

Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Studi Kasus: Puncak Panorama Mandeh Nagari Setara Nanggalo, Kabupaten Pesisir Selatan)

Salsabila, Afdal*

Laboratorium Fisika Bumi, Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang-24163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 2 Januari 2024
Direvisi: 13 Februari 2024
Diterima: 18 April 2024

Kata kunci:

Bidang gelincir
Geolistrik
Resistivitas
Res2DInv

Keywords:

Slip surface
Goelectric
Resistivity
Res2DInv

Penulis Korespondensi:

Afdal
Email: afdal@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi bidang gelincir di Kawasan Puncak Panorama Mandeh, Kabupaten Pesisir Selatan menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger. Pengambilan data dilakukan pada 2 lintasan dengan panjang masing-masing lintasan 80 m dengan spasi elektroda terpendek 5 m dan terpanjang 80 m. Daerah penelitian ini merupakan jalan alternatif yang menghubungkan antara Kota Padang dan Kabupaten Pesisir Selatan dengan topografi berbukit-bukit dan memiliki potensi terjadi gerakan tanah tinggi (PGTT). Pemodelan dilakukan menggunakan *software Res2DInv* untuk menampilkan model penampang dua dimensi lapisan di bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa bidang gelincir pada masing-masing lintasan merupakan batu serpih. Bidang gelincir pada Lintasan 1 berada pada kedalaman 3,75 m – 15,90 m dan ketebalan diperkirakan 3 meter. Sedangkan pada Lintasan 2 berada pada kedalaman 4,00 m – 9,26 m dan perkiraan ketebalan 3 m.

A research to identify the slip surface in the Puncak Panorama Mandeh road area, Pesisir Selatan Regency using the Geoelectric Resistivity Method of the Wenner-Schlumberger configuration has been conducted. Data collection was carried out on 2 tracks with 80 meters in length of each track with the shortest electrode spacing being 5 meters and the longest being 80 meters. This research area is an alternative road that connects Padang City and South Pesisir Regency with hilly topography and has the potential for high-ground motion (PGTT). The modelling was carried out using Res2DInv software to display the two-dimensional cross-section of the subsurface layer based on resistivity values. The results show that the slip surface in each track is shale. The slip surface of Track 1 is at depth of 3.75 m - 15.90 m with estimated thickness of 3 meters. While the Track 2 is at depth of 4.00 m - 9.26 m with estimated thickness of 3 meters.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan suatu peristiwa geologi yang terjadi akibat dari pergerakan massa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis yang dapat menimbulkan kerusakan lingkungan, kerusakan infrastruktur, kerugian harta benda dan tidak jarang menelan korban jiwa. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2021) terdapat 3.092 kasus bencana yang terjadi sepanjang tahun 2021 di berbagai wilayah Indonesia dan 632 diantaranya merupakan kasus bencana longsor.

Kabupaten Pesisir Selatan memiliki potensi gerakan tanah yang sangat besar karena kondisi morfologi yang berbukit dan bergunung, serta curah hujan yang tinggi pada bulan September hingga Desember (Pemda Kab. Pesisir Selatan, 2018). Selain itu, secara umum jenis tanah di Kabupaten Pesisir Selatan berupa tanah podsolik merah kuning (jenis tanah mineral tua dengan warna kekuningan atau kemerahan, terbentuk dari hasil pelapukan batuan tufa vulkanik, endapan vulkanik, batu pasir dan pasir kuarsa yang bersifat asam) atau latosol (jenis tanah berwarna kemerahan, terbentuk karena pelapukan batuan sedimen dan metamorf dengan intensitas tinggi) yang akan merekah pada musim panas (Pemda Kab. Pesisir Selatan, 2018). Pada musim hujan rekahan tersebut akan diisi oleh air hujan, sehingga mempermudah terjadinya gerakan tanah. Wilayah-wilayah dengan potensi gerakan tanah tinggi (PGTT) dengan potensi terbesar terjadi longsor berada di Kecamatan Koto XI Tarusan, Tapan, Sutura bagian utara, Linggo Sari Baganti, IV Nagari Bayang Utara dan Ranah IV Hulu Tapan (Pemda Kab. Pesisir Selatan, 2018).

