

## Investigasi Bidang Gelincir Pada Daerah Rawan Longsor Di Ruas Jalan Tawaeli-Toboli Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Harsano Jayadi\*, Abdul Mukaddas, Icha Untari Meidji

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako  
Kampus UNTAD Tondo, Jl. Soekarno Hatta Km.9 Palu, Sulawesi Tengah

---

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 28 Maret 2020  
Direvisi: 25 April 2020  
Diterima: 12 Mei 2020

#### Kata kunci:

bidang gelincir  
longsor  
geolistrik tahanan jenis

#### Keywords:

slip surface  
landslides  
geolectrical resistivity method

#### Penulis Korespondensi:

Harsano Jayadi  
Email: [harsanoj@untad.ac.id](mailto:harsanoj@untad.ac.id)

---

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian investigasi bidang gelincir pada daerah rawan longsor dengan metode geolistrik tahanan jenis 2D di jalan Tawaeli – Toboli dengan menggunakan konfigurasi Wenner dengan panjang lintasan 96 m dan spasi antar elektroda 6 m yang dianalisis dengan software Res2Dinv. Selanjutnya dapat ditentukan struktur dan litologi bawah permukaan sehingga dapat memberikan informasi mengenai bidang gelincir. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penyusun tanah di daerah penelitian adalah kerikil, batu pasir, dan genes. Nilai hambatan jenis setiap lapisan batuan yaitu kerikil berkisar antara 10  $\Omega\text{m}$  – 84  $\Omega\text{m}$ , lapisan batu pasir berkisar antara 84  $\Omega\text{m}$  – 158  $\Omega\text{m}$ , dan lapisan genes berkisar antara 232  $\Omega\text{m}$  – 528  $\Omega\text{m}$ . Pada wilayah penelitian terdapat lapisan genes yang diduga merupakan bidang gelincir. Bentuk bidang gelincir yang diperoleh pada wilayah penelitian yaitu jenis gelincir rotasi dengan arah longsor mengarah ke arah jalan raya dengan kedalaman 7 m – 35 m untuk semua lintasan.

*Investigation of the slip surface has been carried out in landslide-prone areas using the 2D resistivity geoelectric method on the Tawaeli-Toboli road using the Wenner configuration with 96 meters of track length, and 6 m of electrode spacing analyzed with Res2Dinv software. Furthermore, the subsurface structure and lithology can be determined to provide information about the slip plane. This study's results indicate that the soil compilers in the study area are gravel, sandstone, and genes. The value of electrical resistivity of each rock layer, namely gravel ranges from 10  $\Omega\text{m}$  - 84  $\Omega\text{m}$ , sandstone layer covers from 84  $\Omega\text{m}$  - 158  $\Omega\text{m}$ , and the genes layer ranges from 232  $\Omega\text{m}$  - 528  $\Omega\text{m}$ . In the research area, there are layers of genes that are thought to be the slip plane. The shape of the sliding plane obtained in the study area is the rotating slip with landslide direction leading to the highway with a depth of 7 meter - 35 meter for all trajectories.*

