

## PENENTUAN BIDANG GELINCIR LONGSORAN BERDASARKAN KARAKTERISTIK FISIS BATUAN DENGAN SEISMİK BIAS DANGKAL DI DAERAH CILILIN, BANDUNG

Marjiyono, A. Soehaimi dan J.H. Setiawan \*)

### SARI

Sejarah bencana di daerah Cililin menunjukkan bahwa wilayah ini sering mengalami peristiwa tanah longsor. Pengukuran seismik bias dangkal di daerah ini dimaksudkan untuk mendeteksi kemungkinan adanya bidang longsor di daerah pengamatan. Dalam penelitian ini digunakan metode Hagiwara untuk menghitung ketebalan lapisan di bawah geofon. Hasil analisis menunjukkan bahwa lapisan tanah permukaan yang berupa bahan rombakan serta hasil pelapukan batupasir tufaan merupakan lapisan rawan longsor.

*Kata kunci : tanah longsor, seismik bias dangkal, bidang gelincir*

### ABSTRACT

Hazard history of the Cililin area shows that landslides often occur there. Seismic refraction measurement has been aimed at detecting the existence of sliding planes in this area. Hagiwara method was applied for calculating the depth of layers beneath each geophone. The result of the analysis shows that the thickness of the layer which is potential to sliding is about 1.4 m in average consisting of thallus and weathering material of tuffaceous sandstone.

*Keyword : landslide, seismic refraction, sliding plane*

### PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia merupakan salah satu wilayah beriklim tropis dengan tingkat pelapukan yang tinggi, yang ditandai dengan tebalnya lapisan tanah. Di samping mendatangkan berkah kesuburan tanah, tebalnya tanah ini juga menyimpan potensi bahaya longsor pada daerah bermorfologi perbukitan, terutama pada puncak-puncak musim hujan.

Seperti halnya daerah lain di Indonesia, Cililin merupakan daerah yang cukup subur dengan lapisan tanah yang relatif tebal. Kondisi topografi wilayah ini berupa perbukitan terjal dengan kemiringan sekitar 27°. Litologinya didominasi oleh batuan sedimen gunung api berumur Pliosen berupa batupasir tufaan, breksi tufaan, lava, dan konglomerat (Sudjarmiko, 2003). Daerah penelitian merupakan mahkota longsor tua pada lereng utara bukit desa Cikadu, di mana di bawahnya terletak Kampung Pasir Tengah, Desa Sindangkerta, Kecamatan Cililin (Gambar 1). Daerah ini umumnya dijadikan ladang tanaman oleh penduduk setempat. Keberadaan mahkota longsor yang berupa cekungan miring ini sangat tidak

menguntungkan bagi penduduk yang bermukim di bawahnya, karena merupakan media penampung air yang sangat berpotensi longsor bila jenuh air.

Untuk memperkirakan adanya bidang gelincir longsor yang diasumsikan pada bidang batas kekompakan batuan, maka dilakukan pengukuran seismik bias.

