

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Pustaka

Penelitian ini mengambil judul “Mikrozonasi indeks kerentanan seismik berdasarkan pengukuran mikrotremor di kampus barat uin sunan kalijaga yogyakarta” dimana pemodelan indeks kerentanan seismik ini difokuskan pada bencana seismik. Sebagai bahan referensi, digunakan beberapa acuan penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun beberapa penelitian yang relevan dengan ini yaitu sebagai berikut :

beberapa penelitian yang relevan dengan ini yaitu sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Penelitian yang relevan dengan penelitian ini yaitu :

Judul Penelitian	Peneliti	Metode	Hasil
Mikrozonasi Multidisaster Daerah Sekitar Waduk Sermo. Berbasis Analisis Keputusan Multikriteria Simple Additive Weight (SAW) berdasarkan pengukuran Mikrotremor.	Herawati, 2014	HVSR ( <i>Horizontal Vertical Spectral Ratio</i> )	Menghasilkan peta mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya longsor dan bahaya seismik serta menghasilkan peta mikrozonasi multidisaster di daerah sekitar waduk Sermo

Kajian kerawanan gempa bumi berbasis SIG dalam upaya mitigasi bencana studi kasus kota dan kabupaten sukabumi	Bambang Sunardi	SIG ( Sistem informasi geografis )	Tersaji peta-peta tematik yang tersusun menjadi sistem informasi kerawanan gempa bumi kota dan kabupaten sukabumi
Kajian Kerawanan Bahaya Gempabumi di Kabupaten Bantul, DIY	Laporan hasil pekerjaan kajian dan pemodelan bidang geofisika tahun 2010 BMKG	Sistem Informasi Geografi (SIG) Berbasis Analisis Keputusan Multikriteria	Menghasilkan model petatingkatkerawangempabumi di kabupatenBantul, DIY yang dapatdigunakanuntukmendukungupaya-upayapenguranganresikogempabumi
Mikrozonasi indeks kerentanan seismik berdasarkan analisis mikrotremor di Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul, DIY	Septian Laberta, 2013	HVSR ( <i>Horizontal Vertical Spectral Ratio</i> )	Menghasilkan peta indeks kerentanan seismik dan mikrozonasi kerentanan seismik di Kecamatan Jetis
Mikrozonasi indeks kerentanan seismik dengan arcview gis 3.3 berdasarkan pengukuran mikrotremor di kampus timur uin sunan kalijaga yogyakarta	Ahmad Sidiq, 2014	HVSR ( <i>Horizontal Vertical Spectral Ratio</i> )	Menghasilkan peta indeks kerentanan seismik dan mikrozonasi kerentanan seismik di Kampus timur UIN Sunan Kalijaga

Perbedaan penelitian “Mikrozonasi indeks kerentanan seismik berdasarkan pengukuran mikrotremor di kampus barat uin sunan kalijaga yogyakarta” dengan

penelitian sebelumnya yang ada pada tabel 2.1 yaitu tempat penelitian. Dimana tempat yang digunakan dalam penelitian adalah Kampus barat UIN SunanKalijaga.

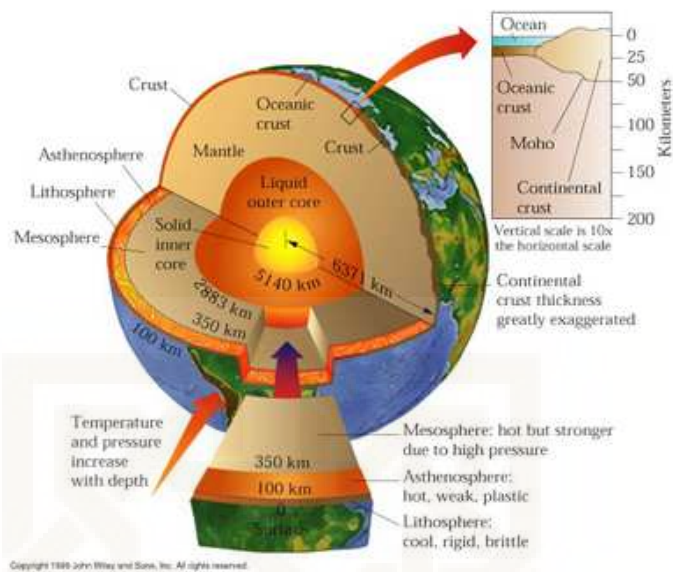
## **2.2Gempabumi**

### **2.2.1 Pengertian Gempabumi**

Gempabumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (Puslitbang BMKG, 2009).

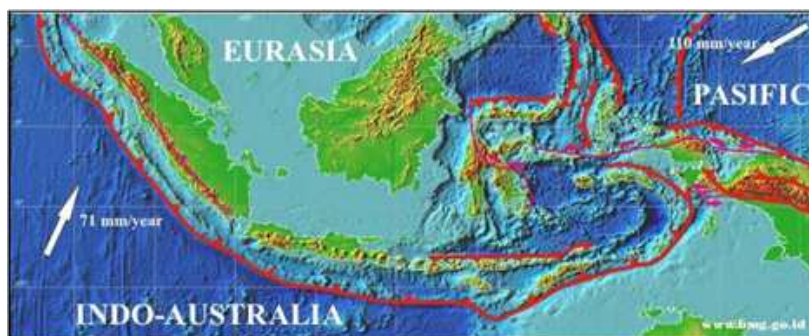
### **2.2.2 Penyebab Terjadinya Gempabumi**

Menurut teori lempeng tektonik, permukaan bumi terpecah menjadi beberapa lempeng tektonik besar. Lempeng tektonik adalah segmen keras kerak bumi yang mengapung diatas astenosfer yang cair dan panas. Oleh karena itu, maka lempeng tektonik ini bebas untuk bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Daerah perbatasan lempeng-lempeng tektonik, merupakan tempat-tempat yang memiliki kondisi tektonik yang aktif, yang menyebabkan gempa bumi, gunung berapi dan pembentukan dataran tinggi. Teori lempeng tektonik merupakan kombinasi dari teori sebelumnya yaitu: Teori Pergerakan Benua (*Continental Drift*) dan Pemekaran Dasar Samudra (*Sea Floor Spreading*).



**Gambar 2.1** Lapisan bumi (BMKG)

Lapisan paling atas bumi, yaitu litosfir, merupakan batuan yang relatif dingin dan bagian paling atas berada pada kondisi padat dan kaku. Di bawah lapisan ini terdapat batuan yang jauh lebih panas yang disebut mantel. Lapisan ini sedemikian panasnya sehingga senantiasa dalam keadaan tidak kaku, sehingga dapat bergerak sesuai dengan proses pendistribusian panas yang kita kenal sebagai aliran konveksi. Lempeng tektonik yang merupakan bagian dari litosfir padat dan terapung di atas mantel ikut bergerak satu sama lainnya.



**Gambar 2.2** Peta kepulauan Indonesia pada pertemuan 3 lempeng (BMKG)

Jika dua lempeng bertemu pada suatu sesar, keduanya dapat bergerak saling menjauhi, saling mendekati atau saling bergeser. Umumnya, gerakan ini berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia namun terukur sebesar 0-15cm pertahun. Kadang-kadang, gerakan lempeng ini macet dan saling mengunci, sehingga terjadi pengumpulan energi yang berlangsung terus sampai pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak lagi kuat menahan gerakan tersebut sehingga terjadi pelepasan mendadak yang kita kenal sebagai gempa bumi.

### 2.2.3. Besaran Gempabumi

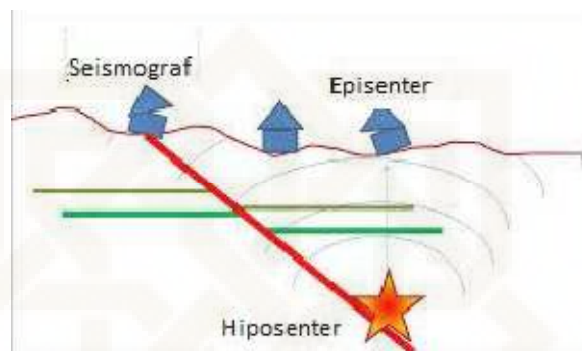
Setiap kejadian gempabumi akan menghasilkan informasi seismik berupa rekaman sinyal berbentuk gelombang yang setelah melalui proses manual ataupun non manual hingga menjadi data bacaan fase (*phase reading data*). Parameter pokok gempabumi meliputi:

a. Waktu kejadian gempa (*origin time*)

Origin time adalah waktu terlepasnya akumulasi tegangan (*stress*) menjadi gelombang gempabumi yang dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinated*). 16

b. Posisi lintang dan bujur episenter

Episenter adalah titik dipermukaan bumi vertikal di atas sumber gempa (hiposenter). Lokasi episenter dibuat dalam sistem koordinat geografis yang dinyatakan dalam lintang dan bujur. Gambar 2.3 menunjukkan posisi episenter dan hiposenter gempabumi.



**Gambar 2.3.** Posisi Episenter dan Hiposenter Gempabumi  
(Rahardjo, 1995)

c. Kedalaman pusat gempa (Kedalaman Hiposenter)

Kedalaman hiposenter adalah jarak hiposenter dihitung tegak lurus dari permukaan bumi. Kedalaman dinyatakan oleh besaran jarak dalam satuan kilometer.

d. Kekuatan gempabumi (magnitudo)

Magnitudo adalah ukuran kekuatan gempabumi, menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempabumi terjadi. Magnitudo menggunakan Skala Richter (SR).

Bentuk energi yang dilepaskan saat terjadi gempabumi antara lain adalah deformasi gelombang. Energi ini dapat dilihat pada perubahan bentuk

volume sebelum dan sesudah terjadi gempa bumi, seperti misalnya tanah naik, tanah turun, pergeseran batuan dan lain-lain. Sedangkan energi gelombang akan menggetarkan medium elastik di sekitarnya akan menjalar kesegala arah. Pemancaran energi gempa bumi dapat besar atau kecil, hal ini tergantung dari karakteristik batuan yang ada dengan besarnya stress yang dikandung oleh suatu batuan yang rapuh (batuan yang heterogen), stress yang dikandungnya tidak besar karena langsung dilepaskan melalui terjadinya gempa-gempa kecil yang banyak. Sedangkan untuk batuan yang lebih kuat (batuan homogen), gempa kecil yang terjadi sehingga stress yang terkumpul sangat besar dan akan menyebabkan terjadinya gempa bumi dengan energi yang lebih besar (Puslitbang BMKG, 2009).

Parameter origin time, episenter, hiposenter disebut parameter kinematik, karena untuk menentukannya hanya diperlukan pengukuran waktu penjalaran gelombang sedangkan magnitudo merupakan parameter dinamika karena untuk menentukannya diperlukan pengukuran amplitudo dan periode.

**Tabel 2.2.** Skala intensitas gempa bumi Modified Mercalli Scale (MMI).

Skala	
Intensitas (MMI)	Kualitas Getaran Gempabumi
I.	Getaran tidak dirasakan kecuali dalam keadaan luar biasa oleh beberapa orang.
II.	Getaran dirasakan oleh beberapa orang, benda-benda ringan yang digantung bergoyang.

- III. Getaran dirasakan nyata dalam rumah. Terasa getaran seakan-akan ada truk berlalu.
- IV. Pada siang hari dirasakan oleh orang banyak dalam rumah, di luar oleh beberapa orang, gerabah pecah, jendela/pintu berderik dan dinding berbunyi.
- V. Getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk, orang banyak terbangun, gerabah pecah, barang-barang terpelanting, tiang-tiang dan barang besar tampak bergoyang, bandul lonceng dapat berhenti.
- VI. Getaran dirasakan oleh semua penduduk. Kebanyakan semua terkejut dan lari keluar, plester dinding jatuh dan cerobong asap pada pabrik rusak, kerusakan ringan.
- VII. Tiap-tiap orang keluar rumah. Kerusakan ringan pada rumah-rumah dengan bangunan dan konstruksi yang baik. Sedangkan pada bangunan yang konstruksinya kurang baik terjadi retak-retak bahkan hancur, cerobong asap pecah. Terasa oleh orang yang naik kendaraan.
- VIII. Kerusakan ringan pada bangunan dengan konstruksi yang kuat. Retak-retak pada bangunan dengan konstruksi kurang baik, dinding dapat lepas dari rangka rumah, cerobong asap pabrik dan monumen-monumen roboh, air menjadi keruh
- IX. Kerusakan pada bangunan yang kuat, rangka-rangka rumah menjadi tidak lurus, banyak retak. Rumah tampak agak berpindah dari pondamennya. Pipa-pipa dalam rumah putus.
- X. Bangunan dari kayu yang kuat rusak, rangka rumah lepas dari pondamennya, tanah terbelah rel melengkung, tanah longsor di tiap-tiap sungai dan di tanah-tanah yang curam.
- XI. Bangunan-bangunan hanya sedikit yang tetap berdiri. Jembatan rusak, terjadi lembah. Pipa dalam tanah tidak dapat dipakai sama sekali, tanah terbelah, rel melengkung sekali.
- XII. Hancur sama sekali, Gelombang tampak pada permukaan tanah. Pemandangan menjadi gelap. Benda-benda terlempar ke udara.

