

# IDENTIFIKASI LAPISAN RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN METODE SEISMIK REFRAKSI STUDI KASUS: KAMPUS LAPANGAN LIPI KARANGSAMBUNG

Bagus Adi Wibowo<sup>1\*)</sup>, Drajat Ngadmanto<sup>2</sup>, Zulfiana Listyaningrum<sup>1</sup>, Yogha Mahardika  
Kuncoro Putra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika,  
Jl.Perhubungan I No.5, Pondok Aren, Kota Tangerang Selatan, 15221

<sup>2</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Angkasa Pura I, Jakarta,  
10620

\*) Email: bagusadiwibowo1993@gmail.com

## Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi lapisan rawan longsor di Kampus Lapangan LIPI, Karangsambung, Kebumen, Jawa Tengah, dengan menggunakan Metode Seismik Refraksi. Pengambilan data menggunakan alat PASI 16S24U pada satu lintasan. Pada lintasan ini digunakan 24 receiver dengan spasi antar receiver 3 meter, sehingga total panjang lintasan 72 meter. Pengolahan data waktu kedatangan gelombang P menggunakan Metode Hagiwara. Dari interpretasi hasil penelitian diketahui kecepatan gelombang P saat melewati lapisan pertama 388-899 m/s, dengan ketebalan rata-rata lapisan ini 3,36 meter dan nilai densitas <1000 kg/m<sup>3</sup>. Sedang kecepatan gelombang P saat melewati lapisan kedua 1663-2237 m/s dengan nilai densitas 1000-1500 kg/m<sup>3</sup>. Material penyusun utama dari lapisan pertama adalah tanah, pasir, lempung yang merupakan material yang tidak terkonsolidasi, memiliki pori yang cukup banyak antar butirannya, hasil dari hancuran struktur batuan utama pada zona pelapukan. Lapisan pertama diidentifikasi sebagai lapisan rawan longsor

## Abstract

A research has been conducted to identify subsurface layers on the LIPI's Field Campus in Karangsambung, Kebumen, Java Island, Indonesia for Landslide Disaster Mitigation using Seismic Refraction Method. The data is collected using PASI 16S24-U 24 channel seismograph in a single straight line, 72 meters. In this line we laid 24 receivers with distance between each receivers about 3 meters. The P-wave arrivals data was processed using Hagiwara Method. From this research we acquired information about 2 upper subsurface layers such as P-wave velocity through each layer, the thickness of the first layer and the assumptions of layer's material compositions. The first layer's velocity is about 388-899 m/s, the first layer's thickness about 3.36 meters with the density value <1000 kg/m<sup>3</sup>. The Second Layer's velocity about 1663-2237 m/s with the density values about 1000-1500 kg/m<sup>3</sup>. From the velocity values, we assume that the first layer consisted of unconsolidated, having a lot of pores between each grain such as soil, sand and clay, as a result of the destruction of main rock structure in the weathering zone. In conclusion, the first layer is considered as the landslide layer, that has opportunities to move along the second layer when heavy rain occurs.

**Keywords:** Karangsambung, Seismic Refraction, PASI, density, Hagiwara Method, Landslide berukuran 9-poin.

## 1. Pendahuluan

Kawasan Karangsambung, Kebumen, Jawa Tengah merupakan suatu kawasan dengan keunikan geologi yang sangat menarik, sehingga terkenal dikalangan ahli kebumiharian sebagai suatu laboratorium lapangan yang sangat penting. Pada kawasan ini terdapat berbagai macam batuan baik batuan beku, sedimen dan metamorf yang terbentuk melalui proses pengangkatan dasar samudra dan pembentukan tepi benua yang terjadi selama jutaan tahun lamanya. Atas alasan ini, melalui KEPMEN ESDM RI NO. 2817K/40/ MEM/2006 tanggal 10 November 2006 kawasan ini ditetapkan sebagai Cagar Alam Geologi (6).

Kawasan Cagar Alam Geologi Karangsambung sendiri memiliki suatu kompleks *basecamp* yang disebut sebagai Kampus LIPI Karangsambung. Pada kompleks inilah para peneliti berkumpul dan menetap sementara selama penelitian dilaksanakan di sekitar kawasan Cagar Alam Geologi ini.

Nur (6) juga menceritakan kondisi geologis secara umum kawasan Karangsambung. Karangsambung dikenal sebagai kompleks *melange* Luk Ulo, suatu hasil proses subduksi antara Lempeng Samudra Indonesia dengan Lempeng Benua Eurasia pada jaman Kapur (Cretaceous), 140-65 juta tahun yang lalu.

