

Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Rawan Longsor Dengan Metode Geolistrik Resistivitas Di Pakusari Jember

The Identification Of Landslide Prone Subsurface Structure By Resistivity Geoelectric Method In Pakusari Jember

Salfa Zahroh Ahadah¹, Firdha Kusuma Ayu Anggraeni^{1*}, Trapsilo Prihandono¹

¹Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember, Sumbersari, Jember, Indonesia, 68121

Email: zahrohsalfa003@gmail.com ; *firdhakusuma@unej.ac.id; trapsilo.fkip@unej.ac.id

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan yang terdapat di daerah rawan longsor, serta mengidentifikasi potensi longsor di Desa Subo, Kecamatan Pakusari, Jember. Penelitian menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger dengan jarak antar elektroda sebesar 2 m. Lintasan yang digunakan sebanyak 4 lintasan dengan panjang berbeda-beda yaitu 50 m untuk Lintasan 1, 30 m untuk Lintasan 2 dan 3, serta 26 m untuk Lintasan 4. Data yang diperoleh adalah besar beda potensial (V) dan besar arus (I), selanjutnya diolah menggunakan software Res2dinv untuk mendapatkan penampang 2D dan Voxler untuk mendapatkan penampang 3D. Diperoleh bahwa struktur bawah permukaan terdiri dari lapisan lempung dengan nilai resistivitas 1,48-37,9 Ωm , lapisan berikutnya yaitu lapisan pasir dengan nilai resistivitas 8,53-192 Ωm dan lapisan batu pasir yang cukup dominan terdapat pada Lintasan 1 dan 4 dengan nilai resistivitas > 432 Ωm . Juga diperoleh hasil identifikasi potensi longsor dengan 3 indikator. Jadi dapat disimpulkan bahwa Desa Subo, Kecamatan Pakusari, Jember tersusun atas lapisan lempung, lapisan pasir dan batu pasir serta memiliki potensi terjadi longsor yang tinggi.

Kata kunci: Geolistrik; Jember; longsor; resistivitas; konfigurasi Wenner-Schlumberger.

Abstract – This study aims to determine the subsurface structure in landslide-prone areas and to identify the potential for landslides in Subo Village, Pakusari Subdistrict, Jember. The survey was carried out using the resistivity geoelectrical method with Wenner-Schlumberger configuration and 2 m electrode spacing. Four trajectories of different lengths were used, namely 50 m for Trajectory 1, 30 m for Trajectories 2 and 3, and 26 m for Trajectory 4. The data obtained are the magnitude of the potential difference (V) and the magnitude of the current (I), then processed using Res2dinv software to obtain a 2D section and Voxler to obtain a 3D section. It was found that the subsurface structure consists of clay layer with resistivity of 1,48-37,9 Ωm , the next layer is sand layer with resistivity of 8,53-192 Ωm and sandstone layer which is quite dominant in Tracks 1 and 4 with resistivity value > 432 Ωm . The results of landslide potential identification with 3 indicators were also obtained. It can be concluded that Subo Village, Pakusari Subdistrict, Jember is composed of clay, sand and sandstone layers and has a high landslide potential.

Keywords: Geoelectricity; Jember; landslide; resistivity; Wenner-Schlumberger configuration.

1. Pendahuluan

Indonesia dikategorikan sebagai daerah tropis dengan tingkat curah hujan yang tinggi dan terletak pada zona patahan aktif [1]. Hal tersebut menjadi pemicu timbulnya bencana alam seperti tanah longsor, gempa bumi dan gunung meletus. Bencana longsor menjadi bencana yang sering terjadi di Indonesia karena banyaknya lahan pegunungan yang memiliki lereng dan peka terhadap longsor. Jember menjadi salah satu daerah di Jawa Timur yang sering terjadi longsor karena berada di daerah pegunungan api muda [2]. Pada 6 Juni 2023 di Desa Subo Kecamatan Pakusari juga terjadi longsor pada tebing di salah satu gumuk yang mengakibatkan pekerja tambang ilegal tertimbun longsor. Tanah longsor di Kecamatan Pakusari juga terjadi di tahun 2021 dengan lokasi yang berjarak 7 km dari desa Subo yaitu di Desa Kertosari yang disebabkan karena adanya hujan deras [3]. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada warga setempat, mereka mengatakan bahwa Desa Subo memang rawan terjadi longsor karena berdekatan dengan

beberapa gumuk dan juga letak gumuk tersebut berdekatan dengan pemukiman warga. Tentunya hal tersebut menjadikan warga sekitar merasa khawatir akan adanya longsor di lain waktu.

Maka dari itu perlu adanya antisipasi dalam menghadapi bencana longsor. Agar dapat membantu mengidentifikasi potensi tanah longsor di suatu daerah dapat digunakan metode geolistrik. Untuk mengidentifikasi potensi longsor dapat menggunakan metode geofisika khususnya metode geolistrik, karena metode ini menggunakan sifat kelistrikan yang terletak di bawah permukaan bumi dengan mengukur beda potensial yang muncul akibat adanya arus listrik yang diinjeksikan [4]. Dalam mengidentifikasi potensi tanah longsor, metode geolistrik memiliki berbagai konfigurasi. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* menjadi salah satu jenis konfigurasi yang dapat digunakan, pemilihan metode tersebut tepat digunakan guna mengetahui struktur dan lapisan tanah di bawah permukaan baik secara vertikal maupun horizontal. Berdasarkan uraian sebelumnya, maka dilakukan penelitian di Desa Subo Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember Jawa Timur yang bertujuan untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan dan potensi longsor sebagai informasi mitigasi daerah berpotensi longsor dengan metode geolistrik konfigurasi *Wenner-Schlumberger*.

2. Landasan Teori

2.1 Resistivitas batuan

George Simon Ohm mengemukakan bahwa tahanan listrik sebanding dengan panjang medium namun berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Resistansi tersebut merupakan besar nilai yang menghambat suatu medium, sedangkan untuk kemampuan suatu medium dalam menghambat arus listrik yang mengalir disebut dengan resistivitas [5]. Berdasarkan definisi tersebut, dapat diketahui terdapat hubungan antara resistansi dengan resistivitas yang dinyatakan pada Persamaan (1).

