

**INTERPRETASI KETEBALAN LAPISAN SEDIMEN  
BERDASARKAN PENAMPANG SEISMIK  
KURVA H/V DI KAWASAN SESAR OPAK**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Diajukan oleh:

Tri Sedy Cantika

18106020004

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2023**

# PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-936/Un.02/DST/PP.00.9/04/2023

Tugas Akhir dengan judul : Interpretasi Ketebalan Lapisan Sedimen Berdasarkan Penampang Seismik Kurva H/V di Kawasan Sesar Opak

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : TRI SEDYA CANTIKA  
Nomor Induk Mahasiswa : 18106020004  
Telah diujikan pada : Senin, 27 Maret 2023  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang  
Dr. Thaibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 642a5e1f6d6e4



Penguji I  
Nugroho Budi Wibowo, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 642b15dfce73f



Penguji II  
Andi, M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 642a5448b731f6



Yogyakarta, 27 Maret 2023  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 642a7934e6e7f

# SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tri Sedy Cantika  
NIM : 18106020004  
Program Studi : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Interpretasi Ketebalan Lapisan Sedimen Berdasarkan Penampang Seismik di Kawasan Sesar Opak" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 08 Maret 2023

Penulis



Tri Sedy Cantika  
18106020004

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

### SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi  
Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Tri Sedy Cantika  
NIM : 18106020004  
Judul Skripsi : INTERPRETASI KETEBALAN LAPISAN SEDIMEN  
BERDASARKAN PENAMPANG SEISMIC KURVA H/V DI  
KAWASAN SESAR OPAK

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, Maret 2023

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si  
NIP. 19771025 200501 1 004

Nugroho Budi Wibowo, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19840223 200801 1 011

# INTEPRETASI KETEBALAN LAPISAN SEDIMEN BERDASARKAN PENAMPANG SEISMIK KURVA $H/V$ DI KAWASAN SESAR OPAK

**TRI SEDYA CANTIKA**  
**18106020004**

## INTISARI

Penelitian tentang analisis ketebalan lapisan sedimen telah dilakukan di kawasan sisi sebelah barat dan timur Sesar Opak dengan menggunakan 75 data mikrotremor (33 data primer dan 42 data sekunder). Daerah penelitian meliputi Formasi Endapan Vulkanik Gunung Merapi Muda, Formasi Alluvium, Formasi Nglanggran, Formasi Semilir, Formasi Sambipitu dan Formasi Wonosari. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketebalan lapisan sedimen, menentukan persebaran nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ), faktor amplifikasi ( $A_0$ ), dan kecepatan gelombang geser rerata ( $V_{s,av}$ ), serta menganalisis penampang seismik berdasarkan kurva  $H/V$ . Metode yang digunakan dalam penelitian berupa metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) dan metode *ellipticity curve*. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa nilai  $f_0$  berkisar antara 0,884 Hz s.d 14,98 Hz, nilai  $A_0$  adalah 1,439 s.d 7,873, dan nilai  $V_{s,av}$  memiliki rentang antara 145,015 m/s s.d 1147,960 m/s. Ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) bervariasi antara 8,931 m s.d 84,007 m. Nilai ketebalan lapisan sedimen terendah berada pada Formasi Alluvium dan nilai ketebalan sedimen paling tinggi berada pada Formasi Merapi Muda, hal tersebut dapat terjadi karena adanya endapan berupa batuan alluvial. Penampang seismik kurva  $H/V$  di representasikan untuk mengetahui nilai ketebalan berdasarkan nilai-nilai dari parameter  $f_0$  dan  $V_{s,av}$ . Nilai ketebalan sedimen yang tinggi berkorelasi dengan nilai amplifikasi tanah. Apabila dilihat berdasarkan nilai ketebalan lapisan sedimen yang didapatkan, pada Formasi Merapi Muda memiliki tingkat resiko rawan gempa bumi paling tinggi dan Formasi Alluvium dengan tingkat resiko paling rendah.

**Kata kunci:** HVSR, *ellipticity curve*,  $f_0$ ,  $A_0$ ,  $V_{s,av}$ ,  $h$ , penampang seismik.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



# **INTERPRETATION OF SEDIMENT THICKNESS BASED ON SEISMIC**

## **SECTION H/V CURVES IN OPAK FAULT AREA**

**TRI SEDYA CANTIKA**

**18106020004**

### **ABSTRACT**

*Research the analysis of sediment layer thickness has been carried out in the western and eastern areas of the Opak Fault using 75 microtremor data (33 primary data and 42 secondary data). The research area includes the Young Merapi Volcanic Deposit Formation, the Alluvium Formation, the Nglanggran Formation, the Semilir Formation, the Sambipitu Formation and the Wonosari Formation. This study aims to analyze the thickness of the sediment layer, determine the distribution of dominant frequency values ( $f_0$ ), amplification factor ( $A_0$ ), and average shear wave velocity ( $V_{s,av}$ ), and analyze seismic cross-sections based on the H/V curve. The method used in this research is the HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) method and the ellipticity curve method. The results of the study show that  $f_0$  values range from 0.884 Hz to 14.98 Hz,  $A_0$  values range from 1.439 to 7.873, and  $V_{s,av}$  values range from 145.015 m/s to 1147,960 m/s. The thickness of the sediment layer ( $h$ ) varies between 8.931 m to 84.007 m. The lowest sediment layer thickness value is in the Alluvium Formation and the highest sediment thickness value is in the Young Merapi Formation, this can occur due to the presence of deposits in the form of alluvial rocks. The seismic section of the H/V curve is represented to determine the thickness value based on the values of the parameters  $f_0$  and  $V_{s,av}$ . High sediment thickness values correlate with soil amplification values. When viewed based on the value of the thickness of the sediment layer obtained, the Young Merapi Formation has the highest level of earthquake-prone risk and the Alluvium Formation has the lowest level of risk.*

**Keywords:** HVSR, ellipticity curve,  $f_0$ ,  $A_0$ ,  $V_{s,av}$ ,  $h$ , seismic cross section.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN MOTTO

“Orang yang hebat adalah orang yang memiliki kemampuan menyembunyikan kesusahannya, sehingga orang lain mengira bahwa ia selalu senang”.

