

Identifikasi Bidang Gelincir Zona Rawan Longsor menggunakan Metode Geolistrik Di Ruas Jalan Toraja – Mamasa

Sudarwin Kamur¹, Samsi Awal dan Ahmad Iskandar

¹Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Sulawesi Tenggara, Indonesia

Email koresponden: geo.darwin@yahoo.co.id

Direvisi: 2020-02-05 Diterima: 2020-07-08
©2020 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

Abstrak Metode geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu dari metode geofisika yang dapat mendeteksi aliran listrik di bawah permukaan bumi. Salah satu aplikasi metode geolistrik tahanan jenis adalah dapat mengidentifikasi bidang gelincir pada daerah rawan longsor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bidang gelincir pada daerah rawan longsor di ruas jalan Toraja – Mamasa. Hasil dari pengukuran geolistrik tahanan jenis dipadukan dengan hasil pengeboran di beberapa titik agar tidak terjadi kesalahan dalam proses interpretasi batuan yang diduga sebagai penyebab terjadinya tanah longsor. Informasi tentang perlapisan tanah tersebut digunakan untuk mengetahui batas-batas ketidakstabilan pada lapisan tanah yang dapat menjadi acuan dalam pengembangan wilayah, khususnya ruas jalan Toraja - Mamasa. Dalam penelitian ini diperoleh nilai resistivitas yang berbeda-beda untuk setiap batuan. Variasi resistivitas yang diperoleh dimulai dari 0 – 978 Ω m. Nilai resistivitas batuan pada bidang gelincir di lokasi penelitian berada pada bidang batas 50-300 Ω m. Batuan penyusunnya berupa batupasir lempung, lava andesit dan basalt.

Kata kunci: bidang gelincir; tanah longso; geolistrik dan litologi

Abstract The resistivity geoelectric method is one of the geophysical methods that can detect the flow of electricity below the earth's surface. One application of the resistivity geoelectric method is to identify the slip field in landslide prone areas. The research aimed to discover slip area of landslide prone zone at the segment road of Toraja-Mamasa. The results of the geoelectric resistivity measurements are combined with the results of drilling at several points so that there are no errors in the process of rock interpretation which are thought to be the cause of landslides. Information about the soil layers is used to determine the boundaries of instability in the soil layer which can be used as a reference in regional development, especially the Toraja - Mamasa road segment. In this research, it was obtained different resistivity values for each rock. The resistivity variation obtained started from 0 - 978 Ω m. The rock resistivity value in the slip plane at the research location is in the 50-300 Ω m boundary fields. The rocks lithologies are clay sandstones, andesite lava and basalt.