---

*Sumber : BMKG*

### **2.3. Seismitas**



Seismisitas merupakan suatu gejala bergetarnya lapisan tanah yang disebabkan oleh adanya kegiatan tektonik seperti penunjaman (subduksi) lempeng, sesar, gunungapi, lipatan atau patahan, maupun kondisi geologi lainnya yang dapat menimbulkan getaran–getaran seismik. Secara umum wilayah Indonesia dibagi menjadi 6 zona seismik seperti pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 2.3.** Enam Zona Seismik Di Indonesia (Dikutip dari Gunawan Ibrahim dan Subardjo, 2005)

:

Zone 1	: Daerah dengan seismisitas sangat tinggi (7 –8 SR) Irian bagian utara
Zone 2	: Daerah dengan seismisitas aktif (sekitar 7 SR) Sumatra bagian barat, Selatan Jawa, Nusatenggara, Irian Jaya dan Sulawesi Utara
Zone 3	: Daerah yang terdapat lipatan, patahan dan rekahan (> 7 SR) Sepanjang pantai Sumatra bagian barat, sepanjang Pantai Jawa bagian selatan.
Zone 4	: Daerah lipatan & patahan (sekitar 7) Sumatra, Jawa bagian utara, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan dan Irian
Zone 5	: Daerah dengan seismisitas rendah Sepanjang pantai Timur Sumatra dan Kalimantan Tengah:
Zone 6	: Daerah stabil Irian bagian Selatan

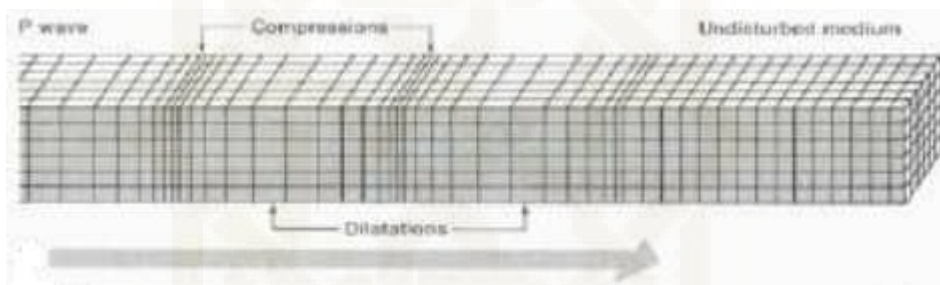
### 2.3.1 Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang mekanik yang menjalarkan energi menembus lapisan bumi. Kecepatan penjalaran gelombang seismik ditentukan oleh karakteristik lapisan dimana gelombang tersebut menjalar. Kecepatan gelombang seismik dipengaruhi oleh rigiditas (kekakuan) dan rapat massa medium. Gelombang yang merambat melewati dua bidang batas dapat mengalami refleksi dan refraksi, hal ini tergantung dari kontras

impedansinya. Berdasarkan gerak partikel mediumnya gelombang dapat dikelompokkan menjadi gelombang longitudinal (gelombang P), gelombang transversal (gelombang S), gelombang *Rayleigh*, dan gelombang *Love*.

### 1. Gelombang Longitudinal ( Gelombang P)

Gelombang P mempunyai kecepatan rambat gelombang lebih cepat daripada kecepatan rambat gelombang S, dimana gerak partikel medium bergerak bolak-balik searah dengan arah rambat gelombang yang mempengaruhi

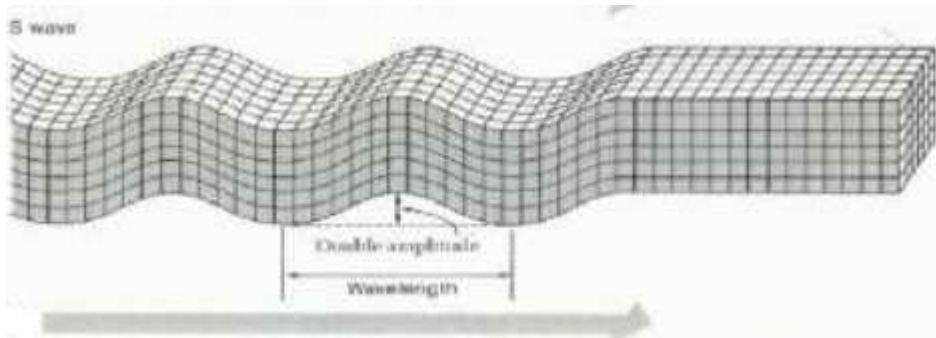


**Gambar. 2.4.** Mekanisme penjalaran gelombang P (Aster, 2011).

Kecepatan rambat gelombang ini, yaitu 4 – 7 km/s di kerak bumi, lebih besar dari 8 km/s di dalam mantel dan inti bumi, lebih kurang dari 1,5 km/s di dalam air, dan lebih kurang 0,3 km/s di udara, besar nilai cepat rambat gelombang P (Tabel 2.4).

### 2. Gelombang Transversal (Gelombang S)

Gelombang transversal ataupun gelombang S adalah salah satu gelombang badan yang memiliki gerak partikel tegak lurus terhadap arah rambatnya



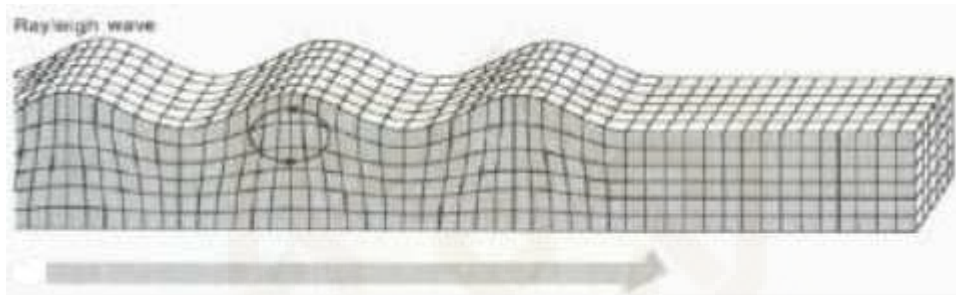
**Gambar 2.5.** Mekanisme Penjalaran Gelombang S (Aster, 2011).

Gelombang ini tidak dapat merambat pada fluida, sehingga pada inti bumi bagian luar tidak dapat terdeteksi sedangkan pada inti bumi bagian dalam, gelombang ini mampu terdeteksi. Kecepatan rambat gelombang ini adalah 3 – 4 km/s di kerak bumi, sekitar 4,5 km/s di dalam mantel bumi, dan 2,5 – 3,0 km/s di dalam inti bumi.

### 3. Gelombang *Rayleigh* (*Ground Roll*)

Gelombang *Rayleigh* merupakan salah satu gelombang permukaan yang terbentuk dari interferensi antara gelombang P dan S-vertikal dan merambat sepanjang *free-surface*. Biasanya gelombang ini lebih dikenal dengan sebutan *ground roll*. Kecepatan fase gelombang *Rayleigh* merupakan fungsi dari kecepatan gelombang shear, kecepatan gelombang kompresi, densitas dan ketebalan lapisan. Gelombang *Rayleigh* memiliki kecepatan antara 2,0 – 4,2 km/s di dalam bumi, dengan besar amplitudonya menurun secara eksponensial sebagai fungsi kedalaman. Kecepatan rambat gelombang ini ( $V_r$ ) = 0,9  $V_s$  (kecepatan gelombang transversal). Pada medium berlapis, kecepatan gelombang *Rayleigh* juga bergantung pada frekuensi atau panjang gelombang dan pada dasarnya untuk mendapatkan nilai parameter-parameter diatas dengan inversi

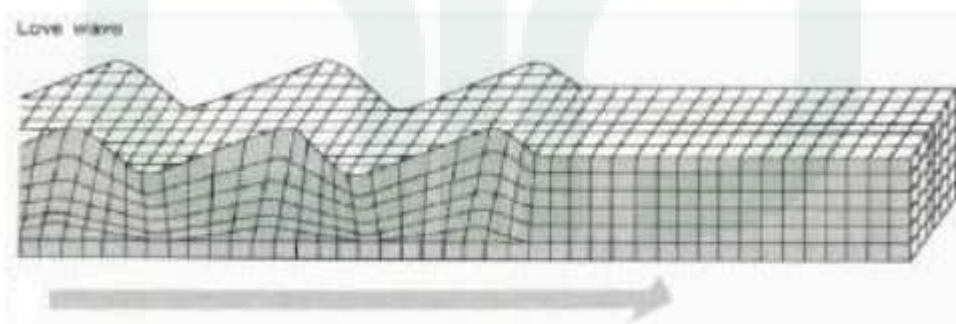
gelombang *Rayleigh*. Partikel-partikel bergerak ke arah propagasi (horizontal) dari gelombang dan dengan gerakan berputar dalam permukaan vertikal yang tegak lurus terhadap arah propagasi (horizontal) dari gelombang tersebut.



**Gambar 2.6.** Gerak Partikel Gelombang *Rayleigh* (Aster, 2011).

#### 4. Gelombang *Love*

Gelombang *love* (Love, 1911 dalam Sheriff dan Geldart, 1995) adalah gelombang permukaan yang terdiri dari pergerakan parallel gelombang S secara horizontal pada permukaan

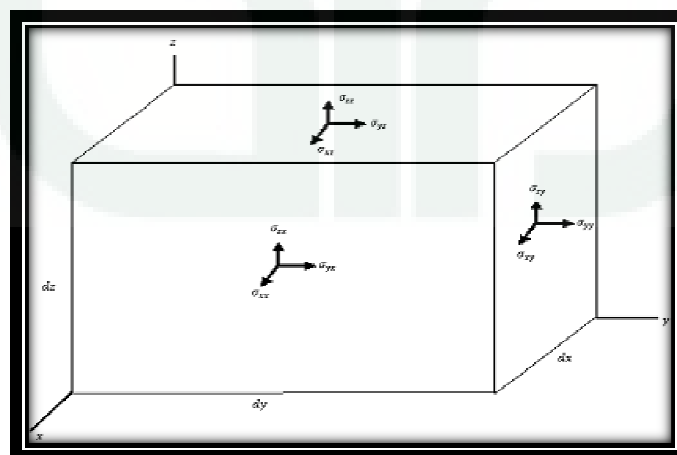


**Gambar 2.7** Gerak Partikel Gelombang *love* (Aster, 2011).

Dalam penjarannya, partikel-partikel medium bergerak tegak lurus terhadap arah propagasi (horizontal) dari gelombang tersebut. Pada frekuensi yang tinggi kecepatan gelombang *love* mendekati kecepatan pada gelombang shear dan pada

frekuensi mendekati nol, kecepatan gelombang *love* mendekati kecepatan gelombang *stoneley* pada permukaan yang lebih rendah.

Gelombang seismik atau gelombang elastik terdiri atas dua jenis, yaitu gelombang tubuh ( *Body wave* ) dan gelombang seismik ke dalam bumi. Yang menjadi objek perhatian utama pada rekaman gelombang seismik dalam metode ini ialah *body wave* yang terdiri dari gelombang P dan gelombang S. Gelombang ini merupakan gelombang yang energinya ditransfer melalui medium di dalam bumi. Sedangkan pada *surface wave* transfer energinya pada permukaan bebas, tidak terjadi penetrasi ke dalam medium bumi dan hanya merambat di permukaan bumi saja. Gelombang seismik bermula dari usikan mekanis pada suatu tempat yang kemudian menjalar di dalam medium (Saputra, 2006). Usikan mekanis ini menimbulkan ketidakseimbangan gaya-gaya yang bekerja pada medium tersebut. Persamaan gerak gelombang seismik dapat dijelaskan dengan meninjau gaya – gaya yang bekerja pada sebuah medium berbentuk kubus dengan panjang sisi  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  mendekati nol.



Sumber : Saputra, 2006

**Gambar 2.8**medium balok ( persamaan gelombang seismik )

Berdasarkan gambar diatas, gaya total yang bekerja sejajar sumbu x adalah :

$$F = \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \right) dx dy dz \quad (2.1)$$

Apabila gaya tersebut menyebabkan pergeseran partikel medium sejauh  $u$ , maka sesuai dengan hukum Newton :

$$F = m.a \quad (2.2)$$

Dengan  $m = \rho dx dy dz$  dan  $a = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$

Persamaan (2.1) dapat ditulis

$$\rho dx dy dz \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \right) dx dy dz \quad (2.3)$$

Dapat disederhanakan menjadi :

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \right) \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) menyatakan pergeseran partikel sejajar sumbu x, dengan analogi yang sama, pergeseran partikel sejajar sumbu y adalah :

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \right) \quad (2.5)$$

Dan pergeseran partikel sejajar sumbu z adalah :

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \right) \quad (2.6)$$

Berdasarkan hubungan antara tegangan dan regangan diperoleh:

$$\sigma_{xx} = \lambda \theta + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \quad (2.7)$$

$$\sigma_{xy} = \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad (2.8)$$

$$\sigma_{xz} = \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (2.9)$$

Dengan regangan volume (dilatasi) :  $\theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$  (2.10)

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.7), (2.8), (2.9) kedalam persamaan (2.4), (2.5), (2.6) maka diperoleh persamaan (2.4) menjadi

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u \quad (2.11)$$

Persamaan (2.5) menjadi

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v \quad (2.12)$$

Dari persamaan (2.6) menjadi

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial z} + \mu \nabla^2 w \quad (2.13)$$

Dengan  $u, v, w$  : pergeseran partikel

$\lambda$  = konstanta lame

$\mu$  = modulus geser (N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = densitas batuan (kg/m<sup>3</sup>)

Untuk mendapatkan persamaan gerak gelombang dilakukan pendiferensial persamaan (2.11), (2.12), (2.13) terhadap masing-masing arah gerak (x,y,dan z), kemudian hasilnya dijumlahkan dan diperoleh :

$$\rho \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = (\lambda + \mu) \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) + \mu \nabla^2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (2.14)$$

$$\text{Dapat diringkas menjadi } \rho \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \nabla^2 \theta + \mu \nabla^2 \theta \quad (2.15)$$

$$\text{Atau } \rho \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = (\lambda + 2\mu) \nabla^2 \theta \quad (2.16)$$

$$\text{Atau } \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = \nabla^2 \theta \text{ dengan } a = \frac{(\lambda + 2\mu)}{\rho} \quad (2.17)$$

Persamaan (2.17) merupakan persamaan gelombang S pada sumbu x, kurangkan hasil pendiferensialan persamaan (2.13) kearah sumbu y dengan persamaan (2.12) kearah sumbu z

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \mu \nabla^2 \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (2.18)$$

Menurut notasi rotasi dapat ditulis

$$\rho \frac{\partial^2 \Omega_x}{\partial t^2} = \mu \nabla^2 \Omega_x \quad \text{atau} \quad \frac{1}{\beta^2} \frac{\partial^2 \Omega_x}{\partial t^2} = \nabla^2 \Omega_x \quad (2.19)$$

$$\text{Dengan } \beta = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.20)$$

Disini fungsi gelombang  $\Omega_x$  menyatakan gerak rotasi tegak lurus sumbu x, sedangkan perambatan gelombangnya searah sumbu x, persamaan (2.19) merupakan persamaan gelombang S pada sumbu x dengan kecepatan rambat  $\hat{a}$ . Gerak gelombang rotasi (transversal) menyebabkan gerakan partikel-partikel medium tegak lurus arah perambatan gelombang (Saputra,2006).

