

IDENTIFIKASI POTENSI BIDANG GELINCIR MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DI DAERAH AMBON MALUKU

IDENTIFICATION OF POTENTIAL SLIDING PLANE USING GEOELECTRIC METHOD IN THE AMBON REGION, MALUKU

Warni Multi^{1*}, Resti Limehuwey², Philipus J. Patty³, Sitti Hafsa Kotarumalos⁴, Aditya Ramadhan⁵, M. Riswan Anas Sukri⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Teknik Geofisika, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena Kampus Poka Ambon Maluku, 97233, Indonesia

Received: 2023, October 31th
Accepted: 2024, February 22nd

Keywords:

Ambon;
Dipole-dipole;
Geoelectricity;
Sliding plane.

Correspondent Email:

warnimulti1@gmail.com

How to cite this article:

Multi, W., Limehuwey, R., Patty, P.J., Kotarumalos, S.H., Ramadhan, A., & Sukri, M.R.A. (2024). Identifikasi Potensi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik di Daerah Ambon, Maluku. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 10(01), 37-46.

Abstrak. Identifikasi bidang gelincir telah dilakukan di Batu Koneng, Kota Ambon dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole*. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk menginterpretasi lapisan batuan bawah permukaan di area penelitian melalui nilai resistivitas guna mengetahui adanya potensi bidang gelincir yang menyebabkan longsor. Data pengukuran dilakukan sebanyak 4 lintasan dengan panjang 110 m yang pengolahan datanya menggunakan *software Res2Dinv*. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa di lokasi penelitian terdeteksi litologi lempung dengan variasi nilai resistivitas 8,77-24,9 Ω m. Sedangkan lapisan lain diduga sebagai batu gamping dengan variasi nilai resistivitas 23,0-70,1 Ω m. Bidang gelincir diduga berupa lapisan lempung yang terdeteksi pada semua penampang lintasan, untuk penampang 1 ditemukan pada kedalaman 1,25 m hingga 6,76 m, untuk penampang 2 ditemukan pada kedalaman 1,25 m hingga 8 m. Sedangkan pada penampang 3 pada kedalaman 1,25 m hingga 11 m dan penampang 4 menjadi lapisan yang paling dalam yaitu 1,25 m hingga 24 m.

Abstract. Using the dipole-dipole geoelectric configuration method, the sliding plane has been identified in Batu Koneng, Ambon City. This research aims to interpret subsurface rock layers in the research area through resistivity values to determine the potential for sliding planes that cause landslides. The measurement data was carried out in four sections with a length of 110 m, and the data processing used Res2Dinv. The interpretation results show that at the research location, clay lithology was detected with variations in resistivity values of 8.77-24.9 Ω m. Meanwhile, the other layers are thought to be limestone with varying resistivity values of 23.0-70.1 Ω m. The sliding plane is thought to be a layer of clay, which was detected on all cross-sections of the section; for one section, it was found at a depth of 1.25 m to 6.76 m; for two sections, it was found at a depth of 1.25 m to 8 m.

1. PENDAHULUAN

Daerah Maluku khususnya area Kota Ambon merupakan daerah yang memiliki laju pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi dan memiliki topografi wilayah dengan kemiringan lereng dan bukit yang cukup curam. Pada tahun 2023, terdapat sekitar 86 titik longsor di kota ini (Hendriks, 2023). Dengan adanya kondisi tersebut, potensi untuk terjadinya tanah longsor harus lebih diperhatikan salah satunya dengan melakukan identifikasi penyusun batuan bawah permukaan guna mengetahui adanya potensi bidang gelincir (Arnaut & Sretenovic, 2021).

Umumnya bidang gelincir merupakan batas kontak dua lapisan batuan lunak dan batuan yang lebih padat atau keras yang memiliki pori yang sangat kecil dan kedap terhadap air (Irepi dkk., 2015). Jika curah hujan tinggi, lapisan batuan lunak yang berada di atasnya menjadi lebih mudah tergerus atau bergerak di atas bidang lapisan keras dan licin tersebut (Zhang dkk., 2023) sehingga peluang terjadinya tanah longsor lebih besar.

Area penelitian terletak di daerah Batu Koneng, Kota Ambon termasuk ke dalam area yang relatif curam dengan pemukiman penduduk banyak tersebar di sekitarnya. Sebelumnya pada area ini telah dilakukan pengukuran dengan metode geolistrik untuk mengidentifikasi daerah rawan longsor. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa identifikasi kedalaman bidang gelincir mencapai 15 meter (Amukti dkk., 2021). Meskipun telah dilakukan identifikasi rawan longsor di daerah tersebut, tetapi kegiatan pembangunan terus dilakukan. Di samping itu terdapat retakan-retakan pada jalan maupun lantai dan dinding pada bangunan sebagai dugaan tanah merayap yang ada di sekitar area seperti **Gambar 1**.



Gambar 1. Pengamatan di lokasi yang menunjukkan indikasi tanah merayap: a, b dan c merupakan retakan-retakan pada area jalanan maupun halaman perumahan penduduk.

