

**ANALISIS KETEBALAN LAPISAN SEDIMEN  
DAN KERENTANAN GEMPA DI KAMPUS  
UIN WALISONGO SEMARANG MENGGUNAKAN METODE  
*HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSr)***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
dalam Ilmu Fisika



Oleh :

**NUR ELISA RIZKI**  
NIM : 1508026029

**FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG  
2019**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : **Nur Elisa Rizki**

NIM : 1508026029

Jurusan : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**ANALISIS KETEBALAN LAPISAN SEDIMEN  
DAN KERENTANAN GEMPA DI KAMPUS  
UIN WALISONGO SEMARANG MENGGUNAKAN METODE  
*HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSR)***

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk dari sumbernya.

Semarang, 9 September 2019

Pembuat Pernyataan,



**Nur Elisa Rizki**  
NIM: 1508026029



KEMENTERIAN AGAMA R.I.  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang  
Telp: 024-7601295 Fax. 7615387

## PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen dan Kerentanan Gempa di Kampus UIN Walisongo Semarang Menggunakan Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)***

Penulis : Nur Elisa Rizki

NIM : 1508026029

Jurusan : Fisika

Telah diujikan dalam sidang *munaqasyah* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam ilmu Fisika.

Semarang, 15 Oktober 2019

### DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang,

Sekretaris Sidang,

  
**Andi Fadlan, M. Sc.**

NIP.198009152005011006

Penguji I

  
**Agus Sudarmanto, M. Si.**


NIP.197708232009121001

Penguji II,

  
**Muhammad Andhi Khair, M. Sc.**

NIP.198210092011011010

Pembimbing I,

  
**Drs. H. Jasuri, M. SI.**

NIP.196710141994031005

Pembimbing II,

  
**Andi Fadlan, M. Sc.**

NIP.198009152005011006

  
**Sheilla Rully Anggita, M. Si.**

NIP.199005052019032017

## NOTA DINAS

Semarang, 9 September 2019

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo  
di Semarang

*Assalamualikum wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen dan Kerentanan Gempa di Kampus UIN Walisongo Semarang Menggunakan Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr)**

Nama : Nur Elisa Rizki  
NIM : 1508026029  
Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam sidang munaqasyah.

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

Pembimbing I,



Andi Fadllan, M. Sc.

NIP:198009152005011006

## NOTA DINAS

Semarang, 9 September 2019

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo  
di Semarang

*Assalamualikum wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen dan Kerentanan Gempa di Kampus UIN Walisongo Semarang Menggunakan Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR)**

Nama : Nur Elisa Rizki

NIM : 1508026029

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam sidang munaqasyah.

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

Pembimbing II,



**Sheilla Rully Anggita, M.Si.**

NIP:199005052019032017

## ABSTRAK

Pengukuran mikrotremor bertujuan untuk mengetahui nilai ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ), litologi lapisan sedimen, dan nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ). Pemetaan dari nilai tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi bawah permukaan yang rawan terhadap gempa. Pengukuran mikrotremor dilakukan di kampus UIN Walisongo Semarang, menggunakan instrumen Velbox SL06. Pengukuran pada zona pertama berjumlah 13 titik, pada zona kedua berjumlah 11 titik, dan pada zona ketiga berjumlah 15 titik. Data pengukuran dianalisis menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR). Dalam analisis HVSR akan diperoleh nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan amplifikasi ( $A$ ). Hasil inilah yang digunakan untuk analisis lebih lanjut dalam menentukan ketebalan sedimen ( $h$ ), litologi lapisan sedimen, dan kerentanan gempa ( $Kg$ ). Hasil penelitian menunjukkan zona pertama memiliki ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) 5,9 m sampai 175,78 m, nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) 0,05 sampai 3,12 dengan dengan kategori menengah, dan diprediksi tersusun dari batu pasir, lempung, lumpur, dan terdapat sedimentasi delta. Zona kedua memiliki ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) 10,6 m sampai 30,23 m, nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) berkisar 0,13 hingga 2,35 dengan kategori rendah, dan diprediksi tersusun dari batu pasir dan lempung. Zona ketiga memiliki ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) 5,77 m sampai 30,89 m, nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) berkisar 0,17 hingga 0,76 dengan kategori rendah, dan diprediksi tersusun dari batuan tersier atau batuan keras, batu pasir, dan lempung.

**Kata kunci:** Mikrotremor, HVSR, ketebalan lapisan sedimen, kerentanan gempa

## TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Penulisan transliterasi huruf-huruf Arab Latin dalam skripsi ini berpedoman pada SKB Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor: 158/1987 dan Nomor: 0543b/U/1987. Penyimpangan penulisan kata sandang [al-] disengaja secara konsisten agar sesuai teks Arabnya.

ا	A	ط	ṭ
ب	B	ظ	ẓ
ت	T	ع	'
ث	ṣ	غ	gh
ج	J	ف	f
ح	ḥ	ق	q
خ	Kh	ك	k
د	D	ل	l
ذ	Ẓ	م	m
ر	R	ن	n
ز	Z	و	w
س	S	ه	h
ش	Sy	ء	'
ص	ṣ	ي	y
ض	ḍ		

### Bacaan Madd:

ā = a panjang

ī = i panjang

ū = u panjang

### Bacaan Diftong:

au = اُوْ

ai = اِيْ

iy = اِيْ

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah- Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian skripsi tepat waktu tanpa halangan yang berarti. Sholawat serta salam senantiasa terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat, dan segenap orang yang mengikuti jejaknya.

Skripsi yang berjudul “Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen dan Kerentanan Gempa di Kampus UIN Walisongo Semarang Menggunakan Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR)” ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S.1) Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada :

1. Dr. H. Ismail, M. Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
2. Agus Sudarmanto, M. Si., selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah memberikan izin penelitian.
3. Andi Fadlan, M. Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian dan penyelesaian skripsi.
4. Sheilla Rully Anggita, M. Sc., selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian dan penyelesaian skripsi.
5. Segenap dosen dan staff Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi.
6. Orang tua tercinta, Bapak M. Khafid dan Ibu Nur Aini serta segenap keluarga yang selalu mendoakan, memberi kepercayaan, memberikan motivasi, memberikan ilmu dan bimbingan yang sangat berarti dan tidak ternilai kepada penulis.



7. Rekan seperjuangan dalam penelitian yang selalu bertukar pikiran, memberikan bantuan, dukungan, dan motivasi.
8. Rekan Fisika 2015 yang selalu memiliki karakter unik, salam sukses “Eureka”! *We born to be awesome.*
9. Tak lupa penulis ingin ucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang terkait lainnya yang selalu memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.

Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini baik materi maupun teknik penyajian. Oleh karena itu, segala kritik dan konstruktif sangat diharapkan demi kemajuan bersama. Akhir kata semoga skripsi ini banyak memberikan manfaat bagi kita semua.

Semarang, 9 September 2019  
Peneliti,



**Nur Elisa Rizki**  
NIM: 1508026029

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>NOTA DINAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>TRANSLITERASI ARAB-LATIN.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>

### **BAB I : PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian.....	7
D. Manfaat Peneliti.....	7

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

A. Kajian Pustaka.....	9
1. Gelombang Seismik dan Jenis- Jenisnya.....	9
2. Kegempaan.....	13
3. Mikrotremor Dalam Studi Lapangan.....	19
4. Metode Horizontal to Vertical Spectral (HVSr).....	23
5. Parameter Identifikasi Daerah Rawan Guncangan.....	26
B. Kerangka Berpikir.....	32
C. Hipotesis.....	33

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

A. Jenis Penelitian.....	34
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
C. Variabel Penelitian.....	35
1. Variabel Bebas.....	35
2. Variabel Terikat.....	35
D. Instrumen Penelitian.....	36
1. Perangkat Lunak.....	36
2. Perangkat Keras.....	36
E. Akuisisi Data.....	38
1. Desain Survei.....	38
2. Survei Lokasi.....	40
3. Tahap Pengukuran.....	40
F. Metode Analisis Data.....	41
G. Diagram Alir.....	43

### **BAB IV : DATA DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil.....	44
1. Ketebalan Lapisan Sedimen.....	46
2. Kerentanan Gempa.....	48
B. Pembahasan.....	
1. Ketebalan dan Litologi Lapisan Sedimen.....	50
2. Kerentanan Gempa.....	56
3. Relevansi Kegempaan dengan Q.S An-Nahl ayat 15 dan Q.S Al-Anbiya ayat 31.....	61

### **BAB V : PENUTUP**

A. Simpulan.....	63
B. Saran.....	64

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN - LAMPIRAN.....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
3.1	Klasifikasi gempa berdasarkan Kedalaman	19
2.2	Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh Kanai (Arifin, Mulyatno, Marjiyono, & Setianegara, 2013)	27
2.3	Klasifikasi nilai kerentanan gempa (Refrizon, Hadi, Lestari, & Oktari,2013)	31
3.1	Nilai ketebalan lapisan sedimen zona pertama	46
3.2	Nilai ketebalan lapisan sedimen zona kedua	47
3.3	Nilai ketebalan lapisan sedimen zona ketiga	47
3.4	Nilai kerentanan gempa zona pertama	48
3.5	Nilai kerentanan gempa zona kedua	49
3.6	Nilai kerentanan gempa zona ketiga	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
1.1	Zona subduksi di Indonesia	2
1.2	Peta perkiraan wilayah terjadi gerakan tanah (PVMBG, 2018)	6
2.1	Gerak gelombang primer (Elnashai & Sarno, 2008)	10
2.2	Gerak gelombang sekunder (Elnashai & Sarno, 2008)	11
2.3	Gerak gelombang <i>love</i> (Elnashai & Sarno, 2008)	12
2.4	Gerak gelombang <i>Rayleigh</i> (Elnashai & Sarno, 2008)	13
2.5	Jenis-jenis sesar, (1) Sesar normal, (2) Sesar naik, (3) Sesar mendatar, (4) Sesar oblique (Djauhary, 2014)	17
2.6	Ilustrasi fokus dengan <i>epycenter</i> (Hidayati, 2010)	19
2.7	<i>Microtremor data processing flow diagram</i> (Syarifudin, Bahri, Lestari, & G N R, 2012)	23
2.8	Cekungan material sedimen (Slob, 2007)	26
3.1	Peta geologi lembar Magelang-Semarang (Thanden, et al., 1996)	35
3.2	Perangkat keras pengukuran mikrotremor	37

3.3	Titik pengukuran zona pertama	39
3.4	Titik pengukuran zona kedua	39
3.5	Titik pengukuran zona ketiga	39
4.1	Kurva HVSR di T1 zona kedua	44
4.2	Peta ketebalan lapisan sedimen zona pertama	51
4.3	Peta ketebalan lapisan sedimen zona Kedua	53
4.4	Peta ketebalan lapisan sedimen zona Ketiga	54
4.5	Peta kerentanan gempa zona pertama	57
4.6	Peta kerentanan gempa zona kedua	58
4.7	Peta kerentanan gempa zona ketiga	



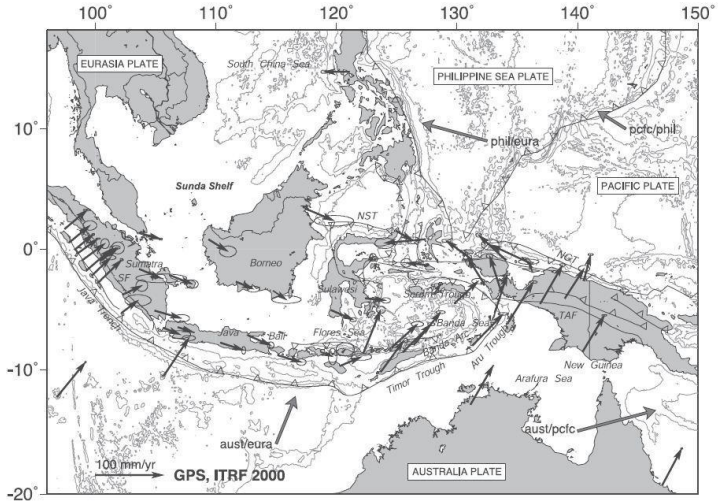


# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kondisi tektonik Indonesia yang terletak pada pertemuan lempeng besar dunia dan beberapa lempeng kecil, menyebabkan daerah tersebut berpotensi mengalami banyak kejadian gempa. Indonesia dikelilingi oleh tiga lempeng utama yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik (Kurniawati, 2016). Wilayah Indonesia sangat rawan terhadap bahaya gempa, hal ini disebabkan seluruh wilayah Indonesia berada dalam kawasan “*Ring of Fire*” atau cincin api Pasifik yang aktif akibat pergerakan lempeng tektonik. Proses tersebut mengakibatkan guncangan dan berdampak pada kerusakan infrastruktur bangunan (Irsyam, *et al.*, 2017). Pergerakan relatif ketiga lempeng mengakibatkan tumbukan antar lempeng hingga membentuk zona subduksi di beberapa tempat seperti Barat Sumatera, pantai Selatan Jawa, dan daerah Indonesia bagian Timur yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Zona subduksi di Indonesia (Kurniawati, 2016)

Gempabumi terjadi akibat dari terlepasnya energi secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi (Noor, 2011). Pergerakan lempeng selain memicu terjadi gempa bumi juga dapat menyebabkan terbentuknya sesar atau sebagai sumber gempa baru di sebagian besar wilayah Indonesia. Menurut Munir (2003) pergerakan kerak bumi di sepanjang patahan menimbulkan guncangan yang kemudian merambat ke segala arah melalui materi-materi penyusun bumi.

Zona sumber gempa dapat disebut sebagai zona subduksi. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari data geofisika, geodesi, dan kegempaan, zona subduksi adalah suatu zona yang dapat dapat berpotensi

menimbulkan gempa di waktu mendatang (Irsyam, *et al.*, 2017). Guncangan gempabumi tidak hanya bergantung pada *magnitudo* atau kekuatan gempa dan jarak dari pusat gempa pada suatu wilayah, melainkan juga bergantung pada penyusun lapisan litologi wilayah tertentu. Lapisan litologi suatu wilayah lebih dikenal dengan *lokal site effect*, pengaruh dari *local site effect* menyebabkan nilai percepatan perambatan gelombang seismik yang disebabkan oleh gempa berbeda-beda (Daryono S., 2010).

Ketebalan lapisan sedimen dan nilai kerentanan gempa suatu wilayah dapat ditentukan menggunakan metode HVSR (Nakamura, 2008). Dalam menganalisis ketebalan lapisan sedimen dan kerentanan gempa menggunakan metode HVSR akan diperoleh rasio spektrum dari sinyal mikrotremor komponen horizontal terhadap komponen vertikalnya dengan struktur bawah permukaan tanah. Parameter yang dihasilkan dalam metode tersebut yaitu frekuensi dominan dan amplifikasi (Nakamura, 2000). Menurut Nakamura ketebalan lapisan sedimen dipengaruhi deformasi lapisan tanah yang dapat merepresentasikan ketebalan lapisan lapuk di atas batuan dasar, sedangkan kerentanan lapisan tanah bermanfaat untuk memprediksi zona lemah saat terjadi gempabumi dan rekahan tanah akibat gempabumi

(Daryono, 2011). Ketebalan lapisan sedimen merupakan suatu bagian yang perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi pembangunan, karena akan berpengaruh terhadap ketahanan dan keamanan bangunan.