Gelombang utama gempabumi terdiri dari dua tipe yaitu gelombang badan ( *body wave* ) dan gelombang permukaan ( *surface wave* ).

#### a. Gelombang Badan (*Body Wave*)

Gelombang badan merupakan gelombang yang menjalar melalui bagian dalam permukaan bumi dan biasa disebut *free wave* karena dapat menjalar ke segala arah di dalam bumi. Gelombang badan terdiri dari gelombang primer dan gelombang sekunder. Gelombang primer merupakan gelombang longitudinal, gerakan partikelnya sejajar dengan arah perambatannya. Gelombang primer (P) memiliki kecepatan paling tinggi diantara gelombang lainnya dan gelombang primer adalah gelombang yang pertama kali terdeteksi oleh seismograf. Persamaan dari kecepatan gelombang P adalah sebagai berikut :

$$V_P = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (2.21)$$

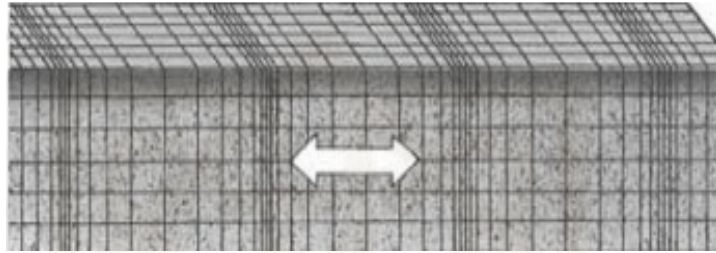


Keterangan :  $V_p$  = kecepatan gelombang P (m/s)

$k$  = modulus Bulk (Pa)

$\mu$  = modulus geser (Pa)

$\rho$  = densitas batuan ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )



**Gambar 2.9** Ilustrasi Gerak Partikel Gelombang Primer (Aster, 2011: 16)

Sedangkan gelombang sekunder merupakan gelombang transversal atau *shear wave*, gerakan partikelnya tegak lurus dengan arah gerak perambatannya.

Gelombang sekunder (S) memiliki kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan gelombang primer, sehingga terdeteksi oleh seismograf setelah gelombang primer. Gelombang S hanya dapat merambat pada medium padat.

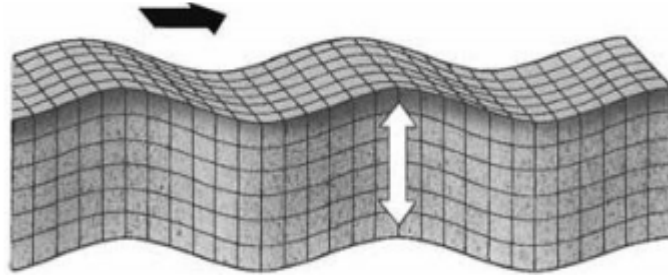
Persamaan dari kecepatan gelombang S adalah sebagai berikut :

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.22)$$

Dengan :  $V_s$  = kecepatan gelombang S (m/s)

$\mu$  = modulus geser (Pa)

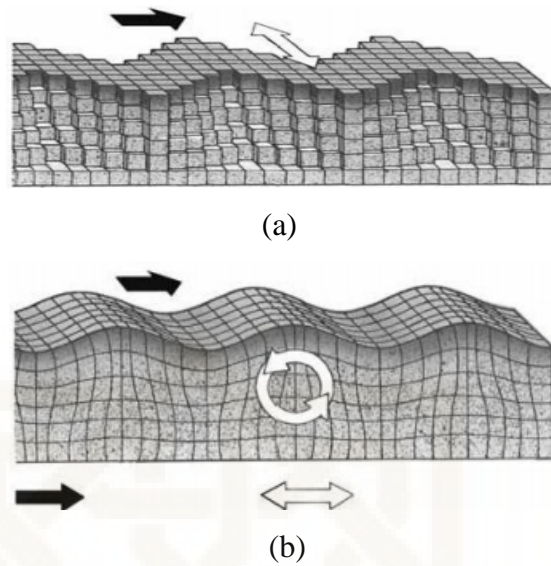
$\rho$  = densitas batuan ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )



**Gambar 2.10** Ilustrasi Gerak Partikel Gelombang Sekunder (Aster, 2011)

b. Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)

Gelombang permukaan merupakan gelombang yang zona rambatannya berada di kerak bumi. Gelombang ini memiliki frekuensi yang lebih rendah dibandingkan dengan gelombang badan. Gelombang permukaan dibedakan menjadi dua, yaitu gelombang *Love* dan gelombang *Rayleigh*. Gelombang *Love* merupakan gelombang yang arah gerakan partikelnya berada pada sumbu horizontal dan tidak menghasilkan perpindahan pada sumbu vertikal. Pergerakan partikel gelombang *Love* sejajar dengan permukaan tetapi tegak lurus dengan arah rambatnya. Gelombang *Love* lebih cepat daripada gelombang *Rayleigh* dan lebih dulu sampai pada seismograf. Gelombang *Rayleigh* merupakan gelombang yang gerakan partikelnya membentuk *ellips*. Karena menjalar di permukaan, amplitudo gelombang *Rayleigh* akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Dihasilkan oleh gelombang datang P dan gelombang S yang berinteraksi pada permukaan bebas dan merambat sejajar dengan permukaan tersebut. Ilustrasi gerak partikel gelombang *Love* dan *Rayleigh* ditunjukkan pada (Gambar 2.11).



**Gambar 2.11.** (a) Ilustrasi Gerak Partikel Gelombang *Love*; (b) Ilustrasi Gerak Partikel Gelombang *Rayleigh* (Aster, 2011: 16)

## 2.4. Surfer

Surfer adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi dengan mendasarkan pada grid. Perangkat lunak ini melakukan plotting data tabular XYZ tidak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (grid) yang beraturan. Grid adalah serangkaian garis vertikal dan horisontal yang dalam surfer berbentuk segi empat dan digunakan sebagai dasar pembentuk kontur dan surface tiga dimensi.

Surfer tidak mensyaratkan perangkat keras ataupun sistem operasi yang tinggi. Oleh karena itu, surfer relatif mudah dalam aplikasinya. Surfer memberikan kemudahan dalam pemuatan berbagai macam peta kontur atau model spasial 3 Dimensi. Sangat membantu dalam analisis volumetrik, cut and fill, slope, dan lain-lain. Memungkinkan pembuatan peta 3 dimensi dari suatu data tabular yang disusun dengan menggunakan worksheet seperti excel dan lain-lain

Surfer membantu dalam analisis kelerengan, ataupun morfologi lahan dari suatu foto udara atau citra satelit yang telah memiliki datum ketinggian. Aplikasi lain yang sering menggunakan surfer adalah analisis spasial untuk mitigasi bencana alam yang berkaitan dengan faktor topografi dan morfologi lahan. Surfer dapat memberikan gambaran secara spasial letak potensi bencana.

## **2.5 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). Lang (2004) mendefinisikan mikrotremor sebagai noise periode pendek yang berasal dari sumber artifisial. Gelombang ini bersumber dari segala arah yang saling beresonansi.

Mikrotremor dapat juga diartikan sebagai getaran harmonik alami tanah yang terjadi secara terus menerus, terjebak dilapisan sedimen permukaan, terpantulkan oleh adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi yang tetap, disebabkan oleh getaran mikro di bawah permukaan tanah dan kegiatan alam lainnya. Karakteristik mikrotremor mencerminkan karakteristik batuan di suatu daerah. Penelitian mikrotremor juga banyak dilakukan pada studi penelitian struktur tanah (*soil investigation*) untuk mengetahui keadaan bawah permukaan tanah. Penelitian mikrotremor dapat mengetahui karakteristik lapisan tanah berdasarkan parameter periode dominannya dan faktor penguatan gelombangnya (amplifikasi). Dalam kajian teknik kegempaan, litologi yang lebih lunak mempunyai resiko yang lebih tinggi bila digoncang gelombang gempabumi, karena akan mengalami penguatan (amplifikasi) gelombang yang lebih besar dibandingkan dengan batuan yang lebih

kompak. Sejak Omori mengamati mikrotremor untuk pertama kalinya tahun 1908, banyak para ahli seismologi dan insinyur teknik gempabumi menyelidiki mikrotremor baik dari segi ilmiah maupun terapannya, sebab kegunaan mikrotremor banyak sekali, diantaranya :

1. Mikrotremor berguna untuk mengklasifikasikan jenis tanah berdasarkan periode dominan yang harganya spesifik untuk tiap jenis tanah, sebab tanggapan bangunan terhadap getaran gempabumi sebagian besar bergantung pada komposisi tanah di tempat bangunan berdiri.
2. Dari penyelidikan di Jepang telah ditetapkan bahwa mikrotremor digunakan tidak hanya sebagai alat untuk mengantisipasi sifat gerakan gempabumi tetapi juga untuk membuktikan koefisien gaya yang telah ditetapkan dalam perencanaan bangunan tahan gempa.
3. Menjelaskan struktur bawah permukaan tanah di tempat mikrotremor diamati.

Mikrotremor dapat diartikan sebagai getaran harmonik alami tanah yang terjadi secara terus menerus yang disebabkan oleh getaran mikro di bawah permukaan tanah dan kegiatan alam lainnya. Pengukuran mikrotremor banyak dilakukan pada penelitian struktur tanah (*soil investigation*) untuk mengetahui karakteristik dinamik tanah yang dapat digunakan dalam studi bahaya gempabumi. Sedangkan menurut Nakamura (2008) mikrotremor merupakan getaran alami (*ambient vibration*) yang berasal dari dua sumber utama yakni alam dan manusia. Mikrotremor atau disebut juga *ambient noise* merupakan getaran tanah yang disebabkan oleh beberapa faktor akibat aktivitas manusia, seperti lalu lintas, industri, dan aktivitas manusia lainnya, selain itu sumber mikrotremor juga

disebabkan oleh faktor alam seperti interaksi angin dan struktur bangunan, arus laut, serta gelombang laut perioda panjang (Motamed *et al.*, 2007). Karakteristik dinamik lapisan tanah permukaan suatu daerah dapat ditentukan salah satunya dari nilai periode dominan tanah akan mempengaruhi percepatan getaran tanah ketika terjadi gempa bumi. Karakteristik lapisan tanah permukaan tersebut akan mempengaruhi percepatan getaran tanah maksimum, sehingga parameter periode dominan tanah menjadi sangat penting dalam perhitungan nilai percepatan getaran tanah. Salah satu metode untuk menghitung percepatan getaran tanah maksimum (PGA) di lapisan tanah adalah metode empiris Kanai (1957), metode tersebut melibatkan parameter magnitudo gempa bumi, jarak episenter dengan titik pengukuran, dan perioda dominan tanah.

## 2.6 Metode HVSR

Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) adalah satu metode yang sangat mudah untuk memperkirakan frekwensi alami dari lapisan sedimen. Metode ini juga dapat digunakan untuk menentukan faktor amplifikasi dari lapisan sedimen. Dengan menggunakan nilai frekwensi alami dan faktor amplifikasi, metode HVSR juga dapat digunakan untuk memperkirakan elevasi batuan dasar atau ketebalan dari lapisan sedimen (Nakamura, 1989). Tulisan ini menjelaskan hasil analisa HVSR terhadap gelombang ambien (*ambient vibrations*) untuk menentukan faktor amplifikasi dari lapisan sedimen.

