

INFRASTRUKTUR

PEMODELAN STRUKTUR PERLAPISAN BAWAH PERMUKAAN UNTUK PENENTUAN BIDANG GELINCIR PADA DAERAH RAWAN LONGSOR. (STUDI KASUS RUAS JALAN NASIONAL 005 LAKUAN – LAULALANG DAN RUAS 006 LAULALANG-LINGADAN)

The Modelling of Underground Layered Structure to Determine Landslide Plane in Prone to Landslide Area (Case Studi Area National Road Segment 005 Lakuan-Laulalang and Road Segment 006 Laulalang-Lingadan)

Harly Hamad

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako Jl. Soekarno Hatta Km. 9, Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia (94118)
Email: h2srw@yahoo.com

Ruslan Moh Yunus

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako Jl. Soekarno Hatta Km. 9, Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia (94118)
Email: ruslan999myunus@gmail.com

ABSTRACT

Characteristics of roads in Central Sulawesi at some point are an area of frequent landslides. The road segment in question, including the section 005 and section 006 which is a national road linking the province of Central Sulawesi and Gorontalo province. The link conditions that have often suffered landslides have disrupted access to transport and causing high transportation costs.

This study aims to determine the geometry of the sliding plane at KM 509 and KM 513 using the method of geoelectric resistivity Wenner configuration with a path length measurement of 300 m and 5 m electrode spacing.

The results of the study at two locations and modeling shows the layering structure resistivity value of which is at 100 Ω m - 300 Ω m and modeling results of 2-D geoelectric cross-section shows the sliding plane ground motion varies between 5 to 15 m. Value of resistance and sectional sliding obtained indicate that the location is vulnerable to landslides, and requires a comprehensive treatment to prevent landslides.

Keywords: landslide, geoelectric, road

ABSTRAK

Karakteristik ruas jalan di Sulawesi Tengah pada beberapa titik merupakan daerah yang sering longsor. Ruas jalan yang dimaksud, termasuk Ruas 005 dan Ruas 006 yang merupakan jalan nasional yang menghubungkan provinsi Sulawesi Tengah dan Provinsi Gorontalo. Kondisi ruas yang selama ini sering mengalami longsor telah mengganggu akses transportasi dan menyebabkan biaya transportasi yang tinggi

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan geometri bidang gelincir pada KM 509 dan KM 513 dengan menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner dengan panjang lintasan pengukuran sejauh 300 m dan jarak spasi elektroda 5 m.

Hasil penelitian pada 2 lokasi dan pemodelan struktur perlapisan menunjukkan nilai tahanan jenis yang berada pada 100 Ω m – 300 Ω m dan hasil pemodelan penampang 2-D geolistrik menunjukkan bidang gelincir gerakan tanah yang bervariasi antara 5 sampai 15 m. Nilai tahanan dan penampang gelincir yang diperoleh memberi petunjuk bahwa lokasi merupakan daerah rawan longsor dan membutuhkan penanganan yang komprehensif untuk mencegah longsor.

Kata Kunci : Longsor, geolistrik, jalan

PENDAHULUAN

Ruas jalan nasional khususnya Ruas 005 (Lakuan – Laulalang) dan Ruas 006 (Laulalang – Lingadan) di Pulau Sulawesi sebagian berkarakteristik lereng dengan kondisi tanah yang secara visual adalah tanah lempung dan sangat

rawan akan bahaya kelongsoran. Ruas jalan ini menghubungkan Ibukota Kabupaten Buol dan Kabupaten Tolitoli disisi utara provinsi Sulawesi Tengah. Pada saat musim hujan, lereng yang ada di sepanjang ruas jalan ini mengalami longsor yang dapat mengurangi akses masyarakat bahkan dapat

mengisolasi Kabupaten Buol untuk mencapai Kota Palu sebagai pusat kegiatan nasional. Usaha untuk mengatasi risiko longsor dengan mengeluarkan material dari badan jalan membutuhkan biaya yang besar, jika faktor utama penyebab longsor yakni penyebab gerakan tanah tidak diketahui.