Selain curah hujan yang tinggi di suatu wilayah, kondisi batuan dan lapisan tanah pembentuk lereng pegunungan yang tidak kompak atau terdegradasi akan menyebabkan terjadinya tanah longsor. Batuan yang terdegradasi akan bergerak di atas lapisan impermeabel. Lapisan impermeabel akan bertindak sebagai bidang gelincir yang akan menarik material-material tanah yang berada di atasnya, mengikuti bentuk dari bidang gelincir itu sendiri (Taufik dkk., 2017). Lapisan yang menjadi material longsor dicirikan oleh nilai resistivitas rendah, sedangkan yang menjadi bidang longsor ditandai oleh material dengan nilai resistivitas tinggi (Perrone dkk., 2011). Ciri lainnya dari bidang gelincir yaitu adanya kontras resistivitas antara dua lapisan yang berdekatan, dan memiliki nilai porositas yang rendah dengan pori-pori batuan yang kecil dan rapat sehingga sulit untuk meloloskan air. Kedalaman suatu bidang gelincir berguna untuk mengetahui seberapa besar potensi resiko longsor yang terjadi. Semakin dalam bidang gelincir, volume longsor akan semakin besar. Sebaliknya, semakin dangkal bidang gelincir maka akan semakin kecil pula volume longsor (Zakaria, 2009). Oleh karena itu identifikasi bidang gelincir dapat digunakan sebagai landasan untuk mendeteksi adanya potensi longsor di daerah penelitian.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan identifikasi bidang gelincir adalah metode geolistrik resistivitas. Gambaran penampang lintang lapisan bawah permukaan tanah dapat dihasilkan dari metode geolistrik berdasarkan nilai resistivitas. Keberadaan bidang gelincir dapat dideteksi menggunakan metode geolistrik berdasarkan perbedaan nilai resistivitas lapisan tanah yang berperan sebagai bidang gelincir dengan lapisan tanah yang berada di atasnya dan batuan keras yang ada di bawahnya. Selain itu, biaya yang diperlukan untuk melakukan penelitian menggunakan metode geolistrik relatif murah dan tidak merusak lingkungan. Maka dari itu, metode ini cocok dimanfaatkan untuk survei potensi longsor pada suatu tempat (Sugito dkk., 2010).

Metode geolistrik resistivitas telah berhasil digunakan oleh beberapa peneliti dalam melakukan identifikasi bidang gelincir seperti Sy dan Budiman (2013), Jayadi dkk. (2020) dan Chaniago dan Afdal (2022).

II. METODE

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu studi literatur, survei lokasi, perancangan tabel akuisisi data, pengambilan data nilai arus dan beda potensial, pengolahan data, pemodelan penampang 2D, interpretasi dan analisis data. Lokasi penelitian berada di Nagari Setara Nanggalo Kecamatan Koto XI Tarusan Kabupaten Pesisir Selatan seperti yang terlihat pada Gambar 1(a). Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *resistivity meter* yang digunakan untuk mengukur nilai resistivitas batuan, meteran untuk mengukur panjang lintasan dan jarak antar elektroda, dua pasang elektroda arus dan elektroda potensial untuk menginjeksikan arus ke dalam tanah, palu untuk

menancapkan elektroda ke dalam tanah, kabel untuk menghubungkan elektroda ke resistivity meter, akumulator sebagai sumber arus dan Global Positioning System (GPS) untuk menentukan koordinat posisi setiap lintasan geolistrik.

Pengambilan data dilakukan pada dua lintasan dengan masing-masing panjang lintasan 80 m dan spasi elektroda terpendek 5 m dan terpanjang 80 m menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Lintasan 1 terletak pada koordinat (1°14'12.45"S dan 100°26'14.05"E) dengan ketinggian berkisar antara 97 – 138 mdpl dan kemiringan lereng berkisar antara 8% – 14%. Sedangkan Lintasan 2 terletak pada koordinat (1°14'19.39"S dan 100°26'00.11"E) dengan ketinggian berkisar antara 48 – 72 mdpl dan kemiringan lereng berkisar antara 0% – 8% Selatan seperti Gambar 1(b). Lintasan 1 dipilih karena merupakan lokasi yang sudah pernah terjadi longsor dan berada di tepi jalan raya, sedangkan Lintasan 2 merupakan lokasi wisata dengan banyak pengunjung. Langkah-langkah dalam pengambilan data diawali dengan menancapkan elektroda pada titik data, menginjeksikan arus, mencatat nilai arus dan beda potensial, kemudian pindahkan elektroda ke titik data selanjutnya. Ulangi langkah-langkah tersebut untuk seluruh titik data.

