

KARAKTERISASI LAPISAN BAWAH PERMUKAAN LERENG HASIL PERGERAKAN SESAR LEMBANG MENGGUNAKAN *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY* PADA *SAG POND* MURIL

Silmi Afina Aliyan¹, Kusnahadi Susanto², Totok Doyo Pamungkas³, Haikal Muhammad Ihsan¹, Asep Harja², Dini Fitriani², Yudi Rosandi²

Afiliasi : ¹ Sains Informasi Geografi, Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial-Universitas Pendidikan Indonesia

² Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam-Universitas Padjadjaran

³ Pendidikan Geografi, Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial-Universitas Pendidikan Indonesia
e-mail : aliyana.silmi@upi.edu

Abstrak. Keberadaan Sesar Lembang turut berperan dalam pembentukan morfologi struktur di wilayah Cisarua, Jawa Barat. Salah satu morfologi yang terbentuk di wilayah tersebut adalah punggung tertekan dan *sag pond* di Desa Muril, Kecamatan Cisarua. Peristiwa longsor juga mengiringi pembentukan morfologi ini yaitu ketika terjadi pergerakan sesar. Karakterisasi profil morfologi dapat dilakukan dengan metode geofisika dangkal dengan tujuan untuk mengidentifikasi lapisan bawah permukaan dan keberadaan patahan pada area *sag pond*, keberadaan patahan tidak teridentifikasi yang terdapat di bawah permukaan tanah berpotensi merusak kawasan permukiman. Metode yang digunakan untuk karakterisasi morfostruktur adalah tomografi resistivitas listrik. Validasi metodologi ini memperhitungkan pengumpulan data menggunakan peralatan resistivitas Super Sting RS8, pengolahan data dengan software inversi RES2DINV, dan interpretasi profil listrik. Konfigurasi geometri Wenner-Schlumberger digunakan dalam pengumpulan data ERT. Nilai resistivitas longsor adalah 31,25 - 214 Ω m. Lapisan atas merupakan massa longsor dan lapisan bawah ditafsirkan sebagai substrat kemungkinan berbatu. Permukaan geser atau bidang patahan diperkirakan berada pada kedalaman 0 hingga ± 120 meter, dengan bidang barat cenderung menurun dibandingkan dengan bidang timur. Profil sisi utara-timur laut menunjukkan kedalaman yang lebih besar, yang menunjukkan akumulasi material longsor di bawah zona longsor selatan-barat daya.

Kata Kunci: *sag pond*, tanah longsor, Sesar Lembang, resistivitas, konfigurasi Wenner-Schlumberger

Abstract. The presence of the Lembang Fault plays a role in the formation of structural morphology in the Cisarua region, West Java. One of the morphologies formed in this region is a compressed ridge and *sag pond* in Muril Village, Cisarua District. Landslides also accompany the formation of this morphology, namely when fault movement occurs. Morphological profile characterization can be performed using shallow geophysical methods to identify subsurface layers and the presence of faults in the *sag pond* area. Unidentified faults beneath the ground surface have the potential to damage residential areas. The method used for morphostructural characterization is electrical resistivity tomography. The validation of this methodology involves data collection using Super Sting RS8 resistivity equipment, data processing with RES2DINV inversion software, and interpretation of electrical profiles. The Wenner-Schlumberger geometric configuration was used in ERT data collection. The resistivity values of the landslide material range from 31.25 to 214 Ω m. The upper layer is the landslide mass, and the lower layer is interpreted as a possible rocky substrate. The slip surface or fault plane is estimated to be at a depth of 0 to ± 120 meters, with the western plane tending to be lower than the eastern plane. The northeast profile shows greater depth, indicating the accumulation of landslide material beneath the southwest landslide zone.

Keywords: *sag pond*, landslides, Lembang fault, resistivity, Wenner-Schlumberger configuration.