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

Dengan ρ merupakan resistivitas (Ωm), R merupakan resistansi atau hambatan (Ω), A merupakan luas penampang (m^2) dan L merupakan panjang medium (m).

Namun nilai resistivitas yang diperoleh pada metode geolistrik ialah resistivitas semu bukan resistivitas sebenarnya [6] resistivitas semu dapat dirumuskan pada Persamaan (2).

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

Dengan ρ_a ialah resistivitas semu (Ωm), K ialah faktor geometri. Struktur geologi sebagai indikator yang menandakan bahwa suatu wilayah telah mengalami perubahan bentuk yang signifikan sehingga menyebabkan gerakan tanah. Zona lemah pada suatu batuan diakibatkan oleh struktur geologi dan membentuk rekahan sebagai jalur masuknya air sehingga mempercepat proses pelapukan batuan [7]. Maka dari itu penting untuk mengkaji struktur geologi agar mengetahui potensi longsor di suatu daerah. Berikut nilai resistivitas beberapa material bumi berdasarkan [8] dapat disajikan pada Tabel 1.

2.2 Gerakan tanah

Longsor merupakan pergerakan material penyusun lereng atau runtuhnya bongkahan tanah karena pengaruh dari gravitasi bumi [9]. Tanah longsor dapat mengakibatkan terjadinya proses mekanis sehingga sebagian lereng bergerak ketika terdapat ketidakseimbangan pada lereng, namun lereng akan kembali seimbang ketika tanah longsor telah selesai [10]. Kondisi ketika lapisan tanah satu dengan lainnya melemah dapat menjadi ciri suatu daerah dikatakan rawan longsor, lapisan tanah yang memiliki potensi sebagai pendorong terjadinya longsor ditandai dengan kondisi tanahnya yang lapuk, lembek dan jenuh air. Tanah yang memiliki ciri seperti itu ialah tanah lempung, dapat ditunjukkan pada Tabel 1 bahwa tanah tersebut memiliki nilai resistivitas yang sangat rendah, berbeda dengan nilai resistivitas pasir dan batuan dasar yang lebih besar karena memiliki kandungan air rendah maka sifatnya lebih stabil dan memiliki kemungkinan kecil untuk terjadi longsor [11]. Tidak hanya berdasarkan nilai resistivitas tetapi juga terdapat beberapa parameter yang dapat dijadikan indikator rawan longsor seperti kemiringan lereng, curah hujan, kecepatan dan vegetasi. Pada Tabel 2 ditunjukkan parameter yang menjadi indikator kerentanan gerakan tanah menurut [12].

Tabel 1. Resistivitas batuan.

No.	Material	Resistivity (Ωm)
1.	Air (udara)	~
2.	Pyrite (pirit)	0,01-100
3.	Quartz (kwarsa)	500-800.000
4.	Calcite (kalsit)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
5.	Rock Salt (garam batu)	$30 - 1 \times 10^{13}$
6.	Granite (granit)	200-100.000
7.	Andesite (andesit)	$1,7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
8.	Basalt (basal)	200-100.000
9.	Limestones (gamping)	500-10.000
10.	Sandstones (batu pasir)	200-8.000
11.	Shales (batu tulis)	20-2.000
12.	Sand (pasir)	1-1.000
13.	Clay (lempung)	1-100
14.	Ground Water (air tanah)	0,5-300
15.	Sea Water (air asin)	0,2
16.	Magnetite (magnetit)	0,01-1.000
17.	Dry Gravel (kerikil kering)	600-10.000
18.	Alluvium (aluvium)	10-800
19.	Gravel (kerikil)	100-600

Tabel 2. Indikator kerentanan gerakan tanah.

No.	Parameter	Besaran	Kategori	Nilai
1.	Curah hujan (mm ² /tahun) (25%)	< 1000	Rendah	1
		1000-2500	Sedang	2
		> 2500	Tinggi	3
2.	Lereng lahan (°) (35%)	< 8	Rendah	1
		8-15	Agak rendah	2
		15-25	Sedang	3
		25-45	Agak tinggi	4
3.	Geologi (batuan) (17%)	> 45	Tinggi	5
		• Tidak ada patahan dan perlapisan	Rendah	1
		• Perlapisan tidak searah lereng	Sedang	2
4.	Vegetasi (13%)	• Ada perlapisan searah dan ada patahan	Tinggi	3
		• Tumbuhan berakar kuat dan daun lebat	Rendah	1
		• Tumbuhan berdaun jarum(cemara dan pinus)	Sedang	2
5.	Kegempaan (10%)	• Alang-alang, rumput semak-semak	Tinggi	3
		• Tidak rawan gempa	Rendah	1
		• Jarang gempa (12 kali/tahun)	Sedang	2
		• Rawan gempa	Tinggi	3

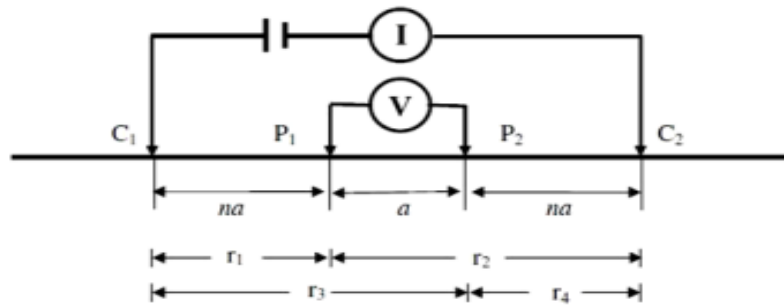
Berdasarkan Tabel 2 zona kerentanan gerakan tanah rendah memiliki skor 0-0,33. Kerentanan sedang memiliki skor 0,33-0,66. Kerentanan tinggi memiliki skor 0,66-1.

