

**PEMETAAN MIKROZONASI GEMPABUMI DAERAH SOLOK
SUMATERA BARAT BERDASARKAN PENGUKURAN
MIKROTREMOR DENGAN METODE HVSR (*HORIZONTAL TO
VERTICAL SPECTRAL RATIO*)**

(Skripsi)

Oleh

Rahmi Alfani Putri



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

ABSTRACT

MAPPING OF MICROZONATION EARTHQUAKE OF SOLOK REGION, WEST SUMATERA ACCORDING TO MICROTREMOR ACQUITITION USING HVSR (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO) METHODE

By

Rahmi Alfani Putri

Solok, Sumatera Barat is a region with high risk earthquake disaster. In order to minimize the impact of this disaster, mitigation effort could be done by microtremor acqutition. This research aims to localize and determine the prone eartquake zones of Solok and surrounding areas based on parameters namely dominant frequency, amplification, and soil classification as the result of shear wave velocity analysis up to 30 m depth (V_{s30}). This research used 55 microtremor sounding spots to be analysed by HVSR methode. The results obtained represent the low dominant frequency is $< 2,5$ Hz with shear wave velocity (V_{s30}) is 180 m/s and classified as E soil class. Amplification is 3-6 times amplified and classified as moderate amplification. According to the correlation of the three maps above, the high risk earthquake disaster zones are spread along Tanah Datar, Solok City, Singkarak City and Gunung Talang. Otherwise, the low risk zones are Sawah Lunto City, Gumanti Segar Valley, and Seilesi City. These assumption are based on the high rate dominant frequency of the interested zone which is 6,7-20 Hz, and the amplification is about 0-3 times, V_{s30} is >760 m/s. Therefore, this mapping activity should be done to reduce the risk of earthquake impact particularly in the area near to the fault and near to subduction zone. So as to reduce the risk to the earthquake that causes the number of casualties and damage building.

Keywords: Solok, HVSR, microzonation, amplification

ABSTRAK

PEMETAAN MIKROZONASI GEMPABUMI DAERAH SOLOK SUMATERA BARAT BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR DENGAN METODE HVSR (*HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO*)

Oleh

Rahmi Alfani Putri

Solok, Sumatera Barat merupakan salah satu daerah yang memiliki tingkat resiko tinggi rawan bencana gempabumi. Untuk meminimalisir dampak bencana tersebut, upaya mitigasi dapat dilakukan melalui pengukuran mikrotremor. Penelitian ini bertujuan untuk menzonasikan dan menentukan tingkat kerawanan bahaya gempa bumi daerah Solok dan sekitarnya berdasarkan parameter frekuensi dominan, amplifikasi, dan jenis kelas tanah hasil analisis kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter (V_{s30}). Penelitian ini menggunakan 55 titik pengukuran mikrotremor yang dianalisis dengan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR). Didapatkan hasil analisis frekuensi dominan rendah dengan nilai berkisar $< 2,5$ Hz, kecepatan gelombang geser (V_{s30}) sebesar 180 m/s (jenis tanah kelas E) dan penguatan gelombang atau amplifikasi sebesar 3-6 kali penguatan (klasifikasi sedang). Berdasarkan korelasi antar ketiga peta tersebut dapat disimpulkan dalam peta kawasan rawan bencana gempabumi. Zona beresiko tinggi bahaya gempabumi meliputi daerah Tanah Datar, Kota Solok, Kota Singkarak, Gunung Talang. Sedangkan untuk zona beresiko rendah bahaya gempabumi meliputi daerah Kota Sawah Lunto, Lembah Gumanti, Lembah Segar, dan Koto Seilesi. Hal ini ditunjukkan dengan tingginya nilai frekuensi dominan pada zona tersebut yaitu 6,7 - 20 Hz, penguatan gelombang berkisar 0 - 3 kali, dan V_{s30} pada daerah tersebut sebesar > 760 m/s. Maka, pemetaan mikrozonasi perlu dilakukan terutama pada daerah yang dilalui oleh sesar dan dekat dengan zona subduksi. Sehingga dapat mengurangi resiko bencana gempa bumi yang menyebabkan banyaknya korban jiwa maupun kerusakan bangunan.

Kata kunci: Solok, HVSR, mikrozonasi, amplifikasi

**PEMETAAN MIKROZONASI GEMPABUMI DAERAH SOLOK
SUMATERA BARAT BERDASARKAN PENGUKURAN
MIKROTREMOR DENGAN METODE HVSR (*HORIZONTAL TO
VERTICAL SPECTRAL RATIO*)**

Oleh

Rahmi Alfani Putri

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 MIKROZONASI GEMPABUMI
DAERAH SOLOK SUMATERA BARAT
BERDASARKAN PENGUKURAN
MIKROTREMOR DENGAN METODE HVSR
(HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL
RATIO)**

Nama

: Rahmi Alfani Putri

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1115051027

Jurusan

: Teknik Geofisika

Fakultas

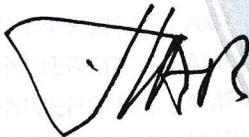
: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

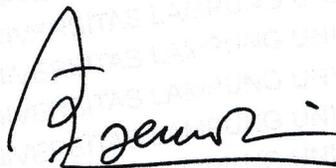


Prof. Dr. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP 196207171987301002



Rustadi S.Si., M.T
NIP.197205111997031000

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika



Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si, M.T
NIP.197209121999031001

MENGESAHKAN

1. Tim Pengujji

Ketua

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



.....

Sekretaris

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

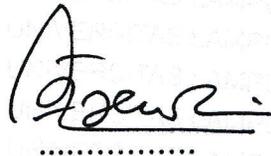


.....

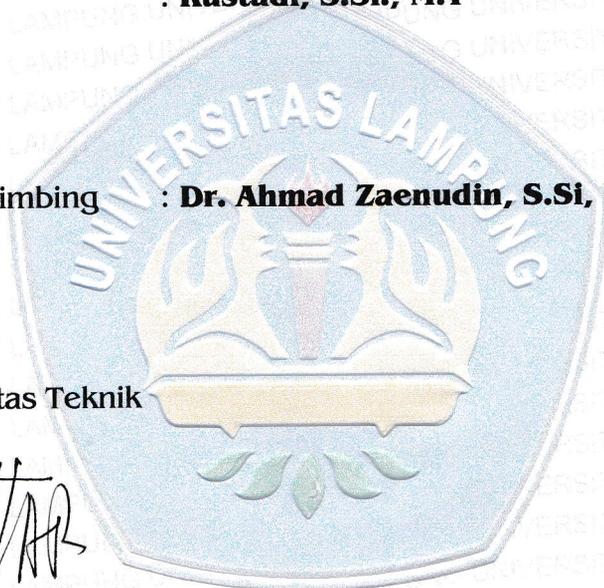
Penguji

Bukan Pembimbing

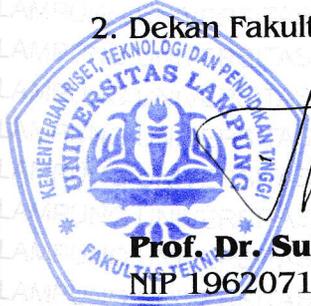
: **Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si, M.T**



.....



2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP 196207171987301002



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

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis bukan merupakan karya dari orang lain melainkan berdasarkan pemikiran saya sendiri, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Adapun kutipan tertentu dalam penulisan skripsi ini terdapat karya atau pendapat orang lain yang ditulis menurut sumbernya sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

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

Bandar Lampung, 20 Februari 2017



Rahmi Alfani Putri
NPM. 1115051027

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung pada tanggal 28 Juni 1993, sebagai anak pertama dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Alfian dan Ibu Watinah. Penulis mengawali Pendidikan di TK Xaverius I Bandarlampung pada tahun 1998. Kemudian dilanjutkan Sekolah Dasar (SD) di SD Xaverius I Bandarlampung pada tahun 1999, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Xaverius I Bandarlampung pada tahun 2005 dan pada tahun 2011 menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Perintis I Bandarlampung.

Pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN undangan 2011. Selama menjadi mahasiswa, penulis juga aktif menjadi anggota FOSSI FT periode 2011/2012 sebagai anggota divisi Keputrian. Penulis aktif dalam organisasi kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HIMA TG) pada tahun 2012/2013 sebagai anggota SBM (Sosial Budaya Masyarakat). Kemudian diperiode selanjutnya tahun 2013/2014 penulis diberikan kesempatan untuk menjabat sebagai wakil ketua biro DANUS (Dana dan Usaha). Sejak tahun

2012 penulis memiliki usaha sampingan aneka kerajinan tangan atau *craft* hingga sekarang.

Pada November s.d Desember 2014, penulis menjalani Kerja Praktek (KP) di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Bandung tentang seismik gunungapi dengan judul “**Analisis Energi Kumulatif Gempa Gunung Sinabung Periode 17 September-24 September dan 23 November-9 Desember 2013**”. Kemudian pada bulan Agustus s.d Oktober 2015 penulis melakukan penelitian sebagai bahan penyusunan Tugas Akhir (TA) kembali di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Bandung tentang mitigasi bencana dengan judul “**Pemetaan Mikrozonasi Gempabumi Daerah Solok Sumatera Barat Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Dengan Metode HVSR (*Horizontal To Vertical Spectra Ratio*)**”. Hingga akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada bulan Maret tahun 2017.

Aku persembahkan karya kecil ini untuk:

Allah SWT

Ayahanda tercinta, Bapak Alfian
Ibunda terkasih, Ibu Watinah

Adik-adikku tersayang,
Nopiah Alpiana, Gresy Neta,
Galuh Alfandi dan Jeanit Amelia
Beserta Keluarga besarku

Teknik Geofisika UNILA 2011
Keluarga Besar Teknik Geofisika UNILA
Almamater Tercinta UNILA
Sahabat-sahabatku dan orang-orang terkasih

*“Orang lain bisa, kenapa saya tidak bisa?”
(Bapak Alfian)*

*“Allah Pencipta langit dan bumi, dan bila Dia berkehendak (untuk menciptakan) sesuatu, Maka (cukuplah) Dia mengatakan kepadanya: Jadilah! Lalu jadilah ia”
(Qs Al Baqarah : 117)*

“Man Jadda Wajada”

“Luruskan niat, sempurnakan proses, jangan khawatirkan hasil”

*“Terus berusaha jangan pernah menyerah, karena jika kamu berhenti habishlah sudah””
(TOP Billionare)*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji dan syukur bagi ALLAH SWT yang telah memberikan nikmat, karunia dan perlindungan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“PEMETAAN MIKROZONASI GEMPABUMI DAERAH SOLOK SUMATERA BARAT BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR DENGAN METODE HVS (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO)”** sebagai salah satu bagian dari kurikulum dan salah satu syarat bagi penulis untuk menyelesaikan studi sebagai Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Skripsi ini merupakan hasil kegiatan Tugas Akhir di PVMBG (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi) Bandung. Namun demikian, penulis menyadari masih banyak ketidaksempurnaan dan banyak kelemahan dalam laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat memperbaiki dan menyempurnakannya. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Penulis

Rahmi Alfani Putri

SANWACANA

Skripsi dengan judul “**Pemetaan Mikrozonasi Gempabumi Daerah Solok, Sumatera Barat Pengukuran Mikrotremor dengan Metode HVSR (*Horizontal To Vertical Spectral Ratio*)**” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis dengan kerendahan hati mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Allah SWT**, rasa syukur yang tak terkira dan tidak ada habisnya penulis dipanjatkan, karena telah meridhoi semua setiap proses sampai skripsi ini selesai;
2. Kedua orang tua ku tercinta, **Bapak Alfian** dan **Ibu Watinah**, yang telah mendidik dan mendukung dengan penuh kasih;
3. Adik-adikku tersayang, **Nopiah Alpiana, Gresy Neta, Galuh Alfandi dan Jeanit Almelia** yang senantiasa memberikan semangat dan selalu memberikan keceriaan;
4. **Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Unila dan selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan

memberikan nasihat, saran serta ilmu kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi;

5. **Bapak Rustadi M.T.** selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan ilmu, saran dan nasihat serta koreksi-koreksi pada penulisan skripsi;

6. **Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S. Si., M. T.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Unila dan selaku dosen pembahas atas kesediaannya untuk memberikan saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi;

7. **Bapak Bagus Supto Mulyatno, S.Si., M.T.**, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyusunan skripsi maupun saat mengajar;

8. **Ibu Dr. Sri Hidayati** selaku Kepala Sub Bidang Gempabumi dan Tsunami dari PVMBG yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian Tugas Akhir dan terimakasih atas ilmu dan perhatiannya;

9. **Bapak Baheramsyah Indra dan Bapak Nia K. Praja**, selaku Pembimbing selama penulis melaksanakan Penelitian Tugas Akhir di PVMBG. Terimakasih atas semua waktu, ilmu, saran, kritik, dan inspirasi yang telah dibagikan;

10. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Unila, **Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.**, **Bapak Bagus Supto Mulyatno, S.Si., M.T.**, **Bapak Dr. H. Muh. Sarkowi, S.Si., M.Si.**, **Bapak Alimuddin Muchtar, M.Si.**, **Bapak Rustadi, M.T.**, **Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.**, **Bapak Ordas Dewanto, M.Si.**, **Bapak Karyanto, M.T.**, **Bapak Nandi H., M.Si.**, dan **Bapak Syamsurijal R., M.Si.** yang telah memberikan ilmu yang luar biasa;

11. Seluruh Staf Tata Usaha Jurusan Teknik Geofisika Unila, **Pak Marsono** dan **Mbak Dewi** yang telah memberi banyak bantuan dalam proses administrasi;

12. Penghuni ruangan 711 di Subbidang Gempabumi dan Tsunami (**Pak Heri, Pak Gangsar, Pak Deden, Pak Juanda, Pak Sugiharto, Pak Fatoni**) yang telah banyak membantu dan memotivasi penulis selama melaksanakan tugas akhir di PVMBG.

