

Identifikasi Ketebalan Lapisan Lapuk di Daerah Kalirejo, Kulonprogo Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor dalam Upaya Mitigasi Tanah Longsor

Obrin Trianda¹, Rizqi Prastowo², Sely Novitasari³

¹ Jurusan Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional

² Jurusan Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional

³ Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional

Korespondensi : obrintrianda.lahat@gmail.com

ABSTRAK

Daerah Kalirejo, Kulon Progo merupakan daerah tinggian yang terdiri dari lapukan batuan beku. Sehingga daerah tersebut rawan terhadap longsor. Mitigasi tanah longsor perlu dilakukan melalui kajian-kajian geologi maupun geofisika. Salah satunya adalah dengan mengetahui ketebalan lapisan lunak atau ketebalan lapukan yang berpotensi longsor. Berdasarkan hal tersebut, maka telah dilakukan pengukuran mikrotremor pada 15 titik pengukuran di daerah Kalirejo, Kulon Progo. Titik ukur dipertimbangkan berdasarkan survey geologi awal. Pengolahan data dilakukan dengan teknik *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr, metode Nakamura) untuk mendapatkan grafik spektrum HVSr. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa rata-rata ketebalan lapukan (lapisan lunak) dari permukaan tanah sampai bedrock adalah 30 m.

Kata kunci: mikrotremor, HVSr, ketebalan lapisan lapuk, tanah longsor.

ABSTRACT

Kalirejo area, Kulon Progo is a high area consisting of weathered igneous rocks. So that the area is prone to landslides. Landslide mitigation needs to be done through geological and geophysical studies. One of them is by knowing the thickness of the soft layer or thickness of weathering that has the potential to landslide. Based on this case, microtremor measurements have been carried out at 15 measurement points in the Kalirejo area, Kulon Progo. The measuring point is considered based on the initial geological survey. Data processing was carried out by Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr., Nakamura method) to obtain the HVSr spectrum graph. Processing results show that the average thickness of the coat (soft layer) from the soil surface to bedrock is 30 m.

Keywords: microtremor, HVSr, thickness of weathered layers, landslides.

1. PENDAHULUAN

Kejadian tanah longsor di daerah Kabupaten Kulon Progo pada tahun 2016-2017 terjadi 10 kejadian tanah longsor yang tercatat pada Data dan Informasi Bencana Indonesia dengan pada tanggal 3 Februari 2016 terjadi tanah longsor yang menewaskan 1 orang dan terluka 1 orang, sedangkan pada tanggal 17 Januari 2017 terjadi tanah longsor, tidak ada korban jiwa melainkan sebanyak 190 orang diungsikan. Pada umumnya kawasan rawan bencana longsor merupakan kawasan dengan curah hujan rata-rata yang tinggi (di atas 2500 mm/tahun), kemiringan lereng yang curam (lebih dari 40%), dan/atau kawasan rawan gempa. Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo merupakan daerah yang memiliki lereng dengan kemiringan antara 16°-40° dengan luas 2.603,15 H dan kemiringan lebih dari 40° dengan luas 3.634,63 H, curah hujan di Kecamatan Kokap pada bulan Desember 2015 memiliki curah hujan tertinggi dibandingkan dengan kecamatan lainnya yaitu 609 mm dengan jumlah hari hujan 21 hh. Sedangkan wilayah Kecamatan Kokap memiliki curah hujan 2064 mm/tahun pada tahun 2015 [1].

Tanah longsor merupakan proses Gerakan tanah ke bawah dan keluar dari tubuh pembentuk lereng termasuk batuan, tanah, fill buatan, atau kombinasi keduanya yang bergerak dengan cara jatuh, mengguling (rotasi), menggeser (tranlasi), menyebar, atau mengalir. Secara geologi faktor penyebab tanah longsor adalah lemahnya material, pelapukan, diskontinuitas (adanya sesar, kontak material), perbedaan permeabilitas dan/atau kekakuan material [2]. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya longsor antara lain hujan, lereng terjal, tanah yang kurang padat dan tebal, batuan yang kurang kuat, jenis tata lahan, getaran baik bersumber dari gempa bumi, ledakan, getaran mesin maupun getaran lalu lintas kendaraan, susut muka air danau atau bendungan, adanya beban tambahan, pengikisan/erosi, adanya material timbunan pada tebing, longsor lama, adanya bidang diskontinuitas antara tanah penutup dengan batuan dasar, penggundulan hutan, dan daerah pembuangan sampah. [3].