(Imam Syafi’i)

*“Great things are not done by impulse, but by a series of small things brought together.”*

(Vincent Van Gogh)

“Kita boleh saja kecewa dengan apa yang telah terjadi, tetapi jangan pernah kehilangan harapan untuk masa depan yang lebih baik”.

(Bambang Pamungkas)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Diri sendiri

Mama Tercinta Mitin

Alm. Bapak Winarno

Mas Slamet Budi Pranoto

Keluarga Besar Kakung Tasmu

Rekan-rekan Fisika 2018



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA



## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh.*

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya berupa kesehatan, kesempatan, serta pengetahuan sehingga dengan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Intepretasi Ketebalan Lapisan Sedimen Berdasarkan Penampang Seismik Kurva *H/V* Di Kawasan Sesar Opak”. Shalawat serta salam senantiasa tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta Keluarga, Sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman. Keberhasilan dalam penyusunan tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bantuan secara moril maupun materil, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tua, Alm. Bapak dan Mama yang senantiasa selalu mendo'akan, memotivasi, dan memberikan kasih sayang, semangat serta dukungannya baik secara moril maupun materil.
2. Diri sendiri, terimakasih telah mau berjuang sejauh ini.
3. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Fisika.
6. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si. dan Bapak Nugroho Budi Wibowo, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia

memberikan ilmu, bimbingan, motivasi serta memberi pengarahan untuk tugas akhir ini dengan penuh kesabaran.

7. Ibu Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran.
8. Bapak Andi, M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan baik berupa kritik dan juga saran guna menyempurnakan tugas akhir penulis
9. Instansi BMKG Kelas 1 Yogyakarta yang telah memberi kesempatan, diperbolehkan menggunakan data yang dimiliki sebagai bahan penelitian.
10. *Team “Ta Data Sekunder”* Anggita, Alan, Munajat, Andre, Putri. Teman baik saya Salma dan Mas Bagus. Terimakasih telah banyak membantu, memberikan semangat, dukungan, serta memberi pengalaman yang luar biasa.
11. Rekan-rekan Fisika 2018, dan *Geophysics Study Club* UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan pengalaman yang luar biasa berharga.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini juga tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, masukan dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan dan kesempurnaan hasil yang didapat. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat serta menambah ilmu pengetahuan bagi siapa saja yang membacanya. *Amin Yarabbal’alamin.*

*Wassalamu’alaikum Warahmatullah Wabarakatuh.*

Yogyakarta, Maret 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI .....	iv
INTISARI .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
HALAMAN MOTTO .....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan Penelitian .....	7
1.4 Batasan Penelitian .....	8
1.5 Manfaat Penelitian .....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Studi Pustaka.....	9
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 Gempa Bumi .....	13
2.2.2 Gelombang Seismik .....	14
2.2.3 Mikrotremor .....	17
2.2.4 Metode <i>HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)</i> .....	19
2.2.5 Metode Inversi .....	25
2.2.6 Ketebalan Lapisan Sedimen ( <i>h</i> ) .....	30
2.2.7 Penampang Seismik Kurva <i>H/V</i> .....	31
2.3 Geologi <i>Regional</i> Wilayah Penelitian .....	33

BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	36
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	37
3.2.1 Alat.....	37
3.2.2 Bahan .....	38
3.3 Prosedur Kerja.....	39
3.4 Teknik Analisis Data.....	41
3.4.1 Pra Survei.....	41
3.4.2 Survei Lapangan.....	42
3.4.3 Pengambilan Data .....	43
3.4.4 Metode Analisis Data.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	46
4.1 Hasil .....	46
4.1.1 Mikrozonasi ( $A_0$ , $f_0$ dan $V_s, av$ ).....	46
4.1.2 Mikrozonasi dan Model 3D Ketebalan Lapisan Sedimen ( $h$ ).....	48
4.1.3 Penampang Seismik .....	50
4.1.4 Verifikasi Lapangan.....	52
4.2 Pembahasan.....	55
4.2.1 Karakteristik dan Interpretasi Kurva HVSR .....	57
4.2.2 Mikrozonasi Frekuensi Dominan ( $f_0$ ).....	63
4.2.3 Mikrozonasi Faktor Amplifikasi ( $A_0$ ) .....	68
4.2.4 Kecepatan Gelombang Geser Rata-rata ( $V_s, av$ ).....	71
4.2.5 Model 3D Ketebalan Lapisan Sedimen .....	75
4.2.6 Penampang Seismik .....	79
4.3 Integrasi – Interkoneksi.....	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
5.1 Kesimpulan .....	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA .....	91
Lampiran .....	95
CURRICULUM VITAE.....	159