Penguatan gelombang saat terjadi gempabumi dipengaruhi oleh ketebalan lapisan sedimen dan litologi daerah setempat. Semakin besar ketebalan lapisan sedimen maka semakin besar kemampuan batuan memperbesar amplitudo gelombang. Lapisan sedimen dengan ketebalan kurang dari 10 m cenderung memiliki amplifikasi tanah yang lebih kecil dibanding wilayah dengan lapisan sedimen lebih dari 10 m (Martasari, 2013).

Pulau Jawa terutama kota Semarang termasuk daerah rawan terhadap gempabumi. Berdasarkan hasil penelitian Jananda, Fadillah, dan Partono (2014) tentang pengembangan peta kecepatan gelombang geser dan peta tahanan penetrasi standar, kota Semarang memiliki kelas situs tanah beragam dan titik-titik rawan guncangan. Sulistiawan (2016) telah melakukan penelitian mengenai studi ketebalan lapisan sedimen daerah kampus Unnes dengan menggunakan metode mikroseismik, dengan hasil daerah kampus Unnes Sekaran memiliki ketebalan lapisan sedimen kategori tebal dan memiliki kerentanan gempa yang tinggi. Sudrajat (2017) melakukan penelitian

tentang analisis litologi lapisan sedimen berdasarkan metode HVSR dan data bor di kawasan jalur sesar Opak Yogyakarta. Penelitian tersebut menjelaskan nilai frekuensi dominan mempengaruhi ketebalan lapisan sedimen, semakin kecil nilai frekuensi dominan maka semakin dalam ketebalan lapisan sedimen.

Dilihat dari kondisi topografi, kota Semarang terdiri dari dua unit morfologi. Pada bagian selatan (kota atas) terdiri dari perbukitan dan bagian utara (kota bawah) berbatasan dengan laut Jawa. Berdasarkan data Pusat Vulkanologi Mitigasi Bencana Geologi, kota Semarang memiliki luas wilayah 373,7 km dan merupakan daerah rawan gerakan karena dilewati sesar aktif. Tingkat kerawanan guncangan tidak bergantung hanya dengan jarak sumber gempa, dekat sumber sesar, melainkan kondisi geologi lokal suatu area. Kampus UIN Walisongo Semarang yang terletak di kecamatan Ngaliyan memiliki morfologi berbukit-bukit dengan topografi terdiri atas dataran rendah dan dataran tinggi. Potensi terjadi gerakan tanah kecamatan Ngaliyan kota Semarang khusus kampus Universitas Islam Negeri Walisongo dapat dikategorikan memiliki tingkat menengah-tinggi yang ditunjukkan pada Gambar 1.2 (PVMGB, 2018).



Gambar 1.2 Peta perkiraan wilayah terjadi gerakan tanah (PVMBG, 2018)

Area kampus UIN Walisongo belum pernah dilakukan penelitian ketebalan lapisan sedimen dan nilai kerentanan gempa untuk mengidentifikasi kondisi bawah permukaan yang rawan terhadap gempa. Identifikasi tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencegah dan memitigasi dampak dari peristiwa alam yang ekstrim untuk periode jangka menengah dan jangka panjang. Guna pencegahan dalam meminimisir resiko yang mungkin terjadi akibat adanya gempa, maka penulis akan melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen dan Kerentanan Gempa di Kampus UIN Walisongo Semarang Menggunakan Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)*”.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini adalah:

1. Berapa ketebalan lapisan sedimen di kampus UIN Walisongo Semarang?
2. Bagaimana litologi lapisan sedimen di kampus UIN Walisongo Semarang?
3. Berapa nilai kerentanan gempa di kampus UIN Walisongo Semarang?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai ketebalan lapisan sedimen di kampus UIN Walisongo Semarang.
2. Untuk mengetahui litologi lapisan sedimen di kampus UIN Walisongo Semarang.
3. Untuk mengetahui tingkat kerentanan gempa di kampus UIN Walisongo Semarang.

## **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Untuk memberikan informasi tentang ketebalan lapisan sedimen, litologi lapisan sedimen, dan tingkat kerentanan gempa di kampus UIN Walisongo Semarang.

2. Estimasi dari identifikasi kondisi bawah permukaan pada daerah yang rawan terhadap gempa di kampus UIN Walisongo Semarang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pembangunan gedung baru.
3. Sebagai penambah ilmu dalam mitigasi bencana.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Kajian Pustaka

##### 1. Gelombang Seismik dan Jenis-Jenisnya

Gelombang seismik adalah gelombang yang merambat baik di dalam maupun di luar permukaan bumi berasal dari sumber seismik seperti sumber gempa, ledakan, erupsi gunung api, longsor, badai, dentuman pesawat supersonik, dan sebagainya. Gelombang seismik termasuk gelombang mekanik, dimana medium dibutuhkan dalam perambatannya dan partikel dari medium tersebut berosilasi ketika gelombang melewatinya. Gelombang merambatkan energi dari sumber ke seluruh bagian bumi dan membawa informasi baik tentang sumber seismik maupun medium yang dilewati (Afnimar, 2009). Gelombang seismik mampu merambat melalui interior bumi yang disebut *body wave*, dan terdapat pula gelombang seismik yang merambat melalui permukaan bumi yang disebut *surface wave* (Telford, Geldart, & Sheriff, 1990).

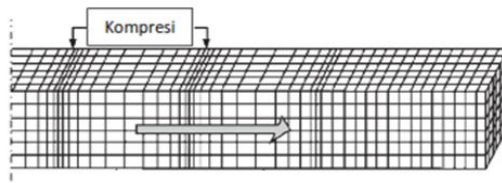
##### a. Gelombang Badan (*body wave*)

Gelombang badan menjalar melalui interior bumi dan efek kerusakannya cukup kecil. Gelombang badan dibagi menjadi dua yaitu

gelombang primer dan gelombang sekunder (Pancawati, 2016).

### 1) Gelombang Primer

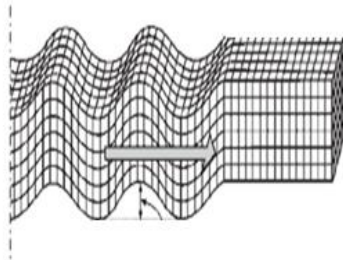
Gelombang primer atau gelombang P yaitu gelombang badan (*body wave*) yang memiliki kecepatan paling tinggi daripada gelombang sekunder. Gelombang primer merupakan gelombang longitudinal yang memiliki gerak partikel sejajar dengan arah rambatnya. Gelombang ini terjadi karena adanya tekanan yang memiliki kecepatan tinggi, dengan waktu tiba lebih cepat dari pada gelombang sekunder. Kecepatan gelombang primer ( $v_p$ ) adalah  $\pm 5-7$  km/s di kerak bumi,  $> 8$  km/s di dalam mantel dan inti bumi,  $\pm 1,5$  km/s di dalam air, dan  $\pm 0,3$  km/s di udara. Gerak gelombang primer ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Gerak gelombang primer (Elnashai & Sarno, 2008)

## 2) Gelombang Sekunder

Gelombang sekunder atau gelombang S adalah salah satu gelombang badan (*body wave*) yang memiliki gerak partikel tegak lurus terhadap arah rambatnya dengan waktu tiba setelah gelombang primer. Kecepatan gelombang sekunder ( $v_s$ ) adalah  $\pm$  3–4 km/s di kerak bumi,  $>$  4,5 km/s di dalam mantel bumi, dan 2,5–3,0 km/s di dalam inti bumi. Gerak gelombang sekunder ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Gerak gelombang sekunder (Elnashai & Sarno, 2008)

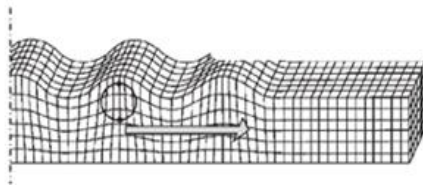
### b. Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)

Gelombang permukaan memiliki waktu penjalaran lebih lambat daripada gelombang badan. Frekuensi yang rendah membuat gelombang permukaan lebih berpotensi menimbulkan kerusakan bangunan daripada

gelombang badan. Ada dua tipe gelombang permukaan yaitu gelombang *Love* dan gelombang *Rayleigh* (Pancawati, 2016).

### 1) Gelombang *Love*

Gelombang ini merupakan gelombang yang arah rambat partikelnya bergetar melintang terhadap arah penjarangannya. Gelombang *Love* merupakan gelombang transversal, kecepatan gelombang ini di permukaan bumi ( $v_l$ ) adalah  $\pm 2,0 - 4,4$  km/s. Gerak gelombang *Love* ditunjukkan pada Gambar 2.3.

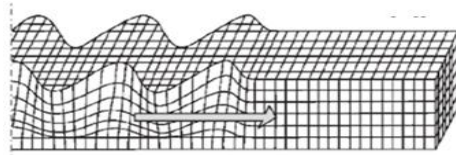


Gambar 2.3 Gerak gelombang *Love* (Elnashai & Sarno, 2008)

### 2) Gelombang *Rayleigh*

Gelombang *Rayleigh* merupakan jenis gelombang permukaan yang memiliki kecepatan ( $v_R$ ) adalah  $\pm 2,0 - 4,2$  km/s di dalam bumi. Arah rambatnya bergerak tegak lurus terhadap arah rambat dan searah

bidang datar. Gerak gelombang *Rayleigh* ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Gerak gelombang *Rayleigh* (Elnashai & Sarno, 2008)

## 2. Kegempaan

Siklus geologi hingga proses terjadinya gempabumi telah dijelaskan dalam QS. An-Nahl ayat 15.

وَأَلْقَىٰ فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَن تَمِيدَ بِكُمْ وَأَنْهَارًا وَسُبُلًا لَّعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ (١٥)

*“Dan Dia menancapkan gunung-gunung di bumi supaya bumi itu tidak goncang bersama kamu, (dan Dia menciptakan) sungai-sungai dan jalan-jalan agar kamu mendapat petunjuk”. (Q.S. An-Nahl [16]: 15).*

Menurut tafsir Kementrian Agama RI, Allah SWT menyebutkan nikmat yang didapat manusia secara tidak langsung. Dia menciptakan gunung-gunung di bumi supaya bumi itu tidak guncang. Gambaran yang dapat diambil dari ayat ini ialah bahwa gunung diciptakan Allah SWT sebagai pemelihara keseimbangan bumi sehingga dapat berputar dengan tenang. Ketenangan bumi diumpamakan seperti tenangnya perahu di atas air. Apabila perahu tidak

diberi beban akan mudah terguncang ombak, dan apabila diberi beban berat perahu tidak akan oleng. Allah SWT juga menciptakan sungai sebagai sumber pengairan, sarana lalu lintas sebagai penghubung suatu negeri ke negeri yang lain. Jalan itu terbentang agar manusia tidak tersesat tanpa arah tujuan. Firman Allah dalam QS. Al-Anbiya ayat 31.

وَجَعَلْنَا فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ وَبِهِمْ أَنْ نَمِيَّتَ جَعَلْنَا فِيهَا فِجَاجًا أَلْعَلَّهُمْ حَسْبًا  
يَهْتَدُونَ (٣١)

“Dan telah Kami jadikan di bumi ini gunung-gunung yang kokoh supaya bumi itu (tidak) goncang bersama mereka dan telah Kami jadikan (pula) di bumi itu jalan-jalan yang luas, agar mereka mendapat petunjuk” (Q.S. Al-Anbiya [21]:31).

QS. An-Nahl ayat 15 dan QS. Al-Anbiya ayat 31 menyiratkan siklus geologi yang tiada berhenti. Tumbukan antar lempeng menyebabkan terbentuknya zona subduksi, yang mengakibatkan gempa bumi jika patahan melampaui batas elastisitas dan terjadi penyusutan salah satu lempeng menuju dasar bumi hingga terbentuk palung. Kumpulan material yang mengalami penyusutan secara bersamaan dihimpit lempengan-lempengan yang terus bergerak hingga menghasilkan pegunungan.

Pegunungan yang menjulang tinggi mampu menekan kerak bumi hingga membuat bumi tetap stabil.

Penyebab banyaknya gempa bumi yaitu gunung berapi yang masih aktif seperti di pulau Sumatera dan Jawa. Lapisan padat atau lapisan teratas bumi bagaikan lempengan tipis yang terapung di atas lapisan magma. Sehingga lempengan akan terus bergerak menghasilkan tabrakan, patahan, getaran, maupun guncangan. Gunung berapi yang kokoh menjulang ke dasar bumi mampu membuat bumi tetap stabil sehingga sebesar apapun sungai tidak dapat menggeser gunung bergerak ke laut (Indonesia, 2013).

#### a. Sumber Gempa

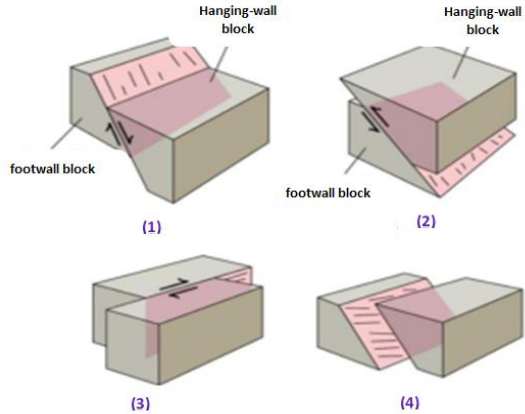
Gempa bumi adalah getaran pada bumi akibat patahnya batuan yang mengalami regangan melampaui batas elastisitas. Pelepasan energi regangan elastisitas batuan pada litosfer terjadi secara mendadak, semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi (Sapiie, Magetsari, Harsalumakso, Abdullah, & jn, 2014). Sebaran pusat gempa di dunia tersebar di sepanjang batas-batas lempeng, oleh karena itu

terjadinya gempa bumi sangat berkaitan dengan teori lempeng tektonik (Noor, 2011).

Pelat tektonik yang terapung di atas lapisan *Asthenosphere* dapat membentuk 3 jalur gempa di perbatasan. Pelat tektonik ini bergerak perlahan, relatif satu dengan yang lainnya menimbulkan regangan elastis. Jika regangan melebihi kapasitas batuan maka batuan mengalami keruntuhan dan energi regangan yang tersimpan dalam batuan dilepaskan secara tiba-tiba, sehingga menimbulkan gempa tektonik yang dahsyat. Mekanisme ini dikenal dengan *Elastic Rebound Theory* (Hidayati, 2010).

Deformasi relatif yang mencapai 10 mm/tahun terjadi di perbatasan pelat tektonik, dapat menimbulkan sesar atau patahan di permukaan bumi. Pergeseran salah satu sisi melalui bidang sesar membuat salah satu blok relatif naik, turun, atau mendatar terhadap lainnya (Benyamin, Magetsari, Harsolumakso, & Abdullah, 2014). Secara umum pergerakan sesar dibagi 4 tipe yaitu sesar normal, sesar naik, sesar mendatar, dan sesar *oblique* (Hidayati, 2010). Pergerakan sesar ditunjukkan pada Gambar 2.5.





