

**IDENTIFIKASI KERENTANAN GEDUNG BALAI BESAR
METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA WILAYAH III
DENPASAR DENGAN METODE *HORIZONTAL TO VERTICAL
SPECTRAL RATIO* (HVSR)**

(Skripsi)

Oleh

**MOZALIA NANDA PURNAMA PUTRI
NPM 1715051010**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI KERENTANAN GEDUNG BALAI BESAR METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA WILAYAH III DENPASAR DENGAN METODE HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSR).

Oleh

Mozalia Nanda Purnama Putri

Penelitian ini mengkaji kerentana gedung di Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar, dengan menggunakan data mikrotremor dimana pengukuran dilakukan pada *basemen*, lantai 1, lantai 2, dan lantai 3. Pada penelitian menggunakan metode horizontal to vertical spectral ratio (HVSR) yang bertujuan untuk mengidentifikasi kerentanan gedung dan resonansi. Hasil dari pengolahan data mikrotremor yang dilakukan di *software geopsy* adalah grafik hubungan nilai H/V dan frekuensi, dari grafik tersebut akan diperoleh nilai frekuensi dominan (f_0) dan nilai amplitudo dominan (A_0) pada tiap titik pengukurannya. Kemudian mendapat hasil resonansi yang tidak jauh berbeda pada setiap lantainya. Hasil resonansi yang didapatkan berkisaran dari 32,1% sampai 67,46% dimana berdasarkan klasifikasi merupakan termasuk tingkat resonansi rendah. Dimana lantai 2 merupakan lantai yang lebih rentan terhadap gempa bumi dikarenakan nilai indeks kerentanan yang dimiliki lebih tinggi dibandingkan dengan lantai lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi dalam memahami kerentanan gedung di daerah studi dan dapat menjadi dasar untuk pengelolaan risiko bencana di masa depan.

Kata Kunci : Mikrotremor, resonansi, kerentanan gedung.

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF VULNERABILITY OF REGIONAL METEOROLGY CLIMATLOGY AND GEOPHYSICS OFFICE III DENPASAR BUILDING WITH HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO METHOD

By

Mozalia Nanda Purnama Putri

This study investigates the vulnerability of the building at the Regional Meteorology Climatology and Geophysics Office III Denpasar, using microtremor data collected from the basement, first floor, second floor, and third floor. The study employs the horizontal to vertical spectral ratio (HVSR) method to identify the building's vulnerability and resonance. The data processing using geopsy software produces graphs showing the relationship between H/V values and frequency, from which the dominant frequency (f_0) and dominant amplitude (A_0) values are obtained at each measurement point. The resonance results are consistent across all floors, ranging from 32.1% to 67.46%, indicating a low level of resonance. The second floor is found to be more vulnerable to earthquakes due to its higher vulnerability index compared to other floors. Therefore, this study contributes to understanding the building's vulnerability in the study area and can serve as a basis for disaster risk management in the future.

Keyword : Microtremor, resonance, vulnerability building.

**IDENTIFIKASI KERENTANAN GEDUNG BALAI BESAR
METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA WILAYAH III
DENPASAR DENGAN METODE *HORIZONTAL TO VERTICAL
SPECTRAL RATIO* (HVSR)**

Oleh

MOZALIA NANDA PURNAMA PUTRI

Skripsi

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

pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**Judul Skripsi : IDENTIFIKASI KERENTANAN GEDUNG
BALAI BESAR METEOROLOGI
KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
WILAYAH III DENPASAR DENGAN
METODE *HORIZONTAL TO VERTICAL*
SPECTRAL RATIO (HVSr)**

Nama Mahasiswa : Mozalia Nanda Purnama Putri

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715051010

Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., IPU. Rustadi, S.Si., M.T.

NIP 19711210 199702 1 001

NIP 19720511 199703 1 002

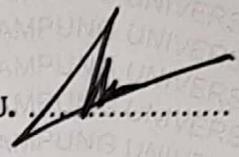
2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

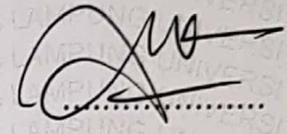
Dr. Karyanto, S.Si., M.T.

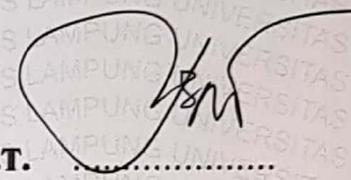
NIP 19691230 199802 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : **Prof. Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., IPU.** 

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

Penguji Utama : **Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.** 

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **8 Mei 2024**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Identifikasi Kerentanan Gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar Dengan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSR)” bukan merupakan karya dari orang lain melainkan berdasarkan pemikiran saya sendiri, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Adapun kutipan tertentu yang terdapat dalam skripsi ini adalah karya atau pendapat orang lain yang saya kutip ditulis melalui sumbernya sebagaimana seperti yang disebutkan dalam daftar pustaka secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah.

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

Bandar Lampung, 18 Juni 2024

Penulis,



Mozalia Nanda Purnama Putri
1715051010

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Mozalia Nanda Purnama Putri, lahir di Bandar Lampung pada 27 Juni 1999. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara dan merupakan putri dari bapak Candra Purnama dan ibu Rahisah. Pendidikan yang pernah ditempuh oleh penulis yaitu Taman Kanak-Kanak di TK Dharma Wanita dan dilanjutkan ke SDN 1 Pratama Mandira yang berada di Kecamatan Sungai Menang, Kabupaten Ogan Komering Ilir. Selanjutnya melanjutkan sekolah di SMP Budi Pratama Kecamatan Sungai Menang, Kabupaten Ogan Komering Ilir. Penulis berhasil menempuh sekolah menengah atas di SMA YP Unila Kota Bandar Lampung dan selesai pada tahun 2017 dan melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Lampung Fakultas Teknik Jurusan Teknik Geofisika.

Pada tahun 2020 penulis melakukan kerja praktek di Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi Kota Bandung dengan mengidentifikasi peningkatan aktifitas gunungapi berdasarkan sinyal seismik dengan metode *Real-Time Seismic Amplitude Measurement* (RSAM) pada Gunungapi Soputan, Sulawesi Utara dan penulis berniat untuk melanjutkan ketertarikan pada penelitian dengan menggunakan metode HVSr dengan mengidentifikasikan kerentanan gedung. Dari hasil penelitian ini penulis dapat menyelesaikan tugas yang diberikan dan diamanatkan oleh dosen dan menjadi sarjana pada tanggal 8 Mei 2024 dengan judul “Identifikasi Kerentanan Gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika Wilayah III Denpasar Dengan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSr)”.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji Syukur kepada Allah SWT. Atas kehendak dan Ridha-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini saya persembahkan kepada :

Bapak, Ibu dan Ayuk

Berkat Doa dan ketulusan cinta dan kasih sayang serta dukungan yang tidak pernah habis untuk saya. Terimakasih atas segala jerih payah yang sudah bapak dan ibu hingga segala kebutuhan saya terpenuhi, semua yang telah kalian lakukan akan selalu terkenang sampai akhir hayat saya.

Bapak dan Ibu Dosen Terhormat

Sebagai tanda hormat dan terima kasih saya atas segala bentuk dukungan serta motivasi untuk saya juga untuk segala ilmu yang diberikan kepada saya selama ini akan terus terpakai hingga saya tua.

Teknik Geofisika Universitas Lampung 2017 dan keluarga besar

Teknik Geofisika Universitas Lampung

Atas segala semangat dan dorongan kalian kepada saya dan dapat membantu saya dalam segala hal kecil yang saya butuhkan. Semoga kesuksesan selalu menyertai kita semua.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Identifikasi Kerentanan Gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar Dengan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio (HVSR)***” sebagai salah satu persyaratan untuk meraih gelar S-1 Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung. Terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang turut terlibat dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis berharap dengan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi ara pembaca dan juga bermanfaat untuk menambah ilmu dimasa yang akan datang. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari kesalahan. Karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca agar kedepannya penulis dapat memberikan hal yang lebih baik lagi. Demikian pengantar dari penulis atas selesainya skripsi ini.

Bandar Lampung, 18 Juni 2024

Penulis,

Mozalia Nanda Purnama Putri

SANWACANA

Puji dan syukur kepada Allah SWT. Atas berkah dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Identifikasi Kerentanan Gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar Dengan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio (HVSR)”** dengan baik. Penulis menyadari, dengan terselesaikannya skripsi ini tentunya berkat doa, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. Berkat rahmat dan hidayah-Nya saya diperkenankan untuk menimba ilmu hingga saat ini, sehingga dapat menyusun skripsi ini dengan baik.
2. Kedua orang tua saya Bapak Chandra Purnama dan Ibu Rahisah serta Ayuk dan Sepupu saya yang selalu mendukung, membimbing, mengingatkan, memotivasi dan mendokan saya.
3. Bapak Dr. Karyanto, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik selama perkuliahan.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., IPU. selaku dosen pembimbing utama Tugas Akhir penulis yang senantiasa selalu memberikan motivasi kepada penulis dan memberikan peluang untuk penulis berkembang lebih baik.
5. Bapak Rustadi, S.Si., M.T. selaku pembimbing kedua penulis Tugas Akhir yang senantiasa membimbing dan memberikan saran kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Bagus Supto Mulyatno, S.Si., M.T. selaku penguji dalam Tugas Akhir penulis yang selalu memberikan ilmu, kritikan, saran dan nasehat

dalam proses penyelesaian sehingga penulis mendapatkan banyak wawasan baru dalam materi yang penulis di Tugas Akhir ini.