Pengolahan dan analisis data dilakukan dari bulan September 2022 sampai Maret 2023 di Laboratorium Fisika Bumi, Universitas Andalas. Setelah dilakukan pengambilan data, kemudian dilakukan perhitungan faktor geometri konfigurasi Wenner-Schlumberger menggunakan Persamaan 1

$$K = \pi n(n+1)a \quad (1)$$

dengan n dan a adalah faktor pembanding jarak antara elektroda. Selanjutnya dilakukan perhitungan resistivitas semu menggunakan Persamaan 2

$$\rho = \pi a n(n+1) \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

dengan ρ adalah nilai resistivitas semu, ΔV adalah nilai beda potensial, K adalah faktor geometri dan I adalah nilai arus listrik. Setelah itu dilakukan pemodelan menggunakan *software Res2Dinv* untuk mendapatkan hasil tampilan penampang 2D lapisan bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan nilai resistivitas.



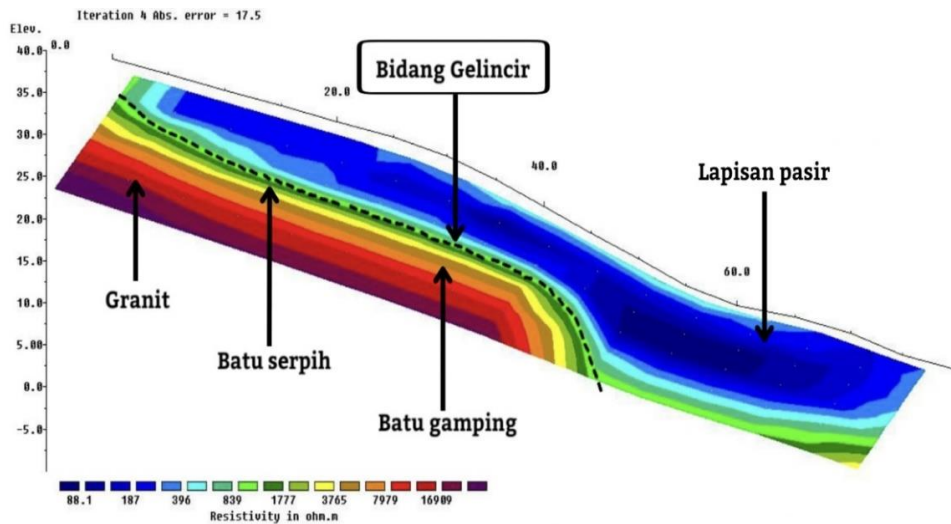
Gambar 1 Lokasi Penelitian

III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pengolahan data geolistrik dilakukan dengan menggunakan *software Res2Dinv*. Hasilnya berupa penampang lintang dua dimensi lapisan bawah permukaan yang memberikan informasi berupa nilai resistivitas, RMS error, dan berapa nilai kedalaman bawah permukaan yang dapat dijangkau. Penampang dua dimensi berdasarkan variasi nilai resistivitas ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur litologi bawah permukaan setiap lintasan pada daerah penelitian.

3.1 Lintasan 1

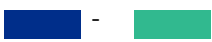
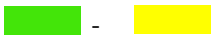
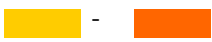

Penampang dua dimensi lapisan di bawah Lintasan 1 berdasarkan nilai resistivitas ditampilkan pada Gambar 2. Setelah melakukan 4 kali iterasi, diperoleh nilai *Root Mean Square (RMS) error* sebesar 17,5%. *RMS error* merupakan selisih antara nilai resistivitas terukur dengan nilai resistivitas semu yang dihitung. Pada Lintasan 1 nilai kedalaman yang terdeteksi mencapai 15,9 m serta rentang nilai resistivitas bervariasi mulai dari 88,1 Ωm – 16909 Ωm .