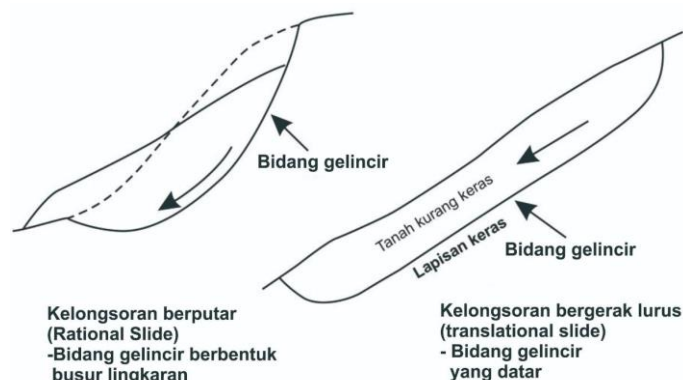
Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan salah satu dari beberapa macam bencana geologi yang merupakan akibat dari proses geologi yang terjadi secara alami akibat dari alam yang terganggu (Heradian dan Arman, 2015). Bencana tanah longsor sering dikaitkan dengan datangnya musim penghujan. Di Indonesia, bencana tanah longsor ini sering terjadi pada daerah yang berdekatan dengan jalan, jaringan irigasi atau bendungan, dan tempat pemukiman. Oleh karena itu diperlukan cara mengetahui dan penanggulangan yang baik dan tepat sehingga dapat mengurangi kerugian yang diakibatkan oleh bencana tersebut (Heradian dan Arman, 2015). Bencana tanah longsor (*landslides*) menjadi masalah yang umum pada daerah yang mempunyai kemiringan yang curam. Hal ini diakibatkan terdapatnya suatu perubahan di sifat fisis dan kimia dari tanah sehingga berpengaruh terhadap intensitas pelapukan (Gunn, 1974) dengan adanya mineral lempung di bagian atas yang membentuk mineral *kaolin* dan bagian bawah membentuk mineral *montmorillonit* (Rahmaniah dkk., 2020).

Hampir setiap tahun disaat musim penghujan, banyak terjadi tanah longsor di wilayah Indonesia, seperti di Sulawesi Tengah daerah antara Tawaeli dan Toboli (Saharani, 2017). Daerah ini merupakan daerah perbatasan antara Kota Palu dan Kabupaten Parigi, dengan topografi daerah bukit dan lereng dengan kemiringan mencapai  $30^{\circ}$  –  $65^{\circ}$  dengan curah hujan sedang, tetapi jika musim hujan tiba daerah ini sering terjadi longsor. Bahaya longsor ini jika terjadi dapat menimbulkan banyak kerugian, karena daerah ini merupakan jalan dari kabupaten lain di Sulawesi Tengah bagian timur menuju ke Kota Palu dan juga tempat perkampungan warga. Salah satu yang menyebabkan terjadinya longsor tersebut adalah adanya batuan yang sudah mulai mengalami pelapukan yang melakukan pergerakan melalui sebuah bidang yang disebut bidang gelincir (Dona dan Sudiar, 2015)

Bidang gelincir merupakan bidang yang kedap air dan licin yang biasanya berupa lapisan lempung. Bidang gelincir dibedakan menurut bentuknya yaitu rotasi dan translasi. Gelincir rotasi adalah longsor yang mempunyai bidang longsor berbentuk setengah lingkaran, log, spiral, hiperbola atau bentuk tidak teratur lainnya. Retakan-retakannya berbentuk konsentris dan cekung ke arah gerakan dan dilihat dari atas berbentuk sendok. Untuk gelinciran translasi massa yang longsor bergerak sepanjang permukaan yang datar atau sedikit bergelombang tanpa atau sedikit gerakan memutar atau miring. Gelincir translasi umumnya ditentukan oleh bidang lemah seperti sesar, kekar, perlapisan, dan adanya perbedaan kuat geser antar lapisan atau bidang kontak antara batuan dasar dengan bahan rombakan di atasnya (Sugito dkk., 2010). Lapisan bidang gelincir ini juga mempunyai bentuk dan struktur yang mempengaruhi pola pergerakan material longsor yang ada di permukaan (Sy dan Budiman, 2013). Jenis bidang gelincir dapat menentukan bagaimana jenis atau model longsor yang terjadi (Wesley, 2010). Oleh karena itu, untuk mengetahui model karakteristik bidang gelincir pada daerah longsor dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 1.** Model karakteristik dari bidang gelincir tempat terjadi tanah longsor (Wesley, 2010)

