

DOI: doi.org/10.21009/SPEKTRA.012.13

PENERAPAN METODE GEOLISTRIK-2DUNTUK IDENTIFIKASI AMBLASAN TANAH DAN LONGSORAN DI JALAN TOL SEMARANG – SOLO KM 5⁺⁴⁰⁰ – KM 5⁺⁸⁰⁰

Budy Santoso^{a)}

Departemen Geofisika FMIPA Unpad, Jl.Raya Bandung – Sumedang Km.21, Jatinangor, Sumedang 45363

^{a)}Email: budi@geophys.unpad.ac.id

Abstrak

Amblasan tanah serta longsor yang terjadi di Jalan Tol Semarang – Solo km 5⁺⁴⁰⁰ – km 5⁺⁸⁰⁰ faktor pemicu utamanya adalah air yang dipermukaan dan dibawah permukaan. Faktor lainnya adalah adanya satuan batulempung dari Formasi Kerek yang berfungsi sebagai bidang gelincir yang berada dibawah jalan tol. Salah satu metode geofisika yang dapat mengidentifikasi amblasan tanah serta longsor yaitu Metode Geolistrik. Metode Geolistrik dapat mendeteksi amblasan tanah dan bidang longsor berdasarkan citra resistivitas batuan. Akusisi data geolistrik menggunakan metode *lateral mapping-2D* konfigurasi *Wenner*. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv*. Berdasarkan penampang resistivitas yang telah dikorelasikan dengan data bor dan geologi setempat, maka diperoleh jenis batuan dan nilai resistivitasnya sebagai berikut : batulempung menyerpah padat : ≤ 6 Ohm.m, pasir kerikil kerakal bongkah padat : (6 – 20) Ohm.m, lempung lanauan sedikit pasir : (21 – 35) Ohm.m dan lanau lempungan berkerikil sedikit *boulder* : (36 – 160) Ohm.m.

Kata kunci : resistivitas, amblasan tanah, bidang gelincir, longsor.

Abstract

Land subsidence and landslides occurring on Highway Semarang - Solo km 5+400 – km 5+800 main trigger factor is water of surface and subsurface. Another factor is presence claystone of Formation Kerek which serves as a sliding plane under highway. One of geophysical methods to identify land subsidence and landslides is Geoelectric Method. Geoelectric Method can detect land subsidence and landslides plane based resistivity imaging of rock. Geoelectric data acquisition using 2D-lateral mapping method of Wenner configuration. Data processing using Res2Dinv software. Based on cross-section resistivity has been correlated with drill data and local geology, it is obtained lithology and resistivity value as follows: shale claystone of solid ≤ 6 Ohm.m, gravel sand of solid lumps : (6 - 20) Ohm.m, silty clay of sand slightly : (21 - 35) Ohm.m and clayey silt pebbly slightly boulder : (36 - 160) Ohm.

Keywords: resistivity, land subsidence, sliding plane, landslide.

1. PENDAHULUAN

Pada bulan Maret 2011 di Jalan Tol Semarang-Solo km 5⁺⁴⁰⁰ s.d. km 5⁺⁸⁰⁰ terjadi amblasan tanah. Jalan yang amblas ini berada di ruas Jalan Gedawang-Susukan, tepatnya di Kelurahan Gedawang, Kec. Banyumanik, Semarang. Amblasnya tanah bersama lapisan aspal pada km 5⁺⁴⁰⁰ s.d. km 5⁺⁸⁰⁰

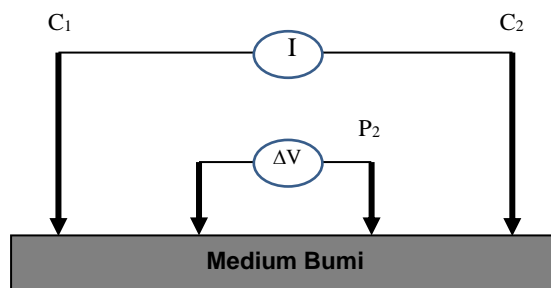
sepanjang ± 400 m dengan kedalaman ± 85 cm. Amblasan tanah di Jalan Tol Semarang-Solo telah terjadi beberapa kali pada km yang berbeda, diantaranya : pada bulan April 2014 di km 34^{+600} dan terjadi lagi pada bulan Juni 2015 di km 21^{+400} [1]. Dalam makalah ini akan di bahas identifikasi amblasan tanah dan longsoran di Jalan Tol Semarang-Solo km 5^{+400} km s.d. km 5^{+800} .