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Wilayah Indonesia terletak pada zona interaksi 3 lempeng tektonik (Bock, <i>et al</i> , 2003). .....	2
<b>Gambar 1.2</b> Peta Geologi Lembar Yogyakarta (Rahardjo, 2012) .....	4
<b>Gambar 2.1</b> Proses terjadinya Gempabumi akibat tumbukan antara Lempeng Samudra dan Lempeng Benua (Thomson, 2006) .....	13
<b>Gambar 2.2</b> Penjalaran Gelombang P (Brailer, 2004).....	15
<b>Gambar 2.3</b> Penjalaran Gelombang S (Brailer, 2004).....	16
<b>Gambar 2.4</b> Penjalaran Gelombang <i>Love</i> (Brailer, 2004) .....	17
<b>Gambar 2.5</b> Penjalaran Gelombang <i>Rayleigh</i> (Brailer, 2004).....	17
<b>Gambar 2.6</b> Data Sinyal mikrotremor daerah penelitian .....	18
<b>Gambar 2.7</b> Model Cekungan yang Berisi Material Sedimen Halus (Slob, 2007) .....	20
<b>Gambar 2.8</b> Sketsa model geologi bawah permukaan dua lapis dan respon spektralnya (Wibowo <i>et al.</i> , 2018).....	32
<b>Gambar 3.1</b> Peta Batas Area Penelitian (Rahardjo, 2012).....	37
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Penelitian.....	41
<b>Gambar 3.3</b> Peta Daerah Penelitian.....	42
<b>Gambar 3.5</b> Peta Lintasan Penampang Seismik .....	45
<b>Gambar 4.1</b> Peta Mikrozonasi Frekuensi Dominan ( $f_0$ ) di Kawasan Sesar Opak	47
<b>Gambar 4.2</b> Peta Mikrozonasi Faktor Amplifikasi ( $A_0$ ) di Kawasan Sesar Opak	47
<b>Gambar 4.3</b> Peta Mikrozonasi Kecepatan Gelombang Geser rerata ( $V_{s,av}$ ) di Kawasan Sesar Opak .....	48
<b>Gambar 4.4</b> Peta Mikrozonasi Ketebalan Lapisan Sedimen ( $h$ ) di Kawasan Sesar Opak .....	48
<b>Gambar 4.5</b> Model 3D Lapisan Sedimen dan <i>Bedrock</i> dilihat dari sisi Barat Laut .....	49
<b>Gambar 4.6</b> Model 3D Lapisan Sedimen dan <i>Bedrock</i> dilihat dari sisi Tenggara .....	49

<b>Gambar 4.7</b> Model 3D Lapisan Sedimen dan <i>Bedrock</i> dilihat dari sisi Timur Laut .....	50
<b>Gambar 4.8</b> Model 3D Lintasan Penampang Seismik di Kawasan Sesar Opak..	50
<b>Gambar 4.9</b> Model Penampang Seismik Lintasan A-A' .....	51
<b>Gambar 4.10</b> Model Penampang Seismik Lintasan B-B' .....	51
<b>Gambar 4.11</b> Model Penampang Seismik Lintasan C-C' .....	52
<b>Gambar 4.12</b> Peta hasil verifikasi Lapangan .....	52
<b>Gambar 4.13</b> Singkapan Batu Pasir di Formasi Sambipitu .....	53
<b>Gambar 4.14</b> Singkapan Breksi di Formasi Nglanggran .....	53
<b>Gambar 4.15</b> Singkapan Pasir dan Lanau di Formasi Alluvium .....	54
<b>Gambar 4.16</b> Singkapan (a) Breksi, (b) Perselingan Breksi-Tuff, dan (c) Lanau di Formasi Semilir .....	54
<b>Gambar 4.17</b> Singkapan Batu Gamping di Formasi Wonosari .....	55
<b>Gambar 4.18</b> Kurva <i>H/V</i> perbandingan titik penelitian (a) titik TA 24 sekunder dan (b) titik TA 24 primer .....	57
<b>Gambar 4.19</b> Grafik uji validasi titik 24 sekunder dan titik 24 primer .....	57
<b>Gambar 4.20</b> Karakteristik Kurva <i>Clear Peak</i> . .....	58
<b>Gambar 4.21</b> Karakteristik Kurva <i>Unclear Low Frequency Peak</i> . .....	58
<b>Gambar 4.22</b> Karakteristik Kurva <i>Two Peak Cases</i> .....	59
<b>Gambar 4.23</b> Karakteristik Kurva <i>Flat H/V Ratio Curves</i> .....	59
<b>Gambar 4.24</b> Kondisi lapangan (a) Singkapan berupa tanah yang berada pada titik 63 dan (b) daerah penelitian tanah lunak pada titik 24 .....	61
<b>Gambar 4.25</b> <i>Ground Profile</i> hasil pengolahan TA 28 .....	72
<b>Gambar 4.26</b> (a) Singkapan Formasi Semilir (b) Titik penelitian TA 68 ( <i>Google Earth, 2023</i> ).....	73
<b>Gambar 4.27</b> Model 3D <i>Cross-X Section</i> .....	76
<b>Gambar 4.28</b> Keadaan geologi pada lintasan A-A' .....	82
<b>Gambar 4.29</b> Kondisi geologi pada lintasan B-B' .....	84
<b>Gambar 4.30</b> Daerah penelitian TA 51 .....	85
<b>Gambar 4.31</b> Kondisi geologi pada lintasan C-C' .....	86
<b>Gambar A.1</b> Tampilan proses <i>import signal</i> mikrotremor .....	95



<b>Gambar A.2</b> Tampilan sinyal yang telah diinput pada <i>software Geopsy</i> .....	95
<b>Gambar A.3</b> Tampilan pengaturan <i>H/V toolbox</i> .....	96
<b>Gambar A.4</b> Tampilan kurva <i>HVSR</i> .....	96
<b>Gambar A.5</b> Tampilan saat proses penyimpanan kurva dengan format <i>.hv</i> .....	96
<b>Gambar E.1</b> Tampilan awal program <i>dinver</i> .....	117
<b>Gambar E.2</b> Tampilan metode <i>Ellipticity Curve</i> .....	117
<b>Gambar E.3</b> Tampilan Input Kurva <i>H/V</i> .....	118
<b>Gambar E.4</b> Tampilan input parameter .....	118
<b>Gambar E.5</b> Tampilan saat penambahan program <i>running</i> .....	118
<b>Gambar E.6</b> Tampilan jendela status saat <i>running</i> program .....	119
<b>Gambar E.7</b> Tampilan <i>Ground Profiles</i> .....	119
<b>Gambar I.1</b> Tampilan awal <i>software surfer 16</i> .....	146
<b>Gambar I.2</b> Tampilan pilihan data.....	146
<b>Gambar I.3</b> Tampilan Peta Kontur setelah pemberian warna .....	147
<b>Gambar I.4</b> Tampilan akhir proses mikrozonasi .....	147
<b>Gambar I.5</b> Tampilan awal <i>software rockwork 16</i> .....	148
<b>Gambar I.6</b> Tampilan pemilihan koordinat daerah penelitian.....	148
<b>Gambar I.7</b> Tampilan input data Stratigrafi .....	149
<b>Gambar I.8</b> Tampilan pemilihan model stratigrafi.....	149
<b>Gambar I.9</b> Proses <i>running</i> stratigrafi .....	149
<b>Gambar I.10</b> Tampilan model 3D ketebalan lapisan sedimen.....	150
<b>Gambar I.11</b> Tampilan awal pembuatan sayatan .....	150
<b>Gambar I.12</b> Pemilihan lintasan penampang seismik .....	150
<b>Gambar I.13</b> Model 3D penampang seismik.....	151