E_s bernilai 1. Gelombang Rayleigh diasumsikan memiliki efek yang sama pada komponen vertikal dan horizontal mikrotremor di lapisan sedimen, sehingga untuk menghilangkan efek gelombang Rayleigh, nilai amplifikasi ditentukan menggunakan perbandingan (S_{TT}) seperti ditunjukkan dengan persamaan

$$= \frac{S_{HS}}{S_{VS}} \cdot \frac{S_{VB}}{S_{HB}} \quad (2)$$

Spektrum komponen horizontal mikrotremor (S_{HB}) sama dengan spektrum komponen vertikal mikrotremor (S_{VB}) di lapisan *bedrock*, sehingga perbandingan keduanya (R_B) adalah 1. Perbandingan keduanya secara matematis dinyatakan dengan persamaan

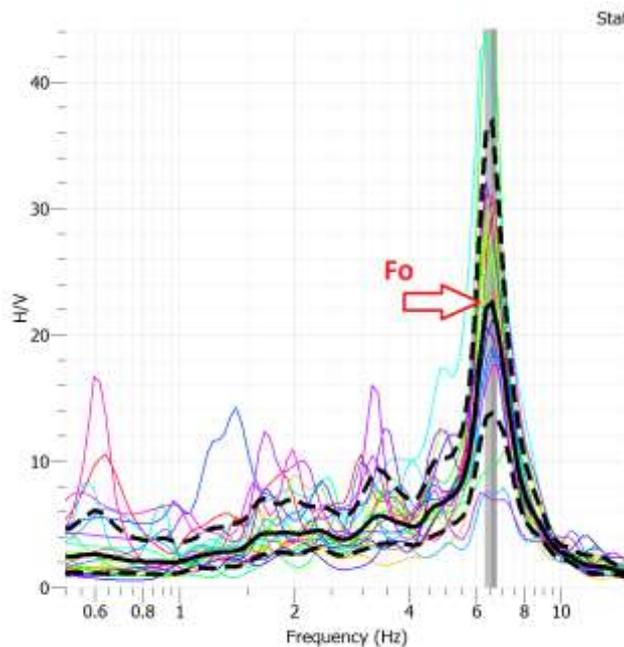
$$R_B = \frac{S_{HB}}{S_{VB}} = 1 \quad (3)$$

Berdasarkan persamaan 1, maka persamaan 2 menjadi persamaan

$$HVSR = S_{TT} = \frac{S_{HS}}{S_{VS}}, \quad (4)$$

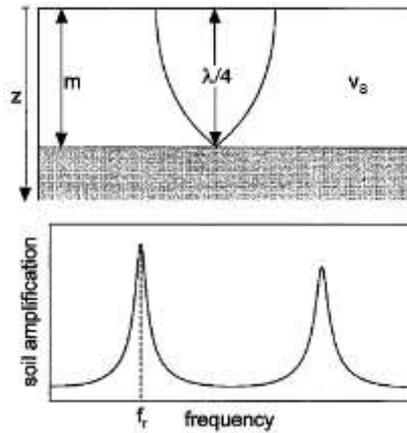
yang merupakan dasar perhitungan pada metode HVSR.

Berdasarkan analisis menggunakan metode HVSR, nilai amplifikasi (A) diperoleh berdasarkan nilai puncak kurva HVSR dan frekuensi dominan (f_0) merupakan nilai frekuensi pada puncak kurva HVSR (Gambar 2.).



