

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia memiliki tingkat kerentanan bencana longsor yang cukup tinggi yang mana titik-titik kejadian tanah longsor tersebar luas di seluruh wilayah kepulauan Indonesia (Sinambela dkk. 2021). Tanah longsor merupakan pergerakan massa batuan, puing atau tanah yang terjadi di lereng. Apabila adanya gangguan kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng hal inilah yang menyebabkan terjadinya tanah longsor. Faktor lainnya dapat berupa kemiringan lereng, peningkatan kandungan air pada lereng, getaran pada lereng yang disebabkan oleh gempa bumi, serta peningkatan beban yang melebihi daya dukung tanah atau lereng (Aksa dkk. 2021).

Menurut BNPB 2021, untuk Provinsi Jambi daerah yang memiliki indeks risiko bencana tanah longsor dari yang tinggi hingga sedang tertera pada tabel 1 **Tabel 1.** Indeks Risiko Bencana Gempa Bumi Provinsi Jambi Tahun 2021 (BNPB, 2021).

No.	Kabupaten/Kota	Skor	Kelas Risiko
1.	Kerinci	24.00	Tinggi
2.	Merangin	24.00	Tinggi
3.	Soralangun	24.00	Tinggi
4.	Sungai Penuh	24.00	Tinggi
5.	Bungo	12.00	Sedang
6.	Tebo	12.00	Sedang
7.	Muaro Jambi	12.00	Sedang
8.	Batang Hari	12.00	Sedang
9.	Tanjung Jabung Timur	12.00	Sedang
10.	Tanjung Jabung Barat	12.00	Sedang
11.	Kota Jambi	11.60	Sedang

Berdasarkan Tabel 1 Kabupaten Bungo berada di posisi ke-5 yang termasuk kedalam indeks resiko bencana tanah longsor dengan kelas risiko sedang. Salah satu desa yang sering mengalami bencana tanah longsor adalah Desa Tuo Limbur Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang Kabupaten Bungo.

Dengan kondisi geomorfologi perbukitan bergelombang serta memiliki ketinggian antara 700 hingga 1300 mdpl, dan hampir semua wilayah memiliki kemiringan lereng 16 – 40 %, yang secara umum merupakan wilayah yang relatif curam dan bergelombang.

Kerusakan yang timbul dari tanah longsor dapat berupa rusaknya fasilitas umum seperti terputusnya ruas jalan, serta rusaknya bangunan hingga tidak dapat dipungkiri bahwa bencana ini juga dapat menimbulkan korban jiwa. Pengaruh lain yang timbul dari bencana ini yaitu lumpuhnya kegiatan perekonomian dan aktivitas pembangunan lain karena rusaknya sarana dan prasarana (Putra, 2020). Berdasarkan kasus yang terjadi awal tahun 2022 di Kabupaten Bungo Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang tepatnya di Desa Tuo Limbur, jalan utama yang menghubungkan antar kecamatan tertimbun tanah dan pohon yang tumbang akibat longsor, akibatnya aktivitas warga sekitar tertunda upaya dalam pemulihan dari kejadian ini berlangsung satu minggu (Bungonews, 2022). Kasus longsor juga terjadi di Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang pada tahun 2021 yang mana hampir sebagian badan jalan sudah amblas sepanjang lebih dari lima meter. Akibatnya warga yang melintasi jalan ini harus sangat berhati-hati dalam mengendarai sepeda motor. Hampir dua minggu kendaraan roda empat tidak dapat melewati jalan ini (TribunJambi, 2021). Akibat lain dari bencana ini dapat menimbulkan dampak dalam jangka panjang seperti hilangnya lapisan tanah (*top soil*) yang subur sehingga produktivitas tanah menurun (Malik dkk. 2021).

Menurut Rachmawati dkk, (2018) kerentanan merupakan suatu keadaan terancam tertimpa kerusakan atau kerugian berkaitan dengan kapasitas untuk mengantisipasi suatu ancaman, mengatasi ancaman, mencegah ancaman dan memulihkan diri dari ancaman. Hal Penting dalam mengetahui keadaan tanah yaitu dapat memperkirakan bahaya gerakan tanah secara spesifik yang akan digunakan untuk pembangunan wilayah yang aman dari bencana.

Dalam pengkajian kondisi bawah permukaan diperlukan survei geofisika sebagai upaya mitigasi awal bencana longsor, metode yang dipakai dapat berupa metode mikrotremor. Pengukuran mikrotremor memiliki banyak keunggulan dibandingkan pengukuran lain yaitu sangat efektif, cepat, akurat dan memberikan hasil yang stabil dalam menentukan fungsi transfer seperti frekuensi resonansi dan indeks kerentanan bangunan (Sungkono dkk. 2011). Pada penelitian kali ini yang digunakan yaitu mikrotremor dengan metode HVSR yang mana metode ini efektif dalam menentukan kondisi geologi lapisan tanah pada lereng. Salah satu penelitian yang berkaitan dengan daerah rawan longsor dilakukan oleh Shaleha dkk, (2016) yang menjelaskan bahwa metode ini

mampu untuk mengestimasi indeks kerentanan seismik, indeks kerentanan bangunan dan interaksi antara tanah dan bangunan. Serta menurut Warnana dkk, (2011) metode ini merupakan metode yang efektif, murah dan ramah lingkungan yang dapat digunakan pada wilayah permukiman.