Oleh karena itu, tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui litologi batuan bawah permukaan di area penelitian melalui nilai resistivitasnya guna mengetahui adanya potensi bidang gelincir. Dengan menggunakan metode geolistrik diharapkan mampu menunjukkan adanya perkembangan lanjut terkait potensi bidang gelincir di daerah penelitian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bidang Gelincir

Istilah bidang gelincir sering juga dikenal sebagai bidang geser yang dapat diartikan sebagai bidang landasan bagi material atau batuan lain yang lebih lunak atau kurang kuat penyebab terjadinya longsor (Sehah & Sugito, 2017; Soebowo dkk., 2014). Para peneliti sebelumnya (Abdullah, 2016; Farhati & Rosyid, 2022) juga mengemukakan bahwa faktor terjadinya penurunan massa

tanah disebabkan oleh banyak hal, tidak hanya faktor kondisi geologi berupa sifat alami tanah tetapi juga berasal dari kondisi lingkungan dan aktivitas kehidupan yang dilakukan oleh penduduk setempat.

Kebanyakan tanah longsor terjadi karena material atau batuan lapuk dan lunak dalam massa besar tidak mampu tertahan sehingga akan bergerak dan berkumpul di atas bidang geser (Farhati & Rosyid, 2022). Melalui identifikasi bidang gelincir ini maka bagi para peneliti maupun masyarakat setempat dapat menambah informasi dan pengetahuan lebih terkait daerahnya. Menurut (Sari & Akmam, 2019) jika bidang gelincir terdapat pada kedalaman yang cukup dalam di bawah permukaan maka longsor yang ditimbulkan cukup berisiko namun jika keberadaannya hanya pada kedalaman yang dangkal maka risiko longsor yang terjadi juga lebih kecil. Menurut (Sandra dkk., 2020) suatu bidang gelincir adalah bidang batas yang dipisahkan oleh dua jenis material atau batuan, yaitu batuan yang bersifat lunak yang dicirikan oleh nilai tahanan jenis yang rendah seperti lempung dan sebaliknya untuk batuan padat atau kompak.

2.2. Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang sering diaplikasikan dalam interpretasi bawah permukaan bumi dan pengoperasiannya cukup mudah serta tidak membutuhkan biaya yang tinggi (Sapina dkk., 2023; Wahyono dkk., 2020; Ariyanto & Husni, 2014). Berdasarkan nilai beda potensial dan arus yang dihasilkan dari proses akuisisi data maka kondisi geologi bawah permukaan dapat diinterpretasi dengan baik (Chinedu, 2023). Dengan prinsip tersebut, maka *apparent resistivity* dari lapisan-lapisan batuan atau material di bawah permukaan nilainya dapat diukur (Wibowo dkk., 2023). *Apparent resistivity* tersebut dapat dituliskan secara empiris dalam bentuk:

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

dengan I adalah arus listrik (*Ampere*), ΔV merupakan beda potensial terukur (*Volt*), dan K adalah faktor geometri yang disesuaikan dengan konfigurasi elektroda. Adapun nilai resistivitas dari beberapa material di bawah permukaan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai resistivitas batuan dan mineral di bawah permukaan bumi (Legowo dkk., 2022) dalam (Sheriff, 2001).

Rock type	Resistivity (Ωm)
Andesite	$1.7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
Basalt	200-100.000
Tuff	$2 \times 10^3 - 10^5$
Sandstone	200-8000
Quartz	500-800.000
Sand	1-1000
Clay	1-100
Sandy clay	30-215
Wet clay	10-35
Soil	1-10
Groundwater	0.5-300
Dry gravel	600-10.000
Alluvium and sands	10-800

Pada pengukuran ini digunakan konfigurasi *dipole-dipole* karena merupakan konfigurasi yang lebih mudah dan mampu menjangkau target kedalaman yang lebih dalam. Konfigurasi elektroda ini berperan penting dalam desain survei pengukuran untuk mengatur spasi penempatan elektroda arus dan potensial guna mencapai kedalaman target yang diharapkan. Konfigurasi ini menempatkan elektroda arus (C1 C2) dan potensial (P1 P2) secara terpisah dengan jarak antar elektroda arus dan potensial dibuat sama. Penempatan elektroda ini dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Dalam konfigurasi *dipole-dipole* pada **Gambar 2**, jarak elektroda arus dan potensial dipisahkan sejauh " na " sedangkan jarak antar masing-masing elektroda arus dan potensial dibuat sama yaitu sebesar " a ". Target kedalaman dapat dengan mudah didapatkan dengan konfigurasi ini yaitu jika nilai " n " diperbesar maka kedalaman target semakin bertambah (Rachmawati dkk., 2018). Sehingga nilai " n " dan " a " sangat berpengaruh terhadap pengukuran yang dilakukan dengan konfigurasi ini.



