

## Penentuan Struktur Bawah Permukaan Daerah Rawan Longsor Berdasarkan Interpretasi Data Resistivitas

### *Determination of Subsurface Structure of Landslide Area According to Interpretation of Resistivity Data*

Supeno<sup>1)</sup>, Nurul Priyantari<sup>2)</sup> & Gusfan Halik<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Jember

<sup>2)</sup>Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Jember

<sup>3)</sup>Jurusan Teknik Sipil, PS Teknik Universitas Jember

#### ABSTRACT

Resistivity method is a useful geophysical tool for investigating landslides. It can be used to estimate the subsurface structure of a landslide mass, the depth of the failure surface, and the lateral extent of a landslide. High resolution of resistivity data were obtained by applying Schlumberger configuration, while penetrating deepness was obtained by applying Vertical Electrical Sounding (VES) configuration. Interpretation of subsurface condition showed there was soil layer in survey area which was indicated as slip surface triggering the landslide.

Keywords: Subsurface structure, landslide, resistivity

#### PENDAHULUAN

Tanah longsor terjadi ketika terdapat perpindahan material tanah yang meluncur sepanjang daerah yang memiliki kemiringan tertentu. Pada saat musim hujan, perubahan tegangan permukaan dalam pori tanah dan peningkatan bobot massa tanah akibat air yang meresap ke dalam tanah dapat memicu perpindahan (ketidakstabilan gravitasi) tersebut. Ketidakstabilan gravitasi dapat terjadi pada suatu daerah yang memiliki bidang gelincir pada struktur bawah permukaan. Pada kondisi tertentu, bidang gelincir dapat berubah menjadi bidang *diskontinu* untuk suatu kejadian tanah longsor.

Pengetahuan tentang struktur lapisan bawah permukaan sangat diperlukan untuk memperkirakan tingkat kerawanan suatu daerah terhadap kemungkinan terjadinya tanah longsor. Kajian tentang karakteristik fisis struktur lapisan bawah permukaan dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknik pendugaan geofisika (Dobrin 1988, Telford *et al.* 1990). Geofisika merupakan ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip fisika untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi berdasarkan sifat-sifat fisik batuan penyusunnya (Sherrif 2002). Terdapat beberapa metode dalam pendugaan geofisika dan salah

satu diantaranya adalah metode geolistrik resistivitas.

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat resistivitas tanah untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi. Metode geolistrik resistivitas memiliki beberapa kelebihan yaitu bersifat tidak merusak lingkungan, pengoperasian mudah dan cepat, biayanya murah, dan dapat mengidentifikasi kedalaman sampai beberapa meter (Panissod, *et al.* 2001) sehingga banyak dipakai dalam survey lingkungan seperti diantaranya untuk menentukan stabilitas lereng (Hack 2000), survei daerah rawan longsor (Prayogo 2003, Wahyono *et al.* 2003), dan investigasi pergerakan massa (*mass movement*) (Meric *et al.* 2005).

Pada tanah yang mengalami gangguan kestabilan akibat pori-pori tanah terisi oleh air, secara kelistrikan akan berakibat pada harga resistivitas tanah (Park *et al.* 2005). Penambahan air yang menyisip ke dalam pori tanah atau batuan, terutama pada saat musim hujan, akan mengakibatkan perubahan harga resistivitas tanah. Perubahan harga resistivitas ini dapat diidentifikasi dengan cara mengalirkan arus listrik baik searah maupun bolak-balik ke dalam tanah. Dengan mengukur selisih potensial antara dua titik yang dipengaruhinya, selanjutnya dapat ditentukan

harga resistivitas tanah daerah pengukuran. Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan analisis data, selanjutnya dapat dilakukan interpretasi umum terhadap sistem perlapisan tanah daerah penelitian.

**METODE**

Penelitian ini dilakukan di daerah Arjasa kabupaten Jember propinsi Jawa Timur. Pemilihan Arjasa sebagai daerah penelitian atas dasar pertimbangan bahwa berdasarkan peta geologi teknik kabupaten Jember, daerah ini termasuk pada daerah Breksi Argopuro (Qvab) hasil dari kegiatan gunung Argopuro yang terakhir dengan batuan sudah sangat lapuk sehingga membentuk tanah laterit yang cukup tebal dan tergolong pada zona kekuatan batuan rendah. Selain itu, kondisi geografis daerah ini berupa dataran tinggi yang didominasi oleh lereng dan tanah miring bertebing dengan kondisi hutan dari beberapa titik daerah penelitian telah gundul dan beberapa kali terjadi tanah longsor, terutama di Desa Kemuninglor dan Darsono, dan dimungkinkan masih dapat terjadi tanah longsor. Waktu pengukuran dilakukan pada saat musim hujan karena pada saat hujan, banyak volume air yang terserap dalam tanah sehingga mengakibatkan perubahan tegangan permukaan dalam pori tanah dan peningkatan bobot massa tanah akibat air yang

