

**PEMETAAN PERSEBARAN NILAI FREKUENSI ALAMIAH  
DAN AMPLIFIKASI MENGGUNAKAN METODE HVSR DAN  
INVERSI HVSR DAERAH PIDIE**

(Skripsi)

**Oleh**

**DWI PRASETYO**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
2017**

## **ABSTRACT**

### **NATURAL FREQUENCY VALUE AND AMPLIFICATION MAPPING USING HVSR AND HVSR INVERSION METHOD IN PIDIE AREA**

**By**

**DWI PRASETYO**

Pidie Jaya regency particularly in research zone is an area which forming from young alluvial deposit with sandstone and claystone as main sediment. That condition causing the research area has a risk of earthquake impact. Identification of disturbed zone can be done by HVSR and HVSR inversion method. The purpose of this research are to analyze the distribution of dominant frequency, dominant period, amplification,  $V_{s30}$  and comparison between  $V_{s30}$  toward (HVSR) amplification value with  $V_{s30}$  toward (HVSR inversion) amplification value using microtremor data. This research begin by process the data to generate dominant frequency value, inverting data to generate  $V_s$ ,  $V_p$  and depth value, calculating the  $V_{s30}$  value, until generate the amplification and earthquake zone map in research area. Dominant frequency value in research area dominated by ( $F_0 < 0,25$  Hz) and estimated as a high value thickness of surface sediment.  $T_0$  value dominated by ( $T_0 > 0,4$  s) and estimated the characteristic of sediment rock is non-rigid rock.  $V_{s30}$  value dominated by non-rigid soil shown by the value about 42,51 – 178,73 m/s. high amplification value distributed in whole research area with about 3 – 6 times from frequency value, thus, that area has a high risk of earthquake impact. Based on the comparison between  $V_{s30}$  value and  $V_{s30}$  inversion value, there is a difference value in each data point and assumed as an effect of calculation factor of HVSR value which using homogeny thickness of sediment. While the HVSR inversion calculation using the different value of thickness in each data point, thus, influence the value of HVSR amplification and HVSR inversion.

**Keywords :** Microtremor, Dominant Frequency,  $V_{s30}$ , HVSR, HVSR Inversion, and amplification.

## **ABSTRAK**

### **PEMETAAN PERSEBARAN NILAI FREKUENSI ALAMIAH DAN AMPLIFIKASI MENGGUNAKAN METODE HVSR DAN INVERSI HVSR DAERAH PIDIE**

**Oleh**

**Dwi Prasetyo**

Kabupaten Pidie jaya khususnya di daerah penelitian merupakan wilayah yang terdiri dari endapan aluvium muda dengan sedimen berupa batu pasir dan lempung. Kondisi tersebut mengakibatkan daerah penelitian memiliki resiko gempaabumi. Indentifikasi zona rawan bencana dapat dilakukan dengan metode HVSR dan inversi HVSR. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran nilai frekuensi dominan, periode dominan, amplifikasi dan  $Vs30$ , perbandingan nilai  $Vs30$  dan amplifikasi (HVSR) dengan nilai  $Vs30$  dan amplifikasi (inversi HVSR) dengan menggunakan data mikrotremor. Tahapan dalam penelitian terdiri atas, pengolahan data untuk memperoleh nilai frekuensi dominan, inversi untuk mendapatkan nilai  $Vs$ ,  $Vp$  dan *depth*, menghitung nilai  $Vs30$ , amplifikasi dan peta zonasi gempabumi daerah penelitian. Dari hasil pengolahan data, daerah penelitian didominasi oleh ( $f_0 < 0,25$  Hz) diduga ketebalan sedimen permukaan sangat tebal. Nilai  $T_0$  didominasi oleh ( $T_0 > 0,4$  detik) diduga karakteristik batuan sedimen sangat lunak. nilai  $Vs30$  didominasi oleh lapisan tanah yang lunak dengan nilai kecepatan 42,51 - 178,73 m/s. Nilai amplifikasi yang tinggi berada pada seluruh daerah penelitian dengan nilai berkisar 3 – 6 kali, dimana daerah tersebut memiliki resiko kegempaan cukup tinggi. Berdasarkan perbandingan nilai  $Vs30$  dan inversi  $Vs30$  terdapat perbedaan nilai disetiap titik yang diduga karena faktor perhitungan nilai HVSR menggunakan ketebalan sedimen yang homogen sedangkan inversi HVSR menggunakan ketebalan yang berbeda-beda disetiap titiknya sehingga mempengaruhi nilai amplifikasi HVSR dan inversi HVSR.

Kata kunci : *Mikrotremor, Frekuensi dominan,  $Vs30$ , HVSR dan Inversi HVSR dan amplifikasi.*

**PEMETAAN PERSEBARAN NILAI FREKUENSI ALAMIAH  
DAN AMPLIFIKASI MENGGUNAKAN METODE HVSR DAN  
INVERSI HVSR DAERAH PIDIE**

**Oleh**

**DWI PRASETYO**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik  
Universitas Lampung**



**KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2017**

Judul Skripsi : **PEMETAAN PERSEBARAN NILAI  
FREKUENSI ALAMIAH DAN AMPLIFIKASI  
MENGUNAKAN METODE HVSR DAN  
INVERSI HVSR DAERAH PIDIE**

Nama Mahasiswa : **Dwi Prasetyo**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315051016

Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

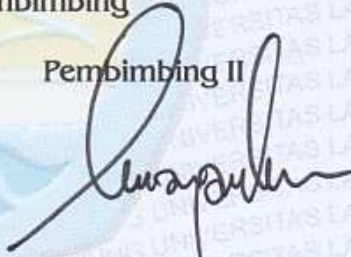
**1. Komisi Pembimbing**

Pembimbing I

Pembimbing II

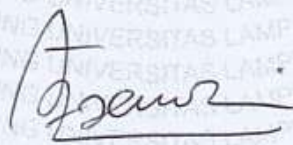
  
**Rustadi, S.Si., M.T.**

NIP 19720511 199703 1 002

  
**Karyanto, S.Si., M.T.**

NIP 19691230 199803 1 001

**2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika**

  
**Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.**

NIP 19720928 199903 1 001



## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Ketua

: **Rustadi, S.Si., M.T.**

Sekretaris

: **Karyanto, S.Si., M.T.**

Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Muh. Sarkowi, S.Si., M.Si.**

### 2. Dekan Fakultas Teknik

**Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.**

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 Oktober 2017**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 Oktober 2017



Dwi Prasetyo

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 01 Juni 1995. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Marsudi dan Ibu Masinah. Penulis mengawali pendidikan Taman Kanak – kanak di TK Taruna Jaya Way Halim, Bandar Lampung pada tahun 2001 dan melanjutkan ke jenjang Sekolah Dasar di SD N 1 Perumnas Way Halim, Bandar Lampung pada tahun 2007. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Al - Kautsar, Bandar Lampung pada tahun 2010. Dan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Al - Kautsar, Bandar Lampung pada tahun 2013. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Tes Tertulis). Pada periode 2013/2014 penulis tercatat sebagai anggota divisi *Fieldtrip* AAPG SC UNILA dan juga sebagai anggota SEG SC Universitas Lampung. Pada periode 2015/2016 penulis menjadi anggota Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana Universitas Lampung. Pada periode 2016 penulis juga tercatat sebagai anggota divisi *Human Resources Development* AAPG SC UNILA. Pada Januari tahun 2016 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata pada Desa Tri Tunggal Jaya, Kecamatan Banjar Agung, Kabupaten Tulang Bawang. Pada Tahun 2016 penulis berperan sebagai Ketua K3



pada kegiatan GWES (*Geophysics Workshop Expo & Seminar*). Didalam pengaplikasian ilmu di bidang Geofisika penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktek di PT. Dizamatra powerindo Lahat, Sumatra Selatan dan mengambil tema “Interpretasi Data Log Menggunakan Log Gamma Ray dan Log Desnsitas Serta Menentukan Cadangan dengan Mengkorelasikan Antar Sumur Bor Menggunakan Metode Cross-Section Pada lapangan “X” di PT. Dizamatra Powerindo, Lahat, Sumatra Selatan”. Penulis juga melakukan Tugas Akhir (TA) untuk penulisan skripsi pada Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Bandung hingga akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada tanggal 13 Oktober 2017 dengan skripsi yang berjudul **“Pemetaan Persebaran Nilai Frekuensi Alamiah dan Amplifikasi Menggunakan Metode HVSR dan Inversi HVSR Daerah Pidie”**

## PERSEMBAHAN

*Aku persembahkan karyaku ini untuk:  
Ayah Tercinta Marsudi., S.I.Kom. M.Si.  
dan Ibu Tercinta Masinah*

Apapun kebaikan yang ku lakukan kepada mereka takan pernah membalas apapun itu, tapi kebanggaan yang ku punya memiliki orang tua yang sangat menyayangiku apa adanya

*Kakakku Eko Purnama*

Terimakasih atas segala apapin yang kau berikan, terimakasih atas pengalaman yang menarik dan terimakasih telah menjadi kakakku yang sabar akan kelakuanku. Kau adalah kebahagiaan yang kupunya

*Teknik Geofisika Universitas Lampung 2013*

Mereka adalah cerita kecil yang membuatku terkesan akan hal yang takkan pernah kulupakan

*Keluarga Besar Teknik Geofisika UNILA  
Almamater Tercinta Universitas Lampung*

## MOTTO

***Keegoan dan keangkuhan hanyalah perisai diri, tetapi sabar dan terus ikhtiar adalah perisai hati***

*(Penulis)*

***Mencoba adalah kunci untuk mengetahui hasil***

*(Penulis)*

***Orang yang suka berkata jujur mendapatkan tiga hal :  
kepercayaan, cinta dan rasa hormat***

*(Ali bin Abi Thalib)*

***Jadilah kamu manusia yang pada kelahiranmu semua orang  
tersenyum bahagia, tetapi hanya kamu sendiri yang menangis  
dan pada kematianmu semua orang menangis sedih, tetapi hanya  
kamu yang tersenyum***

*(Mahatma Ghandi)*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur saya panjatkan kepada Allah Swt, Tuhan Yang Maha Esa atas segala nikmat dan rahmatnya sehingga saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“Pemetaan Persebaran Nilai Frekuensi Alamiah dan Amplifikasi Menggunakan Metode HVSR dan Inversi HVSR Daerah Pidie”** Skripsi ini merupakan hasil dari Tugas Akhir yang penulis laksanakan di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG).

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan bermanfaat guna pembaruan ilmu di masa yang akan datang. Penulis sadar pada skripsi ini masih banyak kesalahan dan jauh dari kata sempurna, untuk itu jika ditemukan kesalahan pada penulisan skripsi ini, kiranya dapat memberikan saran maupun kritik pada penulis.

Demikianlah kata pengantar yang dapat disampaikan, apabila ada salah kata saya mohon maaf dan kepada Allah SWT saya mohon ampun.

Penulis

**Dwi Prasetyo**

## SANWACANA

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Dalam pelaksanaan dan penyelesaian ini tentunya tidak lepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang bersangkutan :

1. Orangtuaku, **Ibu Masinah** dan **Bapak Marsudi, S.I.Kom., M.Si.** yang tidak lelah mendoakan dan memberikan semangat untuk kesuksesan penulis
2. Kakakku **Eko Purnama, S.T.** yang selalu memberikan motivasi dan doanya untuk kesuksesan penulis
3. Bapak **Rustadi, S.Si., M.T.**, sebagai Pembimbing I serta yang telah memberikan waktu, pengarahan, motivasi serta bantuan yang begitu besar sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
4. Bapak **Karyanto, S.Si., M.T.**, selaku Pembimbing II yang telah memberikan waktu, saran, pengarahan dan motivasi serta bantuan yang begitu besar sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
5. **Bapak Muh. Sarkowi**, selaku pembimbing utama atas ketersediaannya membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi.



