kedalaman 30 m dapat dilihat pada gambar 5.14 sebagai berikut.



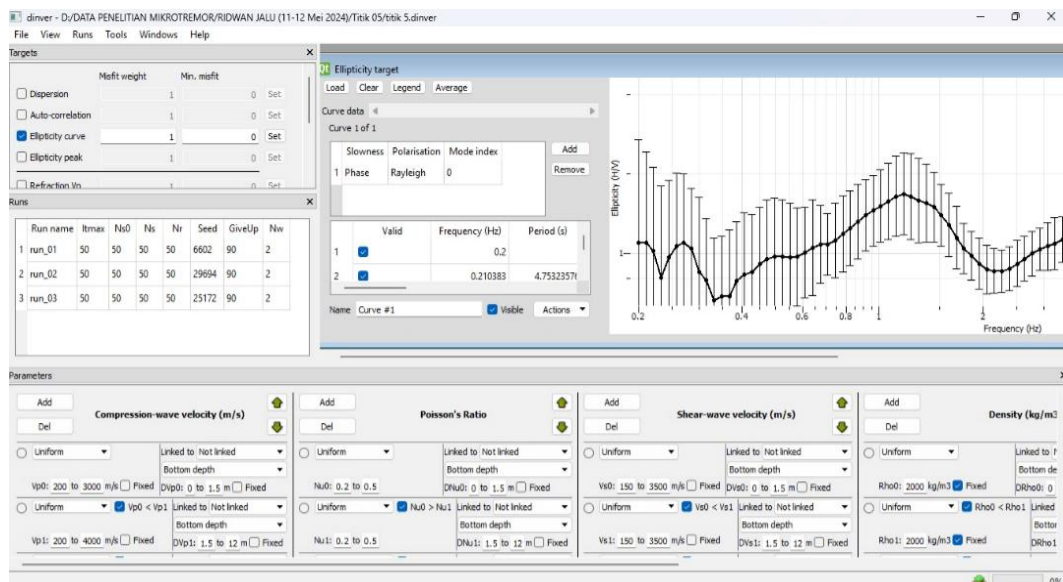
Gambar 5. 14 Data Borlog Pada Rusunawa Kampus UII

Berdasarkan data borlog tersebut pengolahan data dilakukan menggunakan *software dinver*, yang menghasilkan model bawah permukaan tanah. Pada tabel 5.8 menampilkan data lapisan tanah yang digunakan menentukan parameter-parameter seismik. Data parameter tersebut dapat dilihat tabel 5.8 sebagai berikut.

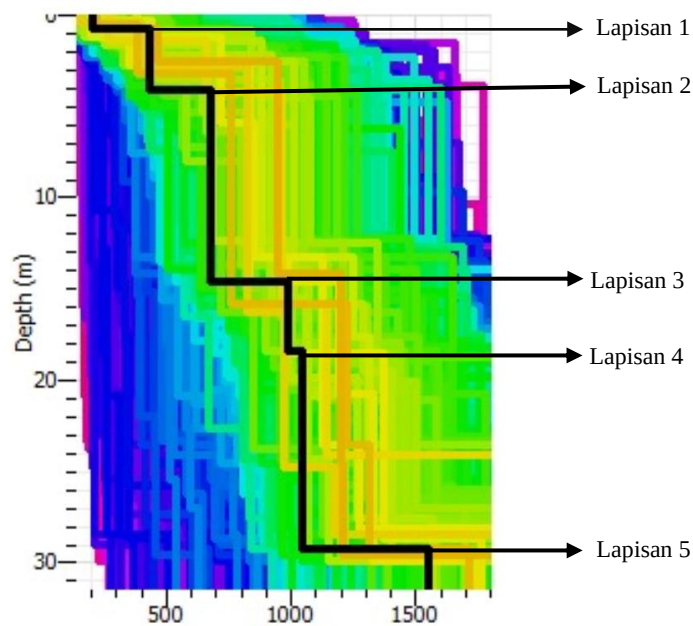
Tabel 5. 8 Data Pengolahan Aplikasi *Dinver*

No	Lapisan (m)	Vp (m/s)	Nu	Vs (m/s)	Rho (kg/m3)
1	0 - 1.5	300 - 1500	0,2 – 0,5	80 - 350	2000
2	1.5 - 12	500 - 1700	0,3 – 0,4	150 – 400	2100
3	12 - 18	1500 - 2500	0,25 – 0,35	300 – 600	2200
4	18 - 25	2000 - 3000	0,20 – 0,30	400 – 800	2300
5	25 - 30	2500 - 5000	0,20 – 0,5	800 - 2500	2400

Berikut ini adalah tampilan pengolahan data menggunakan aplikasi *Dinver*. Yang merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk analisis berbasis mikrotremor. Pada gambar 5.15 dan 5.16 menunjukkan tampilan dari *software Dinver* yang digunakan pada titik pengukuran ini adalah titik 5 dalam penelitian ini. Dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan 5.16 sebagai berikut.



Gambar 5. 15 Tampilan Software *Dinver* Pada Titik 5



Gambar 5. 16 Grafik Vs Pada Titik 5

Pada Gambar 5.16 terlihat model kurva hasil inversi HVSR dengan warna garis yang menunjukkan nilai misfit yang berbeda-beda. Nilai misfit yang lebih kecil menandakan permodelan yang lebih mendekati kondisi lapangan, sementara kurva hitam digunakan sebagai model referensi karena memiliki nilai misfit terkecil. Berdasarkan Gambar 5.15, nilai Vs untuk setiap lapisan di titik 5 dihitung dengan mengurangi elevasi lapisan berikutnya dengan elevasi lapisan sebelumnya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.9, sebagai berikut. Kemudian dihitung Vs 30 berdasarkan nilai Vs setiap lapisan pada titik 5 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Vs30 = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}}}$$

$$Vs30 = \frac{30}{\frac{0,78}{436} + \frac{4,13}{681} + \frac{14,64}{991} + \frac{18,44}{1040} + \frac{29,16}{1555}}$$

$$Vs30 = 507,530 \text{ m/s}$$

Tabel 5. 9 Nilai Vs Setiap Lapisan Pada Titik 5

Lapisan	Tebal Lapisan (m)	Nilai Vs (m/s)
Lapisan 1	0,78	436
Lapisan 2	4,13	681
Lapisan 3	14,64	991
Lapisan 4	18,44	1040
Lapisan 5	29,16	1555
Hasil		507,530

Perhitungan Vs30 tersebut dilakukan pada semua titik penelitian maka diperoleh nilai kecepatan geser (Vs30) hingga kedalaman 30 meter pada daerah yang di teliti memperoleh antara 259,808 m/s hingga 649,777 m/s. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan yang dapat dilihat pada tabel 5.10 sebagai berikut pada tabel yang diblok berwarna kuning adalah contoh perhitungan yang dipakai, pada tabel yang diblok berwarna biru ada nilai terendahnya dan yang berwarna hijau adalah nilai tertingginya.

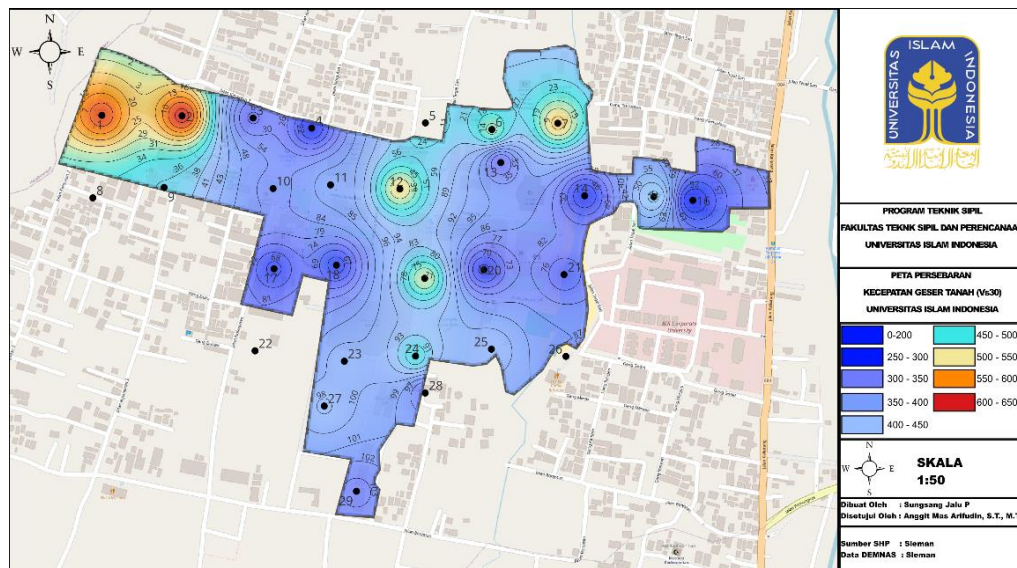
Tabel 5. 10 Rekapitulasi Vs 30 Pada Wilayah Kampus UII

Titik	Longitude (x)	Latitude (y)	Vs 30 (m/s)	Keterangan
1	110,409072	-7,686352	632,643	Tanah Keras
2	110,410233	-7,686359	649,777	Tanah Keras
3	110,411261	-7,68639	336,331	Tanah Sedang
4	110,412108	-7,686534	279,862	Tanah Sedang
5	110,413754	-7,68646	507,530	Tanah Keras
6	110,414715	-7,686554	511,115	Tanah Keras
7	110,41567	-7,686465	527,018	Tanah Keras
8	110,408943	-7,687525	567,580	Tanah Keras
9	110,409973	-7,687377	479,864	Tanah Keras
10	110,41155	-7,687393	372,567	Tanah Keras
11	110,412381	-7,687341	409,152	Tanah Keras
12	110,413384	-7,687398	558,431	Tanah Keras
13	110,414844	-7,687024	338,536	Tanah Sedang
14	110,416058	-7,687496	280,941	Tanah Sedang
15	110,417058	-7,68751	465,792	Tanah Keras

**Lanjutan tabel Tabel 5.12 Rekapitulasi Vs 30 Pada Wilayah Kampus
Universitas Islam Indonesia**

Titik	Longitude (x)	Latitude (y)	Vs 30 (m/s)	Keterangan
16	110,417624	-7,687561	259,808	Tanah Sedang
17	110,411564	-7,688534	293,710	Tanah Sedang
18	110,412466	-7,688483	288,757	Tanah Sedang
19	110,413743	-7,68867	541,239	Tanah Keras
20	110,414601	-7,688547	294,933	Tanah Sedang
21	110,41576	-7,688617	326,170	Tanah Sedang
22	110,411289	-7,6897	273,088	Tanah Sedang
23	110,412581	-7,689848	429,998	Tanah Keras
24	110,413611	-7,689775	495,403	Tanah Keras
25	110,414709	-7,689677	436,849	Tanah Keras
26	110,415787	-7,689779	378,319	Tanah Keras
27	110,41229	-7,690485	443,255	Tanah Keras
28	110,413752	-7,6903	357,408	Tanah Keras
29	110,412756	-7,691697	354,023	Tanah Keras

Berdasarkan nilai kecepatan geser tanah sampai dengan kedalaman 30 meter nilai (V_{s30}) yang didapatkan dari pengolahan dengan menggunakan *Software Dinver* maka didapatkan hasil seperti tabel 5.12 yang telah di klasifikasikan dengan tabel 3.3 untuk mengetahui kriteria jenis tanah yang diperoleh dari pengolahan tersebut. Sehingga peta persebaran V_{s30} seperti gambar 5.17 sebagai berikut.



**Gambar 5. 17 Peta Kecepatan Geser Tanah Kedalaman 30 Meter (V_{s30})
Di Wilayah Kampus Universitas Islam Indonesia**

Berdasarkan klasifikasi nilai kecepatan geser pada tabel 3.3 didapatkan bahwa tidak adanya wilayah penelitian yang termasuk kedalam kategori tanah lunak ($V_s < 175$ m/s). Adapun daerah yang masuk dalam klasifikasi tanah sedang ($175 < V_s < 350$ m/s). daerah yang masuk pada klasifikasi tanah tersebut yaitu pada titik (3,4), titik (13) Fakultas Kedokteran, parkir FTSP dan FTI, titik (16,14) pada area boulevard, titik (17) parkir Lab Terpadu, titik (18) parkir FMIPA, titik (20) pada area antara Gedung FIAI dengan D3 Ekonomi, titik (21) pada area embung Universitas Islam Indonesia, titik (22) pada area desa Sardonoarjo area luar kampus. Lalu yang termasuk pada klasifikasi tanah keras ($350 < V_s < 750$) yaitu meliputi beberapa titik (1) area GOR Universitas Islam Indonesia, titik (2) area Gedung FTI, titik (5,6,7) pada area Rusunawa Putri Universitas Islam Indonesia, titik (8) pada luar kampus desa Sardonoarjo, titik (9) pada area LAB FTI, titik (10) pada area kantin Mawar, titik (11) pada area FTSP, titik (12) pada area parkir FPSB, titik (15) area boulevard, titik (19) pada LAB Kedokteran, titik (23,27) area parkir Gedung Hukum, titik (24) pada lapangan bola Universitas Islam Indonesia, titik (25) pada area pos makam Universitas Islam Indonesia, titik (26) pada area embung Universitas Islam Indonesia, titik (28) luar kampus Universitas Islam Indonesia, titik (29) pada parkir bus dan bengkel Universitas Islam Indonesia.

5.8 Analisis Nilai Ketebalan Lapisan Sedimen (h)

Ketebalan lapisan sedimen memainkan peran penting dalam mempengaruhi efek tapak lokal yang terjadi selama gempa bumi. Efek tapak lokal merujuk pada pengaruh kondisi geologi lokal terhadap intensitas getaran tanah yang ditimbulkan oleh gempa. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap ketebalan lapisan sedimen adalah frekuensi alami. Terdapat hubungan terbalik antara frekuensi alami dan ketebalan lapisan sedimen: semakin tinggi frekuensi alami, semakin tipis ketebalan lapisan sedimen, dan sebaliknya, semakin rendah frekuensi alami, semakin tebal lapisan sedimen. Fenomena ini terjadi karena periode gelombang seismik dominan yang bergerak melalui suatu daerah berbanding lurus dengan ketebalan lapisan sedimen Handayani et al., (2009).

Sebagai contoh perhitungan ketebalan sedimen digunakan nilai frekuensi dominan (f_0) dan kecepatan gelombang geser (V_s). Adapun perhitungan ketebalan lapisan sedimen dapat dilihat sebagai berikut dengan acuan yaitu pada titik 5 pada daerah penelitian.

$$h = \frac{Vs30}{4f_g}$$

$$h = \frac{Vs30}{4f_g}$$

$$h = \frac{507,530}{4 \times 8,847}$$

$$h = 14,341 \text{ m}$$

Berdasarkan persamaan tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk semua titik penelitian. Nilai ketebalan lapisan sedimen pada wilayah kampus Universitas Islam Indonesia Terpadu nilai berkisar 4,637 meter hingga 92,302 meter. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan ketebalan lapisan sedimen yang tercantum pada tabel 5.11 sebagai berikut pada tabel yang berwarna kuning adalah contoh perhitungan yang dipakai, pada tabel yang berwarna biru ada nilai terendahnya dan yang berwarna hijau adalah nilai tertinggi.