Gambar 2.5 Jenis-jenis sesar, (1) Sesar normal, (2) Sesar naik, (3) Sesar mendatar, (4) Sesar *oblique* (Djauhary, 2014)

#### 1) Sesar Normal

Sesar normal disebut juga sebagai sesar turun. Sesar ini memiliki arah gerak blok batuan (*hanging-wall block*) yang menuju ke bawah sepanjang bidang patahan, sedangkan *footwall block* tetap berada pada posisinya.

#### 2) Sesar Naik

Sesar yang arah gerak batuan berlawanan dengan arah gerak sesar normal, yaitu arah blok batuan (*hanging-wall block*) terangkat ke atas di sepanjang bidang patahan, sedangkan *footwall block* tetap berada pada posisinya.

### 3) Sesar Mendatar

Sesar mendatar disebut juga sebagai sesar geser. Arah gerak utama sesar ini adalah horizontal dan sejajar dengan bidang sesarnya.

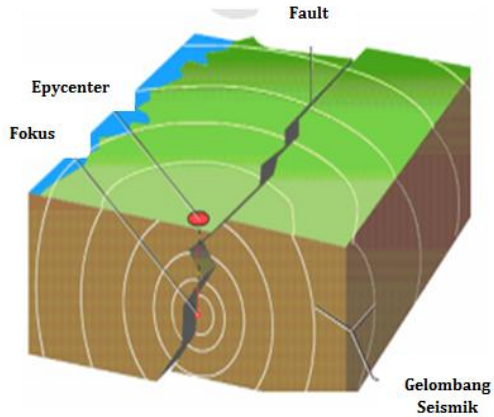
### 4) Sesar *Oblique*

Sesar *oblique* adalah gabungan dari sesar normal dan sesar mendatar. Sesar ini memiliki arah gerak blok batuan (*hanging-wall block*) yang menuju ke bawah sepanjang bidang patahan dan juga mengalami pergeseran dengan arah gerak horizontal. Terjadinya sesar ini disebabkan oleh gaya tekan dari atas atau dari bawah dan gaya samping yang diberikan pada batuan (Putri, 2016).

## b. Parameter Gempabumi

Titik pusat terjadi gempa tektonik disebut dengan *hypocenter* atau dapat disebut dengan fokus, sedangkan terjadinya gempa di wilayah permukaan tanah disebut dengan *epycenter*. *Focal depth* adalah kedalaman fokus dari permukaan tanah dan *focal distance* adalah jarak fokus terhadap titik acuan pengukuran. Adapun

ilustrasi fokus dengan *epycenter* ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Ilustrasi fokus dengan *epycenter* (Hidayati, 2010)

Adapun gempa bumi dapat diklasifikasikan menurut kedalaman ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi gempa berdasarkan kedalaman (Munir, 2003)

No	Kriteria	Kedalaman (m)		
		Menurut Doberin	Menurut Alison	Menurut Lee Stokes
1	Dangkal	<70	<60	<100
2	Sedang	70-300	60-300	-
3	Dalam	>300	>300-700	>100

### 3. Mikrotremor Dalam Studi Lapangan

Mikrotremor merupakan getaran harmonik alami tanah terjadi terus-menerus dengan amplitudo

rendah 0,1–1 mikron yang dihasilkan adanya gerakan bawah permukaan. Karakteristik mikrotremor mencerminkan batuan berdasarkan nilai frekuensi dominan dan menganalisis respon batuan didasarkan perbedaan impedansi *basement* dengan batuan sedimen. Mikrotremor juga diartikan sebagai getaran harmonik alami tanah secara terus-menerus yang terjebak di lapisan sedimen permukaan. Penelitian mikrotremor dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan tanah berdasarkan parameter frekuensi dominan dan faktor penguatan gelombangnya atau amplifikasi (Arifin, Mulyatno, Marjiyono, & Setianegara, 2013).

Prinsip dasar mikrotremor untuk studi efek bawah permukaan yaitu mikrotremor bergerak sebagai gelombang di bawah permukaan dan diamplifikasikan pada periode yang dibuat sinkron dengan perioda alam di sub tanah. Pada saat periode mikrotremor cenderung merefleksikan formasi bawah permukaan, periode panjangnya selalu berhubungan dengan kedalaman formasinya (Syahrudin, Aswad, Palullangan, Maria, & Syamsuddin, 2014).

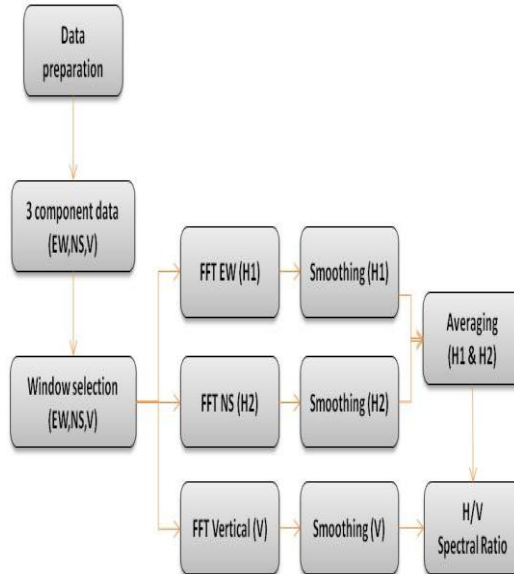
Aplikasi dari penelitian mikrotremor dapat dimanfaatkan untuk menentukan nilai frekuensi

dominan ( $f_0$ ), amplifikasi ( $A$ ), nilai ketebalan sedimen ( $h$ ), nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ), dan kondisi geologi bawah permukaan (Mandiri, 2017). Setelah proses perekaman data mikrotremor, selanjutnya dianalisis dengan metode HVSR yang kemudian akan menghasilkan spektrum kurva HVSR. Adapun pada spektrum kurva HVSR terdapat dua parameter yaitu frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan amplifikasi ( $A$ ) yang dapat menggambarkan karakteristik struktur lapisan tanah (Nakamura, 1989). Frekuensi dominan ( $f_0$ ) adalah nilai frekuensi yang kerap muncul sehingga diakui sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan pada suatu area. Nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dapat digunakan untuk menunjukkan jenis dan karakteristik batuan. Amplifikasi ( $A$ ) merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan signifikan antar lapisan (Fitri, 2018).

Dalam studi metode mikrotremor digunakan instrument Velbox SL06. Velbox SL06 dengan seismometer tertanam sangat sesuai diaplikasikan untuk jaringan seismik lokal, stasiun seismik tunggal, struktur jaringan pemantauan keselamatan bendungan, bangunan, fasilitas penyimpanan gas, industri yang dipantau dengan resolusi tertinggi

(Mandiri, PT Andalan Tunas, 2018). Pada instrument Velbox SL06 orientasi dan leveling sensor dilakukan sebelum instrumen dihubungkan ke *power supply* dan laptop. *Positioning* atau arah instrumen menuju sumbu X (*East*), sumbu Y (*North*), dan sumbu Z (*Vertical*). Output data yang baik dapat diperoleh minimal 30 detik setelah terhubung dengan *power supply* 12V DC. Waktu perekaman direkomendasikan lebih panjang agar sensor menyesuaikan temperatur lingkungan (Mandiri, 2017).

Pemrosesan data mikrotremor dilakukan dengan mengubah getaran dalam domain waktu menjadi spektrum frekuensi untuk setiap komponen (*East- West (EW)*, *North- South (NS)*, dan *Vertical (V)*) menggunakan teknik transformasi *Fourier*. Setelah dilakukan transformasi *Fourier* untuk setiap komponen selanjutnya dilakukan proses *smoothing* sehingga menghasilkan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan amplifikasi ( $A$ ) dari spektrum kurva HVSR. Pemrosesan data mikrotremor ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Microtremor data processing flow diagram* (Syaifudin, Bahri, Lestari, & G N R, 2012)

#### 4. Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr)

Metode HVSr dalam studi mikrotremor dapat menghasilkan parameter nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan amplifikasi ( $A$ ) yang dapat merepresentasikan *local site effect* pada suatu wilayah. *Local site effect* terjadi akibat keberadaan lapisan tanah lunak yang berada pada setengah cekungan dari batuan dasar (Wibowo, 2017).

Gelombang pada mikrotremor terbentuk dari gelombang *Rayleigh* dan gelombang badan. Gelombang *Rayleigh* termasuk ke dalam gelombang

permukaan yang merambat pada permukaan tanah dan gelombang badan merambat melalui batuan dasar. Adapun persamaan  $H/V$  sebagai berikut :

$$H_f = A_h \times S_{HB} + S_{HS} \quad (1)$$

$$V_f = A_v \times S_{VB} + S_{VS} \quad (2)$$

Sehingga

$$H/V = \frac{H_f}{V_f} = \frac{A_h \times S_{HB} + S_{HS}}{A_v \times S_{VB} + S_{VS}} \quad (3)$$

$H_f$  adalah komponen horizontal dan  $V_f$  adalah komponen vertikal data gelombang mikrotremor yang dihasilkan.  $A_h$  merupakan faktor amplifikasi gelombang badan komponen horizontal dan  $A_v$  merupakan faktor amplifikasi gelombang badan vertikal.  $S_{HB}$  adalah spektrum gerak horizontal pada batuan dasar dan  $S_{VB}$  spektrum gerak vertikal pada batuan dasar.  $S_{HS}$  adalah spektrum gerak horizontal di permukaan tanah atau litologi lapisan sedimen dan  $S_{VS}$  adalah spektrum gerak vertikal di permukaan tanah atau pada litologi lapisan sedimen.

Nakamura (2000) menyatakan bahwa penyusun utama data mikrotremor yaitu gelombang *Rayleigh* yang merambat di atas batuan dasar. Efek gelombang *Rayleigh* terdapat pada spektrum komponen vertikal di lapisan permukaan sedimen,



tetapi tidak terdapat pada spektrum vertikal di batuan dasar. Komponen vertikal tidak teramplifikasi pada lapisan sedimen ( $A_v = 1$ ) di permukaan tanah. Daryono & Prayitno (2009) mengatakan bahwa efek gelombang *Rayleigh* pada perekaman data mikrotremor ekuivalen pada gelombang yang terekam. Rentang frekuensi (0.2-20 Hz) rasio spektrum antara komponen horizontal dan vertikal di batuan dasar mendekati satu ( $\frac{S_{VB}}{S_{HB}} = 1$ ). *Site effect* ( $T_{site}$ ) ditentukan berdasarkan perbandingan faktor amplifikasi gerakan horizontal ( $T_H$ ) dan faktor amplifikasi gerakan vertikal ( $T_V$ ) dari permukaan tanah yang terkena batuan dasar.

$$T_H = \frac{H_f}{S_{HB}} \quad (4)$$

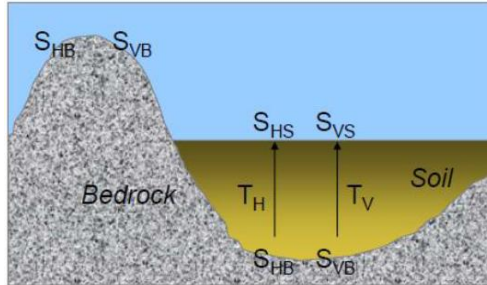
$$T_V = \frac{V_f}{S_{VB}} \quad (5)$$

Sehingga,

$$T_{site} = \frac{T_H}{T_V} = \frac{H_f \times S_{VB}}{S_{HB} \times V_f} \quad (6)$$

$$T_{site} = \frac{H_f}{V_f} = \frac{\sqrt{(\text{Komponen utara-selatan})^2 + (\text{komponen barat-timur})^2}}{\text{komponen vertikal}} \quad (7)$$

Metode HVSR berguna dalam mengidentifikasi respon resonansi cekungan berisi material sedimen yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Cekungan material sedimen (Slob,2007)

## 5. Parameter Identifikasi Daerah Rawan Guncangan

### a. Litologi Lapisan Sedimen

Bates dan Jakson (1985) mengatakan bahwa litologi merupakan karakter fisik dari suatu batuan. Terdapat macam jenis batuan, diantaranya yaitu batuan sedimen (Sudrajat, 2017). Tergerusnya bahan-bahan tanah dan batuan dari suatu tempat ke tempat lain akan diakumulasikan menjadi suatu bahan endapan (sedimen) di lembah sungai, danau, laut, dan tempat lainnya. Endapan tersebut diangkut melalui pergerakan air atau angin, di Indonesia pengangkutan oleh air lebih dominan. Terbentuknya lapisan tebal berasal dari akumulasi endapan, seluruh partikel-partikel yang menjadi dasar berubah menjadi padat disebabkan oleh adanya tekanan yang berat.

Proses pengendapan yang berlangsung lama dan kontinyu menyebabkan materi yang diendapkan mengalami sementasi dan dipadatkan menjadi batuan hingga membentuk lapisan sedimen (Munir, 2003). Ketebalan lapisan sedimen menggambarkan lapisan lunak atau lapuk pada lapisan permukaan tanah di atas batuan dasar. Nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dari analisis HVSR yang diperoleh dapat mengklasifikasikan tanah sesuai pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh Kanai (Arifin, Mulyatno, Marjiyono, & Setianegara, 2013)

Jenis Tanah	Frekuensi Dominan (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Jenis IV	6,667 – 20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>hard sandy gravel</i> (batuan pasir berkerikil keras).	Ketebalan sedimen sangat tipis, dominasi oleh batuan keras.
Jenis III	10 – 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5 m. Terdiri dari <i>hard</i>	Ketebalan sedimen termasuk dalam kategori

Jenis Tanah	Frekuensi Dominan (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
		<i>sandy gravel</i> (pasir berkerikil keras), <i>sandy hard clay</i> (pasir berlempung keras, <i>loam</i> (lempung).	menengah 5–10 m.
Jenis II	2,5 – 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan > 5 m. Terdiri dari <i>sandy gravel</i> (pasir berkerikil), <i>sandy hard clay</i> (pasir berlempung keras, <i>loam</i> (lempung).	Ketebalan sedimen termasuk dalam kategori tebal 10 – 20 m
Jenis I	< 2,5	Batuan alluvial, terbentuk sedimentasi delta, <i>top soil</i> , lumpur, dengan kedalaman 30 m atau lebih.	Ketebalan sedimen permukaan sangat tebal.