Keywords: slip field, landslide, geo-electric and lithology

PENDAHULUAN

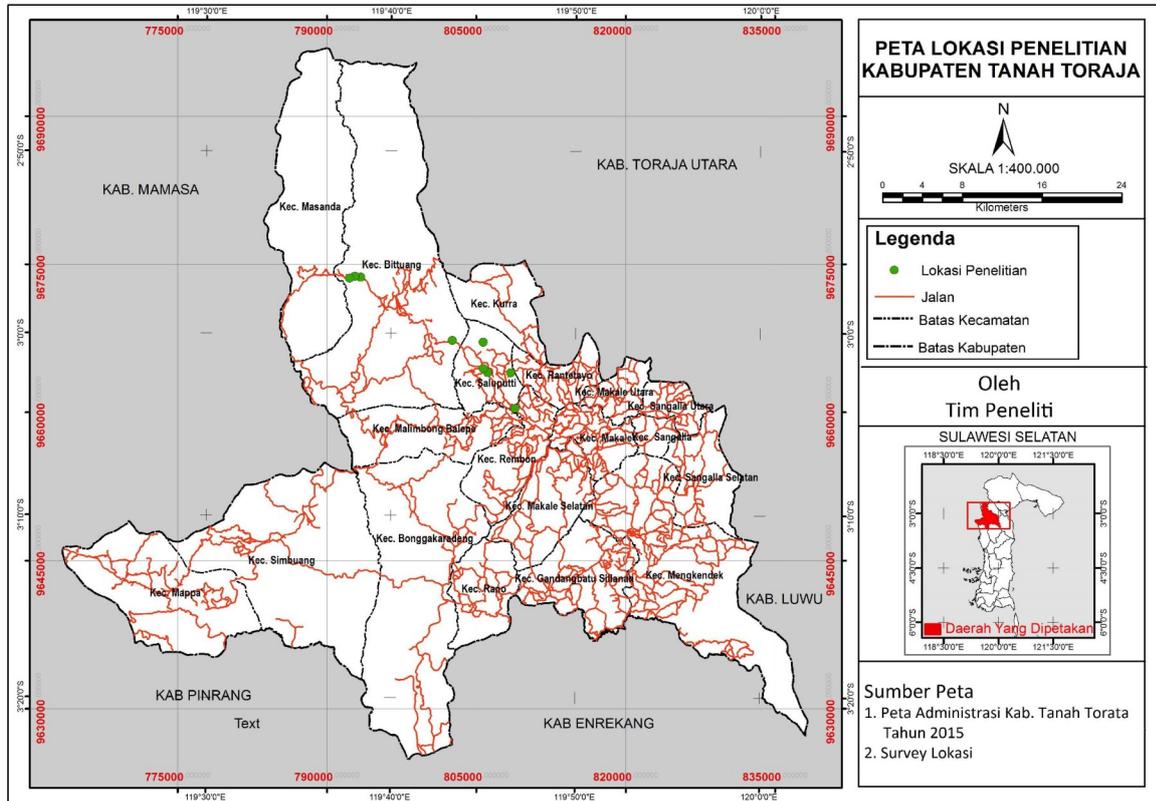
Sering terjadinya longsor di sepanjang ruas jalan Toraja – Mamasa membuat beberapa kecamatan di daerah ini terisolir, diantaranya Kecamatan Bittuang, Masanda, Rano, Mappak, Bonggakaradeng, yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Mamasa dan Mamuju, Sulawesi Barat. (Tribunnews.com, 2016). Karena faktor tingginya longsor di sepanjang ruas jalan Toraja – Mamasa membuat jalan di daerah ini memerlukan perlakuan khusus dalam penanganannya. Rahmad *et al* (2017) faktor yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor meliputi curah hujan, jenis batuan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan. Sebagai upaya pengurangan risiko bencana tanah longsor dan untuk menandai kawasan yang berpotensi longsor di suatu daerah, maka perlu dilakukan pengukuran secara detail dan menyeluruh pada kawasan lereng yang terbentuk dari tanah dan berpotensi longsor. Salah satu indikasi suatu kawasan memiliki potensi longsor

adalah adanya bidang gelincir di sepanjang lereng. Bidang gelincir ini terbentuk akibat perbedaan lapisan antara lapisan penutup (tanah bagian atas) dengan lapisan yang berada dibawahnya. Lapisan paling atas sebuah lereng biasanya adalah lapisan tanah yang lolos air sehingga air hujan bisa dengan mudah terinfiltrasi ke dalam lereng. Namun air hujan yang terinfiltrasi atau masuk ke dalam tanah biasanya sering terhambat akibat adanya lapisan tidak tembus air (*impermeable*) yang menjadi bidang gelincir. Bidang gelincir ini bisa dideteksi dengan menggunakan geolistrik (Muchlis, 2015). Manrulu *et al* (2017) Metode geolistrik digunakan untuk mengidentifikasi bidang gelincir longsor.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Saluputti dan Kecamatan Bittuang Kabupaten Tana Toraja Propinsi



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Sulawesi Selatan sebagaimana disajikan pada Gambar 1. Pemilihan lokasi ini didasarkan atas pertimbangan daerah tersebut merupakan wilayah yang sering terjadi longsor.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode geolistrik tahanan jenis yang dipadukan dengan hasil pengeboran di beberapa titik agar tidak terjadi kesalahan dalam proses interpretasi data yang bertujuan untuk menentukan bidang gelincir yang diduga sebagai penyebab terjadinya tanah longsor. Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda-elektroda arus dan potensialnya, dikenal beberapa jenis metode geolistrik tahanan jenis, antara lain; metode Schlumberger, metode Wenner dan metode *Dipole Sounding* (Adhi 2007: 1). Informasi tentang struktur dan perlapisan tanah dari hasil geolistrik dan pengeboran digunakan untuk mengetahui batas-batas ketidakstabilan tanah yang dapat menjadi acuan dalam pengembangan wilayah khususnya ruas jalan Toraja – Mamasa Propinsi Sulawesi Selatan.

