



## APLIKASI METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS UNTUK MENGETAHUI POTENSI LONGSOR DAN AMBLES DI JALAN WELERI-SUKOREJO KABUPATEN KENDAL

Rafi Wido Pramatasari<sup>✉</sup>, Khumaedi, Suharto Linuwih

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia  
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima September 2015  
Disetujui Oktober 2015  
Dipublikasikan November 2015

#### Keywords:

*geolistrik, longsor, ambles, resistivitas, konfigurasi Schlumberger geoelectric, landslides, subsidence, resistivity, Schlumberger configuration*

### Abstrak

Jalan raya penghubung Kecamatan Weleri-Sukorejo merupakan sarana transportasi yang memberikan berbagai akses informasi dari segi ekonomi, sosial maupun budaya yang lancar, cepat dan aman. Longsor dan ambles dapat mengakibatkan rusaknya sarana dan prasarana. Penelitian ini bertujuan menggambarkan kondisi struktur geologi bawah permukaan berdasarkan data geolistrik resistivitas dan mengidentifikasi titik potensi longsor dan ambles. Metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* digunakan untuk mengidentifikasi longsor dan ambles di lokasi penelitian. Akuisisi data dilakukan pada tiga lokasi, masing-masing lokasi terdiri atas lima lintasan dengan panjang lintasan 75 m. Pengolahan data dilakukan menggunakan *software Res2dinv* dan *surfer 10.0*. Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan nilai resistivitas 0-316  $\Omega\text{m}$ . Hasil penelitian ini menandakan bahwa potensi longsor dan ambles ditunjukkan dengan adanya patahan dan bidang gelincir. Longsor pada lokasi A merupakan jenis longsor rotasi sedangkan pada lokasi B merupakan jenis longsor translasi, hal ini dikarenakan adanya patahanyang menyebabkan amblesan dan terlihatnya pola bidang gelincir berbentuk rata. Pada lokasi C tidak dapat diketahui jenis longsortnya karena pola bidang gelincir yang tidak terlihat.

### Abstract

The road which connecting the District of Weleri-Sukorejo is a means of transportation that provides a wide range of access to information in terms of economic, social and culture which is smoot, quick and safe. Landslides and subsidence can cause damage to infrastructure. This study aims to describe the condition of the geological structure of the subsurface based on data geoelectric resistivity found points of potential landslides and subsidence. Schlumberger configuration geoelectric method used to identify landslides and subsidence in this study. Data acquisition is done at three locations, each location consists of five tracks with 75 m length. Data processing was performed using the software *Res2Dinv*, *Res3Dinv* and *Surfer 10.0*. Based on the results of data processing obtained resistivity values 0-316  $\Omega\text{m}$ . The results of this study indicates that the potential for landslides and subsidence indicated the presence of faulting and sliding plane. The type of landslides in location A is the landslides kind of rotation while at the location B is a kind of landslides of translation, this is due to the fault which caused subsidence and visibility of flat-shaped pattern sliding plane. At location C can not be known type of landslides due to sliding plane pattern which is not visible.

## PENDAHULUAN

Kawasan pegunungan di Indonesia mayoritas merupakan tempat atau kawasan wisata alam yang banyak dikunjungi oleh wisatawan baik domestik maupun mancanegara. Salahsatunya kawasan wisata pegunungan Curugsewu-Sukorejo. Akses jalan menuju kawasan wisata Curugsewu-Sukorejo ini cukup berliku sesuai dengan kondisi jalan pegunungan pada umumnya. Pada ruas jalan Weleri-Sukorejo Kabupaten Kendal dijumpai lereng yang rawan longsor disebabkan pola guna lahan yang sudah banyak berubah di daerah tersebut, banyak lahan yang dipergunakan sebagai lahan pertanian atau perkebunan sayur.

Pada tanggal 2 Pebruari 2014 di daerah ruas jalan Weleri-Sukorejo Desa Pagergunung, Kecamatan Pageruyung, tebing setinggi 15 meter mengalami longsor, akibatnya akses jalan tertutup dan arus lalu lintas tersendat. Selang beberapa hari, pada tanggal 7 Pebruari 2014, berita harian Suara Merdeka memberitakan bahwa jalan yang menghubungkan Kecamatan Weleri-Sukorejo kembali ditutup, setelah sebelumnya tertutup longsor tebing, kini giliran jalan ambles sedalam dua meter. Jalan yang ambles berada di Dukuh Nguwok Desa Surokonto Wetan Kecamatan Pageruyung. Kendaraan yang melintas harus bergantian sebab lebar jalan hanya tersisa dua meter (Suara Merdeka, 2014).

Tanah longsor merupakan fenomena alam, namun beberapa aktivitas manusia dapat memicu terjadinya bencana tanah longsor. Salah satu faktor penyebab longsor yang sangat berpengaruh adalah bidang gelincir (*slip surface*) atau bidang geser (*shear surface*). Pada umumnya tanah

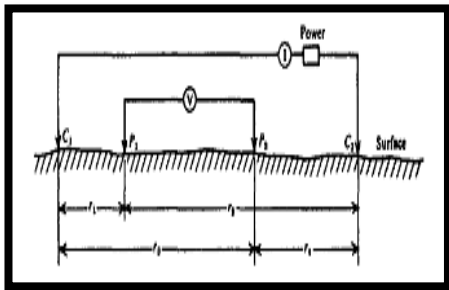
yang mengalami longsor akan bergerak di atas bidang gelincir tersebut (Darsono *et al.*, 2012: 58). Penambahan air yang meresap ke dalam pori tanah atau batuan terutama pada saat musim hujan akan mengakibatkan perubahan harga resistivitas tanah. Oleh karena itu metode geolistrik resistivitas dapat dimanfaatkan untuk survei daerah rawan longsor, khususnya untuk menentukan ketebalan lapisan yang berpotensi longsor (Supeno *et al.*, 2008: 48 - 49).