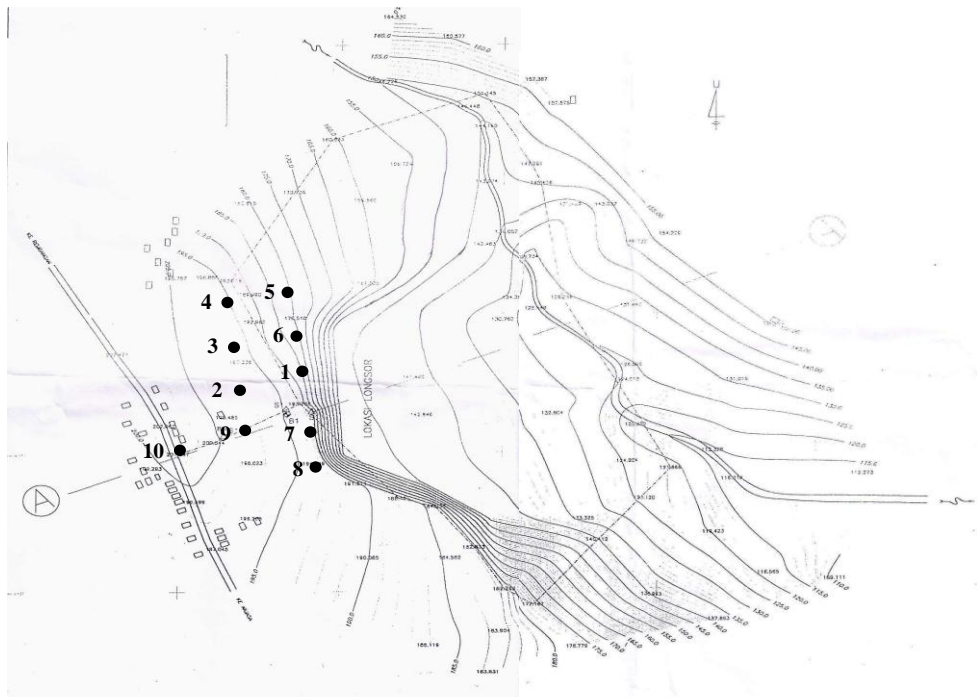
meresap ke dalam tanah sehingga dapat memicu perpindahan massa tanah (*mass movement*) sebagai awal dari kejadian tanah longsor. Pengukuran juga dilakukan pada saat musim kemarau dalam rangka untuk melihat perbandingan hasil pola perlapisan tanahnya.

Pada saat akuisisi data lapangan, tingkat resolusi data resistivitas yang tinggi diperoleh dengan penerapan konfigurasi Schlumberger, sedangkan kedalaman penetrasi diperoleh dengan penerapan konfigurasi Vertical Electrical Sounding (VES). Peta lokasi penelitian dan posisi titik-titik sounding ditunjukkan pada Gambar 1. Interpretasi hasil pengukuran resistivitas selanjutnya dibandingkan dengan data bor tanah dan data singkapan geologi untuk menggambarkan kondisi umum sistem perlapisan tanah daerah penelitian.

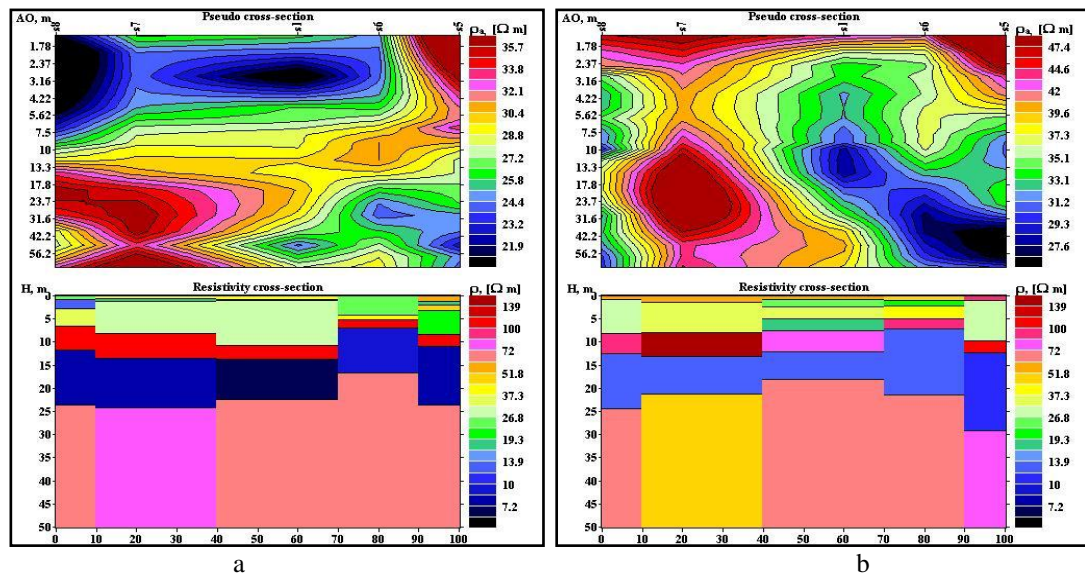
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil pengukuran Borlog**