13. Penghuni ruangan 713 di Subbidang Gempabumi dan Tsunami (**Pak Cecep, Pak Imam, Pak Afif, Pak Robi**) yang sudah membantu dan memberikan ilmu selama penulis melakukan Tugas Akhir di PVMBG.

14. Teman seperjuangan saat Kerja Praktik dan Tugas Akhir, **Asri Wulandari dan Yeni Purnama Sari**, teman seperjuangan veteran skripsi **Fitri Wahyuningsih**, terimakasih untuk setiap waktu, semangat, kerjasama, keceriaan yang selalu mewarnai hari-hari penulis. Dan untuk tutor dan teman paling jahil **Doni Zulfafa** terimakasih bantuan, saran, kejahilannya. Semangat dan sukses untuk kita semua;

15. Teman dekat, **Tri Widhianto Sartiman**, terimakasih segala waktu, perhatian, semangat, dan doanya. Semoga sukses dan cepat selesaikan studinya;

16. Teman seangkatan di Teknik Geofisika 2011, **Achmadi H.N., AlwiKarya S., Agung M.H., Anisa E.P., Arenda R.R., Asri Wulandari, Bagus H., Cristian Sibuea, Dian N.R., Dian Trianto, Doni Zulfafa, Farid Anshari, Fitri R.D., Fitri W.N., Guspriandoko, Hardeka P., Hilda A.U., Leo R.P., Lia T.K., Mezrin R., M. Herwanda, Nanda H.M., Ratu M.F., Rosita R., Sari P.Z.,**

Syamsul M., Titi S.R., Wilyan P., Yeni P.S., Yunita P.S., dan Yusuf efendi yang telah menjadi keluarga kedua, yang senantiasa mengisi hari selama lima tahun terakhir dan memberikan banyak kenangan. Semangat dan sukses untuk kita semua;

17. Kakak beserta adik tingkat angkatan 2009, 2010, 2012, 2013, atas semangat, masukan dan kritiknya selama perkuliahan maupun penelitian;

18. Teman-teman alumni SMP Xaverius I Bandar Lampung: **Fitri Darmawan, Tega Fityana, Mutiara Sari, Ignatia Yulistyowati, Jessi Trianka, dll** dan teman-teman alumni SMA Perintis I Bandar Lampung, khususnya anak SLB: **Maria, Eva, Mpok, Fatma, Adel, Wida, Jeni, Karila, Neneng.** dan teman seperjuangan semasa KKN yang tidak bisa dituliskan satu per satu, terima kasih untuk selalu memotivasi agar tetap semangat dalam menyelesaikan skripsi.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, Februari 2017

Penulis,

Rahmi Alfani Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
PERSETUJUAN	iii
PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN	v
RIWAYAT HIDUP	vi
PERSEMBAHAN	viii
MOTTO	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xx
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Batasan Masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Lokasi Penelitian	4

B. Geologi Regional	5
1. Geomorfologi.....	5
2. Struktur Geologi	5
3. Stratigrafi	6

III. TEORI DASAR

A. Teori Gelombang.....	11
B. Gelombang Seismik.....	13
1. Gelombang Badan	14
2. Gelombang Permukaan.....	15
C. Transformasi Fourier	17
D. Mikrotremor	19
1. Analisis HVSR	20
2. Analisis Frekuensi Dominan	24
3. Penguatan Guncangan Tanah (Amplifikasi)	25
4. Kecepatan Gelombang Geser (V_{s30}).....	29
5. Mikrozonasi	31

IV. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	32
B. Alat dan Bahan	33
C. Pengolahan Data	33
1. Konversi data dm2sac.....	33
2. Penghalusan data	34
3. Perhitungan dalam tabel Microsoft excel	35
4. Pembuatan peta	36
5. Pemotongan peta/ <i>clipping</i>	36
6. Pembuatan peta zonasi rawan bencana.....	37
D. Diagram Alir.....	39

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	40
B. Pembahasan	47
1. Analisis nilai frekuensi dominan	47
2. Analisis nilai amplifikasi	48
3. Analisis nilai V_{s30}	51
4. Analisis nilai korelasi	52

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan.....	54
--------------------	----

B. Saran	56
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Daerah penelitian	5
Gambar 2. Peta geologi lembar Solok, Sumatra Barat	10
Gambar 3. Perambatan gelombang didalam suatu medium	11
Gambar 4. Ilustrasi gerak gelombang primer	14
Gambar 5. Ilustrasi gerak gelombang sekunder	15
Gambar 6. Ilustrasi gerak gelombang <i>love</i>	16
Gambar 7. Ilustrasi gerak gelombang <i>reyleigh</i>	17
Gambar 8. Ilustrasi penguatan komponen horizontal gelombang Oleh soil/sedimen lunak	22
Gambar 9. Contoh spektrum mikrotremor hasil analisis HVSR	23
Gambar 10. Peta sebaran titik pengukuran.....	33
Gambar 11. Pengolahan data di software <i>Phyton</i>	34
Gambar 12. Pengolahan data di software <i>Geopsy</i>	35
Gambar 13. Pengolahan data di software <i>Ms. Excel</i>	35
Gambar 14. Pengolahan data di software <i>Surfer</i>	36
Gambar 15. Pengolahan data di software <i>Global Mapper v.15</i>	37
Gambar 16. Pengolahan data di software <i>Argis 10.1</i>	38

Gambar 17. Diagram alir	39
Gambar 18. Peta sebaran nilai frekuensi daerah penelitian.....	41
Gambar 19. Peta sebaran nilai amplifikasi daerah penelitian.....	42
Gambar 20. Peta sebaran nilai V_{s30} daerah penelitian	43
Gambar 21. Peta korelasi nilai amplifikasi dan geologi daerah penelitian	44
Gambar 22. Peta korelasi nilai V_{s30} dan geologi daerah penelitian	45
Gambar 23. Peta korelasi nilai frekuensi, amplifikasi, dan V_{s30} daerah penelitian	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor oleh Kanai	25
Tabel 2. Pembagian zona amplifikasi tanah oleh Marjiyono	27
Tabel 3. Klasifikasi jenis tanah menurut Borcherdet	31

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan intensitas gempa yang tinggi. Hal ini dibuktikan bahwa Indonesia berada di zona pertemuan tiga lempeng yaitu lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Lempeng yang terus bergerak dan mendesak satu sama lain menyebabkan hampir seluruh daerah di Indonesia merupakan daerah rawan gempa, baik gempa dengan skala yang besar maupun kecil. Pulau Sumatera adalah salah satu pulau dengan intensitas gempa tinggi, hal ini didukung dengan beberapa gempa besar yang mewarnai sejarah kegempaanannya seperti Gempa Aceh, Gempa Nias, Gempa Bengkulu, dll.

Kondisi seismik yang aktif dan kompleks pada zona gempa bumi Sumatera Barat tersusun atas dua generator gempa bumi. Pertama, pembangkit gempa bumi berasal dari kawasan barat Sumatera yaitu zona subduksi lempeng yang berpotensi menimbulkan gempa kuat yang memungkinkan diikuti tsunami. Sebagian besar hiposenter gempa bumi dipicu aktivitas penyusupan lempeng yang berpusat di perairan sebelah barat Pulau Sumatera.

Hal ini berkaitan dengan adanya pertemuan lempeng benua di dasar laut. Untuk kawasan Sumatera Barat, potensi gempa besar justru diakibatkan oleh aktivitas lempeng di zona subduksi dengan magnitudo yang relatif lebih besar. Generator gempa bumi kedua adalah zona patahan Sumatera atau Semangko Fault. Semangko Fault merupakan patahan sangat aktif di daratan yang membelah Pulau Sumatera menjadi dua dan membentang sepanjang Pegunungan Bukit Barisan dari utara Aceh sampai ke wilayah Teluk Semangko di Selat Sunda.

Daerah Sumatera Barat khususnya Kabupaten Solok merupakan wilayah yang termasuk dekat dengan zona tumbukan lempeng serta memiliki struktur geologi yang kompleks. Berdasarkan kondisi tersebut, perlu adanya upaya untuk meminimalisir dampak gempa sebagai langkah pertama dalam pencegahan dan mitigasi. Salah satu upaya untuk mengetahui potensi bahaya gempabumi di suatu daerah adalah dengan pengukuran mikrotremor. Analisis dengan pengukuran mikrotremor diharapkan dapat mengetahui kondisi geologi bawah permukaan suatu wilayah rawan gempabumi. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan dan amplifikasi prediksi sebagai parameter pembuatan peta zonasi rawan bencana.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan dan menganalisis nilai frekuensi dominan untuk menggambarkan daerah-daerah di Solok rawan atau tidak terhadap bahaya gempabumi.
2. Menentukan dan menganalisis nilai amplifikasi untuk mengetahui pengaruh bahaya gempabumi.
3. Menentukan dan menganalisis nilai V_{s30} (kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter) untuk mengetahui jenis tanah Daerah Solok yang berpengaruh terhadap bahaya gempabumi.
4. Menentukan dan menganalisis korelasi antara nilai frekuensi dominan, amplifikasi, dan V_{s30} guna pembuatan peta zonasi Daerah Solok dan sekitarnya.

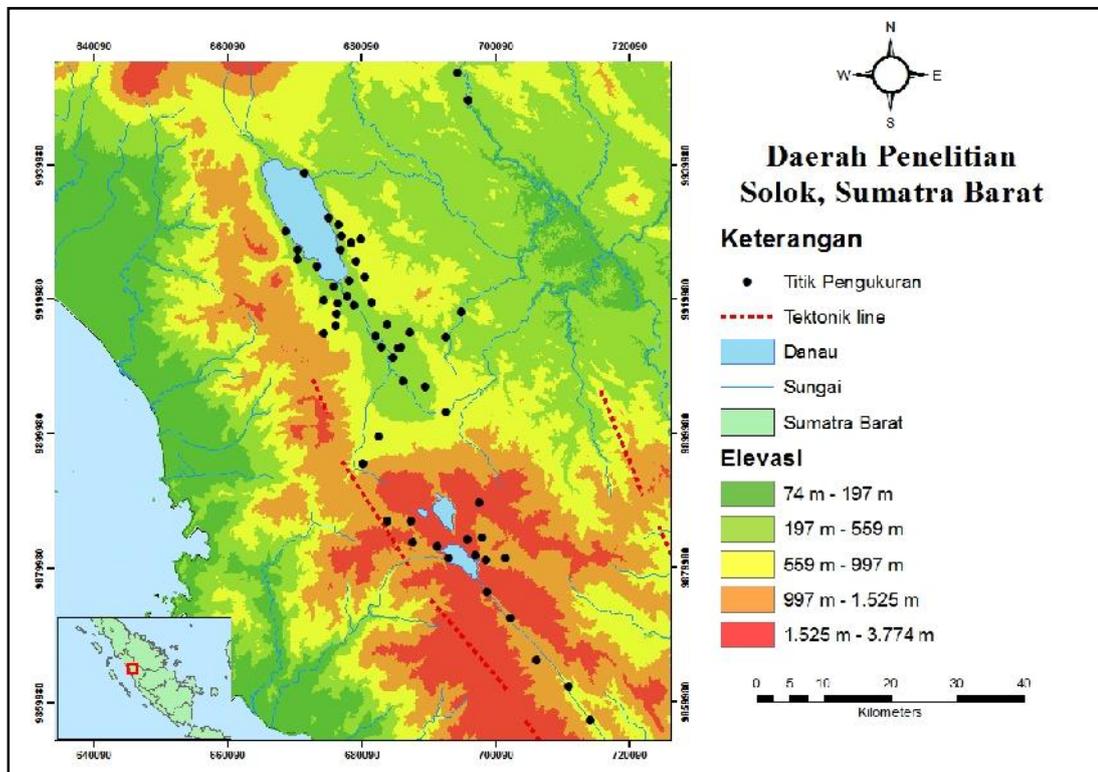
C. Batasan Masalah

Penelitian ini terbatas pada lokasi penelitian Kabupaten Solok dan sekitarnya. Penyediaan informasi berupa nilai frekuensi serta grafik h/v yang dikaitkan dengan nilai amplifikasi dan V_{s30} sebagai parameter untuk pemetaan mikrozonasi wilayah penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian (**Gambar 1**) berada pada koordinat $0,25^{\circ}$ - $1,32^{\circ}$ LS dan $100,2^{\circ}$ - $102,00^{\circ}$ BT, meliputi wilayah Kabupaten Solok, Kabupaten Solok Selatan, Kabupaten Tanah Datar dan Kota Solok. Daerah tersebut secara administratif termasuk kedalam Kabupaten Solok Provinsi Sumatra Barat.