Geolistrik ini merupakan metode geofisika aktif, dimana pengukuran arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Beberapa penelitian telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas untuk penelitian bahaya potensi longsor (Darsono *et al.*, 2012; Epada *et al.*, 2012; Stierman *et al.*, 1999; Tassone *et al.*, 2010; Supeno *et al.*, 2008; Virman *et al.*, 2013). Hasil interpretasi di lokasi penelitian terdeteksi litologi batuan berdasarkan nilai resistivitasnya sehingga peran penting dari data tersebut menunjukkan potensi terjadinya longsor.

Tujuan dari penelitian ini menggambarkan kondisi struktur geologi bawah permukaan berdasarkan data geolistrik resistivitas dan mengidentifikasi titik potensi longsor dan amblesan.

Geolistrik merupakan salah satu metoda geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Metode ini pada dasarnya menganggap bumi bersifat homogen isotropik, resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda, namun pada

kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan  $\rho$  yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Anggapan medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari dua lapis dan mempunyai resistivitas yang berbeda ( $\rho_1$  dan  $\rho_2$ ). Pengukuran medium ini dianggap medium satu lapis homogen yang memiliki satu harga resistivitas yaitu resistivitas semu ( $\rho_a$ ). Gambar 1. Susunan Elektroda Schlumberger (Telford, *et al.*, 1990)



Gambar 1. Susunan Elektroda Schlumberger (Telford, *et al.*, 1990)

Pada alat *Resistivity Multi-Channel* terdapat pengaturan konfigurasi yang diinginkan, alat tersebut otomatis muncul opsi *schlumberger* dan *wenner*. Konfigurasi geolistrik metode tahanan jenis yang ada dalam penelitian ini akan digunakan konfigurasi *Schlumberger* (Gambar 1), injeksi arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus ( $C_1C_2$ ) dan mengukur respon formasi batuan bawah permukaan pada elektroda potensial ( $P_1P_2$ ).

Untuk memperoleh informasi yang lebih dalam, pengukuran dilakukan dengan memperbesar spasi elektroda. Data yang diperoleh berupa arus ( $I$  dalam *ampere*) dan beda potensial ( $\Delta V$  dalam *volt*), dengan mengetahui nilai beda potensial dan arus listrik maka nilai tahanan jenis per lapisan batuan bawah permukaan dapat diprediksi.

Hubungan antara tahanan jenis, beda potensial dan arus listrik yang terukur memenuhi persamaan:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}$$

$$\rho = 2\pi \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \frac{\Delta V}{I}$$

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dengan  $K$  adalah faktor geometri dari konfigurasi elektroda yang digunakan di lapangan. Rumusan faktor geometri dapat dituliskan:

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}}$$

$$(2)$$

dengan  $r_1 = r_3 = r_2 = r_4 = a$

$$K = 2\pi a \quad (3)$$

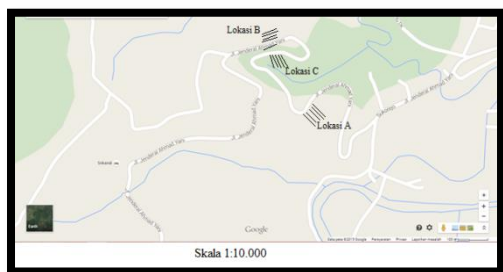
Dari Persamaan (1) didapatkan nilai resistivitas material. Untuk membedakan resistivitas material satu dengan yang lain maka diperlukan Tabel 1 sebagai bahan acuan.

**Tabel 1.** Variasi resistivitas material bumi (Telford *et al.*, 1990).

Bahan	Resistivitas ( $\Omega m$ )
Air	
Distilasi	$2 \times 10^5$
Permukaan	$30-3 \times 10^3$
Tambang	$0.4-6 \times 10^2$
Laut	0.21
Batuan	
Gabro	$10^3-10^6$
Batugamping	$50-10^7$
Batupasir	$1-6.4 \times 10^3$
Serpih	$20-2 \times 10^3$
Breksi	75-200
Konglomerat	$2 \times 10^3-10^4$
Alluvium dan	
pasir	10-800
Tufa	$2 \times 10^3-10^5$
Lempung	1-100
Tanah	$1-10^4$

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di ruas jalan Weleri-Sukorejo Kabupaten Kendal. Berikut peta lokasi penelitian Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

Daerah penelitian terletak pada Zone 49 UTM (Universal Transverse Mercator). Lokasi pertama di Desa Surokonto Wetan dukuh Nguwok, Dadap Ayam (lokasi A), berada pada posisi koordinat UTM X 395171m-395140m dan posisi koordinat UTM Y 9223300m-9223356m dengan elevasi 248m-269m yang terdiri atas lima lintasan yang membentang pada arah  $17^{\circ}NE$ , Lokasi kedua di Desa Pageruyung (lokasi B) berada pada posisi koordinat UTM X 395100m-395089m dan posisi koordinat UTM Y 9221676m-9221454m dengan elevasi 350m-345m terdiri atas lima lintasan yang membentang pada arah  $180^{\circ}NE$  dan untuk Lokasi ketiga di Desa Pageruyung (lokasi C) berada pada posisi koordinat UTM X 395047m-395002 m dan posisi koordinat UTM Y 9221987m-9221928m dengan elevasi 318m-334m terdiri atas lima lintasan yang membentang pada arah  $40^{\circ}NE$ . Panjang dari masing-masing lintasan pengukuran 75 meter dengan spasi antar elektroda 5 meter dan jarak dari masing-masing lintasan adalah 5 meter. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu konfigurasi Schlumberger.

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data adalah Resistivity S-Field, laptop, dua buah aki kering, enam belas buah elektroda arus dan potensial, dua gulung kabel arus dan potensial masing-masing 150 meter, palu geologi, meteran, dan GPS.