Dalam mikrotremor dikenal metode HVSZ (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). Yang merupakan suatu metode dengan cara membandingkan *spectrum* dari komponen *horizontal* terhadap komponen *vertical* dari gelombang mikrotremor (Widtyawarman dan Fauzi, 2020). Untuk parameter yang dihasilkan berupa di metode ini yaitu frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan amplifikasi ( $A_0$ ) selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui besarnya nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) berdasarkan respon mikrotremor di Desa Tuo Limbur Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang. Oleh karena itu, penelitian ini dapat memberikan informasi serta manfaat dalam acuan mitigasi bencana dan pembangunan wilayah yang aman dari bencana.

### 1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Dari beberapa kasus longsor yang pernah terjadi di Desa Tuo Limbur Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang yang membuat jalan utama penghubung antar kecamatan tertimbun tanah dan pohon yang tumbang akibat longsor. Maka dari itu diperlukan data indeks kerentanan seismik sebagai acuan mitigasi bencana dan pembangunan wilayah yang aman dari bencana. Berdasarkan identifikasi tersebut, didapatkan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana distribusi nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ), amplifikasi ( $A_0$ ), dan indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) di Desa Tuo Limbur Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang ?
2. Bagaimana kerentanan tanah pada daerah longsor di Desa Tuo Limbur Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang berdasarkan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ), amplifikasi ( $A_0$ ), dan indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui distribusi nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ), amplifikasi ( $A_0$ ), indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) di Desa Tuo Limbur Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang.
2. Untuk mengetahui kerentanan tanah pada daerah longsor di Desa Tuo Limbur Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang berdasarkan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ), amplifikasi ( $A_0$ ), dan indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ).

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mahasiswa dapat memanfaatkan pengetahuan yang diperoleh selama perkuliahan dan mengolah data penelitian serta dapat mengetahui daerah rawan longsor di Desa Tuo Limbur Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang Kabupaten Bungo.
2. Memberikan informasi tentang daerah yang memiliki kerentanan tanah kepada masyarakat dan bagi pemerintah sebagai upaya mitigasi bencana di Desa Tuo Limbur Kecamatan Limbur Lubuk Mengkuang Kabupaten Bungo.
3. Menambah pengetahuan dan dapat digunakan sebagai referensi penelitian fisika kebumihan pada masa yang akan datang.

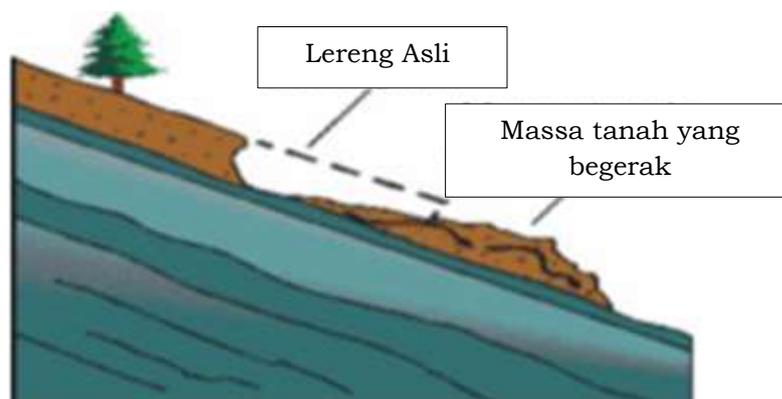
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Longsor

Tanah Longsor merupakan pergerakan massa batuan, puing atau tanah yang terjadi di lereng (Lestari dkk. 2019). Menurut Hardiyatmo, (2012), pergerakan tanah dapat diketahui dengan tanda-tanda seperti munculnya retak di permukaan lereng, miringnya pepohonan, hilangnya kelurusan pondasi bangunan dan lainnya. Meskipun penyebab utama kejadian gerakan tanah ini adalah gravitasi yang mempengaruhi suatu yang curam, namun adapula faktor lainnya yang berpengaruh seperti erosi, lemahnya batuan dan tanah, gempa bumi, gunung api, getaran dan beban tambahan, tata guna lahan, pengundulan hutan (Aksa dkk. 2021).