Metode Pengukuran di Lapangan

Bahan atau materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta-peta berkaitan dengan daerah penelitian yaitu Peta Rupa Bumi skala 1 : 50.000 lembar Toraja tahun 1999 dan Peta Geologi lembar Majene dan Bagian Barat Palopo skala 1 : 250.000. Peta Rupa Bumi diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL). Peta ini digunakan untuk mengetahui dan membatasi lokasi daerah penelitian serta sebagai dasar dalam menentukan lokasi pengambilan data geolistrik dan data-data lain yang tidak terdapat dalam peta tematik lainnya. Sedangkan Peta Geologi diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Tahun 1982. Peta ini berfungsi menunjukkan jenis dan struktur batuan serta struktur geologi.

Selanjutnya alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas alat pengukuran lapangan dan alat pengolahan data. Alat pengukuran di lapangan yang terdiri dari 1 set *S-Field automatic multichannel*, *Induce Polarization/IP*, Palu geologi, *Drill Hydraulic* (alat Bor), Kompas dan GPS (*Global Positioning System*). *S-Field automatic multichannel* alat yang digunakan untuk mengukur arus dan beda potensial listrik sebagaimana disajikan dalam Gambar 2. Sedangkan untuk meningkatkan kinerja alat *S-Field automatic multichannel* digunakan *Induce Polarization/IP*. Palu geologi sebanyak dua buah, digunakan untuk memasang patok dan elektroda ke dalam tanah. Selanjutnya *Drill Hydraulic* digunakan untuk pengambilan sampel batuan bawah tanah per meter sampai kedalaman yang ditentukan. Terakhir adalah Kompas yang digunakan sebagai penentu arah lintasan pengukuran dan GPS (*Global Positioning System*) digunakan untuk mengukur koordinat titik awal dan titik akhir. Sedangkan alat pengolahan data yaitu seperangkat komputer dengan beberapa software pendukung untuk olah data yaitu program *excel*, *notepad*, *re2DinV*, *ArcGIS*.

Gambar 2. Alat resistivitas S-Field *automatic multichannel*

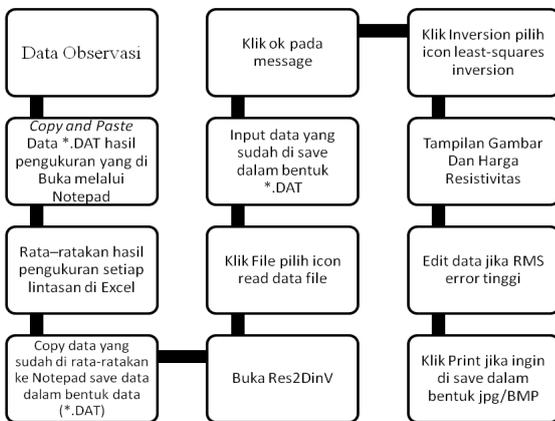
nilai resistivitas inilah dapat diinterpretasi kedalam atau datum point dari setiap titik sounding. Interpretasi analisa data ini dilakukan dari beberapa data analisa lapangan dalam penampang geolistrik inversi 2D hasil perhitungan secara matematis yang di lakukan dalam *Software Res2DinV versi 3.54.44* . Hasil interpretasi ini disajikan dalam bentuk penampang tahanan jenis dan interpretasi geolistrik tahanan jenis, serta analisa bidang gelincir dari susunan litologi bawah permukaan di lokasi pengukuran. Hasil inversi 2D di analisa berdasarkan nilai resistivitas dan data hasil pengeboran. Resistivitas batuan dan mineral memperlihatkan nilai yang bervariasi. Pada mineral-mineral logam, nilainya berkisar pada $10^{-5} \Omega m$, batuan seperti gabbro dengan harga berkisar pada $10^7 \Omega m$. Begitu juga pada batuan-batuan lain, dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan *range* resistivitas yang bervariasi pula. Sehingga range resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari $1,6 \times 10^{-8}$ (perak asli) hingga $10^{16} \Omega m$ (belerang murni) (Telford et al. 1982: 450).