2.3 Metode geolistrik resistivitas

Salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menunjukkan struktur bawah permukaan dengan memanfaatkan aliran listrik tegangan tinggi menuju bawah permukaan bumi disebut dengan metode geolistrik [13]. Metode resistivitas ialah metode geolistrik yang menganalisis sifat resistivitas listrik berdasarkan lapisan batuan di dalam bumi, biasanya dimanfaatkan untuk mencari sumber mata air, mengidentifikasi longsor dan lain sebagainya [14]. Metode ini menerapkan Hukum Ohm sebagai prinsip dasarnya yang menyatakan bahwa beda potensial didapatkan dari hasil perkalian antara resistansi (R) dan kuat arus (I).

Pada metode geolistrik terdapat beberapa konfigurasi yang dapat digunakan, konfigurasi yang tepat digunakan ialah Konfigurasi gabungan antara konfigurasi *Wenner Alpha* dengan konfigurasi *Schlumberger* sering disebut dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Keunggulan dari konfigurasi *Wenner-*

Schlumberger adalah memiliki penetrasi kedalaman maksimum 10% lebih baik jika dibandingkan dengan konfigurasi *Wenner Alpha* [15]. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* ialah konfigurasi yang menggunakan sistem aturan spasi tetap dengan syarat ‘n’ yang digunakan adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 dengan spasi antara P1-P2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 [16].



Gambar 1. Pengaturan elektroda konfigurasi Wenner-Schlumberger.

Ketika jarak antar elektroda potensial ialah a maka jarak antar elektroda arus ialah $2na + a$. Menurut [18] faktor geometri untuk konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dapat dituliskan seperti Persamaan (3).

$$K = \pi n(n + 1)a \quad (3)$$

Dengan K adalah faktor geometri, π adalah konstanta (3,14) dan n adalah faktor rasio dari C1P1 dan P1P2.

Maka dari itu, diperlukan identifikasi struktur bawah permukaan untuk mengetahui potensi longsor di Pakusari yang juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan [19] menunjukkan bahwa struktur bawah permukaan dibagi menjadi tiga pada ketiga lintasan. Ketiga lintasan tersebut memiliki potensi longsor dikarenakan faktor penyusun batuanannya. Kemudian juga ada penelitian yang dilakukan oleh [1] menyimpulkan bahwa informasi tentang lapisan di bawah permukaan terkait bidang gelincir dapat disajikan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas. Sehingga penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan dan potensi longsor di wilayah tersebut.

3. Metode Penelitian

Peralatan yang dipakai dalam penelitian yaitu *resistivitymeter*, kabel, GPS, meteran, batang elektroda, palu, aki, laptop dan alat tulis. *Resistivitymeter* digunakan untuk mengetahui nilai arus dan beda potensial di lokasi penelitian, cara kerjanya dengan menghubungkan kabel potensial dan kabel arus pada alat dengan elektroda yang sudah diletakkan sesuai aturan konfigurasi lalu kemudian terdapat tombol *start* untuk menjalankan alat tersebut. Pengambilan data dilakukan di Desa Subo yang terdiri dari 4 lintasan dengan spasi 2 m. Data yang didapatkan yaitu nilai arus (I) dan beda potensial (V) kemudian dilakukan perhitungan resistivitas semu menggunakan Persamaan (2). Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, lalu resistivitas semu yang diperoleh dari perhitungan kemudian diolah menggunakan *software Res2dinv* untuk mendapatkan resistivitas sebenarnya dan hasil 2D serta Voxler guna mendapatkan hasil penampang 3D. Nilai resistivitas yang diperoleh dari pengolahan kemudian dibandingkan dengan resistivitas acuan, kondisi lapangan dan lembar geologi daerah. Selanjutnya dilakukan interpretasi data agar diketahui tujuan dari penelitian.