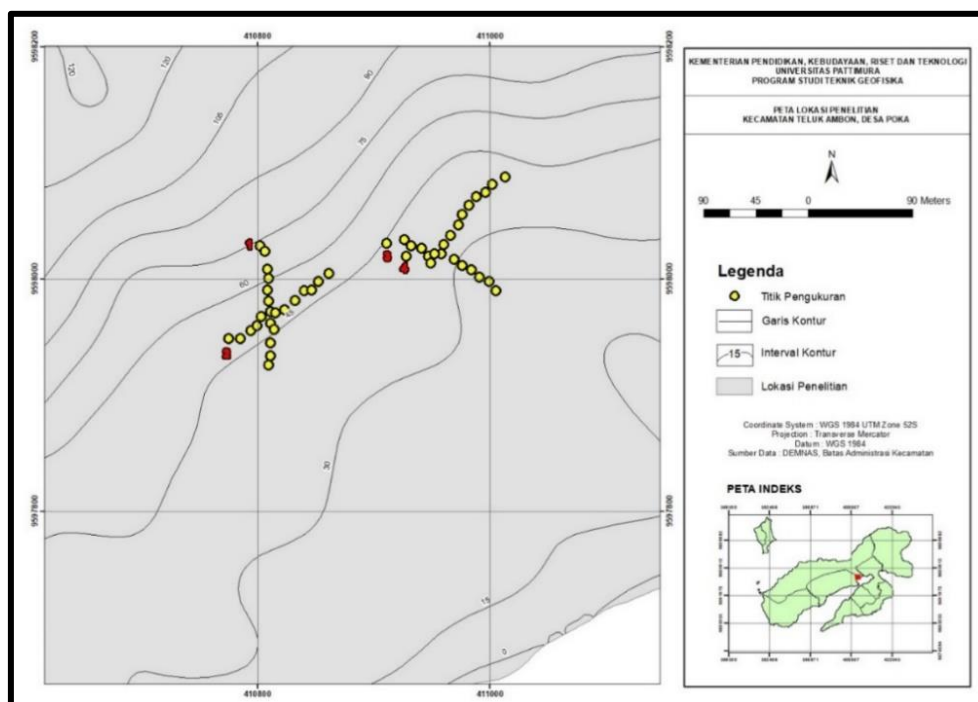
Gambar 2. Konfigurasi *dipole-dipole* modifikasi dari (Sheriff, 2001).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di daerah Batu Koneng Desa Poka yang berada pada koordinat geografis $8^{\circ}40'55.507''\text{LU}$ dan $128^{\circ}11'21.040''\text{BT}$. Lokasi penelitian lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Akuisisi data dilakukan selama empat hari dengan menggunakan alat *resistivity* meter *Naniura NRD* yang dilengkapi oleh elektroda potensial dan arus serta kabel, aki, GPS, palu, meteran, dan alat tulis. Prinsip kerja dari metode ini adalah arus listrik diinjeksi ke bawah permukaan melalui elektroda arus. Beda potensial yang terjadi diukur oleh elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk tiap jarak elektroda tertentu dapat dihitung nilai resistivitas semuanya.

Pengambilan data dimulai dengan studi pustaka dan survei kondisi geologi daerah penelitian. Kemudian dilanjutkan dengan desain pengukuran yang meliputi penentuan jumlah lintasan yang dilakukan yaitu sebanyak empat lintasan dan panjangnya mencapai 110 meter dengan spasi elektroda diatur tiap 10 meter. Dua lintasan membentang dari arah barat-timur dan dua lintasan lainnya dibuat dengan arah barat laut-tenggara (**Gambar 3**). Tujuannya untuk melihat kemenerusan potensi bidang gelincir di area tersebut. Dalam pengukuran tiap lintasan, koordinatnya ditentukan dengan GPS. Setelah itu kabel elektroda dan aki dihubungkan dengan baik pada *main unit resistivity* meter, kemudian dioperasikan sesuai dengan penggunaannya.



Gambar 3. Peta lokasi dan lintasan pengambilan data (Tjokrosapoetro dkk., 1993).

Adapun data yang dihasilkan dari pengukuran dengan konfigurasi tersebut berupa data arus (I) dan beda potensial (ΔV) yang kemudian digunakan untuk kalkulasi nilai resistivitas semu (Apparent Resistivity) menggunakan Microsoft Excel. Selanjutnya data lain seperti informasi datum (x), spasi elektroda (n), dan resistivitas semu (Apparent Resistivity) dituliskan kembali dalam aplikasi notepad++ dan disimpan dalam format nama file *.txt kemudian diolah ke tahap inversi. Tahap inversi dilakukan menggunakan software Res2Dinv. Adapun hasil inversi dianalisis dan diinterpretasi serta dikorelasi juga dengan kondisi geologi daerah penelitian tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