Gambar 5. Longsor di lokasi I (Koordinat X=0808745 Y=9660595)

Tabel 1. Hasil pengeboran lokasi 1

Nama Pengeboran	Jenis Batuan	Kedalaman (m)
Bor Hole (BH I)	Pasir, Lempung, Kerikil berwarna coklat	0-11
Bor Hole (BH I)	Batulempung berwarna abu-abu	11-18
Bor Hole (BH II)	Pasir campur kerikil berwarna abu-abu	0-7
Bor Hole (BH II)	Lempung, Pasir campur kerikil berwarna abu-abu	7-10



Gambar 4. Skema Langkah Kerja Res2dinV

Drilling

Setelah memperoleh hasil inversi 2D dianalisa berdasarkan nilai resistivitas dan data hasil pengeboran, selanjutnya dilakukan *drilling* atau pengeboran. *Drilling* dilakukan untuk membandingkan hasil interpretasi data geolistrik 2D dengan kenyataan di lapangan. Data pengeboran digunakan untuk analisa litologi serta kedalaman batuan di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

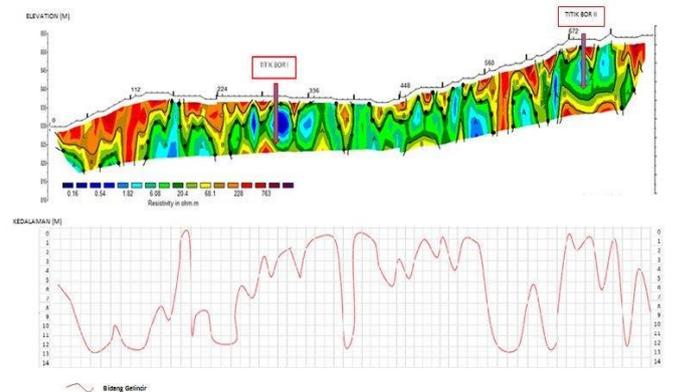
Hasil Penelitian

Lokasi 1 (Km 324+800)

Lokasi 1 yang bertempat di Kecamatan Saluputi tepatnya pada KM 324+800 arah Makassar sebagaimana disajikan dalam Gambar 5 dengan Koordinat : Awal (S : 3° 04'07.4" E : 119° 46'44.0") Akhir (S : 3° 03'56.2" E 119° 46'30.4"). Hasil pengeboran dan pengukuran geolistrik di lokasi I disajikan dalam Tabel 1 dan Gambar 6.

Lokasi 2 (Km 355+400)

Pengukuran geolistrik pada lokasi 2 dilakukan di Kecamatan Bittuang tepatnya pada Km 355+400 arah Makassar sebagaimana disajikan dalam Gambar 7 dengan Koordinat : awal (S: 2°56' 56.3"/ E: 119°38'21.6" akhir (S : 2°56'59.8"/E : 119°37'45.3"). Hasil pengeboran dan pengukuran geolistrik di lokasi 2 disajikan dalam Tabel 2 dan Gambar 8.



Gambar 6. Hasil pengukuran geolistrik dan identifikasi bidang gelincir di Kecamatan Saluputi



Gambar 7. Longsor di lokasi II (Koordinat X= 0793328 Y=9673767)

Tabel 2. hasil pengeboran lokasi 2

Nama Pengeboran	Jenis Batuan	Kedalaman (m)
Bor Hole (BH III)	Lempung berwarna coklat	0-5
Bor Hole (BH III)	Lempung, pasir campur kerikil berwarna kuning kecoklatan	5-12
Bor Hole (BH III)	Batupasir berwarna kehijauan	12-15
Bor Hole (BH III)	Lempung campur kerikil berwarna kuning kecoklatan	15-20
Bor Hole (BH IV)	Lempung berwarna coklat kemerahan	0-4
Bor Hole (BH IV)	Pasir campur kerikil berwarna kuning kecoklatan	4-13
Bor Hole (BH IV)	Lempung campur kerikil berwarna kuning kecoklatan	13-22