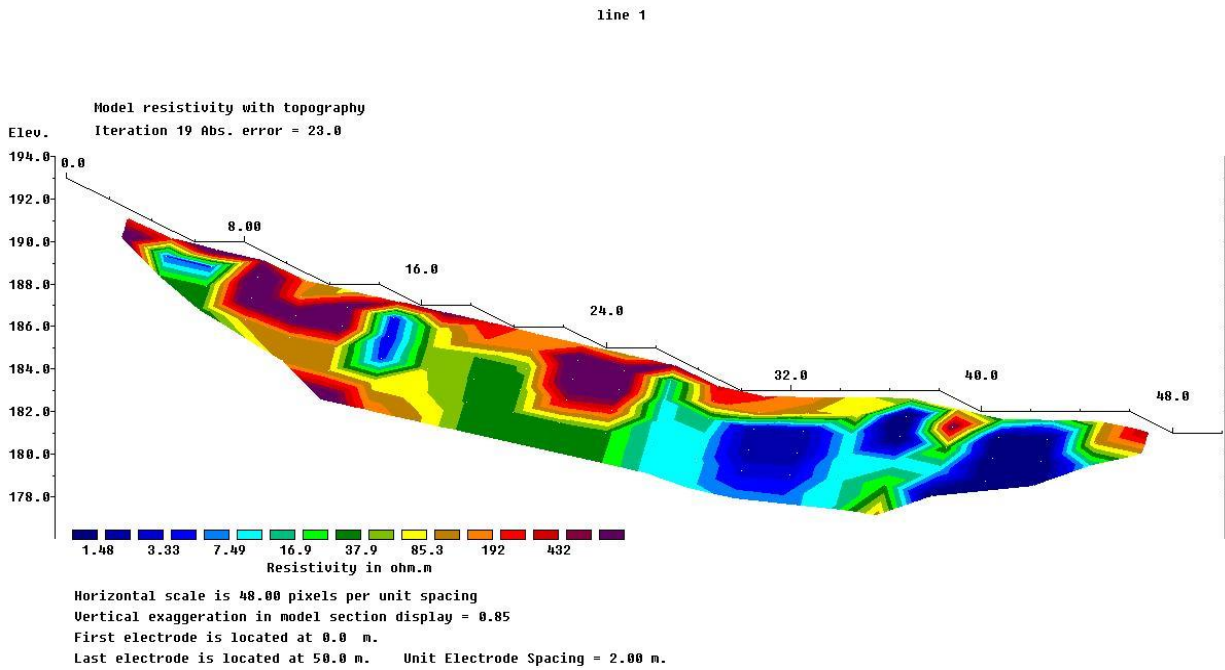
4. Hasil dan Pembahasan

Survei geolistrik resistivitas ini bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan di Desa Subo Kecamatan Pakusari dan mengidentifikasi potensi longsor di daerah tersebut. Pada penelitian yang dilakukan secara langsung diperoleh nilai arus (I) dan tegangan (V). Terdapat 4 lintasan yang diukur dengan panjang lintasan yang bervariasi. Lintasan pertama memiliki panjang 50 meter, lintasan kedua dan ketiga memiliki panjang 30 meter dan lintasan keempat dengan panjang 26 meter. Berdasarkan data yang telah diperoleh di lapangan, data tersebut harus diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai lainnya seperti faktor geometri, hambatan dan resistivitas kemudian di inversi menggunakan *software Res2dinv* agar didapatkan hasil penampang 2D lalu dilakukan interpretasi bawah permukaan untuk mengetahui nilai resistivitas batuan di daerah penelitian. Selain itu juga didapatkan besar kemiringan yang dapat dilihat dari hasil topografi atau dirumuskan dengan Persamaan (4).

$$\text{Kemiringan (arc tan) } = \frac{\text{panjang lintasan}}{\text{ketinggian}} \tag{4}$$

Berikut ini hasil penampang 2D dengan topografi dan lintasan asli dari keempat lintasan, seperti tampak pada Gambar 2 sampai Gambar 5.

Lintasan 1 (*line 1*) seperti tampak pada Gambar 2 memiliki panjang 50 m dengan spasi antar elektroda sebesar 2 m, terdapat 26 elektroda yang digunakan pada lintasan ini dan elevasi pada lintasan ini berkisar dari 181-193 m. Pada pengolahan menggunakan *Software Res2dinv* dilakukan proses iterasi sebanyak 19 dengan nilai *error* yang dihasilkan 23,8%, walaupun dapat dilakukan iterasi lebih banyak agar memperoleh nilai *error* yang kecil tetapi hal tersebut tidak dilakukan karena interpretasi yang akan dihasilkan tidak mendekati kondisi penelitian yang sebenarnya sehingga menyebabkan hasil penelitian kurang akurat.



a)

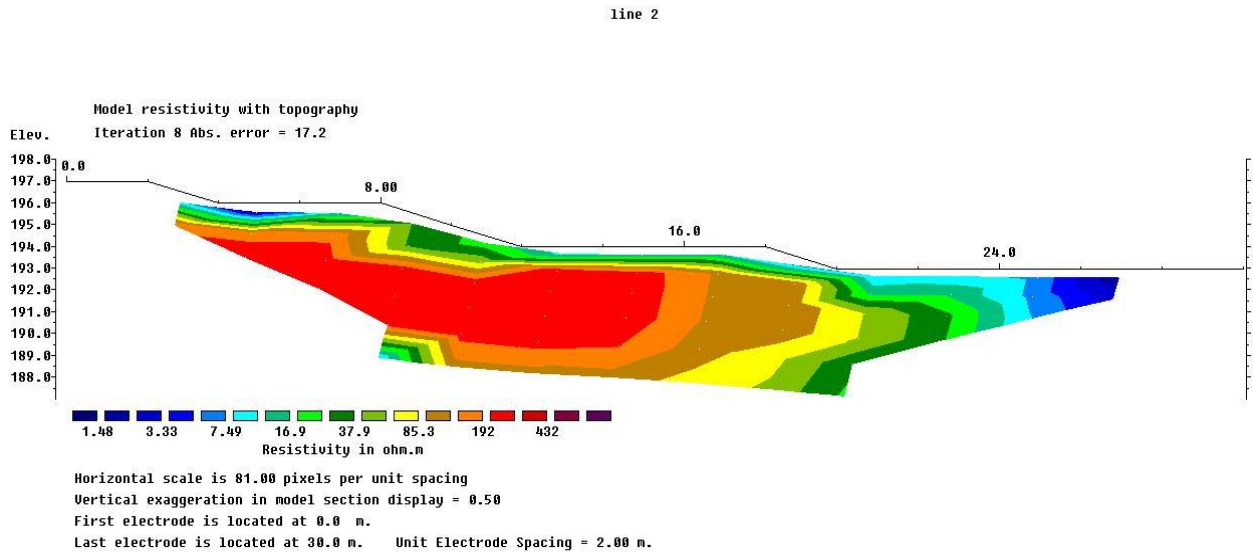


b)

Gambar 2. (a) Penampang 2D Lintasan 1 (*line 1*) dengan Topografi dan (b) Lintasan 1 asli.

Berdasarkan penampang didapatkan hasil kedalaman maksimal pada Lintasan 1 mencapai 6,91 m. Lalu dengan melihat hasil penampang 2D dengan topografi dapat diketahui bahwa Lintasan 1 memiliki kemiringan 46° yang dihasilkan dari Persamaan (4). Pendugaan lapisan penyusun bawah permukaan yaitu

pada nilai resistivitas sebesar 1,48-37,9 Ωm dengan citra warna biru -kuning dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50\text{-}6,91$ m diduga terdapat lapisan lempung. Pada nilai resistivitas sebesar 85,3-192 Ωm dengan citra warna kuning-merah dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50\text{-}6,91$ m diduga terdapat lapisan pasir. Pada nilai resistivitas sebesar > 432 Ωm dengan citra warna ungu dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50\text{-}6,91$ m diduga terdapat lapisan batu pasir.