Penyelidikan geoteknis di lapangan dilakukan melalui analisa data bor, baik untuk bor dalam maupun bor dangkal. Pengeboran dalam dilakukan dengan menggunakan mesin bor UD-2 sedangkan pengeboran dangkal dilakukan dengan menggunakan bor tangan.



Gambar 1. Posisi titik-titik sounding dalam pengukuran resistivitas.



Gambar 2. Hasil sayatan vertikal sepanjang titik *sounding* 8, 7, 1, 6, dan 5: a) hasil pengukuran pada musim hujan, b) hasil pengukuran pada musim kemarau.

Analisa data bor dalam dilakukan berdasarkan hasil pengeboran pada titik *sounding* 9 sedangkan untuk bor dangkal dilakukan pada titik *sounding* 6. Hasil pengambilan data bor menunjukkan bahwa lapisan tanah rata-rata pada lokasi penelitian berupa lanau berlempung berpasir berwarna coklat mulai dari muka tanah setempat sampai kedalaman 30 meter. Sedangkan hasil bor dangkal menunjukkan bahwa lapisan tanah rata-rata berupa lanau berlempung berpasir berwarna coklat mulai dari muka tanah setempat hingga kedalaman 5 meter.

#### Hasil pengukuran Vertical Electrical Sounding (VES)

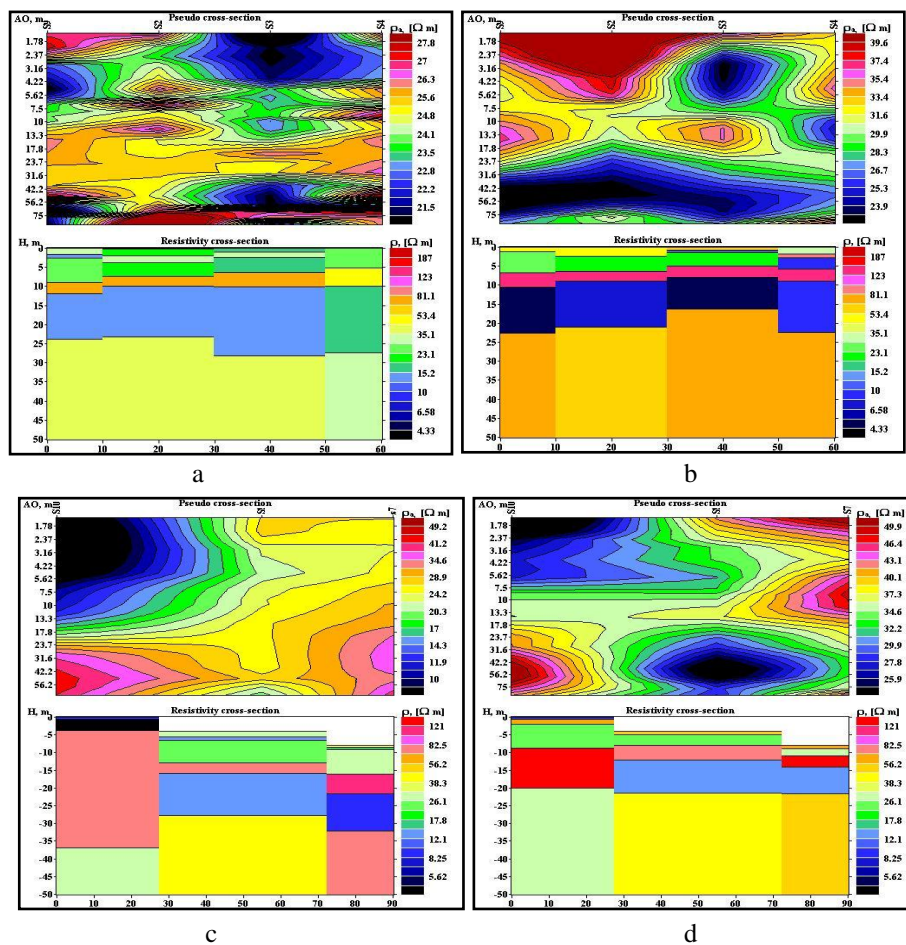
Hasil pengolahan data VES berupa sayatan vertikal kondisi bawah permukaan yang merupakan gabungan dari resistivitas lapisan di tiap-tiap titik pengukuran di tunjukkan pada Gambar 2, 3, dan 4. Pada masing-masing gambar sayatan vertikal kondisi resistivitas bawah permukaan, ditunjukkan hasil pengukuran pada musim penghujan maupun musim kemarau. Sayatan vertikal pada daerah dekat dan sejajar dengan tebing yang pernah terjadi longsor (Gambar 2) merupakan hasil pengolahan data pengukuran titik VES 8, 7, 1, 6, dan 5. Sayatan vertikal pada daerah