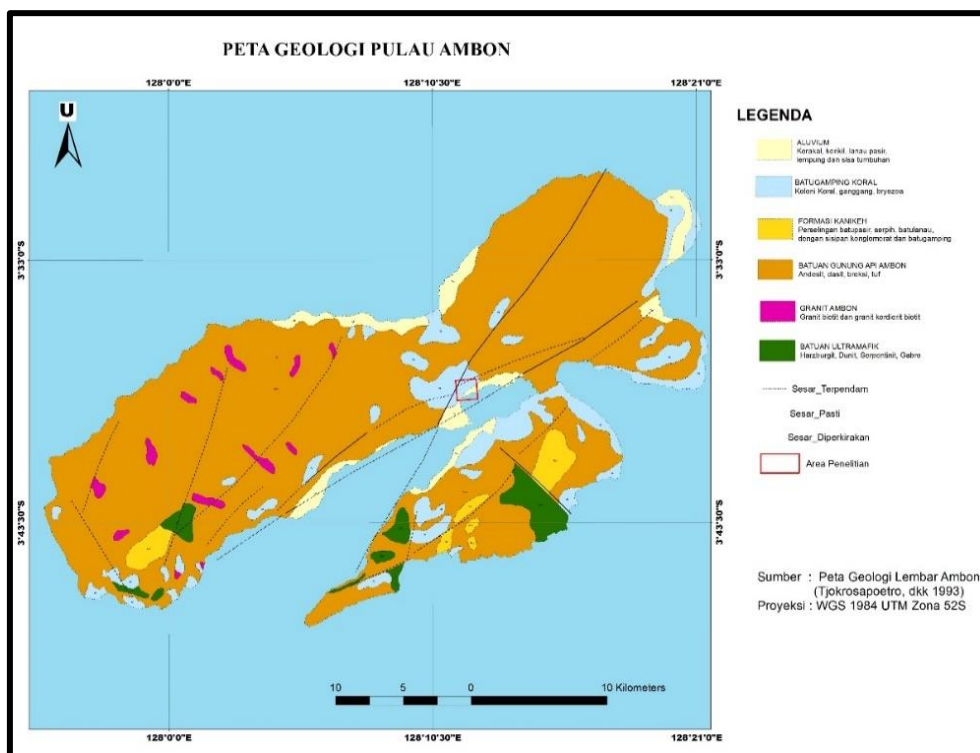
Area Batu Koneng tersusun atas aluvium (Qa) dan batu gamping koral (Ql) yang dapat dilihat pada peta geologi **Gambar 4**. Secara umum aluvium merupakan litologi batuan yang tersusun atas kerakal, kerikil, lanau,

pasir, lempung dan sisa tumbuhan lainnya (Tjokrosapoetro dkk., 1993). Ketika mengalami kondisi jenuh oleh fluida, jenis batuan tersebut akan menahan massa yang besar sehingga dapat memicu longsor (Nengga dkk., 2018). Sedangkan batu gamping sebagai pengisi batuan di daerah tersebut terdiri atas koloni koral, ganggang dan *bryozoa* (Tjokrosapoetro dkk., 1993).

Area penelitian ini adalah area yang telah diteliti sebelumnya oleh (Amukti dkk., 2021). Dari pengukuran tersebut diperoleh klasifikasi nilai resistivitas batuan dan jenis mineral pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Nilai resistivitas batuan dan jenis mineral di sekitar daerah penelitian berdasarkan penelitian sebelumnya (Amukti dkk., 2021).

Jenis batuan	Resistivity (Ωm)
Lempung lunak	0,93-30
Batu gamping berpori	6,9-832



Gambar 4. Peta lembar geologi Ambon dan sekitarnya dengan lokasi penelitian ditandai kotak warna merah yang dimodifikasi dari (Tjokrosapoetro dkk., 1993).

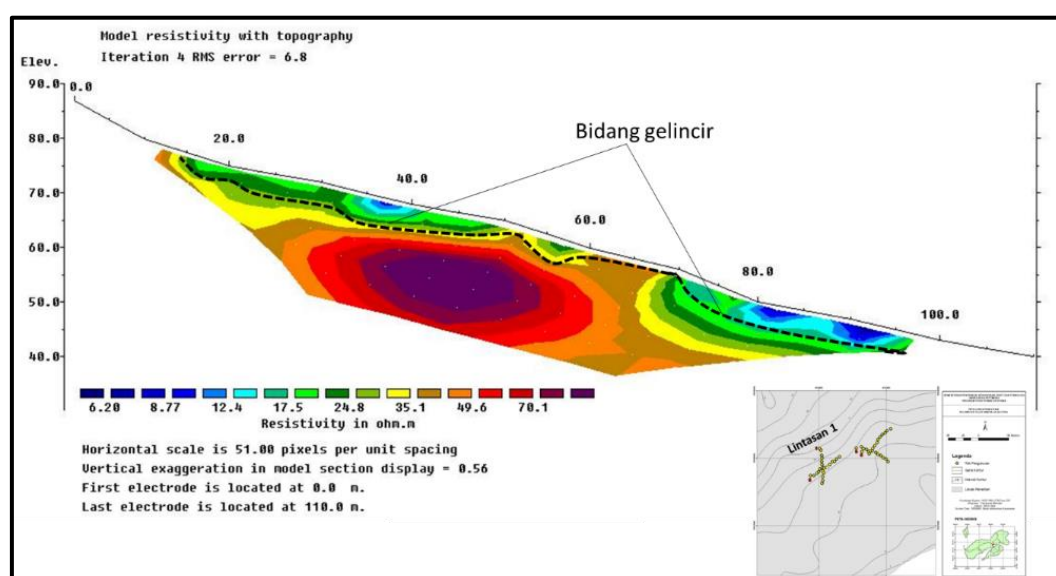
Adapun hasil penelitian pada **Tabel 2** ini menjadi referensi lanjut pada penelitian ini.

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada lintasan 1 (**Gambar 5**) dapat

diinterpretasikan bahwa terdapat dua jenis litologi dengan rentang nilai 8,77 Ωm hingga 17,5 Ωm ditandai dengan warna biru dan diduga sebagai litologi lempung. Sedangkan pada rentang nilai resistivitas 24,8 Ωm hingga 70,1 Ωm diduga sebagai batu gamping yang mengisi bagian bawahnya. Indikasi akumulasi air bawah permukaan dengan warna biru juga terlihat pada nilai resistivitas 6,20 Ωm .