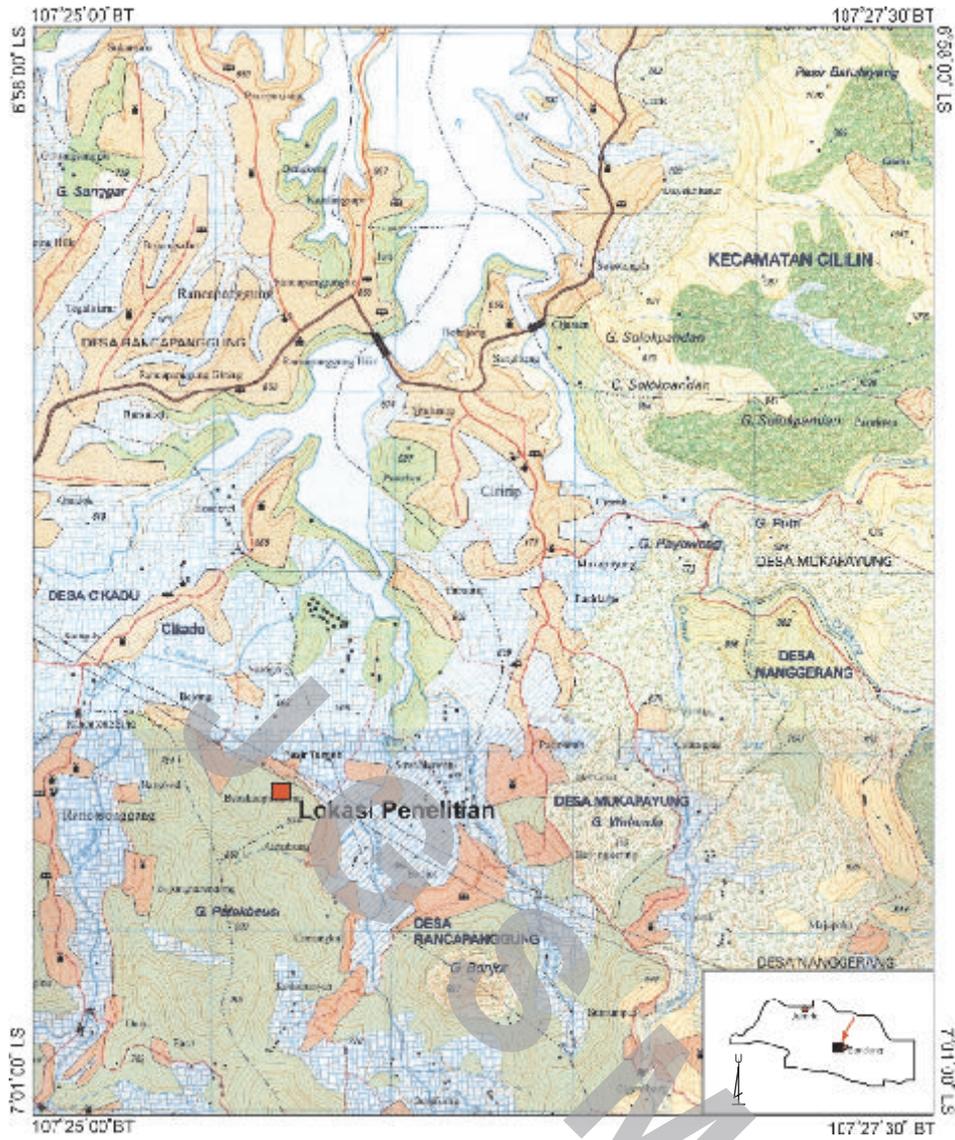
### Teori

Pemodelan seismik untuk bidang bias yang tidak beraturan pertama kali dikembangkan oleh Hagiwara (1938). Kedalaman di bawah titik geofon (Gambar 2) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

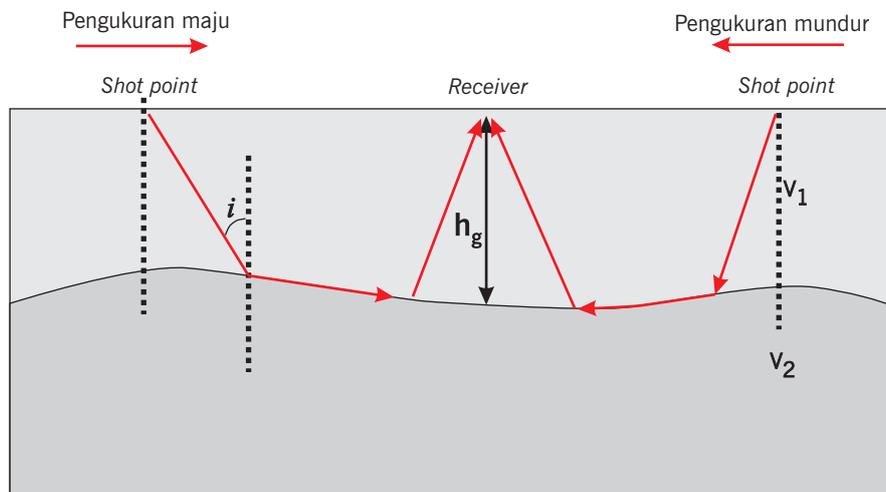
$$h_g = (t_f + t_b + t_t)v_1/2\cos i$$

- $h_g$  = kedalaman lapisan di bawah geofon
- $t_f$  = waktu tempuh gelombang pada pengukuran maju
- $t_b$  = waktu tempuh gelombang pada pengukuran mundur
- $t_t$  = waktu tempuh total
- $i$  = sudut datang

\*) Pusat Survei Geologi



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.



Gambar 1. Sketsa pemodelan metode Hagihara.

Peristiwa tanah longsor atau dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, merupakan fenomena alam dalam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan yang dapat menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah (Paripurno, 2004).