Gambar 1. Daerah penelitian.

B. Geologi Regional Daerah Penelitian

Pulau Sumatra bagian barat tersusun atas endapan batuan tersier yang sangat tebal dan bersifat resistensi terhadap erosi kecil. Singkapan-singkapan batuan yang berumur pretersier di jalur non-vulkanik sangat jarang ditemukan, sedangkan batuan basalt ditemukan secara lokal. Proses pengangkatan yang menghasilkan jalur pegunungan non vulkanik ini terjadi pada zaman Kuartar.

1. Geomorfologi

Secara morfologi daerah penelitian terdapat beberapa satuan geomorfologi seperti dataran tinggi, dataran rendah, daerah perbukitan, dan lembah. Sebagian besar Kota Solok berada pada wilayah pedataran aluvium yang merupakan lembah dari graben-graben terbentuk oleh sesar Sumatra. Selain itu terdapat Danau Singkarak, Danau Diatas dan Danau Dibawah. Danau Singkarak adalah salah satu danau yang terbentuk oleh proses tektonik, yaitu aktifitas pergeseran sesar Sumatra yang membentuk morfologi depresi (cekungan). Danau ini terbentuk sejajar dengan arah sesar Sumatra yaitu arah barat-laut-tenggara, dibatasi oleh Kota Solok bagian selatan dan kota Padang Panjang bagian utara.

2. Struktur Geologi

Struktur yang berkembang di Provinsi Sumatera Barat adalah struktur perlipatan (antiklin) dan struktur sesar dengan arah umum barat-laut – tenggara yang mengikuti struktur regional Pulau Sumatera. Beberapa diantaranya yaitu:

- a. Struktur patahan aktif adalah struktur yang paling dominan dengan Arah jalur struktur patahan ini berarah barat laut tenggara. Mulai dari Danau Atas, Danau

Bawah menerus ke arah Barat Laut ke Danau Singkarak. Struktur ini termasuk dalam jalur patahan besar Sumatera yang terbentuk sebagai akibat adanya interaksi konvergen antara lempeng Samudera Hindia dengan lempeng benua Asia. Pergerakan struktur patahan aktif menghasilkan juga dataran antar perbukitan (graben) di sekitar Solok.

- b. Patahan-patahan yang terbentuk sebagai akibat pergerakan patahan utama Sumatera, dengan sebaran hampir merata khususnya di wilayah bagian meliputi Kecamatan Gunung Talang, Kubung, Kota Singkarak, Kec. Kota Sungai Lasi dan Kec. Payung Sekaki.
- c. Kekar/rekahan berkembang pada batuan dan untuk batuan malihan dan terobosan berkembang struktur kekar/rekahan berkembang di Kecamatan Tiga Lurah dan sekitarnya.

3. Stratigrafi

Kondisi stratigrafi dari struktur geologi sumatera barat adalah sebagai berikut.

1. Kelompok Pra Tersier: kelompok ini mencakup masa Paleozoikum – Mesozoikum, dipisahkan menjadi kelompok batuan ultrabasa; kelompok batuan melange, kelompok batuan malihan; kelompok batuan gunungapi dan kelompok batuan terobosan.
2. Kelompok Batuan Ultrabasa Pra Tersier disusun oleh batuan harzburgit, dunit, serpentinit, gabro dan basalt.
3. Kelompok Melange Pra Tersier merupakan kelompok batuan campur aduk yang disusun oleh batuhijau, graywake, tufa dan batugamping termetakan, rijang aneka warna. Kelompok batuan malihan Pra Tersier disusun oleh batuan sekis, filit, kwarsit, batusabak, batugamping termetakan.

4. Kelompok Batuan Sedimen Pra Tersier yang didominasi oleh batugamping hablur sedangkan kelompok batuan terobosan Pra Tersier disusun oleh granit, diorit, granodiorit, porfiri kuarsa, diabas dan basalt.
5. Kelompok Transisi Pra Tersier – Tersier Bawah merupakan kelompok batuan terobosan yang terdiri dari batuan granodiorit dan granit.
6. Kelompok Tersier dipisahkan menjadi kelompok batuan ultrabasa; kelompok batuan melange; kelompok batuan sedimen; kelompok batuan gunungapi dan kelompok batuan terobosan. Kelompok batuan ultrabasa Tersier disusun oleh batuan serpentinit, piroksenit dan dunit.
7. Kelompok Batuan Sedimen Tersier disusun oleh konglomerat, aglomerat, batulanau, batupasir, batugamping, breksi dan napal.
8. Kelompok Batuan Gunungapi Tersier disusun oleh batuan gunungapi bersifat andesitik-basaltik, lava basalt sedangkan kelompok batuan terobosan Tersier terdiri dari granit, granodiorit, diorit, andesit porfiritik dan diabas.
9. Kelompok Transisi Tersier – Kwartar (Plio-Plistosen) dapat dipisahkan menjadi kelompok batuan sedimen kelompok batuan gunungapi dan kelompok batuan terobosan.
10. Kelompok Batuan Sedimen Plio-Plistosen disusun oleh konglomerat polimik, batupasir, dan batulanau.
11. Kelompok Batuan Gunungapi Plio-Plistosen disusun oleh batuan gunungapi andesitik-basaltik, tufa, breksi dan endapan lahar sedangkan kelompok batuan terobosan Plio-Plistosen terdiri dari riolit afanitik, retas basalt dan andesit porfir.

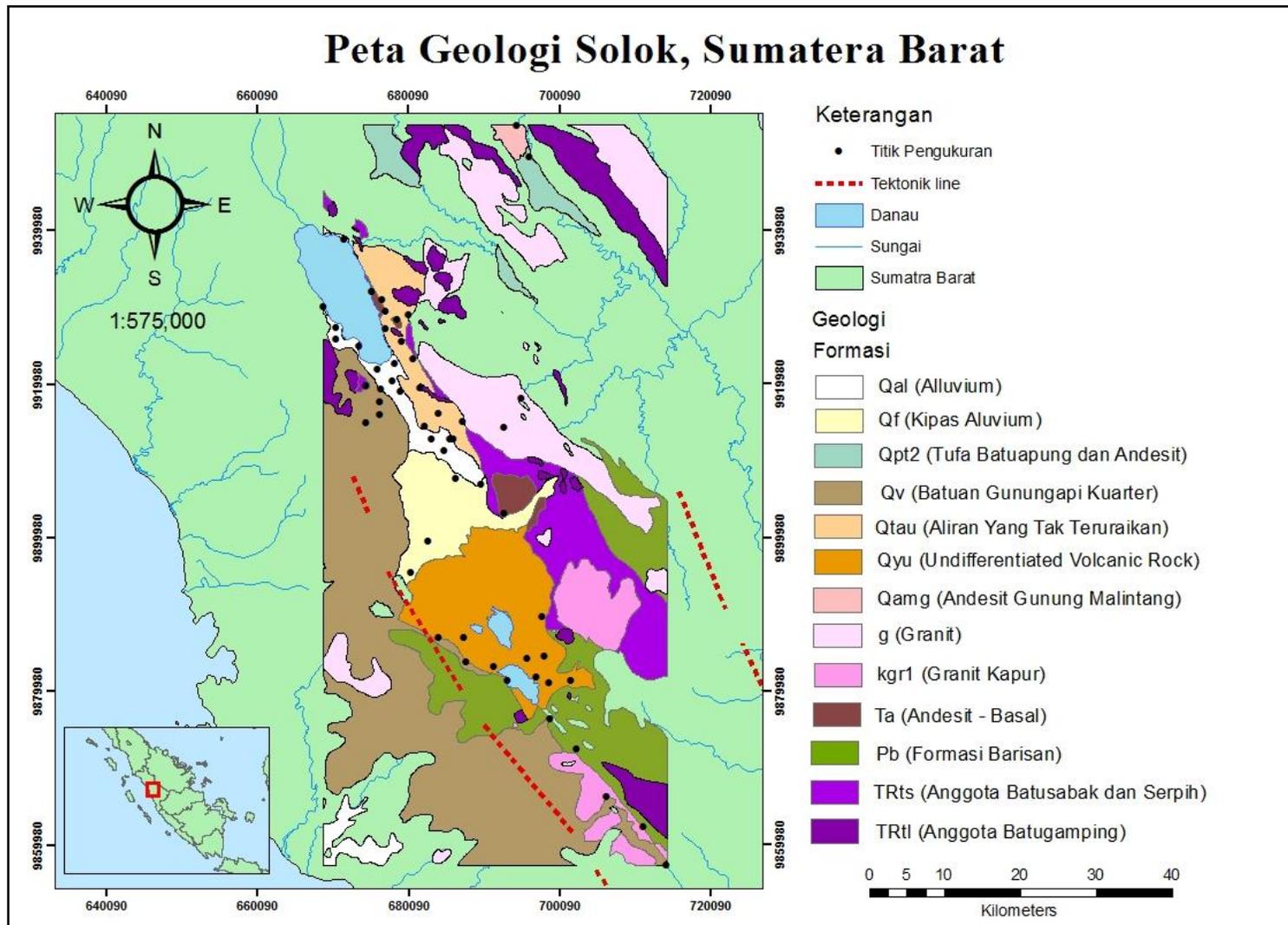
12. Kelompok Kwarter dipisahkan menjadi kelompok batuan sedimen; batuan gunungapi dan alluvium.

Berdasarkan Peta geologi lembar Solok (**Gambar 2**). Strata batuan penyusun Kabupaten Solok adalah:

1. Endapan Permukaan (Qal, Qf)
 - a. Batuan alluvium sungai (Qal) terdiri dari kerikil, pasir, lempung dan lumpur yang merupakan endapan sungai yang terlampar di sepanjang daerah aliran-aliran sungai atau di sepanjang pantai.
 - b. Batuan kipas alluvium (Qf) terdiri dari sedimen hasil rombakan batuan andesit yang berasal dari gunungapi strato yang bercampur dengan lempung, lanau dan pasir dan sebagian batuan gunung api kuarter.
2. Endapan Gunung Api Muda (Qyu, Qatg)
 - a. Batuan gunung api muda yang tak terpisahkan (Qyu) terdiri dari breksi gunungapi, lahar, breksi tuff, dan tuff. Batuan ini berasal dari gunung Kerinci dan gunung Tujuh.
 - b. Batuan andesit Gunung Talang (Qatg) terdiri dari breksi, endapan lahar, aliran lava, lapili dan bersusun basal dan andesit.
3. Batuan vulkanik dan instrusi (Qtau, Qpt, Qamg, Ta)
 - a. Batuan vulkanik yang tak dipisah (Qtau) terdiri dari lahar, fanglomerat, dan endapan kolovium lainnya.
 - b. Batuan tuff batu apung (Qpt) terdiri dari batu apung di dalam matriks kaca kelaran.
 - c. Batuan andesit gunung Malintang (Qamg) terdiri dari breksi andesit

sampai basalt, aglomerat, pecahan lava berongga, endapan lahar dan lava.

- d. Batuan andesit sampai basal (Ta) terdiri dari aliran lava, breksi, aglomerat dan batuan hipabisal.
 - e. Batuan granit (g) susunannya berkisar dari leuco-granit sampai monzorit kuarsa.
4. Batuan Metamorf atau malihan (Pb, PCkq, PCks, TRts)
- a. Batuan malihan (TRts) terdiri dari batu sabak, serpih, serpih sisipan rijang, dan radioalit.
 - b. Anggota filit dan serpih formasi Kuantan (PCks) terdiri dari batu serpih dan filit, sisipan batu sabak, kuarsit, lanau, dan rijang.
 - c. Anggota bawah formasi Kuantan (PCkq) terdiri dari batu kuarsit dan batu pasir kuarsa, sisipan filit, batu sabak, serpih, konglomerat dan rijang.