Tulisan ini ditujukan untuk memberi gambaran tentang struktur dan perlapisan tanah di lokasi tersebut melalui penelitian batas-batas kelabilan tanah menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik adalah metode yang telah banyak digunakan baik untuk kegiatan eksplorasi maupun masalah lingkungan termasuk masalah gerakan tanah atau tanah longsor. Penelitian ini sangat penting dilakukan mengingat di Indonesia umumnya sering terjadi longsor.

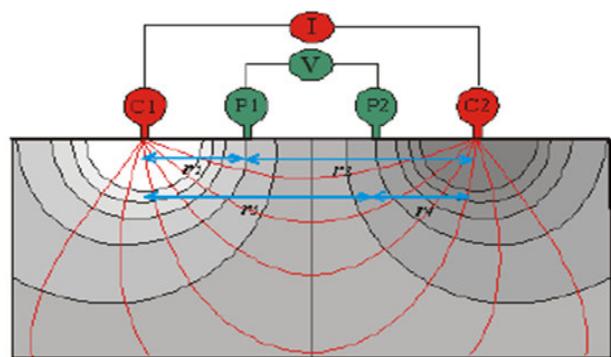
KAJIAN PUSTAKA

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor. Longsor merupakan salah satu bencana alam geologi yang paling sering menimbulkan kerugian seperti jalan raya rusak, kerusakan tata lahan, bangunan perumahan, bahkan sampai merenggut korban jiwa. Kejadian longsor antara lain dikontrol oleh sifat fisik tanah dan batuan, struktur geologi, kemiringan lereng, vegetasi penutup serta faktor beban dan getaran. Agar tidak terjadi kerugian material dan immaterial seperti tersebut di atas, maka permasalahan gerakan tanah perlu mendapat perhatian. Dalam penelitian ini digunakan metode geolistrik tahanan jenis, yang bertujuan untuk menentukan bidang gelincir yang diduga sebagai penyebab terjadinya tanah longsor. Informasi tentang struktur dan perlapisan tanah tersebut digunakan untuk mengetahui batas-batas kelabilan tanah yang dapat menjadi acuan dalam pengembangan wilayah khususnya dalam penyelenggaraan jalan. Aplikasi metode ini pada masalah gerakan tanah antara lain telah dikembangkan oleh Sugito, dkk (2010), Suhendra (2005), dan Sanny (1998). Metode geolistrik tidak merusak lingkungan, biasanya relatif murah dan mampu mendeteksi sampai kedalaman tertentu (Reynold, 1997).

Metode geolistrik hambatan jenis adalah salah satu dari kelompok metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan

dengan cara mempelajari sifat aliran listrik dalam batuan di bawah permukaan bumi. Pembahasan tentang kelistrikan bumi, sesuai dengan sifatnya cenderung membahas sifat-sifat kelistrikan bumi. Dalam tubuh bumi bentuk arus listrik adalah elektron, tapi dalam batuan sedimen yang tersaturasi air, di laut dan atmosfer, kebanyakan berupa ion. Derajat ionisasi di udara bervariasi pada elevasi, waktu, dan latitude.

Dalam survey geolistrik, bumi diasumsikan homogen isotropis, yang artinya bahwa permukaan bumi diasumsikan sebagai satu permukaan yang rata dan sama. Pengukuran resistivitas pada umumnya dilakukan dengan menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui dua elektroda arus C_1 dan C_2 seperti pada **Gambar 2** dan pengukuran hasil beda potensial yang ditimbulkan dari arus tadi yakni pada dua elektroda potensial P_1 dan P_2 untuk setiap jarak elektroda tertentu. Dari data harga arus I dan potensial V yang bervariasi, maka dapat ditentukan harga resistivitas masing-masing lapisan titik ukur yang disebut juga titik sounding (sounding poin).