Bidang gelincir yang berada di daerah rawan longsor memiliki litologi lapisan tanah/batuan yang ditandai dengan adanya dua lapisan yang memiliki kontras yang sangat jelas (Wahyono dkk., 2011). Bidang gelincir ini biasanya terdapat pada lapisan tanah yang lunak, dimana jika terjadi hujan lapisan ini cepat tergerus dan lapisan yang keras (kedap air) menjadi licin. Lapisan kedap inilah yang menjadi bidang gelincirnya dan lapisan lunak menjadi bagian yang membawa material longsor yang

mana mempunyai nilai resistivitas rendah (Perrone dkk., 2012). Oleh karena itu, lapisan yang terdiri dari batuan yang mudah dilewati air dan batuan yang kedap air sangat rentan akan terjadi potensi longsor di musim hujan. Dalam menentukan bidang gelincir atau bidang geser dari suatu batuan dengan metode geolistrik dapat diketahui bahwa umumnya batuan tersebut mempunyai nilai tahanan jenis 200 – 100  $\Omega$ m (Fraseri dkk., 1998)

Longsoran atau gerakan tanah merupakan suatu peristiwa dimana terjadi suatu pergerakan massa tanah, batuan dan gabungan antara keduanya pada suatu lereng atau kemiringan akibat dari terganggunya kestabilan dari tanah atau batuan yang menyusun lereng tersebut (Herlin dan Budiman, 2012). Salah satu faktor penyebab longsoran yang sangat berpengaruh adalah bidang gelincir (*slip surface*) atau bidang geser (*shear surface*) yang dipengaruhi oleh struktur batuan di bawah permukaan. Pada umumnya tanah/bidang yang mengalami longsoran akan bergerak di atas bidang gelincir tersebut (Dona dan Sudiar, 2015)

Di Kota Palu, salah satu wilayah yang sering terjadi bencana tanah longsor di wilayah antara Tawaeli dan Toboli yaitu daerah kebun kopi, karena secara morfologi wilayah ini merupakan lereng dan perbukitan, kondisi wilayahnya berbukit-bukit dengan kemiringan ada yang lebih dari 30°. Daerah kebun kopi merupakan daerah yang kerentanan gerakan tanah, hal dikarenakan daerah ini memiliki tanah yang tidak padat, erosi, getaran akibat kendaraan dan tingginya curah hujan sehingga di beberapa titik seringkali terjadi bencana tanah longsor. Untuk itu perlu kesiagaan masyarakat agar bila terjadi bencana tidak banyak korban (Saharani, 2017).

Untuk mengetahui potensi terjadi suatu daerah, dapat dilakukan dengan beberapa metode. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode geolistrik tahanan jenis atau resistivitas. Metode ini mempunyai suatu karakteristik dengan mencitrakan struktur bawah permukaan sehingga mampu menggambarkan bagaimana kondisi di bawah permukaan tersebut berdasarkan nilai tahanan jenis (Darsono dkk., 2016). Selain untuk pendugaan atau pencarian air tanah, metode geolistrik ini dapat digunakan dalam melakukan penelitian untuk menduga dari bidang gelincir (*slip surface*) yang berada dalam suatu lokasi pengujian (de Bari dkk., 2011). Metode ini bersifat tidak merusak lingkungan, biaya relatif murah dan mampu mendeteksi per lapisan tanah sampai kedalaman beberapa meter di bawah permukaan tanah. Metode ini banyak digunakan dalam penyelidikan masalah lingkungan maupun masalah eksplorasi mineral dalam tanah (Surono, 2002). Oleh karena itu metode ini dapat dimanfaatkan untuk survey daerah rawan longsor, khususnya untuk menentukan ketebalan lapisan yang berpotensi longsor, kedalaman bidang gelincir serta litologi per lapisan batuan bawah permukaan.