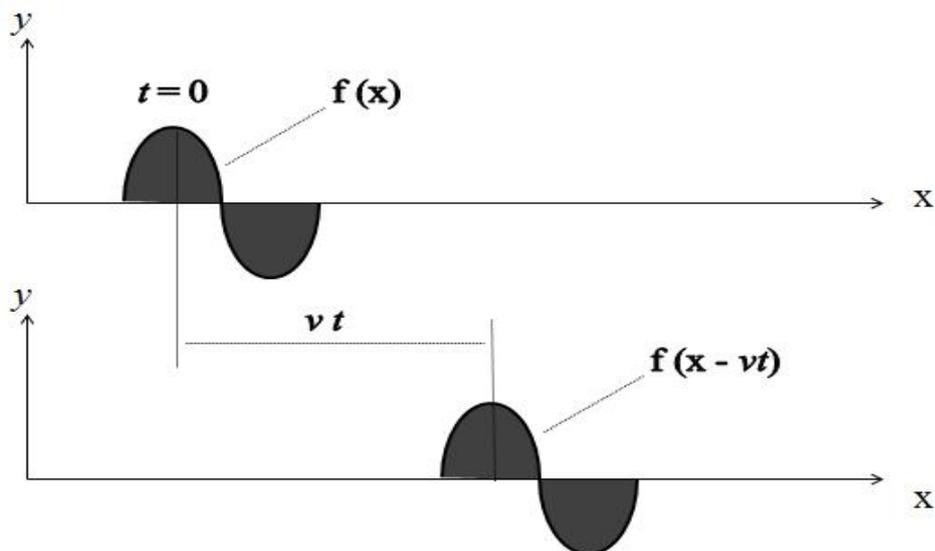


Gambar 2. Peta geologi lembar daerah penelitian Solok, Sumatera Barat

III. TEORI DASAR

A. Teori Gelombang

Gelombang adalah suatu gejala terjadinya perambatan suatu gangguan (*disturbance*) melewati suatu medium dimana setelah gangguan ini lewat keadaan medium akan kembali ke keadaan semula seperti sebelum gangguan itu datang. Misalkan gangguan ini merupakan suatu besaran sembarang y (berada pada sumbu Y pada koordinat kartesian) yang merambat dalam suatu medium dengan kecepatan v sepanjang sumbu X seperti ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Perambatan gelombang di dalam suatu medium.

Pada saat $t = 0$, dan y adalah suatu fungsi dari x maka dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y = y(x) \quad (1)$$

Setelah selang waktu t gangguan tersebut akan menjalar sejauh vt . Fungsi gangguan (gelombang) y yaitu $(x - vt)$ dan $(x + vt)$ memenuhi persamaan gelombang. Diambil $u = (x - vt)$ dan ditinjau sembarang fungsi gelombang. Besar dan bentuk gangguan selama penjalaran dianggap tetap, sehingga persamaan y menjadi:

$$y = y(x - v.t) = y(u) \quad (2)$$

Jika persamaan (2) diturunkan dua kali dengan menggunakan notasi y' untuk turunan y terhadap u , maka akan diperoleh:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\partial y}{\partial u} \frac{\partial u}{\partial x} = y' \frac{\partial u}{\partial x} \quad (3)$$

dan

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial y}{\partial u} \frac{\partial u}{\partial t} = y' \frac{\partial u}{\partial t} \quad (4)$$

karena $\frac{\partial u}{\partial x} = 1$ dan $\frac{\partial u}{\partial t} = -v$

maka $\frac{\partial y}{\partial x} = y'$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -vy'$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = y'' \quad (5)$$

$$\frac{\partial y^2}{\partial t} = -v \frac{\partial y'}{\partial t} = -v \frac{\partial y'}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial t} = v^2 y'' \quad (6)$$

Dari dua persamaan di atas diperoleh hubungan antara turunan kedua y terhadap x dan turunan kedua y terhadap t :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad (7)$$

Persamaan diferensial yang ditunjukkan pada persamaan (7) adalah persamaan dasar dari suatu gelombang. Jadi jika ada persamaan yang menyerupai persamaan di atas maka persamaan tersebut adalah suatu bentuk gelombang. Fungsi $y = f(x + vt)$ juga merupakan suatu gelombang karena juga memenuhi persamaan (7). Berbeda dengan gelombang $y = f(x - vt)$ yang merambat dalam arah x positif, $y = f(x + vt)$ adalah gelombang yang merambat dalam arah x negatif. Maka,

$$y = A f(x - vt) + B f(x + vt) \quad (8)$$

B. Gelombang seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang merambat melalui bumi. Perambatan gelombang ini bergantung pada sifat elastisitas batuan. Menurut Bonnefoy, et al. (2006), gelombang mikrotremor tersusun atas gelombang Rayleigh dan Love dengan proporsi tertentu. Sebab, mikrotremor bersumber pada gelombang laut, angin, getaran akibat aktifitas gunung, dan getaran akibat aktifitas manusia. Konno dan Ohmachi (1998) memaparkan bahwa walaupun mikrotremor didominasi oleh gelombang permukaan yakni gelombang *rayleigh* dan *love*, namun HVSR yang dikenalkan oleh Nakamura (1989) merepresentasikan

karakteristik setempat. Gelombang seismik merupakan gelombang elastis di mana dalam penjarannya gelombang seismik terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Gelombang Badan

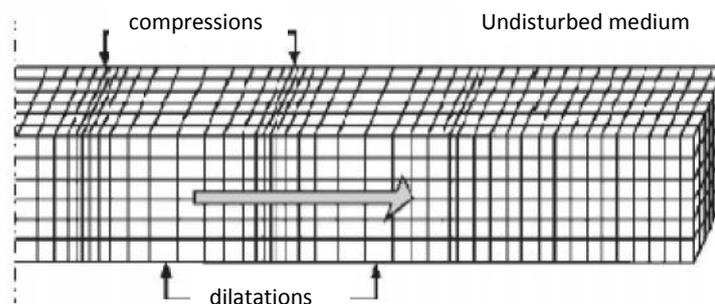
Gelombang badan menjalar melalui interior bumi dan efek kerusakannya cukup kecil. Gelombang badan dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Gelombang P atau gelombang longitudinal atau gelombang kompresi.

Gelombang P merupakan gelombang yang waktu penjarannya paling cepat (**Gambar 4**). Kecepatan gelombang P antara 1,5 km/s sampai 8 km/s pada kerak bumi. Kecepatan penjaran gelombang P dapat dikemukakan dengan persamaan (Dentith, 2014):

$$V_p = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\rho} \quad (9)$$

dimana () adalah panjang gelombang, μ adalah modulus geser, ρ adalah densitas.

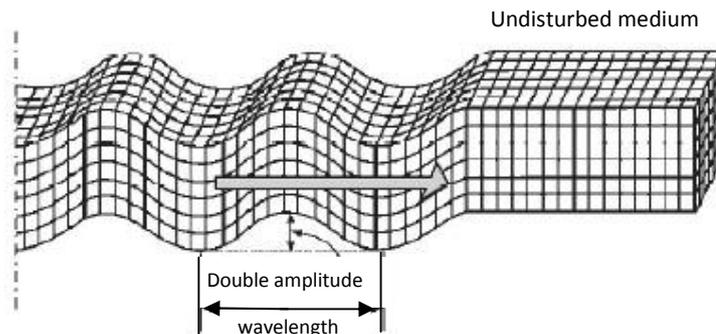


Gambar 4. Ilustrasi gerak gelombang primer (P) (Elnashai dan Sarno, 2008)

b. Gelombang S atau gelombang transversal. Waktu penjaran gelombang S lebih lambat daripada gelombang P (**Gambar 5**). Kecepatan gelombang S

biasanya 60%-70% dari kecepatan gelombang P. Kecepatan gelombang S dapat diperlihatkan dengan persamaan (Dentith, 2014):

$$V_s = \sqrt{\mu/\rho} \quad (10)$$



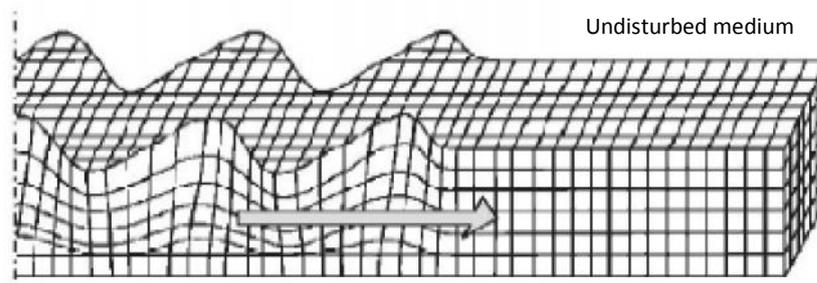
Gambar 5. Ilustrasi gerak gelombang sekunder (S) (Elnashai dan Sarno, 2008)

2. Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan memiliki waktu penjararan yang lebih lambat daripada gelombang badan. Karena frekuensinya yang rendah, gelombang permukaan lebih berpotensi menimbulkan kerusakan pada bangunan daripada gelombang badan. Amplitudo gelombang permukaan akan mengecil dengan cepat terhadap kedalaman. Hal ini diakibatkan oleh adanya dispersi pada gelombang permukaan, yaitu penguraian gelombang berdasarkan panjang gelombangnya sepanjang perambatan gelombang. Ada dua tipe gelombang permukaan yaitu:

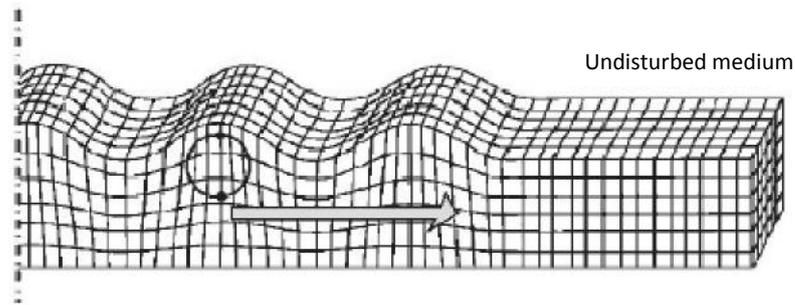
- a. Gelombang *Love* merupakan gelombang permukaan yang hanya terjadi pada kondisi stratigrafi khusus, di mana kecepatan geser pada lapisan teratas lebih kecil dari lapisan bawahnya. Gelombang *Love* arah rambat partikelnya bergetar melintang terhadap arah penjararannya (**Gambar 6**), memiliki kecepatan gelombang di permukaan bumi $\pm 2,0 - 4,4$ km/s (Hidayati, 2010). Gelombang

Love merupakan hasil polarisasi gelombang *S* dalam arah horizontal. Pergerakan partikel memotong arah rambat dan paralel terhadap permukaan bebas. Gelombang tersebut tidak dapat terjadi pada medium homogen, dan pada media berlapis gelombang *Love* terdispersi, di mana kecepatannya cenderung kepada kecepatan geser pada lapisan teratas pada frekuensi tinggi dan cenderung kepada kecepatan geser pada lapisan bawah pada frekuensi rendah.



Gambar 6. Ilustrasi gerak gelombang *Love* (Elnashai dan Sarno, 2008)

- b. Gelombang *Rayleigh* merambat pada permukaan bebas medium berlapis maupun homogen. Gerakan dari gelombang *Rayleigh* adalah *elliptic retrograde* atau *ground roll* yaitu tanah memutar ke belakang tetapi secara umum gelombang memutar ke depan (**Gambar 7**). Pada saat terjadi gempa bumi besar, gelombang *Rayleigh* terlihat pada permukaan tanah yang bergerak ke atas dan ke bawah. Gelombang *Rayleigh* merupakan gelombang permukaan, maka sumber yang lebih dekat ke permukaan akan menimbulkan gelombang yang lebih kuat dibandingkan sumber yang terletak di dalam bumi (Lay dan Wallace, 1995). Gelombang *Rayleigh* memiliki kecepatan $\pm 2,0 - 4,2$ km/s di dalam bumi. Arah rambatnya bergerak tegak lurus terhadap arah rambat dan searah bidang datar (Hidayati, 2010).



Gambar 7. Ilustrasi gerak gelombang *Rayleigh* (Elnashai dan Sarno, 2008)

Gelombang *Rayleigh* merupakan jenis gelombang permukaan yang dapat mencitrakan struktur bawah permukaan dengan mudah yang diaplikasikan pada karakterisasi geoteknik. Sebab, setiap perambatan gelombang yang melewati batas lapisan material bumi akan mengalami dispersi. Selain itu efek dari gelombang *Rayleigh* sangat besar, bila kekuatan sumber atau *source* diterapkan di permukaan tanah mencapai 67% dari energi total yang dihasilkan oleh sumber (Hertantyo, 2010). Oleh karena itu gelombang *Rayleigh* sangat baik digunakan untuk mengidentifikasi masalah struktur tanah, karena pengurangan energi dalam perambatannya lebih rendah dari jenis gelombang seismik lainnya (Shearer, 2009).