Menurut [2] satuan batuan yang terdapat di ruas Jalan Gedawang-Susukan, Banyumanik terdapat tiga satuan batuan terdiri atas : koluviyal, breksi dan batupasir Formasi Kaligetas serta batulempung Formasi Kerek. Satuan koluviyal terdiri dari endapan erosi berukuran pasir sampai kerakal dan beberapa tempat terdapat bongkah batuan andesit. Satuan koluviyal berumur paling muda yang diendapan secara tidak selaras dengan satuan breksi dan batupasir Formasi Kaligetas. Satuan breksi dan batupasir Formasi Kaligetas diendapkan secara tidak selaras di atas satuan batulempung Formasi Kerek. Satuan batulempung diendapkan pada Miosen sebagai endapan rawa – laut dangkal. Sedangkan satuan breksi dan batupasir Formasi Kaligetas diendapkan pada Plistosen sebagai endapan darat hasil produk vulkanik atau dikenal sebagai endapan unggaran tua.

Faktor pemicu utama terjadinya amblasan tanah dan longsoran di Jalan Tol Semarang-Solo km 5^{+400} s.d. 5^{+800} adalah adanya air dan batu lempung di bawah jalan tol. Batulempung merupakan jenis batuan yang berfungsi sebagai bidang gelincir. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan bidang gelincir, longsoran serta amblasan tanah adalah metode geolistrik.

Metode geolistrik terdapat beberapa macam, diantaranya : Metode resistivitas, *induced polarization (IP)*, self potensial, dan lain-lain. Dalam penelitian ini metode geolistrik yang digunakan yaitu metode geolistrik resistivitas. Pada metode geolistrik resistivitas, sifat aliran listrik yang dipelajari adalah resistivitas batuan. Resistivitas batuan merupakan besaran fisika yang berhubungan dengan kemampuan suatu lapisan batuan dalam menghantarkan arus listrik. Lapisan batuan yang mempunyai nilai resistivitas rendah berarti mudah menghantarkan arus listrik, sebaliknya jika lapisan batuan mempunyai nilai resistivitas tinggi berarti sulit menghantarkan arus listrik.

Cara pengukuran metode geolistrik resistivitas dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik searah ke dalam bumi melalui dua elektroda arus (C_1 dan C_2). Selanjutnya respon beda potensial antara dua titik dipermukaan yang diakibatkan oleh aliran arus tersebut, diukur melalui dua elektroda potensial (P_1 dan P_2). Skema pengukuran dengan metode geolistrik ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prinsip kerja metode geolistrik resistivitas.

Berdasarkan nilai arus listrik (I) yang diinjeksikan dan beda potensial (ΔV) yang ditimbulkan, besarnya resistivitas (ρ) dapat dihitung dengan persamaan rumus dibawah ini :

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

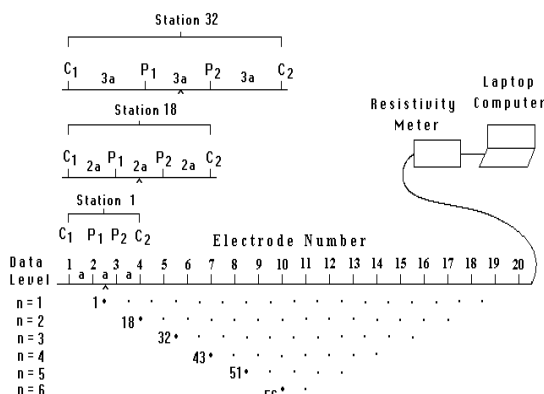
Parameter K disebut faktor geometri. Faktor geometri merupakan besaran koreksi terhadap perbedaan letak susunan elektroda arus dan potensial. Oleh karena itu, nilai faktor geometri ini sangat ditentukan oleh jenis konfigurasi pengukuran yang digunakan.