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Relevansi yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian lain sebagai referensi. ....	12
<b>Tabel 2.2</b> Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh Kanai	23
<b>Tabel 2.3</b> klasifikasi nilai faktor amplifikasi oleh Ratdomopurbo .....	25
<b>Tabel 2.4</b> Data Kecepatan gelombang primer pada beberapa medium .....	26
<b>Tabel 2.5</b> Kompilasi Data kecepatan gelombang geser pada batuan .....	26
<b>Tabel 2.6</b> Klasifikasi <i>site</i> berdasarkan nilai $V_s$ hasil penyelidikan tanah dan laboratorium .....	27
<b>Tabel 2.7</b> Nilai <i>poisson ratio</i> pada batuan sedimen .....	29
<b>Tabel 2.8</b> Harga Variasi <i>Densitas</i> Batuan .....	30
<b>Tabel 3.1</b> Standar Operasional Pengukuran Mikrotremor.....	43
<b>Tabel 4.1</b> Klasifikasi nilai frekuensi dominan berdasarkan hasil penelitian .....	65



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Pengolahan Sinyal Mikrotremor dengan <i>Software Geopsy</i> .....	95
Lampiran B Kurva <i>H/V</i> Hasil Pengolahan Sinyal Mikrotremor .....	97
Lampiran C Data Hasil Pengolahan Sinyal Mikrotremor .....	107
Lampiran D Parameter <i>Input</i> dan <i>Output</i> Pengolahan <i>Dinver</i> .....	109
Lampiran E Pengolahan Kurva <i>H/V</i> dengan metode <i>Ellipticity Curve</i> menggunakan <i>software dinver</i> .....	117
Lampiran F Kurva <i>Ellipticity Curve</i> dan <i>Ground Profile (Vs)</i> Metode Inversi ..	120
Lampiran G Tabel Nilai <i>Ground Profile (Vs)</i> Hasil Pengolahan Metode <i>Ellipticity Curve</i> .....	135
Lampiran H Data Hasil Pengolahan Dan <i>Input</i> Peta Mikrozonasi.....	143
Lampiran I Tahap-Tahap Pengolahan Data .....	146
Lampiran J <i>Logsheet</i> Pengambilan Data Lapangan .....	152
Lampiran K Dokumentasi Lapangan .....	158

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

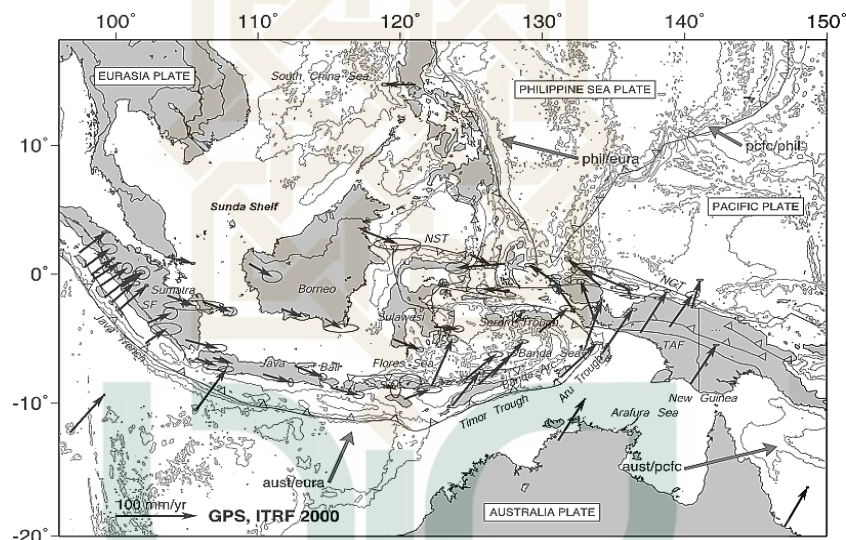
Bencana adalah peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan serta penghidupan masyarakat. Beberapa faktor yang mempengaruhi bencana yakni faktor alam dan faktor non-alam serta faktor manusia. Kerugian yang ditimbulkan dari adanya bencana juga beragam dari kerugian secara harta benda, banyaknya korban jiwa, kerugian lingkungan, dan juga dapat berpengaruh terhadap dampak psikologis. Bencana dapat dikelompokkan menjadi bencana alam, bencana non-alam dan bencana sosial (UU No.24 Tahun 2007). Allah Swt menjelaskan peristiwa bencana alam secara rinci dimulai dari hal-hal yang dapat menimbulkan bencana, proses terjadi, dan akibat yang akan didapatkan. Beberapa hal tersebut dijelaskan dalam al-qur'an salah satunya yang terdapat dalam surah Al-A'raf ayat 78:

فَأَخَذَتْهُمُ الرَّجْفَةُ فَأَصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جِثْمِينَ (٧٨)