Gambar 2. Spektrum hasil analisis HVSR pada titik M05

Ketebalan sedimen berhubungan dengan frekuensi dominan yang merupakan frekuensi resonansi lapisan sedimen permukaan saat mencapai nilai amplifikasi maksimum. Hubungan ketebalan dan frekuensi dominan dapat diketahui berdasarkan kaidah pipa organa tertutup yang ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara amplitudo dengan ketebalan sedimen [9]

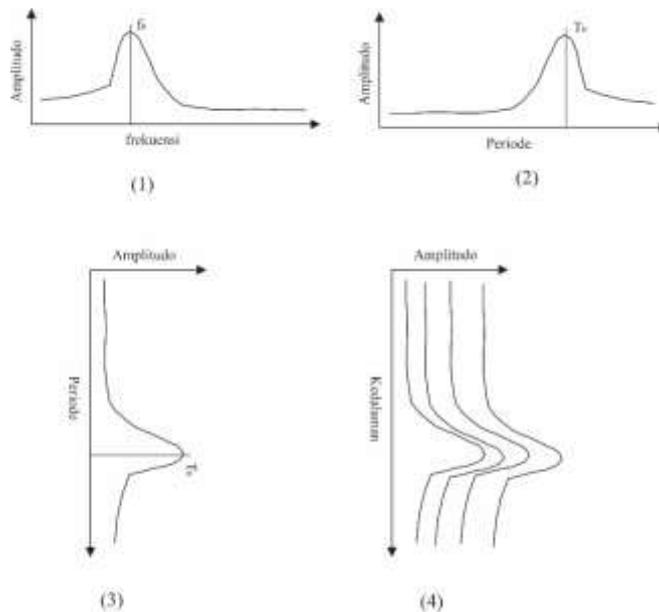
Saat ketebalan lapisan sedimen (H) bernilai $\lambda/4$, amplifikasi bernilai maksimum pada frekuensi tertentu yang disebut frekuensi resonansi. λ merupakan panjang gelombang sekunder dalam meter yang dinyatakan $\lambda = \frac{V_s}{f}$, maka hubungan ketebalan lapisan sedimen dan frekuensi dominan dapat juga dinyatakan dalam persamaan [9]

$$f_0 = \frac{V_s}{4H} \tag{5}$$

dengan f_0 adalah frekuensi dominan, V_s adalah kecepatan gelombang sekunder dan H adalah ketebalan lapisan sedimen permukaan. Ilustrasi model bawah permukaan pada respon spektralnya seperti terlihat pada Gambar 4.

$$T_0 = \frac{4H}{V_s} \tag{6}$$

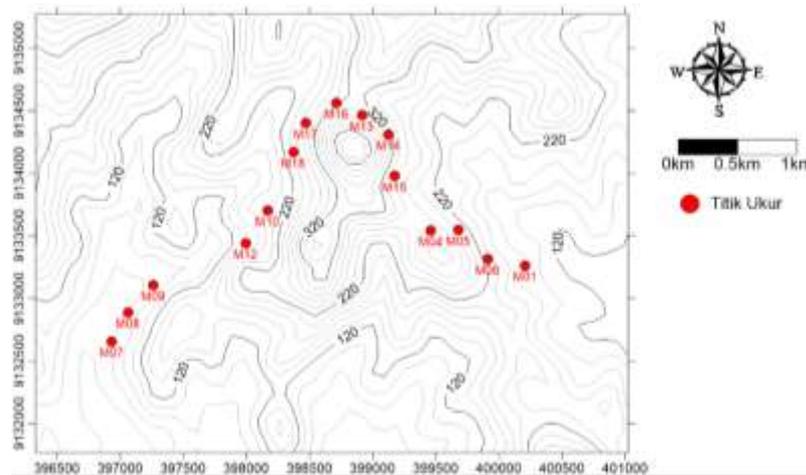
$$H = \frac{V_s T_0}{4} \tag{7}$$



Gambar 4. Sketsa model bawah permukaan dan respon spektralnya [5]