Gambar 2 Penampang Lintang Lapisan di Bawah Lintasan 1

Berdasarkan nilai resistivitas, bawah permukaan Lintasan 1 terdiri dari beberapa lapisan batuan seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Lapisan batuan pertama (warna biru) berada di sepanjang lintasan pada kedalaman 1,25 m – 12,40 m. Lapisan pertama ini diperkirakan berupa napal, pasir dan kerikil yang mengandung air tawar, batu pasir lempung, lava, konglomerat, lapisan pasir dan andesit dengan rentang nilai resistivitas berkisar 88,1 Ωm – 839 Ωm . Lapisan batuan kedua diperkirakan terletak pada kedalaman 3,75 m – 15,90 m (hijau – kuning). Rentang nilai resistivitas pada lapisan kedua yaitu 840 Ωm – 3765 Ωm dan jenis batuan pada lapisan kedua diperkirakan berupa lapisan pasir dan kerikil, genes, slate dan batuan serpih. Lapisan batuan ketiga dengan rentang nilai resistivitas 3766 Ωm – 7979 Ωm (kuning tua – oranye) yang diperkirakan berada pada kedalaman 6,38 m – 15,90 m. Lapisan ketiga ini ditafsirkan berupa lapisan batu pasir kuarsa dan batu gamping. Lapisan batuan keempat berada pada kedalaman 9,26 m – 15,90 m dan ditafsirkan sebagai lapisan pasir kerikil kering, tuff kering dan granit. Lapisan keempat ini memiliki rentang nilai resistivitas 7980 Ωm – 16909 Ωm (merah – ungu).

Tabel 1 Hasil Interpretasi Lintasan 1

| No | Warna Penampang | Nilai Resistivitas (Ωm) | Kedalaman (m) | Kemungkinan Jenis Batuan | Jenis Batuan |
|----|---|---|---------------|--|---------------|
| 1. |  | 88,1 – 839 | 1,25 – 12,40 | Napal, pasir dan kerikil yang mengandung air tawar, batu pasir lempung, lava, konglomerat, lapisan pasir dan andesit | Lapisan pasir |
| 2. |  | 840 – 3765 | 3,75 – 15,90 | Lapisan pasir dan kerikil, genes, slate dan batuan serpih | Batu serpih |
| 3. |  | 3766 – 7979 | 6,38 – 15,90 | Batu pasir kuarsa dan batu gamping | Batu gamping |
| 4. |  | 7980 – 16909 | 9,26 – 15,90 | Pasir dan kerikil kering, tuff kering dan granit | Granit |

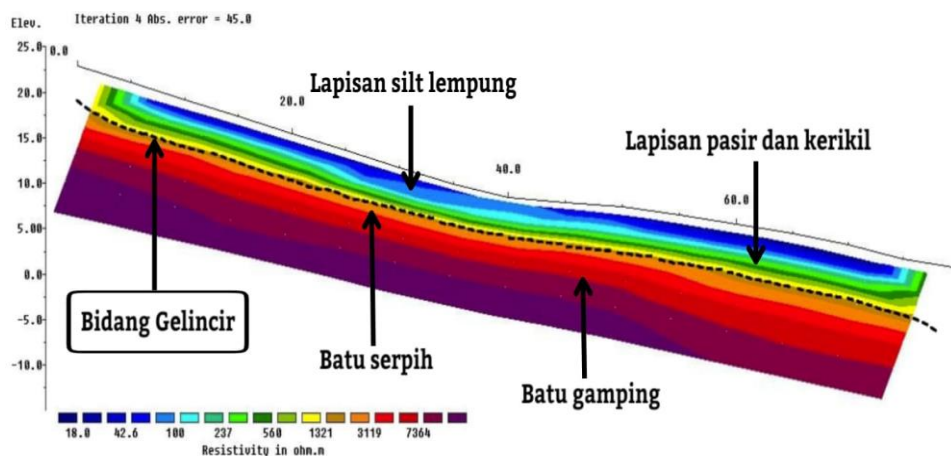
Penentuan jenis batuan di lokasi penelitian dilakukan dengan cara menyesuaikan nilai resistivitas yang didapat dari hasil pengolahan data dengan jenis batuan berdasarkan pada tabel nilai resistivitas batuan oleh Telford dkk. (1990). Jenis batuan di tabel nilai resistivitas oleh Telford dkk. (1990) dengan rentang nilai resistivitas yang paling mendekati resistivitas dari hasil pengolahan data yang akan dipilih, sedangkan yang lainnya akan dieliminasi. Jenis batuan yang sudah dipilih kemudian akan dicocokkan kembali dengan jenis batuan yang ada di lokasi penelitian berdasarkan Peta Geologi Lembar Painan skala 1 : 250.000 oleh Kementerian ESDM (2011). Berdasarkan nilai resistivitas dan peta geologi, jenis batuan yang paling memungkinkan pada lapisan pertama dapat diperkirakan berupa lapisan pasir. Sedangkan untuk lapisan kedua jenis batuan diperkirakan berupa batu serpih. Pada Lapisan ketiga, jenis batuan diperkirakan berupa batu gamping dan Lapisan keempat berupa granit.