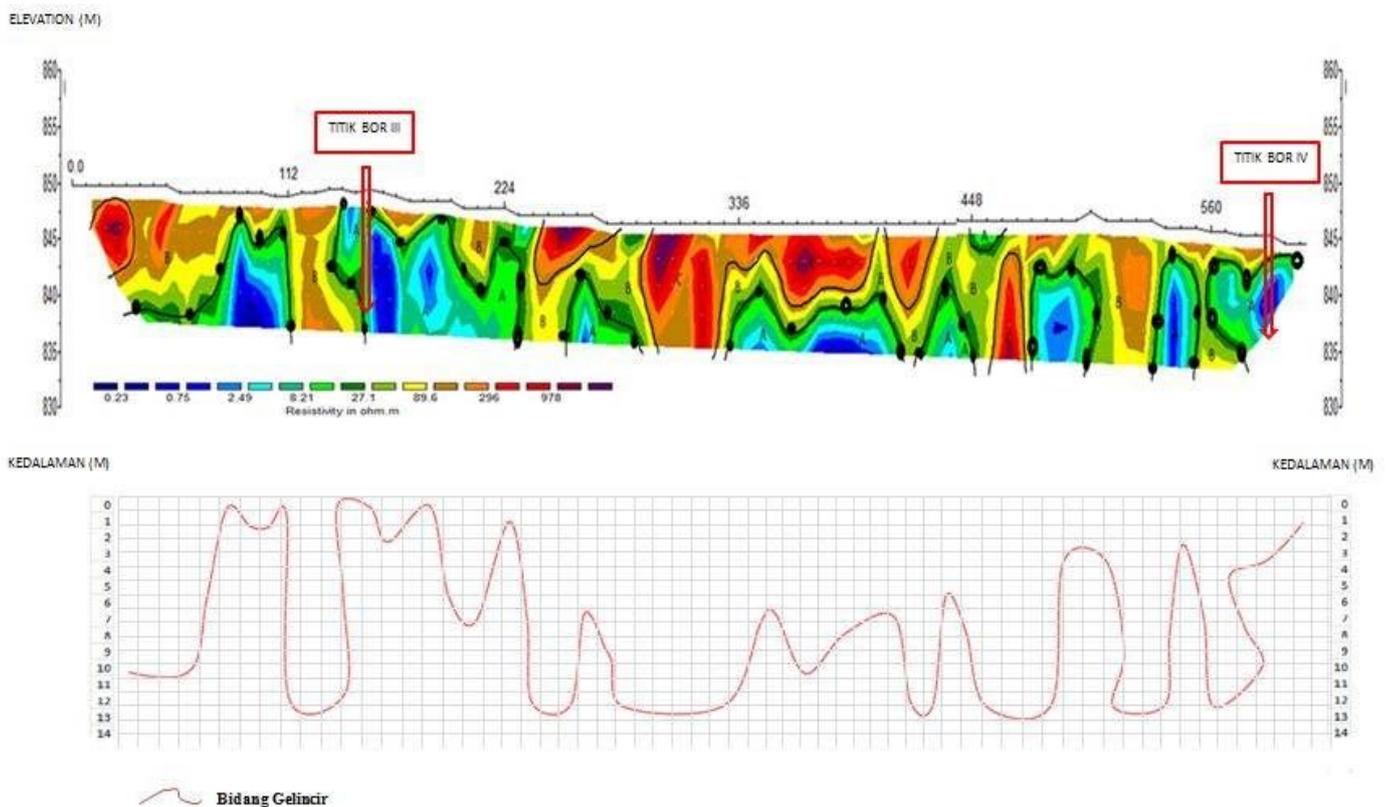
Sumber : Data Pengeboran Lokasi 2

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik menggunakan *software excel* dan *Res2DinV* di kedua lokasi penelitian Kecamatan Saluputi dan Kecamatan Bittuang diperoleh kedalaman bidang gelincir yang bervariasi. Kedalaman bidang gelincir bervariasi disebabkan oleh pelapukan batuan di daerah setempat. Melkianus *et al* (2020) Pelapukan batuan tersebut dapat terjadi karena berbagai macam faktor seperti; waktu, jenis dan struktur batuan, topografi, organisme, iklim dan cuaca, serta keadaan vegetasi. Proses pelapukan batuan memiliki pengaruh yang signifikan dalam penentuan bidang gelincir. Proses ini akan mengakibatkan perubahan fisik, mekanik dan kimia batuan pada zona