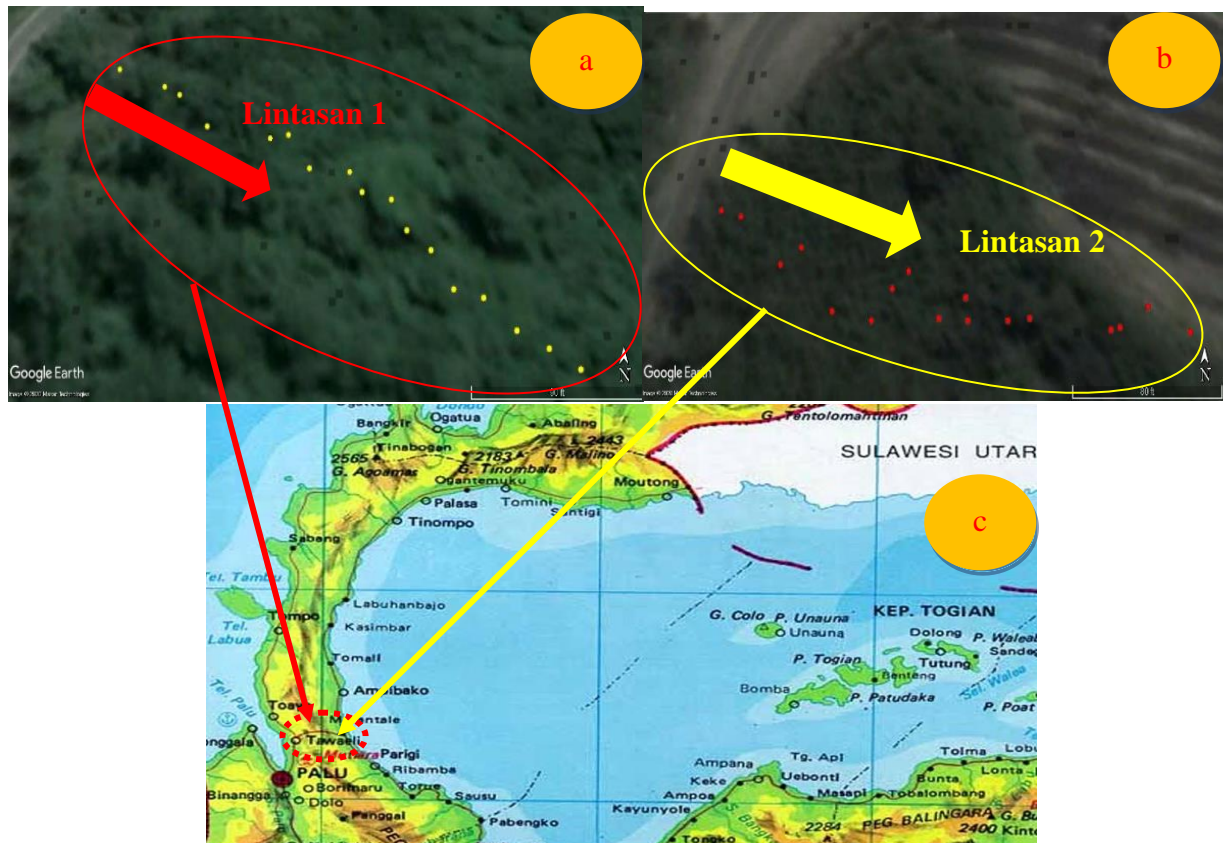
Tanah longsor terjadi akibat adanya penambahan volume tanah dalam suatu batuan yang terdapat pada suatu kemiringan dan adanya bidang gelinciran sehingga pada musim hujan mengisi pori-pori tanah (Vardoulakis, 2002). Adanya berbagai unsur material penyusun di bidang gelincir dan longsoran, memiliki perbedaan nilai tahanan jenis batuan tiap lapisannya (Heradian dan Arman, 2015). Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis 2D ini untuk mengetahui kondisi bawah permukaan di daerah Kebun Kopi dalam menemukan keberadaan bidang gelincir sebagai salah satu penyebab terjadinya tanah longsor sehingga dapat dilakukan upaya dalam mitigasi bencana alam di daerah tersebut.