HVSR merupakan satu metode analisa yang diperkenalkan oleh Nakamura berdasarkan pengalaman beliau melakukan pengamatan perambatan gelombang

geser akibat peristiwa gempa. Nakamura dan Saito (1983) melakukan pengamatan perambatan gelombang gempa untuk berbagai kondisi geologi. Pada saat yang bersamaan Nakamura dan Saito (1983) juga melakukan pengamatan terhadap *ambient vibrations* atau *ambient noise* di permukaan. Hasil pengamatan Nakamura dan Saito (1983) menunjukkan bahwa gerakan tanah di permukaan akibat peristiwa gempa dan akibat *ambient vibrations* disebabkan oleh gelombang *rayleigh*. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Nakamura dan Saito (1983) menunjukkan adanya kesesuaian antara nilai faktor amplifikasi tanah yang dihasilkan dengan menggunakan data pengamatan gelombang ambien dan gelombang gempa.

Nakamura (1989) menyampaikan bahwa metode HVSR yang diaplikasikan pada *ambient vibrations* dapat digunakan untuk memperkirakan frekwensi alami dan faktor amplifikasi dari lapisan sedimen. Konsep dasar metode HVSR adalah adanya kesamaan antara rasio spektra horizontal ke vertikal dengan transfer gelombang dari batuan dasar ke permukaan (Nakamura, 1989). Nakamura menyampaikan bahwa periode dominan dan nilai puncak dari spektra rasio (H/V) mempunyai kesamaan dengan periode natural dan faktor amplifikasi dari lapisan tanah, nilai H/V diperoleh dari perbandingan antara spektrum amplitudo *fourier* komponen gelombang horizontal terhadap gelombang vertikal.

Pengukuran periode dominan tanah dilakukan dengan menggunakan *ambient vibrations* dengan meminimalkan atau mengurangi getaran *tremor* yang diakibatkan oleh gerakan manusia dan mesin atau sumber *tremor* yang lain. Dengan mengurangi getaran akibat gerakan manusia dan mesin maka getaran

yang dicatat oleh *seismometer* hanya berasal dari gerakan tanah. Karena gerakan manusia atau mesin sering terjadi pada siang hari, maka proses pencarian data gerakan tanah akan lebih baik jika dilakukan pada malam hari atau pada tempat-tempat yang jauh dari aktifitas manusia sehari-hari.

Gelombang yang digunakan pada penelitian ini adalah *microtremor* yaitu *ambient vibrations* dengan amplitudo rendah. Gelombang ini bisa ditimbulkan dari gerakan tanah, gerakan angin, gelombang laut atau getaran dari kendaraan. Observasi mikrotremor mudah untuk dilakukan dan dapat diaplikasikan pada daerah-daerah dengan tingkat seismisitas tinggi sampai rendah. Nakamura (2008) menyampaikan bahwa nilai faktor amplifikasi suatu tempat dapat diketahui dari tinggi puncak spektrum kurva HVSR hasil pengukuran mikrotremor di tempat tersebut. Nilai periode dominan atau frekwensi dominan yang diperoleh dari kurva HVSR mempunyai korelasi dengan tingkat ketebalan dari lapisan sedimen.

## **2.7 Faktor Amplifikasi**

Faktor amplifikasi adalah respon lapisan batuan terhadap gelombang. Amplifikasi menggambarkan besarnya penguatan gelombang pada saat melalui suatu medium berbanding lurus terhadap spektral vertikal. Nilai titik data amplifikasi diambil dari nilai rata - rata ketinggian puncak spektrum. Faktor amplifikasi gempa bumi adalah perbandingan percepatan maksimum gempa bumi di permukaan tanah dengan batuan dasar. Kandungan frekuensi dan amplitudo gelombang gempa bumi, yang menjalar dari batuan dasar (*bedrock*) ke permukaan bumi akan berubah saat melewati endapan tanah. Proses ini dapat menghasilkan percepatan yang besar terhadap struktur dan menimbulkan kerusakan yang parah, terutama



saat frekuensi gelombang seismik sama dengan resonansi frekuensi struktur bangunan buatan manusia. Menurut Nakamura Nakamura et al. (2000) nilai amplifikasi suatu tempat dapat diketahui dari tinggi puncak spektrum kurva HVSR hasil pengukuran mikrotremor di tempat tersebut. Beberapa peneliti telah menemukan adanya korelasi antara puncak spektrum H/V dengan distribusi kerusakan gempabumi (Mucciarelli et al., 1998). Analisis respon tanah setempat membantu dalam penentuan efek kondisi tanah setempat pada amplifikasi gelombang seismik. Respon endapan tanah tergantung frekuensi, geometri dan merupakan bagian dasar dalam kajian bencana seismik dalam daerah tertentusifat material lapisan tanah di atas batuan dasar, sehingga analisis respon tanah setempat.

Ratdomopurbo pada tahun 2008 membagi variasi nilai titik dan faktor amplifikasi dari penelitian yang telah dilakukan di kabupaten bantul kedalam 4 zona sebagai berikut :

**Tabel 2.4** Pembagian zona berdasarkan nilai amplifikasi

Zona	Amplifikasi	Keterangan
Zona 1	$A_o < 3$	Amplifikasi rendah
Zona 2	$3 = A_o < 6$	Amplifikasi sedang
Zona 3	$6 = A_o < 9$	Amplifikasi tinggi
Zona 4	$A_o > 9$	Amplifikasi sangat tinggi

*Sumber : Irfani, 2014*

## 2.8 Indeks kerentanan seismik ( Kg )

Indeks kerentanan seismik merupakan indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi tanah saat terjadi gempa bumi. Indeks kerentanan seismik memerlukan data mikrotremor sebagai sumber data yang akan diolah (Motamed et al., 2007: 112). Kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi pada struktur komponen bangunan terjadi pada saat gaya gempa bumi melebihi batas dan regangan suatu bangunan yang menyebabkan perubahan posisi dasar bangunan, dan hal itu menyebabkan keruntuhan suatu bangunan jika stabilitas dan struktur bangunannya rendah. Untuk mengetahui indeks kerentanan seismik pada suatu wilayah, dengan membagi kuadrat amplifikasi dengan frekuensi dominan pada lokasi pengukuran. Perhitungan indeks kerentanan seismik berdasarkan persamaan Nakamura (2000) sebagai berikut :

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0}$$

Dimana :

$K_g$  = Indeks kerentanan seismik .

$A_0$  = Amplifikasi.

$f_0$  = Frekuensi dominan (Hz).

Daerah-daerah yang memiliki indeks kerentanan seismik tanah yang tinggi ternyata memiliki resiko tinggi terhadap kerusakan akibat gempa bumi. Daryono pada tahun 2009, menunjukkan adanya korelasi baik antara indeks kerentanan seismik dan distribusi kerusakan akibat gempa bumi. Semakin kecil indeks

kerentanan seismik ( Kg ) suatu daerah akan semakin kecil jumlah kerusakan bangunan yang ditimbulkan saat terjadi gempa bumi. Sebaliknya, jika semakin besar indeks kerentanan seismik ( Kg ) suatu daerah maka semakin besar jumlah kerusakan bangunan yang ditimbulkan saat terjadi gempa bumi ( Labertta, 2013 ). Berikut adalah koefisien zona gempa bumi yang berpengaruh dalam penentuan zona gempa bumi berdasarkan nilai dari indeks kerentanan seismik ( Kg ). Pada data hasil penelitian lapangan, interval yang didapatkan adalah 1,48, maka zona kerentanan gempa rendah berada pada interval 3,18-4,67, Zona kerentanan gempa bumi menengah rendah berada pada interval 4,68-6,14, Zona kerentanan gempa bumi menengah berada pada interval 6,15-7,62, Zona kerentanan gempa bumi tinggi berada pada interval 7,63-9,1, Zona kerentanan gempa bumi sangat tinggi berada pada interval >9,1

**Tabel 2.5** Koefisien zona gempa bumi

Nama zona	No Zona	Koefisien Z	Nilai indeks
Zona kerentanan gempa bumi sangat tinggi	4	1	>9,1
Zona kerentanan gempa bumi tinggi	3	1/4	7,63-9,1
Zona kerentanan gempa bumi menengah	2	1/8	6,15-7,62
Zona kerentanan gempa bumi menengah rendah	1	1/16	4,68-6,14
Zona kerentanan gempa bumi rendah	0	0	3,18-4,67

*Sumber : celebi, 1995. & data pengukuran lapangan*

## 2.9 Frekuensi dominan tanah

Frekuensi dominan tanah mempresentasikan banyaknya gelombang yang terjadi dalam satuan waktu. Secara empiris frekuensi natural berbanding lurus dengan  $V_s$  rata-rata bawah permukaan dan berbanding terbalik dengan

ketebalan sedimen di permukaan ( Putra, 2013 ). Frekuensi dominan tanah dipengaruhi oleh besarnya kecepatan rata-rata bawah permukaan dan ketebalan sedimen bawah permukaan. Berdasarkan persamaannya frekuensi berbanding lurus dengan kecepatan rata-rata dan berbanding terbalik dengan ketebalan sedimen. Jika dihubungkan kerusakan bangunan akibat gempa bumi dengan kedua parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa daerah rawan kerusakan akibat gempa bumi terjadi pada daerah dengan lapisan sedimen yang tebal atau lapisan permukaan seperti lanau, pasir, pasir lanauan dan sebagainya. Selain faktor ketebalan sedimen yang mengontrol besar kecilnya frekuensi, faktor kekompakan dan kekerasan batuan juga mempengaruhi nilai frekuensi batuan, dimana semakin keras suatu batuan maka nilai frekuensi akan semakin besar dan semakin lunak suatu batuan maka akan semakin kecil nilai frekuensi suatu batuan. Kannai dan Tanaka ( 1961 ) mengusulkan dua metode untuk mengklasifikasikan profil tanah untuk menunjukkan frekuensi dominan dengan jenis tanah yaitu pada tabel 2.7 sebagai berikut ( Putra, 2013 ).

**Tabel 2.6** Klasifikasi jenis tanah Kannai dan Tanaka berdasarkan frekuensi

Klasifikasi tanah	Frekuensi	Keterangan
Jenis I	6,7 sampai 20	Batuan tersier, batuan keras ( <i>hard sandy gravel</i> ) lapisan tanah tua.
Jenis II	4 sampai 6,7	Tanah pasir berbatu keras, <i>alluvial</i> berbatu dengan tebal sekitar 5 meter.

Jenis III	2,5 sampai 4	Tanah pasir, tanah berpasir, tanah liat, jenis <i>Alluvial</i>
Jenis IV	kurang dari 2,5	Tanah lembek, berupa endapan delta atau endapan lumpur sungai

Sumber : Ibrahim, 2005

Variasi nilai periode dominan tanah dibagi kedalam 4 zona sebagai berikut

(Japan Road Association, 1980 dalam Setiawan, 2008):

- Zona 1 (batuan dan tanah keras) :  $T < 0,2$  detik
- Zona 2 (tanah keras) :  $0,2 \leq T < 0,4$  detik
- Zona 3 (tanah sedang/medium) :  $0,4 \leq T < 0,6$  detik
- Zona 4 (tanah lunak) :  $T \geq 0,6$  detik

## 2.10 Integrasi Interkoneksi

Gempabumi merupakan fenomena alam yang sering terjadi dan kita rasakan dalam kehidupan kita. Dalam Al-Quran telah disebutkan ayat-ayat mengenai gempabumi. Seperti firman Allah yang tertuang dalam QS. Al-A'raf ayat 78 yang berbunyi:

جَمِينًا رَارَ هَمْفِئًا صَبْحُوا الرَّجْفُفًا خَدَّتْهُمُ

Artinya :

“lalu datanglah gempa menimpa mereka dan mereka pun mati bergelimpangan di dalam reruntuhan rumah mereka”.(QS. Al-A'raf [7]:78)

Adapun kandungan ayat ini membicarakan mengenai kisah Nabi Shaleh as dan kaum Tsamud, dengan menunjukkan sebuah bukti yakni unta Allah sebagai sebuah bukti bahwasannya Shaleh adalah utusan Allah SWT. Maka dengan adanya kabar itu diharapkan untuk tidak memperlakukan unta Allah itu semena-mena. Namun dari beberapa kaum Tsamud yang angkuh sangat mengabaikan perintah tersebut, mereka memotong unta Allah dan kemudian menantang Nabi Shaleh jikalau unta Allah dan kemudian menantang kepada Nabi Shaleh untuk segera mendatangkan apa yang telah dijanjikan oleh Shaleh jikalau unta Allah tersebut diberlakukan semena-mena. Maka diberikanlah mereka goncangan yang sangat besar sehingga mematikan mereka (Gofar, 2008).

Ayat lain yang membahas mengenai gempabumi yang tertuang dalam QS. Al-Zalzalah ayat 1 yang berbunyi :

زَلْزَلْنَا الْأَرْضَ فَزَلَّتْ وَخَالَتْ

Artinya:

“Apabila bumi digoncangkan dengan guncangan yang dahsyat”

Adapun kandungan ayat ini membicarakan mengenai hari kemudian, dalam Tafsir al-Misbah menyebutkan sebagai berikut:

Allah berfirman; Apabila-dan itu pasti terjadi- bumi digoncangkan dengan goncangannya yang dahsyat yang hanya terjadi sekali dalam kedahsyatan seperti itu, dan persada bumi diseluruh penjurunya tanpa kecuali telah mengeluarkan beban-beban berat yang telah dikandungnya, baik manusia yang telah mati

maupun barang tambang yang dipendam atau apapun selainnya dan ketika itu manusia yang sempat mengalaminya bertanya-dalam hatinyakeheranan: “Apa yang terjadi baginya sehingga dia bergoncang demikian dahsyat dan mengeluarkan isi perutnya?” (Gofar, 2008)

Selain mengenai ayat gempabumi, juga terdapat ayat yang membahas mengenai pergerakan tanah atau kerak bumi yang tertuang pada QS, An-Naml ayat 88 yang berbunyi sebagai berikut:

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنِعَ اللَّهُ الَّذِي لَنْتَنَ كُلَّ شَيْءٍ إِنَّهُ خَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ

Artinya :

“Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap di tempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. (Begitulah) perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu; Sesungguhnya Allah Maha mengetahui apa yang kamu kerjakan.” (Al-Quran Surat An-Naml : 88).