persawahan yang terletak di antara jalan raya dan tebing longsor (Gambar 3a dan 3b) merupakan hasil pengolahan data pengukuran titik VES 9, 2, 3, dan 4. Sayatan vertikal pada daerah sepanjang lintasan di sisi jalan raya menuju tebing longsor (Gambar 3c dan 3d) merupakan hasil pengolahan data pengukuran titik VES 10, 9, dan 7. Berdasarkan hasil sayatan vertikal lapisan tanah bawah permukaan, terlihat bahwa harga resistivitas yang diperoleh dari kedua pengukuran (musim hujan dan kemarau) berbeda namun pola resistivitas per lapisan tanahnya sama.

#### Interpretasi data Borlog dan VES

Dari deskripsi data bor dangkal menunjukkan bahwa lapisan tanah rata-rata pada lokasi penelitian berupa lanau berlempung berpasir berwarna coklat mulai dari muka tanah setempat hingga kedalaman 5 meter. Data ini sesuai dengan deskripsi data bor dalam yang telah dilakukan oleh tim dari Teknik Sipil ITS pada tahun 2003 yaitu lapisan tanah rata-rata pada lokasi penelitian berupa lanau berlempung berpasir berwarna coklat mulai dari muka tanah setempat hingga kedalaman 30 meter.

Korelasi data bor dengan data resistivitas VES ditunjukkan pada Gambar 4a untuk bor dalam dan Gambar 4b untuk bor dangkal.



Gambar 3. Hasil sayatan vertikal sepanjang titik *sounding*: a) 9, 2, 3, dan 4 pada musim hujan, b) 9, 2, 3, dan 4 pada musim kemarau, c) 10, 9, dan 7 pada musim hujan, d) 10, 9, dan 7 pada musim kemarau.