Menurut Ruslanjari dkk, (2020) perubahan kadar air akibat adanya resapan air yang masuk ke dalam tanah akan segera meningkatkan kadar air dan menurunkan kekuatan geser dalam tanah. Aliran air dalam tanah akan mempercepat terjadinya keruntuhan lereng karena air dapat menurunkan tingkat kelekatan butiran tanah. Semakin bertambah air yang masuk ke dalam pori-pori tanah maupun yang menggenang dipermukaan tanah akan mempercepat terjadinya keruntuhan tanah. Kemiringan lereng menjadi salah satu pengontrol dalam proses terjadinya longsor. Longsor sering terjadi pada lereng-lereng yang mempunyai lapisan batuan kedap air. Batuan kedap air biasanya memiliki pori-pori relatif kecil dan memiliki permeabilitas yang besar (Anggraeniputri, 2016). Menurut Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral (ESDM, 2020), jenis gerakan tanah terbagi menjadi 6 yaitu:

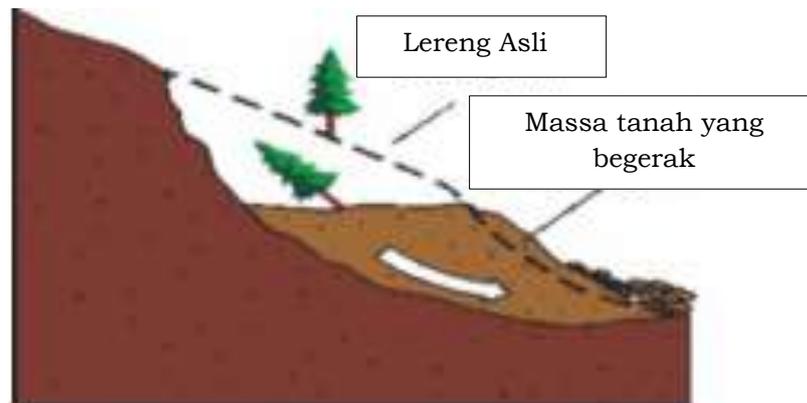
1. Longsoran Translasi, yang mana Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai



**Gambar 1.** Ilustrasi Longsoran Translasi

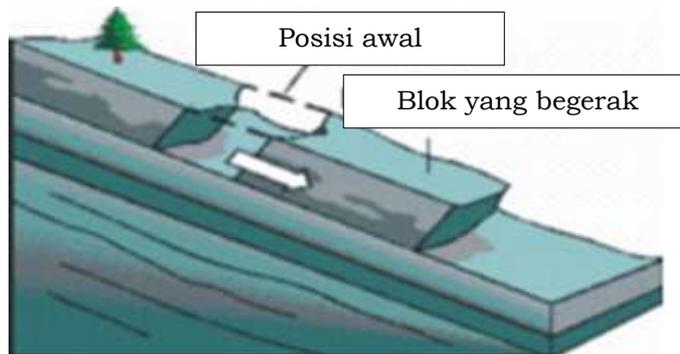
(Sumber: ESDM, 2020)

2. Longsoran Rotasi, yang mana Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.



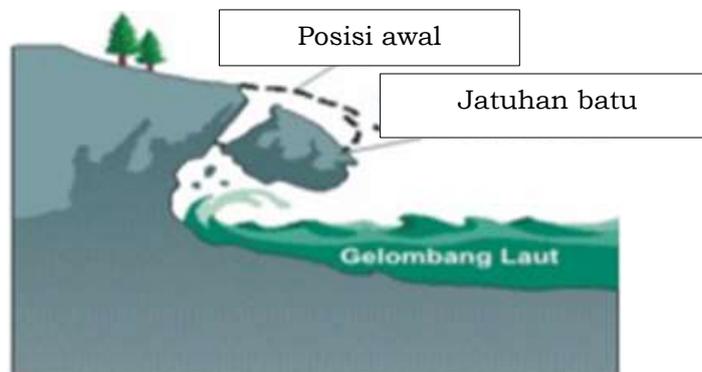
**Gambar 2.** Ilustrasi Longsoran Rotasi  
(Sumber: ESDM, 2020)

3. Pergerakan Blok, perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longoran ini disebut juga longoran translasi blok baru.



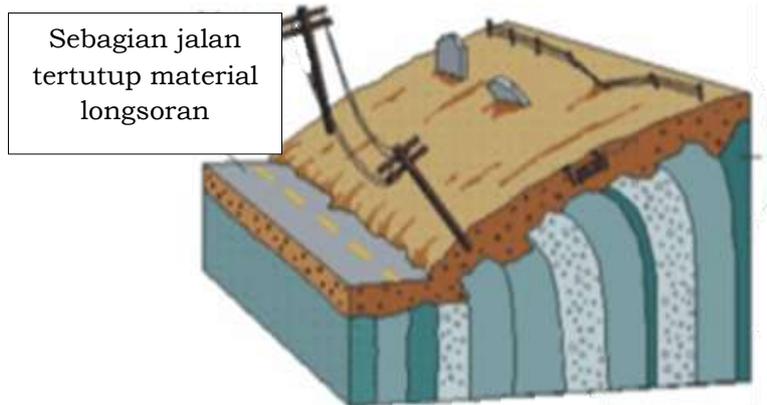
**Gambar 3.** Ilustrasi Pergerakan Blok  
(Sumber: ESDM, 2020)