6. Bapak **Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung dan sebagai Pembimbing Akademik yang telah memberikan waktu, saran, pengarahan dan motivasinya.
7. Bapak **Cecep Sulaiman, M.Si.** , selaku pembimbing di PVMBG yang telah memberikan waktu, bimbingan, arahan, serta segudang ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
8. Seluruh Dosen dan Staff TU Jurusan Teknik Geofisika, Staff Dekanat Fakultas Teknik, Staff Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, terimakasih atas bantuannya.
9. Sahabatku hingga kini **Tenisyah, Agung Apriadi, Ikhu, Rizki udin, Acil, Regay, Nep, Saka, Ipan, Kang Supra, Zekha Jidad, Jefri, Diah, Desti, Anita, Faizah, Marfi, Giga dan Indah** yang selalu memberikan suport dan kebahagiaan penulis
10. **Fajri, Kurnia dan Aloy**, teman seperjuangan tugas akhir yang menemani saat gabut, jenuh dan membantu saat kesulitan melanda di perantauan.
11. **Sabana, Eci, Atikah dan Ririn** yang dari maba sampai sekarang selalu menyupport agar cepat menyelesaikan skripsi ini.
12. **Egi, Aloy, Wuri, Niko, Haris, Edi, Fajri, Dono, Nafis, Reza, Kurnia, Udin, Sule, Ujep, Dian, Alis, Pipit dan Ulfa** yang selalu tempat nebeng untuk beristirahat saat lelah dan teman tergila saat gabut melanda.
13. Keluarga Teknik Geofisika 2013 tercinta, **Abdi, Agung, Aji, Imbron, Alicya, Aristo, Atikah, Nafis, Cahaya, Deswita, Dian, Dody, Edy, Egi, Endah, Farkhan, Bunga, Feni, Eci, Harris, Herlin, Aloy, Hanun, Kholilur, Kubel, Fajri, Reza, Nico, Noris, Bana, Pipit, Priesta, Putu, Rafi, Ravide, Ririn,**

**Ryan, Shiska, Suryadi, Udin, Ulfa, Widia, Winda, Wuri, Yasrifa, Yeni, Helton, Azhary, Haidar,** yang tak pernah lelah saling menyemangati dan memotivasi untuk segera pergi dari TG.

14. Kak Ucup, Kak Kukuh, Kak Doni, Ikhwan, dan Sule 12 yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini dan adik-adik TG14,TG15,TG.

15. Semuapihak yang telah membantu terlaksananya Tugas Akhirini.

Semoga do'a, bantuan, bimbingan dan motivasi yang kalian berikan mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi yang sederhana ini bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis pribadi dan pengembangan pengetahuan pada umumnya

**Penulis**

**Dwi Prasetyo**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>x</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>SANWCANA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
 <b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	3
C. Batasan Masalah .....	3
D. Batasan Masalah .....	3
 <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Letak dan Lokasi Penelitian.....	4

B. Kondisi Geologi Regional.....	6
C. Struktur Geologi Lokal .....	9
D. Sejarah Bencana Provinsi Aceh .....	13

### III. TEORI DASAR

A. Klasifikasi Gempabumi .....	16
B. Gelombang Seismik.....	17
1. Gelombang badan ( <i>body wave</i> ).....	17
2. Gelombang permukaan ( <i>surface wave</i> ).....	20
C. Mikrotremor .....	21
D. Mikrozonasi .....	23
1. <i>Horizontal to vertical spectral ratio (HVSr)</i> .....	24
2. Fast fourier transform.....	26
3. Frekuensi dominan .....	27
4. Periode dominan.....	28
5. Inversi <i>HVSr</i> .....	29
6. <i>Vs30</i> .....	31
7. Amplifikasi.....	34

### IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	37
C. Data dan Sumber Data .....	38
D. Prosedur Pengolahan Data .....	39
E. Jadwal Penelitian .....	39
F. Diagram Alir .....	40

### V. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan.....	41
B. Pembahasan.....	41
1. Analisis peta persebaran nilai frekuensi dominan .....	43
2. Analisis peta persebaran nilai periode dominan.....	46
3. Analisis peta persebaran nilai <i>Vs30</i> .....	48
4. Analisis peta persebaran nilai amplifikasi.....	50
5. Analisis peta 3D <i>vs</i> .....	52
6. Analisis peta persebaran nilai inversi <i>Vs30</i> .....	54
7. Analisis peta persebaran nilai inversi amplifikasi.....	57

### VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan .....	60
B. Saran.....	61

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Tataan tektonik wilayah Indonesia bagian barat.....	1
<b>Gambar 2.</b> Peta batas wilayah Kabupaten Pidie jaya .....	5
<b>Gambar 3.</b> Peta geologi Kabupaten Pidie jaya .....	12
<b>Gambar 4.</b> Gelombang primer (P) .....	18
<b>Gambar 5.</b> Gelombang sekunder (S) .....	19
<b>Gambar 6.</b> Gelombang <i>rayleigh</i> .....	20
<b>Gambar 7.</b> Gelombang <i>love</i> .....	21
<b>Gambar 8.</b> Perbedaan sinyal tremor dan gempa bumi .....	23
<b>Gambar 9.</b> Prinsip dasar respon lokasi mikrotremor .....	32
<b>Gambar 10.</b> Konsep dasar amplifikasi gelombang seismik dan frekuensi resonansi di tanah permukaan.....	35
<b>Gambar 11.</b> Diagram alir penelitian .....	40
<b>Gambar 12.</b> Peta Kecamatan daerah Pidie jaya .....	42
<b>Gambar 13.</b> Peta persebaran nilai $f_0$ .....	45
<b>Gambar 14.</b> Peta persebaran nilai $T_0$ .....	47
<b>Gambar 15.</b> Peta persebaran nilai $V_{s30}$ .....	49
<b>Gambar 16.</b> Peta persebaran nilai amplifikasi .....	51
<b>Gambar 17.</b> Peta persebaran nilai inversi $V_{s30}$ .....	53
<b>Gambar 18.</b> Peta persebaran nilai inversi amplifikasi .....	56



<b>Gambar 19.</b> Peta 3D <i>cross-section</i> 2 gelombang share ( <i>vs</i> ) .....	58
<b>Gambar 20.</b> Peta 3D gelombang share ( <i>vs</i> ) .....	58
<b>Gambar 21.</b> Peta 3D <i>cross-section</i> 1 gelombang share ( <i>vs</i> ) .....	59

## DAFTAR TABEL

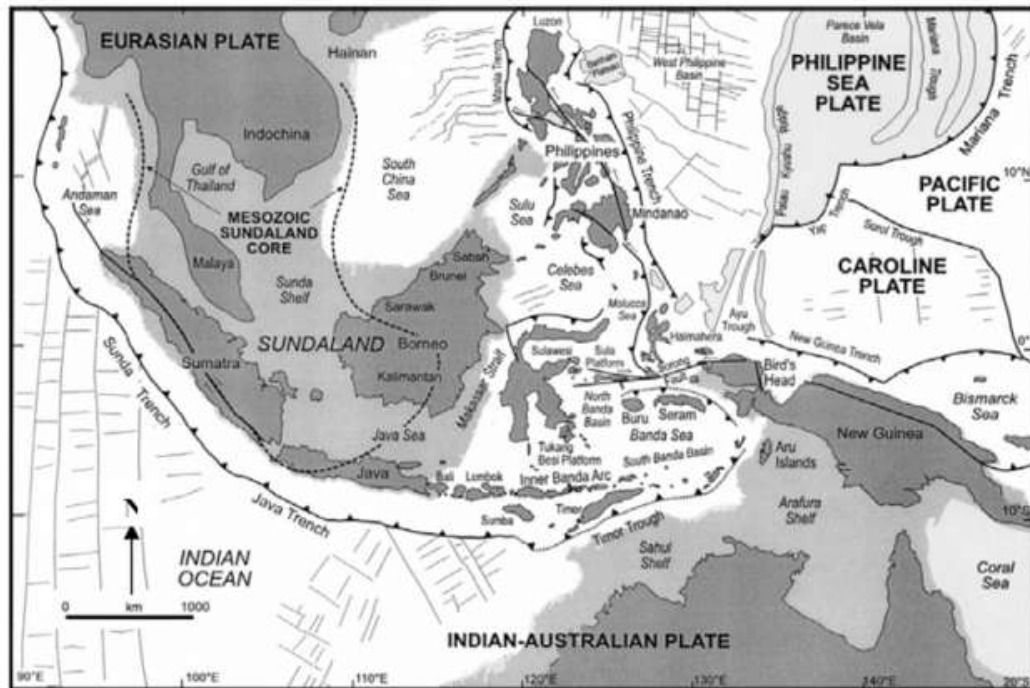
	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 1.</b> Kecepatan rambat gelombang P dan S pada medium rambat .....	19
<b>Tabel 2.</b> Tabel klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor oleh Kanai.....	27
<b>Tabel 3.</b> Klasifikasi tanah Kanai – Omote – Nakajima .....	28
<b>Tabel 4.</b> Klasifikasi jenis batuan berdasarkan national earthquake hazard reduction program (NEHRP).....	33
<b>Tabel 5.</b> Pembagian zona amplifikasi tanah .....	36
<b>Tabel 6.</b> Tabel penelitian .....	39
<b>Tabel 7.</b> Perbedaan nilai $V_{s30}$ dan $V_{s30}$ inversi.....	52
<b>Tabel 8.</b> Perbedaan nilai amplifikasi dan amplifikasi inversi.....	55

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Gempabumi merupakan suatu kejadian alami yang sampai saat ini belum dapat diprediksi waktu, kapan dan seberapa kuat intensitas gempabumi yang akan terjadi. Penyebab terjadinya gempabumi ini disebabkan oleh banyak hal, seperti pergeseran lempeng, erupsi gunungapi, atau kejadian yang disebabkan oleh tangan manusia seperti ledakan atau meruntuhkan gua di bawah tanah untuk proses penambangan.

Provinsi Aceh tercatat memiliki sejarah kegempaan yang tinggi dimana dalam kurun waktu 2007 – 2010 terdapat kegempaan dengan intensitas 5 – 7,5 SR. Tingginya frekuensi gempa diakibatkan daerah ini berada pada Sesar Sumatra yang terletak di darat dan lajur subduksi Sunda yang terletak di laut terlihat pada **Gambar 1**. Dinamika tektonik wilayah ini dipengaruhi oleh aktivitas tumbukan antara Lempeng Benua Eurasia dan Lempeng Samudra India – Australia (Hall, 2002).



**Gambar 1.** Tataan tektonik wilayah Indonesia bagian barat (Hall, 2002).

Daerah yang akan dilakukan penelitian adalah daerah Kabupaten Pidie Jaya yang terletak dibagian barat dari Provinsi Aceh. Daerah ini dipengaruhi oleh aktivitas sesar yang menghasilkan frekuensi kegempaan tinggi. Gempabumi dengan magnitude 6,4 SR yang berpusat pada kordinat 5,25 LU – 96,24 BT dengan titik hiposenter berada pada kedalaman 10 km di dalam permukaan bumi pada bulan Desember 2016.

Upaya mitigasi adalah kemampuan untuk mereduksi dampak kegempaan di Pidie, untuk mengurangi dampak yang dapat terjadi maka diperlukan mitigasi respon terhadap dampak gempa, diantaranya karakter *site-effect* tanah. Kajian *site effect* berupa frekuensi alamiah tanah yang mencerminkan kerentanan terhadap gangguan kegempaan. Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan metode HVSR untuk menentukan daerah zona rawan gempabumi dan menginversi data

mikrotremor untuk mendapatkan nilai  $v_s$  sebagai penentuan karakteristik struktur bawah permukaan agar dapat memudahkan pembangunan pada daerah penelitian.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Menganalisis persebaran nilai frekuensi, periode, amplifikasi dan  $V_{s30}$  berdasarkan data mikrotremor
2. Membandingkan nilai  $v_{s30}$  (HVSR) dengan nilai  $v_{s30}$  (inversi HVSR)
3. membandingkan nilai amplifikasi (amplitudo mikrotremor HVSR) dengan amplifikasi (inversi HVSR).

## **C. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian, sebagai berikut :

1. Penelitian site effect berada di Pidie Jaya, dengan jumlah data 50 titik pengukuran secara random. Data berupa data primer
2. Analisis persebaran nilai  $f_0$  ,  $T_0$  , Amplifikasi gempa bumi  $V_s$  dengan menggunakan metode HVSR dan inversi data HVSR.

## **D. Manfaat Penelitian**

Memberikan informasi *site effect* daerah Pidie yang dapat digunakan untuk dasar pembangunan infrastruktur wilayah dalam upaya mitigasi bencana dengan melakukan pemetaan mikrozonasi gempa agar dapat meminimalisir dampak kerugian di daerah Pidie.