Gambar 1. Prinsip pengukuran geolistrik hambatan jenis

Potensial di P_1 (V_{p1}) yang diakibatkan oleh injeksi arus pada elektroda arus C_1 dan C_2 adalah:

$$V_{p1} = \frac{\rho_1}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (1)$$

Sedangkan potensial di P_2 (V_{p2}) adalah :

$$V_{p2} = \frac{\rho_1}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2)$$

Dari Persamaan (1) dan (2) diperoleh beda potensial yang terjadi antara P_1 dan P_2 , sebagai berikut:

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2}$$

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

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

$$\rho = \frac{2\pi}{\left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}} \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

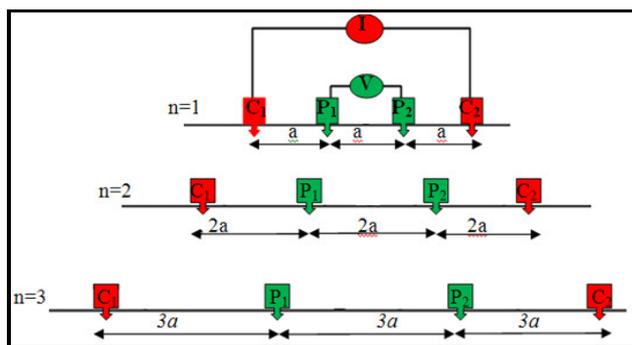
Dari besarnya arus dan beda potensial yang terukur maka nilai resistivitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \quad (4)$$

K merupakan faktor geometri yang tergantung pada penempatan elektroda arus maupun elektroda potensial pada permukaan.

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}} \quad (5)$$

Konfigurasi Wenner diambil dari nama Frank Wenner yang memelopori penggunaannya di Amerika Serikat. Pada konfigurasi Wenner jarak antara ke-4 elektroda (baik antar elektroda arus ataupun elektroda potensial) sama, yaitu $C_1 P_1 = P_1 P_2 = P_2 C_2 = a$ dengan dipol potensial $P_1 P_2$ berada di tengah-tengah antara C_1 dan C_2 . Dalam operasi di lapangan ke-4 elektroda harus dipindahkan secara serentak untuk memperoleh hasil pengukuran dengan a yang berbeda, seperti yang di tunjukan pada **Gambar 2**:



Gambar2. Konfigurasi Wenner

Dalam hal ini elektroda yang digunakan, baik elektroda arus maupun potensial diletakan secara simetris terhadap titik sounding. Jarak antara elektroda arus adalah tiga kali jarak antara elektroda potensial. Jadi, jika jarak antara masing-masing potensial adalah a , maka jarak masing-masing elektroda arus adalah $3a$. Perlu diingat bahwa ke-4 elektroda dengan titik sounding harus membentuk satu garis. Berdasarkan **Gambar 2** untuk spasi

elektroda a , maka faktor geometri konfigurasi Wenner dapat diturunkan dengan menggunakan Persamaan (6)

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

$$K = \frac{2\pi}{\frac{2}{a} - \frac{1}{a}} = 2\pi a \quad (6)$$

Untuk jarak spasi yang lebar, maka faktor geometri konfigurasi Wenner menjadi:

$$K = 2\pi a \quad (7)$$

Sehingga diperoleh :

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (8)$$

Batuan adalah massa dari satu atau lebih macam mineral yang membentuk satuan terkecil dari kerak bumi dan mempunyai komposisi kimia dan mineral yang tetap sehingga dengan jelas dapat dipisahkan satu dengan yang lain. Atau dengan kata lain, batuan adalah materi penyusun bumi yang terdiri dari mineral, bahan-bahan anorganik dan bahan-bahan vulkanik sehingga dengan jelas dapat dipisahkan satu dengan yang lain. Berdasarkan terjadinya, batuan digolongkan atas batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf (Munir 2003). Secara umum komposisi batuan di kerak bumi terdiri dari sekitar 95 % batuan beku dan hanya sekitar 5 % batuan sedimen dan batuan metamorf (Bowles 1984). Batuan yang tersingkap di permukaan bumi adalah 75 % berupa batuan sedimen. Tanah longsor akan terjadi di suatu tempat apabila memenuhi hal-hal berikut (Munir, 2003):

1. Adanya lereng yang cukup curam memungkinkan volume besar tanah meluncur atau bergerak.
2. Adanya lapisan bawah permukaan yang kedap air dan lunak yang akan merupakan bidang luncur.
3. Terdapat cukup air dalam tanah sehingga lapisan tanah yang berada tepat di atas lapisan kedap air itu akan jatuh.