Secara umum kejadian tanah longsor melibatkan dua variabel, yakni kondisi geologi dan kondisi hidrologi (Fadilah, 2005). Kondisi geologi mencakup morfologi dan litologi, sedangkan kondisi hidrologi lebih banyak berasosiasi dengan iklim. Pada waktu musim hujan, tingkat kejenuhan air meningkat. Kondisi ini selain menurunkan gaya gesek, juga menambah beban massa tanah yang umumnya bersifat mengikat air. Pada daerah yang mempunyai beda kekompakan tinggi antara tanah dan batuan di bawahnya serta kemiringan di atas sudut kritis ( $45^\circ$ ), potensi untuk terjadinya longsor sangat tinggi, terutama bila dipicu oleh air.

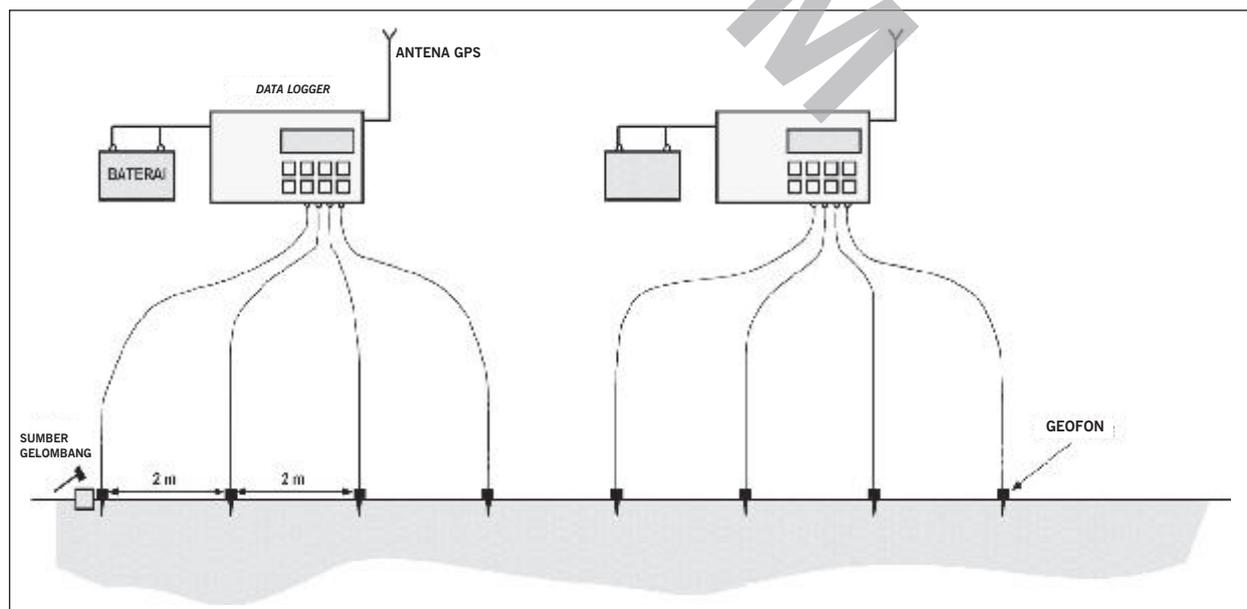
### Pengambilan Data

Pengukuran seismik bias ini dilakukan dengan tiga buah *data logger* "Datamark" model SR 8000 SH yang masing-masing mempunyai empat *channel*. Setiap *channel* dihubungkan dengan sebuah geofon. Satu geofon ditempatkan pada sumber gelombang sebagai pencatat *original time* (awal gelombang),

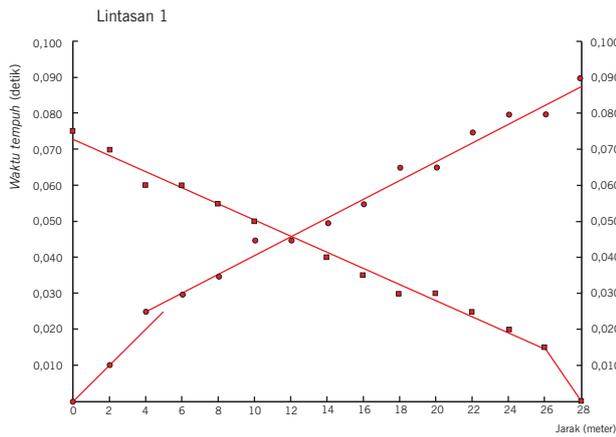
sedangkan geofon yang lain ditempatkan pada lintasan dengan interval 2 m (Gambar 3).