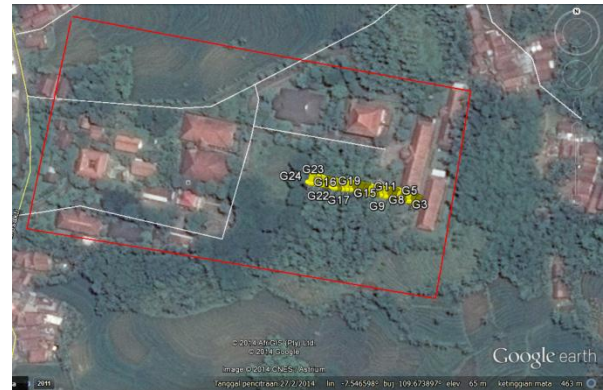
Pada tanggal 7-10 Oktober 2014, Taruna Tk.III Program Studi Geofisika STMGK melaksanakan pengenalan dan survei geofisika dikawasan ini. Pada survei ini dilaksanakan beberapa penerapan metode geofisika, seperti gravitasi, seismik refraksi, geolistrik, dan mikrotremor.

Ditanggal 9 Oktober 2014, dilaksanakan survei geofisika gabungan di dalam kawasan *basecamp* kampus LIPI (109.672299° BT-109.675309°BT dan 7.547204° LS -7.545665° LS) dengan tujuan untuk mengidentifikasi lapisan rawan longsor di dalam area *basecamp*. Pihak UPT berencana membangun infrastruktur baru di bagian sebelah barat kampus, yang didominasi perbukitan cukup terjal (Gambar 1). Di kawasan ini pula dilaksanakan beberapa metode survei geofisika, salah satunya Metode Seismik Refraksi. Meski belum pernah terjadi longsor dalam lingkungan kampus ini, tetapi muncul retakan-retakan pada bangunan yang dibangun diperbukitan sekitar area ini, yang menunjukkan akitivitas pergerakan massa tanah.

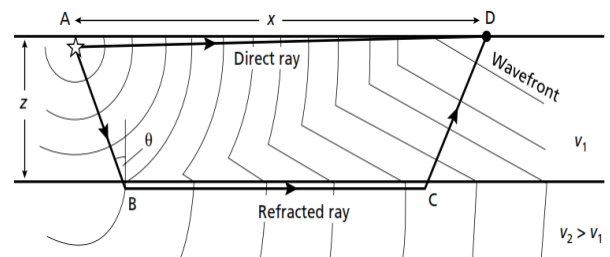
Menurut Kearey *et al.* (5), metode seismik refraksi memanfaatkan penjalaran energi seismik yang kembali ke permukaan setelah melewati berbagai medium bawah permukaan. Waktu kedatangan energi seismik ini diterima oleh titik *receiver* seismik, suatu *seismograph* komponen vertikal. Gelombang yang tiba pada receiver ini sendiri merepresentasikan sebagai suatu kedatangan gelombang langsung atau kedatangan gelombang yang telah terefraksikan saat menemui batas bidang antar lapisan (Gambar 2). Waktu kedatangan gelombang seismik ini diasumsikan sebagai kedatangan gelombang P dari energi seismik yang dibangkitkan, lalu waktu kedatangan gelombang P ini dibuat kembali dalam suatu kurva waktu tempuh terhadap jarak (T-X) untuk mendapatkan informasi kecepatan gelombang P saat melewati suatu medium dan ketebalan lapisan yang dilewati itu (Gambar 3).

Rahmaniah *et al.* (7) memberikan pengertian bahwa longsor adalah suatu bentuk erosi yang terjadi dengan adanya pengangkutan dan pergerakan tanah dengan volume yang relatif besar. Dalam penelitiannya, Rahmaniah *et al.* mengkategorikan suatu lapisan tanah rawan longsor atau tidak dengan mengidentifikasi material penyusunnya dengan kombinasi beberapa metode seperti pengukuran massa jenis dengan piknometer, pengukuran kadar air, pengukuran tekstur tanah, dan pengidentifikasian warna tanah melalui katalog *Munsell*. Penggabungan beberapa metode ini tentu diperlukan namun tentu butuh waktu yang cukup lama. Dengan Metode Seismik Refraksi, diharapkan dapat ditentukan lapisan yang rawan longsor berdasarkan material-material penyusunnya, yang diketahui dari rentang nilai kecepatan gelombang P saat melewati medium tersebut. Dengan diketahuinya lapisan yang rawan longsor, diharapkan dapat membantu pihak UPT Kampus Lapangan LIPI Karangsambung untuk membuat perencanaan pembangunan infrastruktur