Tahapan dalam penelitian ini antara lain tahap persiapan pra lapangan meliputi survei medan penelitian untuk menentukan lokasi pengukuran, pembuatan lintasan, penentuan panjang lintasan, penentuan patok, penentuan

spasi lintasan. Tahap persiapan lapangan meliputi persiapan alat mulai dari sewa alat, pengecekan kelengkapan dan kelayakan alat beserta komponen-komponennya, serta pembagian job description untuk masing-masing personil peneliti. Tahap pengolahan data, pada tahapan ini sepenuhnya menggunakan software untuk menganalisis data yang telah diperoleh, software yang digunakan yaitu Microsoft Excel, Res2Dinv, Res3Dinv dan Surfer 10.0. selanjutnya tahap interpretasi data yaitu data yang telah didapat dilapangan dari program GeoRes akan ditampilkan secara dua dimensi oleh Res2Dinv untuk setiap lintasannya. Pengolahan data resistivitas dengan menggunakan program Res2Dinv akan diperoleh analisa 2-D yang diwujudkan dengan gambar penampang model inversi dengan model topografi sesuai dengan keadaan alam yang berupa kedalaman dan nilai resistivitas pada tiap lapisan kemudian pada pengolahan 3-D dengan menggunakan program Res3Dinv, Surfer 10.0 setelah diolah menggunakan Microsoft Excel 2010 untuk dilihat perkedalaman dan perlapisannya. Tahap interpretasi data dilakukan berdasarkan pengamatan fisik dan dilihat dari peta geologi batuan penyusun daerah penelitian yang merupakan data penunjang melakukan interpretasi. Perbedaan nilai resistivitas dapat membedakan bentuk perlapisan bawah permukaan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

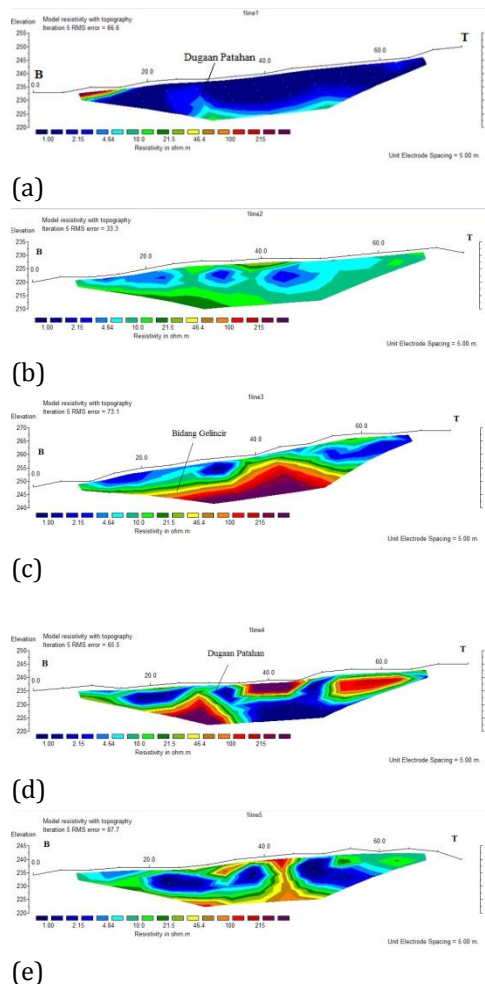
Interpretasi lapisan resistivitas batuan di masing-masing lokasi pengukuran diperoleh hasil antara kedalaman, material penyusun dan besar nilai resistivitas bawah permukaan dari model 2-D dan 3-D. Pada penelitian ini hasil analisa ditampilkan dengan menggunakan dua pengolahan yaitu *software Res2Dinv*, *Res3Dinv* dan *Surfer 10.0* karena dapat dijadikan sebagai pembanding dan pendukung. Secara geologi lokasi penelitian berada pada Formasi Damar (Qtd).

### Penampang Melintang 2-D

Hasil olah data 2-D menampilkan penampang resistvitas hasil inversi 2-D dengan model topografi sebagai berikut:

#### Lokasi A

Akuisisi data pada lokasi A terdiri dari lima lintasan yang sejajar dilakukan dengan mengambil panjang lintasan masing-masing 75 meter dengan jarak antar elektroda 5 meter dan jarak antar lintasan 5 meter, untuk mengetahui kemenerusan bawah permukaan berpotensi longsor. Lokasi A bentangan lintasan dengan arah  $17^{\circ}NE$  searah dengan arah arus aliran air di lereng lahan tanaman jagung. Lokasi pertama berada pada posisi koordinat UTM X 395172m-395141m dan posisi koordinat UTM Y 9223299m-9223353m dengan elevasi 233m-250m. Berikut hasil pengolahan data menggunakan *Res2Dinv* untuk kelima lintasan diperoleh penampang harga resistivitas semu.



Gambar 3. Penampang resistivitas hasil inversi citra 2-D dengan model topografi: (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, (c) lintasan 3, (d) lintasan 4, (e) lintasan 5.