longsor (Permanajati, 2019). Batuan dan mineral yang mengalami pelapukan menghasilkan partikel dengan berbagai macam ukuran, yaitu batu, kerikil, pasir, lempung, dan tanah liat. Yang tergolong material tanah adalah partikel yang mempunyai diameter lebih kecil dari 2 mm, atau lebih kecil dari kerikil. Tekstur tanah merupakan perbandingan relatif dari berbagai golongan besar partikel tanah dalam suatu massa tanah, terutama perbandingan antara fraksi-fraksi liat, lempung dan pasir (Ristianto 2007: 16). Rahma *et al* (2018) Nilai resistivitas batuan/material tidak selalu sama. Nilai resistivitas masing – masing tiap batuan yang sama belum tentu memiliki nilai resistivitas yang sama, dan sebaliknya nilai resistivitas yang sama dapat dimiliki oleh batuan yang berbeda, hal ini bisa dipengaruhi oleh keterdapatannya air pada batuan tersebut. Nilai resistivitas beberapa jenis batuan atau material dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Nilai resistivitas bidang gelincir berkisar antara $\pm 232 - 565$ Ohm.meter (Seniwati, 2018)

Kedalaman bidang gelincir di lokasi 1 (Kecamatan Saluputti) terdapat tiga kelas, yaitu sangat dangkal (<1,5 m), dangkal (1,5 s.d. 5 m), dalam (5 s.d. 13 m). Kedalaman bidang gelincir pada daerah rawan longsor penting untuk diketahui karena dapat mengetahui seberapa besar resiko longsor yang terjadi. Semakin dalam bidang gelincir, tingkat bahaya longsor akan semakin besar. Sebaliknya, semakin dangkal bidang gelincir, tingkat bahaya longsor semakin kecil (Zakaria, 2011). Dari hasil pengolahan data geolistrik yang dikorelasikan dengan hasil bor pada lokasi 1 (Kecamatan Saluputti) resiko untuk terjadinya longsor paling besar terdapat pada bentangan pengukuran 56 m, 112 m, 224 m, 392 m, 616 m, 667 m, dan pada bentangan 756 m dengan kedalaman rata-rata mencapai 13 m. Sementara tingkat bahaya longsor yang semakin kecil terdapat pada bentangan pengukuran 203 m, 364 m, 420 m, 504 m, 532 m, 560 m, 672,700, dan pada bentangan pengukuran 735 m



Gambar 8. Hasil pengukuran geolistrik dan identifikasi bidang gelincir di Kecamatan Bittuang

Tabel 3. Nilai resistivitas Batuan (Rahma *et al*, 2018)

Jenis batuan/material	Resistivitas (Ohm.m)
Air permukaan	80-200
Air tanah	30-100
Air sumber	50-100
Pasir dan kerikil	100-1000
Pasir dan kerikil mengandung air tawar	50-500
Pasir dan kerikil mengandung air asin	0,5-5
Batu lumpur	20-200
Lempung	2-20
Batu gamping	300-10000
Batu pasir lempung	50-300
Tufa gunung api	0,5-5
Lava	300-10000
Serpih mengandung granit	0,5-5
Serpih	300-3000
Granit	1000-10000

Tabel 4. Resistivitas batuan beku dan metamorph (Telford *et al*. 1982)

Batuan	Resistivitas(Ω m)
Granit	$3 \times 10^2 - 10^6$
Granite porphyry	4.5×10^3 (basah) – 1.3×10^6 (kering)
Feldspar porphyry	4×10^3 (basah)
Albite	3×10^2 (basah) – 3.3×10^3 (kering)
Syenite	$10^2 - 10^6$
Diorite	$10^4 - 10^5$
Diorite porphyry	1.9×10^3 (basah) – 2.8×10^4 (kering)
Porphyrite	$10 - 5 \times 10^4$ (basah) – 3.3×10^3 (kering)
Carbonatized porphyry	2.5×10^3 (basah) – 6×10^4 (kering)
Quartz porphyry	$3 \times 10^2 - 3 \times 10^5$
Quartz Diorite	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ (basah) – 1.8×10^5 (kering)
Porphyry (various)	60×10^4
Dacite	2×10^4 (basah)
Andesite	4.5×10^4 (basah) – 1.7×10^2 (kering)
Diabase porphyry	10^3 (basah) – 1.7×10^5 (kering)
Diabase (various)	$20 - 5 \times 10^7$
Lavas	$10^2 - 5 \times 10^4$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10 - 1.3 \times 10^7$ (kering)
Olivine norite	$10^3 - 6 \times 10^4$ (basah)