## II. METODE

Penelitian ini bertempat di daerah Kebun Kopi yang morfologinya terdapat banyak pohon dan topografinya mencapai kemiringan 30° – 65° dengan 2 lintasan yang berbeda lokasi, seperti terlihat pada Gambar 2. Hal ini dikarenakan lokasi tersebut belum terjadi tanah longsor yang berbeda dengan yang lain. Dengan koordinat Lintasan 1 0°43'5,57" – 0°43'7,24" LU dan 119°56'43,9" – 119°56'46,55" BT, Lintasan 2 mempunyai koordinat 0°43'28,74" – 0°43'29,3" LU dan 119°55'39,68" – 119°55'42,33" BT.

Tahap pertama ini mempelajari kondisi struktur tanah dan kandungannya yang terdapat di daerah penelitian yang kemudian dilihat seberapa besar potensi rawan longsor. Selain itu juga mengukur posisi geografisnya dengan menggunakan GPS dan menentukan daerah serta posisi garis ukur yang akan dilakukan akuisisi data. Tahap kedua adalah akuisisi data yaitu pengukuran dan pengambilan data yang telah ditentukan sebelumnya melalui survei awal. Data diambil dengan metode

tahanan jenis 2D konfigurasi Wenner dengan panjang lintasan 96 m spasi antar elektroda 6 m. Tahap ketiga adalah pengolahan data dan interpretasi hasil penelitian. Tahap pengolahan data adalah mengolah data primer dari lapangan yang dikalikan dengan faktor geometrinya untuk mendapatkan tahanan jenis semu, kemudian diolah dengan perangkat lunak (*software*) Res2Dinv. Kontur yang diperoleh kemudian diinterpretasikan dengan mempertimbangkan kondisi geologis, literatur dan kondisi lokasi pengukuran.



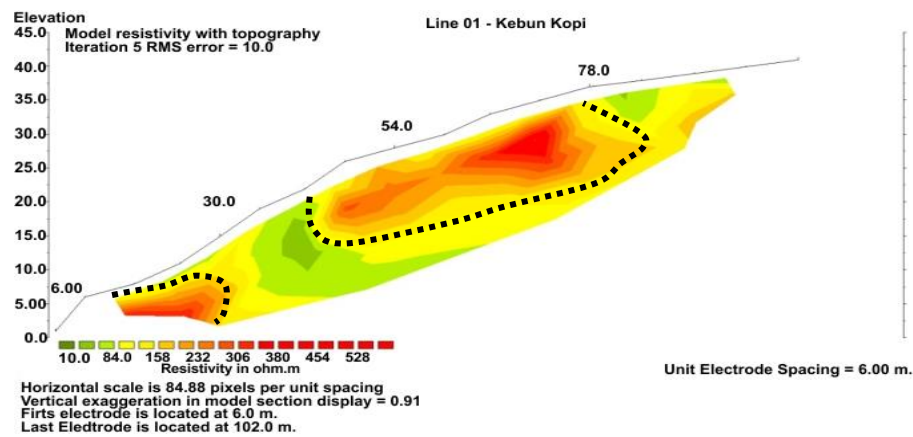
**Gambar 2** Lintasan dan lokasi penelitian (a) Lintasan 1 dengan titik-titik kuning merupakan posisi elektroda, (b) Lintasan 2 dengan titik-titik merah merupakan posisi elektroda, (c) Lokasi penelitian yang berada pada jalan Tawaeli – Toboli.

### III. HASIL DAN DISKUSI

Data yang diperoleh kemudian diolah sehingga diperoleh hasil berupa penampang lintang bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan nilai resistivitas batuan di masing-masing lokasi pengukuran. Pengolahan data dilakukan menggunakan *software Res2Dinv*. Secara geologi lokasi penelitian berada pada Formasi Molasa Celebes Sarasin dan Sarasina, Formasi Tinombo dan Kompleks Batuan Metamorfosis (Sukamto, 1973).