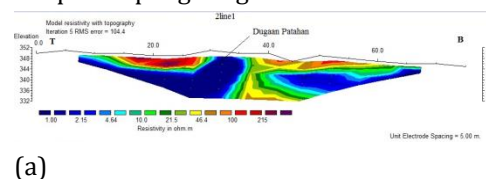
## Interpretasi 2-D Lokasi A

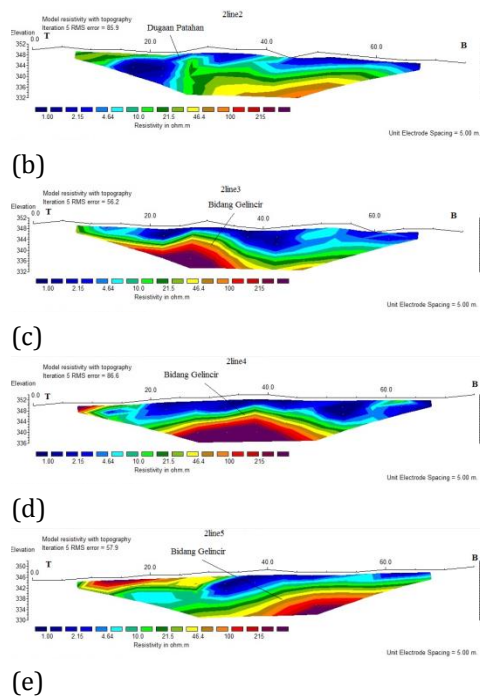
Hasil pengolahan untuk lokasi A, dimana lokasi pertama ini terletak di bekas longsor yang terjadi pada bulan Pebruari 2014, diperoleh harga resistivitas berkisar 0-316  $\Omega m$ . Berdasarkan peta geologi lembar Semarang-Magelang, lokasi penelitian berada pada Formasi Damar.

Berdasarkan gambar penampang resistivitas hasil inversi lokasi A terlihat adanya kemenerusan penyebaran lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang sama. Bentangan lintasan pada lokasi ini searah dengan aliran sungai. Lapisan yang mengandung air lebih banyak akan memiliki resistivitas lebih kecil sedangkan lapisan yang kedap air dibanding lainnya memiliki nilai resistivitas lebih besar. Pada umumnya tanah yang mengalami longsor akan bergerak diatas bidang gelincir. Pola anomali akibat adanya bidang gelincir ditunjukkan dengan warna kuning yang diduga sebagai lempung pasir dengan nilai resistivitas 46,6  $\Omega m$  sampai 90,8  $\Omega m$  pada kedalaman 6,38 meter. Apabila hujan turun dengan curah yang tinggi, air akan meresap ke dalam tanah yang kemungkinan akan terakumulasi di lapisan tersebut, sehingga lapisan yang mengalami pelapukan di atasnya akan bergerak menuruni lereng dan dapat memicu adanya tanah longsor lagi.

## Lokasi B

Akuisisi data pada lokasi B terdiri dari lima lintasan dilakukan dengan mengambil panjang lintasan masing-masing 75 meter dengan jarak antar elektroda 5 meter dan jarak antar lintasan 5 meter, untuk mengetahui kemenerusan bawah permukaan berpotensi ambles. Pada lokasi B bentangan lintasan dengan arah  $180^{\circ}NE$  sejajar dengan jalan. Lokasi kedua berada pada posisi koordinat UTM X 395091m-395097m dan posisi koordinat UTM Y 9221452m-9221452m dengan elevasi 244m-250m. Berikut hasil pengolahan data menggunakan *Res2Dinv* untuk kelima lintasan diperoleh penampang harga resistivitas semu.





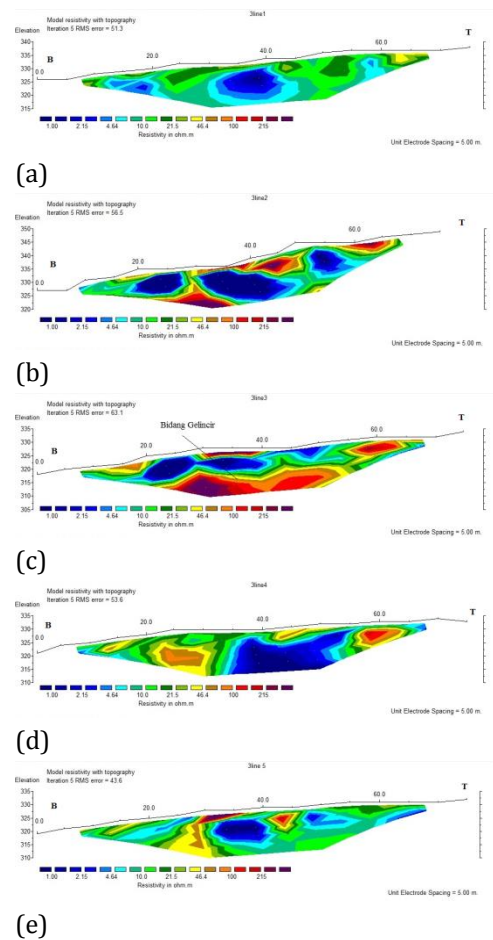
Gambar 4. Penampang resistivitas hasil inversi citra 2-D dengan model topografi: (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, (c) lintasan 3, (d) lintasan 4, (e) lintasan 5.

### Interpretasi 2-D Lokasi B

Gambar 4. (a) dan (b) menunjukkan lapisan yang mengandung air lebih banyak akan memiliki resistivitas lebih kecil, ditandai dengan warna biru dan harga resistivitas antara 1,00-4,64  $\Omega\text{m}$ . Lapisan resistivitas rendah ini memotong perlapisan antar batuan yang memiliki nilai resistivitas lebih tinggi pada bentangan meter ke 30-35 m, bidang ini merupakan bidang yang diduga berpotensi amblesan.

### Lokasi C

Akuisisi data pada lokasi C terdiri dari lima lintasan dilakukan dengan mengambil panjang lintasan masing-masing 75 meter dengan jarak antar elektroda 5 meter dan jarak antar lintasan 5 meter, untuk mengetahui kemenerusan bawah permukaan berpotensi longsor. Pada lokasi C bentangan lintasan dengan arah  $40^\circ\text{NE}$  di lereng tepi jalan yang baru ditanami pohon sengon. Lokasi C berada pada posisi koordinat UTM X 395048m-395006m dan posisi koordinat UTM Y 9221980m-9221919m dengan elevasi 326m-338m. Berikut hasil pengolahan data menggunakan *Res2Dinv* untuk kelima lintasan diperoleh penampang harga resistivitas semu.