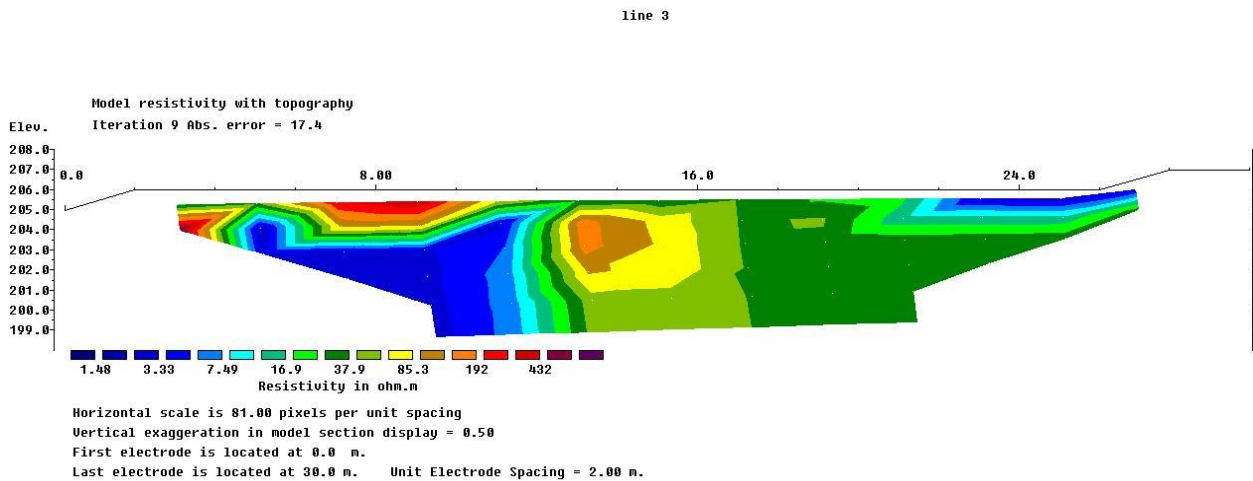
b)

Gambar 3. (a) Penampang 2D Lintasan 2 (*line 2*) dengan topografi dan (b) Lintasan asli.

Lintasan 2 (*line 2*) memiliki panjang 30 m dengan spasi antar elektroda sebesar 2 m, terdapat 16 elektroda yang digunakan pada lintasan ini dan elevasi pada lintasan ini berkisar dari 193-197 m. Pada pengolahan menggunakan *Software Res2dinv* dilakukan proses iterasi sebanyak 8 dengan nilai *error* yang dihasilkan 17,2%, walaupun dapat dilakukan iterasi lebih banyak agar memperoleh nilai *error* yang kecil

tetapi hal tersebut tidak dilakukan karena interpretasi yang akan dihasilkan tidak mendekati kondisi penelitian yang sebenarnya sehingga menyebabkan hasil penelitian kurang akurat.

Berdasarkan penampang didapatkan hasil kedalaman maksimal pada lintasan 2 mencapai 6,91 m. Lalu dengan melihat hasil penampang 2D dengan topografi dapat diketahui bahwa Lintasan 2 memiliki kemiringan 45° yang dihasilkan dari Persamaan (4). Pendugaan lapisan penyusun bawah permukaan yaitu pada nilai resistivitas sebesar $1,48-37,9 \Omega m$ dengan citra warna biru-kuning dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50-6,91$ m diduga terdapat lapisan lempung. Pada nilai resistivitas sebesar $85,3 \Omega m -192 \Omega m$ dengan citra warna kuning-merah dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50-6,91$ m diduga terdapat lapisan pasir. Pada nilai resistivitas sebesar $> 432 \Omega m$ dengan citra warna ungu dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50-6,91$ m diduga terdapat lapisan batu pasir.



a)



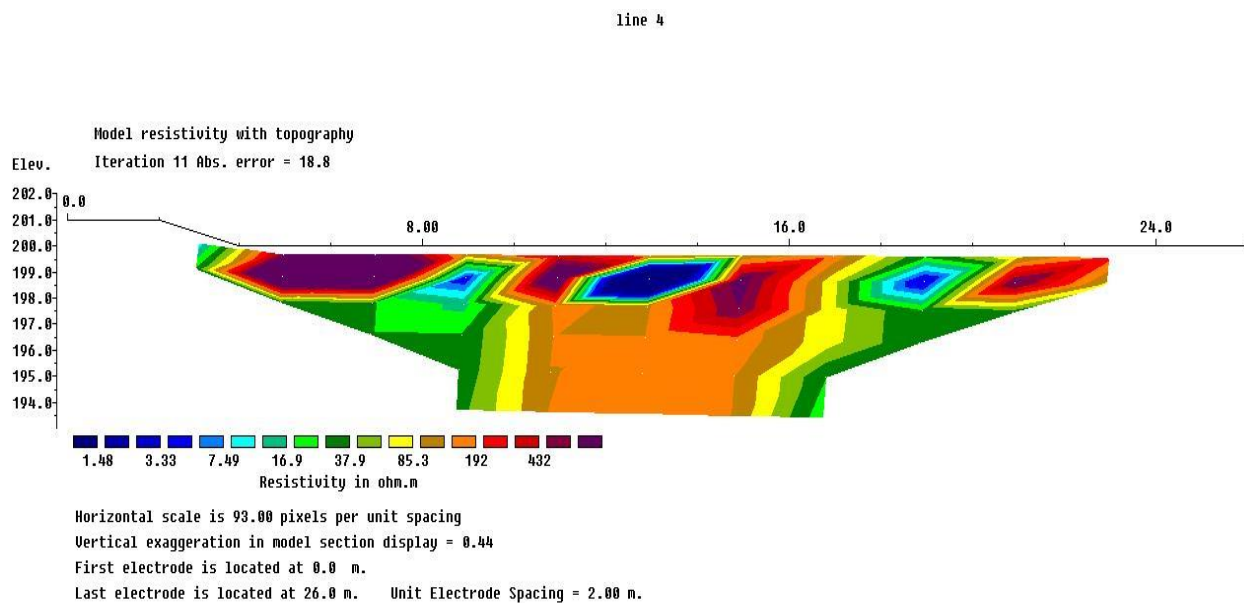
b)

Gambar 4. (a) Penampang 2D Lintasan 3 (*line 3*) dengan Topografi dan (b) Lintasan asli.