Berdasarkan corak gerakannya, tanah longsor dapat digolongkan menjadi beberapa jenis:

1. Guguran/runtuhan. Suatu guguran atau runtuh adalah jatuhnya sejumlah batuan atau bahan lain ke arah bawah dengan gerakan meluncur turun atau melenting di udara. Umumnya terjadi disepanjang jalan yang kanan-kirinya bertebing curam. Tebing batu/tanah yang besar dan rapuh bisa menyebabkan kerusakan besar bila runtuh atau gugur.

2. Longsor/luncuran sejumlah besar bahan. Bila guguran hanya meluncurkan sejumlah kecil bahan dari permukaan yang lebih tinggi (hanya rontokan saja), longsor atau luncuran besar ini melibatkan sejumlah besar bahan yang tadinya membentuk permukaan lebih tinggi, yang tergelincir ke bawah. Ini terjadi akibat lapuk atau rapuhnya suatu bagian atau beberapa bagian dari permukaan yang lebih tinggi.
3. Robohan. Sesuatu roboh apabila posisi semula yang membuatnya berdiri mantap mengalami perubahan sehingga kedudukannya goyah dan jatuh. Dalam kasus suatu tebing, keambrokan terjadi akibat gaya-gaya rotasi yang memindahkan posisi batuan. Karena perubahan ini, batuan mungkin terdorong ke posisi yang tidak stabil di puncak tebing. Keseimbangan hanya bertumpuk pada sudut tertentu yang masih berpijak. Bila terdapat pemicu yang menyebabkan titik tumpu itu berubah, maka batuan akan “terdorong” ke depan dan berjatuh ke dataran di bawahnya. Robohan ini tidak memerlukan banyak gerakan dan tak harus menyebabkan guguran atau longsor batu.
4. Persebaran lateral. Bongkah-bongkah tanah yang berukuran besar bergerak melintang (horizontal) dengan retaknya pusat semula. Sebaran lateral

- biasanya terjadi di lereng-lereng landai, kurang dari 6 % dan umumnya menyebar sampai 3-5 meter (biasanya mencapai 30-50 meter bila kondisinya memungkinkan). Mula-mula biasanya terjadi patahan/sesar dari dalam, membentuk banyak rekahan di permukaan.
5. Aliran rombakan. Aliran tanah dan batuan yang longsor ini menyerupai cairan kental, kadang bergerak sangat cepat, dan bisa menjangkau beberapa kilometer. Biasanya terjadi setelah hujan lebat, meskipun air tidak selalu diperlukan untuk menyebabkan aliran ini. Aliran lumpur sedikitnya 50% diantaranya berupa pasir, lempung dan endapan.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Ruas 005 dan 006 dengan fungsi Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan Provinsi Sulawesi Tengah dan Provinsi Gorontalo pada sisi Barat Pulau Sulawesi. Lokasi penelitian berada pada Km 509 posisi koordinat N1° 18.182 / E120° 54.280 dan KM 513 posisi koordinat N1 20.528 E120 58.218. Lokasi penelitian diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian (Sumber :Lampiran Kepmen PUPR 248/KPTS/M/2015)

Untuk mendapatkan profil bawah permukaan yang diinginkan maka akan dilakukan pengukuran dengan metoda geolistrik hambatan jenis konfigurasi Wenner di lokasi yang telah ditentukan, dimana data yang akan diperoleh dalam pengukuran ini yaitu data arus (I), beda potensial ΔV serta jarak elektroda (a).