C. Transformasi Fourier

Data hasil rekaman gempa bumi pada umumnya masih berbentuk domain waktu, hal ini mempersulit pembacaan informasi tersebut, sehingga data yang berdomain waktu tersebut harus terlebih dulu diproses menjadi domain frekuensi. Tujuan dari transformasi berdasarkan pada beberapa aspek dimana frekuensi merupakan variabel yang lebih berarti daripada waktu. Transformasi Fourier merupakan

metode untuk analisis spektral dengan tujuan agar sinyal yang diperoleh dalam domain waktu merubah menjadi domain frekuensi. Hal ini dilakukan karena perhitungan lebih mudah dalam domain frekuensi dibandingkan dengan domain waktu. Selain itu, fenomena geofisika berkaitan erat dengan frekuensi, sehingga frekuensi menjadi parameter penting dalam menjelaskan fenomena - fenomena tersebut. Transformasi Fourier adalah dari sebuah fungsi $f(t)$ didefinisikan sebagai berikut:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt \quad (11)$$

dimana ω adalah $2\pi f$ (variabel frekuensi sudut dengan satuan radian per detik).

Invers dari transformasi fourier dinyatakan sebagai:

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{i\omega t} d\omega \quad (12)$$

Kedua fungsi tersebut, $f(t)$ dan $F(\omega)$, merupakan pasangan transformasi fourier yang dinyatakan dengan:

$$f(t) \Leftrightarrow F(\omega) \quad (13)$$

Secara umum spektral merupakan fungsi kompleks, dapat dinyatakan dalam dua bentuk berikut:

Penjumlahan bagian riil dan imajiner

$$F(\omega) = a(\omega) + ib(\omega) \quad (14)$$

Hasil kali bagian riil dan kompleks

$$F(\omega) = A(\omega)e^{i\theta(\omega)} \quad (15)$$

dimana:

$$A(\omega) = |F(\omega)| = \{[a(\omega)]^2 + [b(\omega)]^2\}^{1/2} \quad (16)$$

$$\phi(\omega) = \tan^{-1} \left[-\frac{b(\omega)}{a(\omega)} \right] + 2n\pi \quad (17)$$

dengan $F(\omega)$ adalah spektral, $a(\omega)$ adalah variabel riil, $b(\omega)$ adalah variabel imajiner, $A(\omega)$ adalah spektrum amplitudo, $\phi(\omega)$ adalah spektrum fase, ω adalah frekuensi sudut (rad/s), f adalah frekuensi (Hz).

D. 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 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). Selain itu, juga menghitung efek karakteristik tanah dan karakteristik dinamika tanah ditinjau dari kecepatan gelombang seismik dengan menitikberatkan pada variasi amplitudo dan periode serta frekuensi terhadap waktu yang disebabkan oleh gempa bumi maupun sumber getaran yang lain (Gottschammer, 1998).

Hasil pengukuran mikrotremor di lapangan berupa data getaran tanah dalam fungsi waktu. Data tercatat dalam 3 komponen yaitu komponen vertikal dan dua komponen horisontal. Pendekatan analisa untuk memprediksi nilai faktor

amplifikasi yang diperkenalkan oleh Nakamura sangat mudah karena mengabaikan kondisi geologi pada lokasi pengamatan. Untuk mendapatkan nilai faktor amplifikasi, Nakamura memperkenalkan satu metode analisis yang dikenal dengan *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr).

1. Analisis *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (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. Menurut Konno dan Ohmachi (1998), mikrotremor sebagian besar terdiri atas gelombang permukaan.

Nakamura dan Saito (1983) melakukan pengamatan terhadap *ambient vibrations* atau *ambient noise* di permukaan. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa gerakan tanah di permukaan akibat peristiwa gempa dan akibat *ambient vibrations* disebabkan oleh gelombang *Rayleigh*. Nakamura (1989) menyampaikan bahwa metode HVSr yang diaplikasikan pada *ambient vibrations* dapat digunakan untuk memperkirakan frekuensi alami dan faktor amplifikasi dari lapisan sedimen. Metode ini pertama kali digunakan oleh Nakamura (1989) untuk menginterpretasi pengukuran mikrotremor. Deskripsi mengenai teknik ini berdasarkan Lermo dan Garcia (1993). Hipotesis awalnya adalah bahwa rekaman mikrotremor umumnya

terdiri dari gelombang *Rayleigh* dan amplifikasi respon lokasi didasarkan pada kehadiran gelombang ini pada permukaan yang melapisi *halfspace*. Dari keadaan ini maka akan diperoleh empat komponen dari getaran tanah yaitu: komponen horisontal dan vertikal untuk getaran pada *halfspace* dan komponen horisontal dan vertikal untuk getaran pada permukaan.

Kemudian Nakamura (1989) mencoba memisahkan efek sumber gelombang dengan efek geologi dengan cara menormalisir spektrum komponen horisontal 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 horisontal terhadap vertikal mendekati nilai 1. Sedangkan pada stasiun yang berada pada batuan lunak, rasio nilai maksimumnya mengalami perbesaran (amplifikasi), yaitu lebih besar dari 1. Berdasarkan kondisi tersebut maka, Nakamura merumuskan sebuah fungsi transfer HVSR (*Horizontal to Vertical Spectrum Ratio*) mikrotremor, di mana efek penguatan gelombang pada komponen horisontal. Pada stasiun yang berada pada batuan lunak, rasio nilai maksimumnya mengalami perbesaran (amplifikasi), yaitu lebih besar dari 1.

Pada prinsipnya metode ini menghitung rasio spektrum antara komponen total resultan horisontal terhadap komponen vertikal. Menurut Nakamura, efek amplitudo dari sumber, A_S dapat dihitung dengan perbandingan:

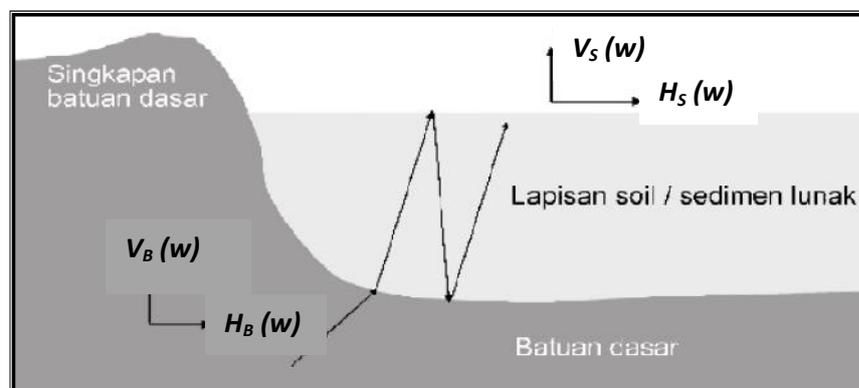
$$A_S(\omega) = \frac{V_S(\omega)}{V_B(\omega)} \quad (18)$$

dengan V_S adalah spektrum amplitudo dari komponen vertikal getaran pada permukaan, V_B adalah spektrum amplitudo dari getaran pada *half space*.

Nakamura kemudian menetapkan estimasi dari respon lokasi S_E , dengan perbandingan:

$$S_E(\omega) = \frac{H_S(\omega)}{H_B(\omega)} \quad (19)$$

dengan $H_S(\omega)$ dan $H_B(\omega)$ masing-masing adalah spektrum mikrotremor komponen horizontal di permukaan dan di batuan dasar. Pengukuran mikrotremor di batuan dasar diwakili oleh pengukuran di singkapan batuan dasar (**Gambar 8**).



Gambar 8. Ilustrasi penguatan gelombang komponen horizontal pada *soil* / sedimen lunak (Marjiyono,2010).

Untuk mengimbangi S_E dengan efek dari sumber, Lermo dan Chaves-Garcia (1993) menghitung fungsi respon lokasi modifikasi S_M yaitu:

$$S_M(\omega) = S_E(\omega) / A_S(\omega) \quad (20)$$

atau

$$S_M(\omega) = \frac{H_S(\omega)/V_S(\omega)}{H_B(\omega)/V_B(\omega)} \quad (21)$$

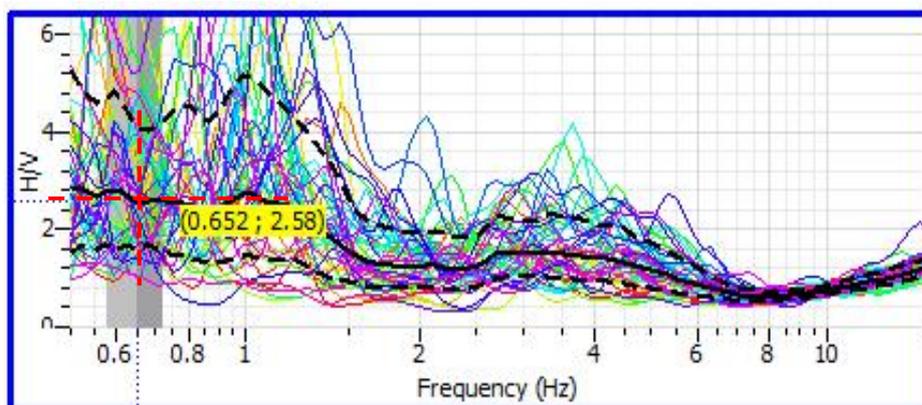
dengan $S_M(\omega)$ adalah fungsi transfer untuk lapisan soil. Karena komponen mikrotremor pada batuan dasar sama ke segala arah maka nilai $\frac{H_B(\omega)}{V_B(\omega)} = 1$, sehingga persamaan 21 menjadi:

$$S_M(\omega) = \frac{H_S(\omega)}{V_S(\omega)} \quad (22)$$

Dari persamaan 22, maka fungsi transfer untuk lapisan *soil* hanya bergantung pada hasil pengukuran di permukaan. Dalam pengamatan di lapangan ada dua komponen horizontal yang diukur yaitu komponen utara–selatan dan komponen barat–timur, sehingga komponen horizontal yang digunakan adalah resultan dari kedua komponen, yaitu ditunjukkan dalam persamaan 23.

$$S_M(\omega) = \frac{\sqrt{H_{SN}(\omega)^2 + H_{WE}(\omega)^2}}{V_S(\omega)} \quad (23)$$

dengan $H_{SN}(\omega)$ adalah spektrum mikrotremor komponen horizontal utara–selatan dan $H_{WE}(\omega)$ adalah spektrum mikrotremor komponen horizontal barat–timur.



Gambar 9. Contoh spektrum mikrotremor hasil analisis HVSR

Parameter penting yang dihasilkan dari metode HVSR ialah frekuensi natural (f_0) dan nilai puncak amplifikasi (A) (**Gambar 9**). HVSR yang terukur pada tanah yang bertujuan untuk karakterisasi geologi setempat, frekuensi natural dan amplifikasi berkaitan dengan parameter fisik bawah permukaan (Herak, 2008).

2. Analisis Frekuensi Dominan

Frekuensi dominan adalah nilai frekuensi yang kerap muncul dan diakui sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan sehingga dapat menunjukkan jenis maupun karakteristik batuan di wilayah 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. Lachet dan Brad menyimpulkan bahwa gelombang yang cukup dominan di dalam gelombang mikrotremor disamping gelombang *Rayleigh* adalah gelombang geser. Dari nilai frekuensi dominan yang terukur dipermukaan, dapat diketahui karakteristik batuan di bawahnya. Hal tersebut dapat dilihat (**Tabel 1**) tentang klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor.

Berdasarkan nilai frekuensi dominan dapat diperkirakan nilai periode dominan dan V_{S30} . Nilai frekuensi selalu berbanding terbalik dengan nilai periode, sedangkan nilai frekuensi berbanding lurus dengan nilai V_{S30} . Frekuensi tinggi mencerminkan dari material batuan yang lebih masif seperti batuan breksi andesit. Frekuensi yang relatif rendah mencerminkan adanya sedimen tipis di lokasi pengukuran di mana terdapat topsoil atau lempung di permukaan. Frekuensi rendah menandakan bahwa tempat tersebut memungkinkan terkena kerusakan yang parah. Amplitudo gelombang permukaan akan mengecil dengan cepat terhadap kedalaman. Hal ini dikarenakan adanya dispersi pada gelombang permukaan, yaitu penguraian gelombang berdasarkan panjang gelombangnya sepanjang perambatan gelombang.