Gambar 5. Penampang resistivitas hasil inversi citra 2-D dengan model topografi: (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, (c) lintasan 3, (d) lintasan 4, (e) lintasan 5

### Interpretasi 2-D Lokasi C

Hasil pengolahan untuk lokasi C akan diketahui potensi longsor. Hasil pengukuran diperoleh harga resistivitas berkisar 0-316  $\Omega\text{m}$ . Berdasarkan peta geologi lembar Semarang-Magelang, lokasi penelitian berada pada Formasi Damar. Berdasarkan gambar penampang resistivitas hasil inversi pada lokasi C tidak terlihat adanya kemenerusan penyebaran lapisan. Batuan yang mengalami pelapukan oleh air kemungkinan labil. Lokasi C menunjukkan adanya batuan yang tidak kompak.

### Penampang Kontur 3-D

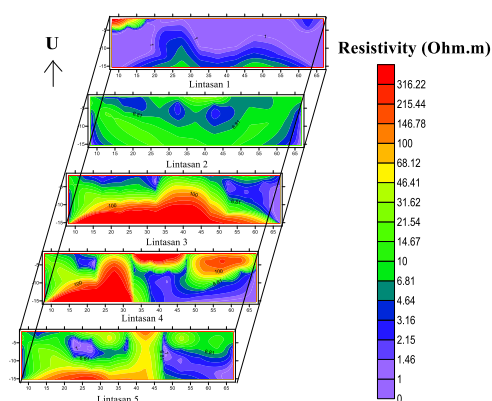
*Software* pemodelan 3 dimensi (3-D) ini adalah *software Surfer 10.0*. *Surfer 10.0*. *Software* ini merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur. Hasil inversi *Res2Dinv* disimpan dalam bentuk data XYZ, setelah itu diolah menggunakan *software Surfer 10.0* untuk



melakukan plotting data. Hasil plotting data penampang kontur vertikal 3-D menggunakan tiga sumbu. Sumbu x menyatakan panjang lintasan, sumbu y menyatakan kedalaman dan sumbu z menyatakan posisi lintasan.

#### Lokasi A

Kelima lintasan pada lokasi A jika digabung secara keseluruhan dengan menggunakan *software Surfer 10.0* akan menunjukkan penampang vertikal lapisan bawah permukaan daerah penelitian. Interpretasi penampang vertikal ditunjukkan pada Gambar 6.



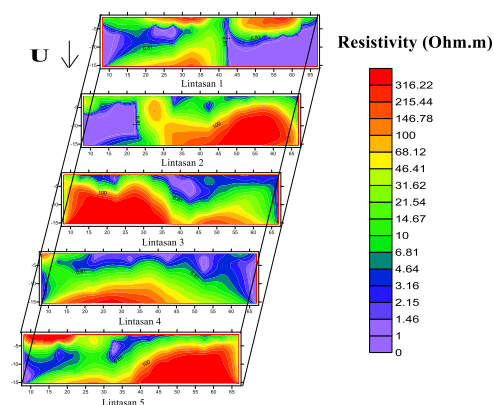
Gambar 6. Penampang kontur vertikal 3-D pada lokasi A

Kedalaman 1,25 m sampai 15,93 m pada Gambar 6. memiliki rentang nilai resistivitas sama, mulai 0-316,22  $\Omega\text{m}$ . Citra warna ungu hingga hijau diduga lempung berpasir, sedangkan citra warna coklat hingga merah diduga breksi vulkanik.

Berdasarkan hasil penampang kontur vertikal 3-D dapat diinterpretasi nilai resistivitas dari perbedaan citra warna, sehingga dapat diidentifikasi adanya kemenerusan bawah permukaan bahwa pada kedalaman 1,25 m pada lintasan 1-5. Resistivitas batuan rendah terlihat dari kedalaman 1,25 m sampai 9,26 m, sedangkan pada kedalaman 12,44 m sampai 15,93 m sudah terlihat persebaran batuan keras yang diduga batuan breksi. Beberapa bidang lemah yang ditandai warna biru hingga hijau dengan harga resistivitas antara 1,00-31,62  $\Omega\text{m}$  berada pada jarak 25 m sampai 60 m dengan kedalaman 3,75 m sampai 9,26 m. Kemenerusan batuan keras terlihat pada kedalaman 12,44 m-15,93 m. Dugaan akan terjadinya longsor ditandai adanya perpotongan antara bidang lemah dengan lapisan batuan yang memiliki nilai resistivitas tinggi.

#### Lokasi B

Kelima lintasan pada lokasi B jika digabung secara keseluruhan dengan menggunakan *software Surfer 10.0* akan menunjukkan penampang vertikal lapisan bawah permukaan daerah penelitian. Interpretasi penampang vertikal ditunjukkan pada Gambar 7.

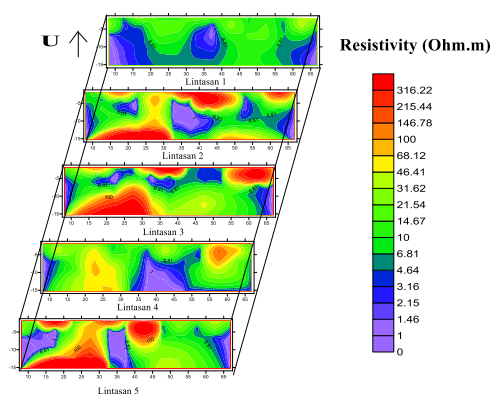


Gambar 7. Penampang kontur vertikal 3-D pada lokasi B

Bidang lemah pada lokasi B berada pada jarak ke 40 m sampai 50 m dengan kedalaman 3,75 m sampai 9,26 m. Bidang lemah yang ditandai warna biru hingga hijau dengan harga resistivitas antara 0-31,62  $\Omega\text{m}$  memotong perlapisan antar batuan yang memiliki nilai resistivitas lebih tinggi. Adanya kemenerusan batuan keras pada lokasi B berada pada kedalaman 12,44 m-15,93 m. Dugaan akan terjadinya ambles ditandai adanya perpotongan antara bidang lemah dengan lapisan batuan yang memiliki nilai resistivitas tinggi.