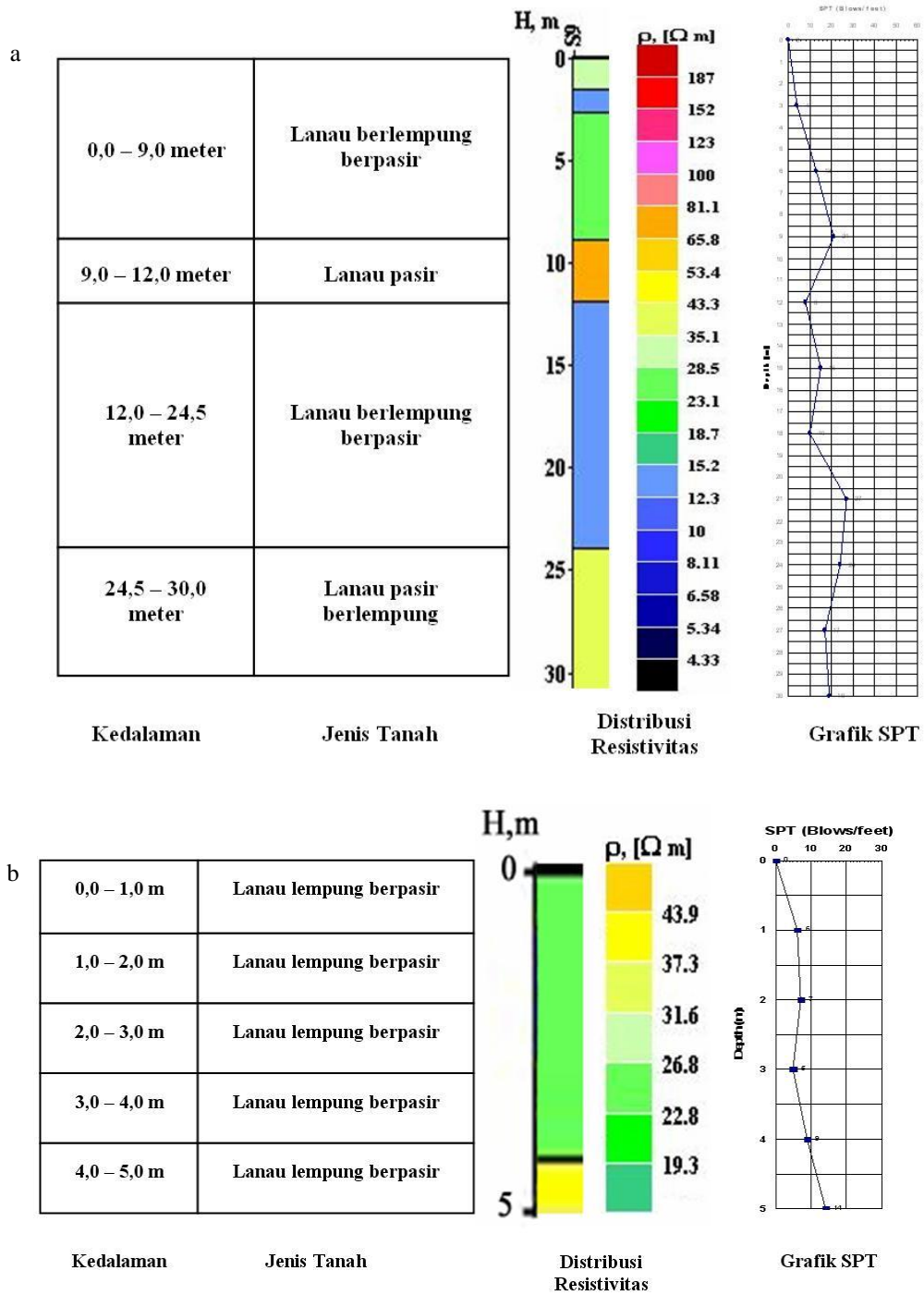
Korelasi antara hasil data bor dan data hasil pengukuran resistivitas sounding (VES) relatif menunjukkan kedekatan yang baik (Gambar 4). Dengan kata lain, bahwa data hasil pengukuran sounding dapat dijadikan acuan untuk mengetahui struktur lapisan tanah atau batuan terhadap kedalaman. Dalam skala pengukuran yang lebih luas hal tersebut dapat menjadikan pekerjaan penelitian menjadi efisien dan validitasnya dapat dipertanggungjawabkan.

Dari hasil analisa VES dan korelasi data bor didapatkan interpretasi kuantitatif yang menggambarkan perlapisan tanah bawah permukaan daerah penelitian baik hasil deskripsi untuk musim hujan maupun musim kemarau. Gambar 5a dan 5b menunjukkan sistem perlapisan tanah untuk sayatan vertikal sepanjang titik-titik sounding VES 8, 7, 1, 6, dan 5; Gambar 5c dan 5d untuk sayatan vertikal sepanjang titik-titik sounding VES 9,