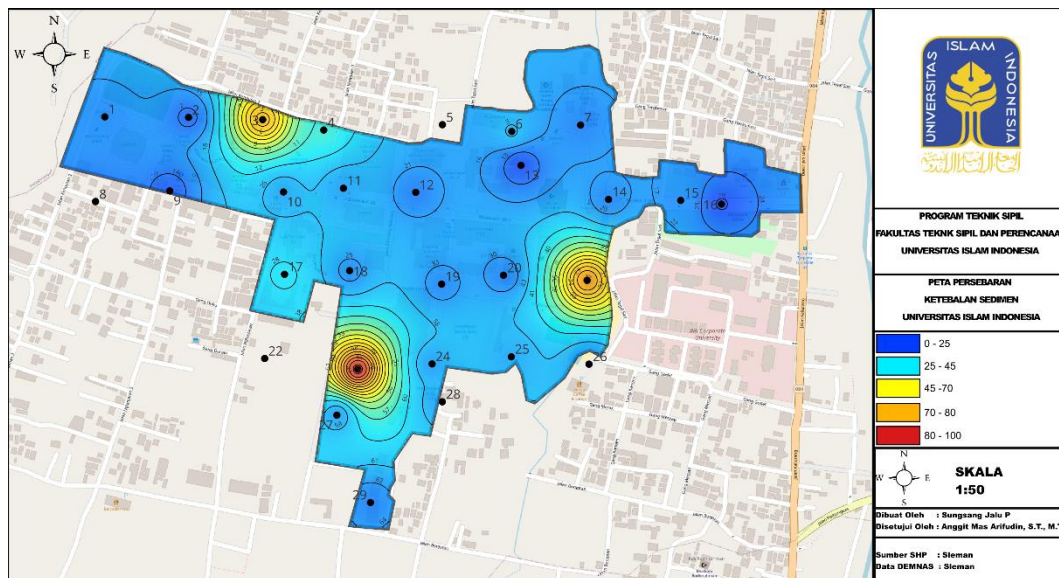
Tabel 5. 11 Nilai Rekapitulasi Ketebalan Sedimen Pada Wilayah UII

Titik	Longitude	Latitude	Ketebalan Sedimen (m)
1	110,409072	-7,686352	13,006
2	110,410233	-7,686359	8,754
3	110,411261	-7,68639	67,574
4	110,412108	-7,686534	29,922
5	110,413754	-7,68646	14,341
6	110,414715	-7,686554	20,490
7	110,41567	-7,686465	12,142
8	110,408943	-7,687525	7,981
9	110,409973	-7,687377	7,390
10	110,41155	-7,687393	17,147
11	110,412381	-7,687341	16,234
12	110,413384	-7,687398	11,236
13	110,414844	-7,687024	5,015
14	110,416058	-7,687496	12,491
15	110,417058	-7,68751	13,276
16	110,417624	-7,687561	4,637
17	110,411564	-7,688534	25,845
18	110,412466	-7,688483	13,369
19	110,413743	-7,68867	12,570
20	110,414601	-7,688547	12,040
21	110,41576	-7,688617	75,683
22	110,411289	-7,6897	12,424
23	110,412581	-7,689848	92,302
24	110,413611	-7,689775	16,037
25	110,414709	-7,689677	17,358
26	110,415787	-7,689779	13,740
27	110,41229	-7,690485	16,834
28	110,413752	-7,6903	16,518

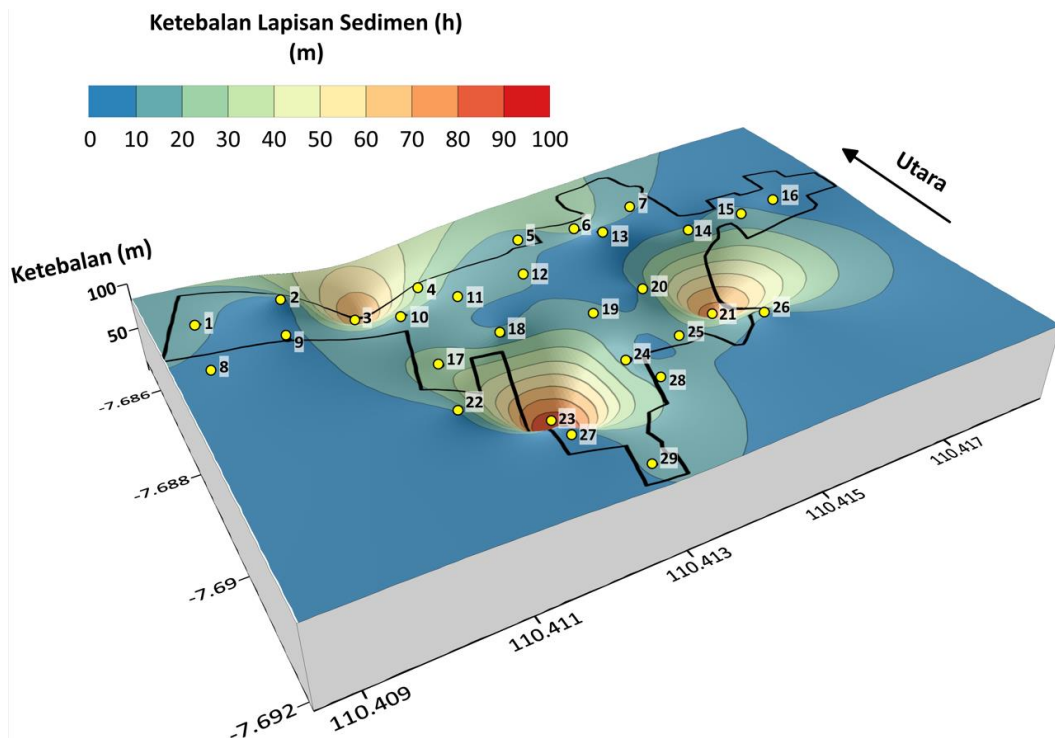
Lanjutan Tabel 5. 11 Nilai Rekapitulasi Ketebalan Sedimen Di Wilayah UII

Titik	Longitude	Latitude	Ketebalan Sedimen (m)
29	110,412756	-7,691697	12,075

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dan disesuaikan dengan data pada Tabel 5.9, langkah selanjutnya adalah menyusun peta persebaran ketebalan sedimen yang terdapat pada lingkungan Kampus Universitas Islam Indonesia Terpadu. Peta ini bertujuan untuk memberikan gambaran visual mengenai variasi ketebalan sedimen di area tersebut. Proses penyusunan peta ini melibatkan penggunaan koordinat geografis yang tercantum dalam data yang telah dianalisis. Sebagai referensi lebih lanjut. Dengan peta ini, diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih mendalam tentang distribusi ketebalan sedimen di wilayah tersebut dan relevansinya terhadap kondisi geospasial di area sekitar kampus. Peta persebaran nilai ketebalan sedimen pada Kampus Universitas Islam Indonesia ini dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan 5.19 sebagai berikut.



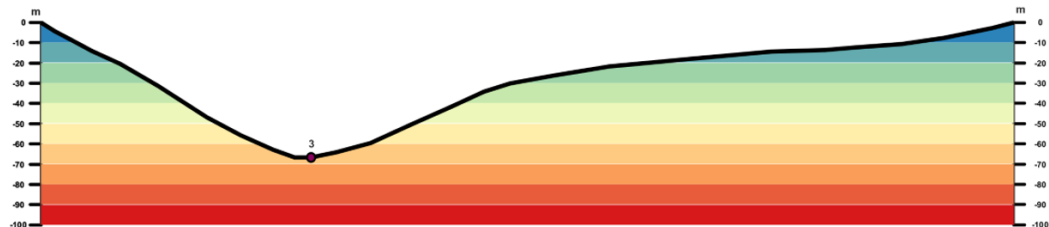
Gambar 5. 18 Peta Persebaran Ketebalan Sedimen Pada Universitas Islam Indonesia Terpadu



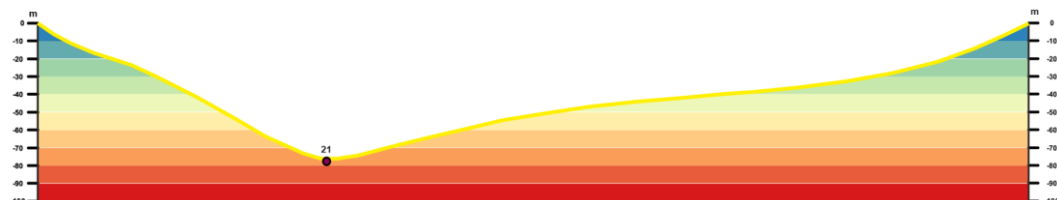
Gambar 5. 19 Peta 3D Persebaran Ketebalan Sedimen Pada Universitas Islam Indonesia Terpadu

Berdasarkan klasifikasi ketebalan lapisan sedimen pada tabel 3.3 didapatkan pada wilayah yang termasuk kedalaman < 5 m adalah titik (16) tipe II dengan $5 \text{ m} < h < 10 \text{ m}$ meliputi titik (2) pada area Gedung FTI, titik (8) pada luar kampus desa Sardonoarjo, titik (9) pada area LAB FTI, titik (13) pada area parkir Fakultas Kedokteran. Wilayah yang termasuk kedalam tipe III dengan $10 \text{ m} < h < 30 \text{ m}$ mencakup titik (1) pada GOR Universitas Islam Indonesia, titik (4) pada Parkiran FTSP dan FTI, titik (5,6,7) pada area Rusunnawa Putri Universitas Islam Indonesia, titik (10) pada area kantin Mawar, titik (11) pada area Gedung FTSP, titik (12) area parkir FPSB, titik (14,15) pada area Boulevard Universitas Islam Indonesia, titik (17) pada area parkir LAB Terpadu, titik (18) pada area parkir FMIPA, titik (19) pada LAB Fakultas Kedokteran, titik (20) pada area Gedung FIAI, titik (22,28) pada area luar kampus Desa Sardonoarjo, titik (24) pada area lapangan bola Universitas Islam Indonesia, titik (25) pada area pos makam Universitas Islam Indonesia, titik (26) pada area Embung Universitas, titik (27) pada area parkir Gedung Fakultas Hukum, titik (29) pada area bengkel dan parkir

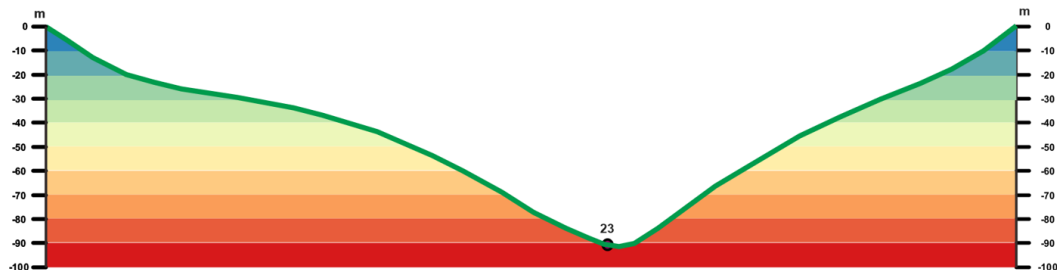
Bus Universitas Islam Indonesia,. Sedangkan wilayah yang termasuk kedalam tipe IV dengan h 30 m. mencakup titik (3) sekitar area Gedung FTI, titik (21) area embung Universitas, titik (23) area sekitar parkir Gedung Fakultas Hukum. Didalam penelitian ini ditemukan data nilai lapisan ketebalan lapisan sedimen yang menyimpang. lapisan tersebut. ada 3 titik yaitu pada titik 3,21,23. Disini jika dikaitkan dengan kaidah dalam kondisi geologi bisa saja terjadi, kondisi data yang terlihat masih tergolong normal. Adanya penebalan atau penipisan lapisan lapisan sedimen merupakan hal yang wajar, karena bisa saja mencerminkan keberadaan cekungan (basin) ataupun jalur bekas aliran sungai pada masalalu. Lapisan sedimen yang tebal pada umumnya berpotensi menjadi zona penyimpanan air yang cukup besar. Namun, kemampuan tersebut tetap dipengaruhi oleh jenis batuan penyusunnya. Secara umum, sedimen memiliki pori-pori dan tingkat permeabilitas yang cukup baik. Gambar berikut dapat dilihat detail potongan titik (3,21,23) pada gambar 5.20, 5.21, 5.22 sebagai berikut.



Gambar 5. 20 Penampang Potongan Titik 3



Gambar 5. 21 Penampang Potongan Titik 21



Gambar 5. 22 Penampang Potongan Titik 23

5.7 Hubungan Antara Nilai Indeks Kerentanan Seismik Dengan Nilai Ketebalan Lapisan Sedimen

Kerusakan terhadap bangunan yang terjadi adanya akibat gempa bumi disebabkan oleh kondisi geologi di wilayah tersebut. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah ketebalan sedimen. Selain itu, juga ada parameter lain yang dapat digunakan untuk menilai suatu wilayah rentan akan terjadinya kerusakan akibat gempa bumi adalah nilai indeks kerentanan seismik. Satria et al., (2020) menyatakan bahwa terdapat hubungan yang berbanding lurus antara ketebalan lapisan sedimen dengan indeks kerentanan seismik, dimana semakin tebal lapisan sedimen yang berada pada wilayah tersebut maka nilai dari indeks kerentanan seismiknya semakin tinggi dan begitupun sebaliknya. Oleh karena itu, perlu dilakukannya analisis untuk mengetahui hubungan antara ketebalan lapisan sedimen dengan indeks kerentanan seismik di wilayah kampus Universitas Islam Indonesia.

Pada penelitian ini analisi dilakukan dengan menggunakan korelasi dengan melihat koefisien korelasi pada variabel. Semakin tinggi koefisien korelasi yang terbentuk maka hubungan antara variabel semakin kuat. Perhitungan koefisien korelasi antara indeks kerentanan seismik (x) yang didapatkan dari tabel 5.8 dengan nilai ketebalan lapisan sedimen (y) yang di dapatkan dari tabel 5.7 dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.10. Adapun hasil perhitungan koefisien korelasi dapat dilihat pada tabel 5.12 sebagai berikut.