2. METODE PENELITIAN

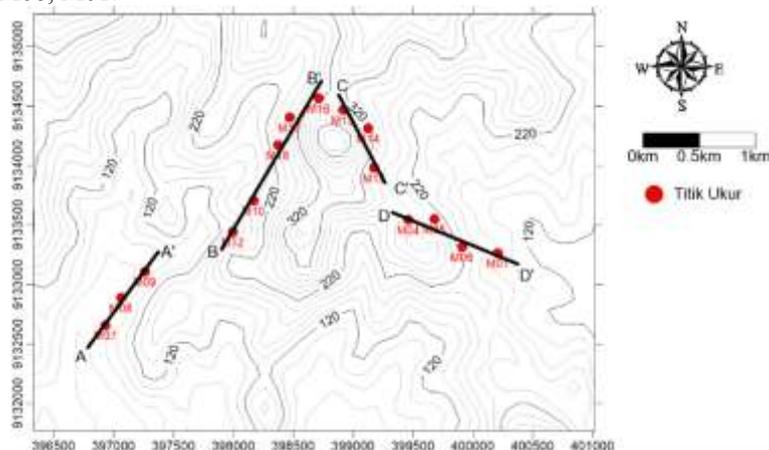
Pengukuran mikrotermor telah dilakukan dengan jumlah titik ukur sebanyak 15 titik yang tedistribusi di sekitar Gunung Kukan, Kalirejo, Kokap, Kulonprogo. Pengukuran mikrotremor menggunakan TDS-303 *portabel seismograph*, kompas geologi, GPS, dan Laptop, dengan durasi pengukuran 30 menit untuk setiap titiknya. Pengolahan data menggunakan *software Geopsy* dan *Microsoft Excell*, sedangkan sketsa model menggunakan *globalmapper* dan *coreldraw*. Metode pengolahan data mikrotremor menggunakan metode HVSZ (*Horizontal to Vertical Ratio*) untuk menghasilkan variabel utama berupa kurva H/V. Kurva H/V sebagai input utama pembuatan penampang seismik dengan mengacu persamaan (6), maka spektrum dalam domain perioda dapat diubah dalam domain kedalaman. Sedangkan nilai V_s tiap titik pengukuran diambil dari USGS. Tahapan sketsa model bersarkan gambar 4, yaitu dari domain frekuensi pada gambar 4.1 diubah ke dalam domain periode (Gambar 4) dengan menggunakan persamaan (6), kemudian diproyeksikan menjadi kedalaman dengan menggunakan persamaan (7). Sebaran titik pengukuran mikrotremor dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta titik pengukuran mikritremor

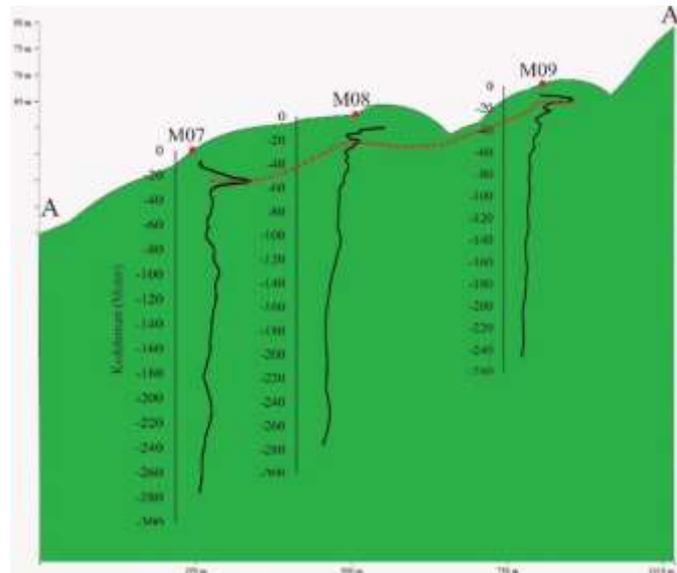
3. HASIL DAN ANALISIS

Mikrotremor merupakan gelombang geser yang terjebak dalam media berimpedansi rendah, sehingga mengalami pemantulan ganda (*multiple reflection*) (marjiyono, 2014). Pada penelitian ini dimodelkan terdiri dari dua lapisan permukaan yaitu lapukan dan batuan beku andesit sebagai lapisan kedua yang mengalasi lapukan tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisis pada garfik periode spektrum sebagai model lapisan sedimen lunak ini. Peta lintasan dapat dilihat seperti Gambar 6. Lintasan AA' yaitu titik M07, M08, dan M09, Lintasan BB' yaitu titik M12, M10, M18, M17, M16, Lintasan CC' yaitu M13, M14, M15, sedangkan Lintasan DD' yaitu M04, M05, M06, M01.