Walaupun ketiga *data logger* ini bekerja secara terpisah namun mempunyai sistem waktu yang sama, karena dikalibrasi dengan sistem waktu satelit GPS. Dalam penelitian ini sumber gelombang yang digunakan adalah sistem tumbuk, yakni balok besi yang ditumbuk dengan palu seberat 6 kg. Gelombang yang merambat dari sumber gelombang akan diterima oleh setiap geofon, dan selanjutnya direkam oleh *data logger* dan disimpan di dalam *hard disk*. Pembacaan waktu tiba gelombang (*first break time*) dilakukan dengan *software* WVV SR 9000.

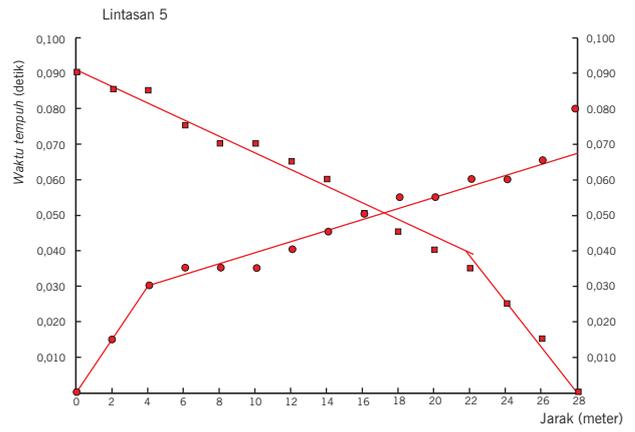
Pengukuran seismik bias ini dilakukan pada lima lintasan dengan arah barat-timur, dari arah tegak lurus dari arah kemiringan lereng bukit Tonggoh. Morfologi daerah penelitian berbentuk cekungan miring, sehingga bentuk lintasan agak melengkung mengikuti kelengkungan lereng bukit. Lintasan relatif datar, sehingga tidak perlu dilakukan koreksi terhadap beda ketinggian. Umumnya fase gelombang datang terbaca dengan baik. Grafik *plotting* data *travel time* versus jarak dapat dilihat pada Gambar 4 a - e. Secara umum kualitas data cukup baik seperti ditunjukkan oleh deviasi *arrival time* yang kecil (di bawah 2,5 m/detik), kecuali di bagian timur lintasan 3, ada beberapa data yang relatif acak.



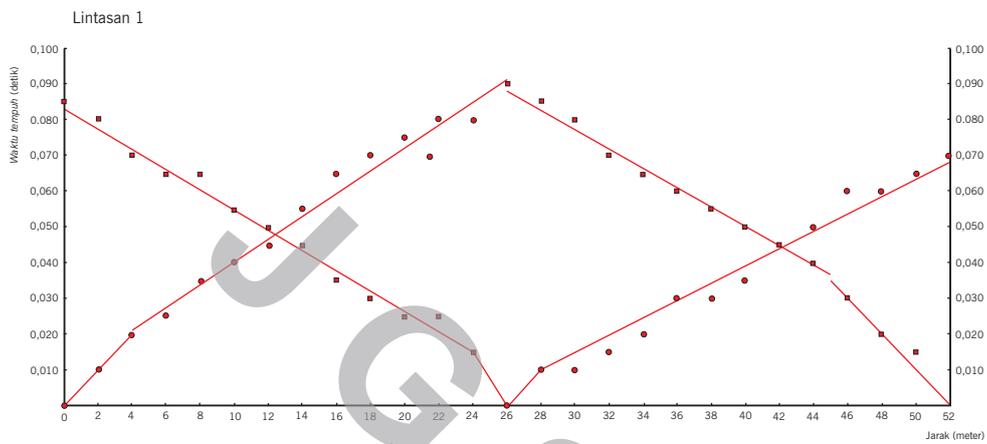
Gambar 3. Sketsa susunan peralatan seismik bias.