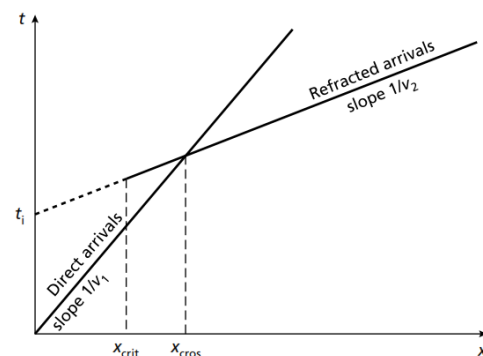
yang tepat untuk mengurangi resiko kerusakan akibat longsor yang mungkin terjadi.



**Gambar 1.** Wilayah Basecamp Kampus Lapangan LIPI Karangsambung (Garis Merah). Titik Kuning menandakan titik-titik receiver (1).



**Gambar 2.** Penggambaran sederhana tentang metode seismik refraksi. Energi seismik dibangkitkan pada titik A, gelombang seismik menjalar langsung melewati permukaan ke receiver D dengan jarak X, atau terpantul terlebih dahulu lalu terefraksikan pada suatu titik sudut kritis saat pada titik C untuk diterima pada titik D (5)



**Gambar 3.** Kurva waktu tempuh kedatangan gelombang P terhadap jarak (Kurva T-X) (5)

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilaksanakan pengambilan data pada satu lintasan yang melintang tepat diperbukitan sebelah Barat Kampus LIPI. Pada lintasan ini digunakan 24 buah *receiver geofon* komponen vertikal, dibentang lurus dari koordinat 7,54671° LS

dan  $109,67476^\circ$  BT hingga  $7,54658^\circ$  LS dan  $109,67420^\circ$  BT (Gambar 4), dengan jarak antar receiver 3 meter sehingga total panjang lintasan sepanjang 72 meter. Kemudian dilakukan 4 kali pembangkitan energi seismik dengan penumpukan sinyal (*stacking*) sebanyak 4 kali setiap titik pemukulan. Titik pertama pembangkitan terletak 2 meter dari receiver pertama, titik kedua antara receiver ke-6 dan ke-7, titik ketiga antara geofon ke-18 dan ke-19 lalu titik terakhir terletak 2 meter dari receiver terakhir. Pemukulan dilaksanakan menggunakan palu gada seberat 5 kg yang dipukulkan pada landasan besi. Skema lengkap dijelaskan pada Gambar 5.

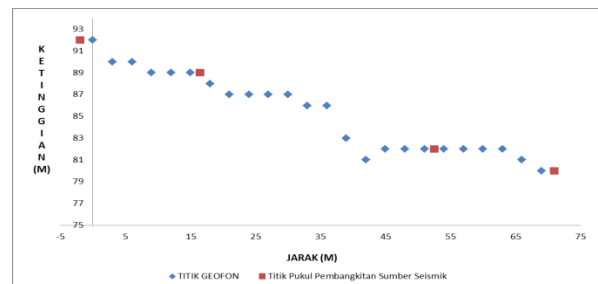
Pengambilan data sendiri menggunakan peralatan PASI Seismograph Tipe 16S24U (Gambar 6). Akuisi data menggunakan aplikasi bawaan PASI bernama USB SEISMOGRAPH, dengan *setting* durasi waktu perekaman selama 0,25 sekon, dengan *sampling time interval* selama 200 mikrosekond. Pengaturan *gain* pada tiap receiver dilakukan secara otomatis dengan bantuan aplikasi akuisisi ini dan disesuaikan dengan kekuatan operator pemukul (Gambar 7).

Setelah akuisisi data dilaksanakan, keempat set data disimpan dalam format SEG-2 (.dat). Keempat data set ini lalu digabungkan dalam 1 set format data (Seismic Unix, .SU) untuk dapat diproses pada aplikasi WINSISM 12. Pada aplikasi WINSISM 12 ini dilakukan picking kedatangan gelombang P pada tiap-tiap titik receiver dari setiap titik pemukulan. Data kedatangan gelombang P lalu di olah lebih lanjut menggunakan Metode Hagiwara dengan Microsoft Office Excel.