Semakin kecil nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) maka semakin tebal lapisan sedimen sehingga kedalaman dari batuan dasar juga semakin dalam. Prabowo, Amalia, & Wiranata (2017) menyatakan frekuensi dominan ( $f_0$ ) dipengaruhi oleh besarnya kecepatan rata-rata dan ketebalan lapisan sedimen bawah permukaan. Frekuensi dominan ( $f_0$ ) berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ), semakin tebal lapisan sedimen pada suatu daerah cenderung akan memiliki frekuensi dominan ( $f_0$ ) yang kecil. Sehingga dapat dinyatakan dengan (Nakamura, 2008).

$$f_0 = \frac{v_s}{4h} \quad (8)$$

dengan  $h$  sebagai ketebalan sedimen sehingga

$$h = \frac{v_s}{4f_0} \quad (9)$$

Ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) berhubungan dengan frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan kecepatan gelombang S pada permukaan ( $v_s$ ). Gelombang S pada permukaan tanah ( $v_s$ ), merupakan gelombang geser hingga kedalaman 30 m yang dapat mendefinisikan litologi lapisan batuan. Nilai kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 m juga dapat digunakan sebagai parameter geoteknik dalam

pembangunan infrastruktur (Sulistiawan, Hendri, 2016). Nilai kecepatan gelombang S pada permukaan ( $v_s$ ) ditentukan berdasarkan data *United State Geological Survey* (USGS) dengan memasukkan titik koordinat pengambilan data di alamat <http://earthquake.usgs.gov/data/vs30/>.

b. Kerentanan Gempa

Kerentanan gempa adalah nilai yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa. Kerentanan gempa bertujuan untuk mengukur tingkat kerentanan tanah dalam menerima gempa (Sulistiawan, Hendri, 2016). menurut Nakamura (2000) Jika suatu daerah memiliki indeks kerentanan gempa ( $Kg$ ) yang besar maka tingkat resiko gempabumi juga akan tinggi (Nakamura Y. , 2000). Kerentanan gempa dirumuskan sebagai berikut:

$$Kg = \frac{A^2}{f_0} \quad (10)$$

Dalam penentuan indeks kerentanan gempa suatu daerah, faktor-faktor kondisi geologi daerah setempat sangat perlu dipertimbangkan. Tingkat kerentanan gempa ( $Kg$ ) yang tinggi biasanya ditemukan pada daerah dengan

frekuensi dominan ( $f_0$ ) yang rendah, hal ini berarti bahwa pada lapisan sedimen relatif tebal yang menutupi batuan dasar memiliki indeks kerentanan gempa yang tinggi. Pada lapisan sedimen tebal yang disertai dengan penguatan getaran gelombang seismik (faktor amplifikasi) besar maka akan menghasilkan nilai kerentanan yang besar pula (Marjiyono, Mikrozonasi Bahaya Gempa Bumi Kota Bandung Berdasarkan Data Mikrptremo, 2009). Semakin tinggi nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) maka semakin tinggi tingkat deformasi lapisan tanah atau kekuatan gelombang gempa yang terbentuk (Mandiri, PT Andalan Tunas, 2018). Nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) memiliki korelasi positif dengan kerusakan yang terjadi akibat gempabumi. Nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) yang tinggi berasosiasi dengan kerusakan yang parah akibat terjadinya gempabumi. Adapun pengklasifikasian nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) di tunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi nilai kerentanan gempa  
(Refrizon, Hadi, Lestari, & Oktari, 2013)

Zona	Nilai $K_g$
Rendah	<3
Menengah	3-6
Tinggi	>6

## B. Kerangka Berpikir

Kota Semarang khususnya kampus UIN Walisongo termasuk daerah dengan morfologi berbukit-bukit. Dalam upaya mitigasi, nilai ketebalan lapisan sedimen dan nilai kerentanan gempa perlu diperhatikan. Ketebalan sedimen dapat mempresentasikan ketebalan lapuk di atas batuan dasar dan nilai kerentanan gempa mampu untuk memprediksi zona lemah saat terjadi gempabumi.

Data penelitian merupakan data pengukuran mikrotremor di kampus UIN Walisongo Semarang yang diolah menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr). Dalam pengolahan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) akan diperoleh spektrum kurva frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan amplifikasi ( $A$ ) yang dianalisis menggunakan Geopsy 2.9.1 pada setiap titik pengukuran. Hasil inilah yang digunakan untuk analisis selanjutnya dalam menentukan ketebalan sedimen ( $h$ ), litologi lapisan sedimen, dan kerentanan gempa ( $K_g$ ).



Dalam analisis nilai ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) diperlukan data sekunder berupa nilai kecepatan gelombang S pada permukaan ( $v_s$ ) yang diperoleh dari data USGS. Nilai estimasi ketebalan lapisan sedimen berdasarkan pengukuran mikrotremor dapat divalidasi berdasarkan tabel klasifikasi menurut Kanai. Setelah menganalisis ketebalan lapisan sedimen, litologi lapisan sedimen, dan kerentanan gempa maka dapat diperkirakan kondisi bawah permukaan kampus UIN Walisongo Semarang.

### **C. Hipotesis**

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ketebalan lapisan sedimen di kampus UIN Walisongo Semarang berkisar 10-30 m.
2. Litologi lapisan di kampus UIN Walisongo Semarang tersusun dari batuan tersier dan batuan sedimen.
3. Kerentanan gempa di kampus UIN Walisongo Semarang termasuk dalam kategori menengah.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

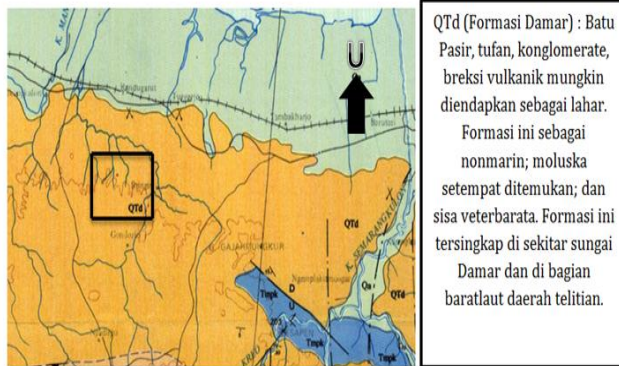
Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif lapangan untuk memprediksi ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ), litologi lapisan sedimen, dan indeks kerentanan gempa ( $K_g$ ) menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr). Pengukuran dilakukan pada persebaran titik di kampus UIN Walisongo dengan selang waktu pengukuran selama 30 menit.

#### **B. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 11 April 2019 hingga 27 Mei 2019 di kampus UIN Walisongo Semarang. Daerah penelitian dibagi menjadi 3 zona yaitu kampus 1 sebagai zona pertama, kampus 2 sebagai zona kedua, dan kampus 3 sebagai zona ketiga. Kampus UIN Walisongo Semarang tepatnya terletak di kecamatan Ngaliyan berada pada  $6^{\circ}59'11''$ -  $6^{\circ}59'35''$  LS dan  $110^{\circ}20'49''$ -  $110^{\circ}21'31''$  BT. Topografi kampus UIN Walisongo Semarang terdiri atas dataran rendah dan dataran tinggi, dengan ketinggian antara 30-90 mdpl (di atas permukaan laut).

Berdasarkan peta geologi Kota Semarang lembar Magelang-Semarang, area kampus UIN Walisongo Semarang tersusun atas formasi damar yang terdiri dari

batu pasir tufaan, konglomerat, dan breksi vulkanik. Adapun peta geologi Kota Semarang lembar Magelang-Semarang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta geologi lembar Magelang-Semarang (Thanden, *et al.*, 1996)

### C. Variabel Penelitian

#### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ), amplifikasi ( $A$ ) yang diperoleh dari pengolahan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVS<sub>R</sub>), dan nilai kecepatan gelombang S pada permukaan ( $v_s$ ) yang diperoleh dari data USGS.

#### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu nilai ketebalan sedimen ( $h$ ) dan kerentanan gempa ( $K_g$ ).

## **D. Instrumen Penelitian**

### **1. Perangkat Lunak**

Perangkat lunak merupakan sesuatu yang berkaitan dengan penggunaan komputer dalam penelitian. Adapun perangkat lunak yang digunakan sebagai berikut :

- a. *Google Earth Pro* untuk menentukan titik lokasi penelitian dalam pengukuran mikrotremor, media pembuatan desain survei, dan untuk memperkirakan kondisi lokasi penelitian.
- b. Surfer 11 untuk membuat kontur karakteristik dalam interpretasi dan pengolahan data mikrotremor.
- c. Geopsy 2.9.1 untuk melakukan pengolahan data mikrotremor dalam analisis HVSR terhadap sinyal mikrotremor yang dihasilkan.
- d. Microsoft Excel 2010 untuk mengubah lembar DAT (.dat) menjadi format data kolom Excel Workbook (.xls) dan berfungsi dalam perhitungan fungsi otomatis pada analisis data.

### **2. Perangkat Keras**

- a. Velbox SL06 merupakan seismometer tertanam yang sangat sesuai untuk studi mikrotremor.
- b. GPSMAP 64s untuk menentukan titik koordinat dalam pengolahan data.

- c. Kompas geologi berfungsi sebagai penentu arah dalam menentukan titik pengukuran.
- d. Laptop HP bw015AU digunakan untuk akuisisi dan analisis sinyal mikrotremor.
- e. Kabel penghubung sebagai konektor instrumentasi Velbox SL06.
- f. Aki berfungsi sebagai sumber energi dari Velbox SL06.



Velbox SL06



GPSMAP 64s



Kompas Geologi



Laptop HP bw015AU



Kabel Penghubung



Aki

Gambar 3.2 Perangkat keras pengukuran mikrotremor

## E. Akuisisi Data

### 1. Desain Survei

Pada tahap ini dilakukan penentuan titik pengambilan data mikrotremor di kampus UIN Walisongo Semarang menggunakan *Google Earth Pro*. Penentuan titik pengukuran mikrotremor kampus UIN Walisongo dibagi menjadi 3 zona.

Zona pertama yaitu kampus 1 UIN Walisongo Semarang berjumlah 13 titik dengan luas 200 m x 50 m. Penentuan titik lokasi pengukuran mikrotremor dilakukan secara grid dengan interval 50 m ditunjukkan pada Gambar 3.3. Zona kedua yaitu kampus 2 UIN Walisongo Semarang berjumlah 11 titik dengan luas 300 m x 150 m. Penentuan titik lokasi pengukuran mikrotremor dilakukan secara grid dengan interval 100 m yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. Zona ketiga yaitu kampus 3 UIN Walisongo Semarang berjumlah 15 titik dengan luas 300 m x 266 m berjumlah 15 titik. Penentuan titik lokasi pengukuran mikrotremor dilakukan secara grid dengan interval 100 m yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.3 Titik pengukuran zona pertama



Gambar 3.4 Titik pengukuran zona kedua



Gambar 3.5 Titik pengukuran zona ketiga

## 2. Survei Lokasi

Pengamatan lokasi dilakukan sebelum proses pengambilan data mikrotremor agar mengetahui lokasi, medan tempat pengambilan data, dan meningkatkan efektivitas waktu saat pengambilan data mikrotremor.

## 3. Tahap Pengukuran

- a. Velbox SL06 diletakkan di permukaan tanah yang datar dan keras.
- b. Posisi sumbu Y pada instrumen Velbox SL06 dihadapkan ke utara dan sumbu X dihadapkan ke timur sesuai acuan kompas.
- c. Sensor Velbox SL06 dileveling sebelum instrumen dihubungkan pada laptop dan sumber tegangan.
- d. Kabel konektor dihubungkan dengan instrumen Velbox SL06, GPS GPSMAP 64s, dan aki.
- e. Antena GPS diletakkan di atas instrumen Velbox SL06, agar terhubung langsung dengan satelit.
- f. Setelah sambungan sesuai, kabel I/O Power dihubungkan dengan aki.
- g. Web browser dibuka dan IP instrumen diketik dengan port (192.168.2.100:50001)
- h. Tombol "*Waveform*" ditekan untuk menampilkan grafik rekaman.



- i. Setelah muncul gelombang, tombol "*Run*" ditekan untuk memulai perekaman data.
- j. Proses perekaman data dilakukan  $\pm 30$  menit pada setiap titik pengukuran, tombol "*Terminate*" ditekan untuk mengakhiri perekaman data.
- k. Data hasil perekaman didownload pada tombol "*Datalog*", instrumen Velbox SL06 akan mati setelah tombol "*Halt*" ditekan.
- l. Kabel konektor pada aki diputuskan dengan unit Velbox SL06, selanjutnya semua komponen dimasukkan ke dalam box.

#### **F. Metode Analisis Data**

1. Data hasil pengukuran diolah menggunakan perangkat lunak Geopsy 2.9.1.
2. Pada tampilan Geopsy 2.9.1 dipilih *import signal* untuk memilih file yang akan diolah. Pemilihan sinyal dilakukan dengan menekan tombol H/V untuk menampilkan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan amplifikasi ( $A$ ).
3. Nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) yang diperoleh selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan nilai ketebalan sedimen ( $h$ ), mengestimasi litologi lapisan sedimen, dan menentukan nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ).

4. Peta pemodelan ketebalan sedimen ( $h$ ) dan kerentanan gempa ( $Kg$ ) dibuat menggunakan perangkat lunak Surfer 11.

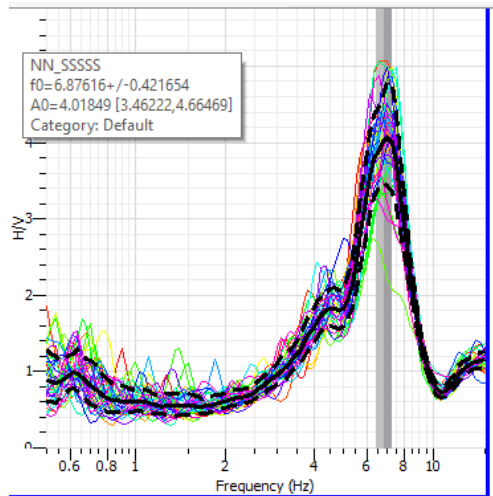


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil

Pengukuran mikrotremor meliputi 13 titik di zona pertama, 11 titik di zona kedua, dan 15 titik di zona ketiga kampus UIN Walisongo Semarang. Pengukuran mikrotremor menghasilkan data gelombang seismik dalam domain waktu. Data tersebut diolah menggunakan metode HVSr sehingga diperoleh nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan amplifikasi ( $A$ ). Adapun contoh kurva HVSr di T1 zona kedua ditunjukkan pada Gambar 4.1 Kurva HVSr selengkapnya terdapat pada lampiran.



Gambar 4.1 Kurva HVSr di T1 zona kedua

Kurva HVSR di atas memiliki nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) 6,88 Hz dan amplifikasi ( $A$ ) 4,02. Berdasarkan pengolahan lebih lanjut, akan didapatkan nilai ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) dengan Persamaan (9) dan nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) dengan persamaan (10).