Data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan dengan menggunakan metoda geolistrik hambatan jenis Konfigurasi Wenner adalah berupa nilai arus (I) dan beda potensial (ΔV titik pengukuran, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

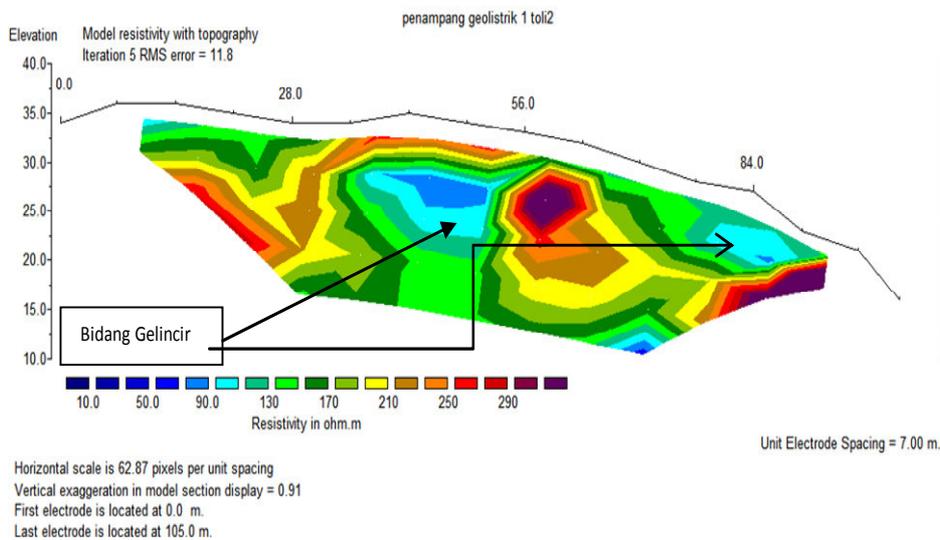
1. Menghitung faktor geometri K dari hasil pengukuran.

2. Menghitung hambatan jenis dari hasil pengukuran
3. diperoleh hasil pengukuran hambatan jenis kemudian diinversikan menjadi penampang geolistrik
4. Interpretasi model struktur perlapisan bawah permukaan berdasarkan metode geolistrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran pada lintasan Geolistrik **KM 509** dapat dilihat pada citra bawah permukaan 2D (**Gambar 4**). Lintasan pengukuran gl 02 berada pada posisi koordinat N1° 18.182 / E120° 54.280 berada pada elevasi 25 m di atas permukaan laut. Berdasarkan citra bawah permukaan 2D diinterpretasikan pada lokasi pengukuran ini terdapat bidang gelincir yang ditandai oleh lapisan dengan nilai tahanan jenis rendah. Nilai tahanan jenis kurang dari 100 Ωm diduga merupakan lapisan