7. Bapak Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik penulis dalam menjalankan perkuliahan di Teknik Geofisika Universitas Lampung sudah memberikan motivasi besar selama penulis berkuliah disini.
8. Dosen-dosen dan Staff Tata Usaha Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati terima kasih untuk segala bentuk bantuan yang diberikan.
9. Teman-teman seperjuangan penulis dalam menyelesaikan kuliah dan Tugas Akhir yaitu Risa, Vivi, Heni, Azizah, Tajar yang sudah menemani penulis berjuang bersama sampai penulis ada pada titik ini.
10. Keluarga besar Teknik Geofisika Universitas Lampung Angkatan 2017 yang telah melewati suka dan duka selama perkuliahan serta telah memberikan dukungan selama ini.
11. Serta semua pihak yang terlibat dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 18 Juni 2024
Penulis

Mozalia Nanda Purnama Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PERSETUJUAN	iv
PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Batasan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4

II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Lokasi Penelitian	5
2.2. Geologi Regional	6
III. TEORI DASAR	7
3.1. Gelombang Seismik	7
3.1.1. Gelombang Badan (<i>Body Wave</i>)	7
3.1.2. Gelombang Permukaan	8
3.2. Mikrotremor	10
3.3. Frekuensi Alami Tanah	11
3.4. <i>Horizontal to Vertical Spectrum Ratio</i> (HVSr)	13
3.5. Indeks Kerentanan Seismik	15
3.6. Resonansi	17
IV. METODOLOGI PENELITIAN	18
4.1. Waktu dan Tempat	18
4.2. Alat dan Bahan	19
4.3. Prosedur Pengolahan Data	19
4.3.1. Proses Transfer Dari <i>Signals</i> Dalam Kawasan Ruang Ke Frekuensi	19
4.3.2. Proses <i>Filtering</i>	23
4.3.3. Pemilihan Sinyal dan Perhitungan H/V	25
4.4. Diagram Alir	28
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
5.1 Hasil Pengolahan HVSr	29
5.2 Indeks Resonansi Bangunan	33

5.3	Indeks Kerentanan Bangunan.....	34
VI.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
6.1	Kesimpulan.....	36
6.2	Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Badung.....	5
Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian.....	6
Gambar 3. Gelombang Primer.....	8
Gambar 4. Gelombang Sekunder.....	8
Gambar 5. Gelombang <i>Love</i>	9
Gambar 6. Gelombang <i>Rayleigh</i>	9
Gambar 7. Proses <i>Import Signals</i>	20
Gambar 8. Proses Pemilihan <i>Signals</i>	20
Gambar 9. Tabel Hasil <i>Import Data</i>	21
Gambar 10. Proses Pemotongan <i>Signals</i>	21
Gambar 11. Pengubahan Durasi Pengukuran.....	22
Gambar 12. Proses Menampilkan Grafik.....	22
Gambar 13. Grafik Data Mikrotremor.....	23
Gambar 14. Proses <i>Filter Signals</i>	24
Gambar 15. Kotak Dialog <i>Frequency Filter</i>	24
Gambar 16. Proses Pemilihan <i>Signals H/V</i>	25
Gambar 17. Kotak Dialog <i>H/V Toolbox</i>	26

Gambar 18. Hasil Melakukan Pemilihan <i>Signals</i>	26
Gambar 19. Grafik Hasil Pengolahan H/V	27
Gambar 20. Diagram Alir	28
Gambar 21. Lokasi Titik Pengukuran Pada Tiap Lantai	29
Gambar 22. Hasil Pengolahan H/V Basement	30
Gambar 23. Hasil Pengolahan H/V Lantai 1	31
Gambar 24. Hasil Pengolahan H/V Lantai 2	31
Gambar 25. Hasil Pengolahan H/V Lantai 3	32
Gambar 26. Hasil Pengolahan Frekuensi Dominan Terhadap Tinggi Bangunan	33
Gambar 27. Grafik Perbandingan Nilai Indeks Kerentanan Tiap Lantai	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Alami.....	11
Tabel 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Periode.....	12
Tabel 3. Klasifikasi Nilai Indeks Kerentanan Tanah	16
Tabel 4. Jadwal Kegiatan Penelitian	18
Tabel 5. Frekuensi Dan Amplitudo Dominan.....	32
Tabel 6. Resonansi Bangunan Tiap Lantai.....	34
Tabel 7. Indeks Kerentanan Tiap Titik Pengukuran.....	35

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Negara Indonesia khususnya daerah perkotaan, akhir-akhir ini banyak melakukan pembangunan terutama gedung bertingkat. Gedung merupakan salah satu faktor penting dalam pengembangan suatu daerah. Dengan semakin banyaknya berdiri gedung bertingkat, perlu diperhatikan mengenai keamanan bangunan tersebut. Dikarenakan gedung bertingkat lebih beresiko mengalami gangguan dan berkaitan langsung dengan keselamatan penghuni gedung maupun di sekitar gedung tersebut. Untuk menghindari kemungkinan gangguan dan untuk menjamin keamanan bangunan, sehingga perencanaan pembangunan gedung bertingkat harus dipertimbangkan secara matang.

Bangunan merupakan salah satu infrastruktur yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Namun infrastruktur ini merupakan sasaran utama bagi bencana alam yang seringkali terjadi terutama gempa bumi, sebagai akibatnya dapat menimbulkan kerusakan dengan cara yang tidak terduga. Kondisi seperti ini perlu diperhatikan untuk menjaga kapasitas infrastruktur yang digunakan dengan baik. Struktur bangunan khususnya gedung bertingkat, kini harus dirancang tahan terhadap gempa bumi. Hal ini dikarenakan untuk menghindari banyaknya korban dan kerugian besar akibat kerusakan yang timbul oleh gempa bumi. Perencanaan struktur bangunan tahan terhadap gempa sangat penting bagi negara Indonesia, karena sebagian besar wilayah negara ini terletak dalam wilayah gempa dengan intensitas rendah hingga tinggi.

Gempa bumi adalah suatu peristiwa yang tidak dapat kita hindari kedatangannya. Namun, upaya antisipasi oleh berbagai pihak terus dilakukan guna mengurangi resiko yang ditimbulkan akibat kejadian gempa bumi. Ada banyak faktor penyebab kerusakan suatu bangunan yang disebabkan oleh gempa bumi, antara lain: besar kecilnya kekuatan gempa bumi, jarak bangunan dari sumber gempa bumi, kualitas bangunan, dan kondisi tanah setempat (Ifantyana, 2017).

Pembangunan gedung tinggi terus mengalami peningkatan setiap tahun. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini, penulis ingin mengetahui karakteristik resonansi antara tanah dengan bangunan-bangunan yang berlokasi di Gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar, karena salah satu faktor yang dapat digunakan untuk memperkirakan bahaya gempa bumi terhadap suatu bangunan yaitu dengan mengetahui nilai resonansi bangunan tersebut, yang meliputi pengukuran mikrotremor untuk mendapatkan nilai frekuensi alami tanah dan bangunan tersebut.

Mikrotremor juga dikenal sebagai *ambient noise* yang merupakan getaran kecil dan terus menerus pada tanah dan lantai yang disebabkan oleh angin kencang, pasang surut air laut, dampak angin pada bangunan atau pohon, mesin industri, mobil, aktivitas manusia, gelombang laut dan lain sebagainya (Sungkono, 2011). Pengukuran mikrotremor mempunyai banyak kelebihan dibandingkan pengukuran lainnya yaitu sangat efisien, akurat, cepat dan memberikan hasil pengukuran yang stabil untuk menentukan fungsi transfer frekuensi, resonansi dan indeks kerentanan bangunan serta dapat mengidentifikasi karakteristik kondisi geologi lokal (frekuensi dan amplifikasi tanah) (Prabowo, 2016).

Melalui penelitian ini, harapannya dengan mengetahui kerentanan bangunan dari nilai resonansinya, tindakan cepat terhadap bangunan yang memiliki kerentanan yang tinggi dilihat dari nilai resonansinya dapat sesegera mungkin dilakukan mengingat bangunan di Gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar yang

dijadikan objek penelitian merupakan bangunan yang memiliki tingkat aktivitas yang cukup tinggi. Selain itu, penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai langkah awal upaya mengurangi resiko terhadap ancaman gempa bumi yang kejadiannya tidak dapat kita hindari, namun risikonya dapat kita kurangi dengan cara melakukan antisipasi dan usaha rekonstruksi terhadap bangunan yang memiliki nilai resonansi yang tinggi.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai frekuensi tiap lantai di gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar.
2. Mendapatkan nilai amplitudo tiap lantai di gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar.
3. Mendapatkan tingkat kerentanan gedung terhadap gempa di gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar.
4. Mendapatkan resonansi gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar.
5. Menganalisis kerentanan gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar berdasarkan nilai tingkat kerentanan gedung dan resonansi.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

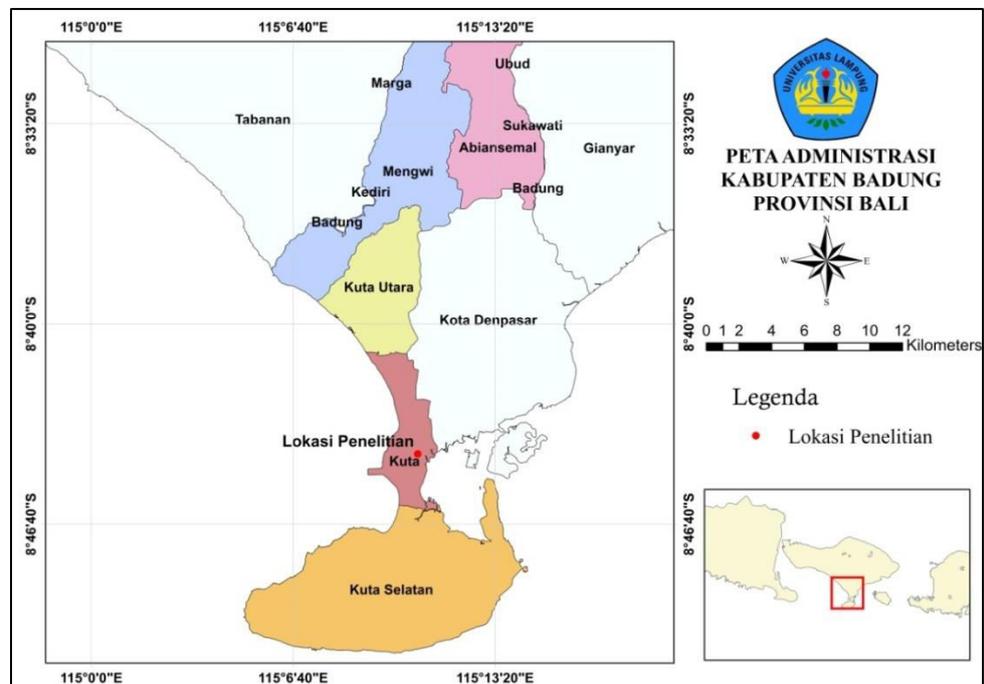
1. Data mikrotremor yang diidentifikasi merupakan data hasil pengukuran pada Gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar.
2. Data yang digunakan terdapat 100 sampel berdurasi 30 menit dengan pengukuran pada basemen, lantai 1, lantai 2, dan lantai 3 gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan informasi mengenai resonansi dan tingkat kerentanan gedung terhadap gempa di gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lokasi Penelitian