Adapun isi kandungan ayat ini adalah mengenai pergerakan gunung ketika di hari akhir atau hari kiamat, menurut tafsir Ibnu Katsir menyebutkan sebagai berikut :

(Dan kamu lihat gunung-gunung itu) yakni kamu saksikan gunung-gunung itu sewaktu terjadinya tiupan malaikat Israfil (kamu sangka dia) (tetap) diam di tempatnya karena besarnya (padahal ia berjalan sebagai jalannya awan) bagaikan hujan yang tertiuip angin, maksudnya gunung-gunung itu tampak seolah-olah tetap,

padahal berjalan lambat saking besarnya, kemudian jatuh ke bumi lalu hancur lebur kemudian menjadi abu bagaikan bulu-bulu yang berterbangan. (Begitulah perbuatan Allah) lafal Shun'a merupakan Masdhar yang mengukuhkan jumlah sebelumnya yang kemudian di-mudhaf-kan kepada Fa'il-nya yaitu lafal Allah, sehingga jadilah Shun'allahi; artinya begitulah perbuatan Allah (yang membuat kokoh) rapih dan kokoh (tiap-tiap sesuatu) yang dibuat-Nya (sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa kalian kerjakan) lafal Taf'aluna dapat dibaca Yaf'aluna, yakni perbuatan maksiat yang dilakukan oleh musuh-musuh-Nya dan perbuatan taat yang dilakukan oleh kekasihkekasih-Nya



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian untuk pengukuran data mikrotremor ini akan dilaksanakan pada tanggal 31 oktober 2016 di kampus barat UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan melakukan pengukuran sebanyak 21 titik.



**Gambar 3.1.** Daerah penelitian ( Yang berwarna biru)

#### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.2.1. Alat Penelitian

a. Perangkat keras (*Hardware*)

**Tabel 3.1.** Alat dan jumlah alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Alat	Jumlah
1.	Seismograf TDL 303-S yang dilengkapi <i>digitalizer, seismicsensor</i> , kabel, dan GPS antenna	1 set
2.	GPS	2 unit
3.	Kompas	1 unit
4.	Laptop	1 unit
5.	Lembar <i>check list</i> survey mikrotremor	-



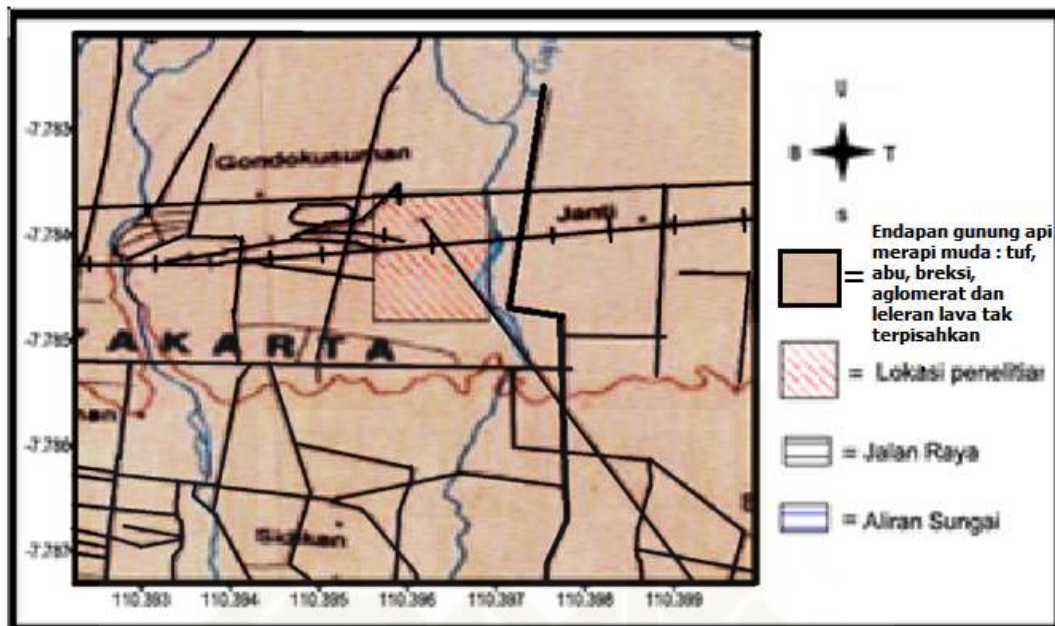
**Gambar3.2.** Peralatan penelitian

b. Perangkat Lunak (*Software*)

1. Data Pro (paket program dari *seismograf* TDS 303), untuk akuisisi data mikrotremor dan untuk merubah format *trace* ke *Ascii* dalam format *saf*.
2. *Sesarray-Geopsy*, untuk menganalisis HVSr.
3. *Microsoft Office* untuk menyusun dan mengolah data.
4. *Global Mapper* untuk memasukkan titik penelitian ke GPS.
5. *Google Earth* untuk penentuan titik awal penelitian.

**3.2.2. Bahan Penelitian**

1. Peta “Geologi Regional Yogyakarta dan Sekitarnya” sebagai bahan analisis geologi.

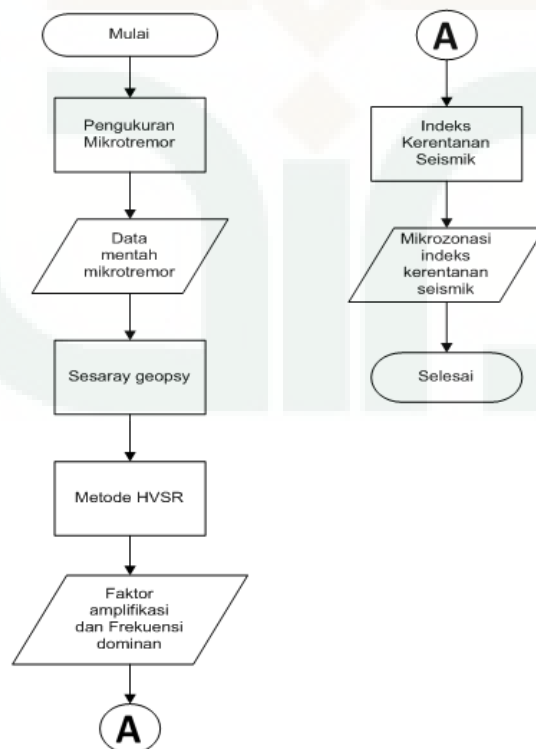


Gambar 3.3. Peta Geologi Regional Yogyakarta ( yang diarsir daerah penelitian ).

2. Data kerusakan bangunan kampus UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta tahun 2006

### 3.3. Metode Penelitian

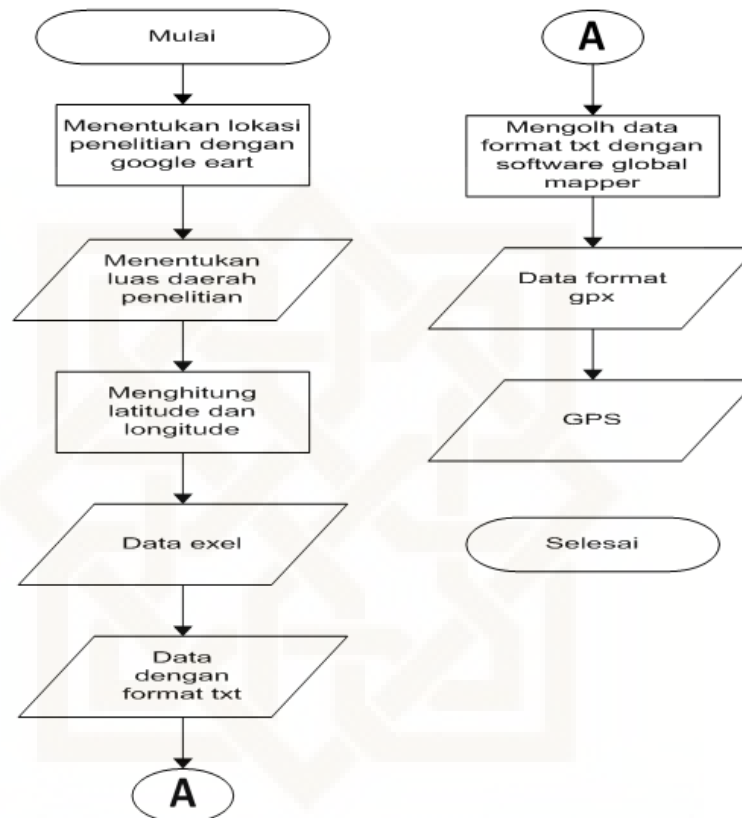
#### 3.3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4. Diagram alir penelitian

### 3.3.2. Tahapan Pengambilan Data

#### a. Diagram Alir Pembuatan Desain Lintasan Penelitian



**Gambar 3.5.** Diagram alir pembuatan desain lintasan penelitian

Pada pembuatan desain lintasan penelitian, dilakukan penentuan titik penelitian sebanyak 21 titik yang memiliki spasi (*grid*) antar titik ke samping dan ke depan masing-masing 50 meter dan disesuaikan dengan kondisi lapangan. Penentuan titik-titik ini dilakukan dengan membuat spasi (*grid*) dengan menggunakan *software google earth* dengan mengetahui batas-batas wilayah kemudian ditarik garis lurus di wilayah kampus barat UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

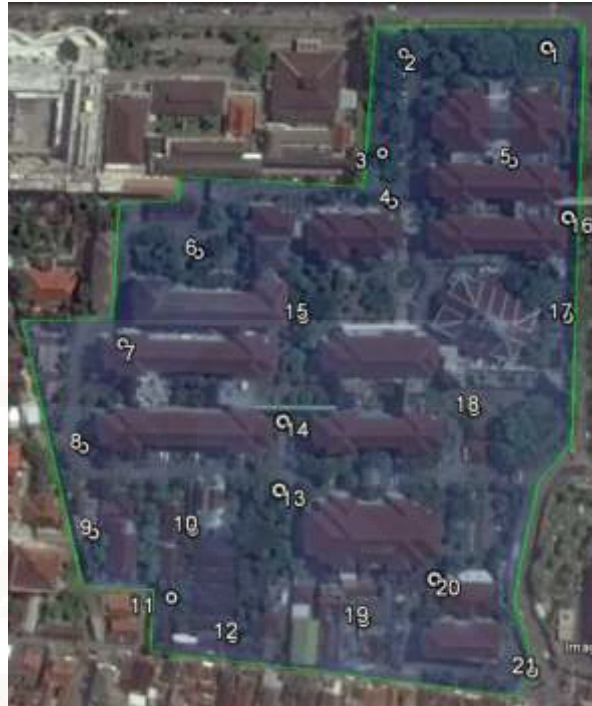


**Gambar 3.6.** Titik-titik lokasi penelitian

Penentuan titik-titik lokasi penelitian dilakukan dalam langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Batas-batas wilayah yang telah ditentukan kemudian diubah dalam format txt. Melalui *Microsoft Excel*.
- b. Pada *Global Mapper*, data txt diubah ke bentuk format GPX.
- c. Data dalam format GPX kemudian disalin ke GPS yang akan digunakan untuk mengetahui letak titik lokasi penelitian di daerah sebenarnya.

Titik-titik lokasi penelitian yang sudah ditentukan dapat mengalami pergeseran dalam *desain survey* karena mempertimbangkan keamanan peneliti, letak lokasi, gangguan alam dan gangguan lalu lintas serta gangguan yang datang tiba-tiba yang ada di sekitar lokasi penelitian.



**Gambar 3.7.** Titik-titik lokasi penelitian setelah mengalami pergeseran

#### **b. Pengambilan Data**

Pengambilan data dilakukan selama 30 menit di masing-masing titik penelitian. Kategori tempat pengambilan data menurut SESAME (*Site Effect Assessment Using Ambient Excitations*) yaitu terdiri dari :

##### 1. Parameter Perekaman

Panjang kabel untuk menghubungkan sensor ke stasiun pengukuran tidak mempengaruhi hasil H/V

##### 2. Durasi Rekaman

##### 3. Spasi Pengukuran

Untuk memodelkan bahaya seismic dengan metode *grid*

##### 4. Dudukan Sensor

Dudukan sensor yang berupa beton atau aspal akan memberikan hasil pengukuran yang baik. Sedangkan dudukan sensor yang berupa tanah, kerikil, rumput, papan (kayu) dll, akan memberikan hasil pengukuran yang kurang baik. Dudukan sensor yang baik harus dibuat langsung di tanah, kecuali dalam kasus yang sangat khusus seperti pengukuran pada lereng yang curam, maka diperlukan suatu. Pemakaian bantalan tidak mempengaruhi hasil pengukuran, asalkan langsung bersinggungan dengan tanah, kemudian hindari pengukuran pada tanah yang baru terkena air hujan yang lebat.