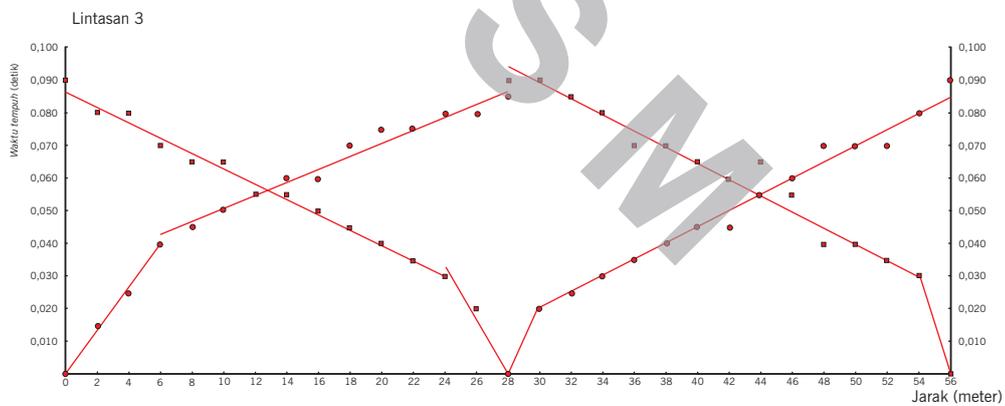
Gambar 4a. Data lintasan 1.



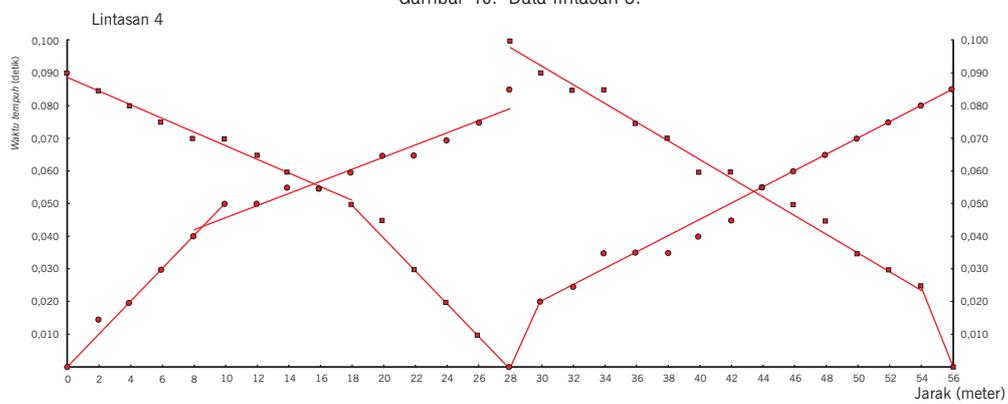
Gambar 4e. Data lintasan 5.



Gambar 4b. Data lintasan 2.



Gambar 4c. Data lintasan 3.



Gambar 4d. Data lintasan 4.

## PEMBAHASAN

Batuan yang tersingkap di sekitar daerah penelitian berupa batupasir tufaan lapuk. Batupasir tufaan berwarna abu-abu kemerahan ini banyak dijumpai di lereng-lereng bukit yang terkupas longsor. Dari longsor-longsor tersebut dapat diamati secara jelas bahwa bidang longsor umumnya merupakan bidang batas kekompakan antara batupasir tufaan lapuk dengan material hasil pelapukan serta bahan rombakan (Gambar 5). Lapukan batupasir tufaan terlihat berwarna coklat kemerahan, dan terutama dijumpai pada lereng dan puncak-puncak bukit. Pada zona lapuk ini masih dapat dilihat jejak batuan asli berupa tufa pasiran yang bersifat fisik lunak dan dapat diremas. Kondisi ini menunjukkan bahwa lapukan ini dapat berkondisi sebagai pengikat air yang baik.

Tanah/material hasil pelapukan umumnya tidak kompak (*unconsolidated*) dan bersifat mengikat air. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa bidang batas kekompakan antara tanah dengan batuan di bawahnya sering menjadi bidang gelincir longsor. Beberapa longsor yang teramati di sekitar lokasi penelitian berupa rayapan tanah (Gambar 6).

Gambar 4 a - e memperlihatkan bahwa secara keseluruhan pengukuran seismik bias dangkal dengan sumber getaran palu tumbuk ini dapat menjangkau dua lapis medium yang dicerminkan oleh dua garis linear pada tiap lintasan. Gradien garis linear pertama adalah  $m_1 = 1/V_1$ , dengan  $V_1$  kecepatan perambatan gelombang seismik pada medium lapisan pertama, sedangkan gradien garis linear kedua adalah  $m_2 = 1/V_2$ , dengan  $V_2$  adalah kecepatan perambatan gelombang seismik pada medium lapis kedua. Secara tidak langsung besarnya kecepatan rambat gelombang pada medium juga merupakan cerminan tingkat kekompakan batuan. Semakin tinggi nilai cepat rambat gelombang pada batuan menunjukkan semakin tinggi tingkat kekompakan batuan tersebut. Bidang batas yang memperlihatkan beda kekompakan batuan di daerah penelitian yang tercermin dari beda cepat rambat gelombang dapat diamati pada Gambar 7 a - e.