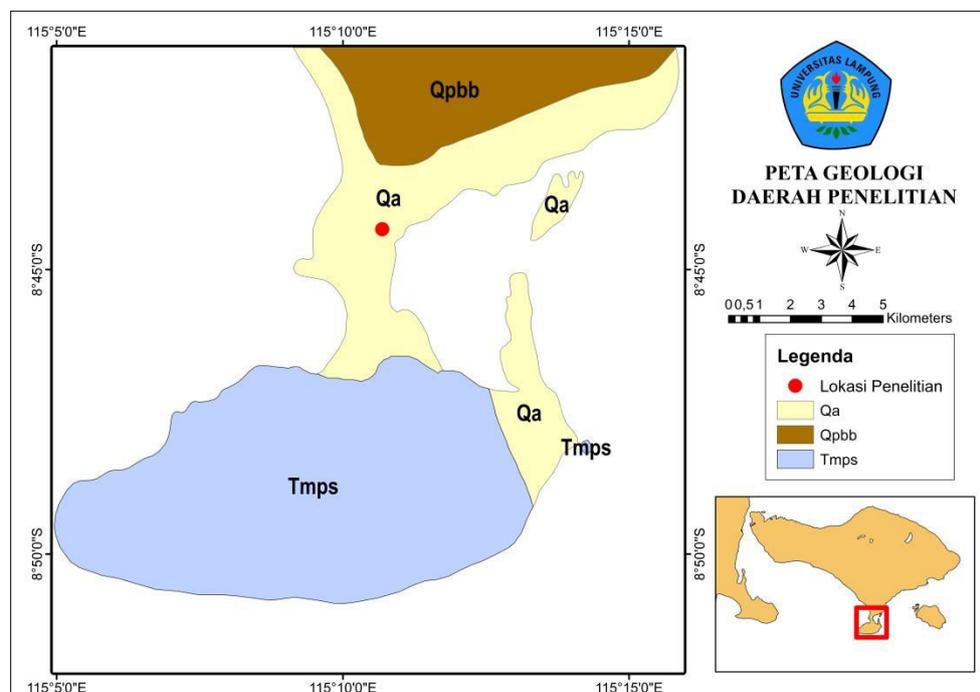
Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Badung

Penelitian ini dilakukan di gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar yang beralamatkan di Jl. Raya Tuban, Kelurahan Tuban, Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung, Provinsi Bali atau pada $8^{\circ}44'19.7088''$ lintang selatan dan $115^{\circ}10'43.6614''$ bujur timur seperti yang dijelaskan oleh gambar 1. Dimana gedung tersebut memiliki 3 lantai dan 1 basemen yang menjadi titik pengukuran tiap lantainya.

2.2. Geologi Regional

Bali merupakan salah satu pulau di Indonesia yang terletak pada $8^{\circ}3'40''$ - $8^{\circ}50'48''$ lintang selatan dan $114^{\circ}25'53''$ - $115^{\circ}42'40''$ bujur timur. Bali adalah salah satu pulau yang diperkirakan masih relatif muda karena batuan tertuanya diperkirakan berumur Miosen Tengah.

Lokasi penelitian berada pada Peta Geologi Lembar Bali, Nusa Tenggara dapat dilihat pada gambar 2 yang dimana Kota Denpasar kondisi litologi bagian atas didominasi oleh formasi Batuan Gunungapi Kelompok BuyanBratan dan Batur (Qpbb) dengan materi tuff dan lahar yang tersebar di bagian Utara, sedangkan bagian Selatan berbatasan dengan pantai dalam bentuk formasi aluvium (Qa) yang tersusun dari material lanau, pasir, kerikil dan lempung dengan campuran endapan danau, sungai dan pantai. Kemudian untuk formasi selatan (Tmps), tersusun dari batu gamping terumbu, setempat napal; sebagian berlapis, terhablur-ulang dan berfosil. Batuan ini banyak ditemukan di wilayah Bukit Kabupaten Badung dan Kepulauan Nusa Penida (Hadiwidjojo, 1998).



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian

III. TEORI DASAR

3.1. Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang menjalar di dalam bumi disebabkan adanya deformasi struktur, tekanan ataupun tarikan karena sifat keelastisan kerak bumi. Gelombang tersebut membawa energi yang kemudian menjalarkan ke segala arah di seluruh bagian bumi dan dapat dicatat oleh seismograf (Siswowidjoyo, 1997).

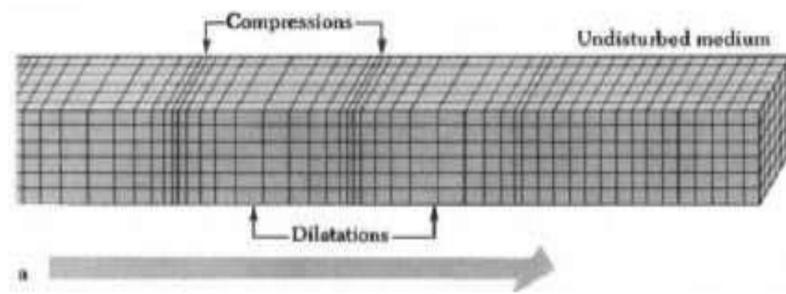
Gelombang seismik dapat dibedakan berdasarkan tempat rambatnya yaitu gelombang permukaan (*surface wave*) dan gelombang badan (*body wave*).

3.1.1. Gelombang Badan (*Body Wave*)

Gelombang badan terdiri dari gelombang gelombang P dan S. Gelombang badan merupakan gelombang yang merambat dalam medium elastis dan arah rambatnya ke seluruh bagian bumi.

- Gelombang Primer

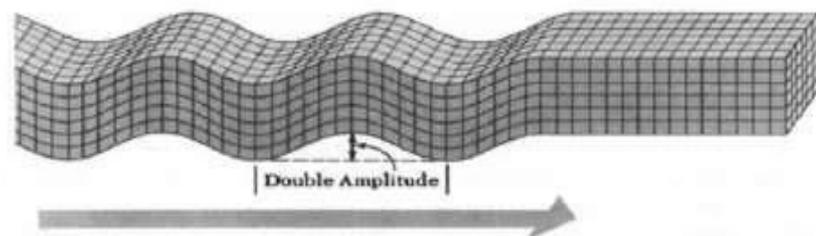
Gelombang primer adalah gelombang badan (*body wave*) yang memiliki kecepatan paling tinggi dari gelombang S. Gelombang ini merupakan gelombang longitudinal partikel yang merambat bolak balik searah rambatnya. Gelombang P terjadi karena tekanan. Karena tingginya kecepatan gelombang ini, maka gelombang primer tiba lebih awal dibandingkan gelombang sekunder. Kecepatan gelombang primer (VP) yaitu $\pm 5 - 7$ km/s pada kerak bumi, > 8 km/s pada mantel dan inti bumi, $\pm 1,5$ km/s di dalam air, dan $\pm 0,3$ km/s di udara (Hidayati,2010).



Gambar 3. Gelombang Primer (Hidayati,2010)

- Gelombang Sekunder

Gelombang sekunder atau gelombang transversal (*Shear wave*) adalah gelombang badan (*body wave*) yang pergerakan partikelnya tegak lurus dengan arah rambatnya serta waktu tibanya setelah gelombang primer. Gelombang ini tidak dapat merambat di dalam cairan, sehingga tidak dapat terdeteksi di inti bumi bagian luar, sedangkan pada inti bumi bagian dalam dapat dilewatinya. Kecepatan gelombang S (V_S) adalah $\pm 3 - 4$ km/s di kerak bumi, $> 4,5$ km/s di dalam mantel bumi, dan $2,5 - 3,0$ km/s di dalam inti bumi (Hidayati, 2010).



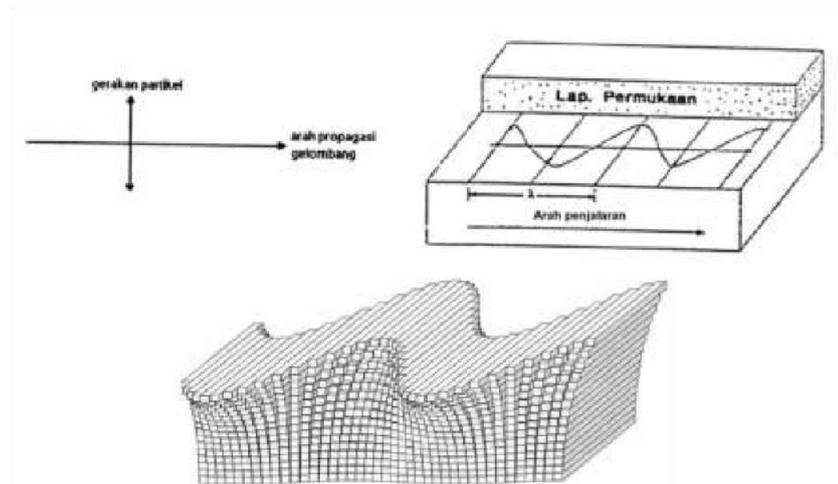
Gambar 4. Gelombang Sekunder (Hidayati,2010)

3.1.2. Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan adalah gelombang yang merambat melalui permukaan dari sebuah materi dimana amplitudo dari gelombang ini akan semakin melemah bila semakin masuk ke dalam medium.