#### Lintasan 1

Gambar 3 memperlihatkan model penampang resistivitas bawah permukaan Lintasan 1 dengan inversi citra 2D yang digabungkan model topografinya. Penyusun lapisan tanah di bawah Lintasan 1 adalah kerikil, batu pasir, dan genes. Lapisan genes diduga sebagai bidang gelincir karena lapisan tersebut memiliki nilai resistivitas yang lebih besar dari lapisan yang lainnya. Genes yang diduga sebagai bidang gelincir tersebut berada pada 2 lokasi yaitu di bagian bawah lintasan dengan kedalaman 7 m dan di bagian atas lintasan dengan kedalaman 15 – 35 m. Bidang gelincir pada lintasan ini terlihat pada jarak ke 10 m – 25 m dan jarak ke 42 m – 78 m dari awal lintasan.

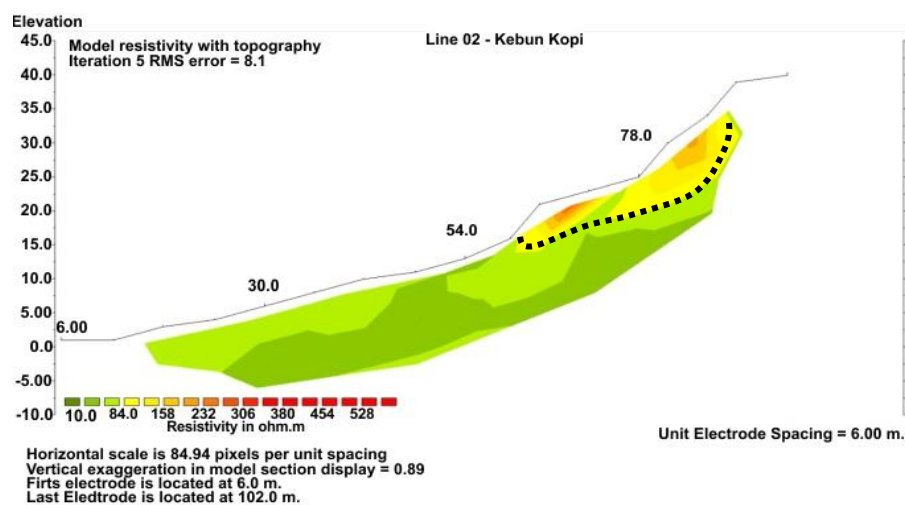


Gambar 3 Penampang resistivitas Lintasan 1 inversi citra 2D dengan model topografi

Berdasarkan Gambar 3 juga dapat dilihat bahwa di bawah Lintasan 1 terlihat adanya ketidakmenerusan penyebaran lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang sama. Bentangan lintasan pada lokasi ini tegak lurus dengan jalan raya. 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 di atas bidang gelincir. Pola anomali akibat adanya bidang gelincir ditunjukkan dengan warna merah yang diduga sebagai batu pasir dan genes dengan nilai resistivitas 84  $\Omega$ m sampai 528  $\Omega$ m pada kedalaman 7 - 35 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.

## Lintasan 2

Gambar 4 memperlihatkan model penampang resistivitas bawah permukaan di bawah Lintasan 2 dengan inversi citra 2D yang digabungkan model topografinya. Lapisan di bawah Lintasan 2 disusun oleh lapisan tanah adalah kerikil, batu pasir, dan genes. Lapisan kerikil dan batu pasir mendominasi pada lintasan 2 ini. Lapisan genes hanya terdapat dalam jumlah sedikit dan diduga sebagai bidang gelincir karena lapisan tersebut memiliki nilai resistivitas yang lebih besar dari lapisan yang lainnya. Genes yang diduga sebagai bidang gelincir tersebut berada pada 2 lokasi yaitu di bagian atas lintasan dengan kedalaman 7 m dan di bagian atas lintasan dengan kedalaman 20 – 35 m. Bidang gelincir pada lintasan ini terlihat pada jarak ke 60 m – 65 m dan jarak ke 78 m – 84 m dari awal lintasan.