Artinya: *“maka, gempa (dahsyat) menimpa mereka sehingga mereka menjadi (mayat-mayat yang) bergelimpangan di dalam (reruntuhan) tempat tinggal mereka.”*

Kemenag RI mentafsirkan ayat 78 dari surah Al-A'raf sebagai berikut, “Setelah mereka menantang Nabi Saleh dengan menuntut azab Allah yang dijanjikan, maka Allah membela Rasul-Nya dan pengikutnya. Ayat ini menerangkan azab Allah yang diturunkan kepada mereka berupa gempa dan petir yang dahsyat yang menggetarkan jantung manusia, menggoncangkan bumi bagaikan gempa besar yang menghancurkan semua bangunan sehingga mereka

semuanya binasa. Tentulah petir tersebut tidak seperti biasa tetapi petir yang luar biasa yang khusus ditimpakan kepada mereka sebagai azab atas kedurhakaan kaum tsamud.” Tafsir dari surah tersebut menjelaskan tentang azab bagi para kaum Tsamud yang telah durhaka terhadap Allah, lantas Allah menurunkan sebuah azab berupa gempa bumi yang sangat dahsyat sehingga binasalah seluruh kaum Tsamud beserta hancurnya harta benda yang dimiliki.



**Gambar 1.1** Wilayah Indonesia terletak pada zona interaksi 3 lempeng tektonik (Bock, *et al*, 2003).

Indonesia merupakan negara yang rentan terhadap bencana gempa bumi (Husein, 2007). Hal ini disebabkan oleh faktor posisi geologis Indonesia yang berada pada pertemuan 3 lempeng tektonik yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik yang ditunjukkan pada Gambar 1.1, dimana gaya interaksi antar lempeng tersebut senantiasa menekan dan menggeser berbagai patahan yang tersebar di seluruh bagian Indonesia. Ketiga lempeng tersebut bergerak satu sama lainnya. Lempeng Indo-Australia bergerak dari Selatan ke Utara dan Lempeng Pasifik bergerak dari timur ke barat (Febriani, 2013). Berdasarkan data rekaman kegempaan yang dimiliki BMKG dalam Katalog gempa bumi

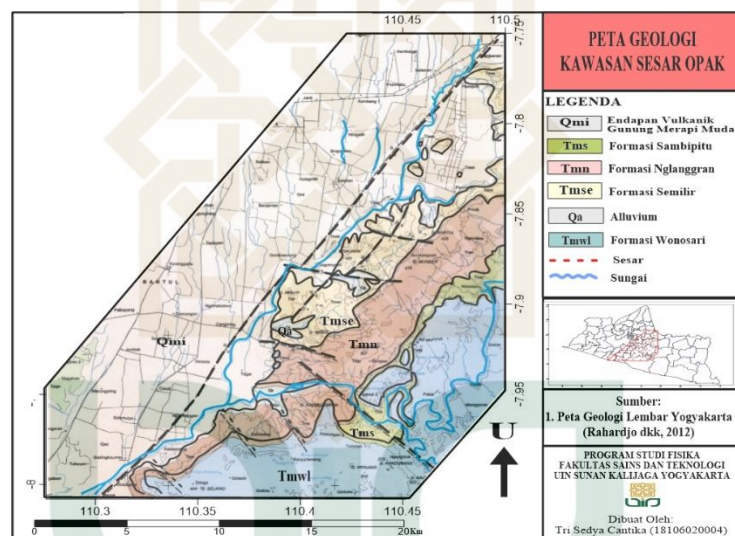
signifikan dan merusak jumlah gempa bumi yang terjadi di Indonesia meningkat setiap tahunnya.

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu daerah yang mempunyai aktivitas kegempaan cukup tinggi yang berasal dari gempa tektonik dan gempa vulkanik, hal tersebut diakibatkan karena DIY berbatasan langsung dengan Samudera Hindia yang berada pada pertemuan Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia serta memiliki gunung berapi yang masih aktif (Daryono, 2010). Salah satu gempa bumi yang pernah mengguncang Daerah Istimewa Yogyakarta terjadi pada 27 Mei 2006, dengan magnitudo 5,9. Hasil perhitungan BMKG menunjukkan bahwa gempa bumi yang terjadi tersebut berada 25 km di sebelah selatan Pantai Parangtritis dengan kedalaman gempa yang diperkirakan mencapai kedalaman 33 km. Terdapat beberapa wilayah yang ikut merasakan gempa bumi tersebut yakni Bantul, Yogyakarta, Sleman, Klaten dan sekitarnya. Akibatnya lebih dari 5700 jiwa kehilangan nyawa, 17.772 orang luka-luka dan kehilangan tepat tinggal serta harta benda (Supartoyo, 2006).

Aktivitas gempa bumi tersebut diduga terjadi akibat adanya pergerakan sesar yang berada di wilayah Bantul dan sekitarnya. Sesar tersebut berarah barat daya – timur laut dan dikenal dengan nama Sesar Opak. Sesar (patahan) merupakan suatu retakan pada sebuah batuan yang telah mengalami pergeseran. Sesar dapat berupa retakan tunggal, membentuk sebuah zona sesar (*fault zone*) atau membentuk lajur dan terdiri dari sekumpulan retakan (Supartoyo, 2015). Zona sesar merupakan area dimana rawan terjadi bencana kegempaan maupun pergerakan tanah yang diakibatkan dari adanya aktivitas tumbukan lempeng. Sesar Opak merupakan sesar



aktif dengan lebar dari zona sesar sekitar 2,5 Km (Soebowo *et al*, 2007). Berdasarkan peta geologi lembar Yogyakarta (Rahadjo *et al*, 2012) yang ditunjukkan pada gambar 1.2 Sesar Opak tersebut membentuk satu jalur yang melewati beberapa formasi batuan, seperti Formasi Endapan Vulkanik Merapi Muda, Formasi Sambipitu, Formasi Semilir, Formasi Nglanggran, Formasi Wonosari, Formasi Sambipitu, dan Formasi Alluvium.