- Gelombang *Love*

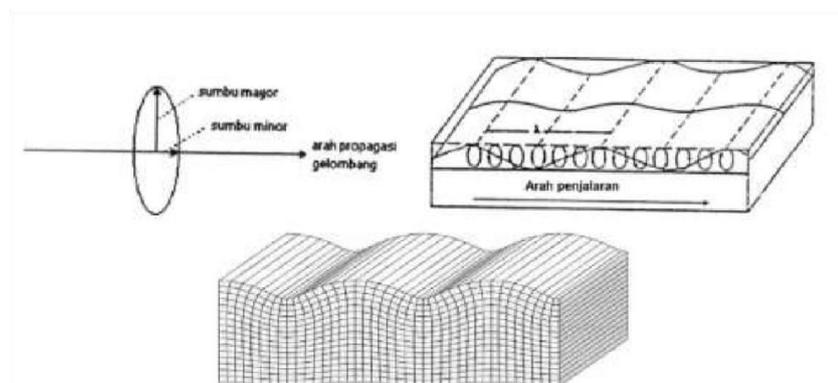
Gelombang ini adalah gelombang yang arah rambat partikelnya bergerak melintang terhadap arah rambat gelombang. Gelombang *love* merupakan gelombang transversal dengan kecepatan gelombang di permukaan bumi (VL) yaitu $\pm 2,0 - 4,4$ km/s (Hidayati, 2010).



Gambar 5. Gelombang *Love* (Hidayati,2010)

- Gelombang *Rayleigh*

Gelombang *rayleigh* adalah gelombang permukaan yang mempunyai kecepatan (VR) yaitu $\pm 2,0 - 4,2$ km/s di dalam bumi. Arah rambatnya bergerak tegak lurus terhadap arah rambatnya dan searah dengan bidang datar (Hidayati, 2010).



Gambar 6. Gelombang *Rayleigh* (Hidayati,2010)

3.2. Mikrotremor

Mikrotremor adalah *ambient vibration* dengan amplitude yang rendah dari tanah disebabkan oleh peristiwa alam atau buatan, seperti gelombang laut, angin dan getaran kendaraan, yang dapat menggambarkan kondisi geologi dekat permukaan (Rochmah dan Lathifah, 2014). Mikrotremor mempunyai frekuensi lebih tinggi daripada frekuensi gempa bumi. Seismometer dengan sensitivitas tinggi dapat digunakan untuk mengukur mikrotremor.

Secara umum proses perekaman mikrotremor tidaklah berbeda dengan pengukuran gelombang seismik pada seismometer. Alat yang digunakan pun adalah seismometer. Namun, dalam metode Nakamura diperlukan seismograf yang mengukur komponen horizontal meliputi komponen EW (*east-west*) dan komponen NS (*north-south*), kemudian dapat pula mengukur komponen vertikal (*up-down*). Untuk mengukur mikrotremor tidak perlu menggunakan sumber berupa gempa bumi atau buatan, melainkan melakukan pengukuran langsung, karena yang terekam adalah gelombang yang berasal dari alam. Spektra *ambient noise* yang didapatkan dari pengukuran ini dapat digunakan untuk menentukan respon lokasi, terutama frekuensi dari puncak utama atau frekuensi resonansi lapisan sedimen. Respon lokasi pada daerah sedimen sangat erat kaitannya dengan kecepatan gelombang geser dan ketebalan sedimen, sehingga respon lokasi yang diperoleh dari perbandingan spektra dapat digunakan untuk mendapatkan ketebalan sedimen. Kajian mikrotremor telah banyak digunakan dalam penilaian kerusakan yang disebabkan bencana gempa bumi. Survei ini sangat akurat dan dapat memperkirakan tingkat risiko yang ditimbulkan oleh aktivitas seismic pada kondisi geologi setempat (Nakamura, 2008).

Transformasi *Fourier* dalam mikroseismik merupakan metode yang sering digunakan untuk menguraikan gelombang seismik menjadi beberapa gelombang harmonik sinusoidal pada setiap frekuensi tertentu. Sedangkan kumpulan dari gelombang harmonik sinusoidal disebut sebagai Deret

Fourier. Transformasi *Fourier* digunakan untuk mengubah data domain waktu ke dalam domain frekuensi (Tanjung, 2019). Hal ini dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

Dengan $F(\omega)$ adalah transformasi *fourier* dari $f(t)$ dan $\omega = 2\pi f$ yaitu variabel frekuensi sudut dengan satuan radian per detik.

Data mikrotremor dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik dinamik lapisan tanah permukaan. Salah satu metode yang digunakan dalam analisis mikrotremor adalah metode *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio* (HVSr).

3.3. Frekuensi Alami Tanah

Frekuensi alami atau frekuensi dominan merepresentasikan jumlah gelombang yang terjadi dalam suatu rentang waktu tertentu, dan jumlah gelombang tersebut dipengaruhi oleh kecepatan dari rata-rata dan ketebalan sedimen dibawah permukaan. Frekuensi alami tanah merupakan nilai frekuensi alami yang sering muncul sehingga dianggap sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan. Nilai dari frekuensi tanah dapat dipengaruhi dari tebal tidaknya lapisan sedimen. Jika nilai frekuensi alami tanah semakin rendah maka lapisan sedimen pada daerah tersebut akan semakin tebal, kemudian semakin tinggi nilai frekuensi alami tanah yang didapat maka lapisan sedimen pada daerah tersebut akan semakin tipis.

Tabel 1. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi alami (Arifin, 2018)

Klasifikasi Tanah		Frekuensi Alami (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Tipe	Jenis			
Tipe IV	Jenis I	6,667-20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>gravel</i> , <i>hard sandy</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaan sangat tipis, didominasi oleh batuan keras.

Tipe IV	Jenis II	10-4	Batuan aluvial, dengan ketebalan 5 meter. Terdiri dari <i>sandy-gravel</i> , <i>loam</i> , <i>sandy hard clay</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaan termasuk dalam kategori menengah 5-10 meter.
Tipe III	Jenis III	2,5-4	Batuan aluvial, dengan ketebalan >5 meter. Terdiri dari <i>sandy-gravel</i> , <i>loam</i> , <i>sandy hard clay</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaan termasuk dalam kategori tebal, sekitar 10-30 meter.
Tipe II	Jenis IV	<2,5	Batuan aluvial yang terbentuk dari sedimentasi deltas, lumpur, <i>top soil</i> , dll pada kedalaman 30 meter atau lebih	Ketebalan sedimen permukaan sangat tebal.

Tabel 2. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai periode (Arifin, 2018)

Klasifikasi Tanah		Periode (<i>dt</i>)	Keterangan	Karakter
Kanai	Omote-Nakajima			
Jenis I	Jenis A	0,05-0,15	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>gravel</i> , <i>hard sandy</i> , dll.	Keras
Jenis II		0,10-0,25	Terdiri dari <i>sandy-gravel</i> , <i>loam</i> , <i>sandy hard clay</i> , dll.	
Jenis III	Jenis B	0,25-0,40	Batuan aluvial hampir sama dengan jenis II. Hanya dibedakan oleh adanya formasi <i>bluff</i> .	Lunak

Jenis IV	Jenis C	>0,40	Batuan aluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, lumpur, <i>top soil</i> , dll. pada kedalaman 30 meter atau lebih	Sangat Lunak
----------	---------	-------	---	--------------

3.4. *Horizontal to Vertical Sprectrum Ratio (HVSR)*

Metode *Horizontal to Vertical Sprectrum Ratio* dalam studi mikrotremor dapat menghasilkan parameter nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi (A) yang dapat merepresentasikan *local site effect* pada suatu wilayah. *Local site effect* disebabkan oleh lapisan tanah lunak yang terletak pada setengah cekungan dari batuan dasar (Wibowo, 2017).

Horizontal to Vertical Sprectrum Ratio HVSR adalah metode perbandingan spektrum komponen horizontal dengan komponen vertikal dari gelombang mikrotremor. Mikrotremor terdiri dari berbagai dasar gelombang *rayleigh*, periode puncak perbandingan H/V mikrotremor memberikan dasar dari periode gelombang S (*S-wave*). Perbandingan H/V pada mikrotremor adalah membandingkan dua komponen yang secara teoritis menghasilkan suatu nilai. Metode HVSR digunakan untuk mendapatkan nilai amplifikasi dan nilai periode dominan suatu lokasi yang dapat diperkirakan dari periode puncak perbandingan H/V mikrotremor (Nakamura, 2000).

Metode HVSR merupakan metode yang memadai untuk mempelajari struktur tanah bawah permukaan dan respon lokalnya. Metode ini direkomendasikan terutama di daerah dengan aktivitas seismik rendah hingga sedang (Khalili, 2019). Metode HVSR umumnya mengidentifikasi frekuensi dominan yang sesuai dengan frekuensi resonansi dan dipengaruhi ketebalan lapisan sedimen (Kang, 2020).

Metode HVSR berdasarkan pada terperangkapnya getaran gelombang geser (gelombang *shear*) pada medium sedimen di atas *bedrock*. Berdasarkan kondisi tersebut Nakamura merumuskan fungsi transfer *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio* mikrotremor, yang mana faktor amplifikasi pada komponen horizontal dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$T_H = \frac{S_{HS}}{S_{HB}} \quad (2)$$

dengan S_{HS} adalah spektrum mikrotremor dari komponen horizontal di permukaan tanah, dan S_{HB} adalah spektrum mikrotremor dari komponen horizontal pada dasar lapisan tanah.

Faktor amplifikasi pada komponen vertikal dapat dinyatakan pada persamaan berikut :

$$T_V = \frac{S_{VS}}{S_{VB}} \quad (3)$$

dengan S_{VS} adalah spektrum mikrotremor dari komponen vertikal di permukaan tanah, dan S_{VB} adalah spektrum mikrotremor dari komponen vertikal pada dasar lapisan tanah.

Sinyal mikrotremor tersusun dari beberapa jenis gelombang, tetapi jenis gelombang utama adalah gelombang Rayleigh yang merambat pada lapisan sedimen di atas batuan dasar. Komponen vertikal mikrotremor tidak teramplifikasikan oleh lapisan sedimen di dataran aluvial. Pengaruh gelombang Rayleigh pada rekaman sinyal mikrotremor mempunyai nilai yang sama untuk komponen vertikal dan horizontal saat rentang frekuensi 0,2 Hz sampai 20 Hz.

Sehingga rasio spektrum antara komponen horizontal dan vertikal di batuan dasar mendekati satu.

$$\frac{S_{HB}}{S_{VB}} \approx 1 \quad (4)$$

Karena perbandingan spectrum komponen horizontal dan vertikal batuan dasar mendekati satu, maka gangguan akibat pengaruh dari gelombang *rayleigh* yang terekam dapat dihilangkan, sehingga hanya ada pengaruh yang ditimbulkan oleh struktur geologi lokal atau *site effect*.