Hasil pemodelan penampang ini juga memberikan informasi yang cukup baik terlihat dari nilai RMS error sebesar 6,8 %. Terdapat dugaan adanya potensi bidang

gelincir ditandai oleh *dash line* hitam yang menunjukkan bidang batas dua jenis material yang memiliki nilai resistivitas berbeda antara lempung dan batu gamping. Pada batas kontak antara lempung dan batu gamping diduga terdapat ketidakmenerusan sehingga timbul zona lemah (Aliyatarrafiah dkk., 2014). Dugaan potensi bidang gelincir terlihat pada rentang kedalaman 1,25 meter hingga 6,76 meter. Selain itu kemiringan lereng di area ini relatif curam mencapai 45° sehingga cukup rawan longsor (Sebayang dkk., 2022) .



Gambar 5. Penampang resistivitas 2D lintasan 1: *dash line* hitam menunjukkan bidang batas dua jenis material dengan kontras resistivitas berbeda sebagai indikasi bidang gelincir.

Hasil interpretasi lintasan 2 yang ditunjukkan oleh **Gambar 6** juga diperoleh hasil pemodelan penampang resistivitas 2D dengan hasil yang cukup baik ditunjukkan oleh RMS error sebesar 7,2%. Terlihat akumulasi air bawah permukaan ditandai warna biru dengan nilai resistivitas 7,20 Ωm . Selain itu diduga lapisan penyusun bawah permukaan terdiri atas dua litologi yaitu lempung dengan rentang nilai resistivitas 9,22 Ωm hingga 19,3 Ωm . Kemudian di bagian bawah hingga dasarnya diduga sebagai lapisan batu gamping dengan rentang nilai resistivitas sebesar 24,7 Ωm hingga 40,4 Ωm . Potensi bidang gelincir terlihat pada perkiraan kedalaman 1,25

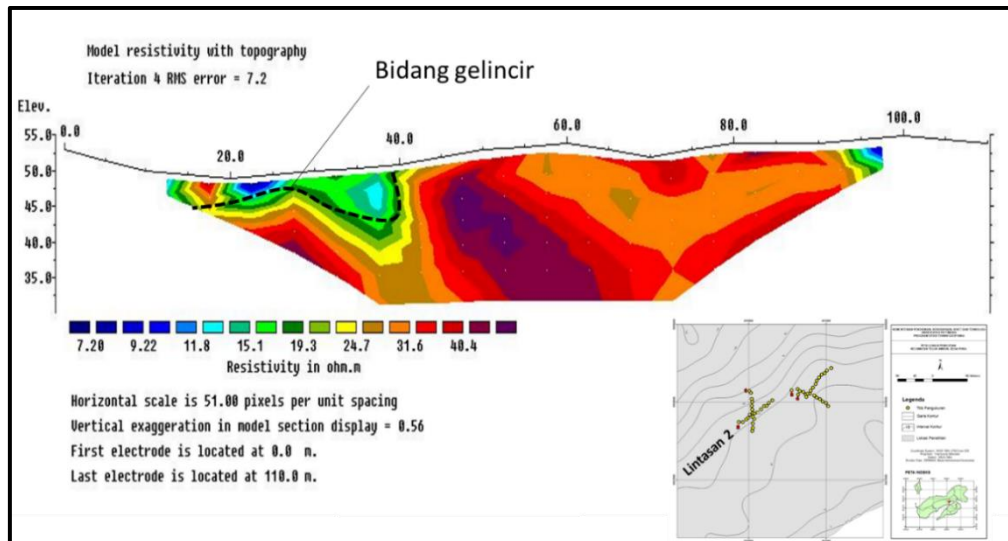
meter hingga 8 meter (*dash line* hitam) yang mengikuti arah kemiringan lintasan.

Hasil pengolahan lintasan 3 pada **Gambar 7** diperoleh RMS error yang cukup kecil yaitu sebesar 2,8% dengan empat kali iterasi. Terdapat dua litologi yang menyusun bawah permukaan yaitu lapisan pertama diduga sebagai lempung ditandai warna biru hingga hijau dengan rentang nilai resistivitas sebesar 10,3 Ωm hingga 18,8 Ωm . Selanjutnya lapisan kedua warna kuning hingga ungu diduga sebagai batu gamping berupa koral dengan rentang nilai resistivitas yaitu 23,0 Ωm hingga 34,5 Ωm .