#### Lokasi C

Kelima lintasan pada lokasi C jika digabung secara keseluruhan dengan menggunakan *software Surfer 10.0* akan menunjukkan penampang vertikal lapisan bawah permukaan daerah penelitian. Interpretasi penampang vertikal ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Penampang kontur vertikal 3-D pada lokasi C

Batuan keras nampak pada jarak 10-30 m dengan kedalaman 12,44 m sampai 15,93 m. Sedangkan batuan dengan resistivitas rendah berada pada jarak 35-65 dengan kedalaman yang bervariasi. Interpretasi pada lokasi C tidak menunjukkan adanya pola bidang gelincir sehingga tidak dapat diketahui adanya potensi longsor.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan interpretasi lapisan batuan dari model 2-D dan 3-D pada masing-masing lokasi pengukuran, diketahui hasil antara lain; kedalaman lapisan, material penyusun dan rentang nilai resistivitas bawah permukaan. Hasil analisa ditampilkan dengan menggunakan dua *software* yaitu *Res2Dinv* dan *Surfer 10.0* supaya dapat dijadikan sebagai pembanding dan pendukung.

Olah data 2-D menampilkan penampang resistivitas hasil inversi 2-D dengan model topografi. Sedangkan olah data 3-D menampilkan hasil secara vertikal kedalaman lapisan bawah permukaan keseluruhan lintasan pada masing-masing lokasi penelitian. Setiap rentang nilai resistivitas menunjukkan jenis batuan yang berbeda, oleh karena itu hasil analisis tersebut harus dikorelasikan dengan geologi daerah pengukuran.

Berdasarkan hasil interpretasi dari penampang 2-D lokasi A, B dan C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6-8, terdapat lapisan-lapisan batuan yang berbeda. Perbedaan lapisan batuan terlihat dari perbedaan warna di setiap lapisannya. Litologi dari semua lintasan memiliki penyusun yang sama yaitu lempung pasir dan

breksi vulkanik. Berdasarkan pemodelan 2-D dan 3-D dibuat dalam rentang nilai resistivitas yang sama, sehingga dapat dilihat distribusi nilai resistivitas yang besarnya sama dan dapat diketahui bagaimana kemiringan lapisan batuan di daerah penelitian.

Besar kecilnya longsoran akan tergantung pada kondisi geologi dan mekanisme penyebab longsoran tersebut. Umumnya longsoran besar dipicu oleh getaran yang ditimbulkan gempa bumi dan longsoran pada material-material vulkanik (Imran *et al.*, 2012:189). Kondisi geologi daerah penelitian merupakan wilayah yang tidak pernah mengalami gempa yang besar. Oleh karena itu kondisi geologi lainnya seperti litologi, struktur geologi dan topografi memegang peranan penting sebagai penyebab longsoran.

Secara geologi, lokasi penelitian berada pada Formasi Damar (Qtd). Formasi Damar (Qtd) merupakan batupasir tufan, konglomerat dan breksi vulkanik. Batupasir mengandung mineral mafik, feldspar dan kuarsa. Breksi vulkanik mungkin diendapkan sebagai lahar. Breksi vulkanik merupakan batuan piroklastik yang terdiri atas fragmen dan matriks. Fragmen batuannya secara umum terdiri dari batuan beku basa yang berbentuk menyudut dengan ukuran antara 45-150 mm. Sedangkan matriksnya terdiri atas tufa kasar dengan ukuran butir antara 1/16-2 mm. Selain itu daerah penelitian tersusun oleh lempung pasir. Lempung pasir bersifat plastis dalam kondisi basah atau mengembang pada kondisi kering. Dalam kondisi kering lapisan tanah ini menjadi pecah-pecah.

Hasil survei lapangan menunjukkan bahwa jalan Weleri-Sukorejo yang mengalami longsoran tidak hanya dipengaruhi litologinya namun juga dipengaruhi kondisi alam antara lain; (a) lereng-lereng pada kelokan sungai. (b) lereng-lereng yang terpotong oleh jalur jalan (khususnya jalan Weleri-Sukorejo). Kejadian longsor untuk pemotongan lereng pada jalan Weleri-Sukorejo terjadi pada lokasi A pada musim hujan setiap tahun. (c) daerah yang dilalui patahan, dapat dilihat pada peta geologi (Gambar 2.1) berada di sebelah selatan daerah penelitian. Daerah ini dicirikan oleh adanya lembah/sungai dengan lereng curam dan tersusun oleh batuan yang retak-retak secara intensif, serta ditandai dengan munculnya beberapa mata air



pada sungai/lembah tersebut. Retakan-retakan batuan tersebut dapat mengakibatkan lereng mudah terganggu kestabilannya, sehingga dapat terjadi jatuhnya atau luncuran batuan apabila air meresap dalam retakan saat hujan, atau apabila terjadi getaran. (d) tata lahan/persawahan dan curah hujan yang tinggi sebagai pemicu.

Hasil pengolahan untuk masing-masing titik pengukuran diperoleh dua lapisan batuan dengan nilai resistivitas pada lapisan pertama antara 0-31,62  $\Omega$ m dan lapisan kedua 46,41-316,22  $\Omega$ m. Sedangkan informasi geologi menunjukkan bahwa daerah penelitian terdiri atas batupasir tufan, konglomerat, dan breksi vulkanik. Rentang nilai resistivitas ini sesuai dengan harga resistivitas material oleh Telford *et al.*, (1990) seperti pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil pengolahan data dari semua lintasan dengan *software Res2dinv* dan *Surfer 10.0* diperoleh penampang kontur resistivitas. Kontur resistivitas ini memberikan gambaran kondisi tanah atau batuan bawah permukaan. Lapisan pertama merupakan lempung pasir pada kedalaman 0-8 m dengan kisaran nilai resistivitas 0-100  $\Omega$ m dan lapisan kedua merupakan batuan breksi vulkanik pada kedalaman sekitar 8-15,9 m dengan kisaran nilai resistivitas 101-316,22  $\Omega$ m.