Site effect (T_{SITE}) pada lapisan sedimen permukaan ditentukan dengan cara membandingkan faktor amplifikasi gerak horizontal dengan faktor amplifikasi gerak vertikal (Daryono, 2009).

$$T_{SITE} = \frac{T_H}{T_V} \quad (5)$$

Dengan substitusi persamaan (2), (3), dan (4) ke persamaan (5), maka diperoleh persamaan (6). Persamaan ini merupakan dasar perhitungan rasio spektrum mikrotremor komponen horizontal terhadap komponen vertikalnya atau *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) (Nakamura, 2000).

$$HVSR = T_{SITE} = \frac{S_{HS}}{S_{VS}} = \frac{\sqrt{[(S_{Utara-Selatan})^2 + (S_{Barat-Timur})^2]}}{S_{Vertikal}} \quad (6)$$

3.5. Indeks Kerentanan Seismik

Indeks kerentanan seismik (Kg) merupakan indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan permukaan tanah terhadap deformasi pada saat terjadi gempa bumi. Indeks kerentanan seismik berkaitan dengan kondisi geomorfologis. Beberapa faktor yang mempengaruhi indeks kerentanan seismik antara lain adalah sedimen berumur kuartar yang memiliki tingkat soliditas rendah sehingga sangat mempengaruhi faktor amplifikasi pada saat terjadi gempa bumi, sedangkan pada batuan berumur tersier cenderung lebih solid dan sangat stabil terhadap getaran gempabumi sehingga tidak menimbulkan amplifikasi (Arifudin, 2018).

Indeks kerentanan seismik dapat diperhitungkan dengan persamaan (Nakamura, 1989) berikut :

$$Kg = \frac{Ag^2}{fg} \quad (7)$$

dengan Kg adalah indeks kerentanan seismik, Ag adalah puncak spektrum HVSR, dan fg adalah frekuensi resonansi tanah, Hz .

Nilai dari indeks kerentanan tanah diklasifikasikan untuk menentukan tingkat rawan kerusakan yang dapat terjadi akibat gempa.

Tabel 3. Klasifikasi nilai indeks kerentanan tanah (Arifin, 2018).

Zona	Nilai Kerentanan
Rendah	<3
Sedang	3-6
Tinggi	>6

Nilai indeks kerentanan seismik dapat memberikan informasi potensi tingkat guncangan akibat gempa bumi pada suatu daerah. Efek lokal yang menyebabkan kerusakan pada saat gempa bumi berkorelasi dengan parameter HVSR mikrotremor, yang dicirikan oleh frekuensi dominan tanah rendah (periode tinggi) dan faktor amplifikasi tanah tinggi. Indeks kerentanan seismik menunjukkan korelasi hubungan antara amplifikasi spektrum tanah dengan frekuensi dominan (Arifudin, 2018).

Indeks kerentanan bangunan dapat dilakukan perkiraan dari deformasi struktur yang terkait dengan gerakan seismik dari tanah dan lapisan karakteristik dinamik struktur. Untuk memperkirakan tingkat kerentanan dan kerusakan struktur bangunan yang diakibatkan gempa bumi, perlu diketahui daya tahan antara struktur dan tanah secara tepat.

Nilai kerentanan bangunan dapat ditentukan pada persamaan yang ditemukan oleh Sato, dkk (2008) berikut :

$$K_b = \frac{A}{4\pi^2 \cdot f_0^2 \cdot h} \quad (8)$$

Dengan A merupakan nilai amplifikasi dari bangunan, f_0 merupakan nilai frekuensi bangunan, dan h merupakan ketinggian bangunan.

3.6. Resonansi

Tingkat kerentanan suatu gedung terhadap gempa bumi dapat dilihat berdasarkan nilai dari indeks resonansi bangunan dan indeks kerentanan bangunan. Indeks resonansi bangunan (R) spektrum tiap komponen (NS dan EW) ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$R = \left| \frac{f_b - f_t}{f_t} \right| \times 100\% \quad (9)$$

dengan, f_b adalah frekuensi natural bangunan, f_t adalah frekuensi tanah (Prabowo, 2020).

Klasifikasi nilai indeks resonansi menurut Gosar, dkk (2010) yaitu:

- Resonansi bangunan rendah dengan nilai ($R > 25\%$).
- Resonansi bangunan sedang dengan nilai ($15\% < R < 25\%$).
- Resonansi bangunan tinggi dengan nilai ($R < 15\%$).

4.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Laptop
2. Data mikrotremor gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar.
3. *Software Geopsy*
4. *Software ArcGIS 10.3*
5. *Microsoft Excel 2010*
6. *Microsoft Word 2010*

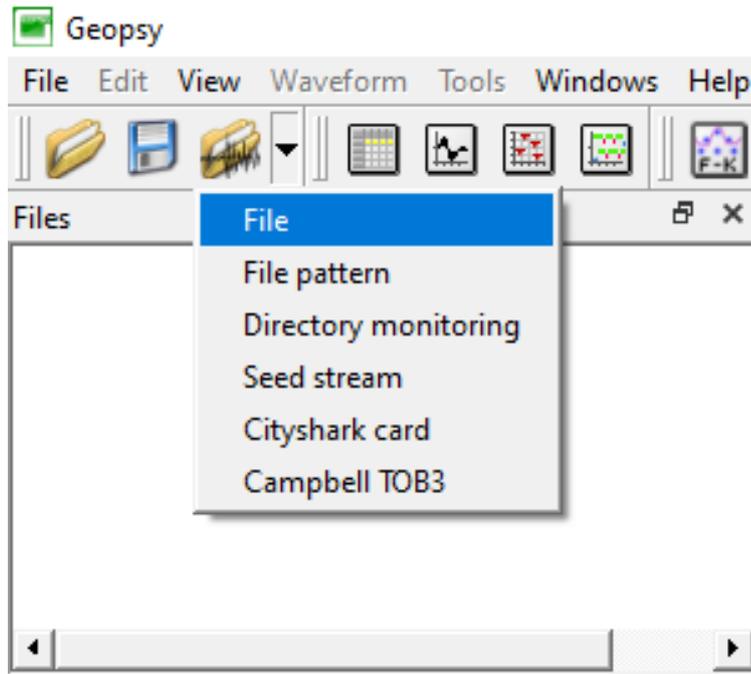
4.3. Prosedur Pengolahan Data

Pengolahan dilakukan hanya pada data mikrotremor yang diolah menggunakan *software geopsy*. Dengan menggunakan data mikrotremor gedung Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar, dimana pengukuran dilakukan pada *basemen* dan lantai 1, 2, dan 3. Data tersebut memiliki 100 *sampling frequency* dengan pengukuran kurang lebih 24 jam.

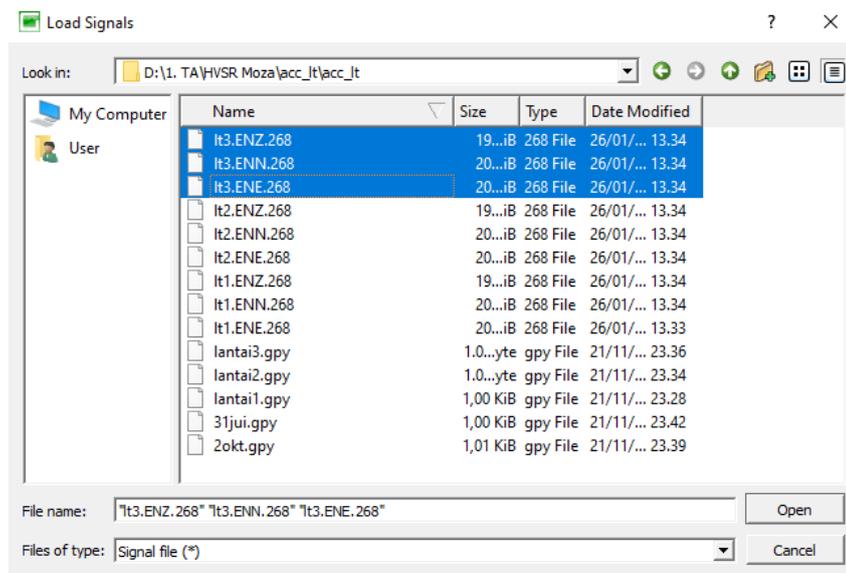
Hasil dari pengolahan data mikrotremor yang dilakukan di *software geopsy* adalah grafik hubungan nilai H/V dan frekuensi, dari grafik tersebut akan diperoleh nilai frekuensi dominan (f_0) dan nilai amplitudo dominan (A_0).

4.3.1. Proses Transfer Dari *Signals* Dalam Kawasan Ruang Ke Frekuensi

Prosedur awal yang harus dilakukan untuk mengolah data menggunakan *software geopsy* yaitu melakukan *import* data. Langkah pertama yaitu pilih *Menu File – Import Signals – File* seperti gambar 7, lalu pilih file yang akan di *import*.



Gambar 7. Proses *Import Signals*



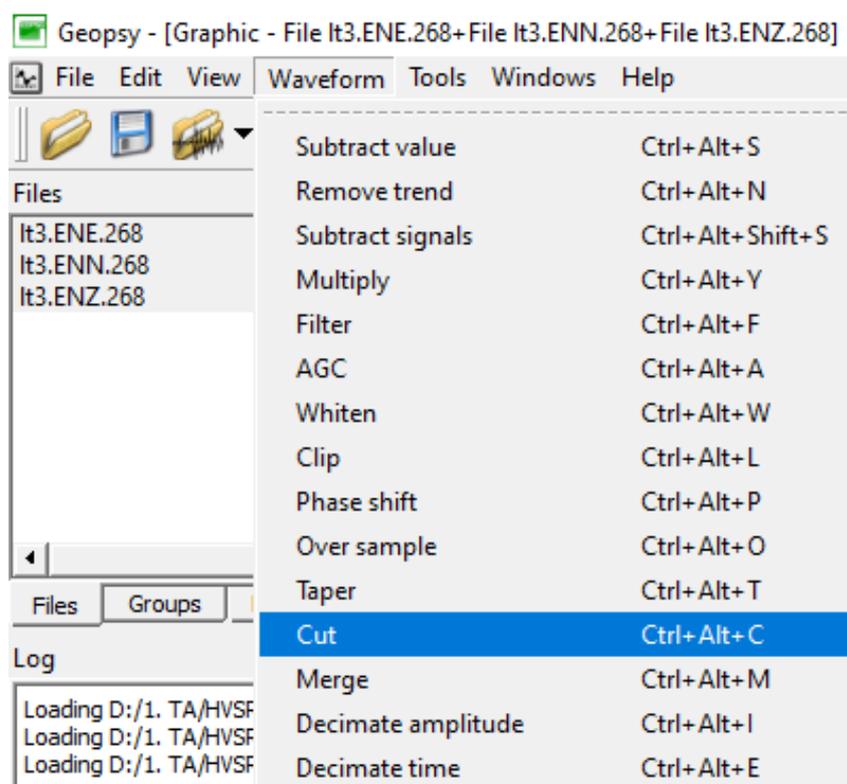
Gambar 8. Proses *Pemilihan Signals*

Kemudian akan muncul tiga komponen dari gelombang yaitu *Vertical*, *North*, dan *East* dalam bentuk grafik gelombang. Sehingga akan muncul tabel keterangan tentang profil ketiga komponen gelombang yang akan diproses tersebut, seperti waktu pengambilan data, awal perekaman, akhir perekaman dan sebagainya yang dapat dilihat pada gambar 9.