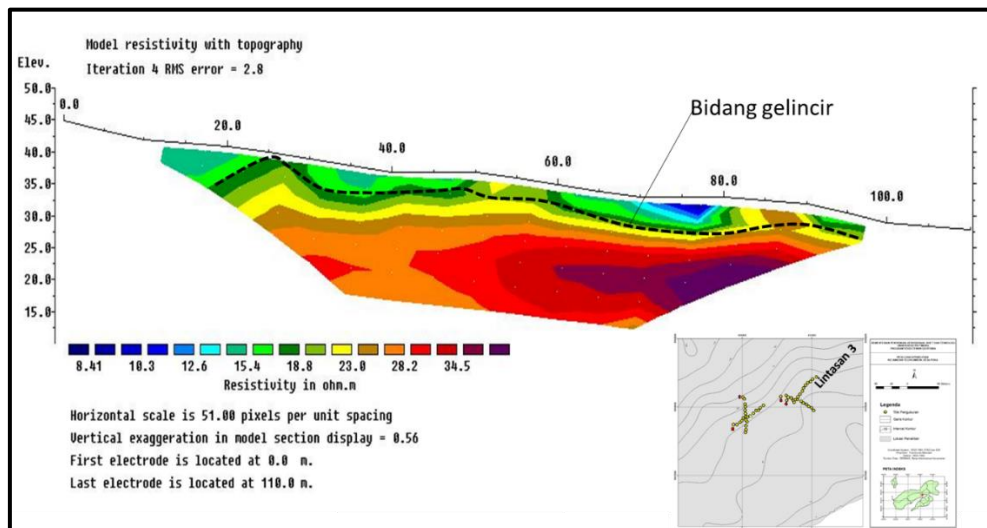
Pada **Gambar 7** potensi bidang gelincir diduga terdapat pada kedalaman 1,25 meter hingga 11 meter. Pada lintasan ini letak

bidang gelincir lebih dalam dibandingkan lintasan 1 dan 2. Kemiringan lereng pada lokasi ini juga diperkirakan mencapai 40° yang tergolong curam (Zakaria, 2009) sehingga kemungkinan rawan terhadap longsor. Pada area sekitar lintasan ini permukaan tanahnya relatif lebih kering dan

dipenuhi banyak pepohonan. Namun jika curah hujan tinggi akan menambah air yang terserap ke bawah permukaan sehingga lapisan lempung bersifat jenuh fluida tidak mampu menahan air yang masuk tersebut (Ariyanto & Joni, 2021; Abija dkk., 2019) akhirnya memicu longsor.



Gambar 6. Penampang resistivitas 2D pada lintasan 2: *dash line* hitam menunjukkan bidang batas dua jenis material dengan kontras resistivitas berbeda sebagai indikasi bidang gelincir.



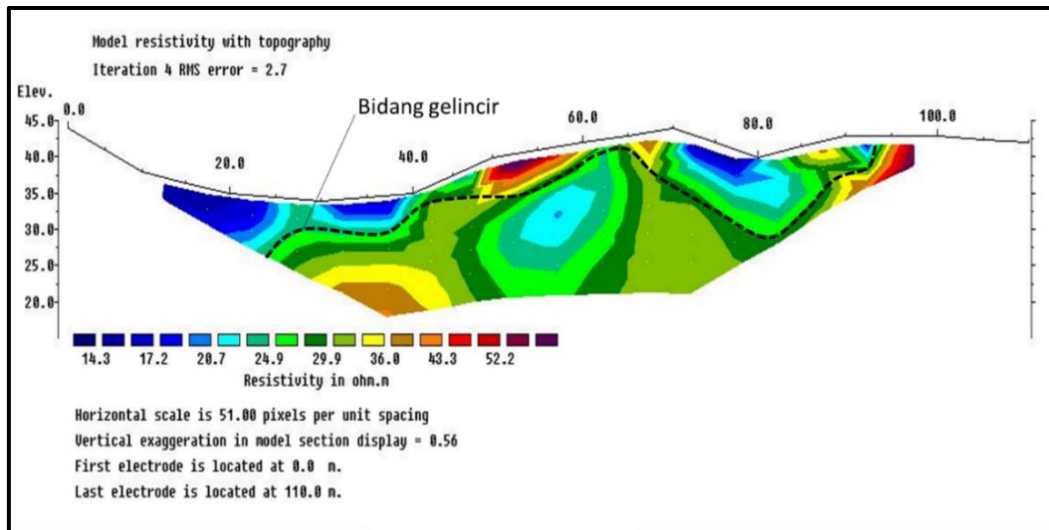
Gambar 7. Penampang resistivitas 2D pada lintasan 3: *dash line* hitam menunjukkan bidang batas dua jenis material dengan kontras resistivitas berbeda sebagai indikasi bidang gelincir.

Sedangkan hasil interpretasi untuk lintasan 4 pada **Gambar 8**, penampang resistivitas 2D menunjukkan hasil yang cukup baik terlihat dari nilai *RMS error* sebesar 2,7%

dengan 4 kali iterasi. Berdasarkan model penampangnya diperoleh nilai resistivitas 17,2 Ω m hingga 24,9 Ω m diduga sebagai litologi lempung. Sedangkan batu gamping

dapat terlihat pada rentang nilai resistivitas 29,9 Ωm hingga 52,2 Ωm . Selain itu terdapat indikasi bidang gelincir yang ditandai oleh *dash line* hitam yang merupakan batas antar litologi batuan yang memiliki kontras resistivitas berbeda terlihat dari perbedaan warna anomalnya. Pada lapisan lempung

yang letaknya lebih dangkal diduga terisi air bawah permukaan ditandai warna biru dengan nilai resistivitas 14,3 Ωm . Bidang gelincir pada lintasan 4 ini teridentifikasi pada rentang kedalaman 1,25 meter hingga 24 meter yang cukup dalam. Lintasan ini juga memiliki topografi area yang mencapai 45°.