Berdasarkan nilai resistivitas dan peta geologi, posisi bidang gelincir diperkirakan berada di antara lapisan kedua dan lapisan pertama yang ditandai dengan garis putus-putus berwarna hitam (Gambar 2). Posisi bidang gelincir ditetapkan berdasarkan nilai resistivitas batuan, porositas batuan dan kontras resistivitas antara lapisan batuan yang diduga sebagai bidang gelincir dengan lapisan batuan yang berada di atasnya. Nilai resistivitas pada lapisan kedua (lapisan batu serpih) jauh lebih besar jika dibandingkan dengan lapisan pertama (lapisan pasir). Hal ini menjadi salah satu ciri dari bidang gelincir dimana resistivitas batuan yang diperkirakan sebagai bidang gelincir memiliki nilai resistivitas yang lebih besar daripada lapisan batuan di atasnya. Lapisan kedua (lapisan batu serpih) memiliki nilai porositas yang rendah yaitu 1% – 10%. Koesoemadinata (1980) mengklasifikasikan porositas dengan nilai 1% – 10% sebagai porositas dengan kapasitas penyimpanan fluida yang rendah dan sukar untuk meloloskan fluida seperti air yang terkandung di dalam tanah atau batuan. Porositas dapat mempengaruhi nilai resistivitas batuan. Syukri (2020) menyatakan semakin tinggi porositas, semakin rendah nilai resistivitas batuan. Perbedaan nilai resistivitas dan porositas batuan antara Lapisan kedua (lapisan batu serpih) dengan lapisan pertama (lapisan pasir) berakibat terjadinya kontras nilai resistivitas antara kedua lapisan.

Bidang gelincir pada Lintasan 1 diperkirakan berada pada kedalaman 3,75 m – 15,90 m dan perkiraan ketebalan 3 m. Berdasarkan hasil interpretasi data geolistrik pada Lintasan 1 kemungkinan jenis longsor yang terjadi adalah longsor translasi. Namun jika diperhatikan lebih lanjut bentuk dari bidang gelincir pada Lintasan 1, terdapat kemungkinan jenis longsor yang terjadi bisa berupa longsor rotasi. Hal ini dapat dilihat dari adanya sedikit cekungan yang tampak pada bagian bawah bidang gelincir hasil interpretasi penampang lintang di bawah Lintasan 1 yang mungkin tidak terjangkau hingga ke batuan dasar dari hasil pengukuran.

3.2 Lintasan 2

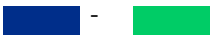



Hasil interpretasi penampang dua dimensi lapisan di bawah Lintasan 2 berdasarkan nilai resistivitas ditampilkan pada Gambar 3. Setelah melakukan 4 kali iterasi, diperoleh nilai *Root Mean Square* (RMS) *error* diperoleh sebesar 45,0%. Kedalaman lapisan yang terdeteksi oleh *software Res2DInv* pada Lintasan 2 mencapai 15,9 m dengan rentang nilai resistivitas dari 18,0 Ω m – 7364 Ω m.