Nilai ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) dipengaruhi oleh kecepatan gelombang S pada permukaan ( $v_s$ ) dan frekuensi dominan ( $f_0$ ). Adapun nilai kecepatan gelombang S pada permukaan ( $v_s$ ) di T1 zona kedua berdasarkan data *United State Geological Survey* (USGS) 463,01 m/s. Berdasarkan Persamaan (9) nilai ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) di T1 zona kedua dapat dihitung sebagai berikut:

$$h = \frac{v_s}{4f_0}$$
$$h = \frac{463,01}{4(6,88)}$$
$$h = 16,8245 \text{ m}$$

Nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) dipengaruhi oleh nilai amplifikasi tanah ( $A$ ) dan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ). Berdasarkan Persamaan (10) nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) di T1 zona kedua dapat dihitung sebagai berikut:

$$Kg = \frac{A^2}{f_0}$$

$$Kg = \frac{4,02}{6,88}$$

$$Kg = 2,35$$

## 1. Ketebalan Lapisan Sedimen

### a. Zona Pertama

Nilai ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) zona pertama kampus UIN Walisongo Semarang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai ketebalan lapisan sedimen zona pertama

Titik	$f_0$ (Hz)	Jenis Tanah	$h$ (m)	Kategori Ketebalan
T1	10,11	III	9,75	Menengah
T2	9,87	III	10,61	Menengah
T3	3,94	II	27,54	Tebal
T4	0,60	I	175,78	Sangat tebal
T5	12,35	IV	6,57	Tipis
T6	13,92	IV	5,82	Tipis
T7	3,97	II	26,39	Tebal
T8	4,16	II	23,69	Tebal
T9	12,63	IV	6,42	Tipis
T10	4,45	II	22,15	Tebal
T11	0,65	I	151,64	Sangat tebal
T12	3,47	II	28,40	Tebal
T13	4,30	II	24,36	Tebal

### b. Zona Kedua

Nilai ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) zona kedua kampus UIN Walisongo Semarang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai ketebalan lapisan sedimen zona kedua

Titik	$f_0$ (Hz)	Jenis Tanah	$h$ (m)	Kategori Ketebalan
T1	6,90	III	11,75	Menengah
T2	5,65	III	13,82	Menengah
T3	6,65	III	12,19	Menengah
T4	9,67	III	11,97	Menengah
T5	3,91	II	26,79	Tebal
T6	4,47	II	24,88	Tebal
T7	4,21	II	26,42	Tebal
T8	3,63	II	28,86	Tebal
T9	6,43	III	12,61	Menengah
T10	3,26	II	30,23	Tebal
T11	5,18	III	15,07	Menengah

c. Zona Ketiga

Nilai ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) zona ketiga kampus UIN Walisongo Semarang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai ketebalan lapisan sedimen zona ketiga

Titik	$f_0$ (Hz)	Jenis Tanah	$h$ (m)	Kategori Ketebalan
T1	10,75	III	10,77	Menengah
T2	12,27	IV	6,36	Tipis
T3	12,14	IV	6,68	Tipis
T4	6,80	III	11,92	Menengah
T5	6,32	III	12,83	Menengah
T6	5,52	III	14,69	Menengah
T7	6,76	III	11,99	Menengah
T8	8,16	III	9,94	Menengah
T9	13,09	IV	6,19	Tipis

Titik	$f_0$ (Hz)	Jenis Tanah	$h$ (m)	Kategori Ketebalan
T10	6,14	III	13,21	Menengah
T11	6,45	III	12,57	Menengah
T12	3,21	II	30,70	Tebal
T13	3,19	II	30,90	Tebal
T14	14,06	IV	5,77	Tipis
T15	12,35	IV	6,57	Tipis

## 2. Kerentanan Gempa

### a. Zona Pertama

Nilai kerentanan gempa ( $K_g$ ) zona pertama kampus UIN Walisongo Semarang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai kerentanan gempa zona pertama

Titik	Nilai $K_g$
T1	0,470
T2	0,477
T3	0,403
T4	3,128
T5	0,064
T6	0,059
T7	0,310
T8	0,615
T9	0,383
T10	0,397
T11	2,327
T12	1,632
T13	1,167



b. Zona Kedua

Nilai kerentanan gempa (*Kg*) zona kedua kampus UIN Walisongo Semarang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai kerentanan gempa zona kedua

Titik	Nilai <i>Kg</i>
T1	2,342
T2	0,358
T3	0,334
T4	0,137
T5	0,277
T6	0,396
T7	0,686
T8	0,662
T9	0,350
T10	0,434
T11	0,538

c. Zona Ketiga

Nilai kerentanan gempa (*Kg*) zona ketiga kampus UIN Walisongo Semarang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai kerentanan gempa zona ketiga

Titik	Nilai <i>Kg</i>
T1	0,318
T2	0,216
T3	0,200
T4	0,284
T5	0,251
T6	0,170
T7	0,282

Titik	Nilai <i>Kg</i>
T8	0,471
T9	0,350
T10	0,208
T11	0,432
T12	0,758
T13	0,623
T14	0,259
T15	0,268

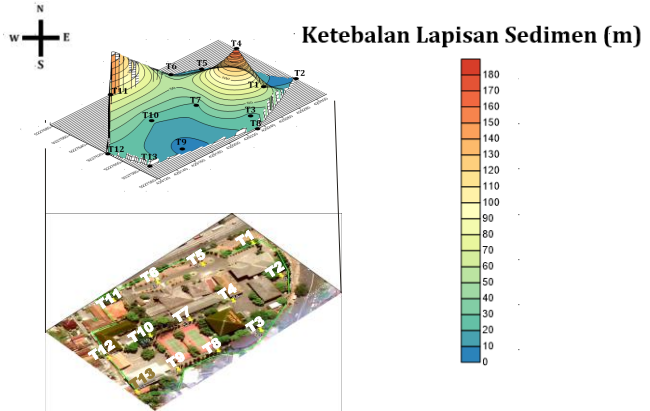
## B. Pembahasan

### 1. Ketebalan dan Litologi Lapisan Sedimen

Jenis tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan frekuensi dominan untuk menentukan ketebalan dan litologi lapisan sedimen. Hasil analisis mikrotremor menunjukkan adanya variasi ketebalan dan litologi lapisan sedimen pada ketiga zona di kampus UIN Walisongo Semarang.

#### a. Zona Pertama

Ketebalan lapisan sedimen (*h*) zona pertama termasuk kategori tipis, menengah, tebal, dan sangat tebal dengan rentang 5,82 m sampai 175,78 m. Berdasarkan Tabel 4.1 dapat digambarkan peta ketebalan lapisan sedimen zona pertama yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Peta ketebalan lapisan sedimen zona pertama

Area dengan kategori ketebalan lapisan sedimen tipis didominasi oleh batuan keras berada di T5, T6, dan T9. Berdasarkan acuan tabel klasifikasi tanah oleh Kanai, area ini termasuk jenis tanah IV diperkirakan tersusun oleh batuan tersier yang terdiri dari *hard sandy gravel* (batuan pasir berkerikil keras).

Area dengan kategori ketebalan lapisan sedimen menengah berada di T1 dan T2. Jarak batuan dasar pada area ini tidak jauh dari permukaan. Berdasarkan acuan tabel klasifikasi tanah oleh Kanai, area ini termasuk jenis tanah III diperkirakan tersusun oleh *hard sandy gravel*

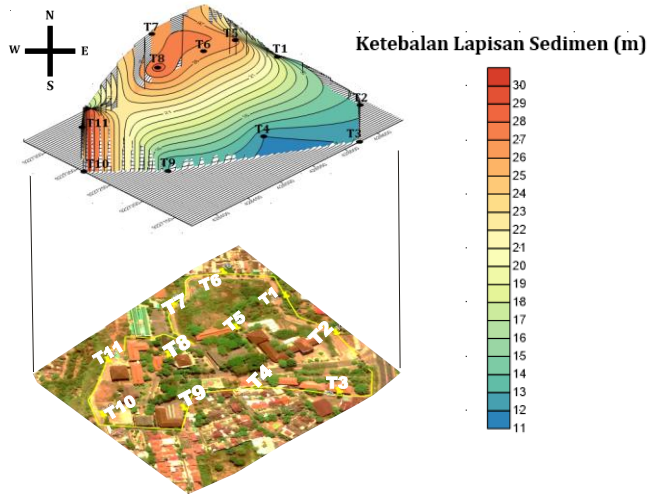
(pasir berkerikil keras), *sandy hard clay* (pasir berlempung keras), dan *loam* (lempung).

Area dengan kategori ketebalan lapisan sedimen tebal didominasi lapisan lapuk berada di T3, T7, T8, T10, T12, T13. Berdasarkan acuan tabel klasifikasi tanah oleh Kanai, area ini termasuk jenis tanah II tersusun oleh *sandy gravel* (pasir berkerikil), *sandy hard clay* (pasir berlempung keras), dan *loam* (lempung).

Area dengan kategori ketebalan lapisan sedimen sangat tebal didominasi lapisan lapuk dan batuan dasar jauh dari permukaan berada di T4 dan T11. Berdasarkan acuan tabel klasifikasi tanah oleh Kanai, area ini termasuk jenis tanah I tersusun dari batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, dan lumpur.

b. Zona Kedua

Ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) zona kedua termasuk kategori menengah dan tebal dengan rentang 11,75 m sampai 30,23 m. Berdasarkan Tabel 4.2 dapat digambarkan peta ketebalan lapisan sedimen zona kedua yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Peta ketebalan lapisan sedimen zona kedua

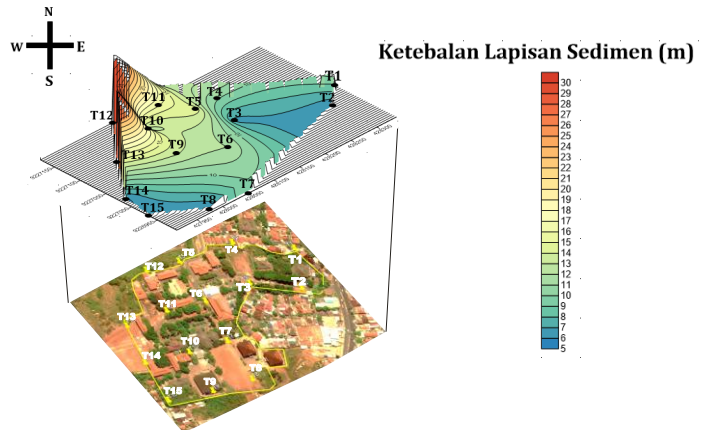
Area dengan kategori ketebalan lapisan sedimen menengah berada di T1, T2, T3, T4, T9, T11. Jarak batuan dasar pada area ini tidak jauh dari permukaan. Berdasarkan acuan tabel klasifikasi tanah oleh Kanai, area ini termasuk jenis tanah III diprediksi tersusun oleh *hard sandy gravel* (pasir berkerikil), *sandy hard clay* (pasir berlempung keras), dan *loam* (lempung).

Area dengan kategori ketebalan lapisan sedimen tebal didominasi lapisan lapuk berada di T5, T6, T7, T8, T10. Berdasarkan acuan tabel klasifikasi tanah oleh Kanai, area ini termasuk

jenis tanah II diprediksi tersusun dari (pasir berkerikil), *sandy hard clay* (pasir berlempung keras), dan loam (lempung).

c. Zona ketiga

Ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) pada zona ketiga termasuk kategori tipis, menengah, dan tebal dengan rentang 5,77 m sampai 30,89 m. Berdasarkan Tabel 4.3 dapat digambarkan peta ketebalan lapisan sedimen zona kedua yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Peta ketebalan lapisan sedimen zona ketiga

Area dengan kategori ketebalan lapisan sedimen tipis didominasi oleh batuan keras berada di T2, T3, T9, T14, T15. Berdasarkan

acuan tabel klasifikasi tanah oleh Kanai, area ini diperkirakan tersusun oleh batuan tersier atau batuan paling tua yang terdiri dari *hard sandy gravel* (batuan pasir berkerikil keras).

Area dengan kategori ketebalan lapisan sedimen menengah berada di T1, T4, T5, T4, T5, T6, T7, T8, T10, T11. Jarak batuan dasar pada area ini tidak jauh dari permukaan. Berdasarkan acuan tabel klasifikasi tanah oleh Kanai, area ini diperkirakan tersusun dari *hard sandy gravel* (pasir berkerikil), *sandy hard clay* (pasir berlempung keras), dan *loam* (lempung).

Area dengan kategori ketebalan lapisan sedimen tebal didominasi lapisan lapuk berada di T12 dan T13. Berdasarkan acuan tabel klasifikasi tanah oleh Kanai, area ini diperkirakan tersusun dari pasir (pasir berkerikil), *sandy hard clay* (pasir berlempung keras), dan *loam* (lempung).

Ketebalan lapisan sedimen yang bervariasi di kampus UIN Walisongo Semarang dipengaruhi oleh frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan kecepatan gelombang S pada permukaan ( $v_s$ ). Menurut Prabowo, Amalia, & Wiranata (2017) frekuensi dominan ( $f_0$ ) berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan sedimen. Semakin kecil nilai

frekuensi dominan ( $f_0$ ) maka semakin tebal lapisan sedimen, sehingga kedalaman dari batuan dasar juga semakin dalam. Sudrajat (2017) dalam penelitiannya tentang analisis litologi lapisan sedimen berdasarkan metode HVSR dan data bor di kawasan jalur sesar Opak Yogyakarta, menjelaskan ketebalan lapisan sedimen mempengaruhi frekuensi dominan. Semakin kecil nilai frekuensi dominan maka semakin dalam ketebalan lapisan sedimen pada suatu area. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa ketebalan lapisan sedimen paling tebal berada pada area dengan frekuensi dominan terkecil.

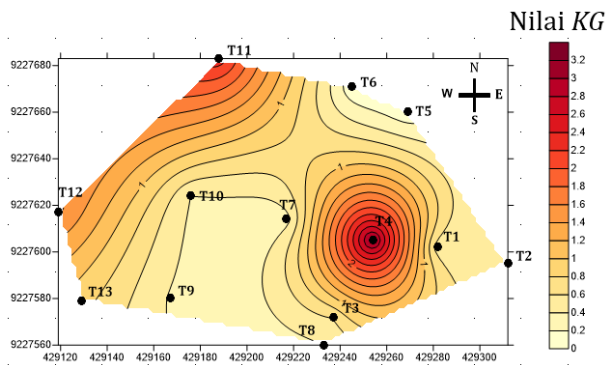
## 2. Kerentanan Gempa

Kerentanan gempa berfungsi untuk menentukan zona lemah saat terjadi gempabumi. Dengan mengetahui kerentanan gempa dapat ditentukan daerah yang rawan terhadap guncangan. Semakin besar nilai kerentanan gempa maka semakin rentan suatu area terhadap guncangan.

Nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) zona pertama kampus UIN Walisongo Semarang berkisar 0,05 sampai 3,12. Nilai kerentanan gempa ( $Kg$ )



tertinggi 3,12 di T4 termasuk dalam kategori menengah. Nilai kerentanan gempa ( $K_g$ ) yang termasuk dalam kategori relatif rendah berkisar 0,059 – 0,87 berada di T1, T2, T3, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T12, T13, T14. Berdasarkan Tabel 4.4 dapat digambarkan peta kerentanan gempa zona pertama yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

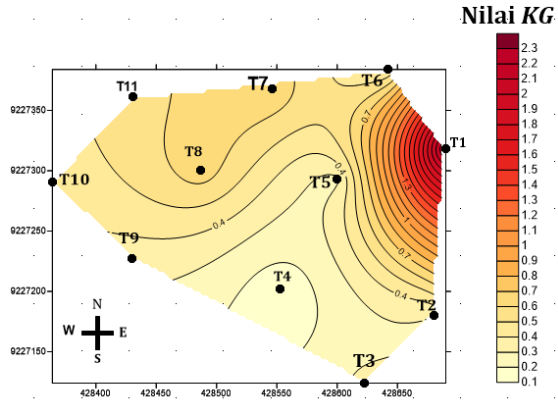


Gambar 4.5 Peta kerentanan gempa zona pertama

Nilai kerentanan gempa ( $K_g$ ) tertinggi pada T4 disebabkan oleh frekuensi dominan ( $f_0$ ) relatif kecil, ketebalan lapisan sedimen yang tebal, dan geologi lokal setempat memiliki kontras impedensi tanah lunak sehingga gelombang mampu mengalami amplifikasi atau penguatan lebih besar.

Nilai kerentanan gempa ( $K_g$ ) pada zona kedua kampus UIN Walisongo berkisar 0,13

hingga 2,35. Berdasarkan Tabel 4.5 dapat digambarkan peta kerentanan gempa zona kedua yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.

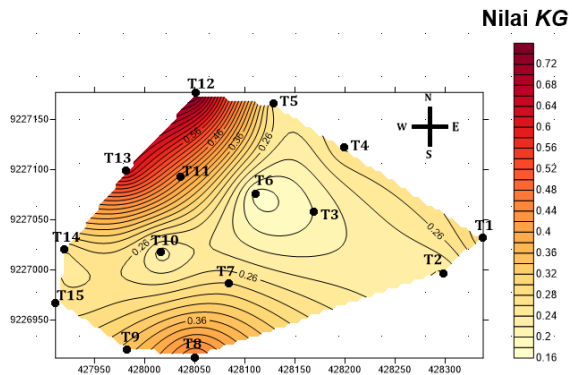


Gambar 4.6 Peta kerentanan gempa zona kedua

Persebaran nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) pada zona kedua termasuk dalam kategori yang relatif kecil berkisar 0,13 hingga 0,68 berada di T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11. Nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) pada zona kedua termasuk dalam kategori rendah, sehingga zona kedua dapat dikatakan aman apabila terjadi gempa.

Nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) pada zona ketiga kampus UIN Walisongo berkisar 0,17 hingga 0,76. Berdasarkan Tabel 4.6 dapat

digambarkan peta kerentanan gempa zona ketiga yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Peta Kerentanan gempa zona ketiga

Nilai kerentanan gempa ( $K_g$ ) zona ketiga termasuk termasuk dalam kategori yang relatif rendah. Nilai kerentanan gempa ( $K_g$ ) zona ketiga di titik T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T14, T15 dapat dikatakan aman saat terjadi gempabumi, karena penguatan gelombang atau amplifikasi berdasarkan pengolahan metode HVSR kecil.

Ketebalan lapisan sedimen sangat berhubungan dengan kerentanan gempa. Sholichah (2017) menyatakan semakin rendah nilai frekuensi dominan dan tinggi nilai amplifikasi, nilai kerentanan gempa semakin

besar. Nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) rendah menunjukkan semakin tebal lapisan sedimen. Martasari (2013) dalam penelitiannya menunjukkan semakin tebal lapisan sedimen, maka semakin besar nilai kerentanan gempa. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa area dengan kerentanan gempa terbesar berada pada area dengan ketebalan lapisan sedimen paling tebal.

Guna meminimalisir risiko gempabumi perlu diperhatikan nilai ketebalan sedimen ( $h$ ) dan nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) dalam penentuan lokasi perancangan bangunan di kampus UIN Walisongo Semarang. Ketebalan lapisan sedimen mampu mempengaruhi respon bangunan di atas permukaan (Koesuma, 2018), sedangkan kerentanan gempa dapat memprediksi zona lemah saat terjadi gempabumi (Nakamura, 2000).

Hasil analisis penelitian dapat dijadikan acuan dalam perancangan pembangunan gedung. Selain ketebalan lapisan sedimen, kerentanan gempa, dan geologi lokal yang harus diperhatikan konstruksi dan kualitas material juga perlu diperhatikan. Untuk mengurangi dampak

kerusakan bila terjadi gempa bumi di kemudian hari, ketebalan lapisan sedimen paling tebal dan kerentanan gempa terbesar perlu diwaspadai. Seperti lokasi zona pertama di T4, zona kedua di T1, dan zona ketiga di T13 sebaiknya area tersebut tidak didirikan bangunan terlalu tinggi. Sebagai bahan pertimbangan dalam pembuatan gedung baru, maka sebaiknya bangunan didirikan pada area yang memiliki ketebalan lapisan sedimen tipis dan kerentanan gempa terkecil.

3. Relevansi Kegempaan dengan QS. An-Nahl ayat 15 dan QS. Al-Anbiya ayat 31

Gempabumi terjadi disebabkan adanya pergeseran lempeng tektonik. Terjadinya gempabumi telah dijelaskan dalam QS. An-Nahl ayat 15 dan QS. Al-Anbiya ayat 31. Selain proses terjadinya gempabumi, juga dijelaskan siklus geologi hingga terbentuknya pegunungan agar bumi tidak guncang dan tetap dalam keseimbangan.

Terdapat relevansi antara QS. An-Nahl ayat 15 dan QS. Al-Anbiya ayat 31 dengan hasil penelitian yang peneliti lakukan. Nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) pada zona pertama 0,05 sampai 3,12, nilai kerentanan gempa ( $Kg$ ) pada zona kedua

berkisar 0,13 hingga 2,35, nilai kerentanan gempa ( $K_g$ ) zona ketiga berkisar 0,17 hingga 0,76. Kerentanan gempa di kampus UIN Walisongo Semarang dikategorikan rendah-menengah. Hal tersebut terjadi karena area Semarang dikelilingi pegunungan dan bukanlah zona subduksi (tumbukan antar lempeng) sehingga relatif aman dari guncangan akibat peristiwa gempabumi. Namun secara pasti manusia tidak mampu memprediksi terjadinya gempabumi, sehingga identifikasi ketebalan lapisan sedimen dan kerentanan gempa perlu dilakukan untuk mencegah dan memitigasi dampak dari peristiwa gempabumi untuk periode jangka menengah dan jangka panjang.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Simpulan

Berdasarkan analisis data penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ketebalan lapisan sedimen zona pertama memiliki kategori menengah, tebal, dan sangat tebal berkisar 5,9 m sampai 175,78 m. Ketebalan lapisan sedimen zona kedua memiliki kategori menengah dan tebal berkisar 10,6 m sampai 30,23 m. Ketebalan lapisan sedimen pada zona ketiga memiliki kategori tipis, menengah, dan tebal berkisar 5,77 m sampai 30,89 m.
2. Litologi pada zona pertama tersusun dari batu pasir, lempung, lumpur, dan terdapat sedimentasi delta. Zona kedua tersusun dari batu pasir dan lempung. Zona ketiga tersusun dari batuan tersier atau batuan keras, batu pasir, dan lempung.
3. Nilai kerentanan gempa terbesar berada pada area dengan ketebalan lapisan sedimen paling tebal. Nilai kerentanan gempa (*Kg*) zona pertama terbesar 3,13 berada di T11 termasuk dalam kategori menengah. Nilai kerentanan gempa (*Kg*) zona kedua terbesar 2,35 berada di T1 termasuk dalam kategori rendah. Nilai kerentanan gempa (*Kg*) zona ketiga terbesar 0,75 berada di T12 termasuk dalam kategori rendah.

## **B. Saran**

Saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kondisi litologi bawah permukaan dengan mencari data bor ataupun menggunakan pengukuran metode geolistrik.
2. Pengukuran mikrotremor dilakukan pada area yang jauh dari aktivitas manusia untuk menghindari tingginya *noise* yang terekam.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afnimar. (2009). *Seismologi*. Bandung: ITB.
- Arifin, S. S., Mulyatno, B. S., Marjiyono, & Setianegara, R. (2013). Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor Dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa Dan Sekitarnya. *Geofisika Eksplorasi Vol 2/ No 1*, 30.
- Arifudin, A. (2018). *Pengolahan Data Mikrotremor Yogyakarta*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Benyamin, Magetsari, N. A., Harsolumakso, A. H., & Abdullah, C. I. (2014). *Modul Kuliah Geologi Fisik*. Bandung : ITB.
- Daryono. (2011). Data Mikrotremor dan Pemanfataannya Untuk Pengkajian Bahaya Gempa Bumi. *BMKG*, 3.
- Daryono, & Prayitno , B. S. (2009). *Data Mikrotremor dan Pemanfatannya Untuk Pengkajian Gempa Bumi*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Daryono, S. (2010). Zona Rawan "Local Site Effect" Gempabumi di Yogyakarta. *Kebencanaan Indonesia 2*, 1.
- Djauhary, N. (2014). *Pengantar Geologi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Elnashai, & Sarno, D. L. (2008). *Fundamental of Earthquake Engineering*. Hongkong: Wiley.
- Fitri, D. A. (2018). *Pemetaan Zonasi Indeks Kerentanan Seismik pada Daerah Pasca Tmabang di PT. Bukit Asam (Persero) TBK. Unit Penambangan Ombilin, Sawahlunto*. Padang: Universitas Negeri Padang.

- Hidayati. (2010). Analisis Kegiatan Gunungapi Berdasarkan Spektral dan Hipocenter Gempa Bumi. 56.
- Indonesia, K. A. (2013). *Qur'an Hafalan*. Tangerang: Dua Sehati.
- Irsyam , M., Widiyantoro, S., Natawidjaja, D. H., Meilano, I., Rudyanto, A., Hidayati, S., Sunarjito. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia*. Bandung: Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Jananda, A. S., Fadillah, P., Partono Windu, & Hardiyati Siti. (2014). Pengembangan Peta Kecepatan Gelombang Geser dan Peta Tahanan Penetrasi Standar di Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 169.
- Kurniawati, I. (2016). *Analisis Mikrotremor untuk Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik di Kawasan Jalur Sesar Sungai Oyp Yogyakarta*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Mandiri, PT Andalan Tunas. (2018). *SL06 Velbox*. Semarang: Sara Electronic Instrument.
- Mandiri, T. P. (2017). *Sharing Knowledge Microseismic Method*. Semarang: PT Andalan Tunas Mandiri.
- Marjiyono, A. (2009). Mikrozonasi Bahaya Gempa Bumi Kota Bandung Berdasarkan Data Mikrotremor. *Geo-Hazrd*, 45.
- Martasari, S. (2013). *Analisis Struktur Lapisan Tanah Berdasarkan Ketebalan Lapisan Sedimen Menggunakan Mikrotremor Dengan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio*. Yogyakarta: Skripsi UIN Sunan Kalijaga.
- Munir, M. (2003). *Geologi Lingkungan*. Malang: Bayumedia Publishing.

- Nakamura, Y. (1989). A Method for Dynamic Characteristic Estimation of Subsurface using Microtremor on The Ground Surface. *Q.R. of RTRI Vol 30*, 32.
- Nakamura, Y. (2000). Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications. *12WCEE* (hal. 3). Tokyo Japan: Kunitachi-shi.
- Nakamura, Y. (2008). *On The H/V Spectrum*. China: Tokyo Institute of Technology, Japan.
- Nakamura, Y. (2008). On The H/V Spectrum. *The 14th World Conferences on Earthquake Engineering*, 5-6.
- Noor, D. (2011). *Geologi Untuk Perencanaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pancawati, K. D. (2016). *Identifikasi Kerentanan Dinding Bendungan Menggunakan Metode Mikroseismik*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Prabowo, U. N., Amalia, A. F., & Wiranata , F. E. (2017). Potensi Pergerakan Tanah Pada Lereng yang Dipicu Gempa Bumi Berdasarkan Pengukuran Microtremor. *Wahana Fisika*, 2 (2), 7.
- Putri, Y. D. (2016). *Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik dikawasan jalur sesar Opak Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*. Yogyakarta: Universitas Negeri Semarang.
- PVMBG. (2018). *Wilayah Potensi Gerakan Tanah di Provinsi Jawa Tengah*. Semarang: Kementrian ESDM.
- PVMBG. *Peta Prakiraan Wilayah Terjadinya Gerakan Tanah Kota Semarang*. Kementrian ESDM badan Geologi, Semarang.

- Saduddin, Sismanto, & Marjiyono. (2009). Pemetaan Indeks Kerentanan Seismik Kota Padang Sumatera Barat dan Korelasinya dengan Titik Kerusakan Gempabumi. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan* (hal. 461). Semarang: Graha Sabha Permana.
- Sapiie, B., Magetsari, N. A., Harsalumakso, A. H., Abdullah, C. I., & jn. (2014). *Geologi Fisik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Slob. (2007). *Micro Seismic Hazard Analysis Earthquake Vulnerability and Multi-Hazard Risk Assesment* . Netherlands: ITC Netherlands.
- Sudrajat, A. (2017). *Analisis Litologi Lapisan Sedimen Berdasarkan Metode Horizontal to Vertikal Spectral Ratio*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sulistiawan. (2016). *Analisis Seismik Hazard Berdasarkan Data PGA UNNES Gunung Pati Semarang*. Semarang: UNNES.
- Sulistiawan, Hendri. (2016). *Analisis Seismic Hazard Berdasarkan Data PGA dan Kerenranan Gempa Metode Mikroseismik UNNES Sekaran Gunungpati*. Semarang: Unnes.
- Sulistiawan, Hendri. (2016). Studi Ketebalan Lapisan Sedimen Daerah Kampus UNNES dengan Menggunakan Metode Mikroseismik. *Research Gate*, 45.
- Supartoyo. (2008). Bencana Gempabumi di Indonesia. *Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi Vol 4*, 1.
- Survey, U. S. (2019). *Data USGS*. Diambil kembali dari Global VS30 Map Server: <http://earthquake.usgs.gov/hazards/apps/vs30/>

- Susilowati. (2008). *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Sumatera Utara*: Universitas Sumatera Utara.
- Syahruddin, M. H., Aswad, S., Palullangan, E. F., Maria, & Syamsuddin. (2014). Penentuan Profil Ketebalan Sedimen Linatasan Kota Makkasar dengan Mikrotremor. *Jurnal Fisika Vol.4 No. 1*, 17.
- Syaifudin, F., Bahri, A. S., Lestari, W., & G N R, J. P. (2012). *Microtremor Study of Gunung Anyar Mud Volcano Surabaya East Java*. Surabaya: ITS.
- Telford, W. M., Geldart, I. P., & Sheriff, R. E. (1990). Australia: Cambridge University Press.
- Thanden, R. E., Sumadirdja, H., Richard, P. W., Sutisna, K., Amin, T. c., Rahman, N., & Purnamaingsih. (1996). Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang Jawa. Semarang, Jawa Tengah: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Wibowo, N. B. (2017). Rasio Model Vs30 Berdasarkan Data Mikrotremor dan USGS di Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul. *Journal Sains Dasar (1)*, 50.
- Zamri, A. M. (2013). *Relevansii Sains dengan Makna Zalzalah dalam al-Qur'an*. Riau: UIN Sultan Syarif Kasim.