dengan kedalaman di bawah 1,5 m. Lapisan ini tersusun atas batuan lempung dengan nilai resistivitas 0-20 Ohm.meter dan lapisan pasir dan kerikil yang mengandung air tawar dengan nilai resistivity 50-500 Ohm.meter yang diberi kode A. Lapisan ini terdapat di sepanjang lintasan pengukuran. Lapisan ini juga berfungsi sebagai akuifer yang mengandung air permukaan yang turut mempengaruhi gerakan tanah atau longsor terutama pada musim penghujan. Lapisan dengan nilai 50-300 Ohm.meter atau yang berkode (B), merupakan lapisan batupasir lempung yang merupakan bidang batas antara lapisan lunak dan lapisan keras. Bidang batas pada kedua lapisan ini merupakan bidang gelincir pada lokasi 1 (Kecamatan Saluputti). Sementara lapisan dengan nilai lebih dari 300-763 Ohm.meter merupakan lapisan batuan keras yang lebih kompak yang terdiri atas batuan lava andesit dan basalt yang di beri kode (C). Berdasarkan Peta Geologi Regional Skala 1 : 250.000 lembar Majene (2013) dan lembar Palopo Bagian Barat (2013) yang dipublikasikan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (1998) jenis batuan di Kabupaten Tana Toraja terdiri atas batuan gunung api, batuan sedimen, batuan metamorfik dan batuan beku. Berdasarkan ciri litologinya batuan penyusun daerah penelitian berupa lava andesit, basalt dan latit kuarsa.

Sementara di lokasi 2 kedalaman bidang gelincir pada lokasi ini bervariasi. Di lokasi ini juga terdapat tiga kelas kedalaman bidang gelincir, yaitu sangat dangkal (<1,5 m), dangkal (1,5 s.d. 5 m), dalam (5 s.d. 13 m). Hal ini juga disebabkan oleh pelapukan batuan daerah setempat. Dari hasil pengolahan data geolistrik yang dikorelasikan dengan hasil pengeboran pada lokasi 2 (Kecamatan Bittuang) resiko untuk terjadinya longsor paling besar terdapat pada bentangan pengukuran 56 m, 130 m, 285 m, 392 m, 532 m, 588 m, 670 m, dan 714 m. Kedalaman bidang gelincir dari 10 m sampai dengan 13 m. Sebaliknya, resiko untuk terjadinya longsor paling kecil terdapat pada bentangan pengukuran 84 m, 112 m, 168 m, 224 m, 275 m, dan 780 m. Kedalaman bidang gelincir pada titik-titik ini <1,5 m. Lapisan ini tersusun atas batuan lempung dengan nilai resistivitas 0-20 Ohm.meter dan lapisan pasir dan kerikil yang mengandung air tawar dengan nilai resistivity 50-500 Ohm.meter yang diberi kode A. Lapisan dengan kode (B) merupakan lapisan batupasir lempung dengan nilai resistivitas 50-300 Ohm.meter yang menjadi bidang batas antara lapisan yang lunak dengan lapisan keras. Batas antara kedua lapisan ini merupakan bidang gelincir pada lokasi 2 (Kecamatan Bittuang) yang terdeteksi pada kedalaman 0-13 meter sepanjang bentangan pengukuran. Sementara lapisan dengan nilai lebih dari 300-763 Ohm.meter merupakan lapisan batuan keras yang lebih kompak yang terdiri atas batuan lava andesit dan basalt yang di beri kode (C).

Longsor yang terjadi di Kabupaten Tana Toraja khususnya di Kecamatan Saluputti dan Kecamatan Bittuang disebabkan karena adanya pelapukan batuan lava berupa pasir dan lempung pasiran. Lapisan tersebut banyak mengandung air permukaan yang membentuk kantong-kantong air yang rawan akan longsor, terutama pada musim hujan. Lapisan-lapisan ini membentuk zona lemah pada penyusun batuan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa di Kecamatan Saluputti dan Bittuang Kabupaten Tana Toraja Propinsi Sulawesi Selatan lapisan batuan terdiri atas