4. Runtuhan Batu, terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan parah.



**Gambar 4.** Ilustrasi Runtuhan Batu  
(Sumber: ESDM, 2020)

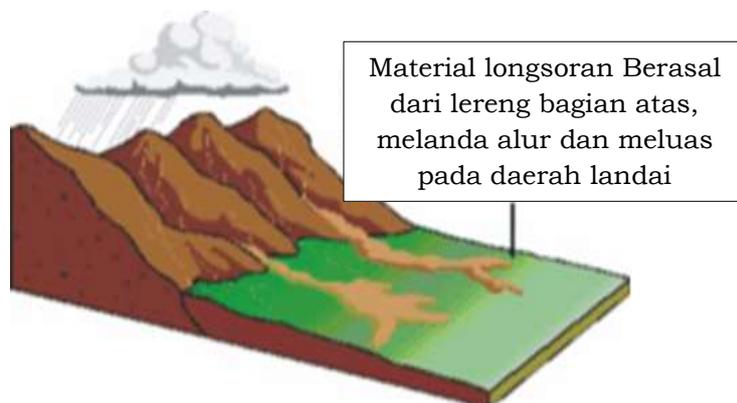
5. Rayapan Tanah, jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Daya lekat antar butir tanah (kohesi) merupakan faktor internal yang menjadi penyebab longsor. Semakin besar nilai kohesi maka kekuatan geser batuan akan semakin besar juga. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini biasa menyebabkan tiang-tiang telpon, pohon, atau rumah miring ke bawah .



**Gambar 5.** Ilustrasi Rayapan Tanah

(Sumber: ESDM, 2020)

6. Aliran Bahan Rombakan, jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume, dan tekanan air serta jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya.



**Gambar 6.** Ilustrasi Aliran Bahan Rombakan

(Sumber: ESDM, 2020)

## 2.2 Gelombang Seismik

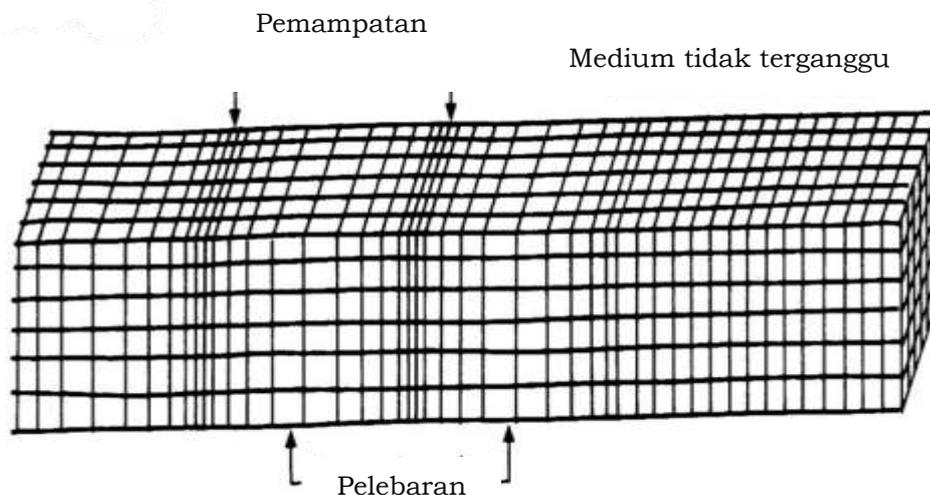
Gelombang seismik merupakan gelombang mekanik yang merambat di dalam bumi, sehingga pada penjarannya gelombang seismik memerlukan medium untuk merambat. Gelombang seismik terdiri dari dua tipe gelombang

yaitu gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*) (Amrullah, 2018).

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

Gelombang badan adalah gelombang yang menjalar dalam media elastik dan arah perambatannya ke seluruh bagian di dalam bumi, sehingga sering disebut dengan istilah *free wave*. Berdasarkan gerak partikel pada media dan arah penjarannya, gelombang badan dapat dibedakan menjadi gelombang Primer (P) dan gelombang Sekunder (S).

Menurut Afnimar (2009), gelombang primer (P) merupakan gelombang yang pertama kali terekam saat gempa bumi. Disebut juga dengan gelombang kompresi atau gelombang longitudinal yang memiliki arah gerak partikel sejajar dengan arah perambatannya. Gelombang P melewati semua medium dengan arah getarnya ke depan dan ke belakang sehingga materi yang dilaluinya mengalami tekanan dan peregangan. Gelombang P dapat menjalar pada semua medium baik padat, cair, maupun gas. Gelombang P memiliki kecepatan rambat lebih cepat dan datang pertama kali. Kecepatan gelombang P dalam kerak bumi 5-7 km/s, 8 km/s di dalam mantel dan inti bumi, kurang lebih 1,5 km/s di dalam air, dan 0,3 km/s di udara.