Metode Hagiwara digunakan untuk menghitung kecepatan gelombang P pada lapisan pertama dan kedua, serta ketebalan lapisan pertama. Untuk memperoleh hasil yang tepat, pengolahan data menggunakan data kedatangan gelombang P dari keempat titik pemukulan secara berpasang-pasangan, yakni pukulan pertama dengan pukulan keempat, dan pukulan kedua dengan pukulan ketiga. Hasil dari kedua pasangan ini yang berupa kecepatan gelombang P pada lapisan pertama dan kedua serta ketebalan lapisan pertama dikombinasikan untuk mendapatkan hasil terbaik yang dapat menentukan keakuratan interpretasi nantinya. Dari kecepatan gelombang P dapat diperkirakan juga nilai densitas pada lapisan tersebut berdasarkan plot kecepatan gelombang P terhadap densitas (Gambar 8).



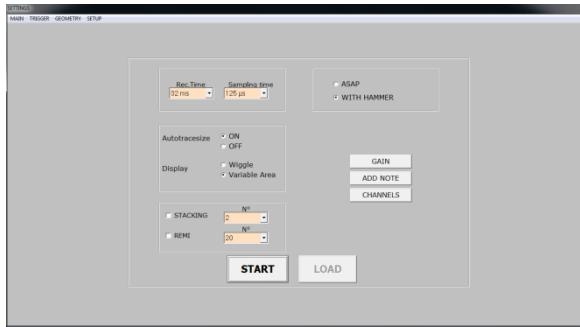
**Gambar 4.** Gambar lintasan dan titik peletakkan ke-24 receiver pada lintasan penelitian (Google Earth, 2014)



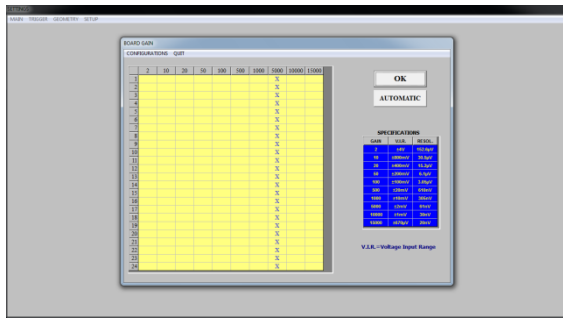
**Gambar 5.** Skema sederhana lokasi tiap titik receiver (biru) dan titik pemukulan (merah). Sumbu X adalah jarak lurus pembentangan lintasan (meter) dan sumbu Y adalah elevasi tiap receiver



**Gambar 6.** 1 set lengkap peralatan PASI Seismograph Tipe 16S24U. Berturut-turut: (1) Digitizer, (2) 2 Set Kabel Konektor receiver, (3) Laptop akuisisi dengan program USB Seismograph, (4) 2 set kabel konektor digitizer ke trigger receiver, (5) 24 buah receiver seismograph.komponen vertikal dan 1 buah trigger receiver, (6) Landasan besi, (7) Palu Gada seberat 5 kg dan (8) Aki 12v. (2)

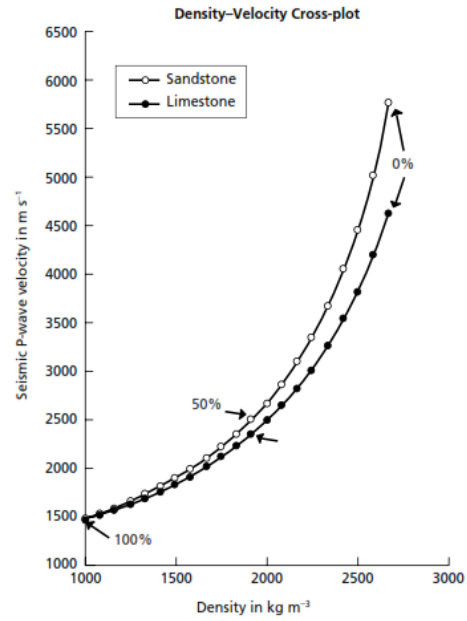


(a)



(b)

**Gambar 7.** Tampilan aplikasi USB SEISMOGRAPH PASI, tampak pengaturan recording time, sampling time, dan lain-lain (a), serta pengaturan gain pada tiap titik receiver (b).