**Gambar 1.2** Peta Geologi Lembar Yogyakarta (Rahardjo, 2012)

Penelitian akan berfokus pada sekitar jalur Sesar Opak dengan wilayah kajian dimulai dari selatan ke utara atau dengan batas koordinat  $110,275^{\circ}$  BT s.d  $110,50^{\circ}$  BT dan  $7,75^{\circ}$  LS s.d  $8,00^{\circ}$  LS. Pergerakan-pergerakan dari Sesar Opak diduga terjadi karena desakan lempeng Indo-Australia pada bagian daratan wilayah Yogyakarta. Struktur lapisan Sesar Opak terdiri dari tiga lapisan yaitu, lapisan batuan gamping, batuan breksi dan batuan penutup permukaan yang meliputi endapan alluvial dan endapan sungai Opak (Nurwidyanto, 2007). Nilai faktor penguatan (amplifikasi) tanah berkaitan dengan perbandingan kontras impedansi lapisan permukaan dengan lapisan di bawahnya. Semakin besar perbandingan

kontras impedansi kedua lapisan tersebut maka nilai faktor amplifikasinya juga semakin tinggi (Nakamura, 2000). Kondisi lapisan sedimen permukaan yang lunak dan tidak rapat dapat memicu terjadinya deformasi batuan ataupun pergerakan tanah. Selain itu, ketebalan lapisan sedimen juga sangat berpengaruh terhadap ketahanan dan keamanan bangunan yang berdiri di atasnya (Marjiono, 2017).

Ketebalan lapisan sedimen merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya *local site effect*. *Local site effect* merupakan pengaruh kondisi geologi lokal daerah sekitar terhadap getaran tanah yang terjadi akibat adanya gempa bumi (Wibowo et al, 2018). Metode mikrotremor merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui distribusi ketebalan lapisan sedimen di suatu wilayah. Mikrotremor adalah suatu getaran harmonik alami yang terjadi secara terus-menerus sehingga terjebak pada lapisan sedimen dan dipantulkan dengan frekuensi tetap (Kusumawati, 2014). Metode mikrotremor digunakan dalam menentukan parameter fisis tanah berdasarkan kurva  $H/V$  dari pengukuran mikrotremor, selain itu dapat juga digunakan untuk mengidentifikasi bahaya bencana gempa bumi berdasarkan kondisi geologi di wilayah tersebut dengan analisis parameter ketebalan sedimen ( $h$ ), frekuensi dominan ( $f_0$ ), dan nilai faktor amplifikasi ( $A_0$ ). Ketebalan sedimen dapat berpengaruh terhadap amplifikasi (perbesaran gelombang gempa bumi) di wilayah tersebut, hal tersebut disebabkan karena gelombang gempa bumi yang merambat di bawah tanah akan teramplifikasi apabila melawati suatu sedimen yang cukup tebal.

Ketebalan lapisan sedimen dapat diketahui dengan memanfaatkan parameter frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan kecepatan gelombang geser rerata ( $V_{s,av}$ ). Kedua

parameter tersebut kemudian diolah kembali dengan menambahkan parameter lain yaitu nilai amplifikasi tanah ( $A_0$ ) untuk mendapatkan penampang seismik. Penelitian tentang interpretasi lapisan sedimen berdasarkan pengukuran sinyal mikrotremor yang diolah menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) menghasilkan sinyal  $H/V$ . Selanjutnya hasil pengolahan dari metode HVSR diolah kembali menggunakan metode *ellipticity curve* untuk mendapatkan nilai kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ). Selain itu, hasil Kurva  $H/V$  dan nilai kecepatan gelombang geser dapat diolah kembali menjadi penampang seismik kurva  $H/V$ . Hasil dari pengolahan data mikrotremor dengan metode HVSR dapat digunakan untuk mempresentasikan ketebalan lapisan sedimen dan faktor amplifikasi di daerah penelitian (Wibowo *et al.*, 2018).

Ketebalan sedimen mempengaruhi nilai amplifikasi yang berada pada daerah penelitian. Nilai amplifikasi tanah memiliki keterkaitan dengan perbandingan kontras impedansi lapisan permukaan dengan lapisan di bawahnya. Semakin besar perbandingan di antara keduanya maka nilai amplifikasinya juga akan semakin tinggi. Nilai amplifikasi yang tinggi dapat berpotensi kerusakan yang besar pula ketika terjadi gempa bumi. Hasil penelitian dapat dijadikan pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan di kawasan Sesar Opak. Selain itu, penelitian tentang identifikasi ketebalan lapisan sedimen pada kawasan Sesar Opak perlu dilakukan karena untuk mengetahui daerah yang rawan terhadap gempa bumi dan seberapa besar efek yang akan ditimbulkan serta dapat meningkatkan kewaspadaan akan terjadinya gempa bumi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mikrozonasi dari frekuensi dominan ( $f_0$ ), faktor amplifikasi ( $A_0$ ) dan kecepatan gelombang geser rerata ( $V_s, av$ ) berdasarkan metode HVSR di kawasan Sesar Opak?
2. Bagaimana mikrozonasi dan model ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) berdasarkan metode HVSR di kawasan Sesar Opak?
3. Bagaimana penampang seismik berdasarkan kurva  $H/V$  di kawasan Sesar Opak?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang berjudul “Intepretasi Ketebalan Lapisan Sedimen Berdasarkan Penampang Seismik Kurva  $H/V$  Di Kawasan Sesar Opak” memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menentukan mikrozonasi dari frekuensi predomnan ( $f_0$ ), faktor amplifikasi ( $A_0$ ), dan kecepatan gelombang geser rerata ( $V_s, av$ ) berdasarkan metode HVSR di Kawasan Sesar Opak.
2. Menganalisis hasil mikrozonasi dan model 3D ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) berdasarkan metode HVSR di kawasan Sesar Opak.
3. Menganalisis hasil penampang seismik berdasarkan kurva  $H/V$  di kawasan Sesar Opak.