2. METODE PENELITIAN

Metode geofisika yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik. Metode geolistrik memanfaatkan sifat penjalaran arus listrik yang diinjeksikan ke dalam tanah melalui dua buah elektroda arus, kemudian beda potensial yang terjadi diukur melalui dua buah elektroda potensial yang ditancapkan dipermukaan tanah [3]. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam membedakan resistivitas batuan yang jenuh air, resistivitas batuan bidang gelincir, serta resistivitas batuan yang amblas. Batuan pada bidang gelincir memiliki nilai resistivitas lebih kecil dibandingkan dengan resistivitas batuan bidang longsor dan resistivitas batuan yang amblas. Adanya kontras nilai resistivitas ini sangat memungkinkan bahwa lapisan bidang gelincir, amblasan tanah, serta lapisan batuan yang longsor dapat diketahui.

Metode geolistrik resistivitas telah terbukti berhasil dalam kegiatan eksplorasi dangkal, seperti eksplorasi air tanah (penentuan akuifer), analisa struktur lapisan tanah untuk tujuan geoteknik, dan pencarian mineral logam [4]. Identifikasi amblasan tanah dan longsor termasuk dalam kategori eksplorasi dangkal, sehingga sangat sesuai jika menggunakan metode geolistrik ini.

Metode yang digunakan dalam akuisisi data geolistrik resistivitas, yaitu lateral-mapping 2D. Dengan menggunakan metode lateral-mapping 2D, resistivitas batuan secara lateral dan vertikal dapat diketahui. Konfigurasi elektroda yang digunakan dalam akuisisi data geolistrik-2D yaitu Konfigurasi *Wenner*. Sistematika pengukuran geolistrik dengan menggunakan konfigurasi *Wenner* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema pengukuran geolistrik menggunakan konfigurasi *Wenner* [5]

Pada Gambar 2, C_1 dan C_2 adalah pasangan elektroda arus, P_1 dan P_2 adalah pasangan elektroda potensial dan a adalah spasi antar elektroda dengan jarak yang sama. Faktor geometri konfigurasi *Wenner* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

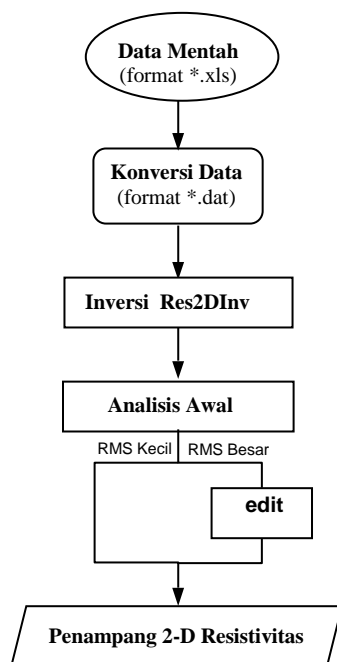
$$K = 2\pi a \quad (2)$$

Nilai resistivitasnya dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$\rho_s = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

dengan ρ_s : resistivitas semu (Ohm.m), ΔV : beda potensial (V), I : arus yang diinjeksikan (A), dan a : spasi antara pasangan elektroda arus dan elektroda potensial (m).

Data mentah yang diperoleh dari hasil pengukuran geolistrik masih merupakan nilai resistivitas semu. Untuk memperoleh nilai resistivitas sebenarnya, maka dilakukan pengolahan data menggunakan metode inversi. Perangkat lunak inversi yang digunakan dalam pengolahan data resistivitas yaitu *Res2Dinv* [6]. Diagram alir pengolahan data secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir pengolahan data resistivitas menggunakan program Res2DInv