Tabel 1. Tabel klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor oleh Kanai (Dikutip dari Buletin Meteorologi dan Geofisika No.4, 1998)

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 <i>Hard sandy, gravel</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras
	Jenis II	4 – 6,7	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5 – 10 meter
Tipe III	Jenis III	2,5 – 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan >5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10 – 30 meter
Tipe II	Jenis IV	< 2,5	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dll. Dengan kedalaman 30m atau lebih	Ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal
Tipe I				

3. Penguatan Guncangan Tanah (Amplifikasi)

Amplifikasi adalah besarnya penguatan guncangan gempa bumi yang dialami suatu daerah dan bersifat lokal. Konsep dasar fenomena amplifikasi gelombang seismik oleh adanya batuan sedimen yang berada di atas basement dengan perbedaan densitas dan kecepatan V_s , V_o yang mencolok. Frekuensi resonansi banyak ditentukan oleh fisik dari lapisan sedimen yaitu ketebalan h dan kecepatan gelombang S (V_s). 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 dan Matsuoka, 2006) dalam membuat *Hazard Zoning Map* untuk wilayah Jepang. Amplifikasi dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Log Amp} = 2,367 - 0,82 \log V_{s30} \pm 0,166 \quad (23)$$

dimana Amp adalah faktor amplifikasi untuk PGV tersier, yang cocok untuk stuff soil dengan V_{s30} sekitar 600 m/s. Langkah pertama yang harus dilakukan untuk penghitungan amplifikasi adalah menghitung besarnya V_{s30} (kecepatan *shear wave* pada kedalaman 30 m). V_{s30} dapat dihitung dengan rumus:

$$\log V_{s30} = a - b \log Ev + c \log Sp + d \log Dm \pm \dagger \quad (24)$$

dengan a, b, c dan d adalah koefisien regresi untuk satuan geomorfologi, Ev = elevasi, Sp = tangen slope * 1000, Dm = jarak dari gunung/bukit Pra-Tersier atau Tersier. Dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa perhitungan V_{s30} mempertimbangkan faktor satuan morfologi, elevasi, kemiringan lereng, jarak dari bukit/gunung Pra-Tersier/Tersier.

Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan, dengan kata lain gelombang seismik akan mengalami perbesaran, jika merambat pada suatu medium ke medium lain yang lebih lunak dibandingkan dengan medium awal yang dilaluinya. Semakin besar perbedaan itu, maka perbesaran yang dialami gelombang tersebut akan semakin besar. Cara pendekatan lain yang juga dapat dilakukan untuk memprediksi faktor amplifikasi adalah dengan melakukan penelitian *microtremor* (Nakamura, 1989). Nilai amplifikasi gempa bumi suatu daerah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu

soft soil (dalam hal ini berpengaruh pada nilai cepat rambat gelombang seismik), densitas batuan soft soil dan batuan dasarnya.

Marjiyono (2010) menyatakan bahwa, 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. Pusat Survey Geologi dalam hal ini membagi zona amplifikasi tanah yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Tabel pembagian zona amplifikasi tanah (Marjiyono, 2010)

No.	Amplifikasi Tanah	Warna dalam pemetaan	Keterangan resiko
1.	0 – 3	Hijau	Rendah
2.	3 – 6	Biru	Sedang
3.	6 – 9	Kuning	Tinggi
4.	> 9	Merah	Sangat Tinggi

a. Pengaruh Litologi Terhadap Amplifikasi

Besar kecilnya amplifikasi atau penguatan gelombang dipengaruhi oleh densitas dan ketebalan lapisan sedimen, makin besar densitas dan makin tipis batuan, makin kecil pula kemampuan batuan memperbesar amplitudo gelombang. Batuan yang sama dapat memiliki nilai amplifikasi yang berbeda, bergantung pada faktor ketebalan batuan tersebut. Nilai amplifikasi pada batuan bisa bertambah jika batuan telah mengalami deformasi (pelapukan, pelipatan, pensesaran) yang mengubah sifat fisik batuan. Sehingga pada batuan

yang sama, nilai amplifikasi bervariasi sesuai dengan tingkat deformasi dan pelapukan pada tubuh batuan tersebut.

Setiap jenis batuan memiliki sifat fisik yang berbeda terutama dalam hal densitas (rapat massa). Perbedaan rapat massa ini menyebabkan tiap jenis batuan memiliki response yang berbeda terhadap gelombang. Batuan dengan rapat massa tinggi akan membuat gelombang akan melalui batuan tersebut begitu saja, dengan frekuensi dan kecepatan yang tinggi dan amplitudo yang rendah. Batuan dengan rapat massa yang rendah menyebabkan gelombang yang melaluinya mengalami perlambatan dalam kecepatan dan frekuensi tetapi mempertinggi amplitudo gelombang.

b. Pengaruh Ketebalan Sedimen Lunak Terhadap Amplifikasi Tanah

Besarnya penguatan guncangan gempa bumi ini dipengaruhi oleh faktor litologi dan ketebalan lapisan sedimen lunak di permukaan. Ketebalan sedimen lunak dipengaruhi oleh elevasi dan kemiringan lereng, endapan sedimen lunak terdapat di daerah dengan morfologi datar. Tebalnya endapan sedimen lunak mampu berkorelasi dengan nilai amplifikasi gempa bumi. Ketebalan sedimen lunak berbanding lurus dengan perioda dominan daerah tersebut. Untuk batuan yang mempunyai sifat fisik yang sama, maka makin tebal endapan sedimen akan makin besar juga nilai amplifikasi nya. Daerah dengan lapisan sedimen lunak yang tebal memiliki nilai amplifikasi (pembesaran) yang besar sehingga meningkatkan kerawanan terhadap guncangan gempa bumi.

4. Kecepatan Gelombang Geser hingga pada Kedalaman 30 Meter (V_{S30})

Gelombang geser merupakan gelombang bodi yang lebih lambat atau *S-wave*. Hal ini terjadi karena arah gerakan partikel tegak lurus terhadap arah rambatan gelombang (*wave propagation*). Setiap unit luasan pada gelombang sekunder mengalami tegangan geser. Gelombang ini mendeformasi batuan dengan mengubah bentuk dan hanya dapat merambat pada zat padat. Kecepatan perambatan gelombang geser lebih rendah daripada gelombang longitudinal atau gelombang primer. Apabila terjadi gempa, gelombang ini akan tercatat setelah gelombang primer, sehingga gelombang geser dinamakan gelombang sekunder (Susilawati, 2008).

V_{S30} merupakan kecepatan gelombang geser hingga pada 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 dikedalaman 30 meter dari permukaan, kedalaman bedrock, dan rasio impedansi antara lapisan tanah dan bedrock, semuanya berkontribusi secara signifikan terhadap respon site (Castellaro, dkk, 2008). Zhao dan Xu (2012) menyatakan bahwa GMPE atau hubungan empiris lainnya, jika 2 parameter memiliki korelasi bagus, parameter lainnya bisa digunakan untuk mengganti yang lainnya dalam GMPE, seperti dijelaskan dalam rumus berikut:

$$T_{V_{S30}} = 120 \text{ m} / V_{S30} \quad (25)$$

sehingga,

$$V_{S30} = f \times 120 \text{ m}$$

dimana T_{Vs30} adalah periode pada kecepatan shear di kedalaman 30 (sekon), V_{S30} adalah kecepatan shear di kedalaman 30 meter (m/s), f adalah frekuensi dominan (Hz).

Pada dasarnya semakin keras suatu material tanah, maka kecepatan gelombang geser yang melaluinya semakin besar. Apabila ketinggian lebih tinggi, semakin curam lereng dan semakin dekat jarak dari gunung atau perbukitan, nilai V_{S30} menjadi semakin besar. Di bagian hulu sungai pegunungan (daerah elevasi tinggi dengan lereng curam), ukuran butir endapan lebih besar dan kedalaman bedrock dangkal, sehingga nilai V_{S30} menjadi lebih besar (Wakamatsu dan Matsuoka, 2006). Menurut Roser dan Gosar (2010) nilai V_{S30} dapat dipergunakan untuk menentukan klasifikasi batuan berdasarkan kekuatan getaran gempa bumi akibat efek lokal serta digunakan untuk keperluan dalam perancangan bangunan tahan gempa. Selain itu menurut Wangsadinata (2006) hanya lapisan-lapisan batuan sampai kedalaman 30 m saja yang menentukan pembesaran gelombang gempa. Nilai V_{S30} dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$V_{S30} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m t_i/V_s} \quad (26)$$

dimana i adalah indeks perlapisan, m adalah merupakan jumlah lapisan hingga kedalaman 30 meter, t_i adalah ketebalan lapisan ke- i dan V_{S30} adalah kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter.

Klasifikasi jenis tanah dilakukan menurut kecepatan gelombang geser rata-rata pada tanah setebal 30 m dari permukaan (V_{S30}) (Kementerian Pekerjaan Umum,

2010). Pada dasarnya semakin keras suatu material tanah, maka kecepatan gelombang geser yang melaluinya semakin besar (**Tabel 3**).

Tabel 3. Klasifikasi Jenis Batuan berdasarkan *National Earthquake Hazard Reduction Program* (NEHRP) (Borcherdt, 1994)

Site Class	Jenis Batuan	V_{s30} (m/s)
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

5. Mikrozonasi

Mikrozonasi mikrotremor adalah suatu proses pembagian area berdasarkan parameter tertentu dengan karakteristik yang dipertimbangkan antara lain; getaran tanah, faktor penguatan (amplifikasi) dan periode dominan. Secara umum, pemetaan mikrozonasi merupakan salah satu tanggapan untuk mengantisipasi bencana dengan metode pemetaan yang membagi suatu zona secara detail berdasarkan tanggapan (*response*) geologi setempat terhadap gempa bumi. Mikrozonasi juga efektif dalam perencanaan tata ruang wilayah dengan memperhitungkan faktor aktivitas seismik sehingga mampu mengurangi resiko jatuhnya korban karena bencana alam.

IV. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Bandung dan Laboratorium Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung pada bulan Agustus 2015 - Oktober 2016.

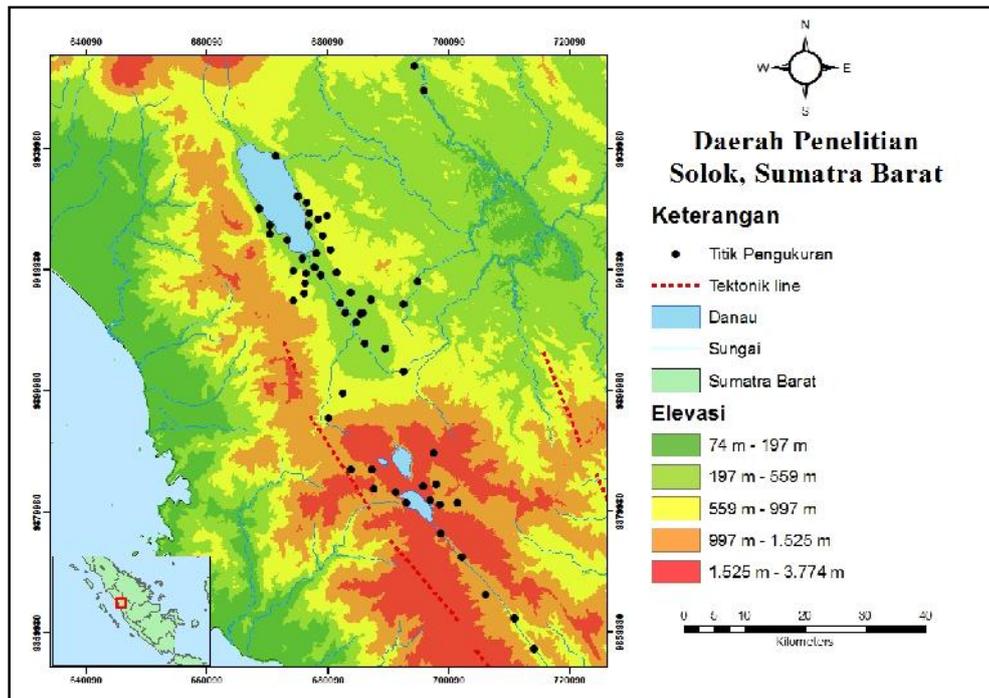
B. Alat dan Bahan

Penulis menggunakan data pengukuran mikrotremor diperoleh dari Badan Geologi Kementerian ESDM, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Bandung. Data merupakan hasil survei pengukuran mikrotremor di Daerah Solok pada tahun 2015 berjumlah 55 titik pengukuran (**Gambar 10**).