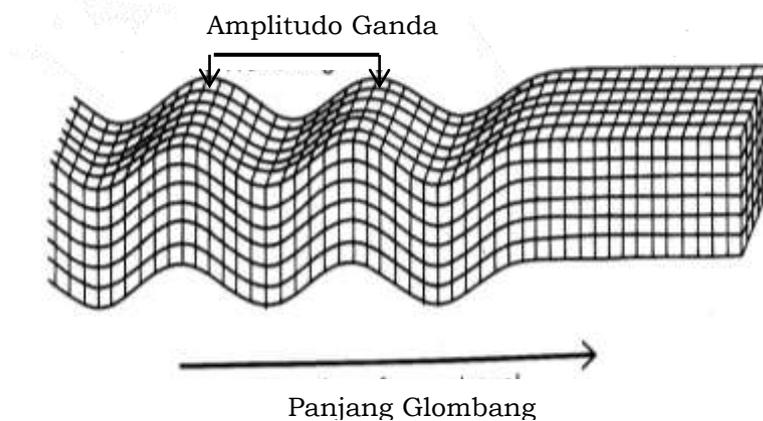


**Gambar 7.** Ilustrasi Gelombang P

(Sumber: Elnashai dan Sarno, 2008).

Gelombang sekunder (S) disebut juga *shear wave* atau gelombang transversal memiliki arah gerak partikel tegak lurus terhadap arah rambatnya. Gelombang S hanya dapat merambat pada medium padat dan tidak dapat merambat pada medium cair dan gas. Gelombang S datang setelah gelombang P dan ditandai dengan amplitudo yang lebih besar dari gelombang P dan kandungan frekuensinya lebih rendah. Kecepatan gelombang sekunder ( $v_s$ )

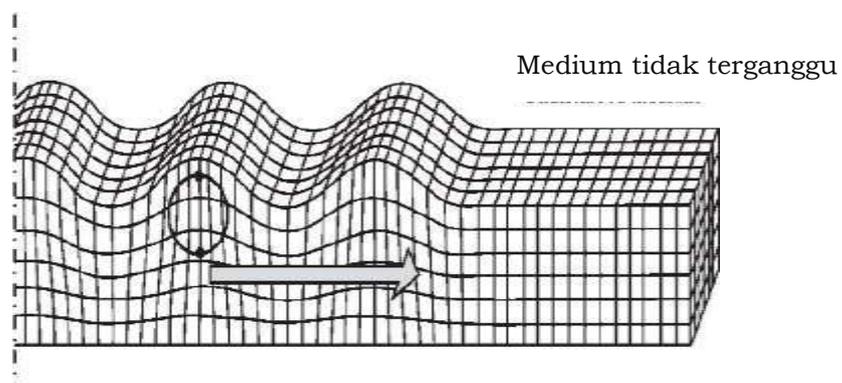
adalah 3-4 km/s di kerak bumi, lebih dari 4,5 km/s di dalam mantel bumi, dan 2,5-3,0 km/s di dalam inti bumi(Afnimar, 2009).



**Gambar 8.** Ilustrasi Gelombang S  
(Sumber: Elnashai dan Sarno, 2008).

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

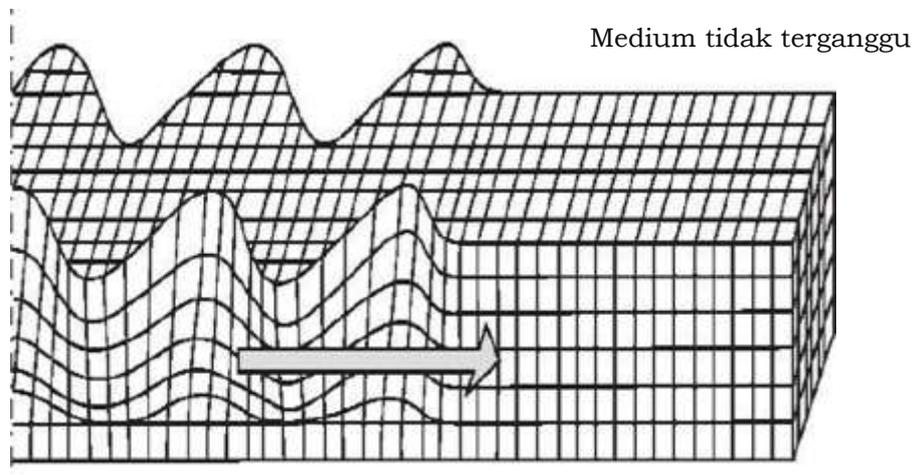
Gelombang permukaan adalah gelombang yang merambat di permukaan bumi. Amplitudo gelombang ini akan semakin melemah jika semakin menjalar masuk ke dalam inti bumi. Pada umumnya sifat gelombang permukaan lebih merusak dari pada gelombang badan, karena lebih banyak menghasilkan pergerakan tanah dan berjalan lambat, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk merambat. Terdapat dua jenis gelombang permukaan yaitu, gelombang *Rayleigh* dan gelombang *Love*. Gelombang *Rayleigh* merupakan gelombang permukaan dengan orbit gerakanya berbentuk elips yang merupakan hasil kombinasi dari gelombang P dan gelombang S, arah gerakanya tegak lurus terhadap arah penjararannya (Telford dkk., 1990).