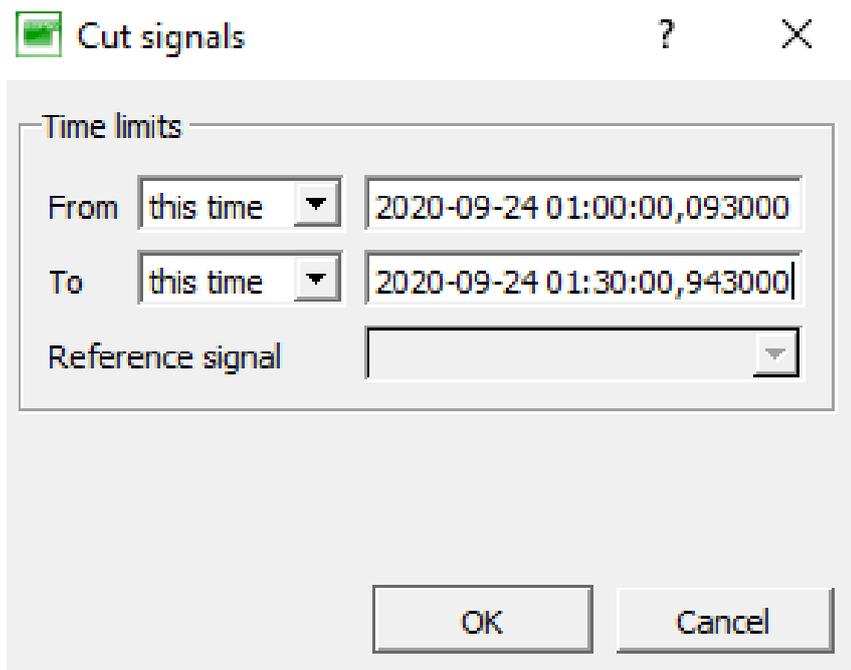
ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	AM_R8866	East	2020-09-24 00:00:00,...	2020-09-25 00:00:00,...	100	0,01	8640085	1d0h0m0,850000s	0	0
2	AM_R8866	North	2020-09-24 00:00:01,...	2020-09-25 00:00:00,...	100	0,01	8639853	23h59m58,530000s	0	0
3	AM_R8866	Vertical	2020-09-24 00:00:00,...	2020-09-25 00:00:00,...	100	0,01	8640015	1d0h0m0,150000s	0	0

Gambar 9. Tabel Hasil *Import Data*

Tahap selanjutnya melakukan pemotongan *signals*, dikarenakan pengukuran dilakukan dalam 24 jam maka *signals* dipotong menjadi 30 menit dalam tiap titik lokasi pengukurannya. Dengan memilih *Menu Waveform – Cut* seperti gambar 10, kemudian potong *signals* dengan mengubah durasi pengukurannya dapat dilihat pada gambar 11.

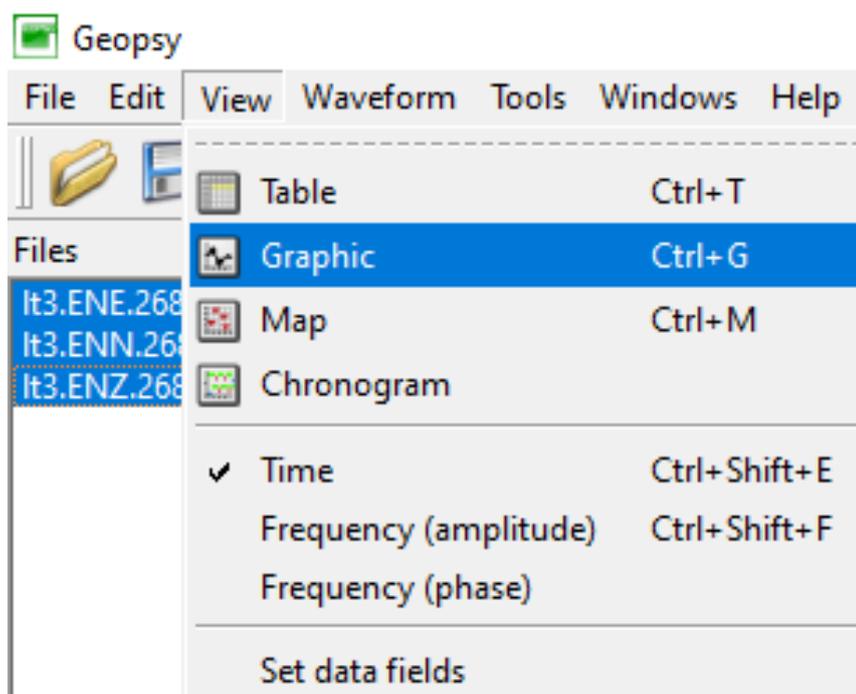


Gambar 10. Proses Pemotongan *Signals*

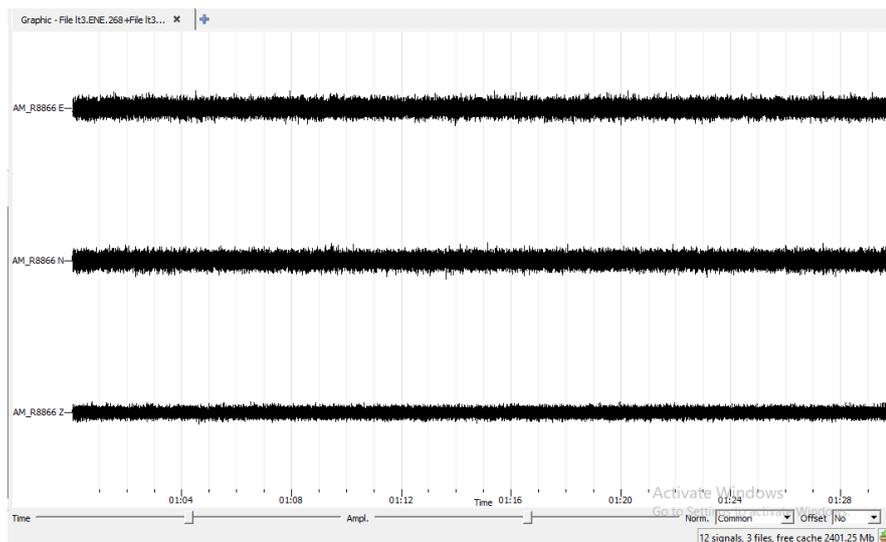


Gambar 11. Perubahan Durasi Pengukuran

Kemudian memunculkan grafik data mikrotremor dengan langkah memilih *Menu View – Graphic* seperti gambar 12, lalu akan muncul grafik yang telah dipotong sinyalnya pada gambar 13.