Gambar 6. Peta section pada titik pengukuran mikrotremor

Parameter gelombang geser/ sekunder V_s di daerah penelitian menggunakan data yang diperoleh dari USGS yaitu V_s30 . Perolehan data V_s30 ini dengan cara mendigitasi pada peta V_s30 USGS berdasarkan titik ukur, sehingga setiap titik ukur mempunyai nilai kecepatan gelombang geser/ sekunder. Nilai ketebalan sedimen lapukan dapat dihitung menggunakan nilai V_s30 dan puncak grafik periodanya, sesuai dengan persamaan 7 (ditandai dengan garis putus-putus merah). Secara keseluruhan hasil spektrum terlihat jelas dan amplitude cukup tinggi, hal ini menunjukkan bahwa perbedaan impedansi antara lapisan lunak dan keras cukup tinggi.



Gambar 7. Model lapisan pada pengukuran di lintasan AA'

Pada lintasan AA' yang melewati titik M07, M08, dan M09 menghasilkan penampang spektrum yang dioverlay dengan penampang topografi (Gambar 7). Berdasarkan penampang spektrum pada Gambar 7, menunjukkan bahwa terdapat pola kemiringan (slope) dari titik terendah M07 hingga titik tertinggi M09, dengan rata-rata ketebalan sedimen atau lapukan batuan beku adalah sekitar 40m. Batas ketebalan lapukan ini disketsakan pada Gambar 7 dengan garis merah putus-putus. Hal ini menunjukkan bahwa pada area ini ketebalan lapukan batuan beku relatif tipis dan kemungkinan kecil terjadi longsor. Kemungkinan ini juga diperkuat dengan kemiringan area ini relative tidak begitu curam.



Gambar 8. Model lapisan pada pengukuran di lintasan BB'

Pada lintasan BB' yang melewati titik M12, M10, M18, M17, dan M16 menghasilkan penampang spektrum yang dioverlay dengan penampang topografi (Gambar 8). Berdasarkan penampang spektrum pada

Gambar 8, menunjukkan bahwa terdapat pola kemiringan (slope) yang cukup curam dari titik terendah M12 hingga titik tertinggi M16, tinggian terdapat pada M16 karena mendekati Gunung Kukusan. Rata-rata ketebalan sedimen atau lapukan batuan beku tidak berbeda jauh dengan lintasan AA' yaitu sekitar 40m. Hal ini menunjukkan bahwa pada lintasan BB' ini ketebalan lapukan batuan beku relatif tipis dan kemungkinan terjadi longsor relative besar dibandingkan dengan lintasan AA'. Kemungkinan ini juga diperkuat dengan kemiringan area ini relative curam.

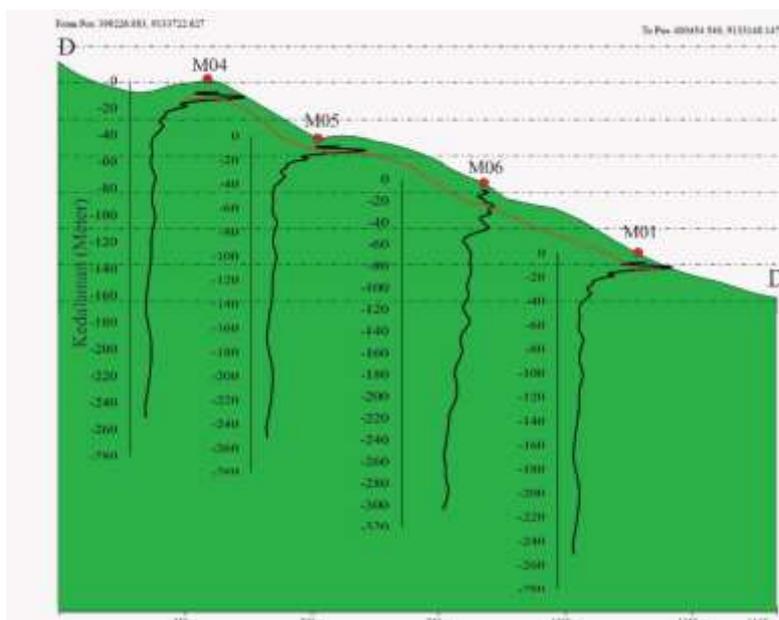


Gambar 9. Model lapisan pada pengukuran di lintasan CC'