lempung, pasir dan kerikil, batupasir lempung, lava, andesit, dan basalt yang merupakan batuan Formasi Tineba dan formasi batuan terobosan. Lapisan batuan ini di lokasi terdeteksi dengan nilai resistivitas 0-978 Ohm.meter. Lapisan ini tersusun atas batuan lempung dengan nilai resistivitas 0-20 Ohm.meter dan lapisan pasir dan kerikil yang mengandung air tawar dengan nilai resistivity 50-500 Ohm.meter yang diberi kode (A). Lapisan ini terdapat di sepanjang lintasan pengukuran. Lapisan ini juga berfungsi sebagai akuifer yang mengandung air permukaan yang turut mempengaruhi gerakan tanah atau longsor terutama pada musim penghujan. Lapisan dengan nilai 50-300 Ohm.meter atau yang berkode (B), merupakan lapisan batupasir lempung sebagai bidang batas antara lapisan lunak dan lapisan keras. Bidang batas pada kedua lapisan ini merupakan bidang gelincir pada lokasi penelitian. Sementara lapisan dengan nilai lebih dari 300-978 Ohm.meter merupakan lapisan batuan keras yang lebih kompak yang terdiri atas batuan lava andesit dan basalt yang di beri kode (C). Lapisan-lapisan ini terdeteksi pada kedalaman 0-13 meter. Diharapkan kepada aparat pemerintah/warga setempat sebelum melakukan pembangunan jalan terlebih dahulu diidentifikasi daerah-daerah yang rawan longsor guna perencanaan pembangunan yang lebih baik agar potensi longsor di ruas jalan Rembon-Mamasa bisa diminimalisir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah atas Rahmat Allah SWT penulis bisa menyelesaikan penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian terutama Camat Bittuang dan Saluputti, Bapak Zulfan Rahimy Hamid (pakar geologi) yang telah banyak meluangkan waktu untuk diskusi terkait geologi daerah Kabupaten Toraja serta menggratiskan pemakaian alat geolistrik dan alat bor, Bapak Fredy selaku masyarakat asli Toraja yang selalu menemani penulis ketika dilapangan, Bapak Uca dan Amal selaku dosen Geografi Pascasarjana Universitas Negeri Makassar yang telah membimbing penulis sehingga penelitian ini dapat selesai tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, M.A. (2007). *Modul Praktikum Geolistrik*. Semarang : Unnes
- Manrulu, R dan Nurfalaq (2017). Studi Bidang Gelincir Sebagai Langkah Awal Mitigasi Bencana Longsor. *Seminar Nasional*. Universitas Cokroaminoto Palopo.
- Melkianus, A., dkk (2020). Pengaruh Pelapukan Terhadap Kekuatan Batuan Andesit, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), *Prosiding*, 2 (1)
- Muchlis. 2015. Interpretasi Potensi Massa Longsoran Dengan Metode Geolistrik. Aceh: Universitas Syiah Kuala Darusalam.
- Permanajati, I., Iswahyudi, S., (2019). Zona Pelapukan Sebagai Pengontrol Longsoran di Daerah Jingsang dan Sekitarnya, In *University Research Colloquium* (pp. 234-239) Purbalingga, Indonesia Universitas 'Aisyiah Surakarta
- Peta Geologi lembar Majene dan Bagian Barat Palopo Tahun (1998). 1 : 250.000 .Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Tahun 1982
- Rahmad, R., Suib dan A. Nurman (2018). Aplikasi SIG untuk pemetaan tingkat ancaman longsor di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, *Majalah Geografi Indonesia*, 32 (1), 1-13
- Rahma, H., dkk (2018). Pendugaan sebaran air tanah menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner dan schlumberger di kampus 2 Universitas Cokroaminoto

- Palopo, *Jurnal Fisika FLUX*, 15 (1)
- Ristianto, D. (2007). *Skripsi (Penentuan Resistivitas Tanah Pada Zona Labil Dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus di Desa Bambangkerap, Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah))*. Semarang : Unnes (tidak dipublikasikan).
- Seniwati, dkk (2018) Penyelidikan Kedalaman Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Hambatan Jenis pada ruas jalan Tavaili-Toboli, Kabupaten Donggala, 17 (1)
- Telford, W.M., L.P. Geldart, , R.E. Sheriff, dan D.A. Keys. (1982). *Applied Geophysic*. London : Cambridge University Press.
- Tribuntoraja, (2016) . Bencana Longsor di Tana Toraja, 35 Ribu Keluarga Terisolir. Satu Orang Tewas Diakses tanggal 27 Januari 2017 dari <https://www.tribunnews.com/regional/2016/04/19/bencana-longsor-di-tana-toraja-35-ribu-keluarga-terisolir-satu-orang-tewas?page=all>
- Zakaria, Z. (2011). Analisis Kestabilan Lereng Tanah. Jawa Barat: Geo Teknik Universitas Padjajaran