Tabel 5. 12 Perhitungan Koefisien Indeks Kerentanan Seismik Dengan Ketebalan Lapisan Sedimen

Titik	Kg (x)	h Sedimen (y)	x X y	x²	y²
1	0,3897	13,006	5,068	0,152	169,156
2	0,7893	8,754	6,910	0,623	76,633
3	1,6974	67,574	114,700	2,881	4566,245
4	7,7482	29,922	231,842	60,035	895,326
5	3,0177	14,341	43,277	9,107	205,664
6	0,8265	20,490	16,935	0,683	419,840
7	5,4150	12,142	65,749	29,322	147,428
8	1,6963	7,981	13,538	2,877	63,696
9	0,2972	7,390	2,196	0,088	54,612
10	1,1140	17,147	19,102	1,241	294,020
11	0,4220	16,234	6,851	0,178	263,543
12	1,8707	11,236	21,019	3,500	126,248
13	0,2449	5,015	1,228	0,060	25,150
14	1,0621	12,491	13,267	1,128	156,025
15	0,6896	13,276	9,155	0,476	176,252
16	0,2621	4,637	1,215	0,069	21,502
17	1,1003	25,845	28,437	1,211	667,964
18	0,4933	13,369	6,595	0,243	178,730
19	1,0377	12,570	13,044	1,077	158,005
20	0,7380	12,040	8,886	0,545	144,962
21	11,7269	75,683	887,527	137,520	5727,916
22	0,61410	12,424	7,630	0,377	154,356
23	4,3748	92,302	403,803	19,139	8519,659
24	5,5552	16,037	89,089	30,860	257,185
25	1,2260	17,358	21,281	1,503	301,300
26	0,5331	13,740	7,325	0,284	188,788
27	0,7117	16,834	11,981	0,507	283,384

Lanjutan Tabel 5.12 Perhitungan Koefisien Korelasi Indeks Kerentanan Seismik Dengan Ketebalan Lapisan Sedimen

Titik	<i>Kg</i> (x)	h Sedimen (y)	x X y	x ²	y ²
28	0,7023	16,518	11,601	0,493	272,844
29	1,0724	12,075	12,949	1,150	145,806
Jumlah	57,428	598,431	2082,198	307,328	24662,24

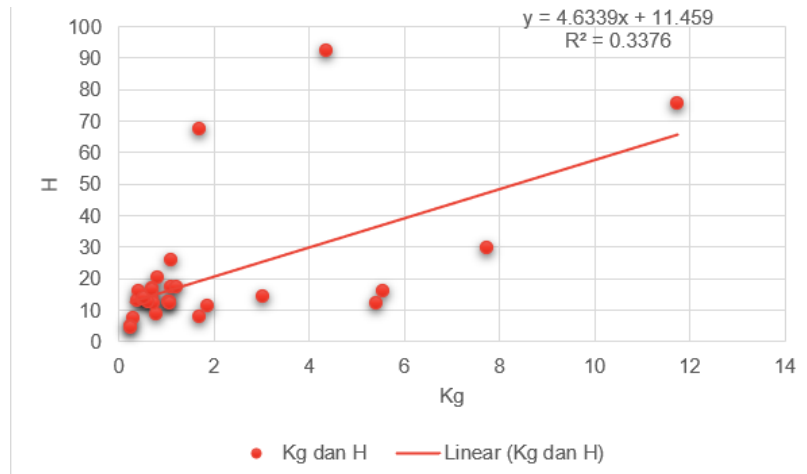
Berdasarkan tabel 5.12 selanjutnya dapat dihitung nilai koefisien korelasi menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - ((\sum x)^2)(n(\sum y^2) - ((\sum y)^2)}}$$

$$r = \frac{29(2082,198) - (57,428)(598,431)}{\sqrt{29(307,328^2) - ((57,428)^2)(29(24662,24^2) - ((598,431)^2)}}$$

$$r = + 0,3376$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai koefisien korelasi sebesar +0,3376. Nilai ini menunjukkan adanya hubungan positif namun dalam kategori lemah antara ketebalan lapisan sedimen dengan indeks kerentanan seismik. Artinya, secara umum dapat dikatakan bahwa semakin tebal lapisan sedimen maka indeks kerentanan seismik juga cenderung meningkat, dan sebaliknya semakin tipis lapisan sedimen maka indeks kerentanan seismik cenderung menurun. Dengan demikian, karena kekuatan hubungan yang terbentuk relatif lemah, dapat diartikan bahwa ketebalan sedimen bukan satu-satunya faktor penentu dalam memengaruhi nilai indeks kerentanan seismik. Hal ini memberikan indikasi bahwa terdapat faktor lain seperti jenis litologi, sifat fisik tanah, kondisi muka air tanah, maupun struktur geologi setempat yang juga berperan penting terhadap variasi indeks kerentanan seismik di lokasi penelitian. Namun, sebelum dilakukan analisis regresi perlu diketahui pola hubungan antar variabel dengan menggunakan *scatter plot* dapat dilihat pada gambar 5.23 sebagai berikut.



Gambar 5. 23 Scatter Plot Hubungan Indeks Kerentanan Seismik Dengan Ketebalan Lapisan Sedimen

Berdasarkan gambar 5.23 menunjukkan bahwa *plot* membentuk garis linier sehingga mengindikasikan bahwa model linier. Selanjutnya dilakukan analisis regresi untuk mengetahui nilai ketebalan lapisan sedimen terhadap nilai indeks kerentanan seismik dengan regresi linier sederhana. Berikut perhitungan regresi linier sederhana dapat dilakukan dengan merujuk pada tabel 5.12. berikut adalah contoh perhitungannya yang disesuaikan dengan persamaan 3.9

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{nx \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(598,431)(307,328^2) - (57,428)(2082,198)}{29 \times 598,431^2 - (57,428)^2}$$

$$a = 11,459$$

Setelah itu, dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.10 dapat dilihat sebagai berikut.

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{nx \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{29(2082,198) - (57,428)(598,431)}{29 \times 307,328^2 - (57,428)^2}$$

$$b = 4,6339$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat dibuatkan sebuah fungsi regresi menggunakan persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$b = a + bx$$

$$b = 11,459 + 4,6339$$

Keterangan:

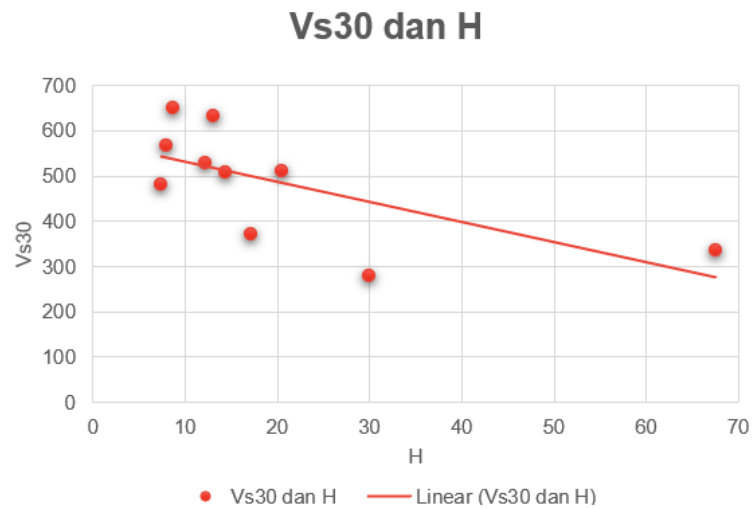
x = Indeks Kerentanan Seismik

y = Ketebalan Lapisan Sedimen

Jika nilai indeks kerentanan seismik pada suatu daerah dianggaplah 0 maka ketebalan lapisan sedimen sebesar 11,459 meter. Namun jika terdapat kenaikan kerentanan seismik sebesar 1 satuan maka nilai ketebalan lapisan sedimen akan naik sebesar 4,6339 meter. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan apabila terjadi kenaikan pada nilai ketebalan lapisan sedimen maka nilai indeks kerentanan seismik juga terjadi akan kenaikan begitupun sebaliknya. Hubungan antara 2 variabel tersebut mempunyai pengaruh terhadap risiko bencana yang akan terjadi akibat gempa bumi. Jika dari kedua hubungan parameter tersebut mempunyai nilai yang tinggi maka akan terjadi perbesaran gempa bumi.

5.8 Hubungan Antara Nilai Kecepatan Geser Dengan Tebal Lapisan Sedimen

Berdasarkan hasil penelitian, nilai VS30 di Kawasan Kampus UII memiliki nilai antara 269,808 m/s hingga 649,77 m/s, sehingga klasifikasi tanah di wilayah penelitian dominan umumnya termasuk dalam klasifikasi tanah keras dengan rentang nilai (350-750 m/s) dan beberapa ada yang masuk pada klasifikasi tanah sedang dengan rentang nilai (175-350 m/s) menurut pada tabel 3.2 klasifikasi tanah. Sedangkan hasil perhitungan menunjukkan ketebalan lapisan sedimen berkisar antara 4,64 meter hingga 92,302 meter. Sebagai contoh bisa dilihat pada grafik hubungan antara nilai Vs30 dengan nilai ketebalan lapisan sedimen dan sebagai acuanya adalah pada titik 1 sampai dengan titik 10. Dapat dilihat pada gambar 5.24 sebagai berikut.



Gambar 5. 24 Grafik Hubungan Vs30 dengan H

pada gambar diatas klasifikasi tanah berdasarkan Vs30, sebagian besar titik pengukuran masuk dalam kategori tanah keras (350–750 m/s), sedangkan ada beberapa titik lainnya termasuk kategori tanah sedang (175–350 m/s). Dengan demikian, grafik ini menegaskan bahwa daerah dengan lapisan sedimen tebal memiliki karakteristik tanah sedang yang lebih rentan mengalami gempa, sedangkan daerah dengan sedimen tipis cenderung memiliki tanah keras yang relatif lebih stabil.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data mikrotremor pada lingkungan kampus Universitas Islam Indonesia, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan perhitungan dari nilai faktor amplifikasi (A_g) dan nilai frekuensi dominan (F_g) yang didapatkan dari hasil pengolahan dengan metode HVSR maka didapatkan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di wilayah kampus Universitas Islam Indonesia berkisar antar nilai 0,24491 hingga 11,7269 dimana sebagian besar mayoritas di wilayah tersebut berada pada kategori rendah daerah yang memiliki indeks kerentanan seismik terendah pada area sekitaran parkir Fakultas Kedokteran UII (titik 13) serta daerah yang memiliki nilai kerentanan yang tertinggi pada embung kampus Universitas Islam Indonesia (titik 21).
2. Berdasarkan perhitungan menggunakan nilai frekuensi dominan (F_g) dan nilai kecepatan geser tanah hingga kedalaman 30 meter (V_{s30}) yang didapatkan dengan menginversi Kurva HVSR menggunakan metode *ellipticity curve* menghasilkan nilai kecepatan gelombang geser tanah (V_{s30}) 259,808 m/s hingga 649,777 m/s. Maka didapatkan Data yang diperoleh tebal lapisan sedimen berkisar antara 4,63 meter hingga 92,302 meter di beberapa titik pengukuran yang tersebar di kawasan kampus. Daerah yang memiliki lapisan sedimen paling tipis pada daerah sekitar area Boulevard Universitas Islam Indonesia pada titik (16), serta daerah yang memiliki nilai lapisan ketebalan sedimen tertinggi pada daerah area parkir mobil Gedung Fakultas Hukum pada (titik 23).
3. Berdasarkan hasil persebaran nilai indeks kerentanan seismik dengan nilai ketebalan lapisan sedimen memiliki hubungan yang lemah. Hal itu dibuktikan dengan melakukan uji korelasi didapatkan bahwa koefisien

korelasi antara parameter tersebut didapatkan sebesar +0,3376. Hasil tersebut menggambarkan indeks kerentanan seismik dengan lapisan sedimen lemah dan berbanding lurus. Selain itu, berdasarkan uji regresi linier didapatkan fungsi regresi $y = 11,459 + 4,6339x$. Fungsi tersebut menjelaskan bahwa apabila nilai indeks kerentanan seismik apabila terjadi kenaikan pada nilai ketebalan lapisan sedimen maka nilai indeks kerentanan seismik juga terjadi akan kenaikan begitupun sebaliknya. Hubungan antara 2 variabel tersebut mempunyai pengaruh terhadap risiko bencana yang akan terjadi akibat gempa bumi. Jika dari kedua hubungan parameter tersebut mempunyai nilai yang tinggi maka akan terjadi perbesaran gempa bumi. Sehingga getaran yang dirasakan pada permukaan akan semakin besar. Akibat dari semakin besarnya gelombang gempa bumi maka akan menjadikannya wilayah yang akan rentan terjadinya kerusakan pada wilayah tersebut terhadap bangunan.

6.2 SARAN

Setelah rangkaian proses penelitian selesai, beberapa saran yang dapat penulis berikan untuk pengembangan penelitian ini selanjutnya. Antara lain sebagai berikut.

1. Perlu untuk dilakukan pengambilan data bor yang lebih banyak untuk mengetahui untuk mengetahui lapisan penyusun permukaan sehingga pada saat proses inversi kuva HVSR dengan metode *ellipicity curve* dapat lebih akurat. Selain itu penggunaan metode tambahan seperti MASW atau SSR dapat menjadi pembanding yang memperkuat hasil dari metode HVSR.
2. Disarankan untuk melakukan pengukuran mikrotremor pada waktu minim gangguan seperti malam hari atau akhir pekan. Untuk mengurangi gangguan dari aktivitas kendaraan dan manusia dan melakukan validasi data lapangan dengan metode geofisika lainnya seperti geolistrik atau SPT. Guna mendapatkan gambaran bawah permukaan yang lebih mendukung.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin SS, Mulyatno BS, Marjiyono, & Setianegara R. (2014). Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 2(1), 30–40.
- Bagus Hermawan, H., Taufiq Ridlo, D., & Dewi Triastianti, R. (2022). Identifikasi Potensi Likuifaksi Berdasarkan Analisis Data Mikrotremor Di Desa Trimurti, Sradakan, Bantul. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 22, 1–6.
- Daryono. (2011). Indeks kerentanan seismik berdasarkan mikrotremor pada setiap satuan bentuk lahan di zona Graben Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Disertasi, Fakultas Geografi: Universitas Gadjah Mada*.
- Fauzatun Wachidah dan Ninik Agustin, S. (2021). Analisa Kerentanan Tanah Di Kecamatan Adipala Kabupaten Cilacap Menggunakan Metode Mikrotremor Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Berkala Fisika*, 24(1), 1–9.
- Handayani, L. , Mulyadi, D., Wardhana, D. D. , & Nur, W. H. ., (2009). Percepatan Pergerakan Tanah Maksimum Daerah Cekungan Bandung: Studi Kasus Gempa Sesar Lembang. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 19, 333–337.
- Hesti, Suharno, Mulyasari, R., & Hidayatika, A. (2021). Analisis Karakteristik Lapisan Sedimen Berdasarkan Data Mikrotremor Di Area Rumah Sakit

- Pendidikan UNILA. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 7(2), 150–159.
<https://doi.org/10.23960/jge.v7i2.123>
- Jati, W. M. (2021). Mikrozonasi Seismik Dengan Menggunakan Metode HVSR (Horizontal To Vertical Spectral Ratio) di Distrik Jayapura Utara dan Selatan. Yogyakarta. *Skripsi, Universitas Gadjah Mada*.
- Juarzan, L. I., Jafar, W. A. W., Hamimu, L. H., & Indrawati, I. (2023). Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) di Wilayah Pesisir Kecamatan Moramo Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*, 5(03), 137–145.
<https://doi.org/10.56099/jrgi.v5i03.27>
- Kang, S. Y., Kim, K. H., Chiu, J. M., & Liu, L. (2020). Microtremor HVSR analysis of heterogeneous shallow sedimentary structures at Pohang, South Korea. *Journal of Geophysics and Engineering*, 17(5), 861–869.
<https://doi.org/10.1093/jge/gxaa035>
- Kim, J. H., & Do, Y. W. (2018). *Estimation of economic impact and policy implications of the Pohang earthquake, Regional Economic Survey and Research*.
- Labertta, S. , & Wibowo, N. B. (2013). “Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Analisis Mikrotremor Di Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta,.” *In Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*, F169-F174.

- Lubis,A.M.(2005).Analisis Kecepatan Gelombang Seismik Bawah Permukaan Di Daerah Yang Terkena Dampak Gempa Bumi 4 Juni 2000 (Studi Kasus : Kampus Universitas Bengkulu). *Jurnal Gradien*, 1.
- Marjiyono. (2010). *Estimasi Karakteristik Dinamika Tanah Dari Data Mikrotremor Wilayah Bandung*. Institut Teknologi Bandung.
- Mucciarelli, M., H. M., & Cassidy, J. (2007). Increasing Seismic Safety by Combining Engineering Technologies and Seismological Data. *Springer*.
- Nakamura, Y. (1997). “Seismic Vulnerability Indices For Ground And Structures Yutaka Nakamura,.” *In World Congress on Railway Research. Florence*, 1–7.
- Nakamura, Y. (2000). Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura’s Technique and Its Applications. . *Japan;System and Data Research*.
- Nakamura, Y. (2008). On The H/V Spectrum. *The 14th World Conference on Earthquake Engineering.Beijing,China*.
- Nakif, N., D., & Sorja K. (2013). Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Jatikuwung Karang Anyar. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(1), 29–35.
- Prabowo, U. N, A. A., & Wiranta, F. E. (2017). *Potensi Pergerakan Tanah Pada Lereng yang Dipicu Gempa Bumi Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*.
- Rusdin, A., Hadmoko, D., Sunarto, & Saaduddin. (2016). Analisis Pengaruh Karakteristik Sedimen dan Kedalaman Muka Airtanah Terhadap Indeks

Kerentanan Seismik Kota Makassar. *Optimalisasi Geosains Dalam Era MEA Makassar*.