Longsor terjadi karena adanya gangguan kesetimbangan gaya yang bekerja pada lereng, yakni gaya pendorong (tegangan geser) dan gaya penahan (kuat geser). Ketidakseimbangan gaya yang bekerja tersebut disebabkan oleh adanya suatu proses yang menaikkan gaya pendorong atau mengurangi gaya penahan massa tanah/batuan sehingga menyebabkan lereng menjadi tidak stabil dan massa tanah/batuan bergerak turun (Mukaddas 2005:263). Hasil penelitian dari Epada *et al.*, (2012) di daerah Kekem, Western Cameroon, data geolistrik yang menunjukkan nilai resistivitas rendah diidentifikasi sebagai lapisan akuifer lempung pasir. Lapisan akuifer ini berperan penting sebagai pemicu proses longsor. Hasil penelitian di jalan Weleri-Sukorejo menunjukkan bahwa lempung pasir bertindak sebagai lapisan akuifer, sedangkan breksi vulkanik yang merupakan lapisan impermeable bertindak sebagai bidang gelincir.

Struktur geologi yang juga ditemukan di wilayah penelitian antara lain patahan dan perlapisan batuan. Patahan ditemukan terutama pada wilayah yang mempunyai kemiringan lereng sangat terjal dan pada lereng-lereng yang mengalami pemotongan dibagian bawahnya (Gambar 6-8). Lebar patahan mencapai 5-20 meter dan sangat potensial terjadi longsor.

Potensi longsor semakin besar karena di beberapa tempat terjadi pemotongan lereng, baik oleh sungai maupun oleh pembangunan jalan dan infrastruktur lainnya. Patahan terjadi akibat tekanan yang tidak seimbang pada suatu lapisan batuan. Dalam teori elastisitas, dijelaskan bahwa batuan akan mengalami deformasi (mengalami perubahan bentuk) apabila melewati ambang batas kekuatan elastisitasnya sehingga batuan tersebut akan mengalami patahan. Faktor rekahan/patahan sebagai salah satu penyebab terjadinya longsor juga telah dijelaskan oleh Klimeš dan Vilímek (2011) sebagaimana dikutip Imran *et al.*, (2012: 192). Struktur perlapisan yang dijumpai pada lapisan batuan umumnya searah dengan kemiringan lereng. Kondisi demikian dapat menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya longsor dan bahkan dapat bertindak sebagai bidang gelincir.

Berdasarkan gambar penampang kontur resistivitas 2-D dan 3-D pada lokasi A, terlihat adanya kemenerusan penyebaran lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang sama. Bentangan lintasan pada lokasi ini searah dengan aliran sungai, lapisan yang mengandung air lebih banyak akan memiliki resistivitas lebih kecil sedangkan lapisan yang kedap air dibanding lainnya memiliki nilai resistivitas lebih besar. Pada umumnya tanah yang mengalami longsor akan bergerak diatas bidang gelincir.

Penampang kontur 2-D lokasi B Gambar 4. (a) dan (b) menunjukkan beberapa lapisan yang mengandung air lebih banyak akan memiliki resistivitas lebih kecil yang ditunjukkan dengan warna biru dan harga resistivitas antara 1,00-4,64  $\Omega$ m. Lapisan ini memotong perlapisan antar batuan yang memiliki nilai resistivitas lebih tinggi pada meter ke 30-35 meter. Kemenerusan patahan terlihat pada Gambar 4. (a) dan (b). Bidang ini diduga berpotensi ambles. Dugaan akan terjadinya ambles tersebut ditandai adanya perpotongan

antara lapisan batuan resistivitas rendah dengan lapisan batuan resistivitas tinggi pada kedalaman 3,75 m sampai 9,26 m. Sedangkan pada Gambar 4. (c), (d), (e) tidak terlihat adanya patahan.

Berdasarkan gambar penampang resistivitas hasil inversi lokasi C tidak terlihat adanya kemenerusan penyebaran lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang sama. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah berkisar 0-100  $\Omega\text{m}$  dan lapisan yang memiliki nilai resistivitas tinggi berkisar 101-316  $\Omega\text{m}$ . Pada kedalaman 1,25 m sampai 15,93 m nilai resistivitasnya bervariasi dari mulai rendah ditunjukkan pada citra warna ungu hingga hijau diduga lempung pasir dan resistivitas tinggi ditunjukkan pada citra warna coklat hingga merah diduga breksi vulkanik.

Berdasarkan gambar penampang resistivitas hasil inversi lokasi C tidak terlihat adanya kemenerusan penyebaran lapisan. Batuan yang mengalami pelapukan oleh air kemungkinan bersifat labil. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah berkisar 0-100  $\Omega\text{m}$  dan lapisan yang memiliki nilai resistivitas tinggi berkisar 101-316  $\Omega\text{m}$ . Lokasi C menunjukkan batuan yang tidak kompak.

Jenis longsoran pada lokasi A jika dilihat dari pola bidang gelincir yang berbentuk lengkung tidak teratur, termasuk jenis longsoran rotasi seperti dapat dilihat pada Gambar 3. (c) dan (d). Adanya patahan yang menyebabkan ambles dan terlihatnya pola bidang gelincir berbentuk rata menunjukkan bahwa lokasi B memiliki kategori longsoran translasi. Sedangkan pada lokasi C tidak terlihat adanya pola bidang gelincir sehingga tidak dapat diketahui jenis longsorannya.