Adapun Alat dan Bahan yang membantu dalam penelitian ini adalah:

- a. Data Mikrotremor daerah Solok dan sekitarnya
- b. Peta Geologi Lembar Solok, Sumatra Barat
- c. Laptop
- d. *Software Geopsy.org*
- e. *Software Spyder*

- f. *Software Anaconda*
- g. *Software Surfer 10*
- h. *Software Global Mapper v.15*
- i. *Software Argis 10.1*
- j. *Software Microsoft Word dan Excel 2007*



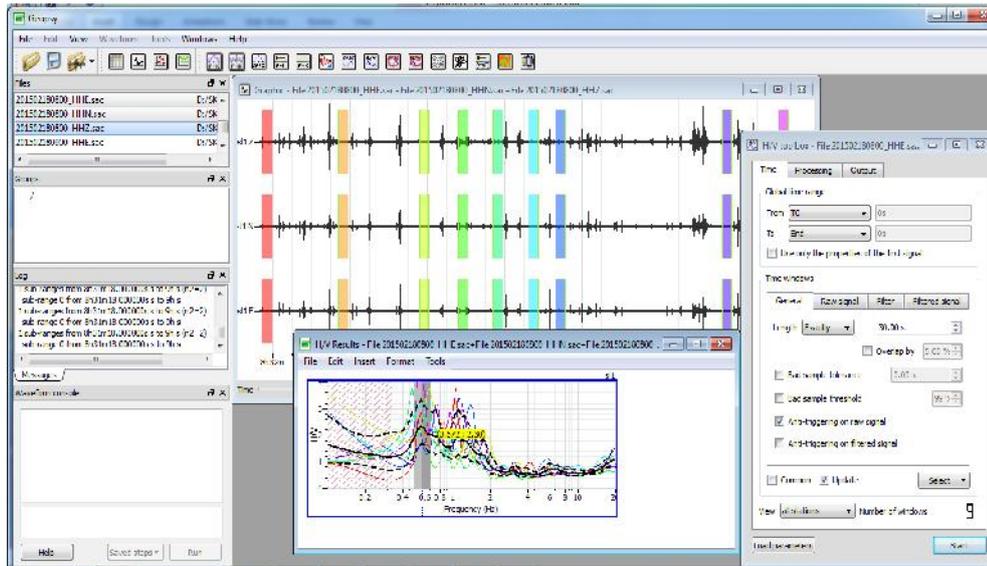
Gambar 10. Peta sebaran titik pengukuran

C. Pengolahan Data

Proses pengolahan data seperti diagram alir pengolahan data yang ditujukan dalam (**Gambar 16**) dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu;

1. Konversi Data dm2sac

Pengukuran mikrotremor dilakukan dengan menggunakan seismometer L4-3D, Logger datamark LS 8800, GPS dan Laptop. Hasil pengukuran berupa data numerik rekaman gelombang natural atau signal seismik di setiap titik



Gambar 12. Pengolahan data di software Geopsy

3. Perhitungan Dalam Tabel Microsoft Excel

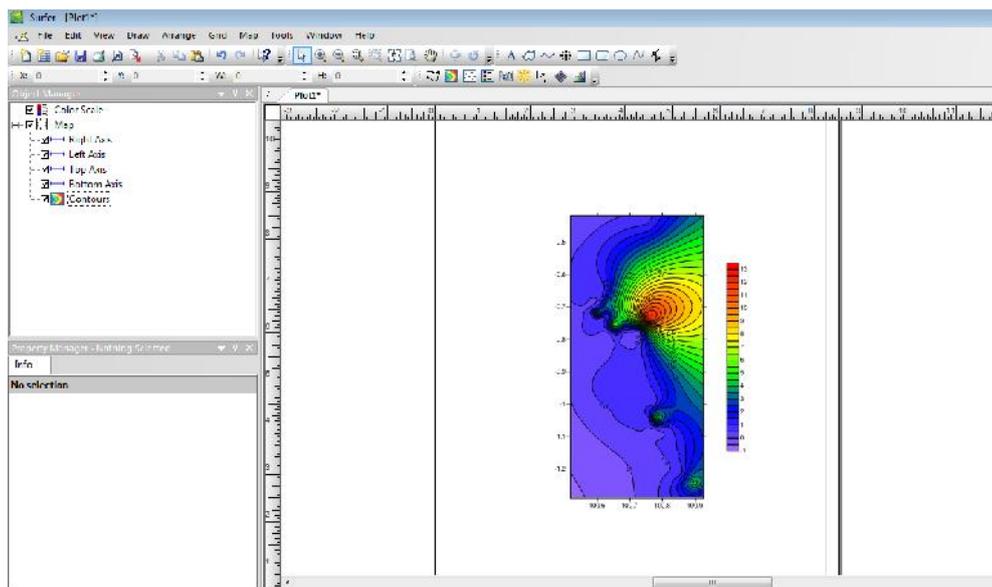
Dari grafik H/V didapatkan fungsi frekuensi dan amplitudo. Lalu mulai perhitungan untuk menentukan besarnya frekuensi, amplifikasi prediksi serta V_{s30} (Gambar 13).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	titik Amat	Y	X	Elevasi	Keterangan Lokasi	frekuensi	Amplifikasi	Periodc Dominan	Vs 30	Ampli Prediksi	
3	11	0.92754	100.51007	875	teluk Kacang, Lubuk Singkarak	0.716	2.18	1.396648045	85.52	5.237533432	
4	112	-0.80379	100.55664	585	Negeri Adu, Lubuk Singkarak	0.63	2.54	1.567301587	75.0	5.341164408	
5	113	0.76848	100.5673	890	Ujung Pannan, Kota Solok	0.877	3.58	1.704189843	99.74	4.632779534	
6	114	-0.78759	100.54544	536	Tengah Galam, Jajati Raya Solok-Sumatra	0.019	2.89	1.012508885	74.28	5.32548733	
7	115	0.77473	100.57743	401	Kondar Handung, Singkarak	0.741	3.21	1.346577665	88.90	5.0889139	
8	116	-0.73118	100.50855	575	Negeri Sumari, X Kulu Singkarak	0.652	1.68	1.333742331	78.24	5.672315079	
9	117	0.50523	100.51033	875	MAIAN I X koto Singkarak	0.61	2.93	1.639344762	73.2	5.093547978	
10	118	-0.81354	100.57871	871	Kelenu, X Kulu Singkarak	0.63	1.74	1.567301587	75.0	5.341164408	
11	119	0.58428	100.54189	875	Perbatasan Tambilin	0.646	1.48	1.547987616	77.57	5.712575094	
12	1110	-0.83312	100.58714	575	Kelenu, X Kulu Singkarak	0.609	2.82	1.191768311	80.28	5.519704135	
13	1111	0.54479	100.54072	600	Lokungun, X Kota Singkarak	0.657	3.54	1.63747331	78.74	5.672315079	
14	1112	-0.51718	100.50461	718	Kulu Baru, X Kulu Singkarak	0.672	6.08	1.168095238	80.61	5.52818226	
15	1113	-0.54385	100.51742	1441	Ujung Alai, X Kota Singkarak	0.701	4.56	1.476531574	84.12	5.117174907	
16	1114	-0.87257	100.51025	705	Nipari, X Kulu Singkarak	0.652	2.58	1.333742331	78.21	5.672315079	
17	1115	-0.58198	100.52022	1431	Arpas, X Kota Singkarak	3.133	3	0.300030003	102.58	1.41260302	
18	1116	-0.72806	100.53123	585	Nipari, X Koto Singkarak	0.82	3.99	1.215512195	98.1	4.695251861	
19	1117	-0.77242	100.50294	496	Ujung, X Kota Singkarak	5.76	1.91	0.173611111	601.2	0.894546935	
20	1118	-0.71087	100.75333	313	Perbatasan Solok-Sawahlunto	12.843	4.33	0.07726181	1553.16	0.04471707	
21	1119	-0.77414	100.71084	337	Kinngun, X Kota Singkarak	0.75	3.54	4	10	12.81766165	
22	1120	-0.75784	100.58301	426	Saok Laweh Kubung	0.518	2.99	1.089324619	110.15	4.238338254	
23	1121	-0.75734	100.7716	389	Ujung Pannan, Kota Solok	0.641	2.45	1.191768311	78.59	5.519704135	
24	1122	-0.69328	100.5173	389	Batas Solok-Tanah Datar, Batipuh	0.598	2.93	1.67240805	71.76	5.10544106	
25	1123	-0.57023	100.71216	378	Tatang Adu, Ujung Sirih	0.633	6.34	1.191768311	75.06	5.341164408	

Gambar 13. Pengolahan data di Microsoft excel

4. Pembuatan Peta

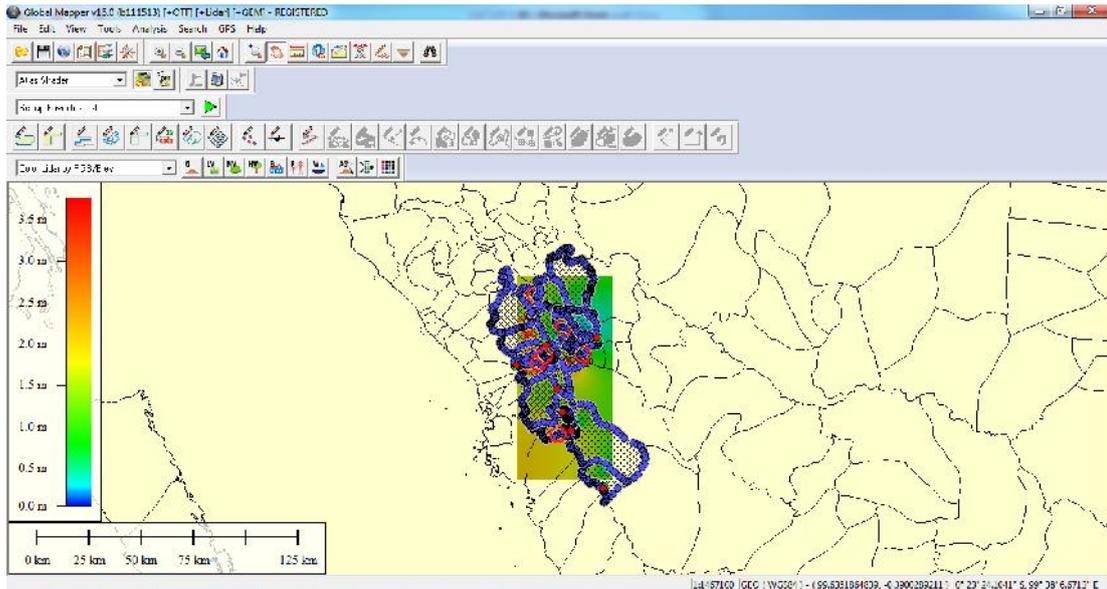
Setelah memperoleh nilai frekuensi, amplifikasi prediksi, dan V_{s30} selanjutnya adalah melakukan grid data menggunakan *Software Surfer 10* (**Gambar 14**). Peta yang dibuat diantaranya Peta Frekuensi, Peta Amplifikasi, dan Peta V_{s30} daerah penelitian.



Gambar 14. Pengolahan data di software *Surfer 10*

5. Pemotongan peta/ *Clipping*

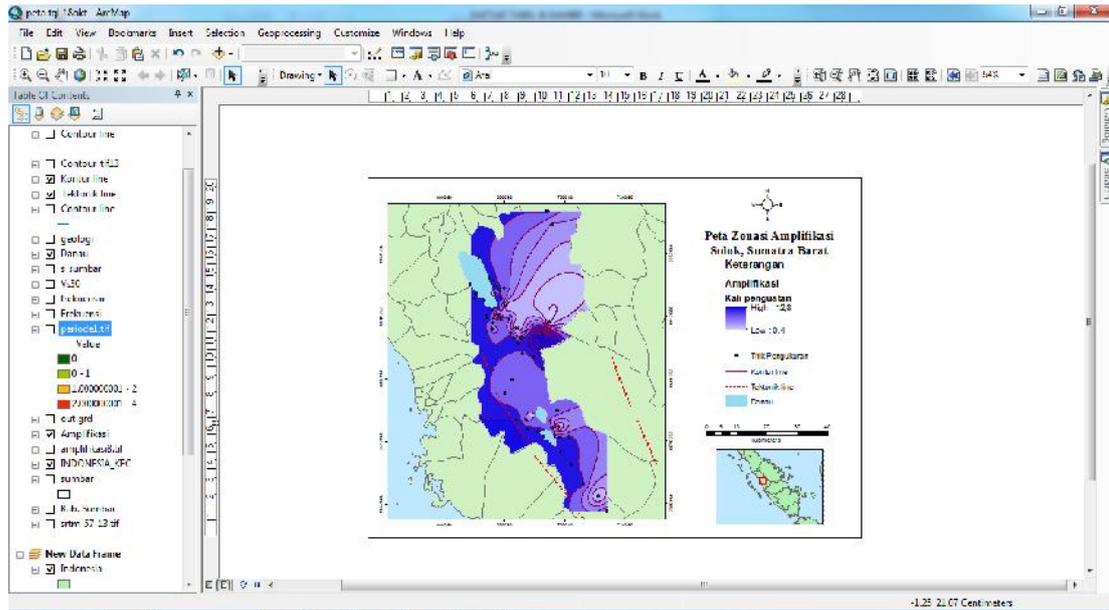
Setelah dibuat peta kontur, tahap selanjutnya pemotongan peta menggunakan *Software Global Mapper v.15* (**Gambar 15**). Pemotongan atau pengklipan peta berdasarkan letak kecamatan daerah penelitian agar bentuk peta yang didapat proporsional.