Satria, A., Lucya Resta, I., & Muchtar, N. (2020). Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen dan Indeks Kerentanan Seismik Kota Jambi Bagian Timur. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 6(1), 18–30. <https://doi.org/10.23960/jge.c6i1.58>

Schober, P., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia and Analgesia*, 126(5), 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>

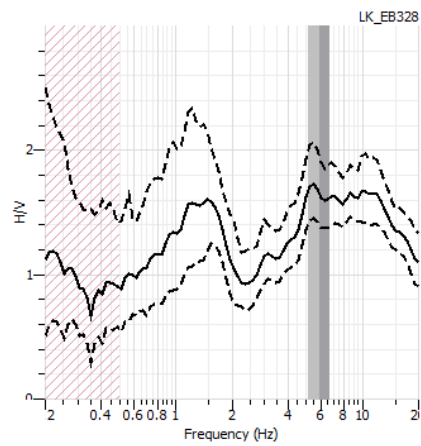
Sesame. (2004). Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio technique on Ambient Vibrations. Europe. *SESAME European Research Project*.

Setiawan, Budi, Rosid, & Muhammad Syamsu. (2008). Pemetaan Tingkat kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi. *Jakarta: Skripsi, Universitas Indonesia*.

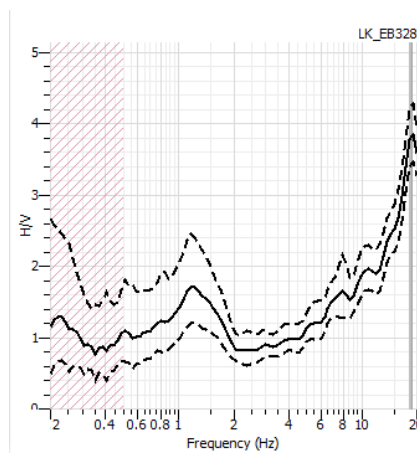
Sismanto. (1999). Eksplorasi dengan Menggunakan Seismik Refraksi. *Gadjah Mada University Press*.