**Gambar 9.** Ilustrasi Gelombang Rayleigh  
(Sumber: Elnashai & Sarno, 2008).

Gerakan partikel gelombang *Rayleigh* adalah vertikal, sehingga gelombang *Rayleigh* hanya ditemukan pada komponen vertikal seismogram. Gelombang *Rayleigh* adalah gelombang permukaan, maka sumber yang lebih dekat ke permukaan akan menimbulkan gelombang *Rayleigh* yang lebih kuat dibandingkan sumber yang terletak di dalam bumi (Lay dan Wallace, 1995).

Gelombang *Love* merupakan gelombang permukaan yang merambat pada medium berlapis dengan penjaralannya paralel terhadap permukaannya (Gadallah dan Fisher, 2009). Gelombang *Love* merupakan gelombang permukaan yang menyebabkan tanah mengalami pergeseran pada arah horizontal. Gelombang ini mirip dengan gelombang S yang tidak memiliki perpindahan vertikal dan hanya terpolarisasi secara horizontal, serta tidak dapat merambat di medium cair. Gelombang *Love* bergerak lebih cepat dari pada gelombang *Rayleigh* dan lebih dulu terbaca oleh seismograf.



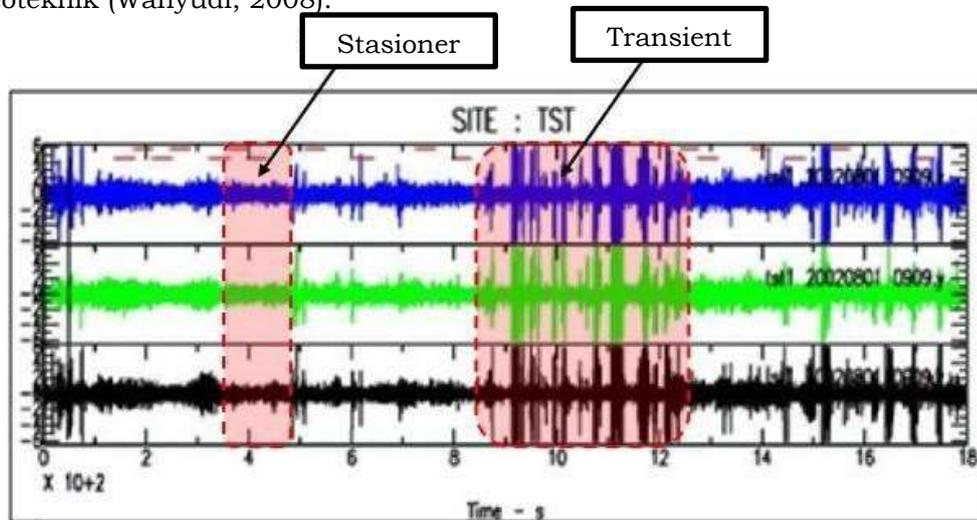
**Gambar 10.** Ilustrasi Gelombang Love  
(Sumber: Elnashai & Sarno, 2008)

### 2.3 Metode 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). Metode mikrotremor merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan gelombang seismik. Gelombang seismik adalah gelombang-gelombang yang merambat baik di dalam maupun di permukaan bumi yang berasal dari sumber seismik seperti dari sumber gempa dimana terjadi batuan pecah secara tiba-tiba di dalam bumi, ledakan (proses kimia dan nuklir), erupsi gunung api, longsor, badai, dentuman pesawat supersonik, dan sebagainya. Hal tersebut terekam pada seismogram dapat berupa gelombang P dan S sebagai gelombang badan (*body wave*), serta gelombang *Love* dan *Rayleigh* sebagai gelombang permukaan

(*surface wave*). Gelombang merambatkan energi dari sumber ke seluruh bagian bumi dan membawa informasi baik tentang sumber seismik maupun medium yang dilewatinya (Afnimar, 2009).

Mikrotremor memiliki frekuensi yang lebih tinggi dari gempa bumi, memiliki periode kurang dari 0,1 detik yang secara umum antara 0,05 - 2 detik dan pada mikrotremor periode panjang mampu mencapai 5 detik, sedangkan amplitudonya berkisar 0,1-2,0 mikron (Kanai, 1983). Kajian mikrotremor telah banyak digunakan untuk memperkirakan kerusakan yang timbul akibat bencana gempa bumi. Survei mikrotremor umumnya digunakan untuk berbagai aplikasi seperti untuk pemantauan aktivitas gunung api, mendukung eksplorasi geothermal, mikrozonasi, penelitian geofisika lingkungan, serta aplikasi geoteknik (Wahyudi, 2008).



**Gambar 11.** Ilustrasi Rekaman Mikrotremor  
(Sumber: SESAME, 2004).

Hasil dari rekaman mikrotremor dapat dilihat pada Gambar 5, getaran *transient* dapat terlihat lebih jelas dibandingkan getaran alami (*stasioner*). Getaran *transient* merupakan getaran sementara (langkah kaki manusia, mobil lewat dll). Karena amplitudo getaran *transient* biasanya lebih besar dibandingkan getaran alami tanah (*stasioner*) (SESAME, 2004).