### Lintasan 1

Lintasan ini berada di pinggir jalan desa Pasir Tengah dengan panjang lintasan 28 m. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada lintasan ini terdapat dua



Gambar 5. Longsor tanah pada batupasir tufaan.



Gambar 6. Rayapan tanah.

lapisan medium dengan cepat rambat gelombang masing-masing 153 m/detik dan 408 m/detik. Ketebalan lapisan-1 di lintasan ini bervariasi, yaitu sekitar 1,4 m di bagian timur dan menipis ke arah barat. (Gambar 7a). Variasi ketebalan lapisan-1 ini diperkirakan berhubungan dengan sistem *cut and fill* dalam proses pembuatan jalan.

### Lintasan 2

Lintasan 2 ini berada 10 meter di atas lintasan 1 (jarak miring), dengan total panjang lintasan 52 m. Seperti halnya lintasan 1, pada lintasan ini juga terdapat dua lapis medium dengan kecepatan lapisan-1 adalah 190 m/detik dan kecepatan lapisan-2 sebesar 370 m/detik. Ketebalan lapisan-1 bervariasi dengan ketebalan maksimum 2,5 m (Gambar 7b). Secara umum, wadah pengendapan lapisan-1 berbentuk cekungan yang diperkirakan merupakan jejak longsor tua.

### Lintasan 3

Lintasan 3 ini terletak di sebelah selatan (atas) lintasan 2, dan berjarak miring sekitar 10 m dengan panjang lintasan 56 m. Pada lintasan ini dapat dihitung dua lapis medium. Lapisan-1 mempunyai cepat rambat gelombang sebesar 107 m/detik, sedangkan lapisan-2 mempunyai cepat rambat gelombang 440 m/detik. Pada lintasan ini terlihat ketebalan lapisan-1 tidak terlalu bervariasi, umumnya di atas 1 m. Pada bagian barat, lintasan ini ketebalan relatif besar, yakni antara 1,5 m sampai 1,7 m. (Gambar 7c).

### Lintasan 4

Lintasan ini terletak 10 m sebelah selatan lintasan 3, pada jarak miring sekitar 50 m dari puncak mahkota longsor tua, dengan panjang lintasan 56 m. Hasil perhitungan pada lintasan ini memperlihatkan adanya dua lapis medium dengan cepat rambat gelombang 147 m/detik untuk lapisan-1 dan 437 m/detik untuk lapisan-2. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa ketebalan lapisan-1 sangat bervariasi dengan ketebalan maksimum mencapai 2,5 m (Gambar 7d).

### Lintasan 5

Lintasan ini mempunyai panjang 28 m, terletak 20 m sebelah utara mahkota longsor tua atau berjarak kurang lebih 20 m dari lintasan 4. Hasil perhitungan pada lintasan ini hampir serupa dengan lintasan sebelumnya, yakni dapat dikenali ada dua lapis medium. Lapisan-1 mempunyai cepat rambat gelombang 147 m/detik, sedangkan lapisan-2 cepat rambat gelombangnya sebesar 556 m/detik. Ketebalan lapisan-1 bervariasi dengan ketebalan maksimum sebesar 2,2 m di bagian barat dan menipis ke arah timur (Gambar 7e). Lintasan ini merupakan bagian tengah cekungan longsor tua. Bentuk cekungan lapisan-1, diperkirakan merupakan sumbu cekungan jejak longsor tua, karena lintasan ini merupakan bagian tengah bekas longsor tua.

Pada kelima lintasan seismik bias secara keseluruhan dapat dilihat ada dua karakter lapisan medium yang berbeda satu dengan yang lainnya berdasarkan nilai cepat rambat gelombang. Lapisan-1 dengan kecepatan rambat gelombang antara 107

m/detik sampai 153 m/detik, sedangkan lapisan-2 dengan cepat rambat gelombang antara 370 m/detik sampai 556 m/detik. Perbedaan cepat rambat gelombang ini menunjukkan adanya beda sifat fisik medium antara kedua lapisan tersebut. Lapisan-1 secara visual dapat dilihat di permukaan berupa tanah dan bahan rombakan batupasir tufaan lapuk yang bersifat mengikat air.