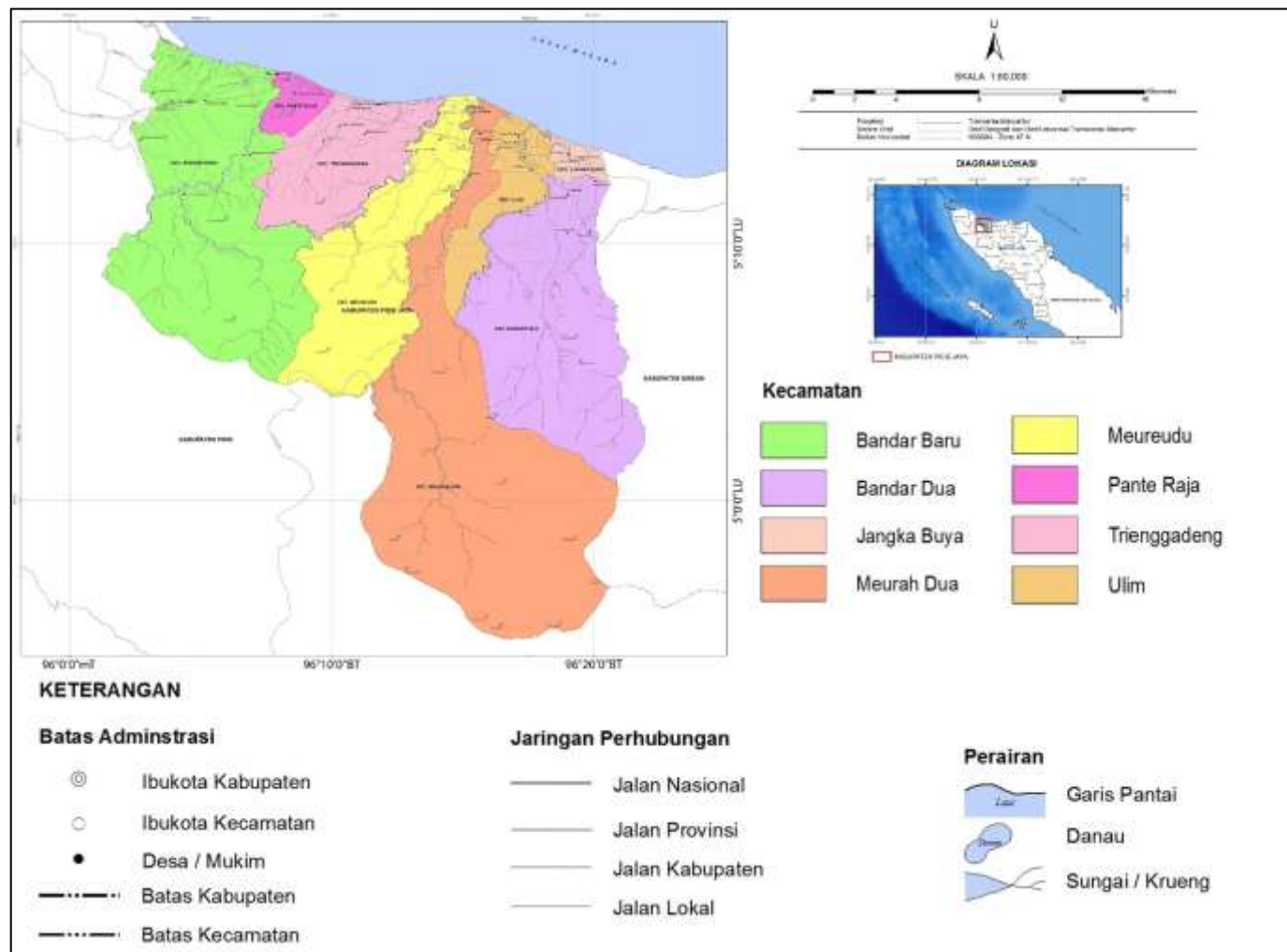
## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Letak dan Lokasi Penelitian**

Daerah penelitian ini dilakukan di Kabupaten Pidie Jaya. Pidie Jaya adalah salah satu kabupaten di wilayah provinsi Nanggroe Aceh Darussalam, dengan luas wilayah Kabupaten Pidie Jaya 1. 162,84 km<sup>2</sup>. Letak Georafis Kabupaten Pidie Jaya berada pada 4°54' 15,702"N - 5° 18' 2,244" N dan 96°1' 13,656"E - 96°22'1,007"E.

Batas - batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Utara berbatasan langsung dengan Selat Malaka,
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Samalanga Kabupaten Bireuen,
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pidie (Kecamatan Tangse, Kecamatan Geumpang dan Kecamatan Mane),
- Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Pidie (Kecamatan Geuleumpang Tiga, Kecamatan Geuleumpang Baro, dan Kecamatan Keumbang Tanjong) (Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya, 2014).



**Gambar 2.** Peta batas wilayah Kabupaten Pidie jaya (Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya, 2014).

## **B. Kondisi Geologi Regional**

Aktivitas geologi di wilayah Aceh dimulai pada zaman Miosen, yakni saat diendapkannya batuan yang dikenal sebagai Formasi Woyla. Pada zaman tersebut dihasilkan struktur geologi yang berarah selatan - utara, yang diikuti oleh permulaan subduksi lempeng India - Australia terhadap lempeng Eurasia pada zaman Yura Akhir. Pada periode Yura Akhir - Kapur diendapkan satuan batuan vulkanik. Selanjutnya, di atas satuan ini diendapkan batu gamping (mudstone dan wreckstone) secara tak selaras berdasarkan ditemukannya konglomerat atas.

Di Sumatera, penunjaman tersebut juga menghasilkan rangkaian busur pulau depan (forearch islands) yang non - vulkanik (seperti: P. Simeulue, P. Banyak, P. Nias, P. Batu, P. Siberut hingga P. Enggano), rangkaian pegunungan Bukit Barisan dengan jalur vulkanik di tengahnya, serta sesar aktif 'The Great Sumatera Fault' yang membelah Pulau Sumatera mulai dari Teluk Semangko hingga Banda Aceh. Sesar besar ini menerus sampai ke Laut Andaman hingga Burma. Patahan aktif Semangko ini diperkirakan bergeser sekitar sebelas sentimeter per tahun dan merupakan daerah rawan gempa bumi dan tanah longsor.

Di samping patahan utama tersebut, terdapat beberapa patahan lainnya, yaitu: Sesar Aneuk Batee, Sesar Samalanga - Sipopok, Sesar Lhokseumawe, dan Sesar Blangkejeren (Sieh dan Natawidjaja, 2000). Khusus untuk Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar dihipit oleh dua patahan aktif, yaitu Darul Imarah dan Darussalam. Patahan ini terbentuk sebagai akibat dari adanya pengaruh tekanan tektonik secara global dan lahirnya kompleks subduksi sepanjang tepi barat Pulau

Sumatera serta pengangkatan Pegunungan Bukit Barisan. Daerah - daerah yang berada di sepanjang patahan tersebut merupakan wilayah yang rawan gempa bumi dan tanah longsor, disebabkan oleh adanya aktivitas kegempaan dan kegunungapian yang tinggi. Banda Aceh sendiri merupakan suatu dataran hasil amblesan sejak Pliosen, hingga terbentuk sebuah graben. Dataran yang terbentuk tersusun oleh batuan sedimen, yang berpengaruh besar jika terjadi gempa bumi di sekitarnya.

Penunjaman Lempeng India – Australia juga mempengaruhi geomorfologi Pulau Sumatera. Adanya penunjaman menjadikan bagian barat Pulau Sumatera terangkat, sedangkan bagian timur relatif turun. Hal ini menyebabkan bagian barat mempunyai dataran pantai yang sempit dan kadang - kadang terjal. Pada umumnya, terumbu karang lebih berkembang dibandingkan berbagai jenis bakau. Bagian timur yang turun akan menerima tanah hasil erosi dari bagian barat (yang bergerak naik), sehingga bagian timur memiliki pantai yang datar lagi luas. Di bagian timur, gambut dan bakau lebih berkembang dibandingkan terumbu karang. Dengan gambaran tersebut di atas, maka tidak hanya wilayah Aceh, namun wilayah - wilayah lain di pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa dan Nusa Tenggara juga perlu mewaspadaai kemungkinan bencana serupa.

Batuan di Aceh dapat dikelompokkan menjadi batuan beku dan batuan metamorfik atau malihan, batuan sedimen dan gunungapi tua, batugamping, batuan gunung api muda, serta endapan aluvium. Secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

1. Kelompok batuan beku dan batuan metamorfik—terdiri dari: granit, diorit, gabro, sekis, dan batu sabak—terdapat di bagian tengah Bukit Barisan. Batuan bersifat padu, kelulusan airnya rendah, daya dukung fondasi bangunan umumnya baik, mampu mendukung bangunan bertingkat tinggi, dan jarang menjadi akuifer. Granit, diorit, dan gabro dapat digunakan sebagai bahan bangunan, meskipun tidak se bagus andesit. Tanah hasil pelapukannya bertekstur lempung hingga pasir. Kesuburan potensialnya tergolong sedang karena kandungan silikanya yang tinggi.
2. Kelompok batuan sedimen dan gunungapi tua—terdiri dari breksi, konglomerat, dan lava—terdapat di bagian tepi Bukit Barisan dan daerah perbukitan rendah yang membentang dari Sigli hingga Pangkalanbrandan di Sumatera Utara. Sifat batuan umumnya padu, kelulusan airnya rendah, mampu mendukung bangunan bertingkat, dan dapat menjadi akuifer dengan produktifitas kecil hingga sedang. Tanah hasil pelapukannya bertekstur lanau hingga pasir. Kesuburan potensialnya berkisar rendah hingga sedang.
3. Batugamping terdapat memanjang di daerah Lhok Nga, sebelah selatan Banda Aceh, dan di Lampeunerut. Bersifat padu atau berongga, kelulusannya beragam tergantung dari banyaknya rongga. Pada batugamping padu, daya dukung terhadap pondasi tergolong bagus. Batugamping dapat digunakan sebagai bahan bangunan dan bahan baku semen. Tanah hasil pelapukannya bertekstur lempung dan umumnya mempunyai kesuburan potensial tinggi.
4. Kelompok batuan gunungapi muda—terdiri dari tufa, aglomerat, breksi vulkanik, dan lava—terdapat di daerah perbukitan di sebelah selatan



Lhokseumawe. Pada umumnya batuan bersifat agak padu, kelulusan airnya sedang hingga tinggi, dan daya dukung pondasi bagus. Tanah hasil pelapukannya bertekstur lempung, lanau dan pasir; kesuburan potensialnya tinggi.

5. Kelompok endapan aluvium—terdiri dari lempung dan pasir—terdapat di sepanjang pantai dan di sepanjang DAS Krueng Aceh, termasuk Kota Banda Aceh. Endapan masih bersifat lepas hingga agak padu, kelulusan airnya rendah hingga sedang, daya dukung pondasinya rendah hingga sedang, dan kesuburan potensial tanahnya rendah hingga tinggi.

Secara geologis, Aceh berada di jalur penunjaman dari pertemuan lempeng Asia dan Australia, serta berada di bagian ujung patahan besar Sumatera (sumatera fault/transform) yang membelah pulau Sumatera dari Aceh sampai Selat Sunda yang dikenal dengan Patahan Semangko. Zona patahan aktif yang terdapat di wilayah Aceh adalah wilayah bagian tengah, yaitu di Kabupaten Aceh Besar, Pidie, Pidie Jaya, Aceh Tengah, Gayo Lues, Aceh Tenggara, Aceh Barat, Nagan Raya, Aceh Barat Daya, dan Aceh Selatan. Hal ini dapat menyebabkan Aceh mengalami bencana geologis yang cukup panjang (Hall, 2002).