#### 5. Bantalan Sensor

Apabila terjadi keadaan yang memerlukan sebuah bantalan, maka dilakukan tes terlebih dahulu untuk memastikan pengaruh bantalan terhadap hasil pengukuran. Pada kasus pengukuran di lereng yang curam, solusi terbaik adalah dengan menaruh sensor di atas tumpukan pasir atau dalam wadah yang terdapat pasir.

#### 6. Pengaturan Sensor

Sensor yang digunakan harus diletakkan secara horizontal, dan jangan meletakkan beban apapun di atas sensor.

#### 7. Stuktur yang berdekatan

Pengukuran yang berdekatan dengan bangunan dan pohon dapat mempengaruhi hasil pengukuran, hindarkan pengukuran di atas pipa, saluran pembuangan dll, karena dapat mengubah amplitudo gerak vertikal.

## 8. Kondisi Angin

Agar data yang dihasilkan baik, disarankan pengukuran dilakukan bukan pada hari-hari yang berangin dan setelah hujan deras.

## 9. Gangguan

Gangguan yang harus dihindari berupa lalu lintas, mesin konstruksi, mesin industri, pompa dll..

Untuk melakukan pengecekan reabilitas dan tingkat kejelasan puncak HVSR dan data h/v digunakan standard kriteria sesuai pada *guideline* di SESAME (gambar 3.8)

Threshold Values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.20 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**Gambar 3.8.** Kriteria untuk hasil reabilitas pada *guideline* (SESAME)

Criteria for a reliable H/V curve		<ul style="list-style-type: none"> <li><math>l_w</math> = window length</li> <li><math>n_w</math> = number of windows selected for the average H/V curve</li> <li><math>n_c = l_w \cdot n_w</math>, <math>f_0</math> = number of significant cycles</li> <li><math>f</math> = current frequency</li> <li><math>f_{\text{sensor}}</math> = sensor cut-off frequency</li> <li><math>f_0</math> = H/V peak frequency</li> <li><math>\sigma_f</math> = standard deviation of H/V peak frequency (<math>f_0 \pm \sigma_f</math>)</li> <li><math>\varepsilon(f_0)</math> = threshold value for the stability condition <math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></li> <li><math>A_0</math> = H/V peak amplitude at frequency <math>f_0</math></li> <li><math>A_{H/V}(f)</math> = H/V curve amplitude at frequency <math>f</math></li> <li><math>f</math> = frequency between <math>f_0/4</math> and <math>f_0</math> for which <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></li> <li><math>f^*</math> = frequency between <math>f_0</math> and <math>4f_0</math> for which <math>A_{H/V}(f^*) &lt; A_0/2</math></li> <li><math>\sigma_A(f)</math> = "standard deviation" of <math>A_{H/V}(f)</math>, <math>\sigma_A(f)</math> is the factor by which the mean <math>A_{H/V}(f)</math> curve should be multiplied or divided</li> <li><math>\sigma_{\log H/V}(f)</math> = standard deviation of the <math>\log A_{H/V}(f)</math> curve, <math>\sigma_{\log H/V}(f)</math> is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean <math>\log A_{H/V}(f)</math> curve</li> <li><math>\theta(f_0)</math> = threshold value for the stability condition <math>\sigma_A(f) &lt; \theta(f_0)</math></li> <li><math>V_{s,av}</math> = average S-wave velocity of the total deposits</li> <li><math>V_{s,surf}</math> = S-wave velocity of the surface layer</li> <li><math>h</math> = depth to bedrock</li> <li><math>h_{\min}</math> = lower-bound estimate of <math>h</math></li> </ul>
i) $f_0 > 10 / l_w$ <i>and</i>	ii) $n_c(f_0) > 200$ <i>and</i>	
iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ <i>or</i> $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteria for a clear H/V peak (at least 5 out of 6 criteria fulfilled)		
i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	ii) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	
iii) $A_0 > 2$	iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	
v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	

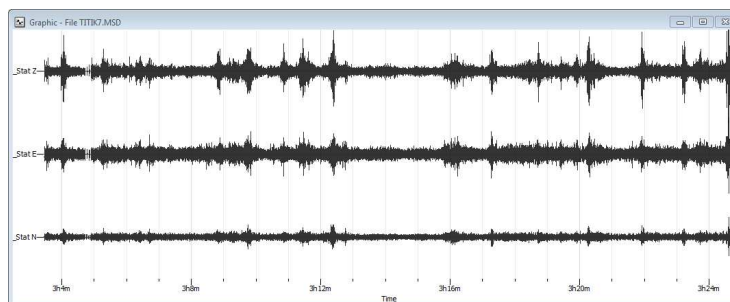


## BAB IV

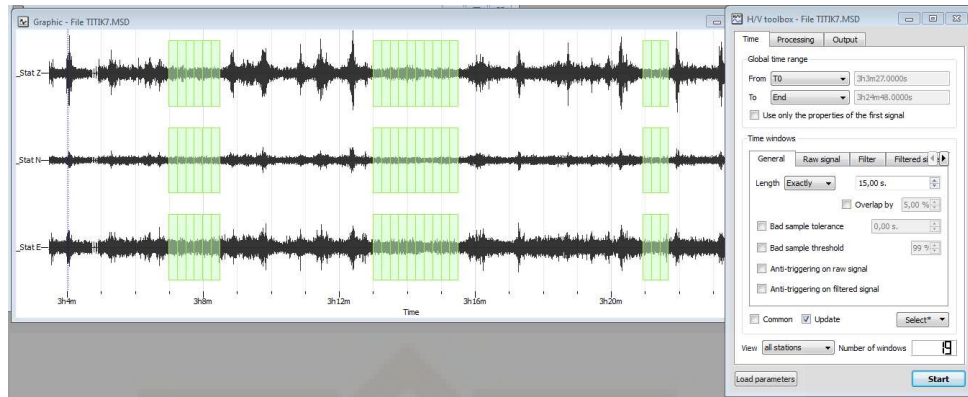
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 HASIL PENELITIAN

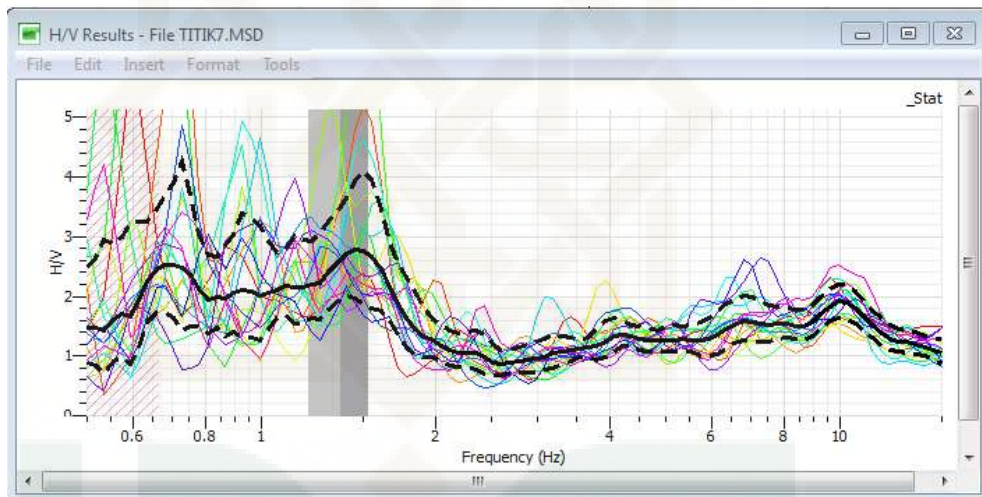
Berdasarkan hasil penelitian Mikrotremor yang telah dilakukan di Kampus UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta wilayah barat sebanyak 21 titik diperoleh data mentah Mikrotremor. Data mentah mikrotremor tersebut kemudian dibuka menggunakan *software Datapro* yang merupakan paket program dari dari *Seismograf TDS 303*. Hasil pengukuran mikrotremor yang dilakukan di Kampus UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta wilayah barat tercatat dalam bentuk 3 jenis gelombang, yaitu gelombang seismik Vertikal, Horizontal ( selatan-utara ) dan gelombang seismik Horizontal ( barat-timur ) dalam bentuk seismogram. Data mentah mikrotremor tidak dapat langsung diolah dan harus dirubah dalam format *ASCII* terlebih dahulu menggunakan perangkat lunak *Software Datapro*. Kemudian data dalam format *ASCII* dirubah dalam format *Saf ( Sesame ASCII Format )*. Data dengan format SAF dianalisis dengan menggunakan *Software Sessary-Geopsy* dengan pemilihan sinyal yang baik ( *windowing* ). Contoh proses *windowing* dan hasil analisis format SAF menggunakan *software sessary Geopsy* pada titik 7.



**Gambar 4.1** seismogram pada titik 7



**Gambar 4.2** Proses pemilihan sinyal yang baik



**Gambar 4.3** Spektrum HVSR

Dari penelitian yang dilakukan di Kampus barat UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta diperoleh data hasil penelitian dari faktor amplifikasi, frekuensi predomnan dan indeks kerentanan seismik. Berikut tabel data hasil penelitian.

**Tabel 4.1 Data hasil penelitian**

Titik	Latitude (°)	Longitude (°)	Faktor Amplifikasi	Frekuensi Predominan (Hz)	Indeks kerentanan seismik
1	-7,783398	110,3948	2,51	1,10	5,70
2	-7,783427	110,3941	2,83	1,55	5,14
3	-7,783942	110,3940	3,19	1,55	6,55
4	-7,784195	110,3941	3,37	1,55	7,29
5	-7,784132	110,3941	3,64	1,55	8,51
6	-7,784447	110,3932	3,32	1,55	7,08
7	-7,784888	110,3928	2,79	1,55	5,02
8	-7,785387	110,3927	2,91	1,61	5,27
9	-7,785788	110,3927	2,52	1,67	3,83
10	-7,785772	110,3932	3,09	1,55	6,16
11	-7,786082	110,3931	2,45	1,55	3,87
12	-7,786260	110,3934	2,59	1,03	6,51
13	-7,785591	110,3936	3,64	1,55	8,55
14	-7,785262	110,3936	3,31	1,61	6,83
15	-7,784763	110,3937	3,49	1,55	7,81
16	-7,784432	110,3950	2,60	1,55	4,35
17	-7,784762	110,3950	2,29	1,55	3,35
18	-7,785208	110,3945	3,20	0,96	10,62
19	-7,786188	110,3940	2,24	0,75	6,65
20	-7,785998	110,3944	2,22	1,55	3,18
21	-7,786417	110,3948	2,50	0,87	7,20

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan software sesaray geopsy nilai faktor amplifikasi (A) dapat diklasifikasikan berdasarkan tabel 2.5 sebagai berikut :

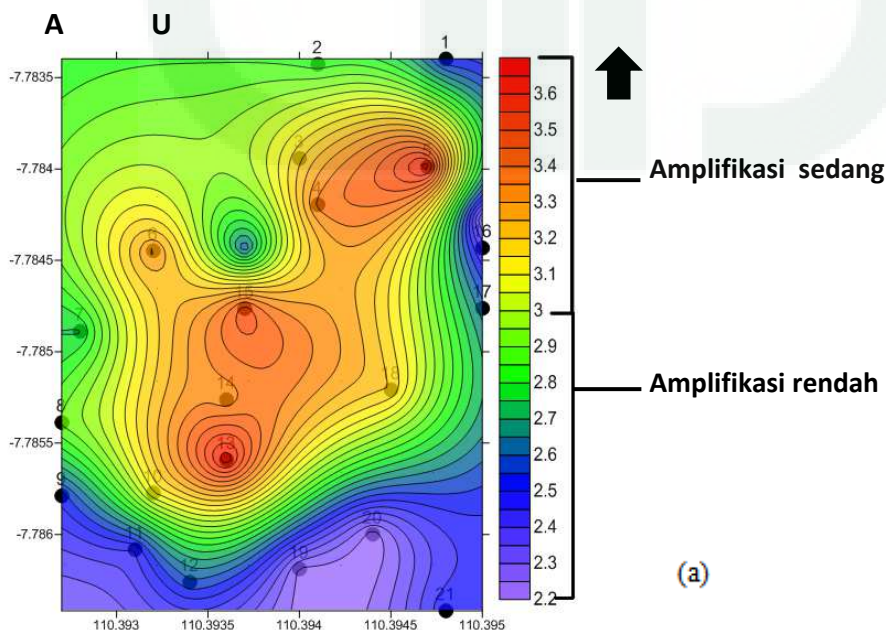
**Tabel 4.2** Klasifikasi faktor amplifikasi (A) disetiap titik pengukuran.