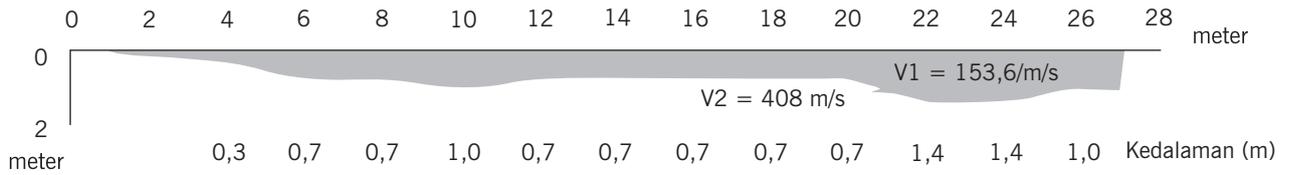
Ditinjau dari besarnya nilai cepat rambat gelombang, lapisan-2 masih merupakan batuan yang tidak terlalu keras. Lapisan-2 ini diinterpretasikan sebagai batupasir tufaan yang telah mengalami pelapukan. Didasarkan pada beda kekompakan kedua lapisan ini yang tidak besar serta sudut kemiringan yang relatif landai ( $27^\circ$ ), pada kondisi tidak jenuh air, lapisan tanah ini tidak berpotensi untuk longsor. Namun demikian, morfologi bentuk cekungan bekas longsor tua ini pada musim hujan dapat berfungsi sebagai tempat konsentrasi air. Selain menambah beban massa tanah, faktor kejenuhan air juga menyebabkan penurunan gaya gesek antara kedua lapisan tersebut.

Sketsa penampang tegak hasil korelasi tiap lintasan dapat dilihat pada Gambar 8. Dari penampang tersebut dapat dilihat bahwa bagian puncak bekas longsor tua, kemiringan bidang batas perlapisannya cukup besar, sehingga sangat berpotensi sebagai pemicu longsor, mendorong bagian bawahnya.

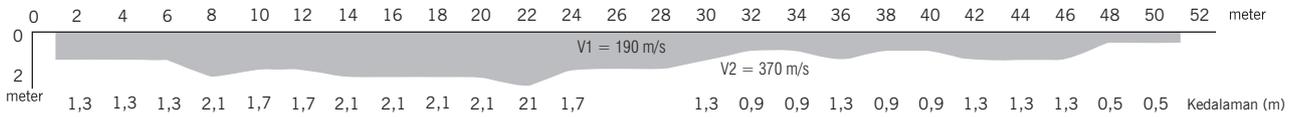
Dimensi mahkota longsor tua berbentuk setengah elips mempunyai panjang  $\pm 80$  m dan lebar  $\pm 70$  m. Bila diasumsikan lapisan-1 tersebar merata, dihitung dengan ketebalan rata-rata 1,4 m, maka volume material yang berpotensi longsor adalah  $6.154 \text{ m}^3$  (luas setengah elips X tebal lapisan rata-rata).

### KESIMPULAN

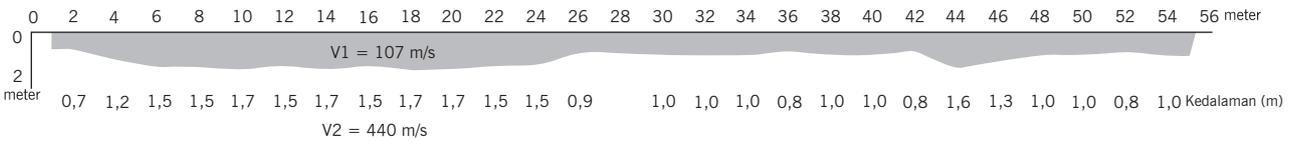
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode seismik bias dengan sumber palu tumbuk di daerah Cililin dapat menjangkau dua lapis medium, lapisan-1 dengan kisaran cepat rambat gelombang sekitar 107-153 m/detik, dan lapisan-2 berkisar 370-556 m/detik. Beda cepat rambat gelombang antara kedua lapisan ini mencerminkan perbedaan kekompakan batuan yang kemungkinan berpotensi sebagai bidang gelincir longsor.