Peralatan lapangan yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai spesifikasi untuk pengukuran resistivitas 2D, yaitu Resistivity Meter Naniura Multielectrodes yang dilengkapi dengan switch box yang dapat mengatur perpindahan elektroda sampai dengan 50 elektroda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran geolistrik-2D dengan konfigurasi *Wenner* telah dilakukan di Jalan Tol Semarang – Solo km 5⁺⁴⁰⁰ – km 5⁺⁸⁰⁰ sebanyak 5 lintasan. Lintasan 1 dan lintasan 2 (km 5⁺⁴⁰⁰ – km 5⁺⁸⁰⁰) berarah Utara – Selatan searah dengan jalan tol dengan panjang setiap lintasan 400 m. Lintasan 3 (km 5⁺⁶⁵⁰), lintasan 4 (km 5⁺⁶⁰⁰) dan lintasan 5 (km 5⁺⁵⁵⁰) posisinya melintang terhadap jalan tol atau tegak lurus lintasan 1 dan 2, berarah Barat – Timur dengan panjang setiap lintasan 200 m.

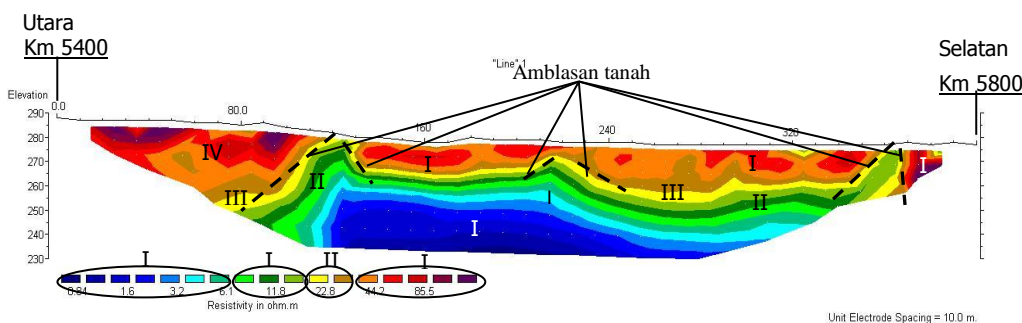
Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik lintasan 1 dan 2 yang telah dikorelasikan dengan data bor dan geologi setempat maka diperoleh jenis batuan serta nilai resistivitasnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Resistivitas batuan di daerah penelitian

NO.	JENIS BATUAN	RESISTIVITAS (OHM.M)
1.	Batulempung menyerpih padat	≤ 6
2.	Pasir kerikil kerakal bongkah padat	6 – 20
3.	Lempung lanauan sedikit pasir	21 - 35
4.	Lanau lempungan, berkerikil sedikit <i>boulder</i>	26 - 160
5.	Jenuh air (<i>saturated zone</i>)	≤ 2,5

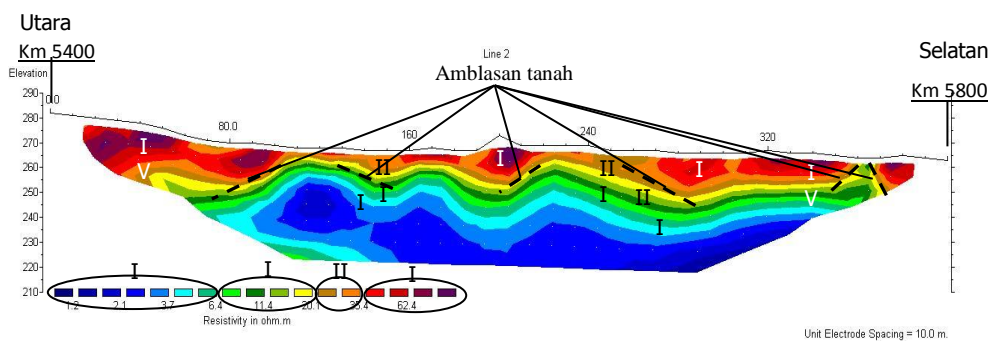
Nilai resistivitas batuan pada Tabel 1 selanjutnya akan digunakan sebagai referensi untuk menentukan resistivitas amblas tanah, resistivitas batuan bidang gelincir, dan resistivitas batuan bidang longsor.