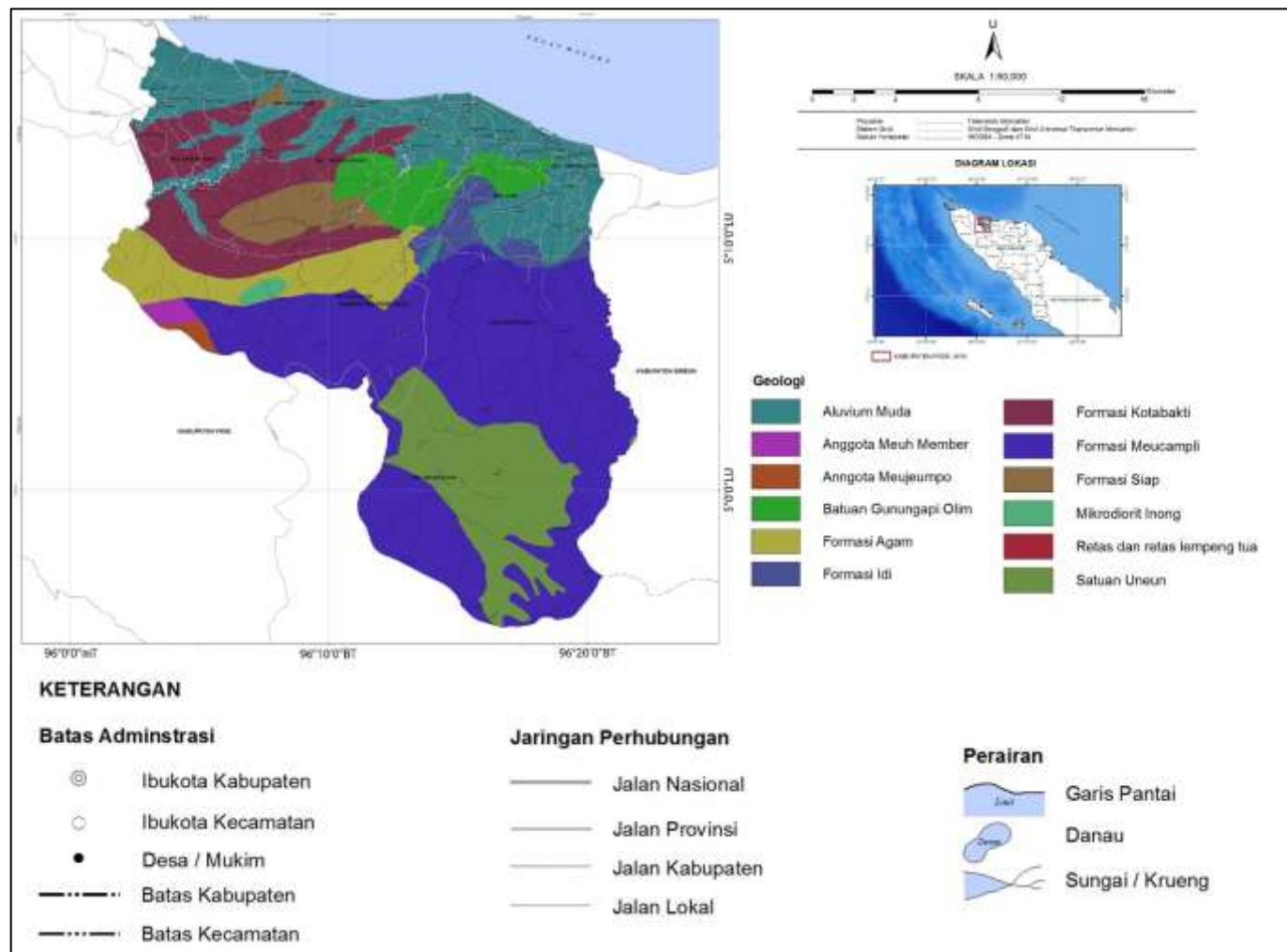
### **C. Struktur Geologi Lokal**

Berdasarkan peta geologi pada **Gambar 3**, struktur geologi daerah penelitian sebagai berikut :

- a. **Qh** adalah endapan permukaan yang tersusun oleh endapan pesisir dan fluvial terbentuk pada Zaman Kuartar Holosen

- b. **Tuktm** adalah anggota meuh member yang terdiri dari batu konglomerat aneka - bahan, batu pasir konglomerat, batu lanau dan batu gamping yang terbentuk pada zaman tersier kala miosen awal
- c. **Timj** adalah anggota meujeompo yang terdiri dari batu pasir gampingan, batu gamping dan serpih terbentuk pada zaman tersier kala oligosen akhir.
- d. **Qvo** adalah batuan gunungapi olim yang tersusun oleh breksi andesit dan batupasir tufaan terbentuk pada zaman kuarter kala plistosen.
- e. **Tla** adalah formasi agam yang terdiri dari batu lanau berari, batu pasir, breksi dalam formasi batu gamping, dan batu berglaukonit yang terbentuk pada zaman Tersier kala oligosen akhir.
- f. **Qpi** adalah formasi IDI dimana formasi ini tersusun kerikil agak mampat, pasir, batu gamping dan lempung terbentuk pada zaman kuarter kala plistosen
- g. **Tukt** adalah formasi kota bakti yang terdiri dari batu lumpur dan batu lanau gampingan, batu pasir kurang, konglomerat, batu gamping dan tufa pada zaman tersier kalam miosen awal.
- h. **Tim** adalah formasi meucamplici, formasi ini tersusun dari batu lumpur dan batu pasir tak terbedakan yang terbentuk pada zaman tersier kala oligosen.
- i. **Tpsi** adalah formasi siap yang terdiri dari batu konglomerat, sedimen asal gunung api, batu pasir gampingan batu lumpur yang terbentuk pada zaman Tersier kala pliosen
- j. **Tii** adalah batu mikrodiorit yang terbentuk pada zaman Tersier kala oligosen

- k. **Tmds** adalah anggota retas dan retas lempeng tua yang terdiri dari batu mikrogabro terprofilitkan terbentuk pada zaman Tersier kala miosen tengah.
- l. **Mpn** adalah satuan uneun yang tersusun oleh batu sabak, meta batu gamping dan sedikit meta guung api.



**Gambar 3.** Peta geologi Kabupaten Pidie Jaya (Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya, 2014)

#### **D. Sejarah Bencana Provinsi Aceh**

Berdasarkan catatan bencana geologis, tsunami pernah terjadi pada tahun 1797, 1891, 1907 dan tanggal 26 Desember tahun 2004 adalah catatan kejadian ekstrim terakhir yang menimbulkan begitu banyak korban jiwa dan harta. Kawasan dengan potensi rawan tsunami yaitu di sepanjang pesisir pantai wilayah Aceh yang berhadapan dengan perairan laut yang potensial mengalami tsunami seperti Samudera Hindia di sebelah barat (Aceh Jaya, Aceh Barat, Nagan Raya, Aceh Barat Daya, Aceh Selatan, Aceh Singkil, dan Simeulue), perairan Laut Andaman di sebelah utara (Banda Aceh, Aceh Besar, dan Sabang), dan perairan Selat Malaka di sebelah utara dan timur (Pidie, Pidie Jaya, Bireuen, Aceh Utara, Lhokseumawe, Aceh Timur, Langsa, dan Aceh Tamiang).

Gempa bumi yang terjadi selama kurun waktu 2007 - 2010 di Aceh sebanyak 97 kali dengan kekuatan  $>5$  sampai dengan 7,5 Skala Richter. Kejadian diprediksi akan berulang karena Aceh berada diatas tumbukan lempeng dan patahan. Dampak yang ditimbulkan selama kurun waktu tersebut yaitu korban jiwa sebanyak 62 orang, kerusakan harta benda diperkirakan mencapai 25–50 Milyar rupiah, kerusakan sarana dan prasarana 20–40 persen, sedangkan cakupan wilayah yang terkena gempa sekitar 60–80 persen, dan 5 persen berpengaruh terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat (terganggunya mata pencaharian). Kabupaten/Kota yang diperkirakan akan terkena dampak adalah: Banda Aceh, Aceh Jaya, Aceh Barat, Nagan Raya, Simeulue, Aceh Barat Daya, Aceh Singkil, Aceh Selatan, Subulussalam, Sabang, Aceh Besar, Pidie, Aceh Tengah, Gayo Lues dan Aceh Tenggara.

Di samping persoalan pergerakan lempeng tektonik, Aceh juga memiliki sejumlah gunung api aktif yang berpotensi menimbulkan bencana. Khususnya gunung api yang tergolong tipe A (yang pernah mengalami erupsi magmatik sesudah tahun 1600). Di Aceh terdapat 3 gunung api tipe A, yaitu gunung Peut Sagoe di Kabupaten Pidie, Gunung Bur Ni Telong dan Gunung Geureudong di Kabupaten Bener Meriah, gunung Seulawah Agam di Kabupaten Aceh Besar dan Cot. Simeuregun Jaboi di Sabang.

Potensi bencana tanah longsor biasa terjadi di sekitar kawasan pegunungan atau bukit dimana dipengaruhi oleh kemiringan lereng yang curam pada tanah yang basah dan bebatuan yang lapuk, curah hujan yang tinggi, gempa bumi atau letusan gunung berapi yang menyebabkan lapisan bumi paling atas dan bebatuan berlapis terlepas dari bagian utama gunung atau bukit. Tanda tanda terjadinya longsor dapat ditandai dengan beberapa parameter antara lain keretakan pada tanah, runtuhnya bagian bagian tanah dalam jumlah besar, perubahan cuaca secara ekstrim dan adanya penurunan kualitas landskap dan ekosistem.

Tanah longsor yang terjadi selama kurun waktu 2007 - 2009 di Aceh sebanyak 26 kali. Dampak kerusakan harta benda yang ditimbulkan diperkirakan mencapai 50 – 100 Miliar rupiah, kerusakan sarana dan prasarana 20 – 40 persen, sedangkan cakupan wilayah yang terkena longsor sangat luas 20 – 40 persen, serta berpengaruh terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat (terganggunya mata pencarian) sebesar 5 – 10 persen. Bencana tanah longsor yang berdampak pada masyarakat secara langsung adalah pada jalur jalan lintas tengah, yaitu yang

terdapat di Kabupaten Aceh Tenggara, Kabupaten Gayo Lues, sekitar Takengon di Kabupaten Aceh Tengah, dan di sekitar Tangse – Geumpang Kabupaten Pidie.

### **III. TEORI DASAR**

#### **A. Klasifikasi Gempabumi**

Gempabumi merupakan salah satu hal yang dapat menimbulkan penjalaran gelombang seismik. Gempabumi merupakan gejala alam yang disebabkan oleh pelepasan energi regangan elastis batuan yang disebabkan adanya deformasi batuan yang terjadi di litosfer. Deformasi batuan terjadi akibat adanya tekanan (stress) dan tarikan (strain) pada lapisan bumi. Tekanan atau tarikan yang terus menerus menyebabkan daya dukung pada batuan akan mencapai batas maksimum dan mulai terjadi pergeseran dan akhirnya terjadi patahan secara tiba-tiba. Energi stress yang tersimpan akan dilepaskan dalam bentuk getaran yang dikenal dengan sebutan gempabumi (Fulki, 2011).

Terdapat beberapa jenis gempabumi yang dapat diklasifikasi berdasarkan berbagai aspek. Menurut sumber terjadinya, gempabumi dikelompokkan menjadi:

1. Gempa tektonik adalah gempabumi yang berasal dari pergeseran lapisan lapisan batuan sepanjang bidang sesar di dalam bumi.
2. Gempa vulkanik adalah gempabumi yang berasal dari pergerakan magma karena aktivitas gunungapi.
3. Gempa longsor atau runtuh adalah gempabumi yang terjadi karena aktivitas runtuh pada daerah pertambangan atau daerah tanah longsor.



4. Gempa buatan adalah gempabumi yang terjadi karena adanya aktivitas manusia di kulit bumi yang menyebabkan getaran yang cukup kuat.

Berdasarkan kekuatannya atau magnitudo (M), gempabumi dapat dibedakan:

1. Gempabumi sangat besar dengan magnitudo lebih besar dari 8 SR.
2. Gempabumi besar magnitudo antara 7 hingga 8 SR.
3. Gempabumi merusak magnitudo antara 5 hingga 6 SR.
4. Gempabumi sedang magnitudo antara 4 hingga 5 SR.
5. Gempabumi kecil dengan magnitudo antara 3 hingga 4 SR.
6. Gempabumi mikro magnitudo antara 1 hingga 3 SR .
7. Gempabumi ultra mikro dengan magnitudo lebih kecil dari 1 SR (Ibrahim, 2005).