Gambar 3 Penampang Lintang Lapisan di Bawah Lintasan 2

Berdasarkan nilai resistivitas, lapisan bawah permukaan Lintasan 2 terdiri dari beberapa lapisan batuan seperti yang ditampilkan pada Tabel 2. Lapisan pertama (warna biru) yang diperkirakan berada pada kedalaman 1,25 m – 3,75 m. Nilai resistivitas batuan pada lapisan pertama berkisar antara 18,0 Ω m – 237 Ω m yang diperkirakan sebagai napal, batu pasir lempung dan lapisan *silt*. Lapisan kedua diperkirakan berada pada kedalaman 1,25 m – 3,75 m (hijau – kuning). Pada lapisan kedua, nilai resistivitas batuan berkisar antara 238 Ω m – 1321 Ω m dan diperkirakan sebagai lapisan pasir, konglomerat, genes, lapisan pasir dan kerikil dan andesit. Lapisan ketiga diperkirakan sebagai *slate* dan batu serpih (kuning – merah) dengan nilai resistivitas batuan berkisar antara 1322 Ω m – 3119 Ω m. Lapisan ketiga diperkirakan berada pada kedalaman 4,00 m – 9,26 m. Lapisan keempat diperkirakan berada pada kedalaman 9,26 m – 15,90 m (merah tua – ungu) dengan rentang nilai resistivitas 3120 Ω m – 7364 Ω m dan diperkirakan sebagai batu gamping dan batu pasir kuarsa. Berdasarkan nilai resistivitas dan peta geologi, jenis batuan yang paling memungkinkan pada lapisan pertama adalah lapisan silt. Kemudian, untuk lapisan kedua diperkirakan berupa lapisan pasir dan kerikil. Sedangkan lapisan ketiga, diperkirakan berupa batu serpih dan lapisan keempat berupa batu gamping.

Tabel 2 Hasil Interpretasi Lintasan 2

| No | Warna Penampang | Nilai Resistivitas (Ω m) | Kedalaman (m) | Kemungkinan Jenis Batuan | Jenis Batuan |
|----|---|----------------------------------|---------------|---|--------------|
| 1. |  | 18,0 – 237 | 1,25 – 3,75 | Napal, lava, batu pasir lempung dan lapisan silt | Silt |
| 2. |  | 238 – 1321 | 1,25 – 4,25 | Konglomerat, genes, lapisan pasir, andesit, lapisan pasir dan kerikil | Pasir |
| 3. |  | 1322 – 3119 | 4,00 – 9,26 | Slate dan batu serpih | Batu serpih |
| 4. |  | 3120 – 7364 | 9,26 – 15,90 | Batu pasir kuarsa dan batu gamping | Batu gamping |

Berdasarkan nilai resistivitas dan peta geologi, posisi bidang gelincir diperkirakan berada diantara lapisan ketiga dan lapisan kedua yang ditandai dengan garis putus-putus berwarna hitam (Gambar 3). Pada penelitian ini, posisi bidang gelincir ditetapkan berdasarkan nilai resistivitas batuan, porositas batuan dan kontras resistivitas antara lapisan batuan yang diduga sebagai bidang gelincir dengan lapisan batuan yang berada di atasnya. Nilai resistivitas lapisan ketiga memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan lapisan kedua dan lapisan pertama. Hal ini merupakan salah satu ciri dari bidang gelincir dimana resistivitas batuan yang diperkirakan sebagai bidang gelincir memiliki resistivitas yang lebih besar daripada lapisan batuan di atasnya. Porositas batuan pada lapisan ketiga memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan porositas pada lapisan pertama dan kedua. Nilai porositas (%) lapisan pertama (*silt*), lapisan kedua (pasir) dan lapisan ketiga (batuan serpih) yang jika ditulis berturut-turut menjadi 41% – 45%, 21% – 41% dan 1% – 10%. Nilai porositas batuan yang besar menunjukkan jumlah fluida yang dapat ditampung oleh batuan banyak. Nilai porositas batuan akan mempengaruhi nilai permeabilitas batuan yakni kemampuan batuan untuk meloloskan fluida. Lapisan pertama (lapisan *silt*) dan lapisan kedua (lapisan pasir) memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang lebih besar daripada lapisan ketiga (lapisan batu serpih). Berdasarkan nilai porositas dan permeabilitas batuan, dapat dikatakan lapisan pertama dan kedua menjadi lapisan yang lebih mudah menyimpan dan meloloskan air dibandingkan dengan lapisan ketiga. Perbedaan porositas dan permeabilitas dari ketiga lapisan ini dapat mempengaruhi nilai resistivitas, berakibat terjadinya kontras nilai resistivitas antara lapisan ketiga dengan lapisan di atasnya.