Gambar 15. Pengolahan data di *Software Global Mapper v.15*

6. Pembuatan Peta Zonasi Rawan Bencana

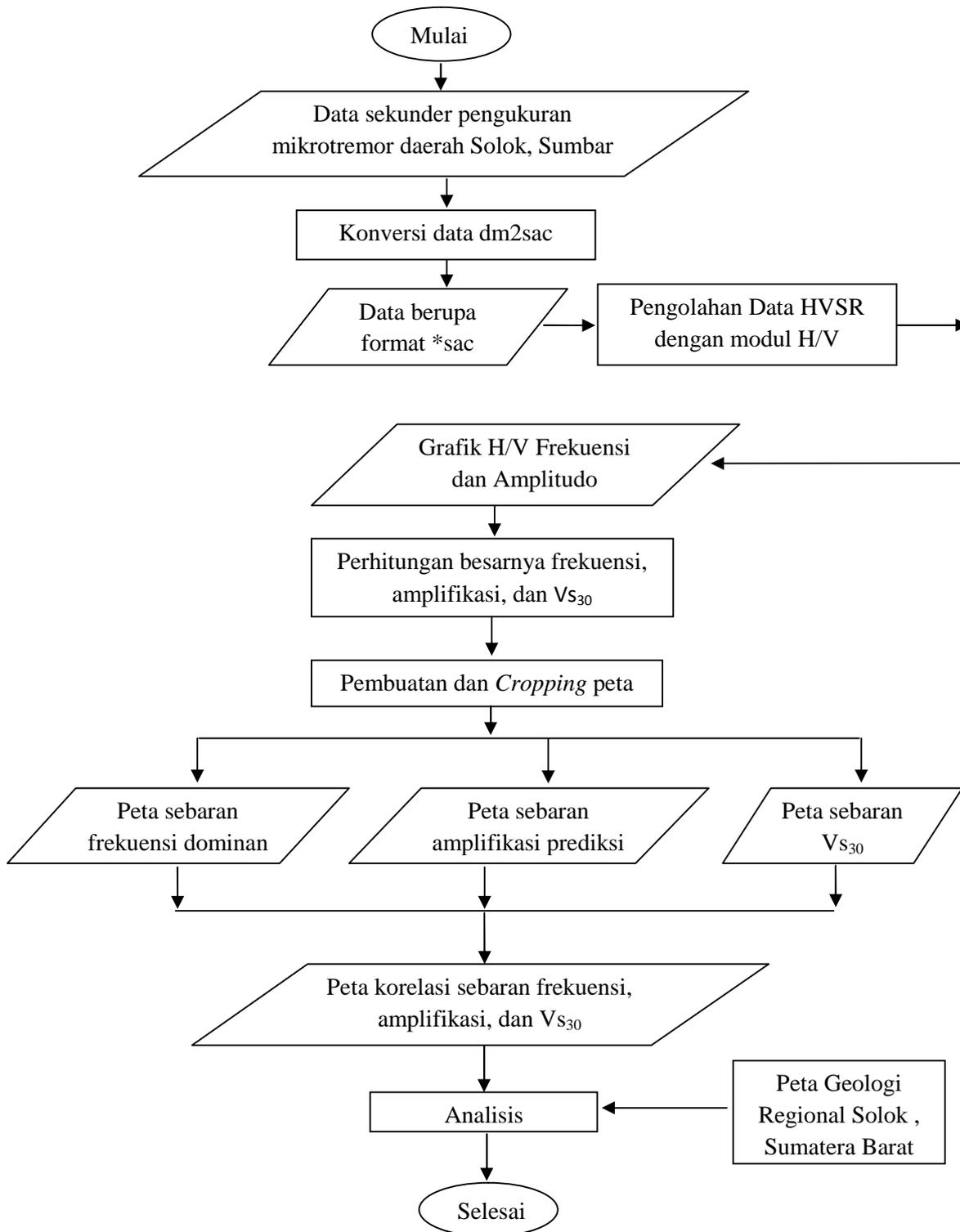
Tahap selanjutnya adalah membuat peta zonasi rawan bencana dengan *Software Argis* (**Gambar 16**). Peta zonasi rawan bencana memuat informasi mengenai besarnya nilai penguatan guncangan/amplifikasi suatu wilayah berdasarkan rasio spektral gelombang komponen horizontal terhadap komponen vertikal. Tingkatan besarnya efek guncangan/amplifikasi dibagi menjadi beberapa tingkat zona bahaya. Tahap ini membuat beberapa peta seperti Peta zonasi frekuensi dominan, amplifikasi prediksi, V_{S30} , dan korelasi antara ketiga parameter tersebut.



Gambar 16. Pengolahan data di software *Arcgis 10.1*

D. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pengolahan data sebagai berikut :



Gambar 17. Diagram Alir Penelitian

VI. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan data rekaman mikrotremor daerah Solok Sumatra Barat, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Diperoleh empat zona untuk nilai frekuensi. Zona yang mendominasi daerah penelitian adalah zona keempat yang berfrekuensi rendah $< 2,5$ Hz dengan warna biru muda dan termasuk dalam zona tanah jenis IV. Zona tersebut membentang dari Kecamatan Lintau Buo, Koto Diatas, Lubuk Singkarak, Kubung, Gunung Talang, Lembah Jaya, Bukit Sundi, Koto Sei Lasi dan sekitarnya hampir keseluruhan daerah penelitian. Berdasarkan **Tabel 1** zona ini mencerminkan adanya sedimen permukaannya sangat tebal dan menandakan bahwa daerah tersebut beresiko terkena kerusakan gempa bumi yang parah.
2. Diperoleh empat zona untuk nilai amplifikasi. Zona yang mendominasi daerah penelitian adalah zona kedua yang ditunjukkan dengan warna biru keunguan berkisar 3-6 kali penguatan dan termasuk dalam zona resiko sedang bahaya gempa bumi. Zona tersebut meliputi daerah Koto Singkarak, Kota Diatas, Kubung, Lubuk Singkarak, Gunung Talang, Kota Solok, Tanah Datar dan terletak hampir disebagian besar daerah penelitian. Daerah ini memiliki

amplifikasi cukup tinggi dan rentan untuk mengalami kerusakan dari dampak gempa bumi. Zona ini tidak direkomendasikan untuk dikembangkan sarana pembangunan.

3. Diperoleh empat zona untuk nilai V_{s30} . Zona yang mendominasi daerah penelitian adalah zona keempat yang ditunjukkan oleh warna biru muda, memiliki nilai $V_{s30} < 180$ m/s dan jenis tanah lunak. Zona ini meliputi daerah Lintau Buo, Tanjung Emas, Rambatan, Bukit Kunci, Koto Seilesi, Kota Solok, Lubuk Singkarak, Koto Singkarak dan sekitarnya. Zona ini tersebar cukup luas di wilayah sebelah barat penelitian dan termasuk *site class E* (**Tabel 3**) yang diperkirakan jenis batumannya adalah *soft soil* atau tanah lunak. Karena batumannya didominasi kelompok kwarter yang terdiri dari batuan gunungapi dan alluvium, maka kecepatan gelombang geser yang melewati daerah ini lebih lambat. Hal ini menyebabkan timbulnya pembesaran gelombang pada lapisan tersebut sehingga zona ini sangat berisiko tinggi apabila terjadi bencana gempa bumi.
4. Peta korelasi nilai frekuensi, amplifikasi, dan V_{s30} menunjukkan jika daerah berwarna merah yang tebal adalah daerah yang paling rawan terhadap bencana gempa bumi meliputi daerah Tanah Datar, Koto Singkarak, Bukit Sundi, Kota Solok, Gunung Talang, Lembang Jaya dan sebagian kecil daerah Lembah Gumanti. Sedangkan daerah berwarna biru adalah daerah yang cukup aman terhadap bencana gempa bumi dengan meliputi daerah Kota Sawah lunto, Lembah Segar dan sebagian kecil daerah Koto Seilasi.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diajukan saran sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan nilai V_{s30} yang lebih akurat dan detail struktur regional daerah penelitian., diperlukan data *coring* daerah penelitian.
2. Untuk hasil yang lebih maksimal dapat menggunakan parameter lain seperti ketebalan sedimen dan PGA (Percepatan Tanah Maksimum)

DAFTAR PUSTAKA

- Bard, P.Y. 2000. *Lecture notes on seismology, seismic hazard assessment and risk mitigation*. International Training Course, Postdam.
- BMKG. 1998. Sumberdaya Geologi. Buletin Meteorologi dan Geofisika No. 4.
Sumber: BMKG. Jakarta.
- Borcherdt, R.D. 1994. *Estimates of Site-dependent Response Spectra for Design (Methodology and Justification)*. Earthquake Spectra, 10, 617-653.
- Claudet, B.S., Cotton, F., dan Bard, P.Y. 2006. *The nature of noise wavefield and its applications for site effects studies*, Earth-Science Reviews. doi:10.1016/j.earscirev.2006.07.004
- Castellaro, S., Mulgaria, F., dan, Rossi P.L. 2008. *Vs30: Proxy for Seismic Amplification*. Seismol, Res, Letters ; 79, 540-543.
- Daryono dan Prayitno, B.S. 2012. Data Mikrotremor dan Pemanfaatannya untuk Pengkajian Bahaya Gempabumi. Makalah disajikan dalam Diklat Teknis Seismologi Teknik, Bogor: BMKG.
- Dentith, M. dan Stephen, M. 2014. *Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist*. New York: Cambridge University Press
- Elnashai, A.S dan Sarno, D.L. 2008. *Fundamentals of Earthquake Engineering*. Antony Rowe Ltd, Chippenhaam, Wilts, England.
- Gottschammer, E., dan Surono. 1998. *Locating tremor and shock sources recorded at Bromo Volcano*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, vol. 101, 199–209.

- Herak, M. 2008. *Model HVSR: A Matlab tool to model horizontal-to-vertical spectral ratio of ambient noise*. Computers and Geosciences vol. 34, no. 1514–1526.
- Hidayati,S. 2010. Mekanisme Fokus dan Parameter Sumber Gempa Vulkanotektonik di Gunung Guntur Jawa Barat.- Jurnal geologi Indonesia. Badan Geologi . Bandung.
- Kanai, K. 1983. *Seismology in Engineering*. University of Tokyo Press, Japan
- Lachet, C. B. 1994. *Numerical and Theoretical Investigations on The Possibilities and Limitations of Nakamura's Technique*. Journal Physics of The Earth, 42, 377-397.
- Lay, T., dan Wallace, C. T. 1995. *Modern Global Sesmology*. California: Academic Press
- Lermo, J. dan Garcia, F.J. 1994. *Are Microthermors Useful in Site Response Evaluation?* Bull. Seism. Soc. Am. 84, 1350-1364.
- Marjiyono. 2010. Estimasi Karakteristik Dinamika Tanah Dari Data Mikrotremor Wilayah Bandung. Thesis ITB. Bandung.
- Nakamura, Y. 1989. *A Method for Dynamic Characteristic Estimation of Subsurface Using Mikrotremor on The Ground Surface*. Quatrely Reports of The Railway Technical Research Institute, Tokyo, 30, 25-33.
- Nakamura, Y., dan Saito, A. 1983. *Estimation of Amplification Characteristics of Surface Ground and PGA Using Strong Motion Records in Japan*, Proc. 17th JSCE Earthquake Engineering Symposium, 25-28.
- Nakamura, Y. 2000. *Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications*. Proc XII World Conf. Earthquake Engineering, New Zealand,2656.
- Roser, J. dan Gosar, A. 2010. *Determination of Vs30 for Seismic Ground Classification in The Ljubljana Area*. Slovenia. Acta Geothernica Slovenia.
- Shearer, P.M. 2009. *Introduction to seismology*. 2nd ed. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.

- Susilowati. 2008. Penerapan Perjalanan Gelombang Seismik Gempa pada Penelaahan Struktur Bagian dalam Bumi. Universitas Sumatra Utara. Sumatra utara.
- Wakamatsu, K., dan Matsuoka, M. 2006. *Development of The 7.5 – Arc – Second Engineering Geomorphologic*. Classification Database and its Application to seismic Microzoning
- Wangsadinata. 2006. Geomorfologi dan Analisis Lanskap. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zhao, J.X., dan Xu, H. 2012, *Calibration of A Combined Site Parameter of Vs30 and Bedrock Depth for Ground-Motion Prediction Equations Using Strong-Motion Records From Japan*. Southwest Jialong University, Chengdu, Sichuan, China