Lintasan 3 (*line 3*) memiliki panjang 30 m dengan spasi antar elektroda sebesar 2 m, terdapat 16 elektroda yang digunakan pada lintasan ini dan elevasi pada lintasan ini berkisar 205-207 m. Pada pengolahan menggunakan *Software Res2dinv* dilakukan proses iterasi sebanyak 9 dengan nilai *error* yang dihasilkan 17,3% , walaupun dapat dilakukan iterasi lebih banyak agar memperoleh nilai *error* yang kecil tetapi hal tersebut tidak dilakukan karena interpretasi yang akan dihasilkan tidak mendekati kondisi penelitian yang sebenarnya sehingga menyebabkan hasil penelitian kurang akurat.

Berdasarkan penampang didapatkan hasil kedalaman maksimal pada Lintasan 3 mencapai 6,91 m. Lalu dengan melihat hasil penampang 2D dengan topografi dapat diketahui bahwa Lintasan 3 memiliki kemiringan 45° yang dihasilkan dari Persamaan (4). Pendugaan lapisan penyusun bawah permukaan yaitu

pada nilai resistivitas sebesar 1,48-37,9 Ωm dengan citra warna biru -kuning dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50$ -6,91 m diduga terdapat lapisan lempung. Pada nilai resistivitas sebesar 85,3-192 Ωm dengan citra warna kuning-merah dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50$ -2,70 m diduga terdapat lapisan pasir. Pada nilai resistivitas sebesar $> 432 \Omega\text{m}$ dengan citra warna ungu dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50$ -1,55 m diduga terdapat lapisan batu pasir.



a)



b)

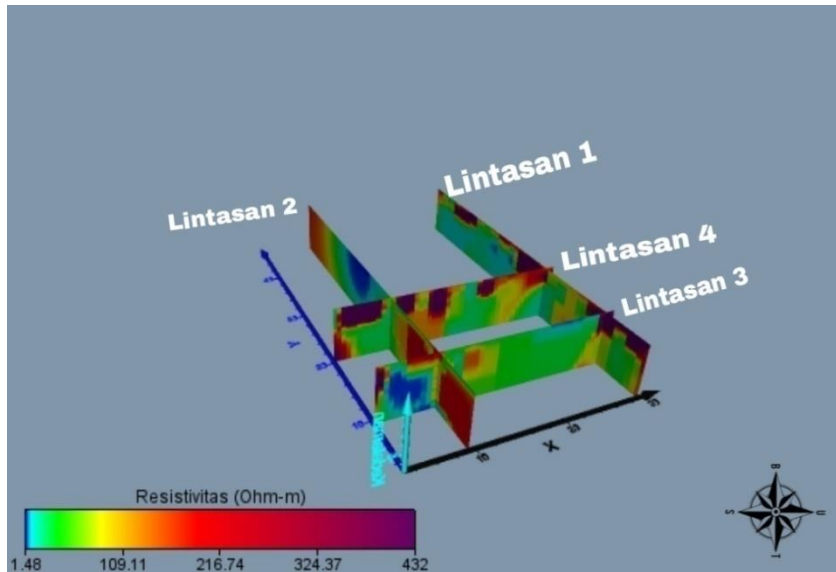
Gambar 5. (a) Penampang 2D Lintasan 4 (*line 4*) dengan Topografi dan (b) Lintasan asli.

Lintasan 4 memiliki panjang 26 m dengan spasi antar elektroda sebesar 2 m, terdapat 14 elektroda yang digunakan pada lintasan ini dan elevasi pada lintasan ini berkisar dari 200-201 m. Pada pengolahan menggunakan *Software Res2dinv* dilakukan proses iterasi sebanyak 11 dengan nilai *error* yang dihasilkan 18,8%, walaupun dapat dilakukan iterasi lebih banyak agar memperoleh nilai *error* yang kecil tetapi hal tersebut tidak dilakukan karena interpretasi yang akan dihasilkan tidak mendekati kondisi penelitian yang sebenarnya sehingga menyebabkan hasil penelitian kurang akurat.

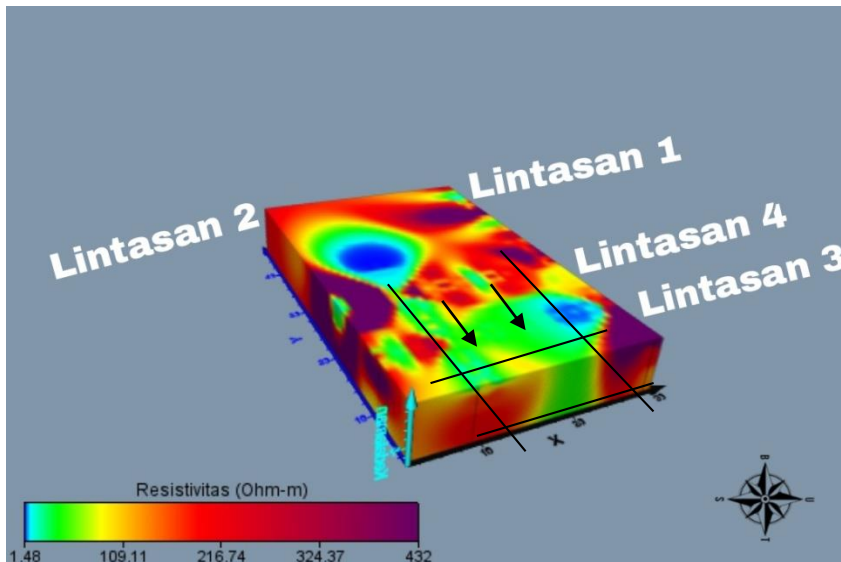
Berdasarkan penampang didapatkan hasil kedalaman maksimal pada lintasan 4 mencapai 6,91 m. Lalu dengan melihat hasil penampang 2D dengan topografi dapat diketahui bahwa Lintasan 4 memiliki kemiringan 45° yang dihasilkan dari Persamaan (4). Pendugaan lapisan penyusun bawah permukaan yaitu pada nilai resistivitas sebesar 1,48-37,9 Ωm dengan citra warna biru -kuning dan terletak pada kedalaman

$\pm 0,50-6,91$ m diduga terdapat lapisan lempung. Pada nilai resistivitas sebesar $85,3-192 \Omega\text{m}$ dengan citra warna kuning-merah dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50-3,98$ m diduga terdapat lapisan pasir. Pada nilai resistivitas sebesar $> 432 \Omega\text{m}$ dengan citra warna ungu dan terletak pada kedalaman $\pm 0,50-3,98$ m diduga terdapat lapisan batu pasir.