Gambar 8. Penampang resistivitas 2D lintasan 4: *dash line* hitam menunjukkan bidang batas dua jenis material dengan kontras resistivitas berbeda sebagai indikasi bidang gelincir.

Berdasarkan interpretasi penampang resistivitas 2D yang dilakukan pada empat lintasan pengukuran tersebut, diperoleh dua jenis litologi penyusun lapisan bawah permukaan yang dirincikan dalam **Tabel 3** berikut.

Tabel 3. Pengelompokan jenis material dan nilai resistivitasnya berdasarkan hasil pengolahan tiap lintasan pengukuran.

Lintasan pengukuran	Jenis Material	Nilai Resistivitas (Ωm)
1	Lempung	8,77-17,5
	Batu gamping	24,8-70,1
2	Lempung	9,22-19,3
	Batu gamping	24,7-40,4
3	Lempung	10,3-18,8
	Batu gamping	23,0-34,5
4	Lempung	17,2-24,9
	Batu gamping	29,9-52,2

Dari tiap lintasan pengukuran lapisan bawah permukaan masih tersusun oleh litologi lempung dan batu gamping. Dengan mengetahui litologi tersebut maka batas kontak lempung dapat dibedakan dari batu gamping yang menurut (Sani dkk., 2021; Sari & Akmam, 2019) bidang batas tersebut mengindikasikan bidang gelincir yang sering terjadi pada lapisan lempung yang memiliki resistivitas yang $<10 \Omega\text{m}$.

Keterbatasan penelitian yang dilakukan ini adalah interpretasi penampang bawah permukaan hanya meliputi dua lapisan saja. Sehingga untuk menyimpulkan potensi bidang gelincir yang lebih detail pada posisi dan kedalaman yang lebih dalam masih kurang detail. Untuk memetakkan hasil yang lebih baik kemungkinan dapat dilanjutkan dengan menggunakan lintasan yang lebih panjang supaya target yang lebih dalam dapat diinterpretasi. Namun karena keterbatasan lokasi untuk membentangkan kabel elektroda akibat kondisi yang tidak memungkinkan maka interpretasi bidang gelincir tidak teridentifikasi menyeluruh.

Adapun dampak positif dari penelitian yaitu dapat memberikan informasi lebih pada area tersebut terkait dugaan kedalaman bidang gelincir berdasarkan tiap lintasan yang dianalisis. Sehingga masyarakat setempat lebih waspada untuk menempati area tersebut terlebih jika curah hujan tinggi. Jumlah curah hujan di area penelitian pada bulan Juli-September relatif tinggi jika dibandingkan dengan bulan lainnya yang mana pada bulan Juli, jumlah curah hujan di area ini mencapai 1.220,9 mm, sedangkan untuk bulan Agustus dan September masing-masing adalah 821,4 mm dan 424,5 mm (BPS Kota Ambon, 2023). Hal tersebut menyebabkan lempung yang teridentifikasi sebagai litologi penyusun area penelitian tidak mampu menyimpan air karena permeabilitas dan porositasnya yang rendah yaitu hanya 40% menurut (Ariyanto & Joni, 2021) sehingga batuanannya lebih cepat jenuh dan cenderung rawan longsor.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh dari pengukuran geolistrik menggunakan konfigurasi *dipole-dipole* di area penelitian terdapat dua litologi batuan yang menyusun bawah permukaan. Berdasarkan nilai resistivitasnya, terdapat dugaan terkait potensi bidang gelincir yang ditandai oleh nilai resistivitas yang rendah dan berupa lapisan lempung. Bidang gelincir ini ditemukan pada setiap lintasan antara 8,77 Ω m hingga 24,9 Ω m. Potensi bidang gelincir tersebut terlihat pada rentang kedalaman 2,5 meter hingga 24 meter yang lebih dalam dari penelitian sebelumnya yaitu mencapai 15 meter. Berdasarkan hal tersebut, jika bidang gelincir ini teridentifikasi pada kedalaman yang cukup dalam seperti pada lintasan 4 tersebut maka semakin tinggi pula peluang longsor di area tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada semua anggota peneliti yang telah turut serta membantu dan mendukung suksesnya penelitian ini serta pihak lainnya yang telah membantu selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Z. I. I. P. A. H. W. (2016). Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Dengan Metode Tahanan Jenis dan Pengujian Sifat Plastisitas Tanah (Studi Kasus di Bukit Pawinihan, Sijeruk, Bnajarmangu, Banjarnegara). *Dinamika Rekayasa*, 12(2), 53–57.
- Abija, F., Nwosu, J., Abimbola, I., & Osadebe, C. (2019). Landslide susceptibility assessment of Calabar, Nigeria using Geotechnical, Remote Sensing and Multi-Criteria Decision Analysis: Implications for urban planning and development. *SDRP Journal of Earth Sciences & Environmental Studies*, 4(6), 774–788. <https://doi.org/10.25177/jeses.4.6.ra.617>
- Aliyatarrafiah, Setyawan, A., & Widada, S. (2014). Identifikasi Bidang Gelincir Dengan Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Dipole-Dipole Daerah Bampakerep Ngaliyan Semarang. *Youngster Physics Journal*, 3(4), 291–298.
- Amukti, R., Damayanti, C., Yamko, A.K., & Lekalette, J.D. (2021). Geoelectric Method Application of Dipole-Dipole Configuration for Identification of Landslide Prone Areas in Poka Village, Ambon Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole untuk Identifikasi Daerah Rawan Longsor (Studi Kasus di Desa Poka). *TEKNIK*, 42 (1), 2021, 79-86. <https://doi.org/10.14710/teknik.v42i1.29035>
- Ariyanto & Joni. (2021). Landslide Zone Investigation by Determining Cracks and Compressive Strength Test in Waru District, Pamekasan Regency. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 11(1), 80. <https://doi.org/10.13057/ijap.v11i1.45641>
- Ariyanto, P., & Husni, M. (2014). Identifikasi Bidang Gelincir Penyebab Gerakan Tanah Di Observatorium Geofisika Pelabuhan Ratu Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger.
- Arnaut, F., & Sretenovic, B. (2021). *Landslide Investigations Using the geoelectrical Scanning Method and Ground Penetrating Radar -case Studies Landslide Investigations Using the geoelectrical Scanning Method and Ground Penetrating Radar - case Studies*. August. <https://doi.org/10.5937/tehnika2104419A>
- Chinedu, C. (2023). *Landslide Soil Failure Parameters Characterization Using Landslide Soil Failure Parameters Characterization Using Geoelectrical Resistivity Methods in Uruagu, Nnewi, Anambra State, Nigeria*. February.