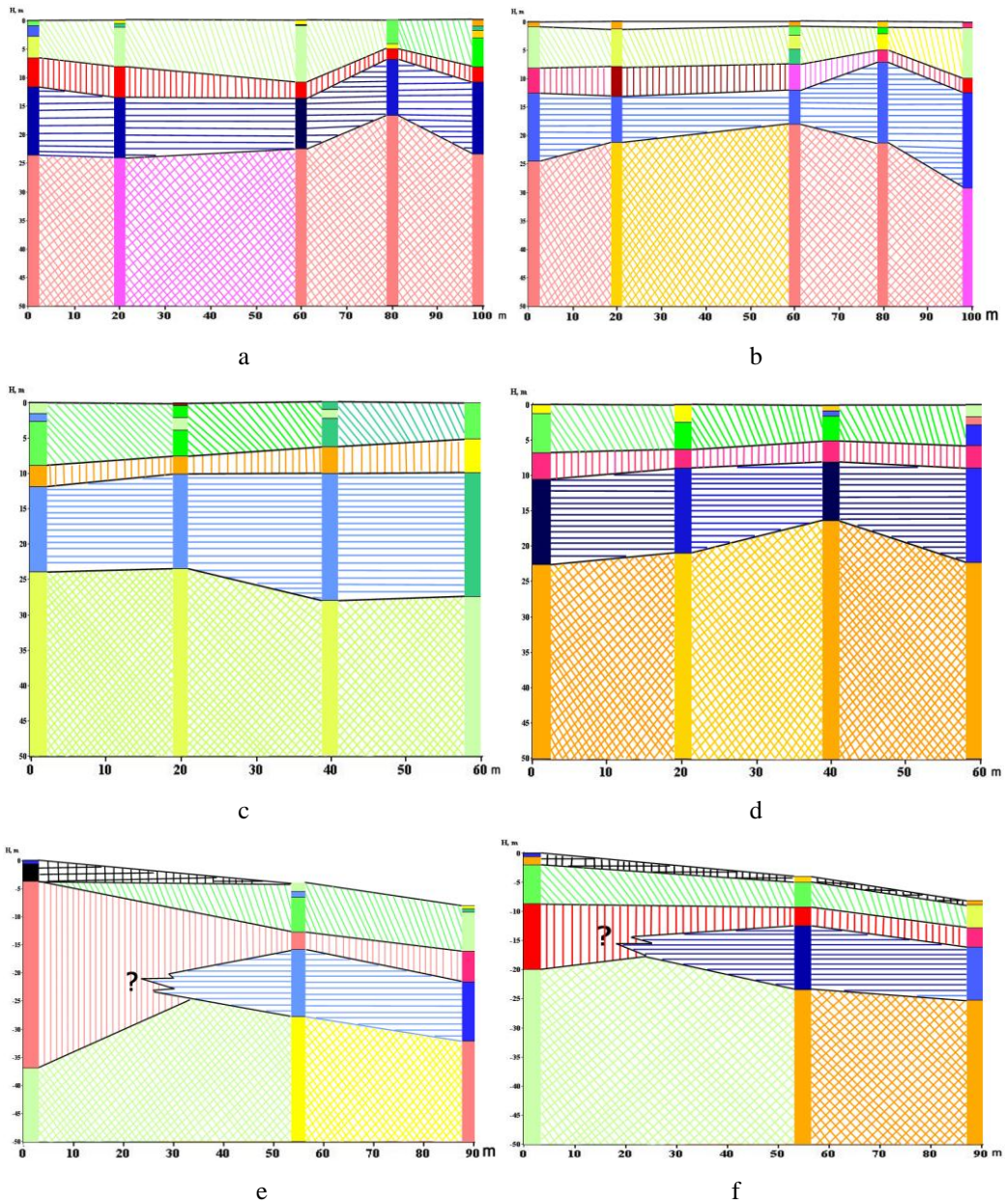
2, 3, dan 4; serta Gambar 5e dan 5f untuk sayatan vertikal sepanjang titik-titik sounding VES 10, 9, dan 7.

Berdasarkan hasil analisa VES (Gambar 5) terlihat bahwa pada daerah penelitian terdapat empat lapisan tanah yang tersusun atas lanau lempung berpasir, lanau pasir, dan lanau pasir berlempung. Walaupun interpretasi didasarkan pada data resistivitas yang berkorelasi langsung dengan tingkat saturasi air dalam tanah namun sistem perlapisan tanah pada musim hujan dan musim kemarau menunjukkan adanya kesamaan.

Perbedaan hanya terletak pada harga resistivitas masing-masing lapisan dengan harga resistivitas lapisan tanah pada musim hujan cenderung lebih tinggi dibanding pada musim kemarau. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat saturasi air tanah pada saat musim penghujan cukup tinggi karena adanya air hujan yang meresap melalui pori tanah.



Gambar 4. Korelasi data untuk : a) bor dalam terhadap data VES di titik *sounding* 9, b) bor dangkal terhadap data VES di titik *sounding* 6.



Gambar 5. Sistem lapisan tanah sepanjang titik *sounding*: a) 8, 7, 1, 6, dan 5 musim hujan, b) 8, 7, 1, 6, dan 5 musim kemarau, c) 9, 2, 3, dan 4 musim hujan d) 9, 2, 3, dan 4 musim kemarau, e) 10, 9, dan 7 musim hujan, f) 10, 9, dan 7 musim kemarau.