Pada Gambar 4 menampilkan penampang resistivitas lintasan 1 yang berada di bahu jalan tol yang amblas dan sejajar dengan jalan tol. Pada penampang resistivitas terlihat beberapa jenis batuan yang mengalami amblas, yaitu : lanau lempungan berkerikil sedikit boulder (IV) dengan nilai resistivitas (36 – 160) Ohm.m pada kedalaman (0 – 17) m dari permukaan tanah, lempung lanauan sedikit pasir (III) dengan nilai resistivitas (22,8 – 35) Ohm.m pada kedalaman (1 – 25) m dari permukaan tanah dan pasir kerikil kerakal bongkah padat (II) dengan nilai resistivitas (6,5 – 22) Ohm.m pada kedalaman (20 – 30) m dari permukaan tanah. Pada lapisan paling bawah dengan nilai resistivitas < 6,1 Ohm.m pada kedalaman + 22 m dari permukaan tanah terdapat lapisan impermeable yang diduga Batulempung menyerpih padat (I).



Gambar 4. Penampang resistivitas lintasan 1. I : Batulempung menyerpih padat $\leq 6,1$ Ohm.m, II : Pasir kerikil kerakal bongkah padat (6,5 – 22) Ohm.m, III : Lempung lanauan sedikit pasir (22,8 – 35) Ohm.m, IV: Lanau lempungan berkerikil sedikit boulder (36 – 160) Ohm.m.

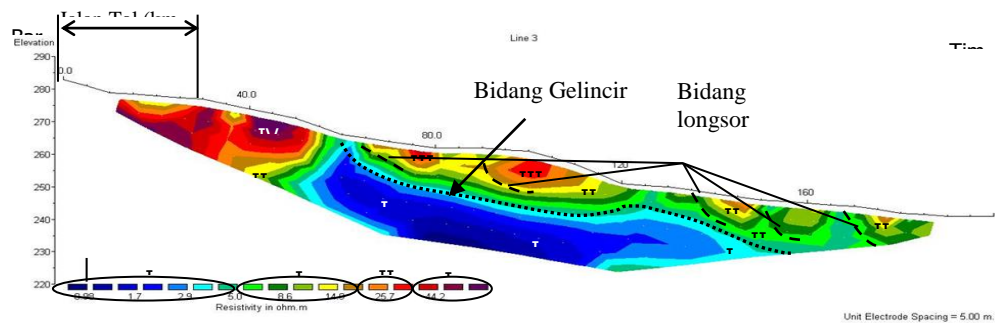
Pada Gambar 5 menampilkan penampang resistivitas lintasan 2 yang berada di bawah bahu jalan tol yang amblas dan sejajar dengan jalan tol. Lapisan batuan / tanah yang amblas terdapat pada beberapa lapisan batuan yang dekat permukaan, yaitu : lanau lempungan berkerikil sedikit boulder (IV) dengan nilai resistivitas (36 – 110) Ohm.m, lapisan batuan dengan nilai resistivitas (21 – 35,4) Ohm.m yang diduga lempung lanauan sedikit pasir (III) dan pasir kerikil kerakal bongkah padat (II) dengan nilai resistivitas (7 – 20,1) Ohm.m. Pada lapisan paling bawah dengan kedalaman ± 19 m dari permukaan tanah diduga terdapat batulempung menyerpih padat (I) dengan nilai resistivitas $\leq 6,4$ Ohm.m yang merupakan lapisan batuan yang tidak mengalami amblas / lapisan stabil.



Gambar 5 Penampang resistivitas lintasan 2. I : Batulempung menyerpih padat < 6,4 Ohm.m, II: Pasir kerikil kerakal bongkah padat (7 – 20,1) Ohm.m, III : Lempung lanauan sedikit pasir (21 – 35,4) Ohm.m, IV. Lanau lempungan berkerikil sedikit boulder (36 – 110) Ohm.m.