LAMPIRAN

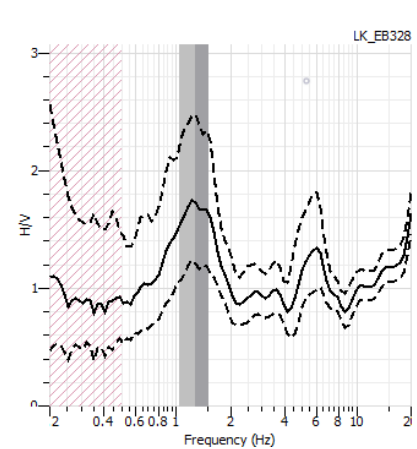
Lampiran 1 Gambar Kurva HVSR



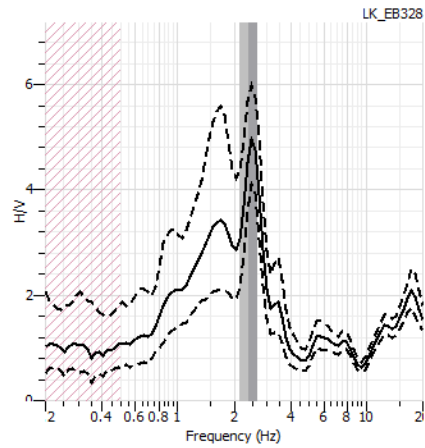
Gambar L-1.1 Kurva HVSR Titik 1



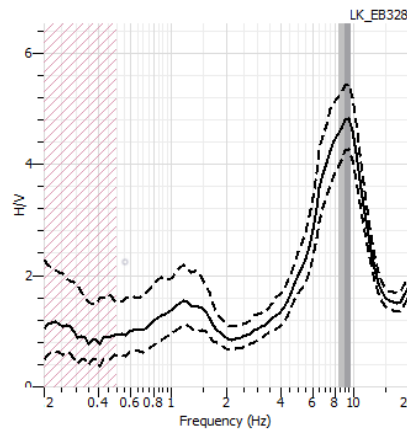
Gambar L-1.2 Kurva HVSR Titik 2



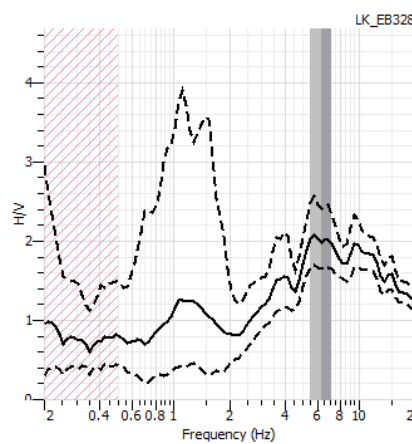
Gambar L-1.3 Kurva HVSR Titik 3



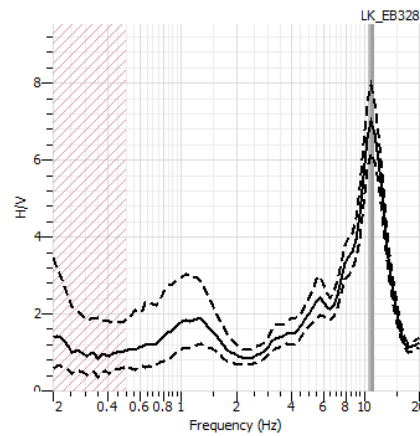
Gambar L-1.4 Kurva HVSR Titik 4



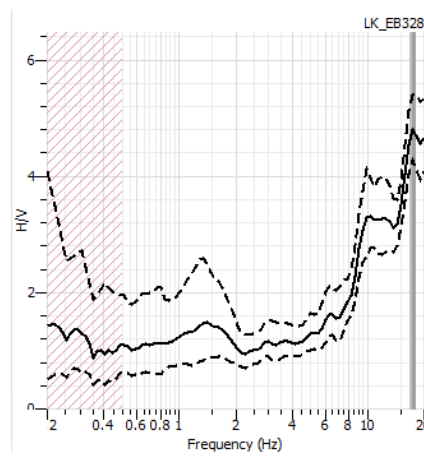
Gambar L-1.5 Kurva HVSR Titik 5



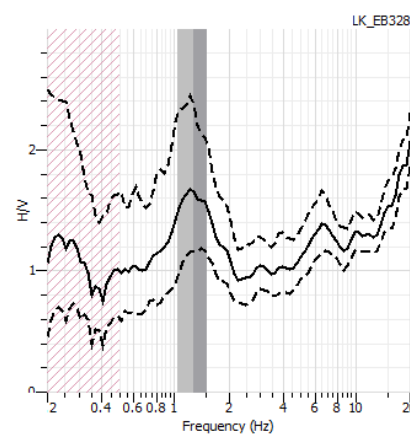
Gambar L-1.6 Kurva HVSR Titik 6



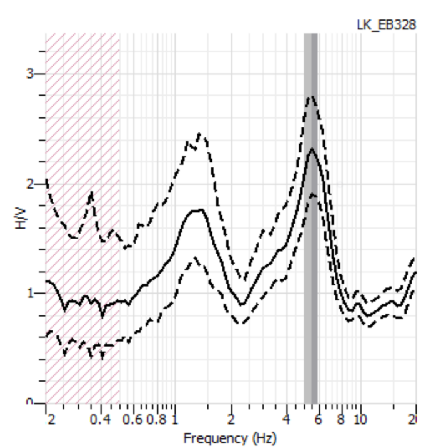
Gambar L-1.7 Kurva HVSR Titik 7



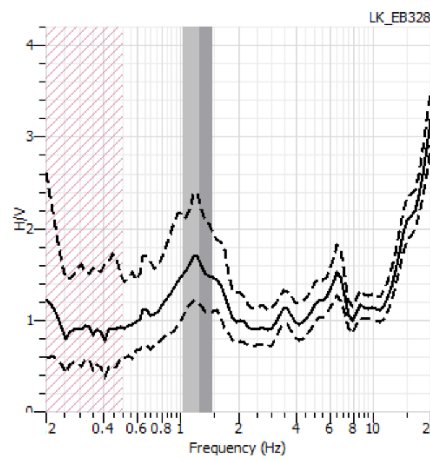
Gambar L-1.8 Kurva HVSR Titik 8



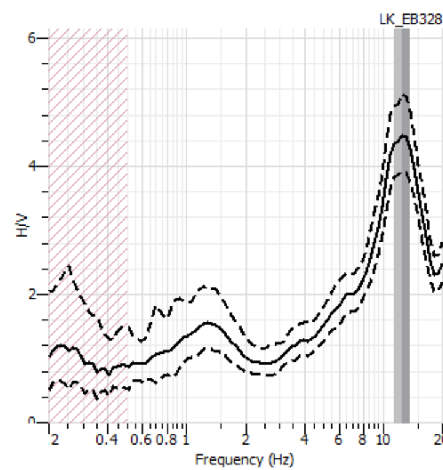
Gambar L-1.9 Kurva HVSR Titik 9



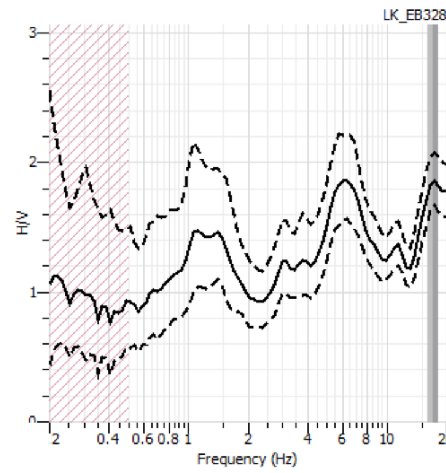
Gambar L-1.10 Kurva HVSR Titik 10



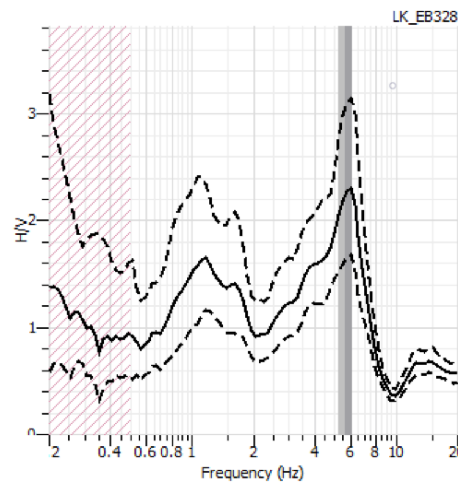
Gambar L-1.11 Kurva HVSR Titik 11



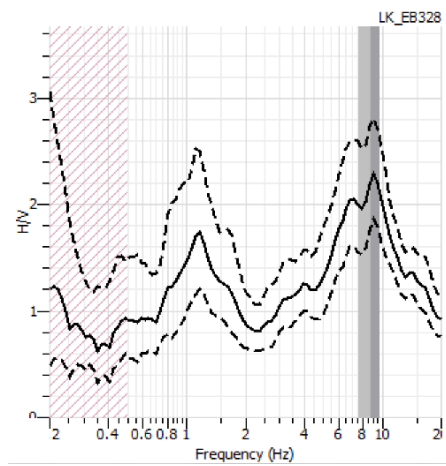
Gambar L-1.12 Kurva HVSR Titik 12



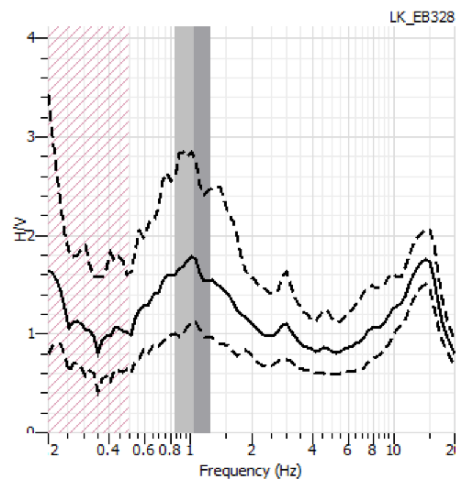
Gambar L-1.13 Kurva HVSR Titik 13



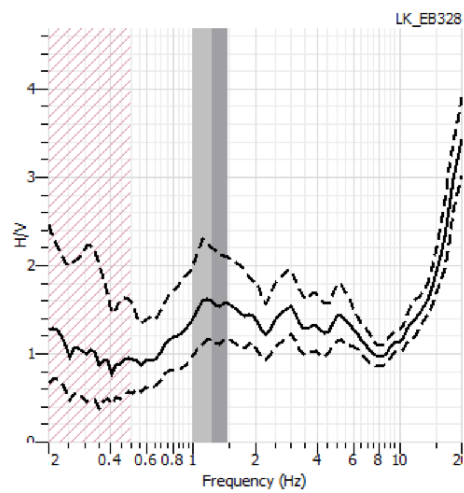
Gambar L-1.14 Kurva HVSR Titik 14



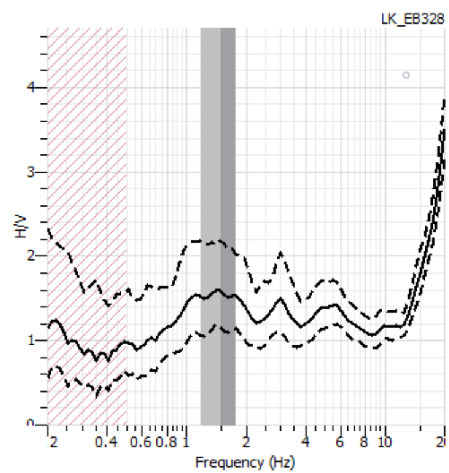
Gambar L-1.15 Kurva HVSR Titik 15



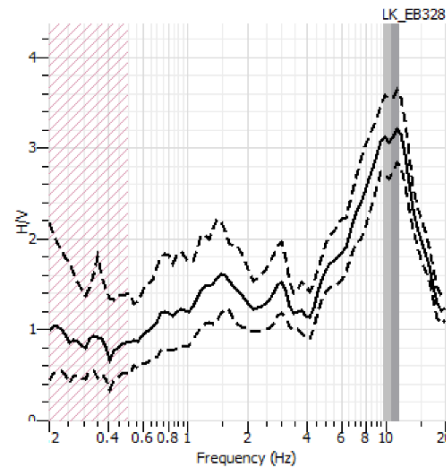
Gambar L-1.16 Kurva HVSr Titik 16



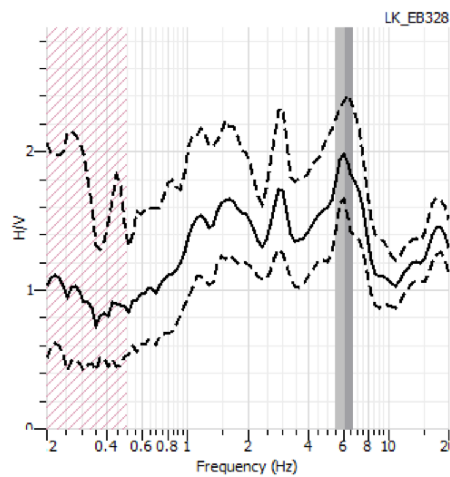
Gambar L-1.17 Kurva HVSr Titik 17



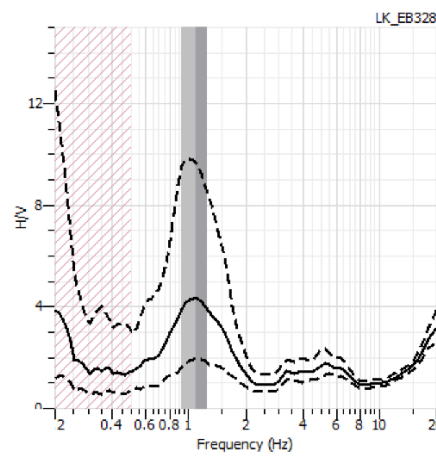
Gambar L-1.18 Kurva HVSr Titik 18



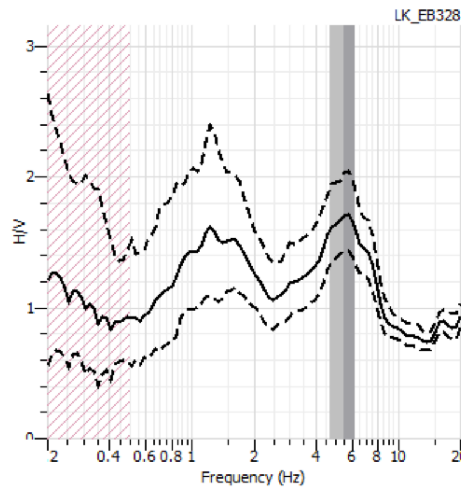
Gambar L-1.19 Kurva HVSR Titik 19



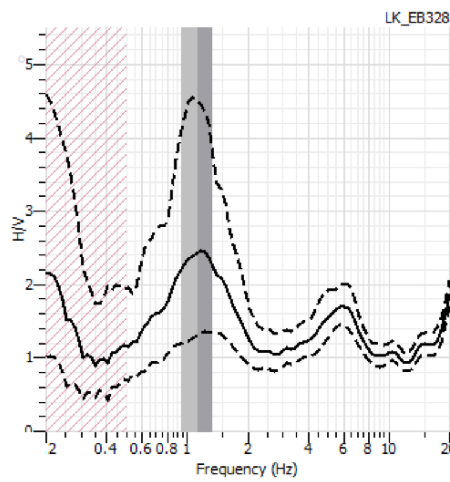
Gambar L-1.20 Kurva HVSR Titik 20



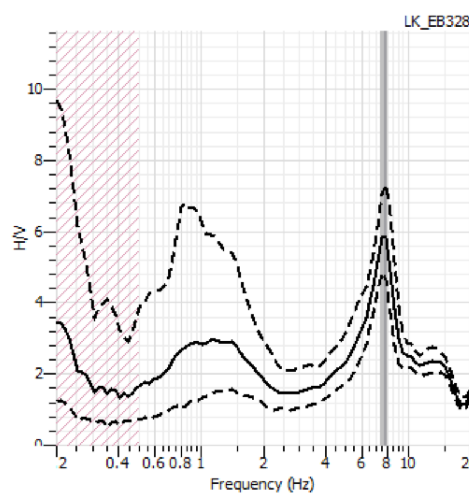
Gambar L-1.21 Kurva HVSR Titik 21



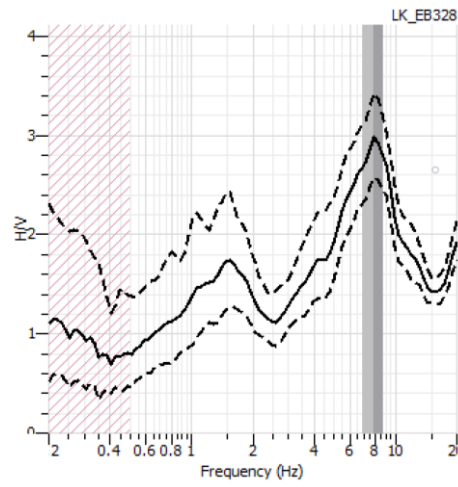
Gambar L-1.22 Kurva HVSR Titik 22



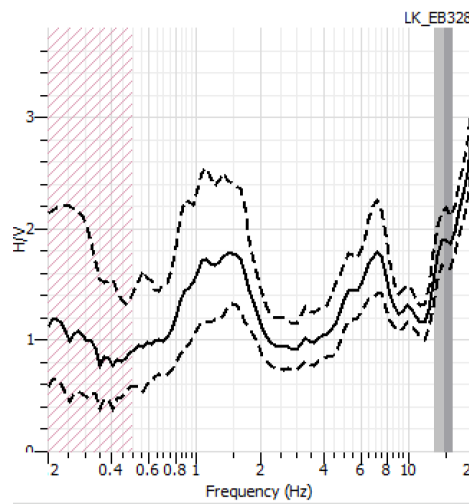
Gambar L-1.23 Kurva HVSR Titik 23



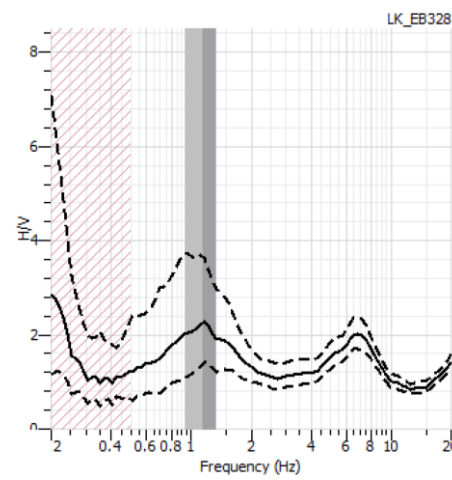
Gambar L-1.24 Kurva HVSR Titik 24



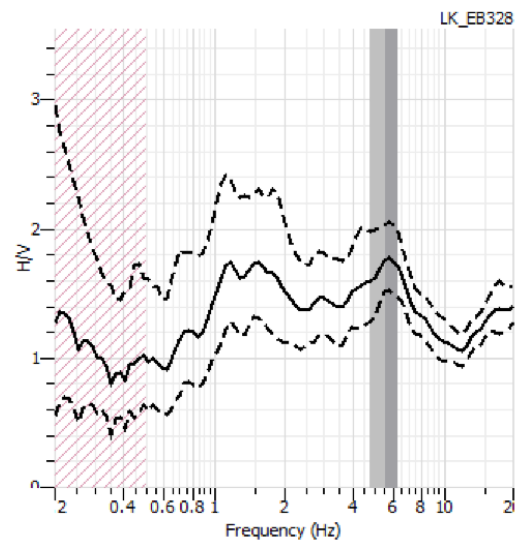
Gambar L-1.25 Kurva HVSR Titik 25



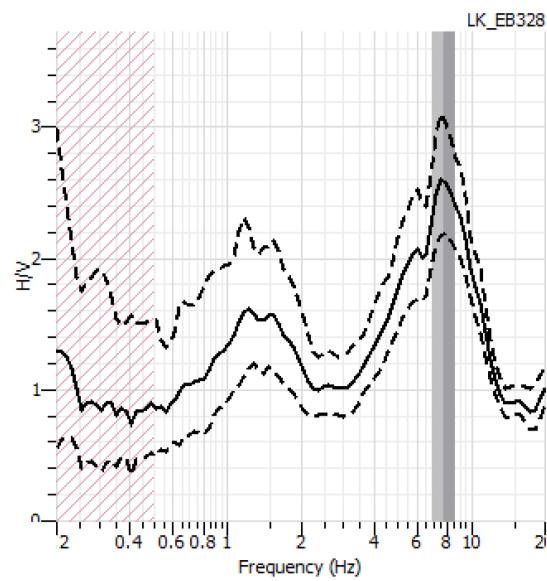
Gambar L-1.26 Kurva HVSR Titik 26



Gambar L-1.27 Kurva HVSR Titik 27

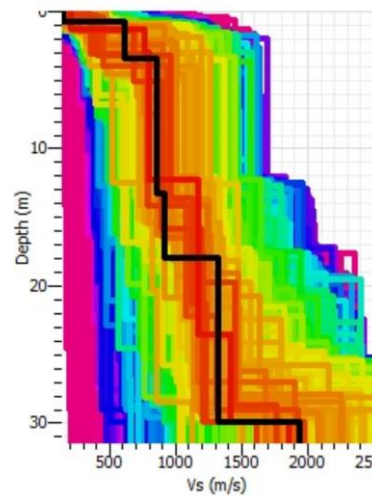


Gambar L-1.28 Kurva HVSR Titik 28

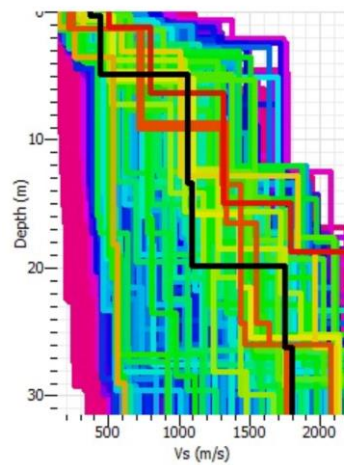


Gambar L-1.29 Kurva HVSR Titik 29

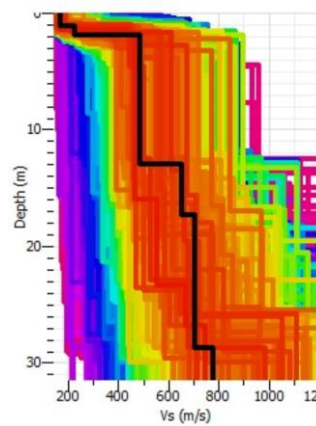
Lampiran 2 Gambar Grafik Inversi Kurva HVSR



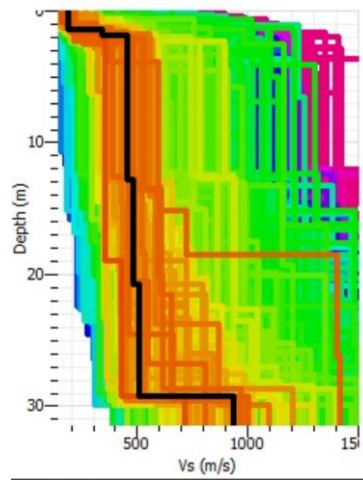
Gambar L-2.1 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 1



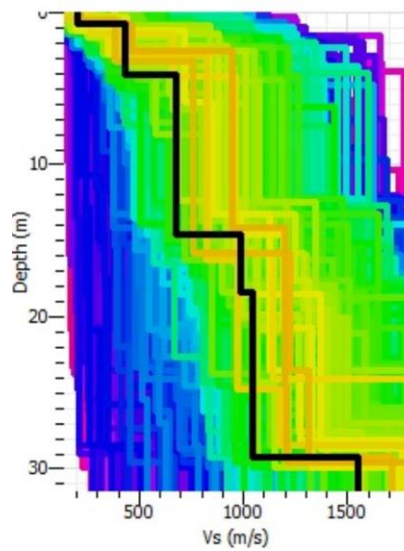
Gambar L-2.2 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 2



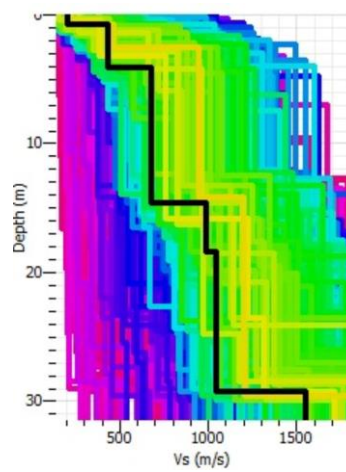
Gambar L-2.3 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 3



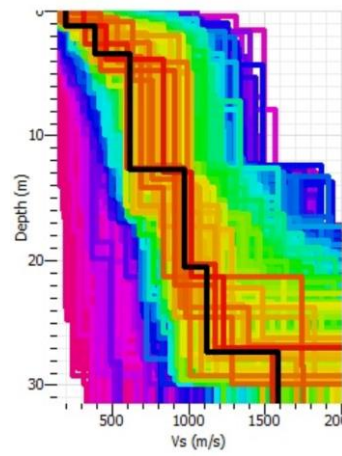
Gambar L-2.4 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 4



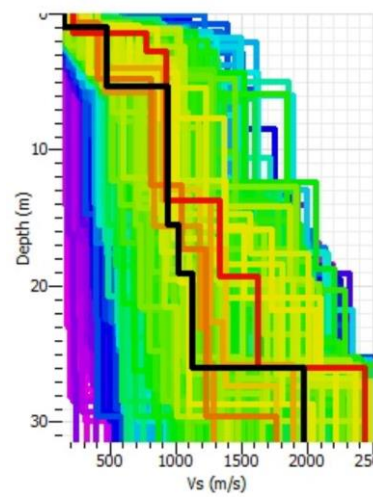
Gambar L-2.5 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 5



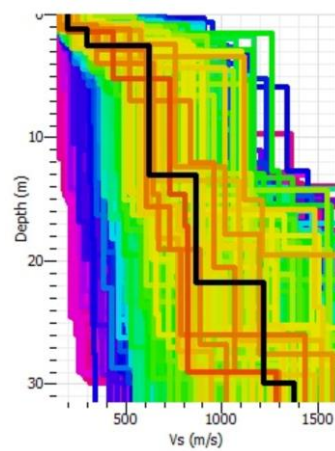
Gambar L-2.6 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 6



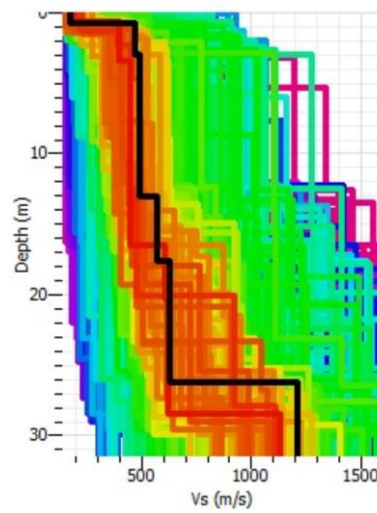
Gambar L-2.7 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 7



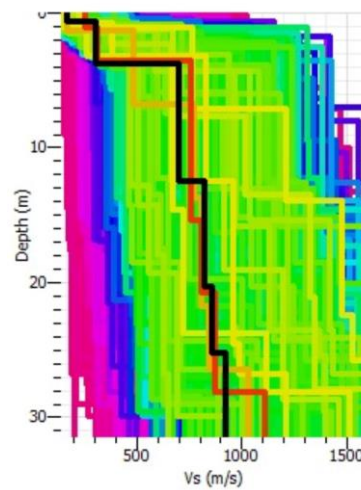
Gambar L-2.8 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 8



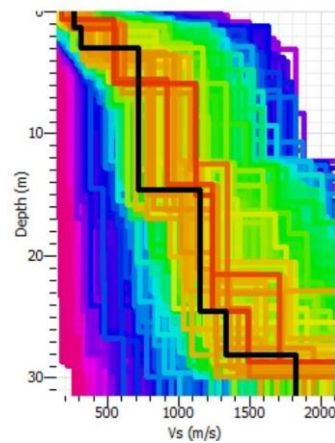
Gambar L-2.9 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 9



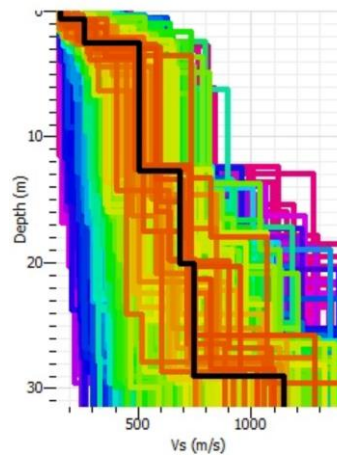
Gambar L-2.10 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 10