Gambar 4 Penampang resistivitas Lintasan 2 inversi citra 2-D dengan model topografi

Dari Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa terdapat ketidakmenerusan penyebaran lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang sama. Bentangan lintasan pada lokasi ini tegak lurus dengan jalan raya. 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 di atas bidang gelincir. Pola anomali akibat adanya bidang gelincir ditunjukkan dengan warna merah yang diduga sebagai batu pasir dan genes dengan nilai resistivitas 84  $\Omega\text{m}$  sampai 528  $\Omega\text{m}$  pada kedalaman 15 - 35 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.

Lapisan bawah permukaan pada Lintasan 1 dan Lintasan 2 memiliki tiga lapisan yang sama yaitu kerikil (Formasi Alivium dan Endapan Pantai), batu pasir (Formasi Sarasin dan Sarasina, dan Formasi Tinombo), serta genes (Formasi Kompleks Batuan Metamorfosis). Hal ini sesuai dengan nilai resistivitas yang besar dari hasil pengolahan data, yaitu antara 100  $\Omega\text{m}$  – 600  $\Omega\text{m}$  (Telford dkk., 1990) dan berdasarkan peta geologi dari wilayah Palu (Sukanto, 1973). Pada seluruh lintasan genes diduga sebagai bidang gelincir. Hal ini karena genes merupakan lapisan yang kedap air atau lapisan yang tidak dapat mentaranyimpan dan meloloskan air. Selain itu genes juga memiliki kisaran nilai hambatan jenis yang paling besar di antara ketiga lapisan tersebut.

Bentuk bidang gelincir yang ditemukan di wilayah penelitian adalah bentuk rotasi. Gelincir rotasi adalah longsor yang mempunyai bidang longsor berbentuk setengah lingkaran, log, spiral, hiperbola, atau bentuk tidak teratur lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bidang gelincir pada setiap lintasan berbentuk setengah lingkaran, yang merupakan lapisan genes. Secara geolistrik karakteristik bidang gelincir ditandai dengan kontras nilai tahanan jenis yang cukup besar antar lapisan. Bidang gelincir diperoleh dari kontras resistivitas antar dua batuan yang berdekatan. Genes memiliki nilai tahanan jenis yang lebih besar dari lapisan yang berada di atasnya.

Faktor lain yang mempengaruhi tingkat bahaya longsor adalah keadaan topografi wilayah terjadinya longsor di ruas jalan Tawaeli – Toboli dipicu oleh beberapa hal. Ruas jalan yang berada di sepanjang lereng yang terjal. Karena pembangunan jalan di wilayah ini dilakukan dengan memotong perbukitan dan pegunungan, sehingga kestabilan lereng menjadi terganggu. Zona sesar aktif patahan Palu-Koro yang menjadi sumber tingginya aktivitas kegempaan. Aktivitas manusia yang berupa alih fungsi hutan menjadi area perkebunan. Juga adanya kendaraan yang melintasi jalan ini dengan tingkat kepadatan yang cukup besar. Menambah beban di permukaan tanah sehingga menimbulkan getaran yang dapat memperbesar gaya pendorong terjadinya longsor (Vardoulakis, 2002).

#### **IV. KESIMPULAN**

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kedua lintasan memiliki penyusun lapisan tanah yang sama, yaitu kerikil, batu pasir, dan genes. Bidang gelincir berada pada lapisan batuan yang kedap air yaitu genes. Kedalaman bidang gelincir yang diperoleh pada setiap lintasan berbeda-beda. Untuk bidang gelincir lintasan 1 terletak pada kedalaman yang sama yaitu 7 meter dan 13-35 meter, bidang gelincir lintasan 2 terletak pada kedalaman 7 meter dan 20 – 35 meter. Bentuk bidang gelincir yang diperoleh pada kedua lintasan sama, yaitu jenis longsor rotasi dengan longsor mengarah ke arah jalan raya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Darsono, D., Nurlaksito, B., Legowo, B., 2016. Identifikasi Bidang Gelincir Pemicu Bencana Tanah Longsor Dengan Metode Resistivitas 2 Dimensi Di Desa Pablengan Kecamatan Matesih Kabupaten Karanganyar. *Indonesian J Appl Phys* 2, 51-60.
- de Bari, C., Lapenna, V., Perrone, A., Puglisi, C., Sdao, F., 2011. Digital photogrammetric analysis and electrical resistivity tomography for investigating the Picerno landslide (Basilicata region, southern Italy). *Geomorphology* 133, 34–46.