- <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p193>
- Farhati, M., & Rosyid, M. . (2022). *Identifikasi Bidang Gelincir dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis 2 Dimensi di Daerah Keranggan , Tangerang Selatan Identification of the Slip Plane Using 2-D Resistivity Geoelectrical Method in the Keranggan Area , South Tangerang*. 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.26418/positron.v12i1.53584>
- Hendriks, F. (2023). *Katalog/catalog : 1102001.81 Provinsi Maluku Dalam Angka 2023* (B. P. Maluku (ed.)). BPS Provinsi Maluku.
- Irepi dkk. (2015). Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Bukti Lantiak Kecamatan Padang Selatan. *Pillar of Physics*, 5(April), 1–8.
- Legowo dkk. (2022). Analysis of slip surface using geoelectrical array at Wonoreja Karanganyar Regency as mitigation of landslide disaster Analysis of slip surface by using geoelectrical array at Wonoreja Karanganyar Regency as mitigation of landslide disaster. *Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012030>
- Nengga dkk. (2018). Pendugaan Jenis Perlapisan Batuan Dengan Metode Geolistrik Resistivitas Pada Wilayah Longsoran Desa Tolnaku Kabupaten Kupang. *Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(2), 91–96. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i2.607>
- Rachmawati dkk. (2018). Metode Geolistrik Konfigurasi dipole-dipole Untuk Penetapan Bidang Gelincir Gerakan Tanah di Jajaway, Palabuhanratu, Sukabumi. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*.
- Sandra dkk. (2020). Identification of the slip area of a landslide using resistivity geoelectric method Identification of the slip area of a landslide using resistivity geoelectric method. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1434/1/012017>
- Sani dkk. (2021). Journal of Physics and Its Applications. *Journal of Physics and Its Applications*, 3(2), 142–147.
- Sari & Akmam. (2019). Karakterisasi bidang gelincir di kecamatan IX Koto Sungai Lasi kabupaten Solok berdasarkan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi schlumberger. *Pillar of Physics*, 12, 1–8.
- Sapina, E., Handayani, L., & Pebralia, J. (2023). Identifikasi Struktur Lapisan Tanah Pada Lahan Gambut Dengan Metode Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 09(02), 142–149. doi: <https://doi.org/10.23960/jge.v9i2.270>.
- Sebayang dkk. (2022). Dinding Penahan Tanah. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 2, 35–42.
- Sehah, S., & Sugito, S. (2017). Analisis Zona Lemah (Amblesan) di Kawasan Jalan Raya Gunung Tugel Kabupaten Banyumas Berdasarkan Survei Geolistrik Konfigurasi Wenner. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 17(2), 111–121.
- Sheriff, T. L. P. G. R. . (2001). *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press.
- Soebowo dkk. (2014). Geologi Bawah Permukaan Wilayah Amblesan Tanah Di Kota Semarang. *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Tahun 2014, November*, 57–63.
- Tjokrosoetoro dkk. (1993). *Geologi Lembar Ambon, Maluku*. the Geological Research and Development Centre Department of Mines and Energy, Bandung Indonesia.
- Wahyono, S., Atmaja, K., & Siregar, S. (2020). Identification of Andesite Rock Based on The Resistivity Value in Satui Area, South Kalimantan. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 06(03), 173–183. doi:<https://doi.org/10.23960/jge.v9i2.93>
- Wibowo, R.C., Maulia, I., Haerudin, N., & Sarkowi, M. Sliding Plane Identification for Landslide Hazard Mitigation with Electrical Resistivity Tomography Method, *Indonesian Physical Review*, Vol. 6, No. 1, p1-10, 2023
- Zhang dkk. (2023). *Application of geophysical prospecting methods ERT and MASW in the landslide of Daofu*. January, 1–11. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.1054394>