PENDAHULUAN

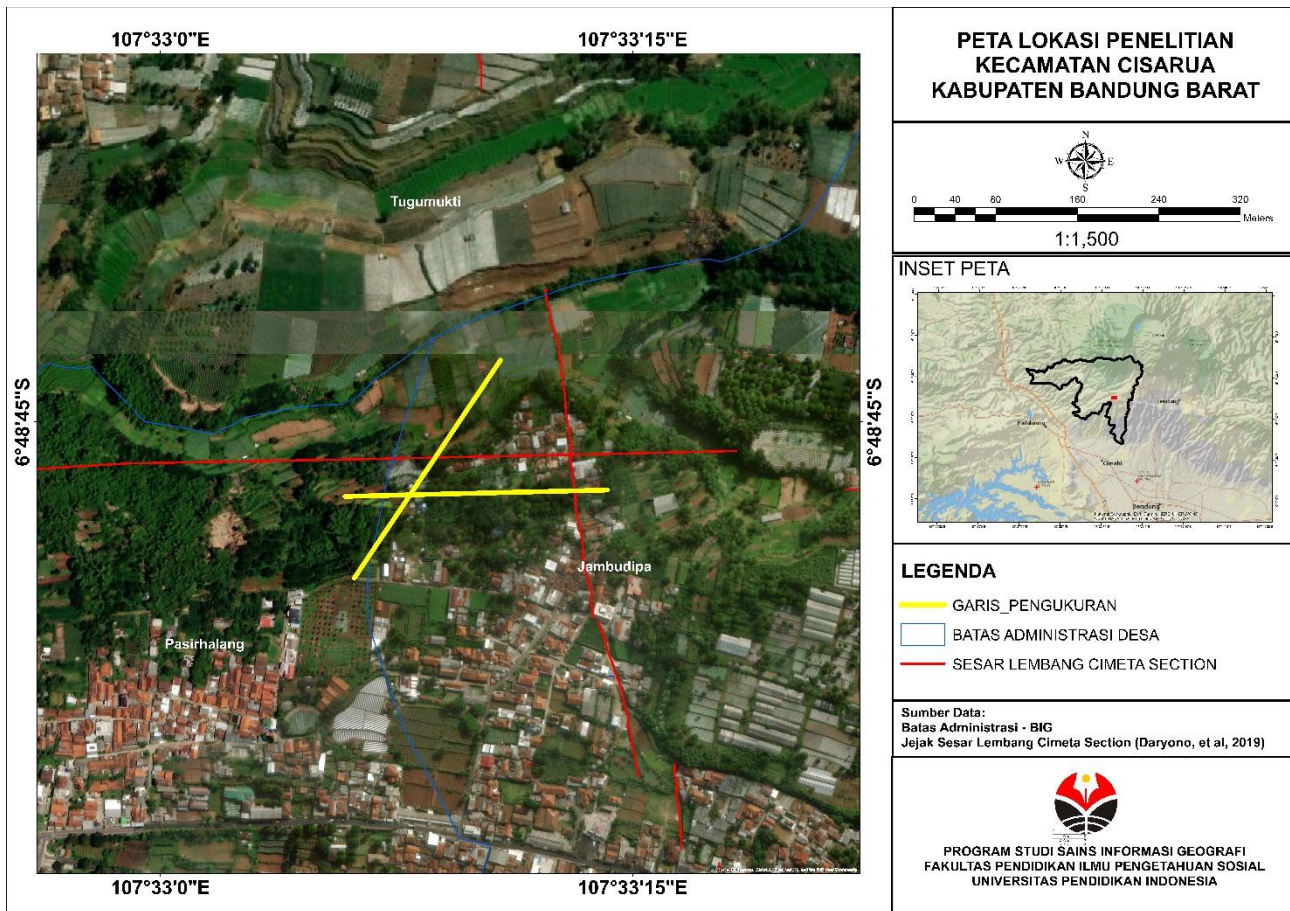
Cisarua merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Bandung Barat yang memiliki morfologi hasil dari tenaga endogen yang bekerja baik dari proses vulkanik maupun proses tektonik. Proses vulkanik yang terjadi dicirikan oleh keterdapatannya material endapan gunungapi muda berumur Kuarter berupa material piroklastik dan aliran lava yang membeku di bagian barat hingga tenggara. Selain itu bagian utara Kecamatan Cisarua ini merupakan bagian dari badan gunung Burangrang yang disusun oleh material gunungapi tua (Silitonga P., 1973). Pembentukan gunung Burangrang terkait dengan proses vulkanisme yang berlangsung sejak Kala Paleosen akibat aktivitas subduksi antara Lempeng Samudera Hindia ke bawah Lempeng Kontinen Asia (Bronto & Hartono, 2006). Keberadaan Sesar Lembang yang masih aktif melewati bagian selatan gunung