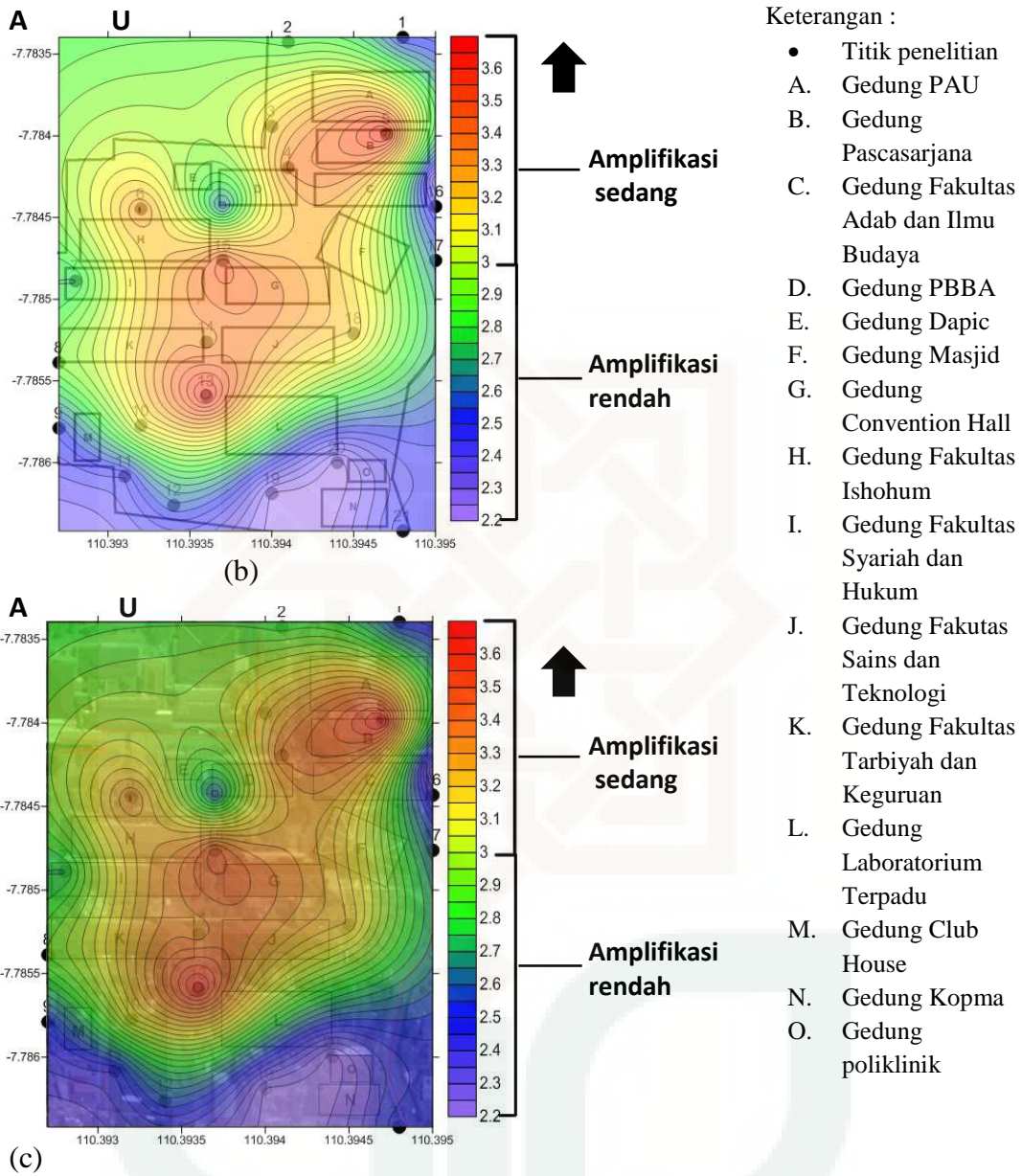
Titik	Latitude (°)	Longitude (°)	Faktor Amplifikasi	keterangan
1	-7,783398	110,3948	2,51	Rendah
2	-7,783427	110,3941	2,83	Rendah
3	-7,783942	110,3940	3,19	Sedang
4	-7,784195	110,3941	3,37	Sedang

5	-7,784132	110,3941	3,64	Sedang
6	-7,784447	110,3932	3,32	Sedang
7	-7,784888	110,3928	2,79	Rendah
8	-7,785387	110,3927	2,91	Rendah
9	-7,785788	110,3927	2,52	Rendah
10	-7,785772	110,3932	3,09	Sedang
11	-7,786082	110,3931	2,45	Rendah
12	-7,786260	110,3934	2,59	Rendah
13	-7,785591	110,3936	3,64	Sedang
14	-7,785262	110,3936	3,31	Sedang
15	-7,784763	110,3937	3,49	Sedang
16	-7,784432	110,3950	2,60	Rendah
17	-7,784762	110,3950	2,29	Rendah
18	-7,785208	110,3945	3,20	Sedang
19	-7,786188	110,3940	2,24	Rendah
20	-7,785998	110,3944	2,22	Rendah
21	-7,786417	110,3948	2,50	Rendah

Setelah diperoleh nilai dari faktor amplifikasinya, maka dapat digunakan untuk membuat mikrozonasi faktor amplifikasi dengan menggunakan aplikasi surfer. Hasil mikrozonasi dari faktor amplifikasi dapat dilihat pada gambar dibawah.

#### 4.1.1 Hasil Mikrozonasi faktor amplifikasi





**Gambar 4.4** Mikrozonasi Faktor amplifikasi: a. Contour Faktor amplifikasi, b. Overlay mikrozonasi Faktor amplifikasi, c. Overlay mikrozonasi Faktor amplifikasi citra satelit

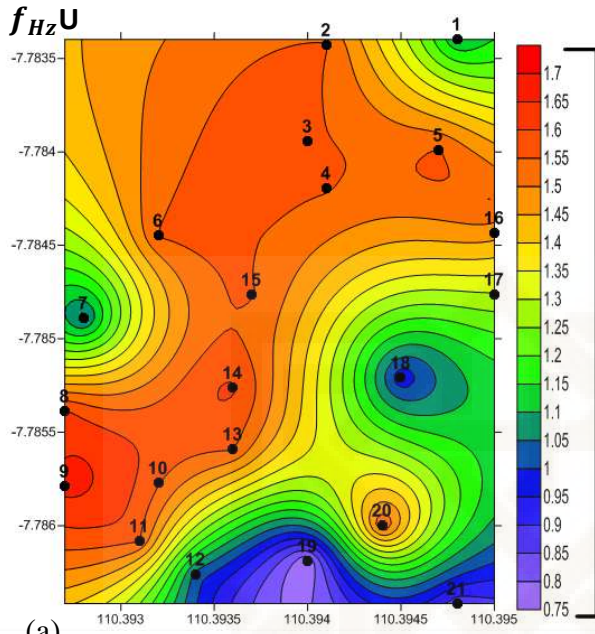
Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan software sesaray geopsy nilai frekuensi dominan (Hz) dapat diklasifikasikan berdasarkan tabel 2.7 sebagai berikut

**Tabel 4.3** Klasifikasi frekuensi dominan disetiap titik pengukuran.

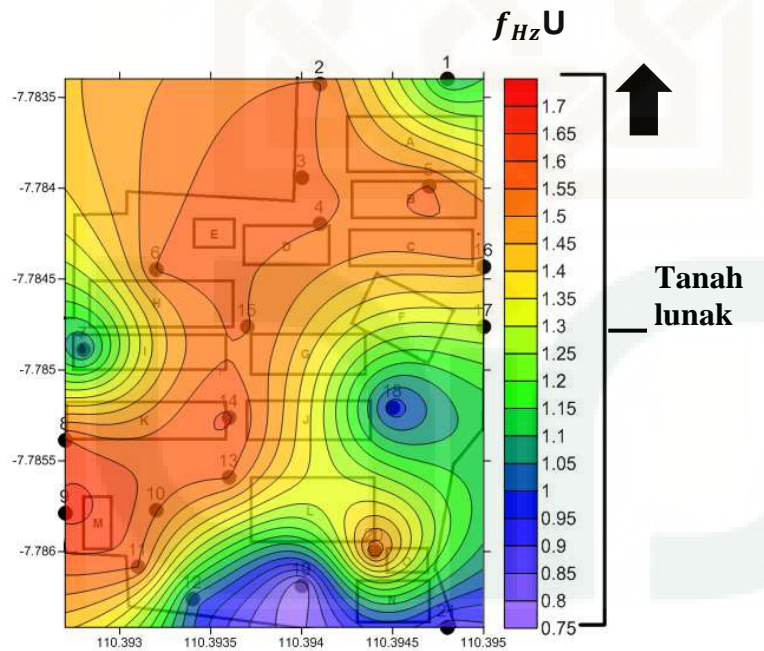
Titik	Latitude (°)	Longitude (°)	Frekuensi dominan (Hz)	Keterangan
1	-7,783398	110,395	1,10	Tanah Lunak
2	-7,783427	110,394	1,55	Tanah Lunak
3	-7,783942	110,394	1,55	Tanah Lunak
4	-7,784195	110,394	1,55	Tanah Lunak
5	-7,784132	110,394	1,55	Tanah Lunak
6	-7,784447	110,393	1,55	Tanah Lunak
7	-7,784888	110,393	1,55	Tanah Lunak
8	-7,785387	110,393	1,61	Tanah Lunak
9	-7,785788	110,393	1,67	Tanah Lunak
10	-7,785772	110,393	1,55	Tanah Lunak
11	-7,786082	110,393	1,55	Tanah Lunak
12	-7,78626	110,393	1,03	Tanah Lunak
13	-7,785591	110,394	1,55	Tanah Lunak
14	-7,785262	110,394	1,61	Tanah Lunak
15	-7,784763	110,394	1,55	Tanah Lunak
16	-7,784432	110,3950	1,55	Tanah Lunak
17	-7,784762	110,3950	1,55	Tanah Lunak
18	-7,785208	110,395	0,96	Tanah Lunak
19	-7,786188	110,394	0,75	Tanah Lunak
20	-7,785998	110,394	1,55	Tanah Lunak
21	-7,786417	110,395	0,87	Tanah Lunak

Setelah diperoleh data frekuensi dominan beserta klasifikasinya berdasarkan tabel 2.5 maka dapat digunakan untuk membuat mikrozonasi dari frekuensi dominannya. Hasil mikrozonasi dari frekuensi dominan yang telah di klasifikasikan berdasarkan tabel 2.5 dapat dilihat pada gambar dibawah.

### 4.1.2 Hasil Mikrozonasi Frekuensi dominan



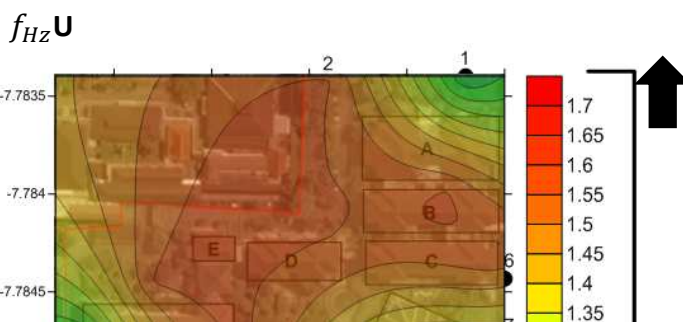
(a)



(b)

Keterangan :

- Titik penelitian
- A. Gedung PAU
- B. Gedung Pascasarjana
- C. Gedung Fakultas Adab dan Ilmu Budaya
- D. Gedung PBBA
- E. Gedung Dapic
- F. Gedung Masjid
- G. Gedung Convention Hall
- H. Gedung Fakultas Ishohum
- I. Gedung Fakultas Syariah dan Hukum
- J. Gedung Fakutas Sains dan Teknologi
- K. Gedung Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
- L. Gedung Laboratorium Terpadu
- M. Gedung Club House
- N. Gedung Kopma
- O. Gedung poliklinik



**Tanah  
lunak**

(c)

**Gambar 4.5** Mikrozonasi Frekuensi dominan: a. Contour Frekuensi dominan, b.Overlay mikrozonasi Frekuensi dominan, c. Overlay mikrozonasi Frekuensi dominan citra satelit

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan software sissy geopsy nilai indeks kerentanan seismik dapat diklasifikasikan berdasarkan variasi nilai periode dominan sebagai berikut :

**Tabel 4.4**Klasifikasi zona gempabumi indeks kerentanan seismik disetiap titik pengukuran.

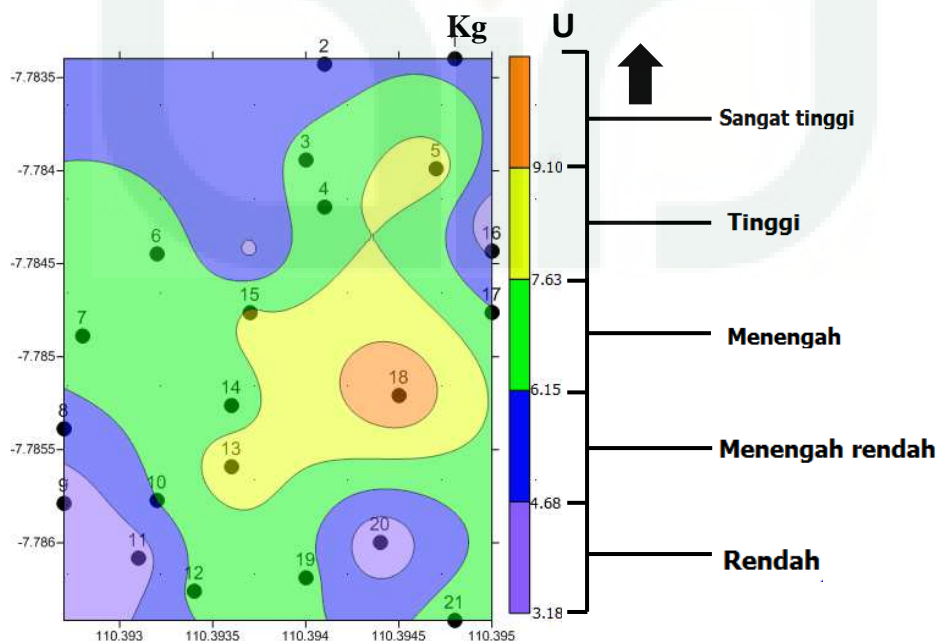
Titik	Latitude	Longitude	Indeks kerentanan seimik	Keterangan
1	-7,783398	110,395	5,70	Menengah rendah
2	-7,783427	110,394	5,14	Menengah rendah
3	-7,783942	110,394	6,55	Menengah
4	-7,784195	110,394	7,29	Menengah
5	-7,784132	110,394	8,51	Tinggi
6	-7,784447	110,393	7,08	Menengah