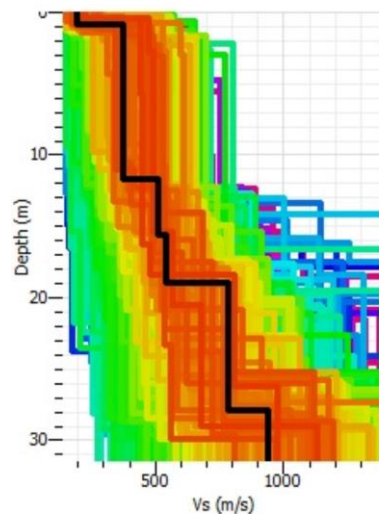
Gambar L-2.11 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 11



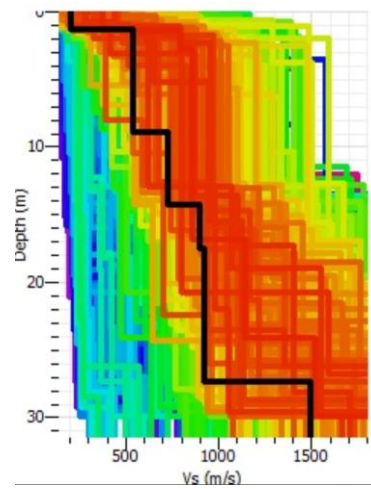
Gambar L-2.12 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 12



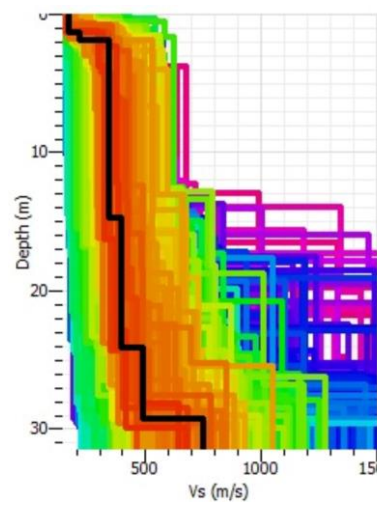
Gambar L-2.13 Grafik Inversi Kurva HVSr Titik 13



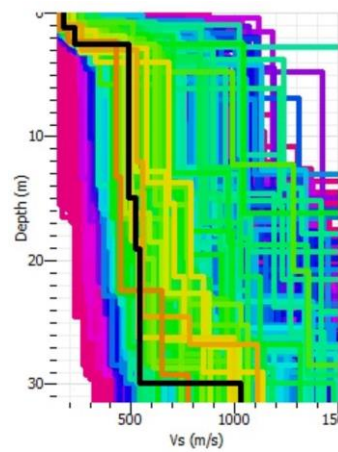
Gambar L-2.14 Grafik Inversi Kurva HVSr Titik 14



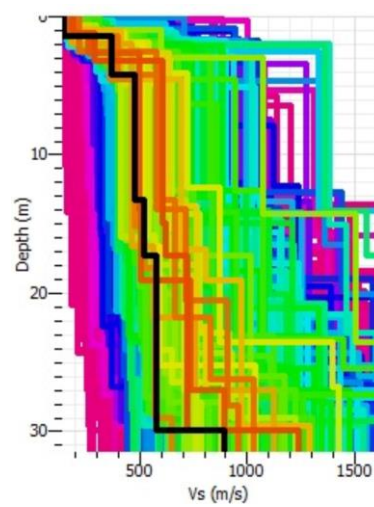
Gambar L-2.15 Grafik Inversi Kurva HVSr Titik 15



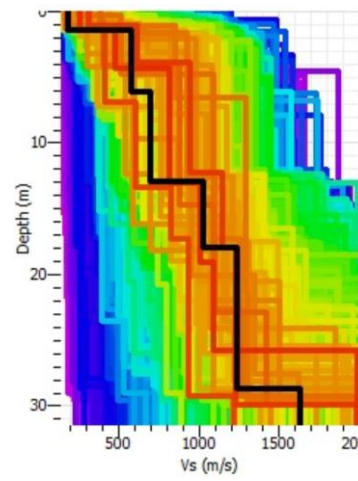
Gambar L-2.16 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 16



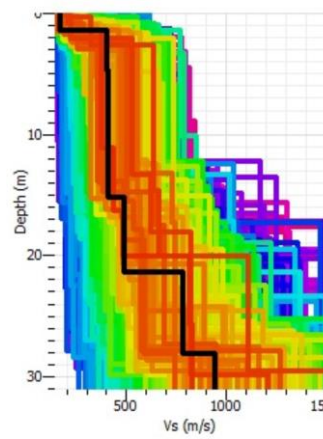
Gambar L-2.17 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 17



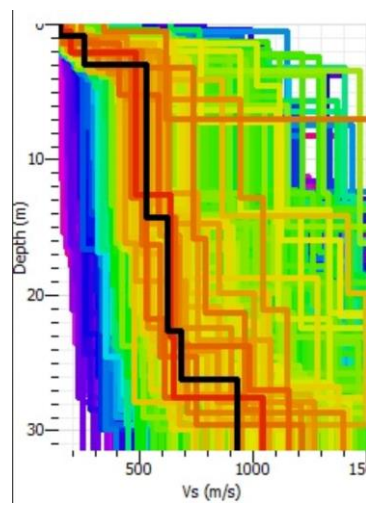
Gambar L-2.18 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 18



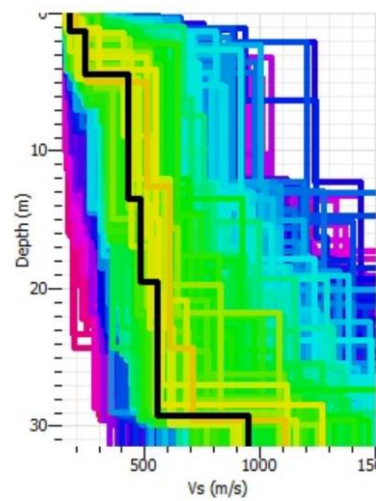
Gambar L-2.19 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 19



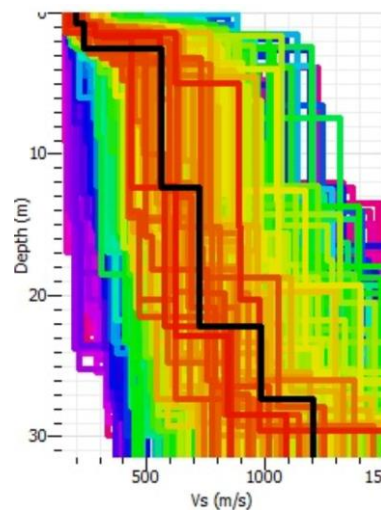
Gambar L-2.20 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 20



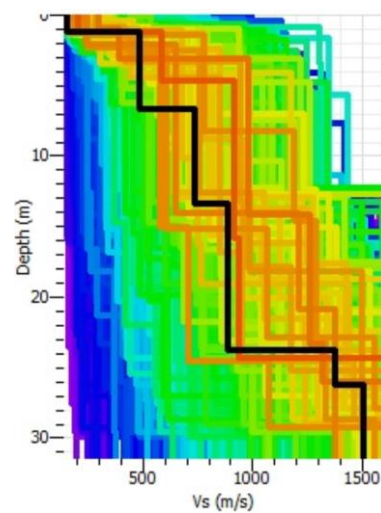
Gambar L-2.21 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 21



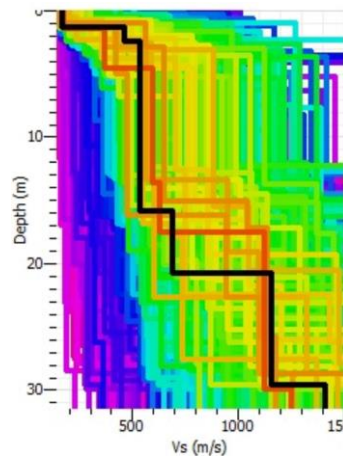
Gambar L-2.22 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 22



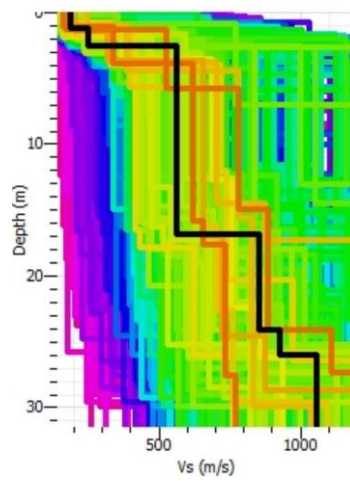
Gambar L-2.23 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 23



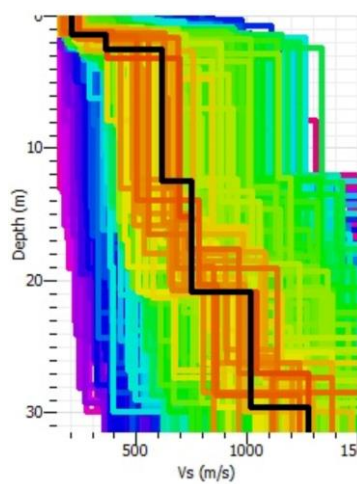
Gambar L-2.24 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 24



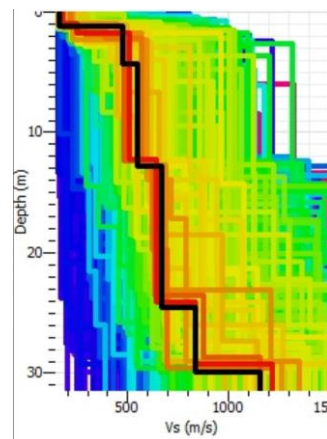
Gambar L-2.25 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 25



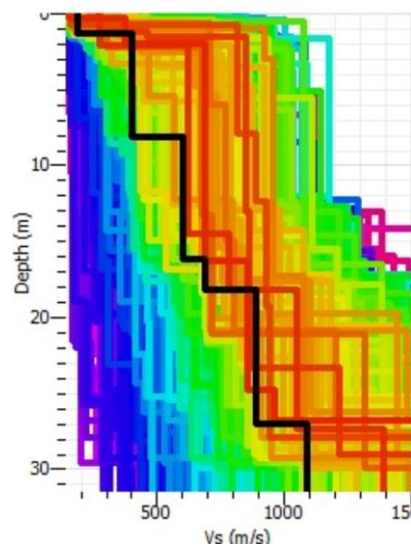
Gambar L-2.26 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 26