Burangrang atau bagian timur ke arah tengah Kecamatan Cisarua merupakan bagian dari *section* Cimeta dengan nilai strike N80°E (Daryono, Natawidjaja, Sapiie, & Cummins, 2019). Deformasi oleh Sesar Lembang paling berdampak di wilayah Cisarua (Nurtyawan & Sigiro, 2024). Menurut BPBD (2022) fenomena gerakan tanah di Kecamatan Cisarua merupakan bencana yang parah dalam satu dekade dari keseluruhan wilayah di Kabupaten Bandung Barat. Potensi longsor tertinggi di Kecamatan Cisarua berada pada dua kelurahan yaitu Jambudipa dan Pasir Halang, selain itu tingkat kerentanan fisik dan sosial paling tinggi yaitu di Desa Jambudipa (Pamungkas, Aliyan, Somatri, & Firdaus, 2024). Namun kesiapsiagaan masyarakat Kecamatan Cisarua dalam menghadapi bencana gempa bumi termasuk dalam kriteria kurang siap dengan kriteria cukup pada aspek pengetahuan dan sikap (Pamungkas, Aliyan, Nurfalah, Ningrum, & Maryani, 2023).

Pada wilayah ini morfologi yang terbentuk adalah punggung tertekan (*pressure ridge*) dan *sag basin* yang berada di kampung Muril. Pembentukan morfologi ini sangat dipengaruhi oleh pergerakan Sesar Lembang yang berorientasi barat-timur hingga timur laut- barat daya sebagai gaya pengontrol (Aliyan, Pamungkas, Susanto, & Ayesha, 2023). Proses pembentukan morfologi di kampung Muril diiringi oleh kejadian tanah longsor, khususnya di area yang memiliki kemiringan lereng yang curam dan saat curah hujan tinggi pada musim hujan. Kejadian longsor yang dipicu oleh pergerakan sesar Lembang dengan magnitudo 3,3 di kampung muril terjadi pada tahun 2011 dan merusak 278 rumah (CNN Indonesia, 2021) Tipe tanah longsor akan mempengaruhi bahaya yang dapat terjadi bagi masyarakat sehingga perlu menerapkan teknologi untuk memperoleh informasi bawah permukaan dan mengetahui batas jenis material endapan yang membentuk morfostruktur ini. Metode survei yang dapat memberikan informasi bawah permukaan salah satunya adalah metode geolistrik, yang memungkinkan penghitungan resistivitas listrik suatu material. Metode geolistrik dapat menghasilkan gambar dua dimensi dari distribusi lapisan tanah dengan menunjukkan gradasi dan kontras dalam nilai resistivitas. Penelitian sebelumnya di daerah Parongpong, masih di sekitar area Sesar Lembang, menggunakan data bor untuk mengidentifikasi stratigrafi endapan *sag pond* (Hidayat, E, 2010). Hasil penelitian tersebut menunjukkan dinamika proses penurunan dan pembentukan paleosol yang