Pada lintasan CC' yang melewati titik M13, M14, dan M15 menghasilkan penampang spektrum yang dioverlay dengan penampang topografi (Gambar 9). Berdasarkan penampang spektrum pada Gambar 9, menunjukkan bahwa terdapat pola kemiringan (slope) yang cukup curam dari titik terendah M15 hingga titik tertinggi M13, tinggian terdapat pada M13 karena titik berada dekat dengan Gunung Kukusan. Rata-rata ketebalan sedimen atau lapukan batuan beku berbeda dengan lintasan AA' dan BB' yaitu sekitar 20m. Hal ini menunjukkan bahwa pada lintasan CC' ini ketebalan lapukan batuan beku relatif tipis dan kemungkinan terjadi longsor relative kecil dibandingkan dengan lintasan AA' dan BB', walaupun pada lintasan ini kemiringan relative curam.

Pada lintasan DD' yang melewati titik M04, M05, M06, dan M01 menghasilkan penampang spektrum yang dioverlay dengan penampang topografi (Gambar 10). Berdasarkan penampang spektrum pada Gambar 10, menunjukkan bahwa terdapat pola kemiringan (slope) yang cukup curam dari titik terendah M01 hingga titik tertinggi M04. Rata-rata ketebalan sedimen atau lapukan batuan beku tidak berbeda jauh dengan lintasan DD' yaitu sekitar 20m. Hal ini menunjukkan bahwa pada lintasan DD' ini ketebalan lapukan batuan beku relatif tipis dan kemungkinan terjadi longsor relative kecil dibandingkan dengan lintasan AA' dan BB'. walaupun pada lintasan ini kemiringan relative curam.

Berdasarkan pola ketebalan sedimen atau lapukan batuan beku dari semua lintasan yang rata-rata sekitar 40 dan 20m, maka dapat dikategorikan bahwa daerah Kalirejo kemungkinan terjadi bencana tanah longsor relative kecil. Akan tetapi di daerah Kalirejo tersebut terdapat bolder-bolder batuan beku pada tinggian, hal tersebut yang dimungkinkan akan mengalami longor.



Gambar 10. Model lapisan pada pengukuran di lintasan DD'

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa kejadian tanah longsor di daerah Kalirejo masih tergolong kecil, hal ini dikarenakan rata-rata ketebalan sedimen sekitar 30m. Akan tetapi bolder batuan beku yang berada di tinggianlah yang dimungkinkan dapat longsor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas pendanaan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, Kabupaten Kulon Progo dalam Angka Kulon Progo Regency in Figure 2016, Kulon Progo: BPS Kabupaten Kulon Progo. 2016
- [2] USGS, SGS Science for a changing world. [Online] Available at: <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/> [Accessed 22 April 2017]. 2004
- [3] Nandi, Longsor. Bandung: FPIPS-UPI. 2007
- [4] Aki, K., Space and Time Spectra of Stationary Stochastic Waves, with Special Reference to Microtremors, Earthquake Research Institute Japan. 1957
- [5] Marjiono, Ratdomopurbo, Suharna, M.H.H Zajuli, dan R. Setianegara, Geologi Bawah Permukaan Dataran Klaten Berdasarkan Interpretasi Data Mikrotremor. Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, 2014; 15, 1, 3-9.
- [6] Rahardjo, Sukandarrumidi dan Rosidi, Peta Geologi Lembar Yogyakarta, 1995.
- [7] Okada, H., The Microtremor Survey Method (Geophysical Monograph Series Number 12), Society of Exploration Geophysicists, Amerika. 2003
- [8] Sesame, Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibration measurements and interpretation, SESAME European Research Project, European Commission-Research General Directorate. 2004
- [9] Nakamura, Y, A Method for Dynamic Characteristic Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface, QR Railway Technical Research Institute, 1989; 30, 1, 25-33.
- [10] Seht, M.I, dan J. Wohlenberg, Microtremor Used To Map Thickness Of Soil. Bulletin of the Seismological Society of America, 1999 ; 89, 1, 250-259.