Pada penampang resistivitas lintasan 3 (Gambar 6), gerakan tanah / longsor terdapat pada lapisan batuan yang mempunyai nilai resistivitas > 6 Ohm.m, yaitu : lanau lempungan berkerikil sedikit boulder (IV) dengan nilai resistivitas (36 – 82) Ohm.m, lempung lanauan sedikit pasir (III) dengan nilai resistivitas (21 – 35) Ohm.m dan pasir kerikil kerakal bongkah padat dengan nilai resistivitas (6 – 20) Ohm.m. Proses terjadinya longsor pada lintasan ini karena adanya air hujan yang meresap ke dalam batuan porous yaitu : pasir kerikil kerakal bongkah padat, lanau lempungan berkerikil sedikit

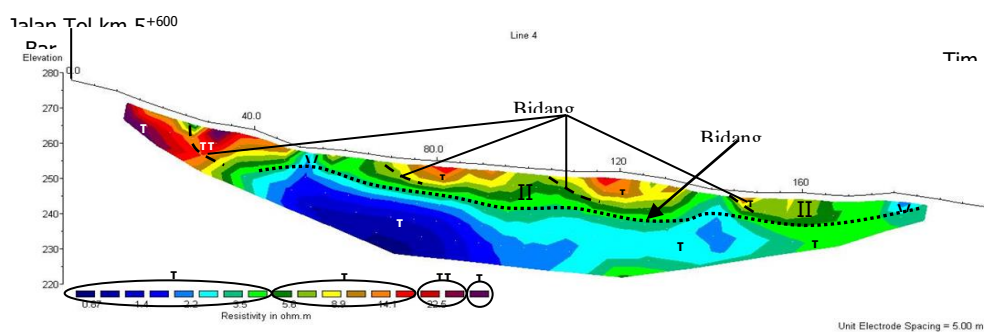
boulder dan lempung lanauan sedikit pasir, sehingga menambah massa batuan / tanah. Selanjutnya air hujan tersebut meresap sampai ke lapisan batuan yang kedap air (impermeable) yang diduga batulempung menyerpih padat (I) dengan nilai resistivitas < 5 Ohm.m. Adanya air diatas batulempung menyebabkan batuan tersebut menjadi licin, sehingga akan menggelincirkan semua batuan yang berada diatasnya. Oleh karena itu batulempung menyerpih padat (I) berfungsi sebagai bidang gelincir.



Gambar 6 Penampang resistivitas lintasan 3. I : Batulempung menyerpih padat < 5 Ohm.m, II : Pasir kerikil kerakal bongkah padat (6 – 20) Ohm.m, III : Lempung lanauan sedikit pasir (21 – 35) Ohm.m, IV. Lanau lempungan berkerikil sedikit boulder (36 – 82) Ohm.m.

Pada Gambar 7 menampilkan penampang resistivitas lintasan 4 yang posisinya memotong jalan tol km 5+600. Proses terjadinya longsor pada lintasan ini karena adanya air hujan yang meresap ke dalam beberapa lapisan batuan, yaitu : pasir kerikil kerakal bongkah padat (II), lempung lanauan sedikit pasir (III) dan lanau lempungan berkerikil sedikit *boulder* (IV), sehingga menambah massa / bobot batuan. Air hujan tersebut selanjutnya meresap sampai ke lapisan yang kedap air dengan nilai resistivitas ≤ 5 Ohm.m yang diduga batulempung menyerpih padat (I) pada kedalaman (10 – 24) m dari permukaan tanah. Batulempung serpih jika terkena air akan menjadi licin dan berfungsi sebagai bidang gelincir.