kompleks di *sag pond*, sehingga penelitian lanjutan dengan menggunakan data geolistrik di wilayah lain diperlukan untuk mengidentifikasi pola subsidensi serupa serta memperkirakan variasi ketebalan lapisan bawah permukaannya. *Sag pond* merupakan cekungan yang terbentuk di sepanjang zona sesar mendatar, akibat pergerakan relative antar blok yang terisi material lepas, sedimen dan air. Keberadaan *sag pond* dapat menjadi indikator aktivitas tektonik dan deformasi permukaan, serta berfungsi sebagai area akumulasi material hasil longsor, seperti yang diamati pada zona longsor di Kampung Muril yang dipengaruhi oleh aktivitas Sesar Lembang. Penggunaan metode geolistrik pada penelitian di wilayah *sag pond* dapat bekerja secara lebih efisien, cepat, dan tidak merusak lingkungan dibanding pengeboran karena dapat memetakan kondisi bawah permukaan secara menyeluruh tanpa perlu penggalian. Pada penelitian ini hasil penampang dari pengukuran metode geolistrik memungkinkan untuk mengidentifikasi batas morfostruktur endapan longsor di sekitar *sag pond*, juga menunjukkan bidang geser atau pecah yang memungkinkan penentuan kedalaman dan ketebalan zona longsor (Telford & Geldart, 1990) (Utama, Pandugya, Rochman, & Agustin, 2016) (Taufiqurrohman, Nugraha, & Bahri., 2017) (Fuadi, Muhammad, & Yusa, 2020) (Fuenzalida, et al., 2023). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lapisan bawah permukaan dan keberadaan patahan pada area *sag pond*, keberadaan patahan tidak teridentifikasi yang terdapat di bawah permukaan tanah berpotensi merusak kawasan permukiman di kampung Muril Kecamatan Cisarua Kabupaten Bandung Barat menggunakan metode resistivitas 2D dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di kawasan *sag pond* kampung Muril, Desa Jambudipa, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Lintasan 1 terletak di : 6° 48' 47.2789" LS, 107° 33' 05.8751" BT - 6° 48' 47.5381" LS, 107° 33' 14.5477" BT lintasan 2 terletak di : 6° 48' 43.1028" LS, 107° 33' 10.9404" BT - 6° 48' 49.9572" LS, 107° 33' 06.3108" BT. Lokasi pengambilan data dilakukan di daerah perbatasan tiga desa yaitu perbatasan Desa Tugumukti, Pasirhalang dan Jambudipa. Pengambilan data di daerah ini mempertimbangkan keberadaan patahan yang melewati wilayah ini dan membentuk area *sag pond* sebagai area tempat terakumulasinya material hasil longsor.



Gambar 1. Lokasi penelitian yang dilintasi oleh sesar Lembang.