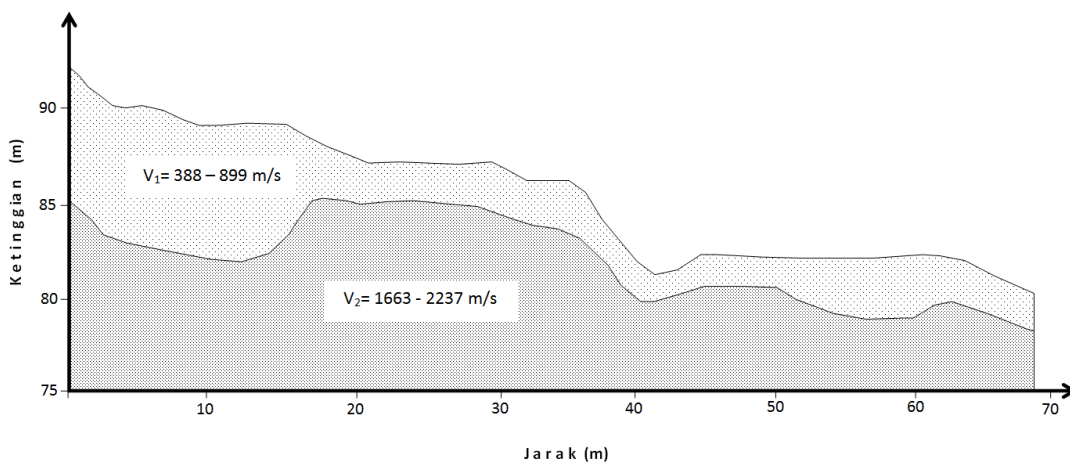
**Gambar 8.** Plot kecepatan gelombang p terhadap nilai densitas (Kearey et al., 1984)

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari penelitian ini didapatkan hasil berupa kecepatan lapisan pertama dan kedua, ketebalan lapisan pertama, serta bentuk bidang batas antara lapisan pertama dan kedua, yang dijelaskan secara singkat pada Tabel 1 dan Gambar 9.

**Tabel 1.** Nilai kecepatan pada lapisan pertama dan kedua serta ketebalan pada lapisan pertama.

Lapisan Ke-	Tebal Lapisan Rata-Rata (m)	Kecepatan Lapisan (m/s)
1	3,36	388-899
2	-	1663-2237



**Gambar 9.** Plot ketebalan lapisan pertama pada lintasan penelitian terhadap jarak dan elevasi ketinggian serta kecepatan gelombang P saat melewati tiap lapisan.

Dari rentang kecepatan gelombang P saat melewati kedua medium teratas pada lintasan penelitian, dapat dilakukan interpretasi untuk memperkirakan material penyusun dari setiap lapisan. Kearey *et al.*, (1984) menginterpretasikan lapisan pertama dengan kecepatan gelombang P 388-899 m/s tersusun atas material pasir dan lapisan kedua dengan kecepatan gelombang P 1663-2237 m/s tersusun atas material batuan pasir (*sandstone/tertiary sandstone*) serta *limestone* (dari jaman *cretaceous*). Sedikit lebih rinci, Milsom (1989) menginterpretasikan lapisan pertama tersusun atas tanah, pasir, dan sedikit lempung, sedang lapisan kedua tersusun atas campuran tanah, pasir, lempung, *shale*, batuan pasir serta batuan kapur (*limestone*) dan *dolomite*. Dari interpretasi tersebut dapat disimpulkan bahwa lapisan pertama tersusun atas material dengan kepadatan (densitas) yang lebih rendah serta ikatan antar tiap butiran yang lebih rendah jika dibandingkan dengan lapisan dibawahnya. Lapisan pertama juga mengalami proses pelapukan yang lebih cepat dibanding dengan lapisan dibawahnya, karena interaksi yang lebih dekat dengan kelembapan dan pemanasan matahari terus menerus serta faktor-faktor eksternal lain yang mempercepat proses pelapukan. Ini terjadi karena massa pada lapisan kedua menerima tekanan yang besar dari massa lapisan diatasnya, mengakibatkan meningkatnya tekanan, menghasilkan peningkatan kepadatan lapisan kedua. Lapisan kedua juga tidak terpapar secara langsung dengan faktor-faktor eksternal pemercepat pelapukan. Hal ini juga sejalan dengan keterangan pada Gambar 8 yang menjelaskan bahwa semakin tinggi kecepatan gelombang P saat melewati suatu lapisan, maka semakin besar pula nilai densitas lapisan tersebut. Lapisan pertama memiliki nilai densitas  $<1000 \text{ kg/m}^3$ , sedang lapisan kedua memiliki densitas  $1000-1500 \text{ kg/m}^3$ .