Gambar L-2.27 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 27

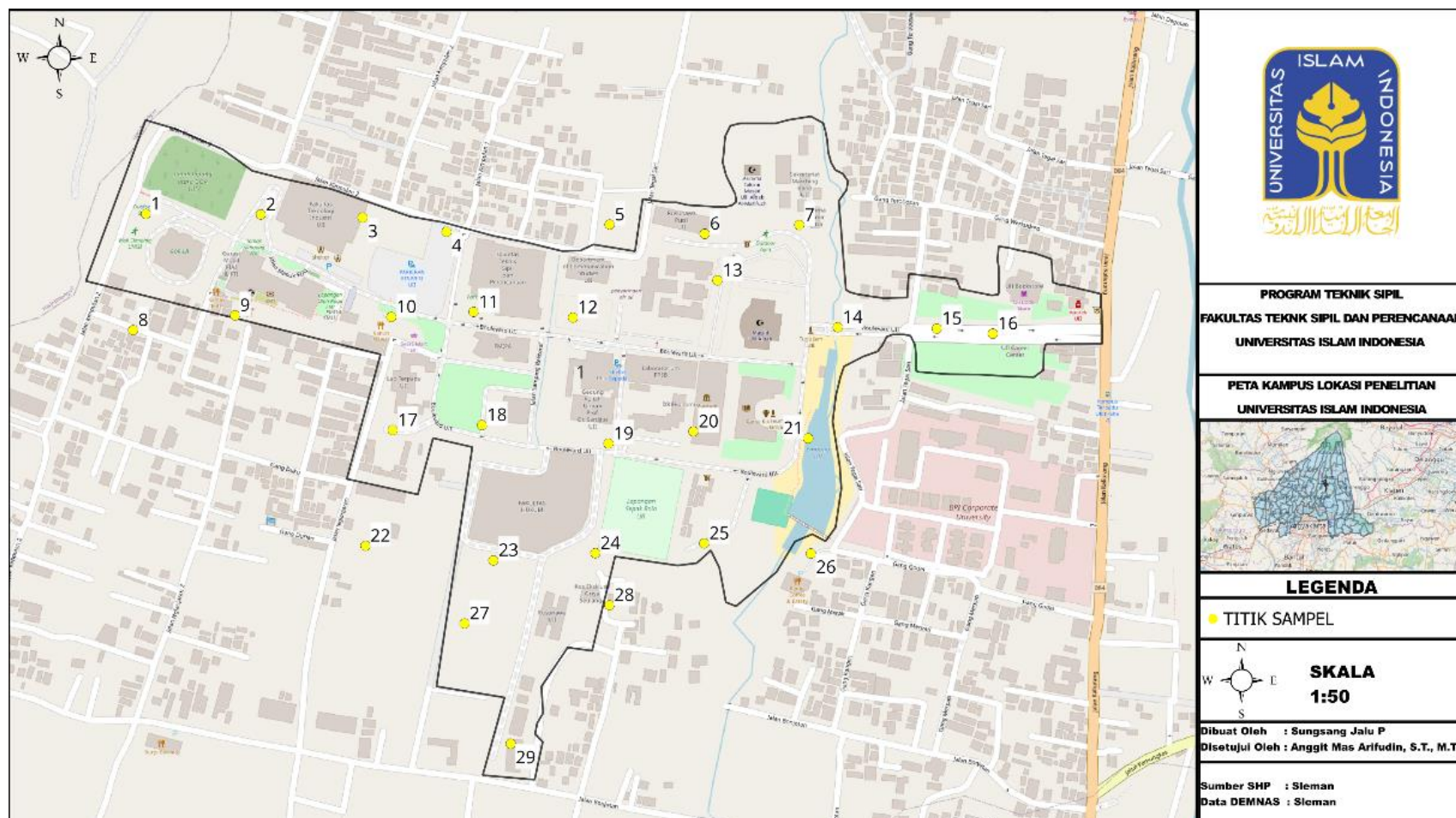


Gambar L-2.28 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 28

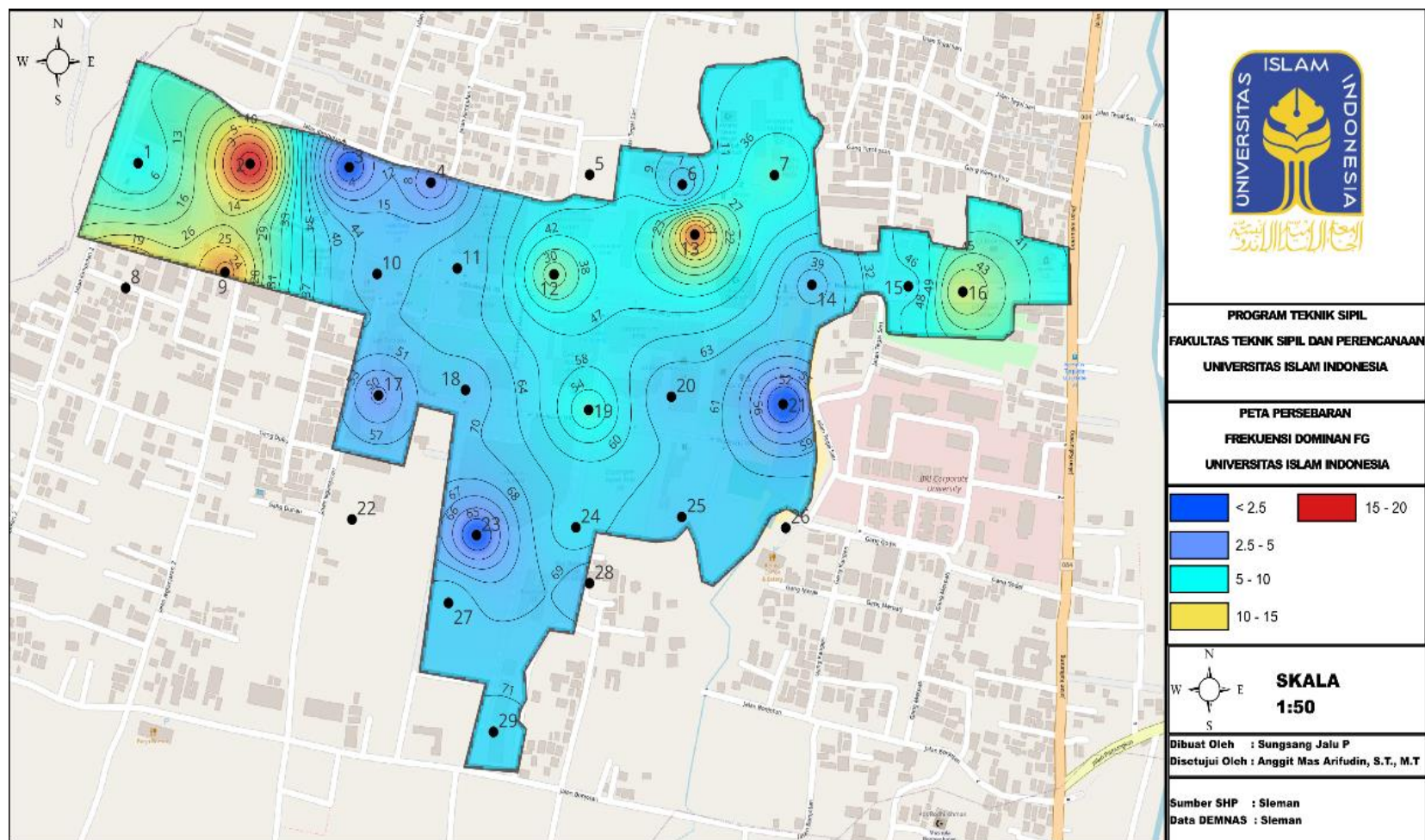


Gambar L-2.29 Grafik Inversi Kurva HVSR Titik 29

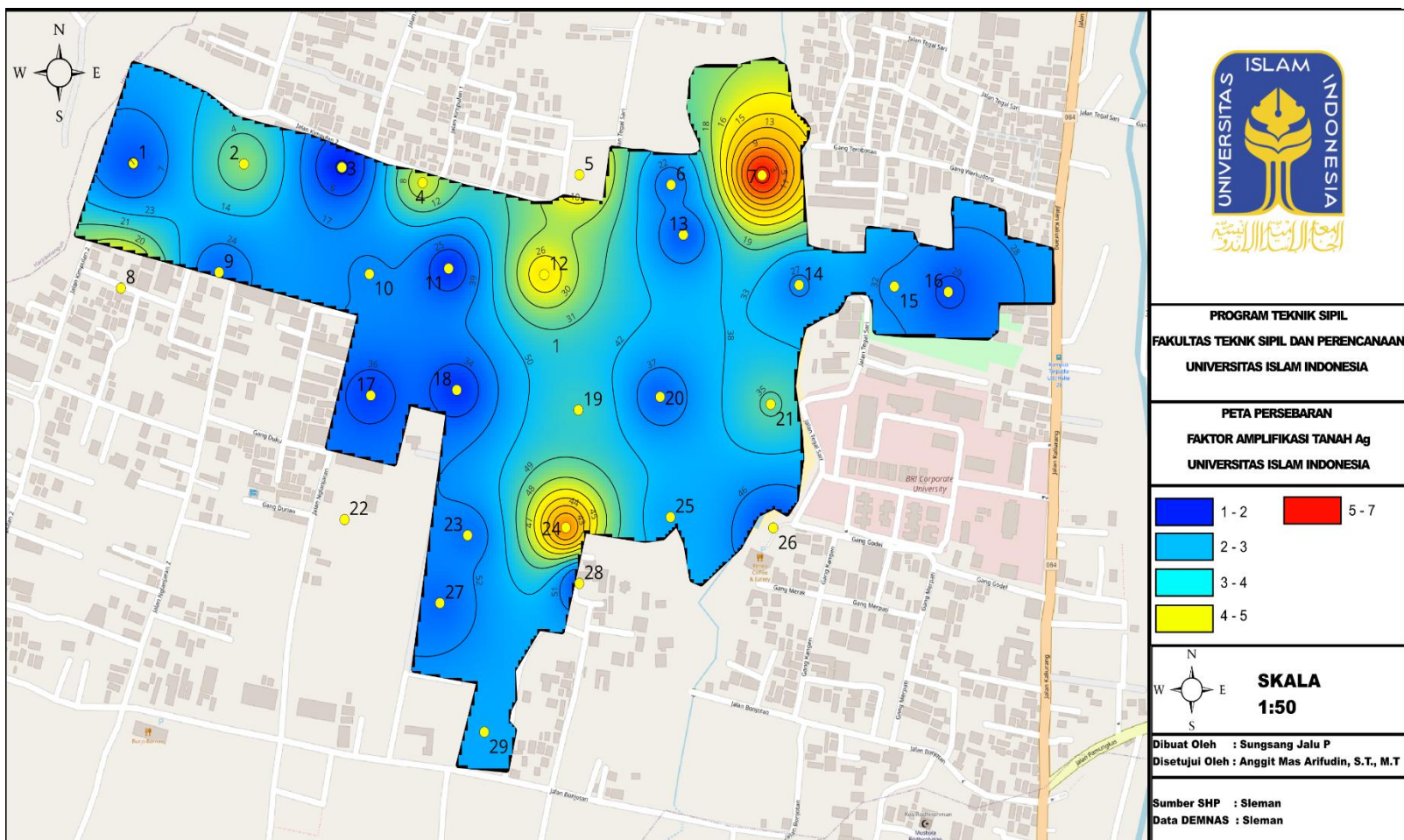
Lampiran 3 Gambar Titik Lokasi Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia



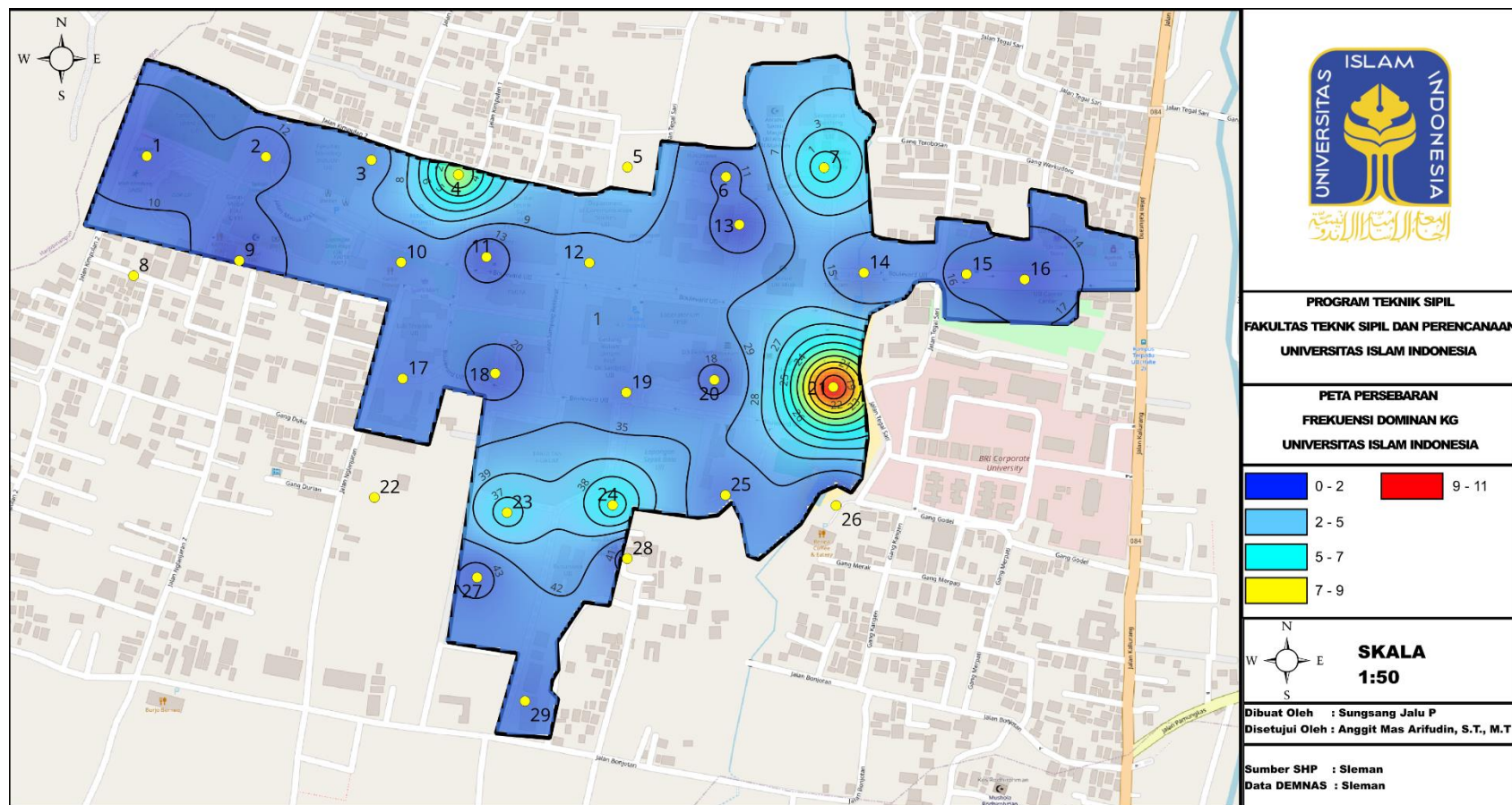
Lampiran 4 Gambar Faktor Dominan (Fg) Lokasi Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesi



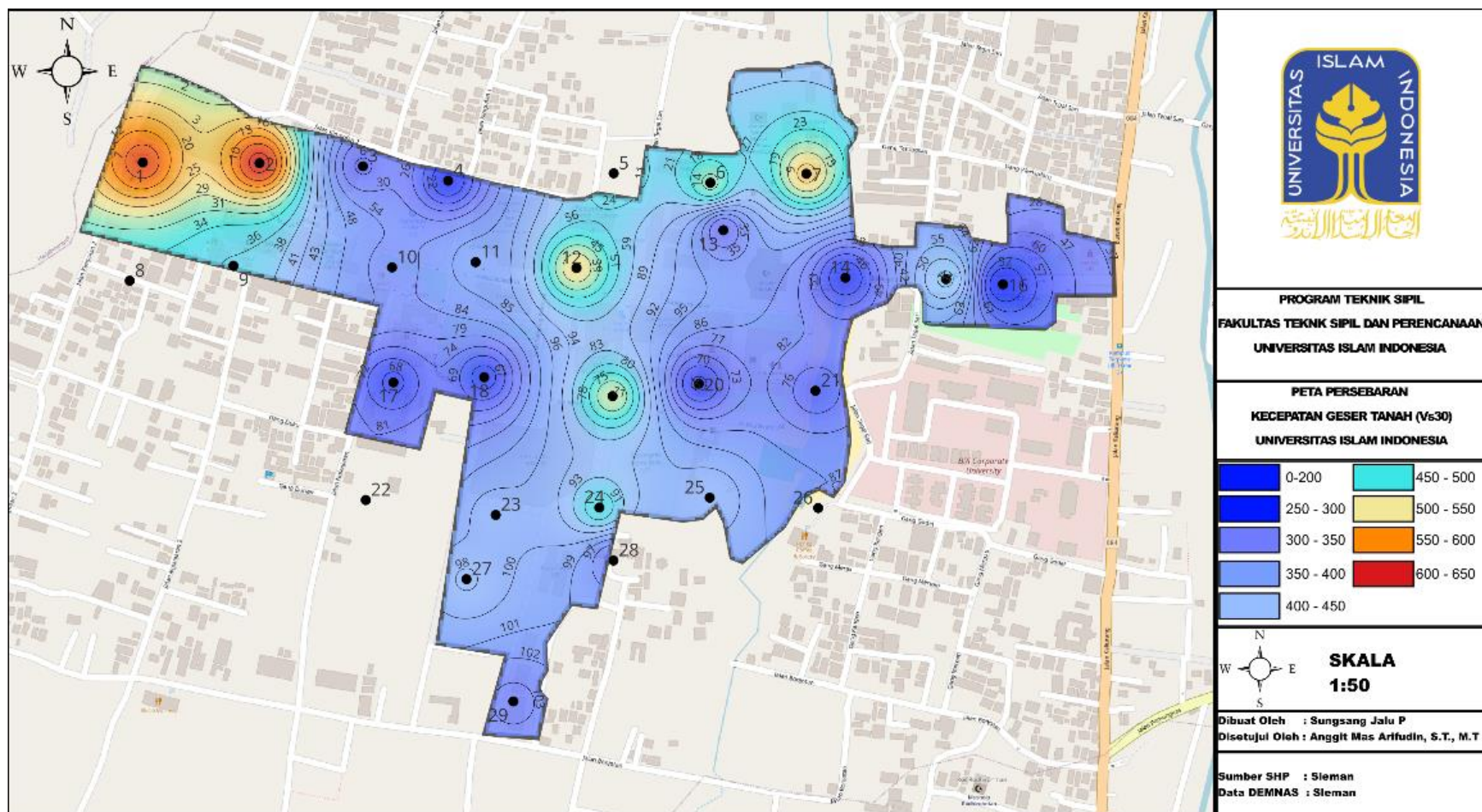
Lampiran 5 Gambar Faktor Amplifikasi (Ag) Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia



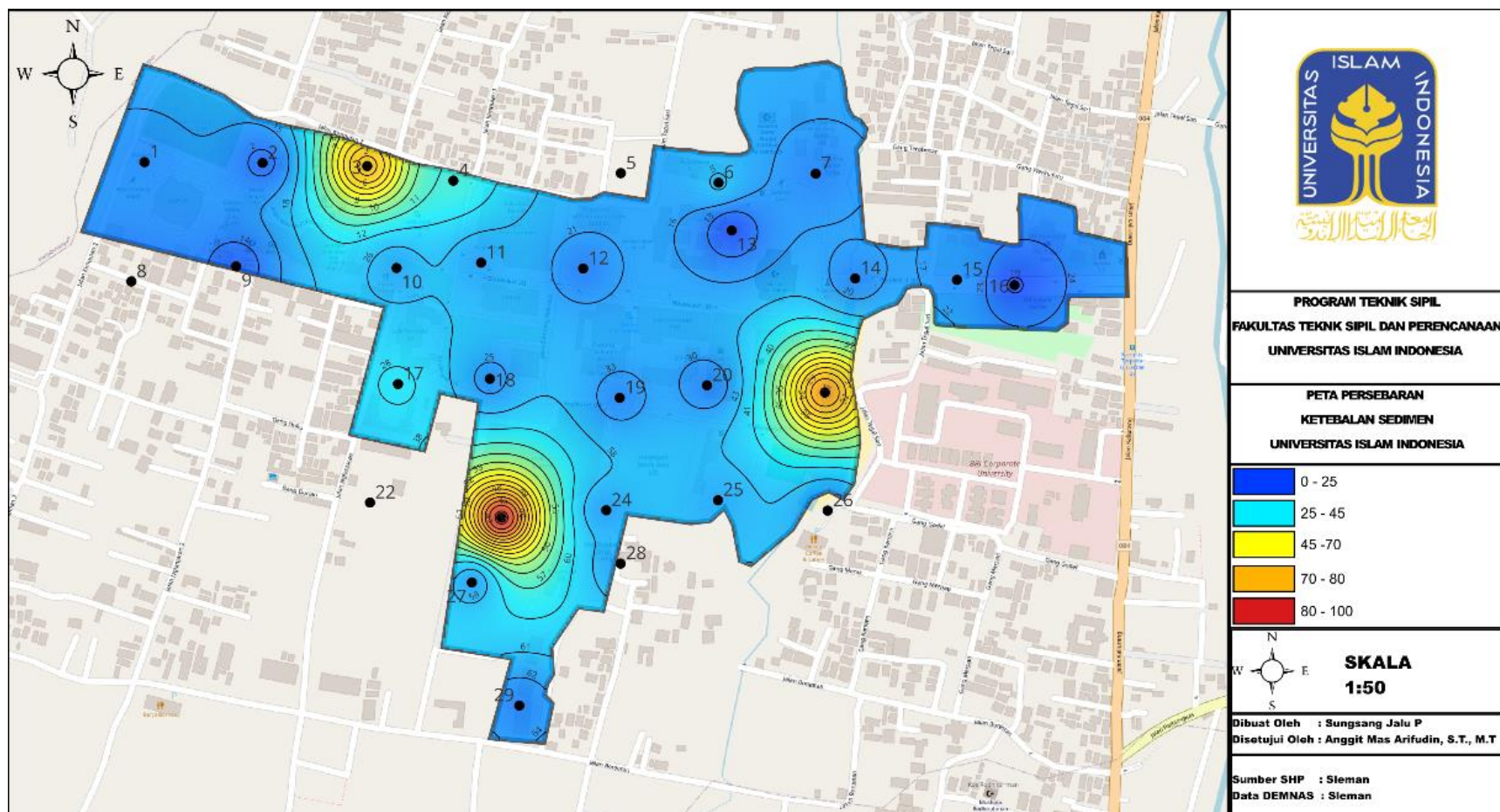
Lampiran 6 Gambar Indeks Kerentanan (Kg) Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia



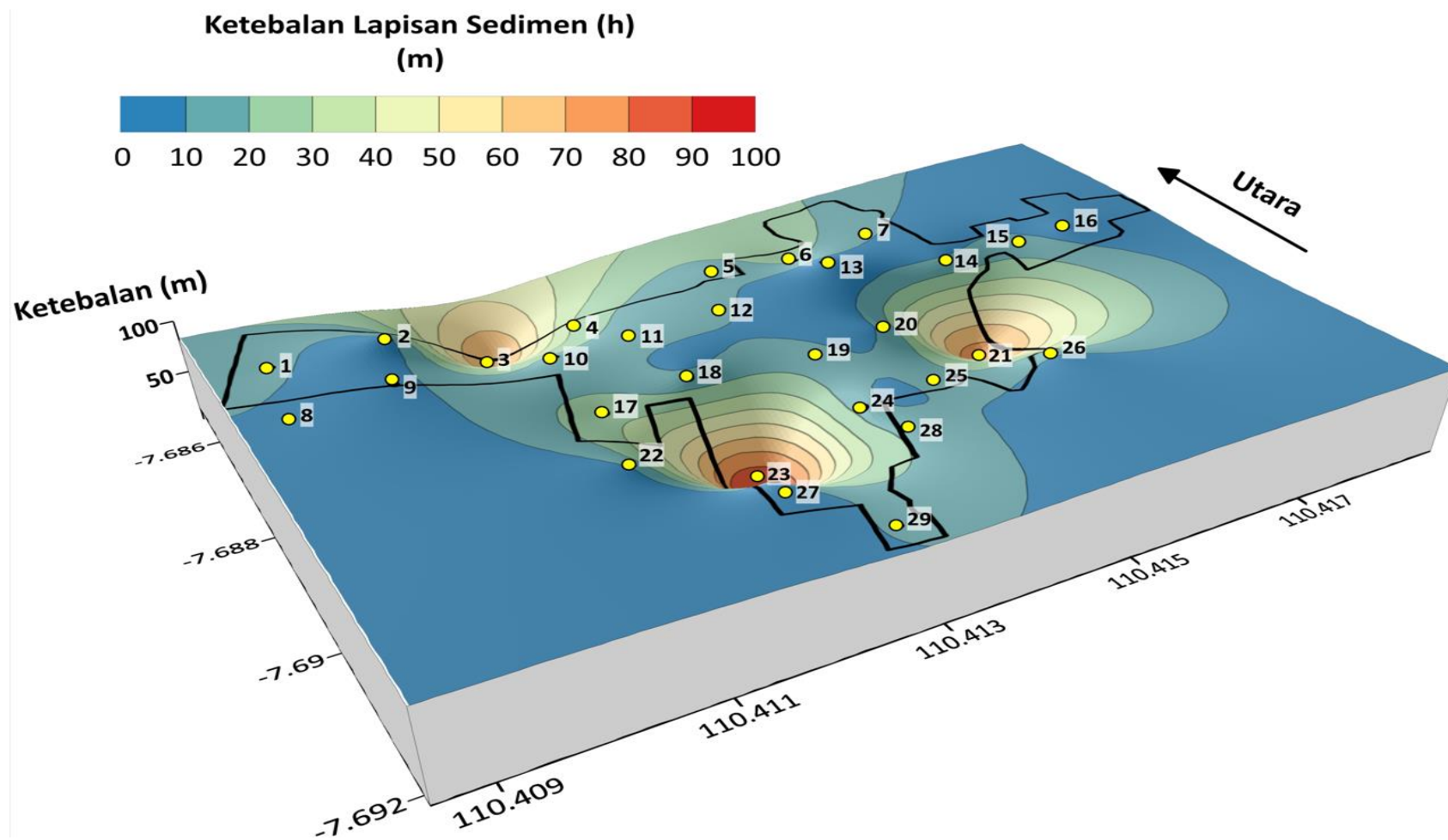
Lampiran 7 Gambar Kecepatan Geser (V_{s30}) Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia



Lampiran 8 Gambar Ketebalan Sedimen Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

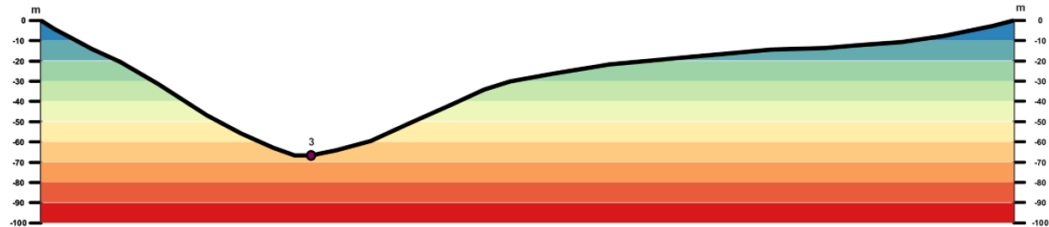


Lampiran 9 Gambar 3D Ketebalan Sedimen Penelitian Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia



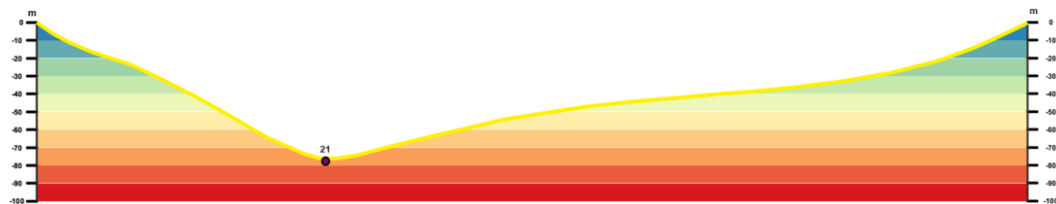
Lampiran 10 Gambar Penampang Tebal Lapisan Sedimen

PENAMPANG POTONGAN TITIK 3



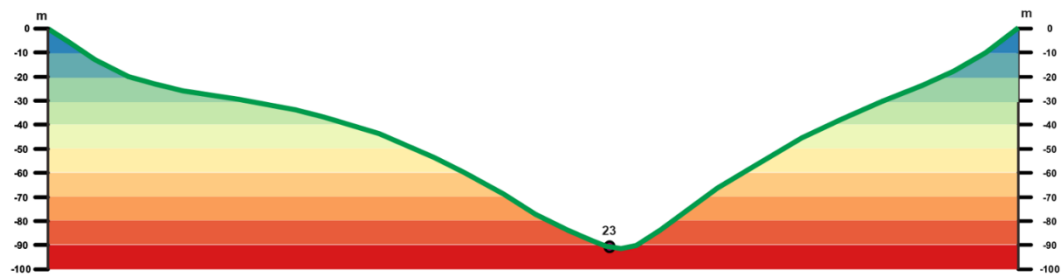
Gambar L-10.1 Penampang Potongan Titik 3

PENAMPANG POTONGAN TITIK 21



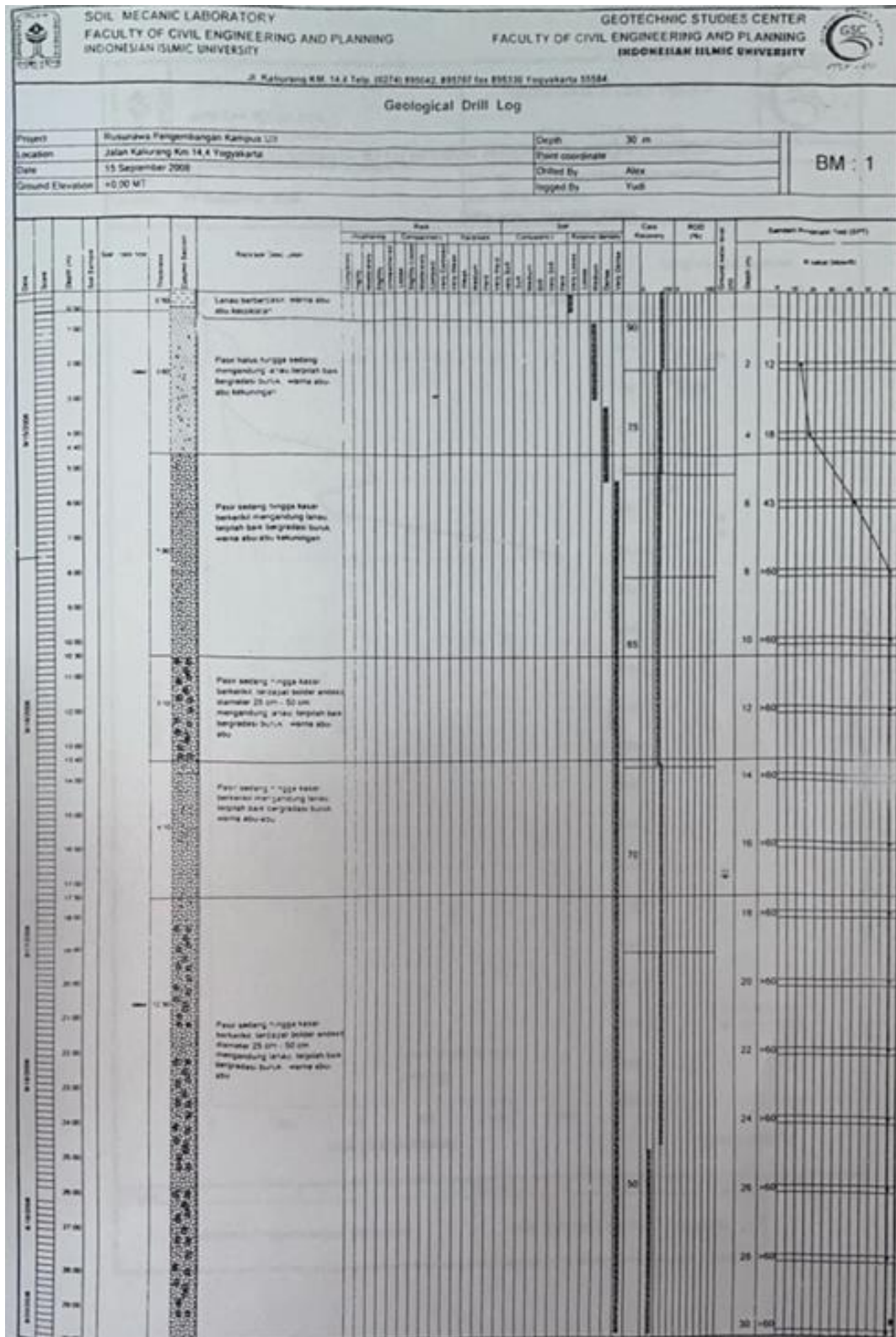
Gambar L-10.2 Penampang Potongan Titik 21

PENAMPANG POTONGAN TITIK 23



Gambar L-10.3 Penampang Potongan Titik 23

Lampiran 11 Gambar Data Borlog Pada Rusunawa Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia



Lampiran 12 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-12. 1 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-12. 2 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-12. 3 Dokumentasi Penelitian

Lampiran 13 Surat Izin Balasan Perizinan Penelitian Di Kawasan Kampus 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. 001/SK-PENELITIAN/PPK/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 : Sungsang Jalu Pamungkas
 NIM : 20511238
 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 "Identifikasi Tebal Lapisan Sedimen dan Batuan Dasar (bedrock) di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Dengan Mikrotremor di Lapangan". 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


 Ir. Faisol AM, MS
 Kepala PPK YBW UII



Gambar L - 12. 1 Surat Balasan Penelitian

Lampiran 14 Surat Perizinan Penelitian Di Kawasan Universitas Islam Indonesia



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
 Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
 Jl. Kalirejo km 14,5 Yogyakarta 55584
 T. (0274) 890444 ext 3200, 3201
 F. (0274) 895330
 E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
 W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 042/Sek.Prodi/20/FTSP/III/2024
 Hal : Permohonan Izin Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir

Kepada Yth:
 Kepala 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:

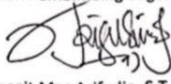
NAMA : Sungsang Jalu Pamungkas
 NIM : 20511238
 JUDUL TUGAS AKHIR : Identifikasi Tebal Lapisan Sedimen Dan Batuan Dasar (*Bedrock*) Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Dengan Mikrotremor di Lapangan
 DOSEN PEMBIMBING : Anggit Mas Arifudin, S.T.,M.T.

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

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.



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

Yogyakarta, 18 Maret 2024
 Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

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

Gambar L - 13. 1 Surat Izin Penelitian

Lampiran 15 Surat Permohonan Izin Di Desa Sardonoarjo



**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung KH. Moh. Natsir
 Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
 Jl. Kalurang km 14.5 Yogyakarta 55584
 T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
 F. (0274) 895330
 E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
 W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 083/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 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 : Sungsang Jalu Pamungkas
 Nim : 20511238
 Judul Tugas Akhir : Identifikasi Tebal Lapisan Sedimen Dan Batuan Dasar (*Bedrock*) Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Dengan Mikrotremor di Lapangan

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

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh.



[Signature]
Anggraheni, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 29 Mei 2024
 Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
[Signature]
Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.

Gambar L - 14. 1 Surat Izin Penelitian

Lampiran 16 Surat Permohonan Izin Di Desa Umbulmartani



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) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 084/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 yang akan digunakan untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

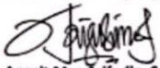
Nama : Sungsang Jalu Pamungkas
Nim : 20511238
Judul Tugas Akhir : Identifikasi Tebal Lapisan Sedimen Dan Batuan Dasar (*Bedrock*) Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Dengan Mikrotremor di Lapangan

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

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh.



Anggraheni, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 29 Mei 2024
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

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

Gambar L - 15. 1 Surat Izin Penelitian