Bidang gelincir pada Lintasan 2 diperkirakan berada pada kedalaman 4,00 m – 9,26 m dan ketebalan bidang gelincir diperkirakan 3 m. Kemungkinan jenis longsoran yang terjadi adalah longsoran translasi yang mana material longsoran akan bergerak di atas bidang gelincir yang berbentuk rata.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil interpretasi penampang 2 dimensi lapisan bawah permukaan, dapat ditarik kesimpulan bahwa pada Lintasan 1 bidang gelincir terbentang mulai dari titik nol hingga panjang lintasan 60 m dengan kedalaman bidang gelincir 3,75 m – 15,90 m dan ketebalan 3 m. Jenis batuan yang diperkirakan sebagai bidang gelincir adalah batu serpih. Sedangkan pada Lintasan 2, bidang gelincir berada di sepanjang lintasan dengan kedalaman bidang gelincir 4,00 m – 9,26 m dan ketebalan 3 m serta jenis batuan yang diduga sebagai bidang gelincir berupa batu serpih.

DAFTAR PUSTAKA

- Chaniago, A., & Afdal. (2022). Identifikasi Bidang Gelincir Pemicu Longsor dengan Metode Geolistrik Resistivitas 2 Dimensi Daerah Wisata Bukit Chinangkiek , Kabupaten Solok , Sumatera Barat. *Jurnal Fisika Unand*, 11(2), 160–165.
- Erizon. (2018). Potensi Gerakan Tanah di Pesisir Selatan. Portal Resmi Pemerintah Kabupaten Pesisir Selatan. <https://berita.pesisirselatankab.go.id/berita/detail/potensi-gerakan-tanah-di-pesisir-selatan>
- Jayadi, H., Mukaddas, A., & Meidji, I. U. (2020). Investigasi Bidang Gelincir Pada Daerah Rawan Longsor Di Ruas Jalan Tawaeli-Toboli Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. *Jurnal Fisika Unand*, 9(3), 381–387. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.3.381-387.2020>
- Koesoemadinata, R. P. (1980). *Geologi Minyak Dan Gas Bumi*. Departemen Teknik Geologi ITB.
- Perrone, A., Piscitelli, S., & Lapenna, V. (2011). Geoelectric monitoring : Current research and perspectives for the future. *International Workshop on Geoelectric Monitoring*, 93, 1–277.
- Rosidi, H. M. D., Tjokrosapoetro, S., Pendowo, B., Gafoer, S., & Suharsono. (2011). *Peta Geologi Lembar Painan dan Bagian Timurlaut Lembar Muarasiberut, Sumatera*. Badan Geologi, Kementerian ESDM.
- Sugito, Irayani, Z., & Jati, I. P. (2010). Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Kebarongan Kec. Kemranjen Kab. Banyumas. *Berkala Fisika*, 13(2), 49–54.
- Sy, M. I., & Budiman, A. (2013). Investigasi Bidang Gelincir Pada Lereng Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis 2d (Studi Kasus: Kelurahan Lumbung Bukit Kecamatan Pauh Padang). *Jurnal Fisika Unand*, 2(2), 88–93.
- Syukri, M. (2020). *Dasar-Dasar Metode Geolistrik*. Syiah Kuala University Press.
- Taufik, M., Sahara, & Wahyuni, A. (2017). Identifikasi Lapisan Rawan Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Schlumberger di Desa Pana Kecamatan Alla Kabupaten Enrekang. *Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Alauddin Makassar*, 4(2), 195–203.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., & Keys, D. A. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge University, USA.
- Yanuarto, T. (2021). Catatan Refleksi Akhir Tahun Penanggulangan Bencana 2021. BNPB. <https://bnpb.go.id/berita/catatan-refleksi-akhir-tahun-penanggulangan-bencana-2021>
- Zakaria, Z. (2009). *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Universitas Padjadjaran.