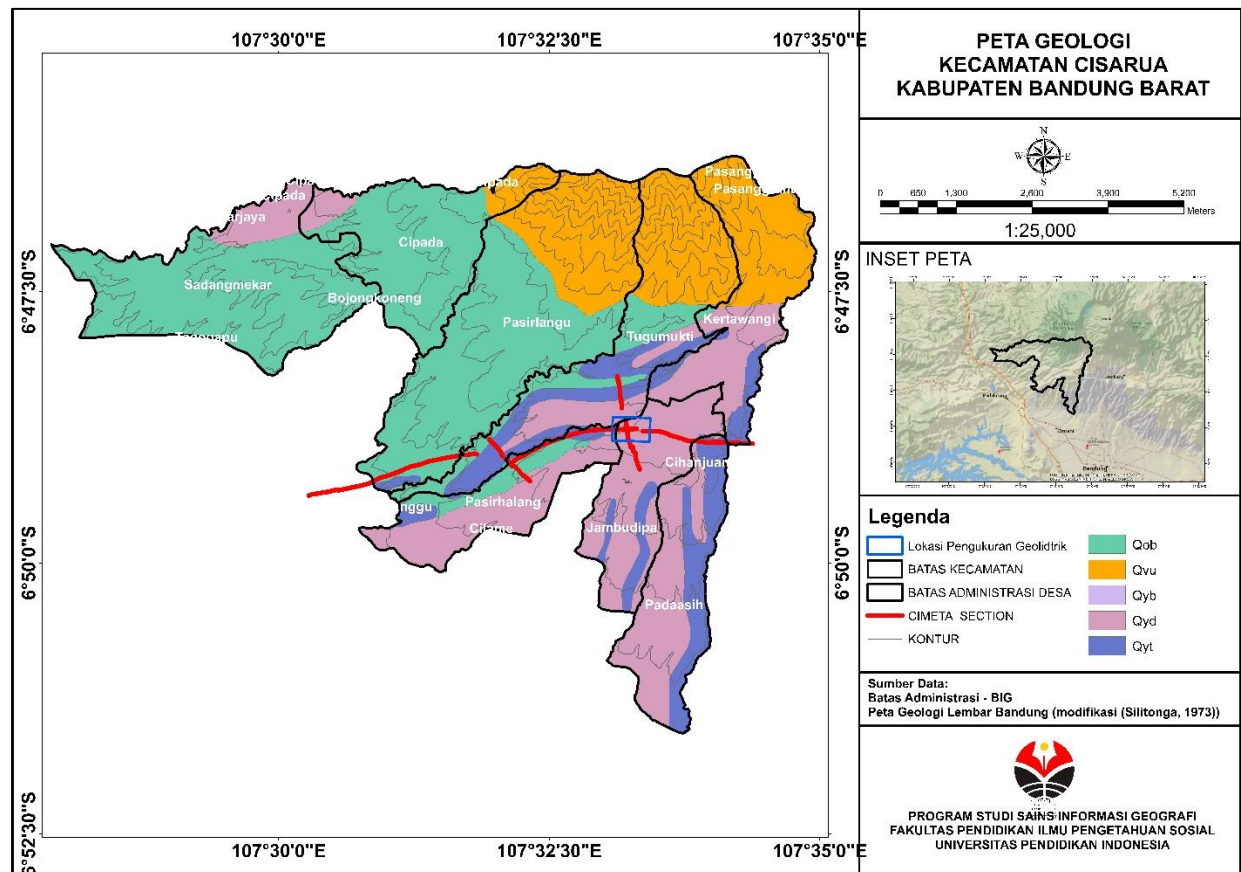
Kondisi Geologi

1. Formasi Batuan di Daerah Penelitian

Daerah penelitian termasuk dalam sebagian Lembar Peta Geologi Daerah Bandung (Silitonga P. , 1973). Daerah ini didominasi oleh material berumur Kuarter yang merupakan hasil endapan gunung api muda berupa material piroklastik dan aliran lava. Berikut ini adalah penjelasan beberapa formasi yang menyusun daerah penelitian dari satuan yang lebih muda ke satuan yang lebih tua, antara lain; Produk gunung api muda (Qyd), yaitu tuf pasir; Produk gunung api muda (Qyt), yaitu tuf apung; Produk gunung api tua (Qvu), yaitu batuan gunung api yang belum terurai; Produk gunung api tua (Qob), yaitu produk gunung api yang lebih tua (material gunung api). Kampung Muril berada pada lembar peta geologi yang tersusun dari produk gunungapi muda yang terdiri dari material tuf pasir (Qyd).