Pengukuran mikrotremor memiliki banyak keunggulan dibandingkan pengukuran lain yaitu sangat efektif, cepat, variabel, akurat dan memberikan hasil pengukuran yang stabil dalam menentukan fungsi transfer seperti frekuensi resonansi dan indeks kerentanan bangunan (Sungkono dkk. 2011) serta mampu menentukan karakteristik kondisi geologi lokal berdasarkan frekuensi natural dan faktor amplifikasi tanah (Prabowo dkk. 2016). Metode analisis mikrotremor merupakan salah satu metode geofisika untuk menghitung efek karakteristik tanah dan karakteristik dinamika tanah ditinjau dari

kecepatan gelombang seismik dengan menitikberatkan pada variasi amplitudo dan periode serta frekuensi terhadap waktu yang disebabkan oleh gempa bumi maupun sumber getaran yang lain, dimana metode ini sangat berguna untuk mengklasifikasikan tanah akibat gempa dan perhitungan faktor amplifikasi lapisan sedimen permukaan (Asrori, 2014).

#### 2.4 Metode HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

Metode HVSR dikemukakan pertama kali oleh Nogoshi dan Igarashi (1971), dan secara meluas diperkenalkan oleh Nakamura (1989), sehingga metode ini biasa dikenal juga dengan teknik Nakamura. Nakamura (1989) memaparkan bahwa metode HVSR adalah penentuan rasio sinyal vertikal dengan sinyal horizontal yang diperoleh dari pengukuran sinyal mikrotremor pada suatu lokasi untuk mengetahui karakteristik dinamis lapisan permukaan. Frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan amplifikasi ( $A_0$ ) merupakan parameter hasil analisis HVSR yang mencerminkan karakteristik dinamika lapisan tanah permukaan (Arifudin, 2018).

Metode HVSR merupakan salah satu cara untuk memahami sifat struktur bawah permukaan tanpa menyebabkan gangguan pada struktur tersebut. Metode ini menghasilkan parameter penting yaitu nilai frekuensi dominan dan amplifikasi yang berkaitan dengan parameter fisik bawah permukaan. Selain itu, metode HVSR dapat menjelaskan fenomena frekuensi resonansi lapisan permukaan dengan melakukan pengukuran di suatu tempat dan menghasilkan tiga komponen, diantaranya adalah vertikal, horizontal utara-selatan, dan horizontal timur-barat.

Amplifikasi tanah menunjukkan perbedaan sifat fisik antar batuan dasar (*bedrock*) dan sedimen di atasnya berdasarkan perbedaan densitas dan kecepatan rambat gelombang seismik. Nilai amplifikasi perambatan gelombang seismik akan semakin bertambah apabila perbedaan antara parameter tersebut semakin besar (Karyono dkk., 2016). Amplifikasi dari komponen horizontal dan vertikal pada permukaan tanah yang bersentuhan langsung dengan batuan dasar dilambangkan dengan  $T_H$  dan  $T_V$  (Nakamura, 2000). Fungsi transfer  $T_H$  pada permukaan tanah dapat dituliskan pada persamaan:

$$T_H = \frac{S_{HS}}{S_{HB}} \quad (1)$$

dimana,

$S_{HS}$  = Spektrum komponen gerak horizontal dipermukaan tanah

$S_{HB}$  = Spektrum komponen gerak horizontal dari batuan dasar ke permukaan tanah

Sementara untuk mengetahui besarnya faktor amplifikasi vertikal  $T_V$  pada permukaan tanah dapat dituliskan pada persamaan:

$$T_V = \frac{S_{VS}}{S_{VB}} \quad (2)$$

dimana,

$S_{VS}$  = Spektrum dari komponen gerak vertikal di permukaan tanah

$S_{VB}$  = Spektrum dari komponen gerak vertikal pada dasar lapisan tanah.

Sinyal mikrotremor tersusun dari beberapa jenis gelombang, tetapi yang 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 (Bour dkk. 1998).

Sinyal mikrotremor tersusun dari beberapa jenis gelombang, tetapi yang 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 (Bour dkk. 1998).

## 2.5 Frekuensi Dominan ( $f_0$ )

Frekuensi dominan adalah nilai frekuensi yang kerap muncul sehingga diakui sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan di wilayah tersebut serta dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batumannya. Lapisan lapuk atau sedimen tersusun atas sedimen atas material berukuran halus. Sehingga material tersebut dianggap sangat baik menyerap air namun tidak dapat mendistribusikannya dengan baik. Material yang sangat rentan terhadap getaran ini dapat mengalami longsor ketika volume bertambah akibat terserapnya air sehingga dapat yang menimbulkan gerakan material secara massal. Daerah yang memiliki lapisan lapuk yang tebal maka untuk tingkat bahaya dapat dikatakan berpotensi lebih tinggi terhadap bencana tanah longsor karena volume lapisan lapuk yang berisi material halus mudah mengalami perpindahan massa. Nilai frekuensi dominan dari pengolahan HVSR merupakan frekuensi alami yang terdapat di daerah tersebut.