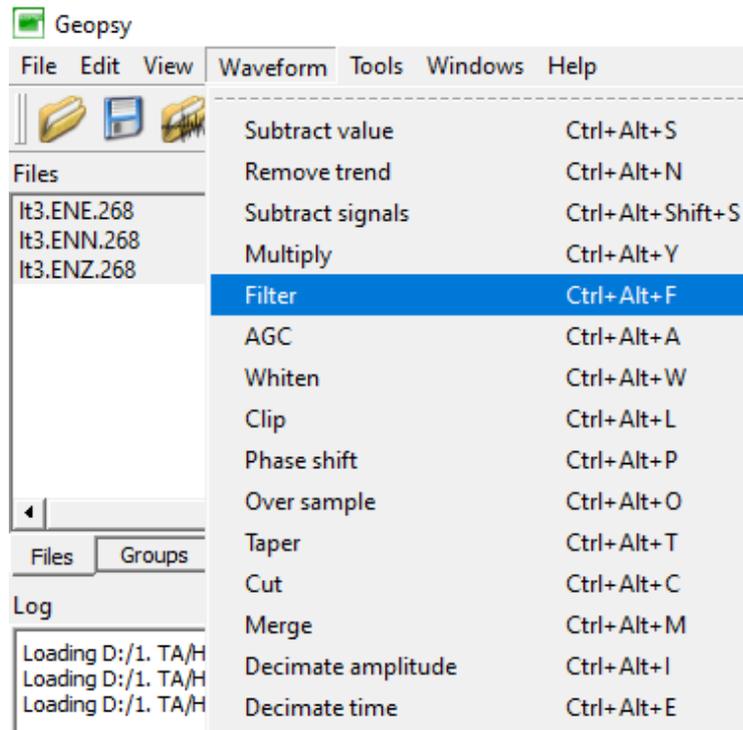
Gambar 12. Proses Menampilkan Grafik



Gambar 13. Grafik Data Mikrotremor

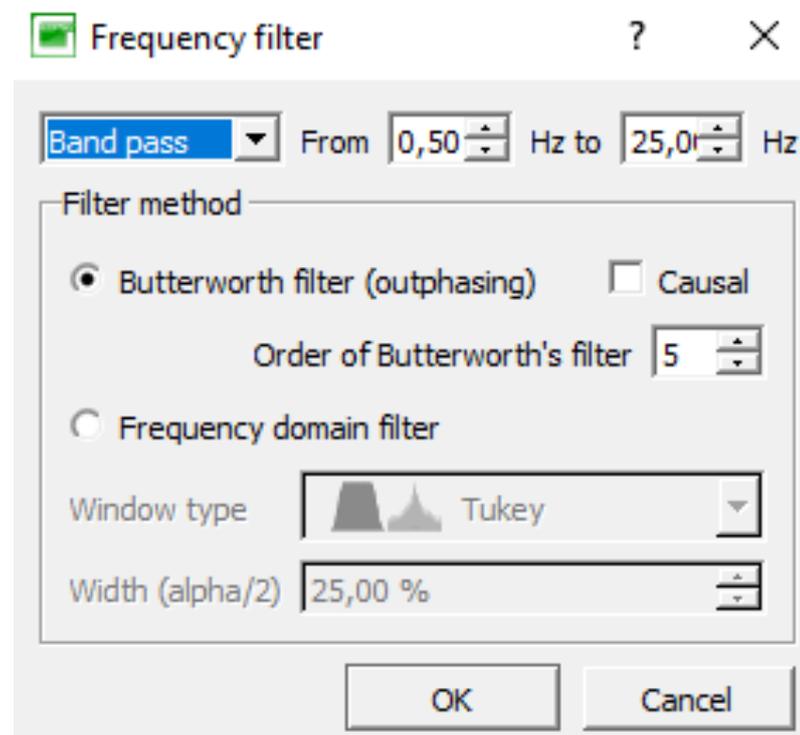
4.3.2. Proses *Filtering*

Pada tahapan ini kita menyaring sinyal yang akan kita gunakan dalam pengolahan data untuk mendapatkan hasil rasio H/V yang kita inginkan, metode filternya yaitu *bandpass filter*. Metode ini memungkinkan kita memilah rentang sinyal yang akan digunakan pada proses pengolahan selanjutnya. Pada pengolahan data kali ini digunakan rentang frekuensi sinyal adalah $0,5 \text{ Hz} - 25 \text{ Hz}$, memilih rentang frekuensi tersebut karena pada umumnya data mikrotremor berada pada frekuensi $0,5 \text{ Hz} - 25 \text{ Hz}$. Tahapan yang perlu dilakukan pada *software geopsy* adalah pilih *Menu Waveform - Filter* seperti pada gambar 14.



Gambar 14. Proses *Filter Signals*

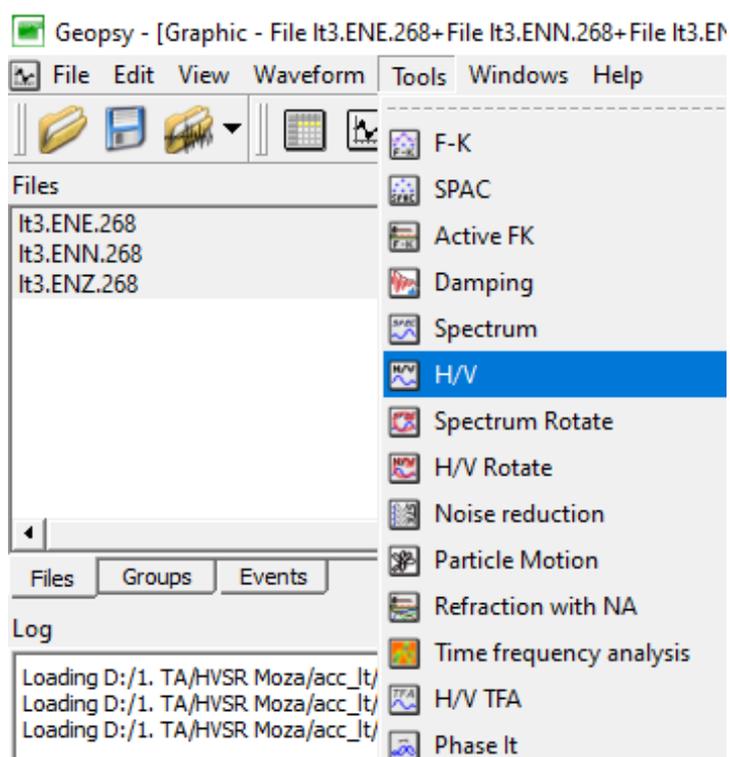
Lalu akan muncul kotak dialog *frequency filter* lalu pilih *bandpass* dengan frekuensi $0,5 \text{ Hz} - 25 \text{ Hz}$ yang dapat dilihat pada gambar 15.



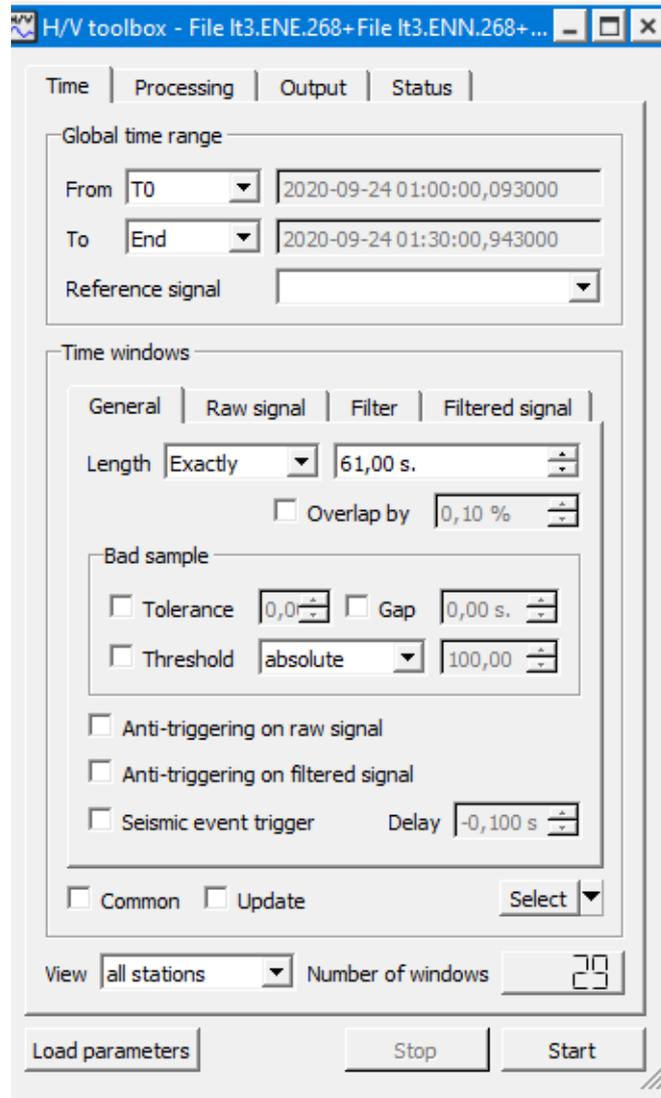
Gambar 15. Kotak Dialog *Frequency Filter*

4.3.3. Pemilihan Sinyal dan Perhitungan H/V

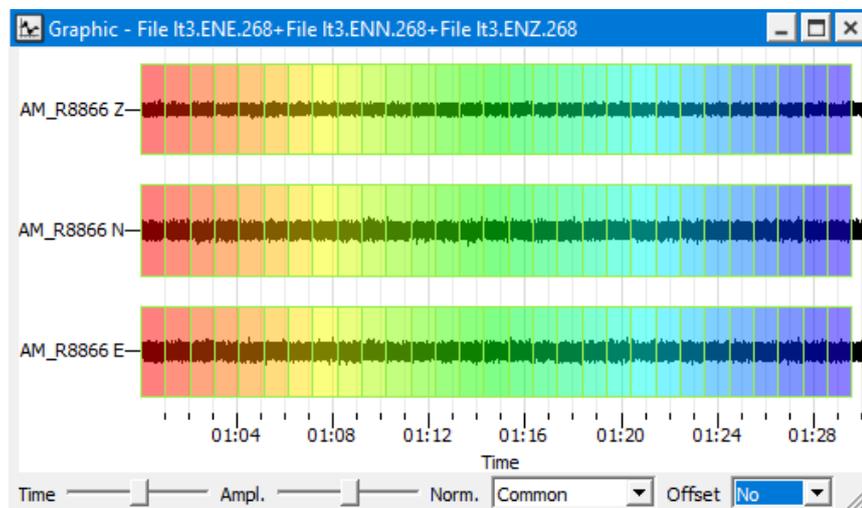
Setelah proses *filtering* selesai pengolahan dilanjutkan dengan memilah sinyal yang akan diolah, atau dikenal dengan *picking signals*. Karakteristik sinyal yang dipilih adalah sinyal yang tidak menunjukkan perubahan yang signifikan dari keadaan sebelumnya atau dengan kata lain sinyal yang diolah memiliki nilai frekuensi yang kecil, frekuensi yang kecil ini menandakan pada saat itu tidak terjadi *event* atau gangguan yang besar. Setelah dilakukan pemilihan sinyal tersebut langkah selanjutnya adalah menghitung perbandingan nilai komponen horizontal (X dan Y) dan komponen vertikal, dari perhitungan tersebut didapatkan nilai frekuensi dominan dan amplitudo dominan. Langkah langkah yang harus di lalui untuk pemilihan sinyal dan mendapatkan nilai *H/V* yaitu dengan memilih *Menu Tools – H/V* seperti pada gambar 16, lalu akan muncul kotak dialog *H/V toolbox* seperti pada gambar 17, kemudian tekan tombol *select** pada kotak dialog tersebut dan pilih add untuk melakukan pemilihan sinyal dapat.