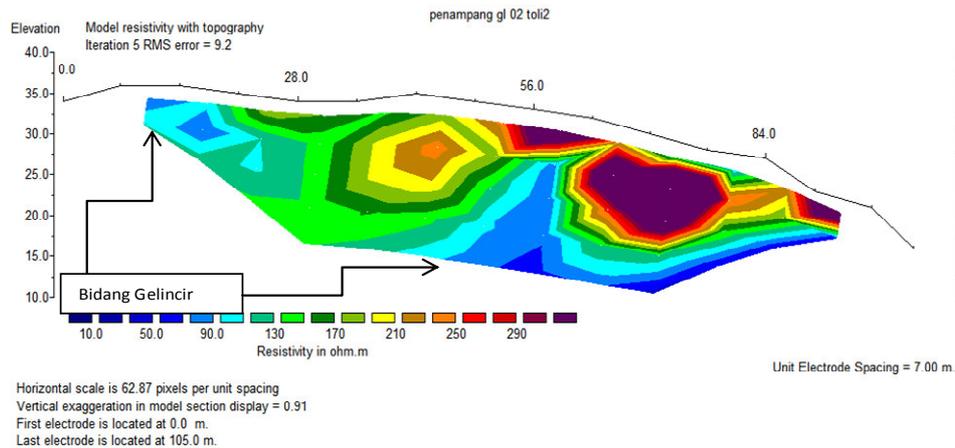
lempung, lapisan dengan nilai 100 Ωm sampai 300 Ωm diduga sebagai lapisan batuan lempung, batu pasir yang disisipi lempung pasir. Lintasan geolistrik tegak lurus kemiringan lereng tebing. Lapisan yang diduga sebagai bidang gelincir dan tercover dalam citra geolistrik di bawah memiliki kedalaman dan panjang yang berbeda. Bidang gelincir yang pertama membentang tegak lurus lereng dengan panjang ± 30 m mulai dari titik elektroda 6 sampai elektroda 9 dengan kedalaman rata-rata ± 5 m dari permukaan. Bidang gelincir yang kedua membentang tegak lurus lereng dengan panjang ± 20 m mulai dari titik elektroda 12 – elektroda 14 dengan kedalaman ±2 m dari permukaan. Lapisan yang diduga sebagai bidang gelincir merupakan material lempung yang memiliki tahanan jenis kurang dari 100 Ωm,



Gambar 4. Penampang topografi geolistrik lintasan 1

Hasil pengukuran pada lintasan Geolistrik 3 **KM 513** dapat dilihat pada citra bawah permukaan 2D (**Gambar 5**). Lintasan pengukuran gl 02 berada pada posisi koordinat N1 20.528 E120 58.218 berada pada elevasi 69 m di atas permukaan laut. Berdasarkan citra bawah permukaan 2D diinterpretasikan pada lokasi pengukuran ini terdapat bidang gelincir yang ditandai oleh lapisan dengan nilai tahanan jenis rendah. Nilai tahanan jenis kurang dari 100 Ωm diduga merupakan lapisan lempung, lapisan dengan nilai 100 Ωm sampai 300 Ωm diduga sebagai lapisan batuan lempung, batu pasir yang disisipi lempung pasir. Lintasan geolistrik tegak lurus kemiringan lereng tebing.

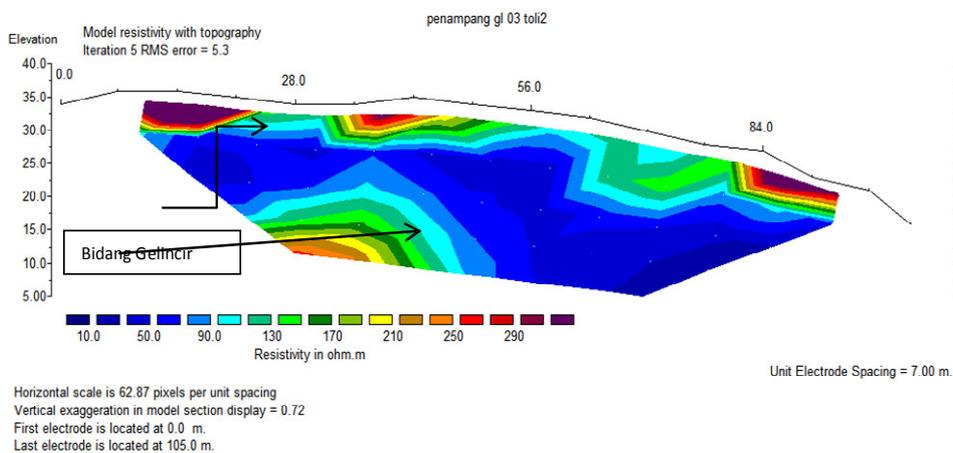
Lapisan yang diduga sebagai bidang gelincir dan tercover dalam citra geolistrik di bawah memiliki kedalaman dan panjang yang berbeda. Bidang gelincir yang pertama membentang tegak lurus lereng dengan panjang ± 20 m mulai dari titik elektroda 2 sampai elektroda 4 dengan kedalaman rata-rata ± 2 m dari permukaan. Bidang gelincir yang kedua membentang tegak lurus lereng dengan panjang ± 20 m mulai dari titik elektroda 9 – elektroda 14 dengan kedalaman bervariasi 5 – 15 m dari permukaan. Lapisan yang diduga sebagai bidang gelincir merupakan material lempung yang memiliki tahanan jenis kurang dari 100 Ωm.