## **B. Gelombang Seismik**

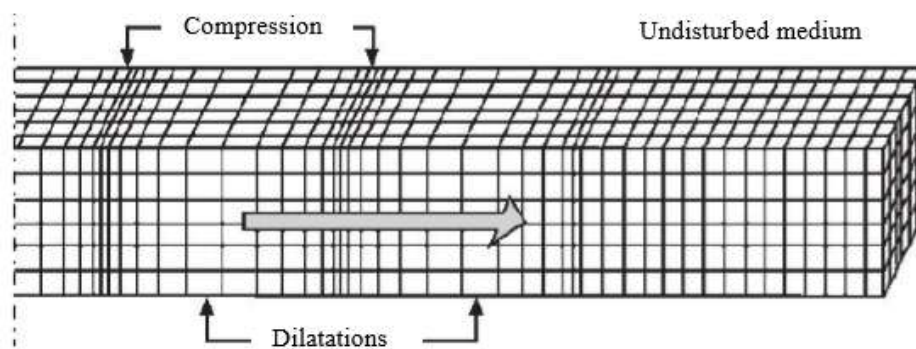
Gelombang seismik ada yang merambat melalui interior bumi disebut sebagai body wave, dan ada juga yang merambat melalui permukaan bumi yang disebut surface wave. Sumber gelombang seismik ada dua yaitu alami dan buatan. Sumber alami terjadi karena adanya gempa tektonik, gempa vulkanik dan runtuh atau longsor, sedangkan buatan menggunakan gangguan yang sengaja. Pada dasarnya ada dua jenis gelombang ini yang dilepas pada saat terjadi gempa (Susilawati, 2008).

### **1. Gelombang badan ( body wave)**

Gelombang badan adalah gelombang yang menjalar dalam media elastik dan arah perambatannya keseluruh bagian di dalam bumi. Berdasarkan gerak partikel pada

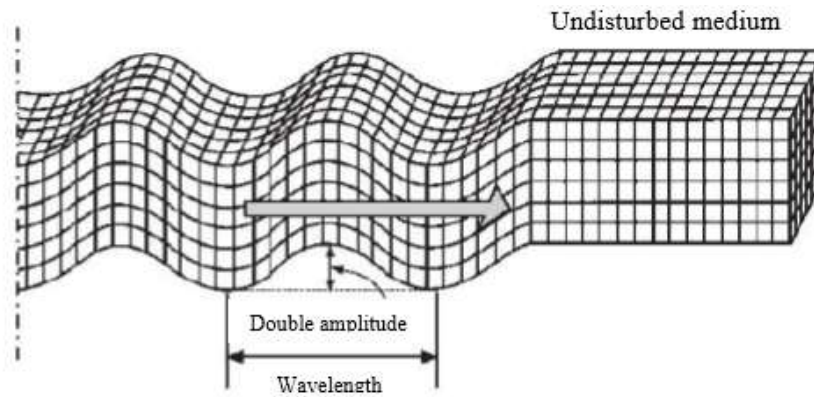
media dan arah penjalarannya gelombang dapat dibedakan menjadi gelombang P dan gelombang S.

Gelombang P yang di tunjukan pada **Gambar 4** disebut dengan gelombang kompresi/gelombang longitudinal. Gelombang ini memiliki kecepatan rambat paling besar dibandingkan dengan gelombang seismik yang lain, dapat merambat melalui medium padat dan cair, seperti lapisan batuan, air atau lapisan cair bumi.



**Gambar 4.** Gelombang primer (P) (Elnashai dan Sarno, 2008).

Gelombang S seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5** disebut juga gelombang shear atau gelombang transversal. Gelombang ini memiliki cepat rambat yang lebih lambat bila dibandingkan dengan gelombang P dan hanya dapat merambat pada medium padat saja. Gelombang S tegak lurus terhadap arah rambatnya. Perambatan dari gelombang S ini disertai juga dengan gerakan berputar sehingga dapat lebih membahayakan di bandingkan gelombang P.



**Gambar 5.** Gelombang sekunder (S) (Elnashai dan Sarno, 2008).

Pada **Tabel 1** merupakan perbandingan kecepatan rambat gelombang primer dengan kecepatan gelombang sekunder jika melalui material tertentu.

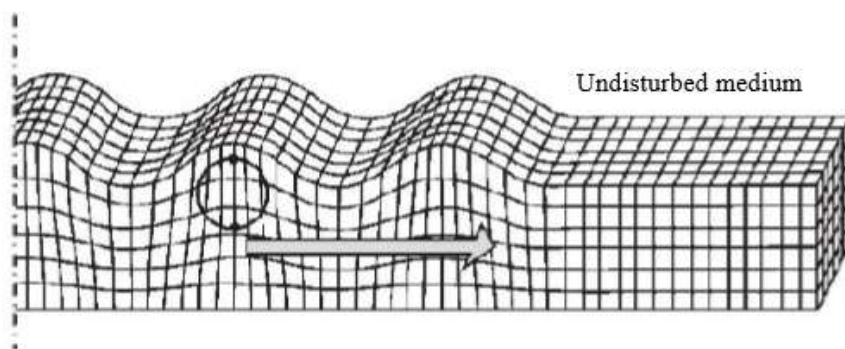
**Tabel 1.** Kecepatan rambat gelombang P dan S pada medium rambatnya (Febriana, 2007)

No	Material	Kecepatan $V_p$ (m/s)	Kecepatan $V_s$ (m/s)
1.	Udara	332	-
2.	Air	1400-1500	-
3.	Minyak bumi	1300-1400	-
4.	Besi	6100	3500
5.	Semen	3600	2000
6.	Granit	5500	2800-3000
7.	Basalt	6300	3200
8.	Batu pasir	1400-4300	700-2800
9.	Batu gamping	5900-6100	2800-3000
10.	Pasir (tidak jenuh)	200-1000	80-400
11.	Pasir (jenuh)	800-2200	320-880
12.	Tanah liat	1000-2500	400-1000

## 2. Gelombang permukaan (*surface wave*)

Gelombang permukaan merupakan salah satu gelombang seismik selain gelombang badan. Gelombang ini ada pada batas permukaan medium. Berdasarkan pada sifat gerakan partikel media elastik, gelombang permukaan merupakan gelombang yang kompleks dengan frekuensi yang rendah dan amplitudo yang besar, yang menjalar akibat adanya efek free surface dimana terdapat perbedaan sifat elastik (Susilawati, 2008). Jenis dari gelombang permukaan ada dua yaitu gelombang *Rayleigh* dan gelombang *Love*.

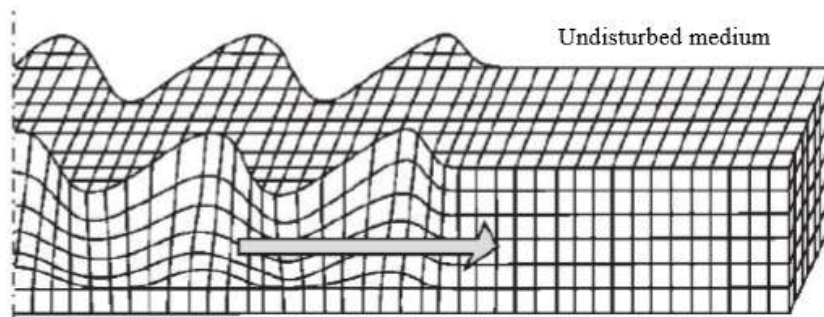
Gelombang *Rayleigh* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6** merupakan gelombang permukaan yang gerakan partikel medianya merupakan kombinasi gerakan partikel yang disebabkan oleh gelombang P dan S. Orbit gerakan partikelnya merupakan gerakan eliptik dengan sumbu mayor ellips tegak lurus dengan permukaan dan arah penjalarannya (Telford dkk, 1976).



**Gambar 6.** Gelombang *Rayleigh* (Elnashai dan Sarno, 2008)

Gelombang *love* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7** merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal yang

merupakan gelombang S horizontal yang penjalarannya paralel dengan permukaannya (Gadallah dan Fisher, 2009).



**Gambar 7.** Gelombang *love* (Elnashai dan Sarno, 2008).

### C. Mikrotremor

Mikrotremor merupakan getaran tanah yang sangat kecil dan terus menerus yang bersumber dari berbagai macam getaran seperti, lalu lintas, angin, aktivitas manusia dan lain-lain (Kanai, 1983). Mikrotremor dapat juga diartikan sebagai getaran harmonik alami tanah yang terjadi secara terus menerus, terjebak dilapisan sedimen permukaan, terpantulkan oleh adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi yang tetap, disebabkan oleh getaran mikro di bawah permukaan tanah dan kegiatan alam lainnya. Penelitian mikrotremor dapat mengetahui karakteristik lapisan tanah berdasarkan parameter periode dominannya dan faktor penguatan gelombangnya (amplifikasi).

Survei mikrotremor dapat dilakukan dengan dua cara, pendekatan pertama adalah perekaman dilakukan secara simultan pada dua atau lebih lokasi. Salah satu tempat perekaman harus dilakukan di daerah batuan keras (*hard rock*) sehingga tidak menunjukkan adanya penguatan frekuensi akibat gerakan tanah. Rasio spektrum yang didapatkan pada tempat lain akan dibandingkan dengan yang

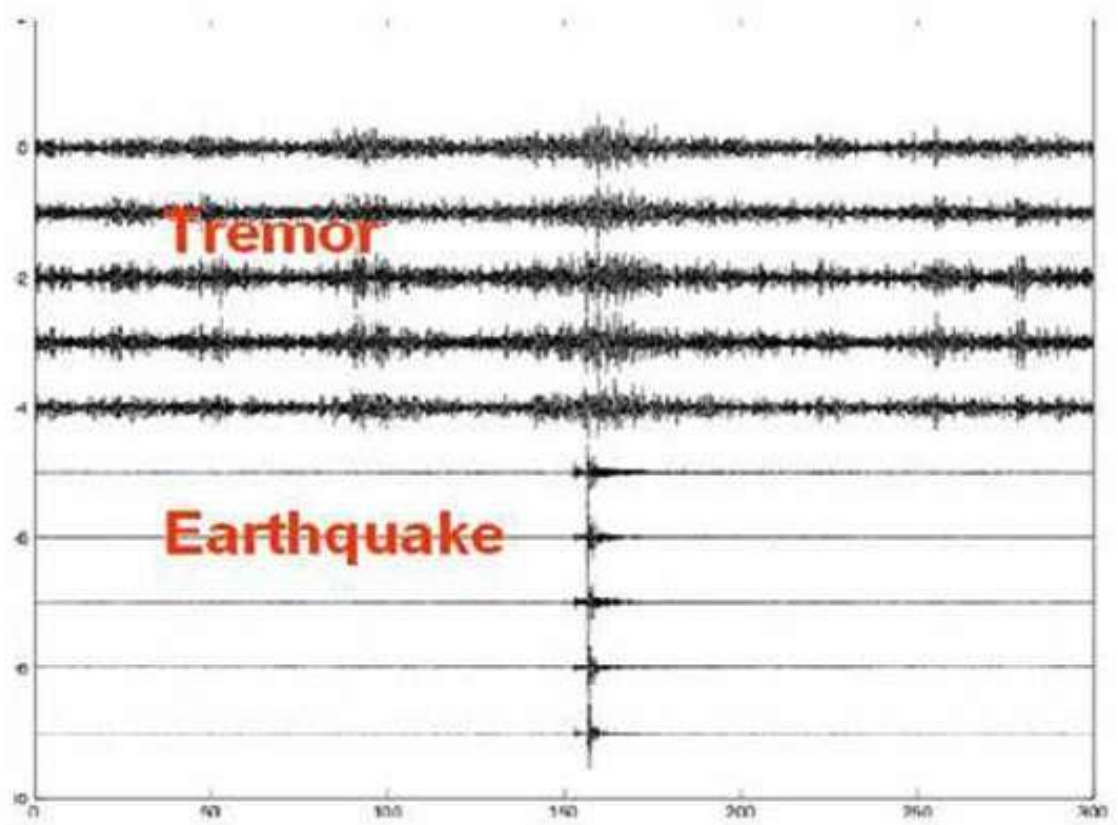
terekam pada *hard rock* sehingga akan didapatkan respon *site* terhadap mikrotremor (Winoto, 2010). Pendekatan kedua diperkenalkan oleh Nakamura (1989) bersamaan dengan metode analisisnya. Nakamura menemukan bahwa rasio spektrum horizontal dan vertikal dari mikrotremor meningkat pada frekuensi resonansi dan akan menunjukkan puncak pada frekuensi tersebut. Nakamura mengasumsikan bahwa H/V merefleksikan tingkat amplifikasi dari gerakan tanah. Dengan metode ini pengukuran tidak perlu dilakukan dengan syarat adanya batuan keras (*hard rock*).