Berdasarkan deskripsi sistem pelapisan yang terdapat pada daerah survei terlihat bahwa struktur tanah dekat permukaan hingga kedalaman sekitar 9 meter tersusun atas lanau berlempung berpasir yaitu lapisan tanah kedap air. Pada saat musim hujan air mudah meresap melalui retakan (adanya penyusutan tanah permukaan) akibat perubahan temperatur yang terjadi saat musim kemarau. Lapisan di bawahnya hingga kedalaman sekitar 12 meter

adalah lapisan tanah yang lebih keras dibanding lapisan di atasnya maupun di bawahnya sedangkan lapisan paling bawah, mulai dari kedalaman sekitar 12 meter hingga 25 meter adalah lapisan tanah kedap air. Diperkirakan pada lapisan ini tempat akuifer berada. Pada kondisi tertentu dimana terdapat aliran air tanah menuju tebing maka tanah yang berada di tebing pada lapisan ini akan tergerus

dan runtuh yang pada akhirnya dapat memicu kejadian longsor yang lebih besar.

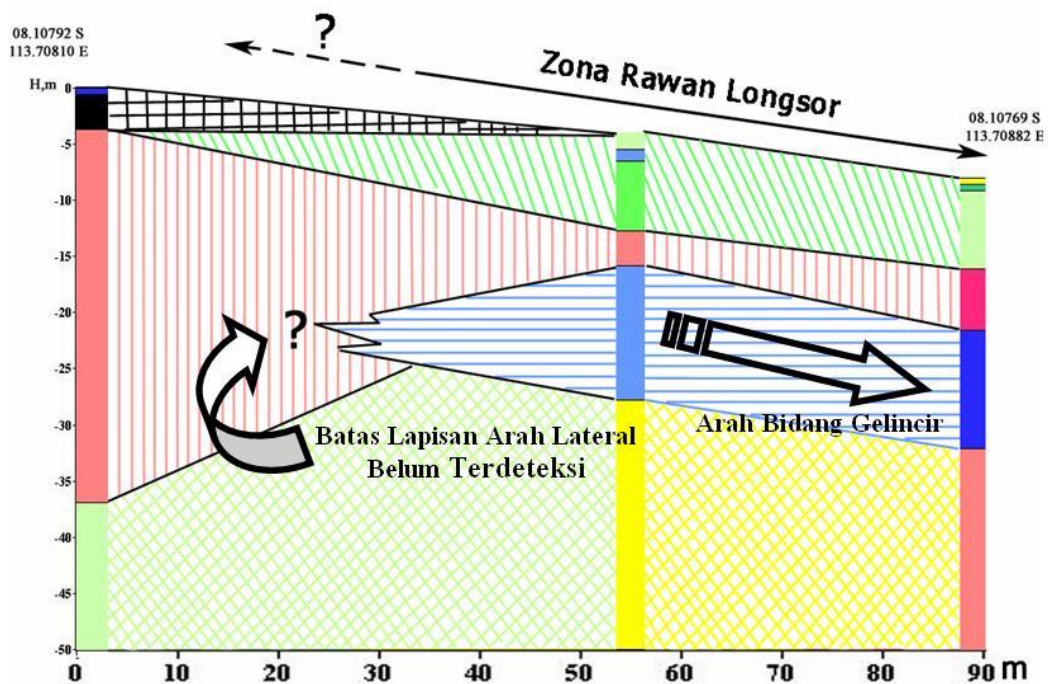
Berdasarkan data borlog, daerah penelitian merupakan daerah yang secara umum tersusun atas tanah lanau berlempung berpasir, dan dapat dikategorikan sebagai material dengan formasi renggang (*unconsolidated material*) sehingga relatif tidak stabil. Material jenis ini apabila ada gangguan terhadap strukturnya, maka ikatan antar butir sangat mudah lepas.

Interpretasi umum tentang kondisi bawah permukaan, terutama terkait dengan posisi bidang gelincir dan batas-batas daerah rawan longsor ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil tersebut didasarkan pada kondisi umum peralihan tanah sepanjang titik-titik *sounding* 10, 9, dan 7 pada saat musim hujan.

Hal ini dikarenakan bencana longsor sering terjadi pada saat musim hujan, karena pada saat itu kondisi tanah jenuh air. Daerah sepanjang garis yang dinyatakan dengan daerah rawan longsor memiliki potensi longsor yang tinggi dibanding daerah di atasnya. Namun batas lapisan dalam arah lateral masih belum

terdeteksi dan masih diperlukan pengukuran lanjutan untuk memperoleh gambaran detail tentang batas lateral dari bidang gelincir.