Hasil penelitian ini, dugaan potensi longsor ditunjukkan dengan adanya patahan dan bidang gelincir. Salah satu ciri patahan adalah adanya penurunan kedudukan lapisan batuan, dimana pada daerah penelitian dijumpai sungai dan pembatas jalan terlihat ambles. Berdasarkan hasil interpretasi, patahan dicirikan dengan nilai resistivitas yang lebih rendah dari daerah sekitarnya, sehingga terdapat diskontinuitas (ketidakkemenerusan) batuan.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

Data resistivitas yang didapatkan memberikan gambaran struktur bawah permukaan daerah penelitian tersusun oleh dua lapisan batuan. Lapisan pertama merupakan lempung pasir pada kedalaman 0-8 m dengan nilai resistivitas 0-100  $\Omega\text{m}$  dan lapisan kedua merupakan lapisan batuan breksi vulkanik pada kedalaman 8-15,9 m dengan kisaran nilai resistivitas 101-316  $\Omega\text{m}$ .

Titik potensi longsor berada pada lokasi A (UTM X 395140m-395171m dan UTM Y 9223300m-9223356m) yang merupakan jenis longsoran rotasi. Sedangkan titik potensi ambles berada pada lokasi B (UTM X 395089m-395100m dan UTM Y 9221454m-9221676) yang merupakan jenis longsor translasi dikarenakan adanya patahan yang menyebabkan ambles dan terlihatnya pola bidang gelincir berbentuk rata. Pada lokasi C tidak dapat diketahui jenis longsornya karena pola bidang gelincir yang tidak terlihat.

## SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

Perlu dilakukan penelitian yang berkelanjutan yaitu dengan penambahan panjang lintasan yang bertujuan penambahan target kedalaman sehingga dapat diperoleh gambaran bawah permukaan lebih dalam pada lokasi C.

Hasil dari penelitian ini menginformasikan tentang struktur bawah permukaan dan hasil potensi terjadinya 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, masyarakat setempat harus waspada dan selalu berupaya untuk mencegah terjadinya tanah longsor, misalnya dengan pelestarian hutan dan penanaman di lereng atau tebing.

## DAFTAR PUSTAKA

- Darsono.B. Nurlaksito, & B. Legowo. 2012. Identifikasi Bidang Gelincir Pemicu Bencana Tanah Longsor dengan Metode Resistivitas 2-Dimensi di Desa Pablengan Kecamatan Matesih Kabupaten Karanganyar.*Indonesian Journal of Applied Physics*, 2(1): 51-66.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. n.d. Pengenalan Gerakan Tanah. Vulcanological Survey of Indonesia.
- Epada, P. D., G. Sylvestre, & T.C. Tabod. 2012. Geophysical and Geotechnical Investigations of a Landslide in Kekem Area, Western Cameroon. *International Journal of Geosciences*, 3,780-789. [diakses 09- 02- 2015]
- Imran, A. M., B. Azikin. & Sultan. 2012. Perana Aspek Geologi Sebagai Penyebab Terjadinya Longsoran pada ruas Jalan Poros Malono – Sinjai. *Jurnal Geologi Indonesia*, 2(3):185-196.
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup. 2007. Analisis Potensi Rawan Bencana alam di Papua dan Maluku (Tanah Longsor-Banjir-Gempa Bumi-Tsunami).*Laporan Akhir*. Jakarta: Depusi Bidang Pembinaan Sarana Teknis dan Peningkatan Kapasitas.
- Lumbanbatu, U. M. & S. Hidayat. 2007. Evaluasi Awal Kerentanan Pelulukan/Likuefaksi Daerah Kendal dan Sekitarnya, Jawa Tengah. *Jurnal Geologi Indonesia*, 2(3): 159-176.
- Metode Geolistrik Tahanan Jenis-1 (Geogis). Geophysical Consulting and Instrumen Servies . diakses di <http://www.geocis.net>; <http://geocis.indonet-work.co.id>
- Miqdad, M. 2008. Penentuan Resistivitas Tanah pada Zona Labil dengan Aplikasi Gelistrik Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger (studi kasus di Desa Pongangan, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, Jawa Tengah). Skripsi. Semarang: FMIPA UNNES.
- Mukaddas, A. 2005. Studi Geolistrik dan Geologi Pada Daerah Rawan Gerakan Tanah. *Smartek*, : 262-269
- Stierman, D.J. & J.E. Brady. 1999. Electrical Resistivity Mapping of Landscape Modifications at the Talgua Site, Olancho, Honduras. *Geoarcheology. An International Journal*, 14(6), 495-510. [diakses 09- 02- 2015]
- Suara Merdeka.com
- Supeno, N. Priyantari. & G. Halik. 2008. Penentuan Struktur Bawah Permukaan Daerah Rawan Longsor Berdasarkan interpretasi Data Resistivitas. *Jurnal Ilmu Dasar*, 9(1) :48-55.
- Tassone, A., M. Santomauro., M. Menichetti., M. E. Carredo., M. B. Remesal., H. Lippai., E. Lodolo, & J. F Vilas. 2010. Imaging Subsurface Lithological and Structural Features by Resistivity Tomography: North Beagle Channel ( Tierra del Fuego, Argentina). *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas*, v. 27, num 3, 2010, p. 562-572. [diakses 22-01-2015].
- Thanden, R. E., H. Sumadirja, P. W. Richards, K. Sutisna & T. C. Amin. 1996. Peta Geologi Bersistem, Indonesia: Lembar Magelang-Semarang [peta geologi]. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1 lembar.
- Telford, W.M., L.P. Geldart, & R.E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics* ( 2<sup>nd</sup> ed.). New York: Cambridge University Press.
- Virman, P.G.DLasmono, & M.A.Massinai. 2013. Identifikasi Bidang Gelincir Daerah Kepulauan Serui Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. Makalah diseminarkan pada Seminar Nasional Fisika. Makasar : FMIPA Universitas Makasar.