Lapisan pertama dengan ketebalan rata-rata 3,36 meter ini beresiko menjadi suatu lapisan rawan longsor. Lapisan rawan longsor ini berada pada bidang yang cukup miring ini dan dapat bergerak diatas bidang gelincir longsor, yakni lapisan kedua, yang kepadatan lebih tinggi dengan material penyusun yang lebih padat. Asumsi ini dikuatkan dengan penelitian sebelumnya dari Abidin *et al.* (3) saat meneliti bidang rawan longsor di daerah Kundasang, Sabah, Malaysia.

Abidin *et al.* (3) memberikan interpretasi yang relatif hampir sama seperti yang dipaparkan oleh Kearey *et al.* dan Milsom. Lapisan pertama diasumsikan sebagai zona pelapukan yang tersusun atas material-material tidak terkonsolidasi dengan adanya pori/ruang antar butiran pada lapisan, seperti tanah dan batuan-batuan yang telah terurai, pecah/retak, atau terurai sebagian. Lapisan kedua

diasumsikan tersusun atas material-material padat seperti *sandstone* dan *shale*. Kemudian, disimpulkan pula bahwa lapisan dengan nilai kecepatan gelombang P rendah berpotensi sebagai massa longsor sedang lapisan dengan kecepatan gelombang P yang tinggi berpotensi menjadi bidang luncur dari massa longsor yang bergerak diatasnya.

Saat hujan deras terjadi, aliran air yang meningkat dapat mengisi pori antar material lemah yang ada pada lapisan pertama, yang mengakibatkan semakin lemahnya material bawah permukaan ini, apalagi ditambah dengan keadaan topografinya. Saat material-material tersebut tidak dapat lagi menahan air, maka material tersebut dapat bergerak ke bawah mengikuti pola topografi dengan membawa massa yang sangat besar dan berpotensi merusak serta menimbulkan korban jiwa.

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Kecepatan gelombang P saat melewati lapisan pertama 388-899 m/s, ketebalan rata-rata lapisan ini 3,36 meter dengan nilai densitas  $<1000 \text{ kg/m}^3$ . Sedang kecepatan gelombang P saat melewati lapisan kedua 1663-2237 m/s dengan nilai densitas  $1000-1500 \text{ kg/m}^3$ .
2. Material penyusun utama dari lapisan pertama adalah tanah, pasir, lempung yang merupakan material yang tidak terkonsolidasi, memiliki pori yang cukup banyak antar butirannya, hasil dari hancuran struktur batuan utama pada zona pelapukan. Lapisan pertama berpotensi sebagai lapisan rawan longsor
3. Material penyusun utama lapisan kedua adalah tanah, pasir, lempung, batu pasir, *limestone/ dolomite*. Lapisan kedua ini berpotensi sebagai lapisan bidang luncur.

#### Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada STMKG yang memberikan kesempatan untuk melaksanakan survei lapangan geofisika di Karangsambung, dan segenap Pegawai dan Pimpinan UPT Kampus Lapangan LIPI Karangsambung atas kesempatannya untuk melaksanakan penelitian ini.

## Daftar Acuan

- [1.] Google Earth [internet]. [place unknown]. 2014 [cited 15 Nov 2014]. Available from: <https://earth.google.com>
- [2.] PASI Geophysical Instrument. [internet]. [place unknown]. [publisher unknown]. 2014 [cited 15 Nov 2014]. Available from: [www.pasisrl.it](http://www.pasisrl.it)
- [3.] Mohd H Z A, Rosli S, Fauziah A, Devapriya C W, Mohammad F T B. Seismic Refraction Investigation on Near Surface Landslides at Kundasang area in Sabah, Malaysia. International Conference on Advances Science and Contemporary Engineering. 2012. Procedia Engineering 50: 516-531
- [4.] John M. Field Geophysics: The Geological Field Guide Series. Third Edition. London. John Wiley & Sons Ltd. 1989
- [5.] Philip K, Michael B, Ian H. An Introduction to Geophysical Exploration. Third Edition. Iowa. Blackwell Science Ltd. 2002.
- [6.] Arief M N. Kajian Geologi Lingkungan Pada Lokasi Penambangan Batuan Diabas Gunung Dalam Rangka Konservasi Batuan di Cagar Alam Geologi Karangsambung. TEKNIK. 2011. Vol.32: 170-174
- [7.] Andi A R. 2013. Studi Sifat Fisis Batuan Pada Daerah Rawan Longsor. Jurnal Tekno Sains. 2 Juli 2013. Volume 7: 165-174