Setelah didapatkan hasil penampang 2D kemudian dilanjutkan dengan pengolahan 3D menggunakan *Voxler* yang dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



(a)



(b)

Gambar 6. (a dan b) Penampang 3D.

Keterangan:

- Lintasan
- Arah longsor.

Pemodelan 3D menggunakan *software* *Voxler* 4, data yang ditambahkan pada *software* *Voxler* 4 ialah keterangan lintasan seperti nama lintasan, jarak lintasan, jumlah data lalu juga menambahkan nilai resistivitas dan kedalaman. Pemodelan 3D bertujuan untuk menampilkan keselarasan antara Lintasan 1, 2, 3 dan 4 agar dapat terlihat dugaan kondisi bawah permukaan serta berbagai lapisan yang terdapat di bawah permukaan. Berdasarkan hasil pemodelan 3D dengan fitur *obliqueImage* dan *volrender* dapat ditunjukkan

bahwa nilai resistivitas berkisar dari 1,48-432 Ωm . Pada setiap lintasan citra warna yang paling mendominasi ialah warna hijau dengan nilai resistivitas 1,48-109 Ωm diduga lapisan lempung. Citra warna berikutnya yang terlihat dominan pada lintasan 2 yaitu warna merah dengan nilai resistivitas 216-432 Ωm diduga lapisan pasir. Kemudian citra warna yang terlihat pada Lintasan 1 dan 4 yaitu warna ungu dengan nilai resistivitas $> 432 \Omega\text{m}$ diduga merupakan batu pasir. Kemudian citra warna yang terlihat pada Lintasan 1 dan 4 yaitu warna ungu dengan nilai resistivitas $> 432 \Omega\text{m}$ diduga merupakan batu pasir. Berdasarkan hasil 3D yang dapat dilihat pada Gambar 6(b) diduga arah longsor yang ditunjukkan dengan anak panah mengarah ke Timur menuju permukiman warga dengan tipe longsor ialah longsor translasi karena keempat lintasannya berbentuk bidang datar.

Penelitian yang telah dilakukan tidak hanya digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan tetapi juga bertujuan untuk mengetahui potensi longsor di Desa Subo Kecamatan Pakusari. Jika dilihat berdasarkan hasil penampang 2D dan 3D diduga lintasan yang memiliki potensi longsor ialah Lintasan 1 dikarenakan lapisan atas memiliki resistivitas tinggi sedangkan lapisan bawahnya memiliki resistivitas yang rendah sehingga terjadi perbedaan resistivitas yang cukup signifikan dan mengakibatkan lintasan tersebut rentan terjadi longsor, tidak hanya resistivitasnya saja tetapi kondisi lintasan 1 yang cukup curam juga menjadi faktor lintasan tersebut rentan longsor. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Janna et al [20] yang mengemukakan bahwa lapisan lempung yang berada di bawah permukaan tidak mampu menahan beban dari permukaan atas sehingga dapat mengakibatkan longsor. Terdapat beberapa indikator untuk menentukan tingkat kerentanan gerakan tanah sehingga menyebabkan longsor. Indikator pertama yaitu curah hujan, diketahui melalui data BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Jember bahwa rata-rata curah hujan di Pakusari pada tahun 2023 adalah 155,83 mm^2 dengan rincian pada tiap bulannya seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Data curah hujan 2023 (mm^2).

Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Rata-rata
209,5	514	331	113	140	23,7	92	0,5	0,2	38	213	195	155,83

Sumber: [21].

Berdasarkan data curah hujan tahunan yang diperoleh pada Tabel 3 dan dikorelasikan dengan indikator kerentanan gerakan tanah yang tertera pada Tabel 2, Kecamatan Pakusari dapat dikatakan sebagai kategori rendah karena besarnya $< 1000 \text{mm}^2/\text{tahun}$. Kemudian indikator kedua yaitu kemiringan lereng, pada tiap lintasan memiliki kemiringan lereng yang berbeda namun tidak signifikan dan dapat dikatakan bahwa kemiringan lereng pada lokasi penelitian sebesar $> 45^\circ$ sehingga dapat dikategorikan tinggi. Lalu berikutnya terdapat indikator geologi, diketahui bahwa pada lokasi penelitian tidak terlihat perlapisan maupun patahan secara jelas sehingga dapat dikategorikan rendah. Indikator keempat yaitu vegetasi, pada lokasi penelitian tanaman yang mendominasi ialah tumbuhan berakar kuat dan berdaun lebat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 sehingga dapat dikatakan bahwa vegetasi berada pada kategori rendah. Indikator terakhir yang terdapat pada indikator kerentanan gerakan tanah ialah kegempaan, menurut BMKG terjadi lebih dari 12 kali gempa pada tahun 2023 sehingga dapat dikategorikan tinggi karena termasuk daerah rawan gempa.

Setelah kelima indikator tersebut diperoleh, dapat dilakukan penghitungan skor agar diketahui kategori kerentanan (Panduan pada Tabel 2). Curah hujan dengan persentase 25% diperoleh skor 1 sehingga mendapatkan nilai 0,083, kemiringan lereng dengan persentase 35% diperoleh skor 5 sehingga mendapatkan nilai 0,35, geologi dengan persentase 17% diperoleh skor 1 sehingga mendapatkan nilai 0,06, vegetasi dengan persentase 13% diperoleh skor 1 sehingga mendapatkan nilai 0,04 dan kegempaan dengan persentase 10% diperoleh skor 3 sehingga mendapatkan nilai 0,10. Nilai dari setiap indikator ditambahkan sehingga mendapatkan nilai akhir 0,633 dan nilai tersebut dikategorikan sebagai kerentanan sedang yang berkisar dari 0,33-0,66.