## Lampiran 1a

### Data Hasil Penelitian Zona Pertama (Kampus 1 UIN Walisongo Semarang)

Titik	Koordinat UTM			$v_s$ (m/s)	$f_0$ (Hz)	$A$	$h$ (m)	Nilai $K_g$
	x (m)	y (m)	z (m)					
T1	429282	9227602	34	394,26	10,11	2,18	9,75	0,470
T2	429312	9227595	37	419,02	9,87	2,17	10,61	0,477
T3	429233	9227560	34	434,07	3,94	1,26	27,54	0,403
T4	429254	9227605	42	421,88	0,60	1,37	175,78	3,128
T5	429269	9227660	28	324,37	12,35	0,89	6,57	0,064
T6	429245	9227671	24	324,37	13,92	0,91	5,82	0,059
T7	429217	9227614	42	419,02	3,97	1,11	26,39	0,310
T8	429237	9227572	22	394,26	4,16	1,60	23,69	0,615
T9	429167	9227580	22	324,37	12,63	2,20	6,42	0,383
T10	429176	9227624	37	394,26	4,45	1,33	22,15	0,397
T11	429188	9227683	38	394,26	0,65	1,23	151,64	2,327
T12	429119	9227617	30	394,26	3,47	2,38	28,40	1,632
T13	429129	9227579	33	419,02	4,30	2,24	24,36	1,167

## Lampiran 1b

### Data Hasil Penelitian Zona Kedua (Kampus 2 UIN Walisongo Semarang)

Titik	Koordinat UTM			$v_s$ (m/s)	$f_0$ (Hz)	$A$	$h$ (m)	Nilai $K_g$
	x (m)	y (m)	z (m)					
T1	428690	9227318	61	324,37	6,90	4,02	11,75	2,342
T2	428680	9227180	68	312,24	5,65	1,42	13,82	0,358
T3	428623	9227124	76	324,37	6,65	1,49	12,19	0,334
T4	428553	9227202	77	463,01	9,67	1,15	11,97	0,137
T5	428600	9227293	71	419,02	3,91	1,04	26,79	0,277
T6	428642	9227384	64	444,89	4,47	1,33	24,88	0,396
T7	428546	9227368	77	444,89	4,21	1,70	26,42	0,686
T8	428487	9227300	83	419,02	3,63	1,55	28,86	0,662
T9	428430	9227227	78	324,37	6,43	1,50	12,61	0,350
T10	428364	9227291	85	394,26	3,26	1,19	30,23	0,434
T11	428431	9227361	81	312,24	5,18	1,67	15,07	0,538

## Lampiran 1c

### Data Hasil Penelitian Zona Ketiga (Kampus 3 UIN Walisongo Semarang)

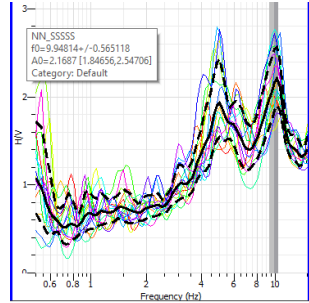
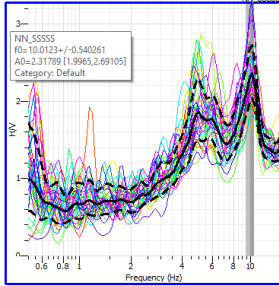
Titik	Koordinat UTM			$v_s$ (m/s)	$f_0$ (Hz)	$A$	$h$ (m)	Nilai $Kg$
	x (m)	y (m)	z(m)					
T1	428338	9227032	29	463.01	10,75	1,85	10,77	0,318
T2	428298	9226996	30	312.24	12,27	1,63	6,36	0,216
T3	428169	9227058	81	324.37	12,14	1,56	6,68	0,200
T4	428199	9227122	83	324.37	6,8	1,39	11,92	0,284
T5	428129	9227166	89	324.37	6,32	1,26	12,83	0,251
T6	428111	9227076	84	324.37	5,52	0,97	14,69	0,170
T7	428084	9226986	84	324.37	6,76	1,38	11,99	0,282
T8	428050	9226912	84	324.37	8,16	1,96	9,94	0,471
T9	427982	9226920	87	324.37	13,09	2,14	6,19	0,350
T10	428016	9227018	84	324.37	6,14	1,13	13,21	0,208
T11	428036	9227093	90	324.37	6,45	1,67	12,57	0,432
T12	428051	9227177	90	394.26	3,21	1,56	30,70	0,758
T13	427981	9227099	86	394.26	3,19	1,41	30,90	0,623
T14	427920	9227020	87	324.37	14,06	1,91	5,77	0,259
T15	427911	9226967	87	324.37	12,35	1,82	6,57	0,268



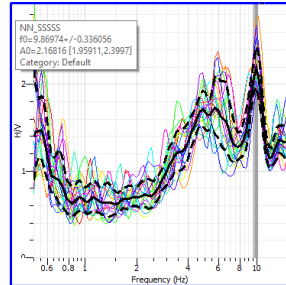
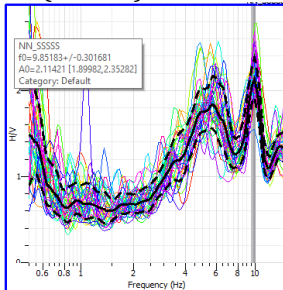
## Lampiran 2a

### Kurva H/V Zona Pertama (Kampus 1 UIN Walisongo Semarang)

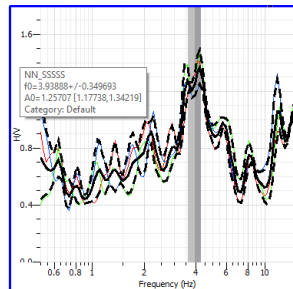
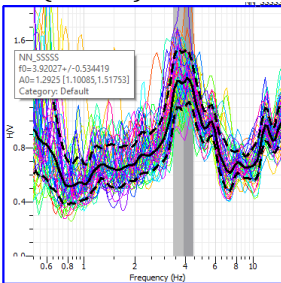
#### 1. T1 (Titik 1)



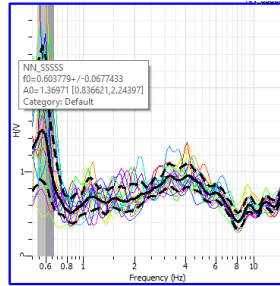
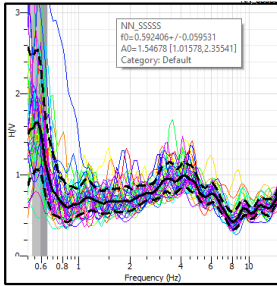
#### 2. T2 (Titik 2)



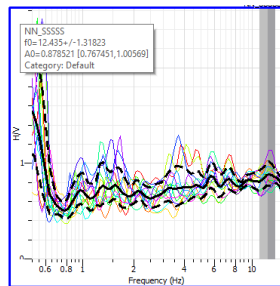
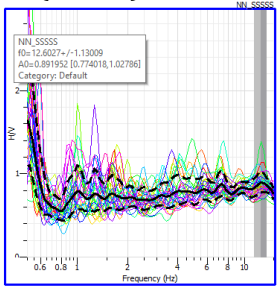
#### 3. T3 (Titik 3)



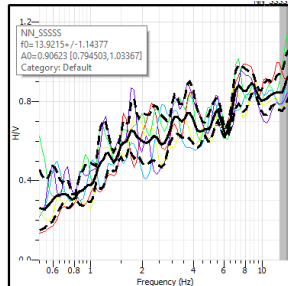
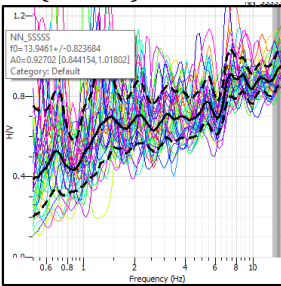
#### 4. T4 (Titik 4)



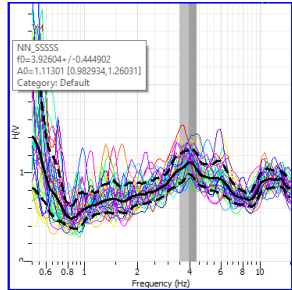
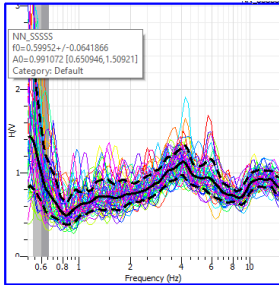
#### 5. T5 (Titik 5)



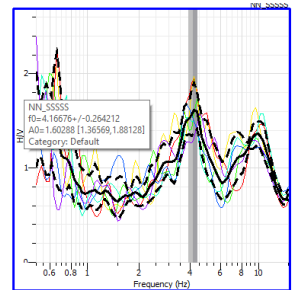
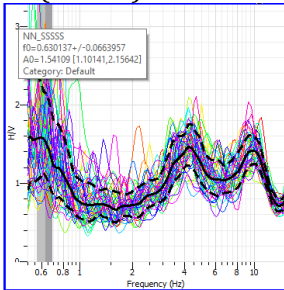
#### 6. T6 (Titik 6)



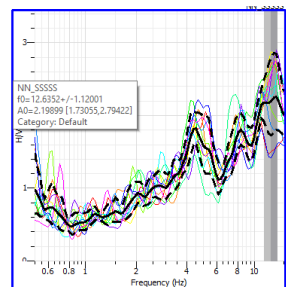
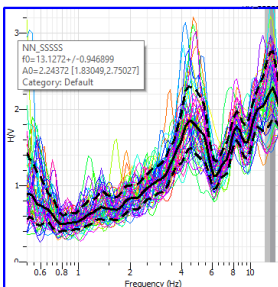
### 7. T7 (Titik 7)



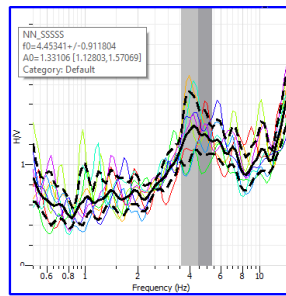
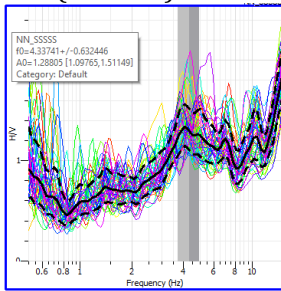
### 8. T8 (Titik 8)



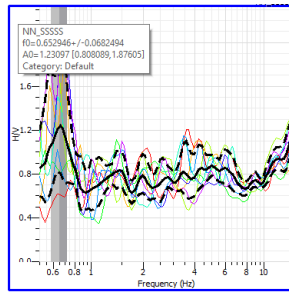
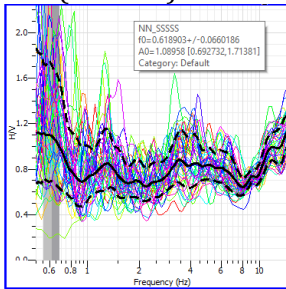
### 9. T9 (Titik 9)



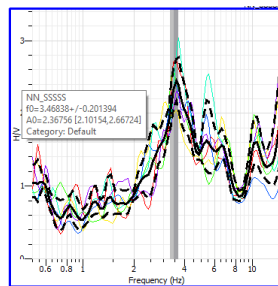
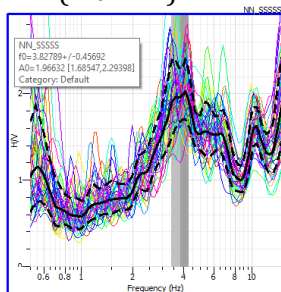
### 10. T10 (Titik 10)



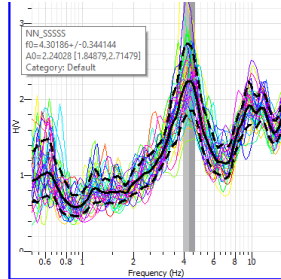
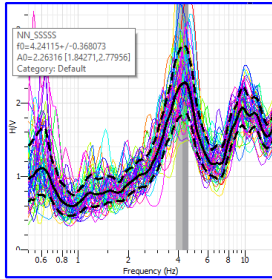
### 11. T11 (Titik 11)



### 12. T12 (Titik 12)



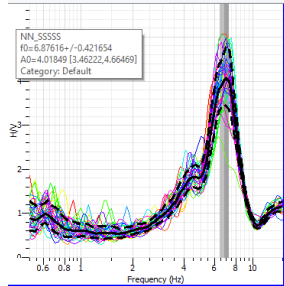
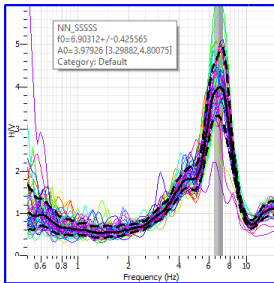
### 13. T13 (Titik 13)



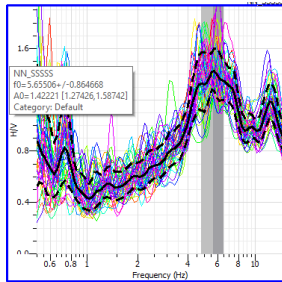
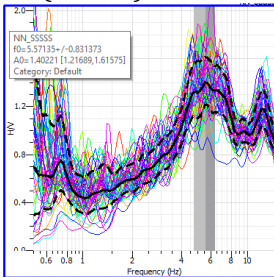
## Lampiran 2b

### Kurva H/V Zona Kedua (Kampus 2 UIN Walisongo Semarang)

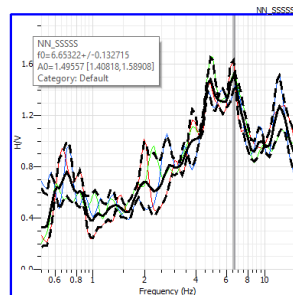
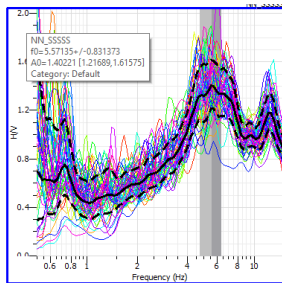
#### 1. T1 (Titik 1)



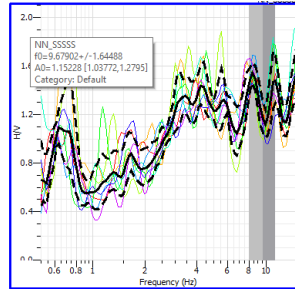
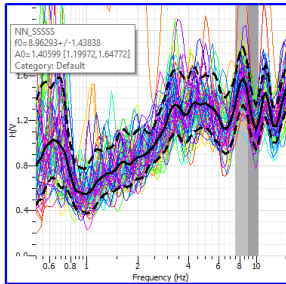
#### 2. T2 (Titik 2)