Gambar 5. Penampang geolistrik lintasan Geolistrik 3 KM 513

Hasil pengukuran pada lintasan ini dapat dilihat pada citra bawah permukaan 2D (Gambar 6). Lintasan pengukuran gl 03 berada pada posisi koordinat N1° 19.930 E120° 59.694. Berdasarkan citra bawah permukaan 2D diinterpretasikan pada lokasi pengukuran ini terdapat bidang gelincir yang ditandai oleh lapisan dengan nilai tahanan jenis rendah. Nilai tahanan jenis kurang dari 100 Ωm diduga merupakan lapisan lempung, lapisan dengan nilai 100 Ωm sampai 300 Ωm diduga sebagai lapisan batuan lempung, batu pasir yang disisipi

lempung pasiran. Lintasan geolistrik tegak lurus kemiringan lereng tebing. Lapisan yang diduga sebagai bidang gelincir dan tercover dalam citra geolistrik di bawah memiliki kedalaman dan panjang yang berbeda. Bidang gelincir membentang tegak lurus lereng dengan panjang ± 120 m mulai dari titik meteran 15 m – 135 m dengan kedalaman bervariasi 5 – 10 m dari permukaan. Lapisan yang diduga sebagai bidang gelincir merupakan material lempung yang memiliki tahanan jenis kurang dari 100 Ωm,



Gambar 6. Penampang geolistrik lintasan Geolistrik 3 KM 513

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan tujuan dan lingkup penelitian, maka peneliti menyimpulkan bahwa:

1. Citra bawah permukaan 2D yang diperoleh dari hasil analisis memberi petunjuk bahwa di lokasi terdapat bidang gelincir yang ditandai oleh lapisan dengan nilai tahanan jenis rendah yakni kurang dari 100 Ωm yang diduga merupakan lapisan lempung, dan lapisan yang memiliki tahanan jenis 100 Ωm sampai 300 Ωm yang

2. Geometri bidang gelincir memiliki kedalaman relatif antara 10 m sampai 20 m yang menunjukkan lokasi penelitian memiliki potensi yang sangat rawan terhadap bencana gerakan tanah terutama pada saat musim hujan.
3. Petunjuk ini memberikan informasi bahwa secara umum daerah penelitian merupakan daerah rawan bencana gerakan tanah, yang

membutuhkan penanganan komprehensif untuk mencegah terjadinya longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., (1984), *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, (2015), Keputusan Menteri PUPR Nomor 248/KPTS/M/2015 Tentang Penetapan Ruas Jalan dalam Jaringan Jalan Primer menurut Fungsinya sebagai Jalan Arteri Primer (JAP) dan Jalan Kolektor-1 (JKP-1).
- Reynold J.M., (1997), *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley and Sons Ltd., New York.
- Sanny T.A., (1998), *Metode Tahanan Jenis*, Buku pegangan kuliah lapangan Geofisika, Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknologi Mineral ITB, Bandung.
- Sugito, Irayani, Z., dan Jati, I. P., (2010), “*Investigasi bidang gelincir tanah longsor menggunakan metode geolistrik tahanan jenis di Desa Kebarongan Kecamatan Kemranjen Kab.Bayumas*”, Jurnal Berkala Fisika, Vol. 13. No. 2. Hal. 49-54.
- Suhendra, (2005), “*Penyelidikan daerah rawan gerakan tanah dengan metode geolistrik tahanan jenis*”, Jurnal Gradien .Vol. 1. Hal.1-5.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sherif, R. E., (1990), *Applied Geophysics*, 2nd Ed, Cambridge University Press, Cambridge.