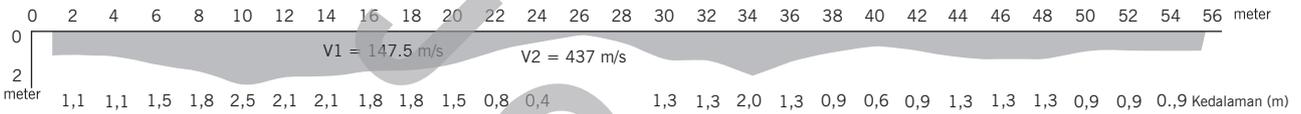
Gambar 7a. Hasil perhitungan lintasan 1.



Gambar 7b. Hasil perhitungan lintasan 2.



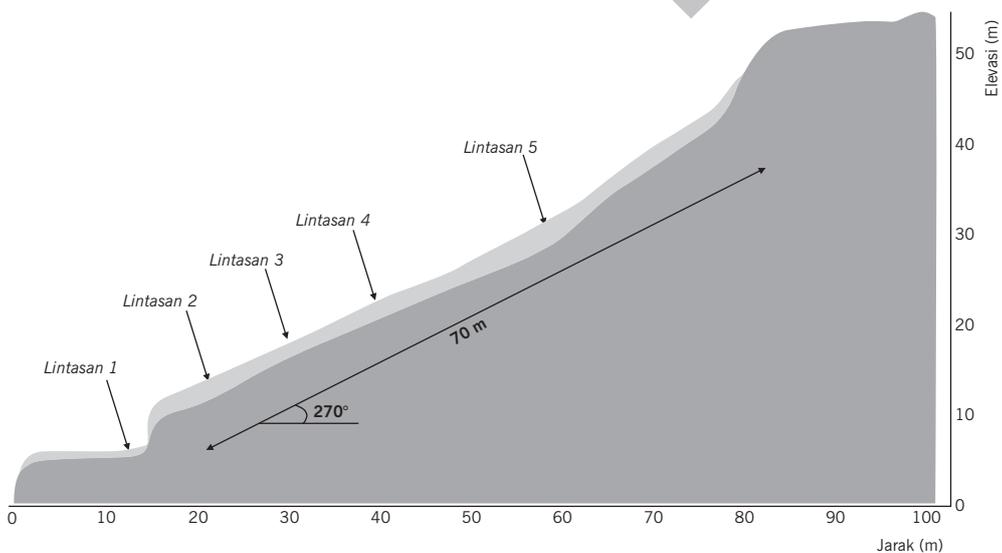
Gambar 7c. Hasil perhitungan lintasan 3.



Gambar 7d. Hasil perhitungan lintasan 4.



Gambar 7e. Hasil perhitungan lintasan 6.



Gambar 7. Sketsa penampang tegak berdasarkan penafsiran seismik bias.

## SARAN

Kejadian tanah longsor di daerah Cililin merupakan kejadian yang umum sifatnya, terutama di daerah-daerah perbukitan yang disusun oleh batuan vulkanik yang mudah lapuk dan tererosi kuat. Dampak tanah longsor di daerah ini dapat dihindari dengan melakukan pengenalan secara lebih dini faktor pemicu kejadian longsor, seperti ketebalan tanah (tanah lapuk), kemiringan lereng, dan keberadaan bidang gelincir, serta faktor curah hujan yang tinggi. Upaya yang dapat dilakukan guna mempertahankan kestabilan lereng yang berpotensi longsor di daerah ini yakni dengan membuat *terasering*, membuat drainase, serta menanam kembali lahan-lahan yang gundul dengan tanaman guna mempertinggi daya

ikat tanah. Selain itu, guna meminimalkan risiko bahaya tanah longsor, juga perlu dilakukan sosialisasi mengenai hal ini serta meningkatkan kewaspadaan terutama bagi penduduk yang bertempat tinggal di sekitar lereng.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Dr. Ir. Hery Harjono atas bimbingan dan sarannya dalam penyusunan tulisan ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Dr. Kris Budiono atas bantuannya memberikan referensi teori Hagiwara serta kepada saudara Sudaryono yang telah banyak membantu dalam pengambilan data lapangan. ■

## ACUAN

- Fadilah, A., 2005. *Mengenal Terjadinya Tanah Longsor dan Upaya Antisipasinya*, Dinas Pertambangan Jawa Barat, Bandung.
- Hagiwara, T., 1938. An Analytical Method of the Travel Time Curve for the Structure that the Inclination of Bed Rock is uneven, *Disin.*, Vol 10, No. 11, hal 463-468.
- Paripurno, E.T., 2004. *Gerakan Tanah Seling, Bagaimana Sebaiknya Kita Menyikapinya*, <http://www.geopangea.or.id>.
- Sudjatmiko, 2003. *Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.