- Dona, I.R., Sudiar, N.Y., 2015. Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger Di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan. *Pillar Of Physics* 5, 01–08.
- Frasheri, A., Kapllani, L., Dhima, F., 1998. Geophysical landslide investigation and prediction in the hydrotechnical works. *Journal Of The Balkan Geophysical Society* I, 38–43.
- Gunn, R.H., 1974. A soil catena on weathered basalt in Queensland. *Soil Res.* 12, 1–14.
- Heradian, E.A., Arman, Y., 2015. Pendugaan bidang gelincir tanah longsor di Desa Aruk Kecamatan Sajingan Besar Kabupaten Sambas dengan menggunakan metode tahanan jenis. *Prisma Fisika* 3, 56-61.
- Herlin, H.S., Budiman, A., 2012. Penentuan Bidang Gelincir Gerakan Tanah Dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Dua Dimensi Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Studi Kasus di Sekitar Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand* 1, 19–24.
- Perrone, A., Piscitelli, S., Lapenna, V., 2012. Electrical resistivity tomographies for landslide monitoring: a review. *Geoelectric Monitoring* 129-134.
- Rahmaniah, R., Reskywijaya, R., Wahyuni, A.S., Jayadi, H., 2020. Analisis Mineral Tanah Rawan Longsor Menggunakan X-Ray Diffraction Di Desa Sawaru Kabupaten Maros. *JGeosREV* 2, 41–49.
- Saharani, dkk, 2017. Aktivitas Masyarakat Dalam Kegiatan Ekonomi Di Daerah Rawan Longsor (Kasus: Jalur Poros Tawaeli-Toboli). *Jurnal Pendidikan Geografi* 5.
- Sugito, S., Irayani, Z., Permana Jati, I., 2010. Investigasi bidang gelincir tanah longsor menggunakan metode geolistrik tahanan jenis di Desa Kebarongan Kec. Kemranjen Kab. Banyumas. *Berkala Fisika* 13, 49–54.
- Sukamto, R., 1973. Reconnaissance geologic map of Palu Area, Sulawesi, scale 1: 250,000. Geological Survey of Indonesia, Directorate of Mineral Resources, Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Surono, 2002. Variasi Tahanan Jenis 2-D Pada Daerah Bencana Gerakan Tanah Di Megamendung Dan Ciputat. *Jurnal Geofisika* I, 35–42.
- Sy, M.I., Budiman, A., 2013. Investigasi Bidang Gelincir Pada Lereng Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Dua Dimensi (Studi Kasus: Kelurahan Lumbung Bukit Kecamatan Pauh Padang). *Jurnal Fisika Unand* 2, 88–93.
- Telford, William Murray, Telford, W. M., Geldart, L.P., Sheriff, Robert E., Sheriff, R. E., 1990. *Applied geophysics*. Cambridge university press.
- Vardoulakis, I., 2002. Dynamic thermo-poro-mechanical analysis of catastrophic landslides. *Geotechnique* 52, 157–171.
- Wahyono, S.C., Hidayat, T.A., Hapsari, P., Novianti, R.F., Dewi, R.K., 2011. Aplikasi Metode Tahanan Jenis 2D untuk Mengidentifikasi Potensi Daerah Rawan Longsor di Gunung Kupang, Banjarbaru. *Jurnal Fisika Flux* 8, 95–103.
- Wesley, L.D. 2010. *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*. ANDI : Yogyakarta.