#### 1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi dengan beberapa aspek sebagai berikut:

1. Data penelitian berada pada jalur Sesar Opak dan sekitarnya yang memanjang dari utara ke selatan dengan batas koordinat  $110,275^{\circ}$  BT s.d  $110,50^{\circ}$  BT dan  $7,75^{\circ}$  LS s.d  $8,00^{\circ}$  LS.
2. Data yang digunakan berupa data mikrotremor sekunder yang berada pada jalur Sesar Opak yang bersumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) serta data primer hasil pengukuran yang dilakukan oleh peneliti.
3. Data diolah dengan menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) serta metode inversi (*Ellipticity Curve*).

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian yang dilakukan diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkait ketebalan lapisan sedimen pada setiap formasi sehingga dapat digunakan sebagai upaya mitigasi bencana gempa bumi.
2. Dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut menggunakan data dari penelitian ini sebagai rujukan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Persebaran nilai faktor amplifikasi, frekuensi dominan dan kecepatan gelombang geser rata-rata pada setiap peta menunjukkan adanya perbedaan nilai yang didapat pada masing-masing titik penelitian. Nilai frekuensi dominan pada titik penelitian berkisar antara 0,884 Hz s.d 14.98 Hz yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai ketebalan sedimen. Faktor Amplifikasi memiliki rentang nilai antara 1,439 s.d 7,873 dan berpengaruh terhadap zona-zona yang memiliki nilai amplifikasi dari rendah hingga tinggi, sedangkan kecepatan gelombang geser rerata memiliki rentang nilai 238,123 m/s s.d 1460,494 m/s dan dapat menunjukkan informasi mengenai klasifikasi *site* yang terdapat pada lokasi penelitian.
2. Peta mikrozonasi dan model 3D ketebalan lapisan sedimen menunjukkan nilai yang diperoleh pada setiap titik pengukuran. Nilai ketebalan sedimen berkorelasi dengan nilai frekuensi dominan dan kecepatan gelombang geser rerata. Ketebalan sedimen paling tipis bernilai 14,913 m dan berada pada Formasi Alluvium, sedangkan nilai ketebalan lapisan sedimen paling tebal adalah 143,714 m dan berada pada Formasi Merapi Muda.



3. Pola penampang seismik kurva *H/V* pada daerah penelitian menunjukkan nilai ketebalan sedimen yang bervariasi. Terdapat tiga lintasan penampang seismik yang mewakili wilayah utara, tengah dan selatan serta memotong Sesar Opak yakni lintasan A-A' dengan ketebalan sedimen bervariasi dari 39 meter s.d 80 m, lintasan B-B' memiliki ketebalan 21 meter s.d 68 meter dan lintasan C-C' dengan ketebalan sedimen 40 meter s.d 94 meter.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan metode lain baik itu geolistrik, atau metode lainnya, untuk mengkaji struktur bawah permukaan agar penelitian ini dapat digunakan sebagai perbandingan.
2. Dilakukan kajian yang lebih mendalam tentang struktur bawah permukaan agar didapatkan nilai pada lapisan paling dalam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahrens, T. J. 1995. *Rocks Physics and Phase Relations: A Handbook of Physical Constant*. Americal Geophysical Union. Washington.
- Arifin, S. S., Mulyanto, B. dan S., Setianegara, R. 2014. Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempabumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, **Vol. 2 No. 1** : 30- 40
- Arifudin, A. M. 2021. Kecepatan Gelombang Geser (Vs) dan Ketebalan Sedimen (h) di Kabupaten Klaten Dari Data Mikrotremor. *Teknisia*, **Vol.XXVI No.1 Mei 2021** : 52 - 60
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2019. *Buku Saku Destana Tsunami*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI) 1726. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa dan Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta.
- Bock, Y., Prawirodirdjo, L., Genrich, J., Stevens, W., McCaffery, R., Surabaya, C., Puntodewo, S., dan E, Calais. 2003. *Crustal Motion in Indonesia from Global Positoning System Measurement*. *America: Journal of Geophysical Research* **Vol.108 No. B8**.
- Burger, H. R. 1992. *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*. Englewood Cliffs.
- Daryono, Sutikno, Sartohadi, J., Dulbahri, dan Brotopuspito, K. S. 2009. *Efek tapak lokal di Graben bantul berdasarkan pengukuran mikrotremor*. International Conference Earth Science and Technology. Yogyakarta
- Daryono. 2010. *Aktivitas Gempabumi Tektonik di Yogyakarta Menjelang Erupsi Merapi 2010*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Yogyakarta.
- 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, Yogyakarta.
- Dobrin, M. B., dan Savit, C. H. 1988. *Introduction to Geophysical Prospecting*. McGraw- Hill Book Co. Singapura.
- Febriani, Y., Daruwati, I., dan Hatika, R. G. 2013. Analisis Nilai *Peak Ground Acceleration* dan Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Data