Gambar 7. Vegetasi lokasi penelitian.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa struktur bawah permukaan Desa Subo Kecamatan Pakusari terdiri dari lempung dengan nilai resistivitas 1,48-37,9 Ωm , lapisan berikutnya yaitu lapisan pasir dengan nilai resistivitas 85,3-192 Ωm dan lapisan batu pasir yang cukup dominan terdapat pada Lintasan 1 dan 4 dengan nilai resistivitas > 432 Ωm . Struktur bawah permukaan tersebut juga didukung dengan kondisi lapangan dan peta geologi lembar Jember yang menyatakan bahwa Desa Subo berada pada formasi bagor tersusun atas lapisan breksi/konglomerat, batu pasir tufan dan batu pasir. Potensi longsor yang terjadi di lokasi penelitian dengan menggunakan kelima indikator tersebut menyatakan bahwa Desa Subo berada pada kategori sedang untuk terjadi longsor atau dengan kata lain berpotensi sedang terjadi longsor. Lintasan yang memiliki potensi longsor diduga pada Lintasan 1 karena lintasan ini memiliki struktur bawah permukaan yang didominasi dengan lempung dan memiliki kemiringan lereng yang lebih curam dibandingkan lintasan lainnya.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

Pustaka

- [1] I. Maharani, T. A. Z. Faresi, R. S. Sari, dan D. Sugiyanto, "Identifikasi Daerah Rawan Longsor Dengan Metode Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Kawasan Desa Meunasah Krueng Kala, Aceh Besar," *J. Aceh Phys. Soc.*, vol. 7, no. 3, pp. 139–143, 2018.
- [2] R. A. Robbi, S. Astutik, dan F. A. Kurnianto, "Kajian Kerawanan Bencana Longsor Berbasis Sistem Informasi Geografis Sebagai Acuan Mitigasi Bencana di Kecamatan Panti, Kabupaten Jember," ... *Pembelajaran Geogr.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–18, 2022.
- [3] BPBD Jember, "Bencana Tanah Longsor di desa Sumberjeruk Kecamatan Kalisat," 2022.
- [4] Zakiyul Fuadi, M. M, dan M. Yusa, "Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan dan Bidang Gelincir Lereng Kelurahan Muara Lembu Metode Geolistrik," *Siklus J. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 56–66, 2020.
- [5] Karmila, "Identifikasi Bidang Gelincir Longsoran Daerah Cempa , Kabupaten Wajo Menggunakan Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner-Schlumberger," Universitas Hasanuddin, 2021.
- [6] M. R. Argobi, "Identifikasi Lapisan Batuan Daerah Rawan Longsor dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Desa Sagalaherang Kaler Kabupaten Subang Jawa Barat,"

- Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2022.
- [7] H. L. Sunan dan A. K. Gibran, “Analisis Jenis Struktur Geologi Implikasinya Terhadap Bencana Longsor Daerah Kandangserang Kecamatan Kandangserang Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah,” *Pros. Semin. Nas. dan Call Pap. ”Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan IX” 19- 20 Novemb. 2019 Purwokerto*, vol. 9, no. 1, pp. 75–81, 2019.
- [8] W. Telford, L. Geldart, R. Sheriff, dan D. Keys, *Applied Geophysics*, Second. Inggris: Cambridge University Press, 1990.
- [9] M. Abduh, E. Bachtiar, S. . Ahmad, dan W. Mustika, *Mitigasi Bencana*. Indonesia: Tohar Media, 2023.
- [10] N. A. Akhirianto dan H. S. Naryanto, “Kajian Kapasitas Dan Persepsi Masyarakat Terhadap Bencana Tanah Longsor Di Desa Margamukti, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung,” *J. Ris. Kebencanaan Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 117–128, 2018.
- [11] E. Susanto, “Karakteristik Struktur Tanah Daerah Rawan Bencana Longsor di Desa Kemuninglor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Lapisan Bawah Permukaan,” Universitas Jember, 2006.
- [12] R. Hidayat, “Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan,” *Pros. Semin. Nas. Geogr. UMS*, vol. 11, no. 1, pp. 534–548, 2016.
- [13] M. Romosi, “Pendugaan Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis, Masw, Dan Data Mekanika Tanah Di Desa Cimuncang Kec. Malausma Kab. Majalengka,” Universitas Lampung, 2016.
- [14] A. Susilo *et al.*, *Teori dan Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas*. Malang: UB Press, 2022.
- [15] R. Mulyasari, I. Gede, B. Darmawan, dan N. Haerudin, “Perbandingan Konfigurasi Elektroda Metode Geolistrik Resistivitas Untuk Identifikasi Litologi Dan Bidang Gelincir Di Kelurahan Pidada Bandar Lampung,” *JoP*, vol. 6, no. 2, pp. 16–23, 2021.
- [16] B. Kanata dan T. Zubaidah, “Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner Schlumberger Untuk Survey Pipa Bawah Permukaan,” *Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Mataram*, vol. 7, no. 2, pp. 84–91, 2008.
- [17] H. Hendri, I. D. Faryuni, dan Z. Zulfian, “Identifikasi Bidang Gelincir dan Tipe Tanah Longsor di Daerah Rawan Longsor Desa Bantai Menggunakan Metode Geolistrik,” *Prism. Fis.*, vol. 7, no. 3, pp. 167–174, 2019.
- [18] Y. P. Pangestu dan Z. Zulfian, “Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Sekitar Daerah Jembatan Kuning Di Desa Korek Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger,” *Prism. Fis.*, vol. 8, no. 1, p. 79, 2020.
- [19] M. S. S. Ahmad, S. Sahara, dan A. Wahyuni, “Identifikasi Potensi Longsor Dengan Metode Geolistrik Di Desa Onang Utara Kecamatan Tubo Sendana Kabupaten Majene,” *Teknosains Media Inf. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 2, pp. 179–190, 2022, doi: 10.24252/teknosains.v16i2.29244.
- [20] N. Janna, Rahmaniah, dan A. Wahyuni, “Identifikasi Struktur Batuan Daerah Rawan Longsor Di Kecamatan Camba Kabupaten Maros Berdasarkan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner,” *jft*, vol. 4, no. 1, pp. 9–16, 2017.
- [21] B. J. PPID, “Curah Hujan 2023,” 2024.