Secara umum perekaman mikrotremor memerlukan seismometer yang memiliki tiga komponen yang merekam komponen EW (*east-west*), NS (*north-south*), dan komponen vertikal (*up-down*). Pada perekaman mikrotremor tidak dibutuhkan adanya sumber buatan atau sumber berupa gempa bumi, namun pengukuran langsung dilakukan karena yang direkam merupakan gelombang yang timbul dari alam (Syahrudin dkk., 2014).

Kajian mikrotremor telah banyak digunakan untuk memperkirakan kerusakan yang timbul akibat bencana gempa bumi. Kajian ini sangat tepat dan baik dalam memperkirakan tingkat resiko yang disebabkan oleh aktivitas seismik dengan kondisi geologi setempat (Nakamura, 2000).

Gempabumi dan tremor dapat dibedakan dengan mudah bila dilihat pada rekaman seismograf. Getaran tremor berupa getaran yang terus menerus, tidak dapat

ditentukan dimana awal getarannya secara jelas. Getaran gempa bumi berupa getaran yang besar dan secara tiba-tiba, seperti yang terlihat pada **Gambar 8**.



**Gambar 8.** Perbedaan sinyal tremor dan gempa bumi (Ibrahim dan Subardjo, 2005).

#### D. Mikrozonasi

Mikrozonasi mikrotremor adalah suatu proses pembagian area berdasarkan parameter tertentu memiliki karakteristik yang dipertimbangkan antara lain adalah getaran tanah atau frekuensi, faktor penguatan (amplifikasi) dan periode dominan. Secara umum, mikrozonasi mikrotremor dapat dikatakan sebagai proses untuk memperkirakan respon dan tingkah laku dari lapisan tanah atau sedimen terhadap adanya gempabumi (Arifin dkk, 2014).

### 1. *Horizontal to Vertikal Spectral Rasio (HVSr)*

Metode HVSr merupakan metode membandingkan spektrum komponen horizontal terhadap komponen vertikal dari gelombang mikrotremor. Mikrotremor terdiri dari ragam dasar gelombang *Rayleigh*, diduga bahwa periode puncak perbandingan H/V mikrotremor memberikan dasar dari periode gelombang S. Perbandingan H/V pada mikrotremor adalah perbandingan kedua komponen yang secara teoritis menghasilkan suatu nilai. Periode dominan suatu lokasi secara dasar dapat diperkirakan dari periode puncak perbandingan H/V mikrotremor.

Pada tahun 1989, Nakamura mencoba memisahkan efek sumber gelombang dengan efek geologi dengan cara menormalisir spektrum komponen horizontal dengan komponen vertikal pada titik ukur yang sama. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rekaman pada stasiun yang berada pada batuan keras, nilai maksimum rasio spektrum komponen horizontal terhadap vertikal mendekati nilai satu.

Teknik perbandingan spektra gelombang komponen horizontal terhadap vertikal (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) dari noise gelombang seismik dapat digunakan untuk memperkirakan kedalaman bedrock secara cepat. Metode H/V berguna untuk menunjukkan frekuensi resonansi dominan ( $f_0$ ) dan nilai puncak *HVSr* ( $A$ ), yang mempresentasikan karakteristik dinamis lapisan sedimen.

Sumber-sumber gelombang non-alamiah di permukaan cenderung memicu gelombang *Rayleigh* yang merambat pada lapisan soil/sedimen lunak. Gelombang



Rayleigh tersebut mempengaruhi baik komponen horizontal maupun vertikal dipermukaan, tetapi hampir tidak mempengaruhi komponen gelombang pada batuan dasar, sehingga efek penguatan gelombang pada komponen horizontal dapat dinyatakan oleh Persamaan 1 berikut:

$$SE(\omega) = \frac{HS(\omega)}{HB(\omega)} \quad (1)$$

$SE(\omega)$  = spektrum penguatan horizontal

$HS(\omega)$  = spektrum mikrotremor komponen horizontal di permukaan

$HB(\omega)$  = spektrum mikrotremor komponen horizontal di batuan dasar.

Penguatan gelombang pada komponen vertikal dapat dinyatakan sebagai rasio spektrum komponen vertikal di permukaan dan di batuan dasar (Persamaan 2) yaitu:

$$AS(\omega) = \frac{VS(\omega)}{VB(\omega)} \quad (2)$$

$AS(\omega)$  = spektrum penguatan vertikal

$VS(\omega)$  = spektrum mikrotremor komponen vertikal di permukaan

$VB(\omega)$  = spektrum mikrotremor komponen vertikal di batuan dasar

Untuk mereduksi efek sumber, maka spektrum penguatan horizontal  $SE(\omega)$  dilakukan normalisasi terhadap spektrum sumber  $AS(\omega)$  (Persamaan 1 dan 2) yaitu:

$$SM(\omega) = \frac{SE(\omega)}{AS(\omega)} = \left[ \frac{HS(\omega) / VS(\omega)}{HB(\omega) / VB(\omega)} \right] \quad (3)$$

Dimana,  $SM(\omega)$  adalah fungsi transfer untuk lapisan soil.

Jika,  $\frac{HB(\omega)}{VB(\omega)} = 1$

Maka,

$$SM(\omega) = \frac{HS(\omega)}{VS(\omega)} \quad (4)$$

Dalam pengamatan di lapangan ada dua komponen horizontal yang diukur yaitu komponen utara–selatan dan komponen barat–timur, sehingga Persamaan 4 berubah menjadi:

$$SM(\omega) = \frac{\sqrt{HSN(\omega)^2 + HWE(\omega)^2}}{VS}$$

(5)

$HSN(\omega)$  adalah spektrum mikrotremor komponen horizontal utara-selatan.  $HWE(\omega)$  adalah spektrum mikrotremor komponen barat-timur.

## 2. Fast Fourier Transform (FFT)

Analisis fourier adalah metode untuk mendekomposisi sebuah gelombang seismik menjadi beberapa gelombang harmonik sinusoidal dengan frekuensi berbeda-beda. Jadi, sebuah gelombang seismik dapat dihasilkan dengan menjumlahkan beberapa gelombang sinusoidal frekuensi tunggal. Sedangkan sejumlah gelombang sinusoidal tersebut dikenal dengan Deret Fourier (Riyanto dkk, 2009). Transformasi fourier adalah metoda untuk mengubah gelombang seismik dalam domain waktu menjadi domain frekuensi. Transformasi Fourier pada dapat dituliskan dengan Persamaan 6:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t)e^{-i\omega t} dt \quad (6)$$

dimana  $\omega = 2\pi f$  (variabel frekuensi sudut dengan satuan radian per detik),. Persamaan 6 digunakan untuk mentransformasikan sinyal dari domain waktu ke dalam domain frekuensi.

### 3. Frekuensi dominan

Frekuensi dominan adalah nilai frekuensi yang kerap muncul sehingga diakui sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan di wilayah tersebut sehingga nilai frekuensi dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batuan tersebut. Lachet dan Brad (1994) melakukan uji simulasi dengan menggunakan 6 model struktur geologi sederhana dengan kombinasi variasi kontras kecepatan gelombang geser dan ketebalan lapisan soil. Hasil simulasi menunjukkan nilai puncak frekuensi berubah terhadap variasi kondisi geologi. Dari nilai frekuensi dominan yang terukur dipermukaan, dapat diketahui karakteristik batuan dibawahnya, hal tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2** tentang klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor.

**Tabel 2.** Tabel klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor oleh Kanai (Arifin dkk, 2014)

Klasifikasi Tanah		Frekuensi Dominan (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Tipe	Jenis			
Tipe IV	Jenis I	6,7 – 20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan Sandy hard, gravel, dll	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras
	Jenis II	4 - 6,7	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5m. Terdiri dari	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam

			sandy-gravel, sandy hard clay, loam, dll	kategori menengah 5 - 10 m
Tipe III	Jenis III	2,5 – 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan > 5m. Terdiri dari sandy-gravel, sandy hard clay, loam, dll	Kategori sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10 - 30 m
Tipe II	Jenis IV	< 2,5	Batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dll. Dengan kedalaman 30 m atau lebih	Ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal
Tipe I				

#### 4. Periode dominan

Nilai periode dominan merupakan waktu yang dibutuhkan gelombang mikrotremor untuk merambat melewati lapisan endapan sedimen permukaan atau mengalami satu kali pemantulan terhadap bidang pantulnya ke permukaan. Nilai periode dominan juga mengindikasikan karakter lapisan batuan **Tabel 3** yang ada di suatu wilayah.

**Tabel 3.** Klasifikasi tanah Kanai – Omote – Nakajima (Arifin dkk, 2014)

Klasifikasi Tanah		Periode (T) second	Keterangan	Karakter
Kanai	Omote-Nakajima			
Jenis I	Jenis A	0,05 - 0,15	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan sandy hard, gravel, dll	Keras
Jenis II	Jenis B	0,15 - 0,25	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5m. Terdiri dari sandy-gravel, sandy hard clay, loam. Dll.	Sedang
Jenis III	Jenis C	0,25 - 0,40	batuan alluvial, hampir sama dengan jenis II, hanya	Lunak

			dibedakan oleh adanya formasi bluff	
Jenis IV		> 0,40	batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dll. Dengan kedalaman 30m atau lebih	Sangat Lunak

Nilai periode dominan didapatkan berdasarkan persamaan 7 ;

$$T_0 = 1 / f_0 \quad (7)$$

Dimana,

$T_0$  = Periode dominan.

$f_0$  = Frekuensi dominan (Arifin dkk, 2014).

## 5. Inversi HVSR

Kurva HVSR diinversikan dengan menggunakan software model HVSR yang dikembangkan oleh Herak (2008), dengan pendekatan kurva HVSR berbasis gelombang badan untuk mendapatkan parameter kecepatan gelombang S ( $V_s$ ) di titik pengukuran Mikrotremor. Sebagaimana dipaparkan oleh Herak (2008) dalam pengembangan software model HVSRnya bahwa kurva HVSR dipengaruhi oleh 6 parameter, yaitu  $V_s$ ,  $V_p$ ,  $Q_s$ ,  $Q_p$ ,  $h$ , dan  $\rho$  yang menunjukkan ketidakunikan yang sangat tinggi.

Ellipticity gelombang *Rayleigh*, merupakan rasio antara horizontal dan gerakan partikel vertikal, sangat tergantung pada struktur tanah lokal (local soil) dan membawa informasi tentang lapisan sedimen lengkap. Scherbaum dkk., (2003)

menunjukkan bahwa inversi kurva dispersi gelombang *Rayleigh* dapat ditingkatkan termasuk puncak H/V dan melalui frekuensi dalam proses inversi.

Arai dan Tokimatsu (2004) menunjukkan kemungkinan membalikan kurva H/V untuk mendapatkan profile kecepatan gelombang geser dari ketebalan lapisan dimana kecepatan mutlak diketahui dan diwakili. Kurva dispersi gelombang *Rayleigh* bersama kurva H/V dibalikkan, dengan asumsi mutlak yang sama pada komponen vertikal dan horisontal. Inversi kurva dispersi membatasi profile kecepatan sedimen, sedangkan masuknya kurva H/V menetapkan batasan tambahan pada kedalaman batuan dasar dan kecepatan karena korelasi antara kontras amplitudo H/V dan impedansi.

Selanjutnya kurva HVSR hasil analisa HVSR diinversikan untuk mendapatkan nilai  $v_s$  yang kemudian digunakan untuk mengestimasi nilai  $v_{s30}$  yang ditunjukkan pada Persamaan 8 dan 9:

$$v = v_0 ((z + 1)^\alpha - (z_0 + 1)^\alpha + 1) \quad (8)$$

Dimana ;

$z_0$  = ketebalan di lapisan atas

$v_0$  = kecepatan di lapisan atas

$z$  = ketebalan dilapisan dalam

$\alpha$  = range antar 0 dan 1

$$v_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{v_i}} \quad (9)$$

di mana  $h_i$  dan  $v_i$  secara berturut-turut menunjukkan ketebalan (dalam meter) dan kecepatan gelombang geser (shear strain sekitar 10-5 atau kurang) setiap lapisan ke- $i$ ,  $N$  merupakan jumlah lapisan di atas kedalaman 30 m. Pada akhirnya data  $v_{s30}$  digunakan untuk persiapan dari peta distribusi kecepatan gelombang geser penelitian di atas 30 m dari sedimen pada suatu daerah.