Gambar 16. Proses Pemilihan *Signals H/V*

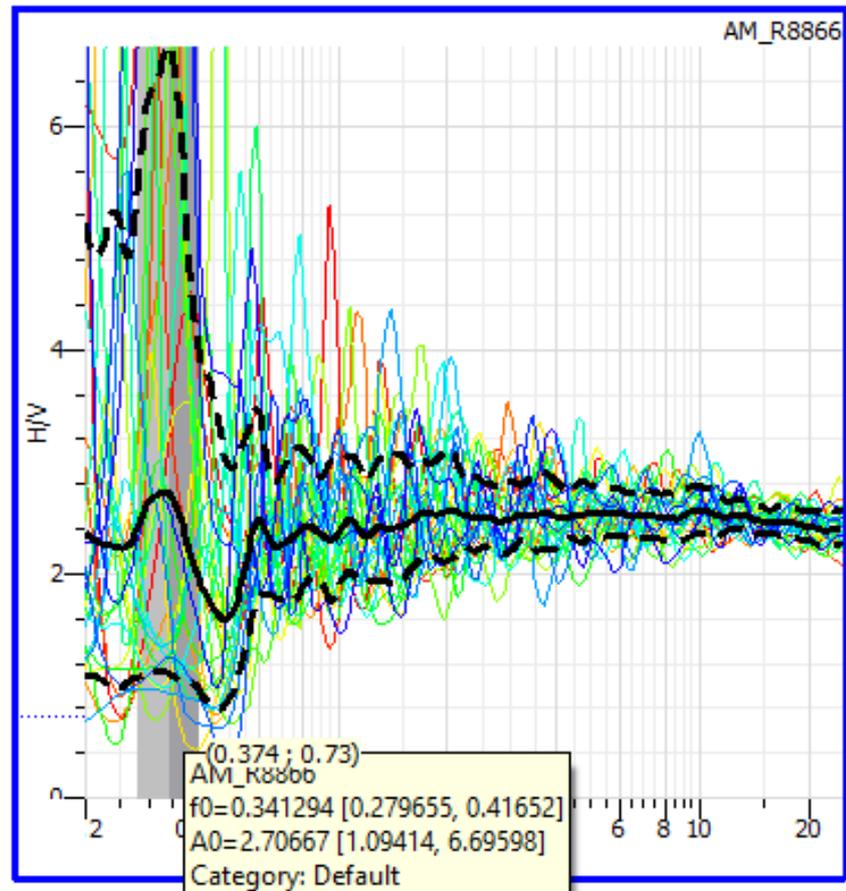


Gambar 17. Kotak Dialog *H/V Toolbox*



Gambar 18. Hasil Melakukan Pemilihan *Signals*

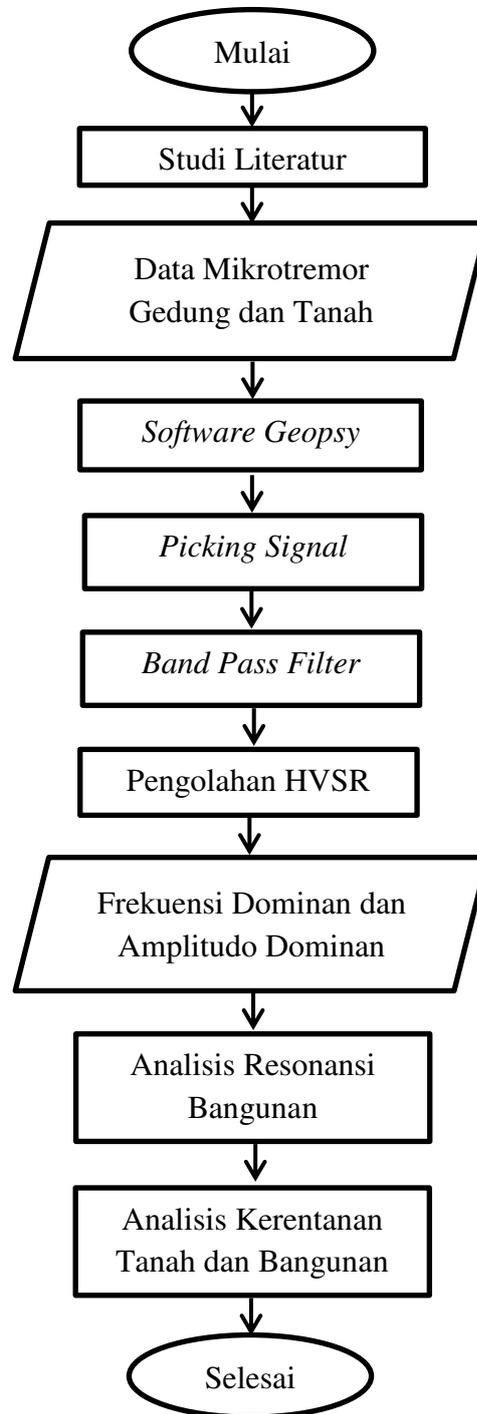
Setelah selesai melakukan pemilihan sinyal seperti terlihat pada gambar 18 langkah berikutnya untuk menghitung nilai perbandingan H/V dengan menekan start pada bagian bawah kotak dialog H/V toolbox, sehingga hasil akhirnya akan muncul kurva log perbandingan H/V dengan nilai frekuensi seperti gambar 19.



Gambar 19. Grafik Hasil Pengolahan H/V , yang menunjukkan nilai H/V maksimum pada nilai $f_0 = 0.34$ Hz

4.4. Diagram alir

Diagram alir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 20. Diagram Alir

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan identifikasi dan pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai frekuensi yang didapatkan pada *basement* sebesar 0,25 pada lantai 1 sebesar 0,42 pada lantai 2 sebesar 0,35 dan pada lantai 3 sebesar 0,33.
2. Nilai amplitudo yang didapatkan yaitu pada *basement* sebesar 2,45 pada lantai 1 sebesar 2,77 pada lantai 2 sebesar 3,26 dan pada lantai 3 sebesar 2,70.
3. Nilai resonansi yang didapatkan pada gedung BMKG Wilayah III pada lantai 1 yaitu 67,46% pada lantai 2 adalah 38,36% dan pada lantai 3 yaitu 32,10%.
4. Nilai indeks kerentanan tanah yang didapatkan berkisar 24,08. Dan nilai indeks kerentanan bangunan pada lantai 1 adalah 10,77 pada lantai 2 adalah 12,49 dan pada lantai 3 adalah 11,99.
5. Gedung BMKG Wilayah III Denpasar memiliki resonansi berkisaran 32,10% sampai 67,46% yang diklasifikasikan sebagai tingkat resonansi rendah dan indeks kerentanan bangunan antara 10,77 sampai 12,49 dengan kerentanan tertinggi berada di lantai 2.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan terdapat saran untuk penelitian selanjutnya yaitu diperlukannya perbandingan pengukuran pada saat siang dan malam dan dilakukan perhitungan dengan per komponennya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S. S. 2018. Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSr Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *Jurnal Geofis Eksplor.* Vol. 2(1) : 30-40.
- Arifudin, A. M. 2018. Karakteristik Situs Dan Kerentanan Seismik Di Kabupaten Klaten Dengan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio (HVSr) Dari Data Mikrotremor. *Thesis.* Universitas Islam Indonesia
- Daryono, Sutikno, J. S., Kirbani, S. B. dan Dulbahri. 2009. *Local Site Effect of Graben Bantul Using Microtremor Measurement, Proceedings Of International Conference Erath Science And Technology.* Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Gosar, A., Roser, J., Sket, B. dan Zupancic, P. 2010. Microtremor Study Of Site Effects And Soil Structure Resonance In The City Of Ljubljana (Central Slovenia). *B. Earthuake Engineering.* Vol. 8 : 571-592.
- Hadiwidjojo, M. M. P., Samodra, H. dan Amin, T.C. 1998. *Peta Geologi Lembar Bali, Nusatenggara.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Hidayati, S. 2010. *Pengenalan Seismologi Gunungapi.* Diklat Pelaksana Pemula Pengamat Gunungapi Baru. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.

- Ifantyana, I. dan Rudyanto, A. 2017. Penentuan Karakteristik Resonansi Bangunan Di Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. Vol. 4(1).
- Kang, S. Y., Kim, K. H., Chiu, J. M. dan Liu, L. 2020. Microtremor HVSR Analysis Of Heterogeneous Shallow Sedimentary Structures At Pohang, South Korea. *Journal of Geophysics and Engineering*. Vol. 17(5) : 861-869
- Khalili, M. dan Mirzakerdeh, A. V. 2019. Fault Detection Using Microtremor Data (HVSR-Based Approach) Andelectrical Resistivity Survey. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. Vol. 11 : 400-408.
- Nakamura, Y. 1989. A Method For Dynamic Charateristics Estimation Od Subsurface Using Microtremor On The Ground Surface. *Quatrely Reports of the Railway Technical Research Institute*. Vol. 30(1) : 25-33.
- Nakamura, Y. 2000. *Clear Indentification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application*. Tokyo University. Japan.
- Nakamura, Y. 2008. On The H/V spectrum. *The 14th In World Conference on Earthquake Engineering*. Beijing.
- Prabowo, U. N., Marjiyono dan Sismanto. 2016. Mapping The Fissure Potential Zones Based On Microtremor Measurement In Denpasar City, Bali. *IOP Conf Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 29.
- Prabowo, U. N., Budhi, W. dan Amalia, A. F. 2020. Analisis Mikrotremor Untuk Mengevaluasi Kerentanan Gempabumi Ruangan Prodi Pend Fisika UST. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. Vol. 6(1) : 10-16.

- Rochmah, dan Lathifah, N. 2014. Studi Percepatan Getaran Tanah Maksimum Dengan Metode Tong Dan Indeks Kerentanan Seismik Di Dusun Patuk Kabupaten Gunung Kidul. *Thesis*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sato, K., Pellegrino, M., Nakagawa, T., Nakagawa, T., Vossball, L, dan Touhara, K. 2008. Insect Olfactory Receptors Are Heteromeric Ligand-gated Ion Channels. *Nature*. Vol. 452(7190) : 1002-1006.
- Siswowidjoyo, S., Sudarsono, U., dan Wirakusumah, A. D. 1997. The Threat Of Hazards In The Semeru Volcano Region In East Java, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*. Vol. 15(2-3) : 185-194.
- Sungkono, Warnana, D., Triwulan dan Utama, W. 2011. Evaluation Of Buildings Strength From Mikrotremor Analyses. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*. Vol. 11(5) : 93-99
- Tanjung, N. A. F., Yuniarto, H. P., dan Widyawarman, D. 2019. Analisis Amplifikasi Dan Indeks Kerentanan Seismik Di Kawasan FMIPA UGM Menggunakan Metode HVSR. *Jurnal Geosaintek*. Vol. 5(2) : 60-67.
- Wibowo, N. B. 2017. Rasio Model Vs30 Berdasarkan Data Mikrotremor dan USGS di Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul. *Journal Sains Dasar*. (1) : 50.