**Table 2.** Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan (Arifin dkk., 2013).

Klasifikasi Tanah	Frekuensi Dominan (Hz)	Deskripsi Tanah
Jenis I	6,67 – 20	Batuan tersier atau lebih tua, yang terdiri batuan pasir berkerikil keras ( <i>hard sandy gravel</i> )
Jenis II	4 - 6,67	Batuan alluvial dengan ketebalan 5 meter. Terdiri dari pasir berkerikil ( <i>sandy gravel</i> ), lempung keras berpasir ( <i>sandy hard clay</i> ), tanah liat, lempung ( <i>loam</i> ) dan sebagainya.
Jenis III	2,5 – 4	Batuan alluvial yang hampir sama dengan tanah jenis II hanya yang membedakan adanya formasi yang belum diketahui ( <i>buff formation</i> )
Jenis IV	< 2,5	Batuan alluvial yang terbentuk dari sedimetasi delta, top soil, lumpur, tanah lunak, humus, endapan delta atau endapan lumpur dan lain-lain, yang tergolong ke dalam tanah lembek, dengan kedalaman 30 meter

Lachet dan Brad (1994) melakukan penelitian simulasi menggunakan 6 model struktur geologi sederhana dengan kombinasi variasi kontras kecepatan gelombang geser dan ketebalan lapisan tanah. Hasil simulasi menunjukkan nilai puncak frekuensi berubah terhadap variasi kondisi geologi. Mucciarelli et al (2009), menyatakan nilai frekuensi natural suatu daerah dipengaruhi oleh ketebalan lapisan lapuk (h) dan kecepatan rata-rata bawah permukaan ( $V_s$ ). Nilai frekuensi dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batuan tersebut.

## 2.6 Amplifikasi ( $A_0$ )

Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan densitas yang signifikan antar lapisan. Dengan kata lain gelombang seismik akan mengalami perbesaran amplitude apabila merambat pada suatu medium ke medium lain yang lebih lunak dibandingkan dengan medium awal yang dilaluinya. Semakin besar perbedaan densitas dari lapisan keras dan lapisan lunak, maka amplifikasi yang dialami gelombang seismik tersebut akan semakin besar. Amplifikasi juga dipengaruhi oleh kecepatan gelombang, apabila kecepatan gelombang semakin kecil maka faktor amplifikasi semakin besar. Hal ini disebabkan oleh sedimen lunak yang memperlambat durasi gelombang yang menjalar di daerah tersebut, sehingga terjadi guncangan terhadap bangunan, begitu juga sebaliknya (Hartati, 2014).

**Table 3 .** Klasifikasi Nilai Amplifikasi Ratdomopurbo, 2008).

Zona	Klasifikasi	Nilai Faktor Aplifikasi
1	Rendah	$A < 3$
2	Sedang	$3 \leq A < 6$
3	Tinggi	$6 \leq A < 9$
4	Sangat Tinggi	$A \geq 9$

Amplifikasi gelombang seismik dapat terjadi ketika gelombang merambat ke permukaan tanah sedangkan frekuensi natural tanah memiliki nilai yang hampir sama dengan frekuensi gempa. Nilai faktor penguatan (amplifikasi) tanah berkaitan dengan perbandingan kontras impedansi lapisan permukaan dengan lapisan di bawahnya. Bila perbandingan kontras impedansi kedua lapisan tersebut tinggi maka nilai faktor penguatan juga tinggi, begitu pula sebaliknya (Nakamura, 2000).

## 2.7 Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ )

Indeks kerentanan seismik merupakan suatu parameter yang sangat berhubungan dengan tingkat kerawanan suatu wilayah dari ancaman risiko gempabumi. Indeks kerentanan seismik di suatu daerah dan tingkat risiko gempabumi terhadap kerusakan akibat gempabumi menunjukkan adanya hubungan yang linear. Jika suatu daerah memiliki indeks kerentanan seismik yang besar maka tingkat risiko gempabuminya juga akan tinggi. Dalam penentuan nilai indeks kerentanan seismik suatu daerah salah satu metode yang efektif dan efisien adalah metode yang memanfaatkan getaran mikrotremor (Saadudin dkk. 2015).

**Table 4.** Klasifikasi Indeks Kerentanan Seismik(Refrizon, 2013).

Zona	Nilai Kg
Rendah	< 3
Sedang	3 – 6
Tinggi	> 6

Nilai Kg yang tinggi umumnya ditemukan pada tanah dengan litologi batuan sedimen yang lunak (*soft sediment*). Nilai yang tinggi ini menggambarkan bahwa daerah tersebut rentan terhadap gempa dan jika terjadi gempa dapat mengalami guncangan yang kuat.

Menurut Nakamura (2000) indeks kerentanan seismik diperoleh dengan mengkuadratkan nilai puncak spektrum mikrotremor lalu dibagi dengan frekuensi resonansi. Secara matematis, hubungan antara indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ), frekuensi alami ( $f_0$ ) dan faktor amplifikasi ( $A_0$ ), dapat dituliskan sebagai berikut,

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (3)$$

dimana,

$f_0$  = Frekuensi alami (Hz)

$A_0$  = Amplifikasi (s)

$K_g$  = kerentanan seismik ( $s^2/cm$ )