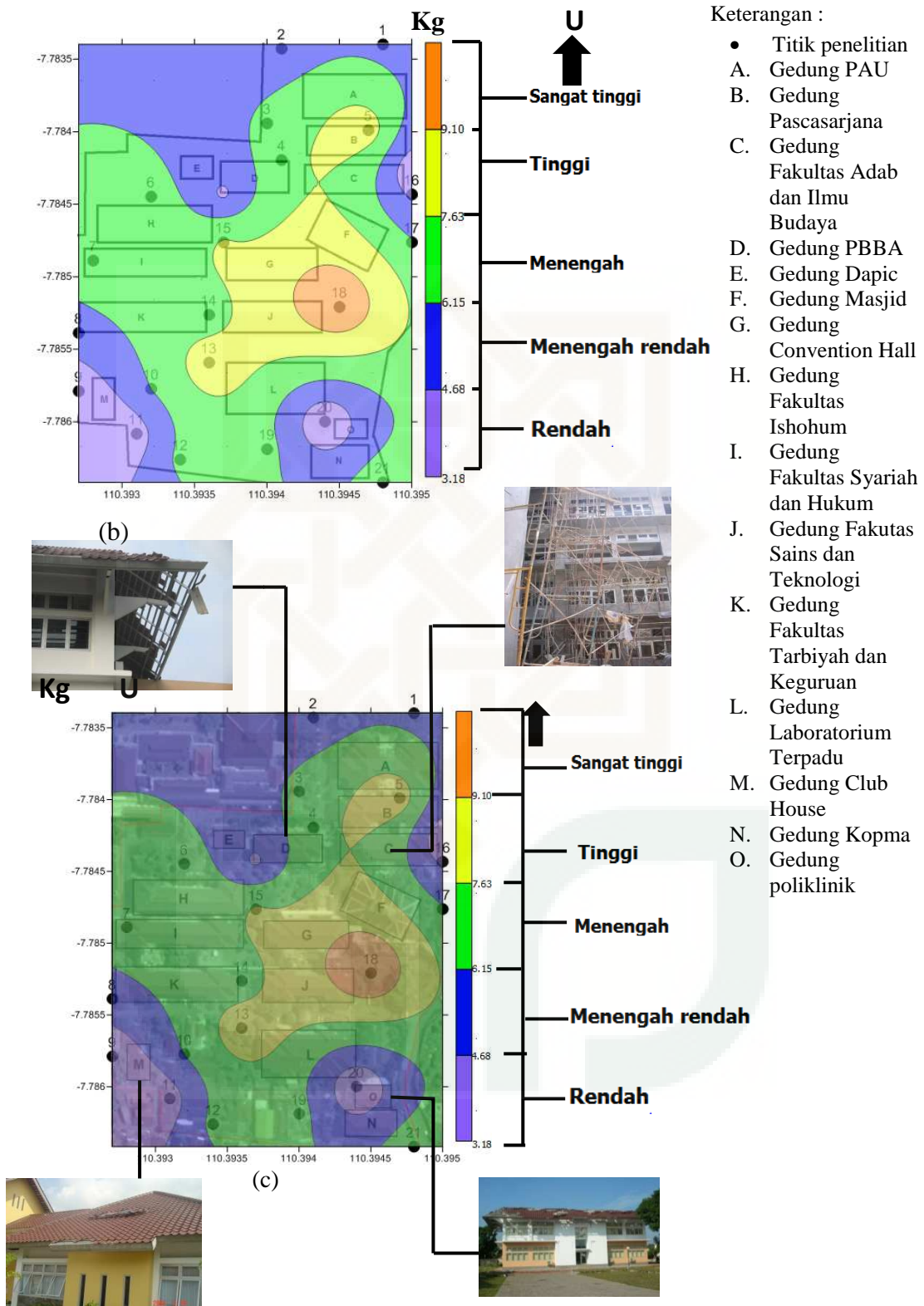
7	-7,784888	110,393	5,02	Menengah rendah
8	-7,785387	110,393	5,27	Menengah rendah
9	-7,785788	110,393	3,83	Rendah
10	-7,785772	110,393	6,16	Menengah
11	-7,786082	110,393	3,87	Rendah
12	-7,78626	110,393	6,51	Menengah
13	-7,785591	110,394	8,55	Tinggi
14	-7,785262	110,394	6,83	Menengah
15	-7,784763	110,394	7,81	Tinggi
16	-7,784432	110,3950	4,35	Rendah
17	-7,784762	110,3950	3,35	Rendah
18	-7,785208	110,395	10,62	Sangat tinggi
19	-7,786188	110,394	6,65	Menengah
20	-7,785998	110,394	3,18	Rendah
21	-7,786417	110,395	7,20	menengah

Setelah diperoleh data indeks kerentanan seismik pada setiap titik pengukuran, maka dapat digunakan untuk membuat mikrozonasi dari indeks kerentanan seismiknya. Hasil dari mikrozonasi indeks kerentanan seismik dapat dilihat pada gambar dibawah.

#### 4.1.3 Hasil Mikrozonasi indeks kerentanan seismik



(a)



**Gambar 4.6** Mikrozonasi indeks kerentanan seismik: a. Contour indeks kerentanan seismik, b. Overlay mikrozonasi indeks kerentanan seismik, c. Overlay mikrozonasi indeks kerentanan seismik citra satelit

## 4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Dari penelitian tentang mikrozonasi indeks kerentanan seismik ini software yang digunakan untuk mengolah data adalah software Surfer, diimana software ini sangat bagus digunakan dalam proses mikrozonasi suatu peta dari hasil penelitian. Disamping itu software ini memiliki beberapa komponen yang sangat sederhana dibandingkan dengan software yang lain. Komponen – komponen tersebut meliputi :*Grid, Base map, contour map*. Beberapa komponen inilah yang digunakan dalam proses pembuatan mikrozonasi dari Indeks kerentanan seismik, faktor amplifikasi dn frekuensi dominan. Dari beberapa penelitian yang sudah ada kebanyakan dari mereka lebih memilih menggunakan software Surfer untuk mengolah data penelitian, karena kemudahan dan kesederhanaan dalam menggunakan software *Surfer*.

### 4.2.1 Mikrozonasi Faktor Amplifikasi

Faktor amplifikasi tanah digunakan untuk menganalisis penguatan gelombang pada lapisan sedimen. Berdasarkan dari persamaan Daerah yang memiliki faktor amplifikasi rendah memiliki tanah yang keras yang tersusun dari lapisan sedimen tipis sedangkan faktor amplifikasi tinggi memiliki struktur tanah yang lunak dengan lapisan sedimen tebal. Dari penelitian yang telah dilakukan di Kampus UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta wilayah barat sebanyak 21 titik dengan menggunakan *software geopsy*, menunjukkan bahwa nilai faktor amplifikasi berkisar antara 2,22 sampai 3,64. Dimana nilai amplifikasi terendah berada pada titik ke-20 yaitu pada sekitar gedung poliklinik, sementara nilai amplifikasi tertinggi berada pada titik penelitian yang ke-13 yaitu pada sekitar pintu masuk

tempat parkir sebelah barat gedung laboratorium terpadu. Dari hasil penelitian yang dilakukan untuk mengukur faktor amplifikasi, kebanyakan titik penelitian berada pada zona rendah karena nilai faktor amplifikasi dari hasil penelitian yang dilakukan didominasi oleh nilai yang kurang dari tiga ( $< 3$ ) hal ini dapat dilihat pada tabel 2.2 menurut pembagian zona berdasarkan nilai amplifikasinya dimana berdasarkan tabel 2.2 nilai amplifikasi yang lebih kecil dari tiga termasuk nilai amplifikasi rendah. Maka dapat disimpulkan bahwa berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa di kampus UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta wilayah barat sebanyak 21 titik, nilai amplifikasinya tergolong rendah.

#### **4.2.2 Mikrozonasi frekuensi dominan**

Frekuensi dominan adalah nilai frekuensi dari lapisan batuan di wilayah tersebut sehingga nilai frekuensi dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batuan di daerah penelitian. Semakin tinggi nilai frekuensi dominan tanah di suatu daerah maka terdapat batuan yang semakin keras. Sedangkan jika semakin rendah nilai frekuensi dominan tanah di suatu daerah maka semakin lunak batuan di daerah tersebut. Hasil dari penelitian mikrotremor yang dilakukan di Kampus UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta wilayah barat sebanyak 21 titik, diperoleh hasil pengukuran dari nilai frekuensi dominan tanah daerah penelitian berkisar antara 0,75Hz sampai 1,67Hz. Dimana nilai frekuensi terendah berada pada titik penelitian yang ke-19 yaitu pada gedung fakultas poliklinik. Untuk nilai frekuensi dominan tanah tertinggi terdapat pada titik penelitian yang ke-9 yaitu di parkir fakultas tarbiyah sebelah selatan paling barat. Maka berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan di wilayah Kampus UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta wilayah

barat memiliki struktur tanah yang lunak karena nilai frekuensi dominan tanahnya kurang dari 2,5 Hz. Dimana hal tersebut dapat dibuktikan dengan tabel 2.2 dimana nilai frekuensi yang kurang dari 2,5 Hz memiliki struktur tanah lembek, berupa endapan delta atau endapan lumpur sungai.

#### **4.2.3 Mikrozonasi Indeks kerentanan seismik**

Indeks kerentanan seismik merupakan suatu indeks yang menunjukkan tingkat kemudahan terjadinya deformasi lapisan permukaan tanah pada saat terjadi gempa bumi. Indeks kerentanan seismik digunakan untuk mendeteksi area atau daerah yang lemah saat terjadi gempa bumi. Dalam penentuan indeks kerentanan seismik perlu diperhatikan pergeseran regangan pada permukaan tanah. Daerah yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi memiliki resiko kerusakan yang tinggi terhadap gempa bumi, sebaliknya daerah yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik rendah tingkat resiko kerusakan terhadap gempa bumi juga akan rendah.

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Kampus UIN Sunan Kalijaga wilayah barat nilai indeks kerentanan seismiknya berkisar dari 3,18 sampai 10,62. Berdasarkan klasifikasi zona gempa bumi yang tercantum pada tabel 2.6, maka hasil penghitungan dari indeks kerentanan seismik menunjukkan bahwa daerah penelitian ada beberapa titik yang masuk dalam kerentanan gempa bumi menengah, menengah rendah dan ada yang masuk dalam daerah kerentanan gempa bumi tinggi. Titik penelitian yang masuk kedalam kriteria kerentanan

gempabumi menengah rendah yaitu pada sekitar area gedung club house, tempat parkir sebelah barat daya fakultas tarbiyah, gedung fakultas adab, dan masjid. Sedangkan yang masuk kedalam daerah kerentanan gempabumi menengah yaitu berada pada sekitar area gedung PAU, gedung pascasarjana, gedung PTIPD, gedung fakultas ishohum, gedung fakultas syariah, gedung fakultas tarbiyah, gedung fakultas sains dan teknologi, dan gedung kopma. Untuk titik penelitian yang masuk ke dalam kriteria kerentanan gempabumi tinggi yaitu pada sekitar area sebelah selatan masjid, dan tempat parkir gedung convention hall. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian yaitu di kampus UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta di wilayah barat cenderung masuk kedalam kerentanan gempabumi sedang dan hanya beberapa titik saja yang berada pada zona kerentanan tinggi.

#### **4.2.4 Integrasi – Interkoneksi**

Berdasarkan hasil penelitian tentang Mikrozonasi Indeks kerentanan seismik berdasarkan pengukuran mikrotremor dengan studi kasus Kampus barat UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, diperoleh hasil faktor amplifikasi, frekuensi dominan dan hasil perhitungan yaitu nilai Indeks kerentanan seismik. Dari beberapa hasil yang diperoleh tersebut kemudian dibuat mikrozonasinya. Mulai dari mikrozonasi faktor amplifikasi, mikrozonasi frekuensi dominan dan mikrozonasi indeks kerentanan seismik. Dari hasil mikrozonasi yang dibuat kita dapat melihat daerah mana yang rentan terhadap gempabumi dan daerah yang aman. Karena seringnya terjadi bencana alam gempabumi yang terjadi di pulau Jawa.

Hal tersebut sesuai dengan Firman Allah pada surat Al A'raaf ayat 78 yang menerangkan bahwa: Karena itu mereka ditimpa gempa, Maka jadilah mereka mayat-mayat yang bergelimpangan di tempat tinggal mereka, terjadinya bencana gempabumi yang tidak bisa diprediksi dapat mengakibatkan kerusakan yang besar dan dapat menimbulkan korban jiwa yang tidak sedikit, dengan adanya penelitian ini diharapkan masyarakat bisa mengantisipasi bencana gempabumi, sehingga dampak yang ditimbulkan akibat gempabumi dapat dihindari atau dicegah oleh masyarakat.