- Mikroseismik Pada Daerah Rawan Gempabumi di Kota Bengkulu. *Jurnal Ilmiah Edu Research*, **Vol.2 No.2 Desember 2013** : 85 – 90
- Herak, M. 2008. Model HVSR—A Matlabs Tool to Model Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio of Ambient Noise. *Computers And Geoscience*. **Vol.34 July 2007** : 1514-1526.
- Hidayati, S. 2010. *Pengenalan Seismologi Gunungapi. Diklat Pelaksana Pemula Pengamat Gunungapi Baru*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.
- Hobiger, M. 2011. *Polarization Of Surface Waves : Characterization, Inversion and Application to Seismic Hazard Assessment*. University of Grenoble. France.
- Husein, S., Pramumijoyo, S., dan Karnawati, D. 2010. *Pemetaan Zonasi Mikro Kerentanan Gempabumi Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta.
- Ibrahim, G., dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Kang, S. Y., Kim, K. H., Chiu, J. M., dan Liu, L. 2020. Microtremor HVSR analysis of Heterogeneous Shallow Sedimentary Structures at Pohang, South Korea. *Journal of Geophysics and Engineering* (2020) 17 : 861 – 869.
- Kurniawati, I. 2016. Analisis Mikrotremor untuk Mikrozonasi Indeks Seismik di Kawasan Jalur Sesar Sungai Oyo Yogyakarta. *Skripsi*. FMIPA. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kyaw, Z. L., Pramumijoyo, S., Husein, S., Fathani, T. F. dan Kiyono, J. 2015. *Seismic Behaviours Estimation of the Shallow and Depp Soil Layers Using Microtremor Recording and EGF Technique in Yogyakarta City*. Central Java Island, Procedia Earth and Planetary Science, Yogyakarta.
- Lachet, C dan Brad, P. Y. 1994. Numerical and Theoretical Invetigations on The Possibilities and Limitations of Nakamura's Technique. *Jurnal Physics Earth*, 42 : 377 – 397.
- Nakamura, Y. 2000. Real-Time Information System for Hazards Mitigation. Japan: Tokyo University. *Quarterly Report of RTRI*, **Vol. 37 No. 3**.
- Nurwidyanto, M. I., Indriana, R. D., dan Darwis, Z. T. 2007. Pemodelan Zona Sesar Opak di Daerah Pleret Bantul Yogyakarta dengan Metode Gravitasi. *Berkala Fisik*, **Vol.10 No.1 April 2007**: 65 – 70.

- Marjiyono. 2016. Potensial Penguatan Gelombang Gempabumi oleh Sedimen Permukaan Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal lingkungan dan Bencana Geologi*, **Vol.7 No.3, Desember 2016**: 135-144.
- Mavko, G., Mukerji, T., dan Dvorkin, J. 2009. *The Rock Physics Handbook*. Cambridge University Press. New York.
- Ostrander, W. J. 1984. *Plane Wave Reflection Coefficients for Gas Sands at Nonnormal Angles of Incidence*. *Geophysics*, 1637-1648.
- Pratama, S. 2017. *Karakterisasi site Effect dengan HVSR mikrotremor dan Analisis Bahaya Kegempaan dengan Metode DSHA di Kota Banda Aceh*. Skripsi. Lampung: Universitas Lampung.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H. M. D. 2012. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Direktorat Geologi. Yogyakarta.
- Reynolds, J. M. 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons, Ltd. United Kingdom.
- Salsabili, M., Saeidi, A., Rouleau, A., dan Nastev M. 2021. Seismik Microzonation Of a Region with Complex Surficial Geology Based on Different Site Classification Approaches. *Geoenviron Disaster* 8 : 27
- Seed, H., Idriss, I., dan Arango. 1983. Evaluation of Liquefaction Potential Using Field Performance Data. *Geotechnic Engineering ASCE* 109 : 458 – 482.
- SESAME. 2004. *Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique On Ambient Vibration*. SESAME European Research Project. Europe.
- Setiawan, J. R. 2009. *Mikrozonasi Seismitas Daerah Yogyakarta dan Sekitarnya*. (Tesis). Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Slob, S. 2007. *Micro Seismic Hazard Analysis*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.
- Soebowo, E., dkk. 2007. Studi Potensi Likuifaksi di Daerah Zona Patahan Opak Patalan – Bantul, Jogjakarta. *Proseding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Berkelanjutan, Desember 2007* ISBN : 978-979-799-255-5 : 57 – 65.
- Sudrajat, A., Wibowo, N. B., dan Darmawan D. 2017. Analisis Litologi Lapisan Sedimen Berdasarkan Metode HVSR dan Data Bor Di Kawasan Jalur Sesar Opak. *Jurnal Fisika*, **Vol.6 No.2 Tahun 2017** : 149 - 158

- Sunardi, B., Daryono, Arifin, J., Susilanto, P., Ngadmanto, D., Nurdiyanto, B., dan Sulastrri. 2012. Kajian Potensi Bahaya Gempabumi Daerah Sumbawa Berdasarkan Efek Tapak Lokal. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, **Vol.13 No.2**. BMKG : 131 – 137.
- Sungkono dan Santoso, B. J. 2011. Karakteristik Kurva *Horizontal to Vertical Spectral Ratio*: Kajian literatur dan Pemodelan. *Jurnal Neutrino*, **Vol.4 No.1 Oktober 2011**: 1 – 5.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. New York.
- Thomson. 2006. *Geology Of The Oceans*. Cole Publishing Company. Utah.
- Tuladhar, R., Cuong, N. N. H., dan Yamasaki, F. 2004. *Seismic microzonation of Hanoi, vietnam using microtremor observation*. 13 th World Conference On Earthquake Engineering. Canada.
- Wibowo, N. B., Darmawan, D., dan Patimah, S. 2018. Analisis Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Ground Profiles Vs di Kecamatan Prambanan dan Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten. *Kurvatek*, **Vol.3 No.1 April 2018** : 83–90.
- Wibowo, N. B., Sembri, J. N., dan Darmawan, D. 2018. Intepretasi Ketebalan Lapisan Sedimen Berdasarkan Penampang Seismik Kurva *H/V* di Kota Pacitan – Jawa Timur. *Buletin*, **Vol.8 No.8 – Agustus 2018** : 21 -30.
- Wibowo, N. B., Sembri, J. N., Darmawan, D., Sumardi, Y., Afriliani, F., dan Mahmudah, S. 2018. Intepretasi lapisan Sedimen Berdasarkan *Ground Profile Vs* dengan Pengukuran Mikrotremor di Kecamatan Pacitan. *Indonesian Journal of Applied Physics*, **Vol.8 No.1 April 2018** : 32 – 42.