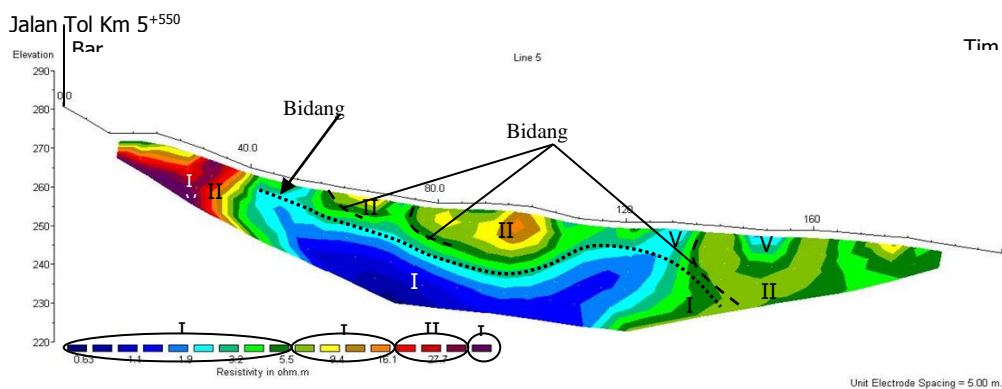
Batuan yang digelincirkan / mengalami longsor mempunyai nilai resistivitas $\geq 5,6$ Ohm.m, yaitu : pasir kerikil kerakal bongkah padat (II) dengan nilai resistivitas (5,6 – 21) Ohm.m, lempung lanauan sedikit pasir (III) dengan nilai resistivitas (22,5 – 34) Ohm.m dan lanau lempungan berkerikil sedikit *boulder* dengan nilai resistivitas (35 – 42) Ohm.m. Pada lapisan paling atas terdapat resistivitas kecil dengan nilai $\leq 2,2$ Ohm.m yang diduga sebagai lapisan jenuh air / *saturated zone* (V).



Gambar 7. Penampang resistivitas lintasan 4. I : Batulempung menyerpih padat < 5 Ohm.m, II : Pasir kerikil kerakal bongkah padat (5,6 – 21) Ohm.m, III : Lempung lanauan sedikit pasir (22,5 – 34) Ohm.m, IV. Lanau lempungan berkerikil sedikit boulder (35 – 42) Ohm.m, V.

Pada Gambar 8 menampilkan penampang resistivitas lintasan 5, lintasan ini tegak lurus jalan tol Km 5+550 atau memotong lintasan 1 elektroda 150. Lapisan batuan yang mengalami longsor, yaitu : lanau lempungan berkerikil sedikit *boulder* (IV) dengan nilai resistivitas (36 – 50) Ohm.m pada kedalaman (0 – 16) m dari permukaan tanah, lempung lanauan sedikit pasir (III) dengan nilai resistivitas (17 – 35) Ohm.m dan pasir kerikil kerakal bongkah padat (II) dengan nilai resistivitas (6 –

16,1) Ohm.m pada kedalaman (9 – 12) m dari permukaan tanah. Proses terjadinya longsor pada lintasan ini sama dengan lintasan lainnya, yaitu adanya air dan batulempung menyerpih padat (I) dengan nilai resistivitas $\leq 5,5$ Ohm.m yang berfungsi sebagai bidang gelincir. Pada lapisan yang dekat permukaan terdapat resistivitas kecil dengan nilai $\leq 2,5$ Ohm.m yang diduga sebagai lapisan jenuh air / *saturated zone* (VI).



Gambar 8. Penampang resistivitas lintasan 5. I : Batulempung menyerpih padat $\leq 5,5$ Ohm.m, II : Pasir kerikil kerakal bongkah padat (6 – 16,1) Ohm.m, III : Lempung lanauan sedikit pasir (17 - 35) Ohm.m, IV. Lanau lempungan berkerikil sedikit boulder (36 - 50) Ohm.m, V. Jenuh air / *saturated zone* $\leq 2,5$ Ohm.m.

Berdasarkan penampang resistivitas diatas, menunjukkan bahwa Jalan Tol Semarang-Solo Km 5⁺⁴⁰⁰ – km 5⁺⁸⁰⁰ berada dibawah satuan batulempung Formasi Kerek. Indikasi batulempung bisa dilihat dari resistivitasnya yang mempunyai nilai kecil ≤ 6 Ohm.m. Batulempung ini salah satu pemicu terjadinya longsor dan amblasan tanah. Batulempung bersifat *impermeable* / kedap air, jika terdapat air di batuan tersebut, maka batulempung akan menjadi licin dan berubah menjadi bidang gelincir yang akan menggelincirkan semua material yang berada diatasnya, sehingga terjadilah longsor dan amblasan tanah.