Sistem lapisan tanah sepanjang titik *sounding* 10, 9, dan 7 mengindikasikan adanya struktur lapisan tanah yang memiliki stabilitas yang rendah dan berpotensi sebagai bidang gelincir. Lapisan tanah tersebut merupakan lapisan tanah yang tersisipi oleh fluida sehingga interaksi secara mikro antar mineral penyusun tanah akan mudah lepas. Fluida yang tersisipi dalam tanah ini meningkat karena kenaikan muka air tanah. Hal ini banyak terjadi pada saat musim hujan, saat intensitas curah hujan meningkat sehingga volume air tanah yang tersimpan juga akan meningkat. Penggunaan lahan untuk pertanian dan membutuhkan banyak air menyebabkan air hasil pengairan sawah yang meresap ke dalam tanah dan terakumulasi pada suatu daerah akan menggerus tanah sehingga apabila terdapat beban di atasnya akan dapat mempercepat proses terjadinya tanah longsor.



Gambar 6. Interpretasi umum bawah permukaan sepanjang titik *sounding* 10, 9, dan 7.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dengan metode geolistrik resistivitas dapat dideskripsikan bahwa sistem perlapisan yang terdapat pada daerah penelitian terdiri dari empat lapisan tanah yang tersusun atas tanah lanau lempung berpasir, lanau pasir, dan lanau pasir berlempung. Secara umum lapisan tanah rata-rata pada lokasi penelitian berupa lanau berlempung berpasir berwarna coklat mulai dari muka tanah setempat hingga kedalaman 30 meter. Material tanah jenis tersebut memiliki formasi renggang (*unconsolidated material*) sehingga relatif tidak stabil dan apabila ada gangguan terhadap strukturnya, ikatan antar butir sangat mudah lepas. Interpretasi umum tentang kondisi bawah permukaan menunjukkan bahwa pada daerah penelitian terdapat lapisan tanah yang diindikasikan sebagai bidang gelincir dan dapat berpotensi sebagai pemicu terjadinya gerakan tanah.

## Saran

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah gambaran umum tentang struktur lapisan tanah daerah rawan bencana tanah longsor. Informasi tentang struktur bawah permukaan dan hasil pemetaan potensi terjadinya tanah longsor perlu diketahui dan dikomunikasikan dengan pihak terkait agar dapat dilakukan tindakan pencegahan sehingga resiko yang muncul ketika bencana tanah longsor terjadi dapat dikurangi. Selain itu, diharapkan adanya peningkatan kesadaran dan kepedulian masyarakat terhadap persoalan-persoalan lingkungan, karena banjir dan tanah longsor dapat menimbulkan kerusakan bagi manusia dan lingkungannya. Masyarakat setempat harus waspada dan selalu berupaya untuk mencegah terjadinya tanah longsor, misalnya dengan

pelestarian hutan dan penanaman di lereng atau tebing.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dobrin MB & Savit CH. 1988. *Introduction to Geophysical Prospecting 4<sup>th</sup> Edition*. McGraw Hill. New York
- Hack R. 2000. Geophysics for slope stability. *Surveys in Geophysics*. **21**:432-448.
- Meric O, Garambois S, Jongmans D, Wathelet M, Chatelain JL, Vengeon JM. 2005. Application of geophysical methods for the investigation of the large gravitational mass movement of Séchilienne. France. *Can Geotech*. **42**:1105-1115.
- Panissod C, Benderitter MD, Tabbagh Y. 2001. On the effectiveness of 2D electrical inversion results: An agriculture case study. *Geophysical Prospecting*. **49**:570-576.
- Park SG, Asano S, Matsuura S, Okamoto T, Kim JH. 2005. Geoelectrical laboratory and field studies of groundwater occurrence in a landslide area: a case study from Japan. *Exploration Geophysics*. **36**:86-91.
- Prayogo S & Utama W. 2003. Survei resistivitas 3-dimensi untuk menentukan distribusi tahanan jenis tanah bawah permukaan daerah rawan longsor di desa Lumbang Rejo. Prigen. Jawa Timur. *The Proc Joint Convention HAGI-IAGI Jakarta*. P 759.
- Sheriff RE. 2002. *Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics*. Society of Exploration Geophysicist. Tulsa Oklahoma. USA.
- Telford WM, Geldart LP, Sheriff RE. 1990. *Applied Geophysics. Second Edition*. Cambridge University Press. United State of America.
- Wahyono SC, Priyantari N, Jaya MS, Utama W. 2003. Interpretasi bawah permukaan 2-d dengan metode geolistrik pada daerah rawan bencana gerakan tanah di desa Lumbang Rejo. Prigen. Pasuruan. *Prosidi Sem Nas Pascasarjana III-2003*. Surabaya.