Dari hasil inversi kurva HVSR yang dilakukan telah didapatkan persebaran nilai kecepatan gelombang S ( $v_s$ ) bawah permukaan pada masing-masing titik akusisi. Dengan berdasarkan kurva HVSR berbasis gelombang badan dilakukan inversi dengan menggunakan software Model HVSR yang dikembangkan oleh Herak (2008) sehingga didapatkan nilai sebaran  $v_s$  di wilayah pengukuran (Mufida dkk, 2013).

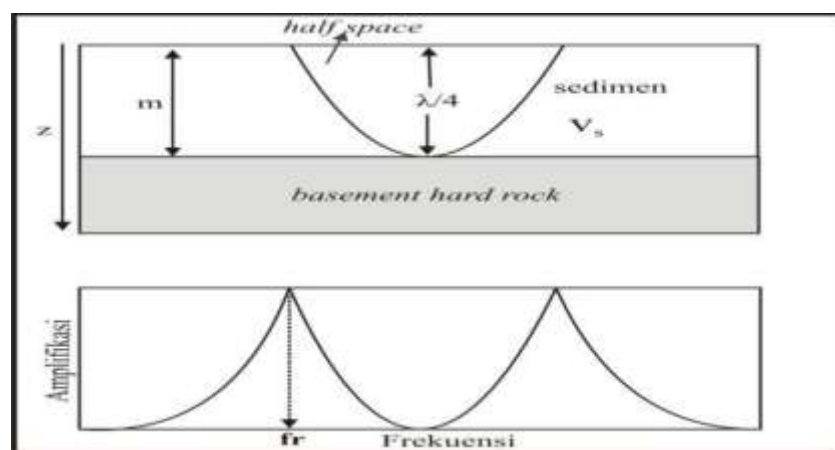
## 6. $v_{s30}$

$v_{s30}$  adalah rata-rata kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter dari permukaan tanah yang telah banyak digunakan di Ground Motion Prediction Equations (GMPEs), meskipun  $v_{s30}$  sendiri tidak bisa mewakili site effect karena kecepatan gelombang shear hingga kedalaman 30 meter dari permukaan, kedalaman bedrock dan rasio impedansi antara lapisan tanah dan bedrock, semuanya berkontribusi secara signifikan terhadap respon site (Castellaro et al, 2008).

Nilai  $v_{s30}$  ini dapat dipergunakan dalam penentuan standar bangunan tahan gempa. Nilai  $v_{s30}$  digunakan untuk menentukan klasifikasi batuan berdasarkan

kekuatan getaran gempabumi akibat efek lokal serta digunakan untuk keperluan dalam perancangan bangunan tahan gempa.  $v_{s30}$  merupakan data yang penting dan paling banyak digunakan dalam teknik geofisika untuk menentukan karakteristik struktur bawah permukaan hingga kedalaman 30 meter (Roser dan Gosar, 2010). Hanya lapisan-lapisan batuan sampai kedalaman 30 meter saja yang menentukan pembesaran gelombang gempa (Wangsadinata, 2006).

Pada umumnya daerah rawan kerusakan bangunan akibat gempa bumi terjadi pada daerah sedimen lunak (misal: pasir, pasir lanauan, gambut) yang tebal atau sedimen lapuk yang terdapat di atas batuan yang keras. Prinsip dasar dari hubungan antara respon lokasi (frekuensi resonansi) dan ketebalan sedimen dapat dijelaskan melalui sebuah model dua lapisan yang sederhana. Prinsipnya dapat dilihat pada **Gambar 9**.



**Gambar 9.** Prinsip dasar respon lokasi mikrotremor (Syahrudin dkk, 2014)

Terdapat sebuah basement hardrock yang ditutupi oleh sedimen dengan ketebalan  $m$  dan kecepatan gelombang geser  $V_s$ . Frekuensi resonansi dari sistem terdapat pada lapisan yang ketebalannya adalah  $\lambda/4$  atau biasa disebut lapisan half-space.



Hal tersebut disebabkan karena pada ketebalan  $\lambda/4$  terjadi amplitudo maksimum, maka akan terperangkapnya getaran gelombang geser (gelombang SH) pada medium sedimen di atas bedrock.

Diasumsikan bahwa kecepatan gelombang geser melewati lapisan pada ketebalan 30 meter dari permukaan, dikarenakan terjadi resonansi pada amplitudo maksimum sebesar  $\lambda/4$  di lapisan sedimen. Sehingga persamaan yang terbentuk menjadi:

$$V_s = f \cdot \lambda \quad (10)$$

$$h = \lambda/4 \quad \text{sehingga,} \quad \lambda = 4h \quad (11)$$

$$v_{s30} = f \cdot 4h \quad (12)$$

Dengan  $f$ ,  $V_s$ ,  $\lambda$  dan  $h$  berturut-turut menunjukkan frekuensi natural, kecepatan gelombang SH dan ketebalan sedimen. Dari persamaan tersebut, dapat disimpulkan bahwa frekuensi natural berbanding lurus terhadap kecepatan gelombang SH dan berbanding terbalik terhadap ketebalan sedimen (Syahrudin dkk, 2014). Berikut ini merupakan tabel klasifikasi jenis batuan berdasarkan nilai  $v_{s30}$  pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Klasifikasi jenis batuan berdasarkan *National earthquake hazard reduction program* (NEHRP) (Ambarrini, 2014)

<b>Tipe Batuan</b>	<b>Profil jenis batuan</b>	<b><math>v_{s30}</math> (m/s)</b>
A	Batuan keras	> 1500
B	Batuan sedang	760-1500

C	Tanah keras dan batuan lunak	360-760
D	Tanah sedang	180-360
E	Tanah lunak	< 180

Zhao (2012) merumuskan hubungan antara frekuensi dominan dengan  $v_{s30}$  yakni dengan Persamaan 13.

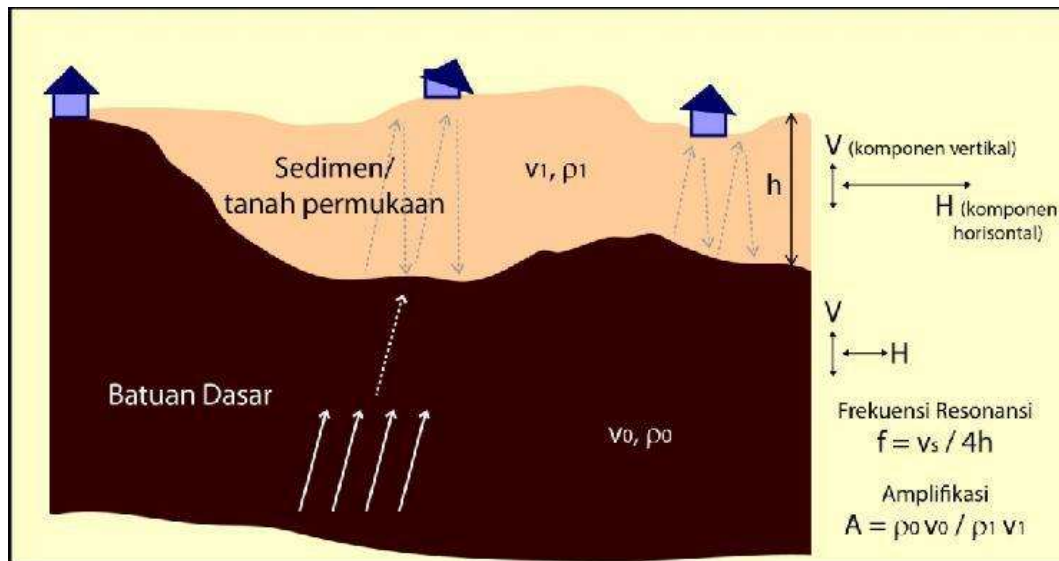
$$T_{v_{s30}} = \frac{120}{v_{s30}} \quad (13)$$

$T_{v_{s30}}$  = Periode (s),

$v_{s30}$  = Kecepatan gelombang sekunder pada 30m (m/s).

## 7. Amplifikasi

Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan. Lapisan tanah yang lunak dapat menyebabkan getaran gempa yang lebih besar dibandingkan dengan lapisan tanah yang lebih keras pada waktu dilewati oleh gelombang gempa. Hal ini disebut dengan penguatan efek gelombang gempa Nakamura (2000).



**Gambar 10.** Konsep dasar amplifikasi gelombang seismik dan frekuensi resonansi di tanah permukaan (Nakamura, 1989).

Berdasarkan pengertian tersebut, maka amplifikasi dapat dituliskan sebagai suatu fungsi perbandingan nilai kontras impedansi, dapat dilihat dengan persamaan 14 :

$$A_o = \{(\rho_0 \cdot \nu_0) / (\rho_1 \cdot \nu_1)\} \quad (14)$$

$\rho_0$  = densitas batuan dasar (gr/ml),

$\rho_1$  = rapat massa dari batuan lunak (gr/ml),

$\nu_0$  = kec. gel. di batuan dasar (m/dt),

$\nu_1$  = kec. gel. di batuan lunak (m/dt).

Amplifikasi berbanding lurus dengan nilai perbandingan spektral horizontal dan vertikalnya (H/V). Nilai amplifikasi bisa bertambah, jika batuan telah mengalami deformasi (pelapukan, pelipatan atau pesesaran) yang mengubah sifat fisik batuan. Pada batuan yang sama, nilai amplifikasi dapat bervariasi sesuai dengan tingkat deformasi dan pelapukan pada tubuh batuan tersebut (Marjiyono, 2010).

Pusat survey geologi dalam hal ini membagi zona amplifikasi tanah yang ditunjukkan pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Pembagian zona amplifikasi tanah (Marjiyono, 2010)

NO	Amplifikasi tanah	Warna Dalam Pemetaan	Keterangan resiko
1	0-3	Biru	Rendah
2	3-6	Hijau	Sedang
3	6-9	Kuning	Tinggi
4	Lebih dari 9	Merah	Sangat tinggi

Gejala amplifikasi pada suatu daerah disebabkan adanya gelombang seismik yang terjebak di dalam suatu perlapisan sedimen. Besaran amplifikasi tanah dapat dihitung secara teoritis, seperti yang dilakukan oleh Wakamatsu (2006) dalam membuat hazardzoning map untuk wilayah Jepang. Amplifikasi dapat dihitung dengan persamaan 15 sebagai berikut:

$$\text{Log Amp} = 2,367 - 0,82 \log Vs30 \pm 0,166 \quad (15)$$

## **IV. METODELOGI PENELITIAN**

### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dimulai pada tanggal 20 Maret – 20 Mei 2017 di Sub Bidang Mitigasi gempa bumi dan Tsunami, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Bandung, Jawa Barat. Selanjutnya penyusunan laporan dilanjutkan di laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung.

### **B. Alat dan Bahan Penelitian**

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian kali ini, yaitu sebagai berikut :

1. Laptop
2. *Software Geopsy*
3. *Software Ms. Excel 2013*
4. *Map Source 15*
5. *Software surfer 11*
6. *Software Arc Map 10*
7. *Software Voxler 4*

### C. Data dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian kali ini adalah :

1. Data yang digunakan adalah data sekunder yang terdiri dari 50 titik dengan metode HVSR yang akan diolah dengan *software geopsy* untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan dan amplitudo yang akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai  $V_{s30}$  dan penguatan amplifikasi daerah penelitian.
2. Menginversikan data HVSR untuk mendapatkan bentuk karakteristik bawah permukaan daerah penelitian.

### D. Prosedur Pengolahan Data

#### 1. Import Data

Langkah pertama yang dilakukan untuk pengolahan data mikrotremor dengan *software geopsy* yaitu *Import data*. Pertama - tama pilih menu *file – Import signal – file*, lalu pilih *file* yang akan diimport maka akan muncul grafik H/V.