Faktor pemicu longsor lainnya secara geologi yaitu adanya struktur patahan / sesar dan kekar. Hasil pengukuran sesar dan analisis kekar menunjukkan bahwa arah struktur tersebut relatif searah dengan arah longoran yaitu ke arah timur [2]. Sesar dan kekar merupakan bidang diskontinuitas atau bidang lemah, sehingga mempermudah lereng untuk bergerak. Sesar dan kekar merupakan bentuk kerusakan permukaan (*surface failure*) yang berkontribusi terhadap ketidakstabilan [7].

Berdasarkan bentuk morfologi longoran dan model resistivitas serta mengacu kepada klasifikasi longoran [8], maka jenis longoran yang berkembang di daerah penelitian adalah membentuk tipe gelinciran rotasi berganda (*multiple slides*) dengan pergerakan rayapan (*creeping*).

4. KESIMPULAN

Faktor pemicu utama terjadinya amblasan tanah dan longoran di Jalan Tol Semarang – Solo Km 5⁺⁴⁰⁰ – Km 5⁺⁸⁰⁰ adalah air dan batulempung dari Formasi Kerek. Faktor adanya air bisa dilihat dari penampang resistivitas yang menunjukkan adanya lapisan jenuh air (*saturated zone*) dengan nilai resistivitas $\leq 2,5$ Ohm.m dan lapisan batuan yang mengandung air di bawah jalan tol (pasir kerikil kerakal bongkah padat yang mengandung air) dengan nilai resistivitas (6 – 20) Ohm.m. Faktor adanya batulempung di bawah jalan tol berfungsi sebagai bidang gelincir, diindikasikan dengan nilai resistivitas rendah ≤ 6 Ohm.m. Kedalaman rata-rata bidang gelincir ± 15 m dari permukaan tanah, sedangkan batulempung sebagai lokasi pondasi tiang pancang bor pile mempunyai kedalaman rata-rata ± 23 m dari permukaan jalan tol. Jenis batuan yang amblas dan mengalami longoran, terdiri dari : pasir kerikil kerakal bongkah padat dengan nilai resistivitas : (6 – 20) Ohm.m, lempung lanauan sedikit pasir dengan nilai resistivitas : (21 – 35) Ohm.m dan lanau lempungan berkerikil sedikit *boulder* dengan nilai resistivitas : (26 – 160) Ohm.m.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada staf dan pimpinan PT. Tiknos Consultan, PT WIKA dan PT Trans Marga Jateng (TMJ) yang telah mendanai dan membantu kami dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

- [1] Setiawan, D. 2015. Perbaikan Tol Banyumanik-Ungaran Beres Sebelum Lebaran. Melalui : <<http://jateng.tribunnews.com/2015/06/10/ngesti-minta-perbaikan-tol-banyumanik-ungaran-beres-sebelum-lebaran>> [22/03/16].
- [2] Fahrudin, I.A.Sadisun, Agus, Studi Longsor Yang Terdapat Di Jalan Tol Semarang – Solo Segmen Susukan – Penggaron, Proceesings JCM Makasar 2011, The 36th HAGI and 40th IAGI Annual Convention and Exhibition Makassar, 26 – 29 September 2011, pp. 1002-1005.
- [3] Telford, W.M., Geldart, L.P. & Sheriff, R.E., 1990, Applied Geophysics, New York, Cambridge.
- [4] Reynolds, J.M., 1998, An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, New York, John Willey and Sons, p. 418.
- [5] Loke, M.H., 2004., Tutorial : 2D and 3D Electrical Imaging Surveys, <http://www.geoelectrical.com>.
- [6] Loke, M.H., 2004. Res2Dinv ver. 3.54, Rapid 2D Resistivity and IP Inversion Using the Least-Squares method, Geotomo Software, Malaysia : 11-36.
- [7] Koukis, G. dkk. 2009. Landslide Phenomena Related to Major Fault Tectonics: Rift Zone of Corinth Gulf, Greece. Bull Eng Geo Environ 68:215-229.
- [8] Hutchinson, J.N. 1988. Morphological and Geotechnical Parameters of Landslide in Relation to Geology and Hydrogeology, In Landslides Proc. 5th int. symp on Landslide, Vol.I, pp. 3-35.