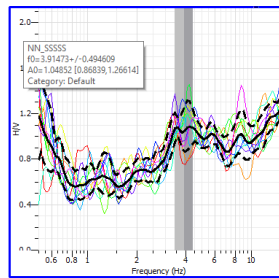
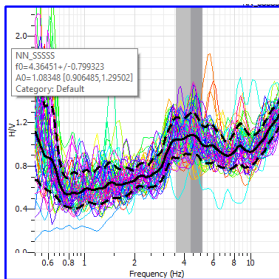
#### 3. T3 (Titik 3)



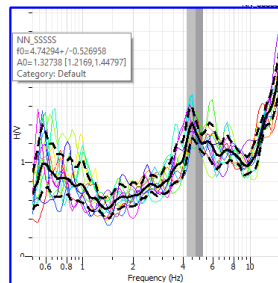
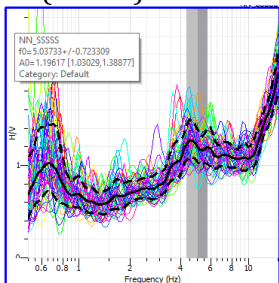
#### 4. T4 (Titik 4)



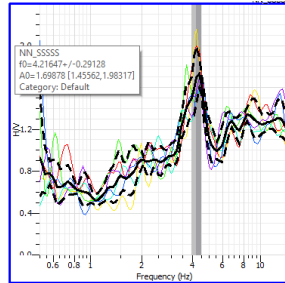
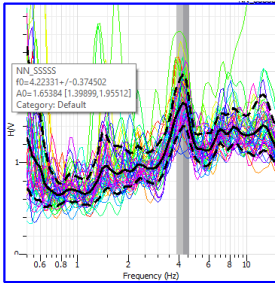
#### 5. T5 (Titik 5)



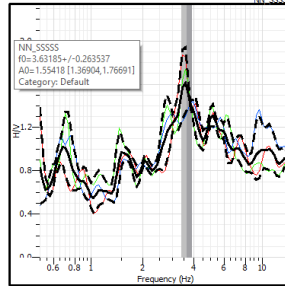
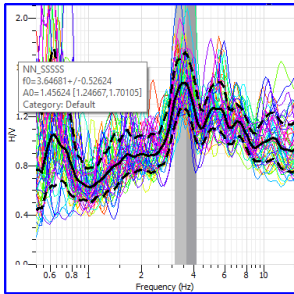
#### 6. T6 (Titik 6)



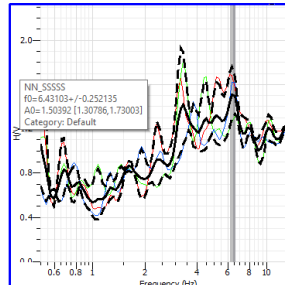
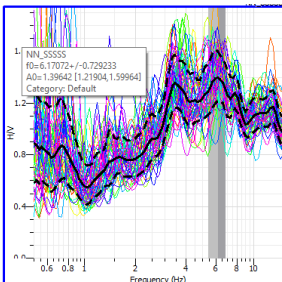
### 7. T7 (Titik 7)



### 8. T8 (Titik 8)

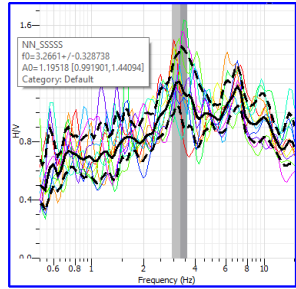
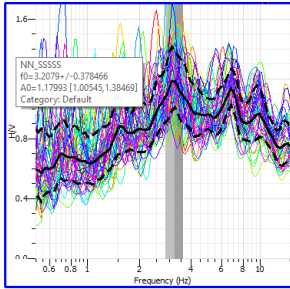


### 9. T9 (Titik 9)

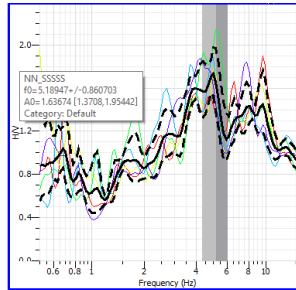
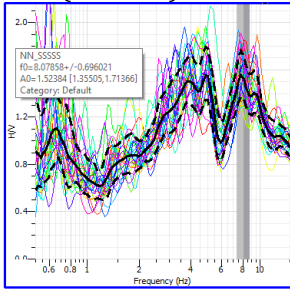




### 10. T10 (Titik 10)



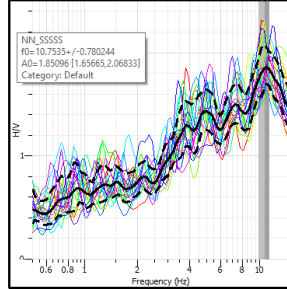
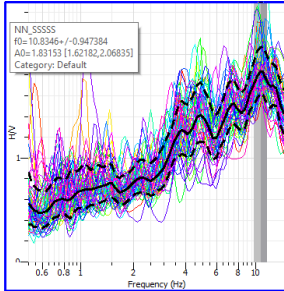
### 11. T11 (Titik 11)



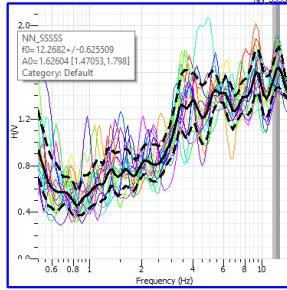
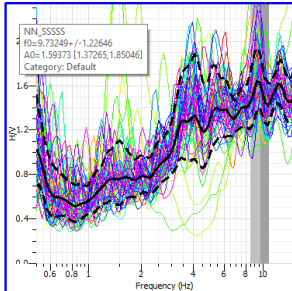
## Lampiran 2c

### Kurva H/V Zona Ketiga (Kampus 3 UIN Walisongo Semarang)

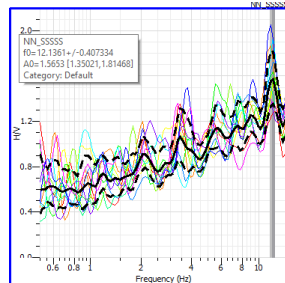
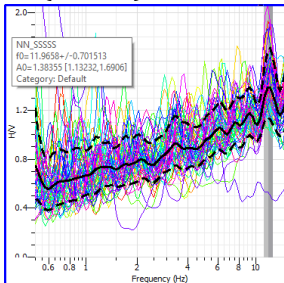
#### 1. T1 (Titik 1)



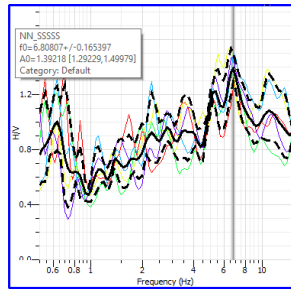
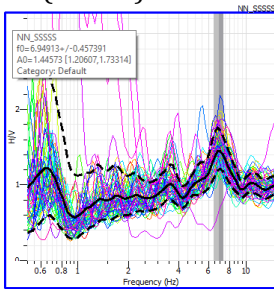
#### 2. T2 (Titik 2)



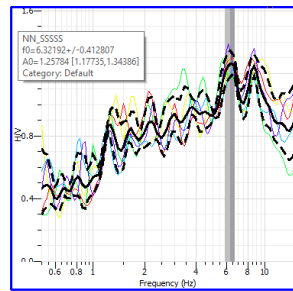
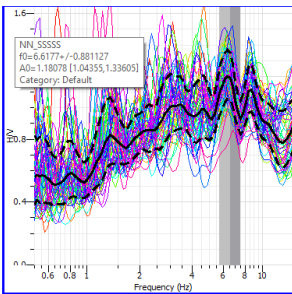
#### 3. T3 (Titik 3)



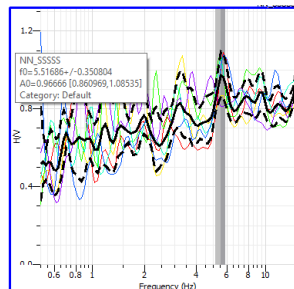
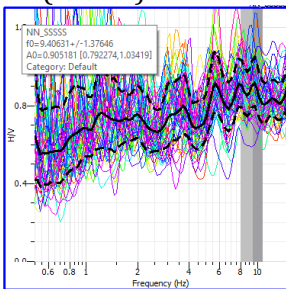
#### 4. T4 (Titik 4)



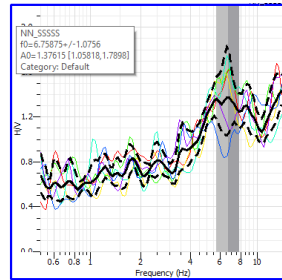
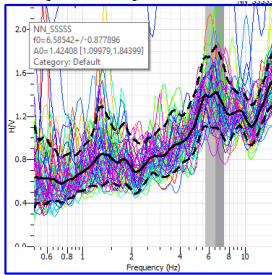
#### 5. T5 (Titik 5)



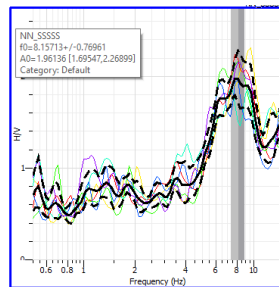
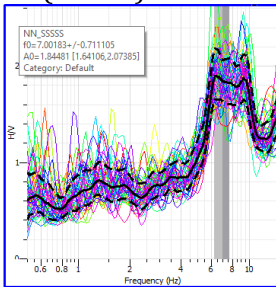
#### 6. T6 (Titik 6)



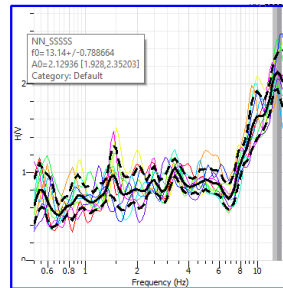
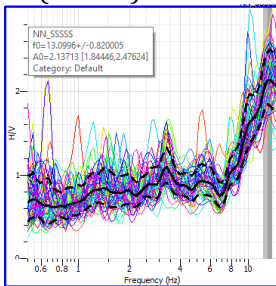
### 7. T7 (Titik 7)



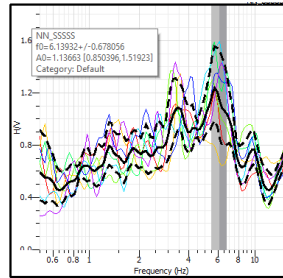
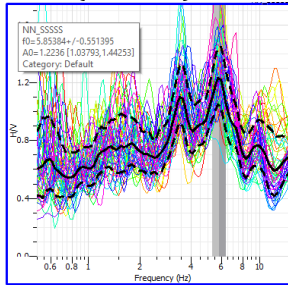
### 8. T8 (Titik 8)



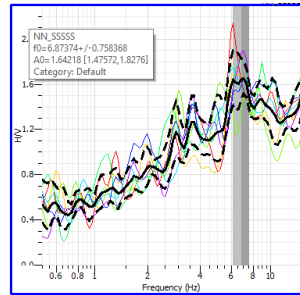
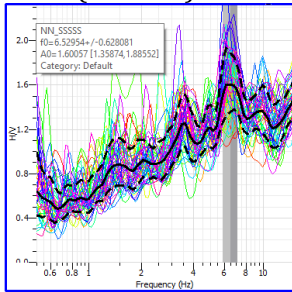
### 9. T9 (Titik 9)



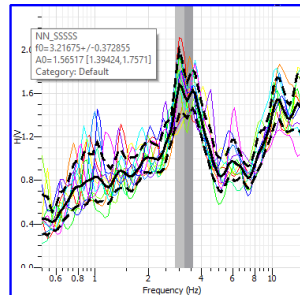
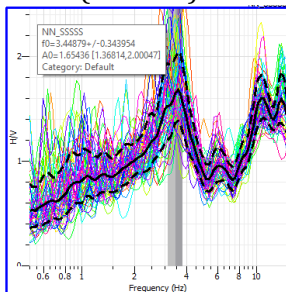
## 10. T10 (Titik 10)



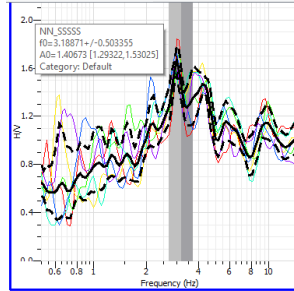
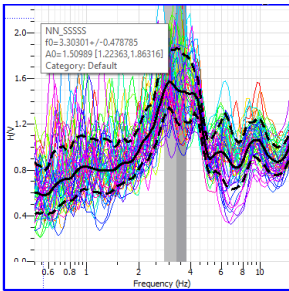
## 11. T11 (Titik 11)



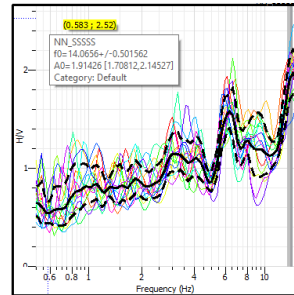
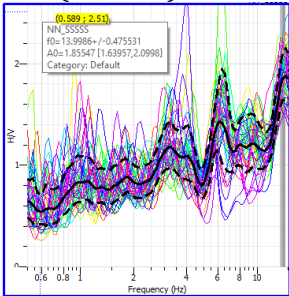
## 12. T12 (Titik 12)



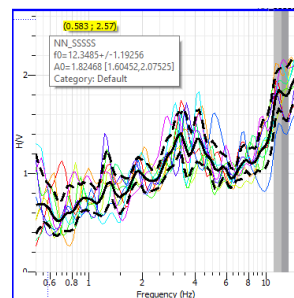
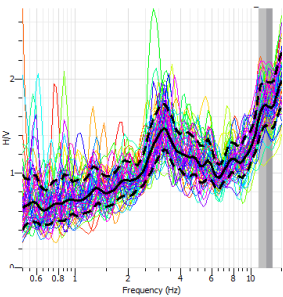
### 13. T13 (Titik 13)



### 14. T14 (Titik 14)



### 15. T15 (Titik 15)



### Lampiran 3

#### Dokumentasi Pengambilan Data

Pengambilan data mikrotremor dilakukan pada tanggal 11 April 2019 – 27 Mei 2019 di kampus UIN Walisongo Semarang.



Penentuan titik koordinat



Pemasangan instrumen  
Velbox SL06



Persiapan perkaman data  
mikrotremor



Proses perekaman data  
mikrotremor

## RIWAYAT HIDUP

### A. Identitas Diri

1. Nama : Nur Elisa Rizki
  2. Tempat, dan Tgl Lahir : Batam, 01 Agustus 1997
  3. Alamat Rumah : Pungkuran RT 03/ RW 03  
Ds. Kutoharjo, Kec.  
Kaliwungu, Kab. Kendal
- HP : 0895383030983
- Email : [nurelisaipa2@gmail.com](mailto:nurelisaipa2@gmail.com)

### B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal:
  - a. MI NU 56 Krajankulon tahun 2003 - 2009
  - b. SMPN 2 Kaliwungu tahun 2009 - 2012
  - c. SMAN 1 Kendal tahun 2012 - 2015
2. Pendidikan Non- Formal:
  - a. TPQ Raudlatul Falah Kaliwungu, Kendal
  - b. Lembaga Pendidikan Sinar Purwa Hunafa Manunggal

Semarang, 9 September 2019



**Nur Elisa Rizki**  
NIM: 1508026029