#### 2. Menghitung Rasio H/V

Langkah kedua yaitu pilih menu *tools – H/V*. Pilih *time- time windows – general* menyesuaikan memudahkan pengeditan data. Pada bagian *processing* dapat dilakukan jenis *smoothing type*. Setelah itu, pilih *select*, pilih *auto* kemudian dapat di *edit* kembali agar data menjadi lebih baik lagi dengan *select* kembali lalu pilih *add* untuk menambah atau *remove* untuk mengurangi data agar mendapatkan data yang diinginkan. Setelah data di *edit* lalu klik *start*, maka muncul *time windows* dan grafik H/V.

### 3. Menghitung nilai *depth* dan *Vs*

Langkah Selanjutnya yaitu dengan membuka *dinver* yang ada pada folder *software geopsy*. Lalu pilih menu *target – elipticity curve – set – load- input data*. Maka akan muncul kotak dialog untuk pengimputan data yang diinginkan. Kemudian langkah selanjutnya adalah memasukan nilai-nilai parameter untuk melakukan inversi. Setelah itu, klik *run* data tersebut, maka akan muncul grafik *minfisit*, grafik *elifticity (H/V)*, nilai *depth*, nilai *Vp* dan *Vs*.

### E. Jadwal Penelitian

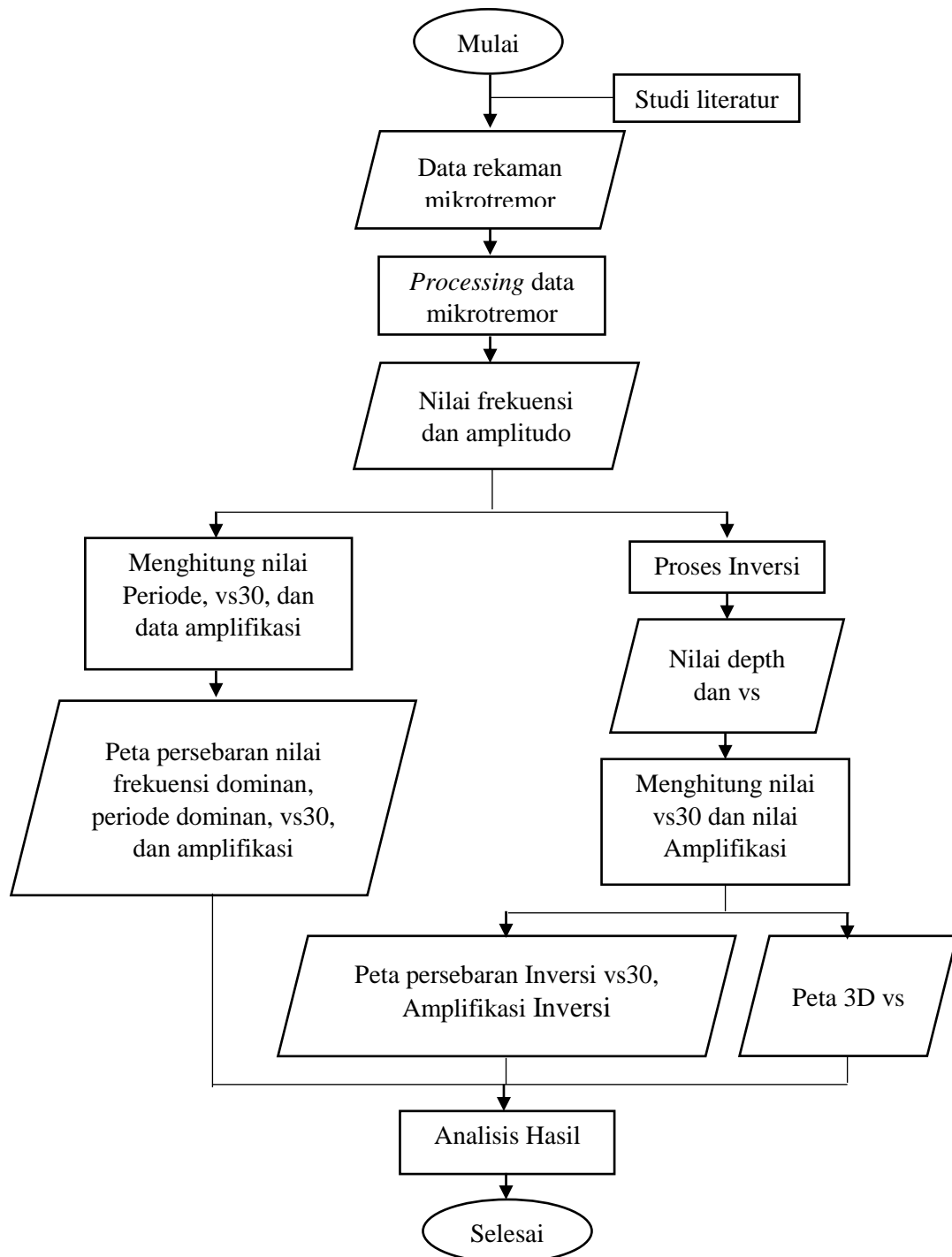
Jadwal penelitian dapat dilihat pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Tabel Penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		Mei 2017	Juni 2017	Juli 2017	Agustus 2017	September 2017	Oktober 2017
1	Study Literatur						
2	Penulisan Laporan Awal						
3	Seminar Proposal						
4	Pengolahan Data						
5	Interpretasi Data						
6	Penulisan Laporan Akhir						
7	Seminar Hasil						
8	Revisi Skripsi						
9	Sidang Akhir Skripsi						

## F. Diagram Alir

Diagram alir dalam penelitian ini dapat di tunjukan pada **Gambar 11**.



**Gambar 11.** Diagram alir penelitian



## **VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Persebaran nilai frekuensi dominan daerah Pidie Jaya didominasi oleh nilai frekuensi rendah antara 0,35 – 2,44 Hz tersebar di Kec. Trienggadeng, Kec. Meureudu, Kec. Ulim dan Kec. Bandar Dua.
2. Nilai periode dominan daerah Pidie Jaya didominasi oleh nilai periode tinggi antara 0,4 – 2,88 detik tersebar di Kec. Trienggadeng, Kec. Meureudu, Kec. Ulim dan Kec. Bandar Dua.
3. Nilai  $v_{s30}$  daerah Pidie Jaya didominasi oleh nilai  $v_{s30}$  rendah antara 42,51 – 178,73 m/s tersebar di Kec. Trienggadeng, Kec. Meureudu, Kec. Ulim dan Kec. Bandar Dua.
4. Amplifikasi daerah Pidie Jaya didominasi oleh nilai amplifikasi sedang antara 3 - 5,53 kali tersebar di Kec. Trienggadeng, Kec. Meureudu, Kec. Ulim dan Kec. Bandar Dua. amplifikasi rendah terdapat pada Kec. Meureudu, Kec. Ulim dan Kec. Bandar Dua dengan nilai antara 0,75 – 2,9 kali.
5. Zona rawan dampak gempa berdasarkan frekuensi rendah,  $v_{s30}$  berkisar 42,51 – 178,73 m/s, amplifikasi 3 – 5,53 kali terdapat di Kec. Trienggadeng, Kec. Meureudu, Kec. Ulim dan Kec. Bandar Dua.

6. Analisis amplifikasi melalui inversi terdapat perbedaan dengan HVSR, namun selisih antara keduanya berkisar 3,1 – 3,9 kali di Kec. Trienggadeng, Kec. Meureudu memiliki selisih berkisar 3,6 – 5,57 kali, Kec. Ulim memiliki selisih berkisar 3,3 – 5,3 kali dan Kec. Bandar Dua memiliki Selisih berkisar 2,4 – 6,4 kali.

## **B. Saran**

Saran yang dapat diberikan penelitian tersebut adalah :

1. Diperlukan survei lanjutan dengan *MASW (Multi Chanel Surface Wave Method)* dan Seismik Refraksi agar dapat mengetahui ketebalan sedimen di setiap daerah yang rentan.
2. Diperlukan metode lain seperti data log atau hasil sampel *coring* untuk data pendukung agar dapat membantu keakuratan dalam penentuan lapisan bawah permukaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarrini, A. R. 2014. Skripsi : *Studi Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi di Kota Jayapura dan Sekitarnya Berdasarkan Data Mikrotremor dengan Metode GMPE Boore dan Atkinson 2008*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Arai, H., dan Tokimatsu, K. 2004. S-Wave Velocity Profiling by Joint Inversion of Microtremor H/V Spectrum. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 94(1), 54-63.
- Arifin, S.S., Mulyatno, B.S., Marjiyono, dan Setyanegara, R. 2014. Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi Vol 2/No.1*.
- Castellaro, S., Mulargia F., dan Rossi, P. L. 2008. Vs30: Proxy for Seismic Amplification Seismol. Res. Letters; 79: 4. 540-543.
- Elnashai, S.A. dan Sarno, D.L. 2008. *Fundamental of Earthquake Engineering*. Wiley. Hongkong.
- Febriana. 2007. *Eksplorasi Seismik*. Unpad. Bandung
- Fulki, A. 2011. Skripsi : *Analisis Parameter Gempa, b Value dan PGA di Daerah Papua*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Gadallah, R.M dan Fisher, R. 2009. *Exploration Geophysics*. Springer. Berlin.
- Ibrahim, G. dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Hall, R. 2002. Cenozoic Geological and Plate Tectonic Evolution of SE Asia and the SW Pacific: Computer Based Reconstruction. Model and Animation. *Journal of Asian Earth Science* (20) 2002. 353 – 431.
- Herak, M. 2008. “Model HVSR: a Matlab Tool to Model Horizontal – to Vertical Spectral Ratio of Ambient Noise”. *Computers and Geosciences*, vol.34, hal. 1514–1526.

- Kanai, K. 1983. *Seismology in Engineering*. Tokyo University. Japan.
- Lachet, C. dan Brad, P.Y. 1994. Numerical and Theoretical Investigations on The Possibilities and Limitations of Nakamura's Technique. *J. Phys. Earth*, 42, 377-397.
- Marjiyono. 2010. Thesis : *Estimasi Karakteristik Dinamika Tanah Dari Data Mikrotremor Wilayah Bandung*. ITB. Bandung.
- Mufida, A., Santosa, B.J., dan Warnana, D.D. 2013. Inversi Mikrotremor Spektrum H/V untuk Profilling Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Lapisan Bawah Permukaan dan Mikrozonasi Wilayah Surabaya. Jurusan Fisika, Fakultas IPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2013) 1-8*.
- Nakamura, Y. 1989. *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on The Ground Surface*. Tokyo: Quatrely Reports of the Railway Technical Research Institute, 30, 25-33.
- Nakamura, Y., 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application*. Tokyo University. Japan.
- Riyanto, Prinalli E.P., dan Hendi, I. 2009. *Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Geografis Berbasis Desktop dan Web*. Yogyakarta : Gava Media.
- Roser, J. dan Gosar, A. 2010. *Determination of Vs30 for Seismic Ground Classification in The Ljubljana Area, Slovenia*. University of Ljubljana. Slovenia.
- Scherbaum F., Hinzen K.-G. dan Ohrnberger M. 2003. Determination of Shallow Shear Wave Velocity Profiles in The Cologne/Germany Area Using Ambient Vibrations. *Geophys. J. Int.*, 152, pp 597-612.
- Sieh, K. dan Natawidjaja, D.H., 2000, Neotectonics of the Sumatran Fault, Indonesia, *Journal of Geophysical Research*, Vol 105, No. 12, 28.295 – 28.326.
- Susilawati. 2008. *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa pada Penelaahan Struktur Bagian dalam Bumi*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Syahrudin, M.H., Aswad, S., Palullungan E.F., Maria, dan Syamsuddin. 2014. Penentuan Profil Ketebalan Sedimen Lintasan Kota Makassar dengan Mikrotremor. Universitas Hasanuddin. *Jurnal Fisika Vol. 4 No. 1, Mei 2014*.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sherrif, R.E., dan Keys., D.A. 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.

- Wangsadinata, W. 2006. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2002*. Shortcourse HAKI 2006. Jakarta.
- Winoto, P. 2010. *Analisis mikrotremor kawasan universitas Brawijaya berdasarkan Metode Horizontal to vertikal spectral Ratio (Nakamura Method) (studi awal mikrozonasi seismik wilayah Malang)*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Zhao, J. dan Xu, H. 2012. *Calibration of a Combined Site Parameter of  $V_{s30}$  and Bedrock Depth for Ground-Motion Prediction Equations Using Strong Motion Record from Japan*. Southwest Jiaotong University. Chengdu. Sichuan. China.