2. Struktur Geologi di Daerah Penelitian

Secara regional, lokasi penelitian berada pada *section* Cimeta, bagian dari Sesar Lembang yang merupakan salah satu sesar utama di Jawa Barat yang memiliki karakteristik strike-slip sinistral-lateral, berdasarkan interpretasinya terhadap main order offset (Tjia, 1968) (PUSGEN, 2017). Sesar Lembang memiliki panjang 29 km dan dapat menghasilkan Mw sinistral dominan 6,5-7,0 dengan laju geser 1,95 – 3,45 mm/tahun (Daryono, Natawidjaja, Sapiie, & Cummins, 2019). Berdasarkan kajian geodesi Meilano dkk. (2012) memperkirakan laju geser sesar Lembang sebesar 6 mm/tahun. Secara seismologi, Sesar Lembang masih aktif dan menghasilkan gempa bumi, meskipun kekuatannya kecil. Gempa bumi yang terjadi terkonsentrasi di ujung-ujung sesar, baik ujung barat maupun ujung timur (Rasmid, 2014). Getaran gempa bumi juga dapat memicu terjadinya longsor, runtuhnya batuan, gerakan tanah, dan kerusakan tanah yang merusak.

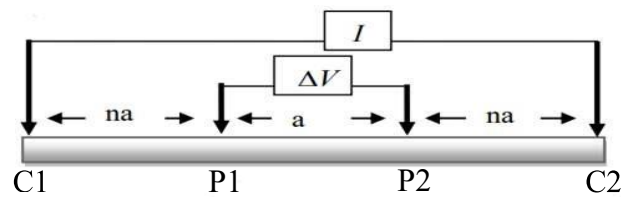


Gambar 2. Peta geologi Kecamatan Cisarua, lokasi penelitian dalam area kotak biru berdasarkan Peta Geologi Lembar Bandung (modifikasi (Silitonga P. , 1973) dalam (Aliyan, Pamungkas , Susanto, & Ayesha, 2023)).

METODOLOGI

Pengambilan data dilakukan dengan mengaplikasikan metode resistivitas, menggunakan alat ukur resistivitas *Super Sting RS8*. Metode resistivitas sering digunakan untuk pendugaan bidang gelincir tanah longsor. Metode geolistrik memanfaatkan nilai resistivitas dari tanah untuk mengetahui lapisan bawah tanah. Kelebihan dari metode ini adalah tidak merusak lingkungan, biaya relatif murah dan mampu mendeteksi lapisan tanah hingga beberapa meter di bawah permukaan tanah (Darsono, Nurlaksito, & Legowo, 2012). Beberapa penelitian menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger untuk mengetahui struktur dan lapisan tanah, metode ini dinilai lebih efektif untuk dapat memonitor keadaan di bawah permukaan tanah secara vertikal maupun horizontal (Wakhidah, Khumaedi, & Dwijananti, 2014) (Lismalini, Akmam, & Sudiar, 2014) (Jamaluddin & Umar, 2018). Konsentrasi kadar air mempengaruhi tingkat konduktivitas dan nilai resistivitas lapisan batuan yang diukur. Ada dua jenis metode resistivitas: resistivitas pemetaan lateral (2D) dan resistivitas sounding vertikal (Bahri, et al., 2020).

Pengukuran dilakukan menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger dan jarak elektroda 5 m dilakukan dengan empat elektroda yaitu dua elektroda arus (C1 dan C2) dan dua elektroda potensial (P1 dan P2) dengan pemodelan pengukuran skala laboratorium. Konfigurasi ini mempunyai aturan jarak yang konstan, dengan catatan faktor pembanding “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan antara jarak antar elektroda C1-P1 dengan jarak antara P1-P2, seperti terlihat pada Gambar 2. Jika jarak antara elektroda potensial P1-P2 adalah 'a', maka jarak antara elektroda arus (C1 dan C2) adalah ' $2na + a$ '. Data tersebut kemudian diolah dengan software RES2DINV (Software, 2010), yang secara otomatis menentukan resistivitas dua dimensi bawah permukaan.



Gambar 3. Konfigurasi Elektroda Wenner-Schlumberger.

Faktor geometri untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger diberikan oleh:

$$k = n(n + 1)\pi a$$

k: adalah faktor geometri.

n: adalah faktor yang menentukan perbandingan jarak antara elektroda.

π : adalah konstanta matematika ($\pi \approx 3,14159$).

a: adalah jarak antara elektroda potensial (P1 dan P2) atau jarak spasi elektroda.

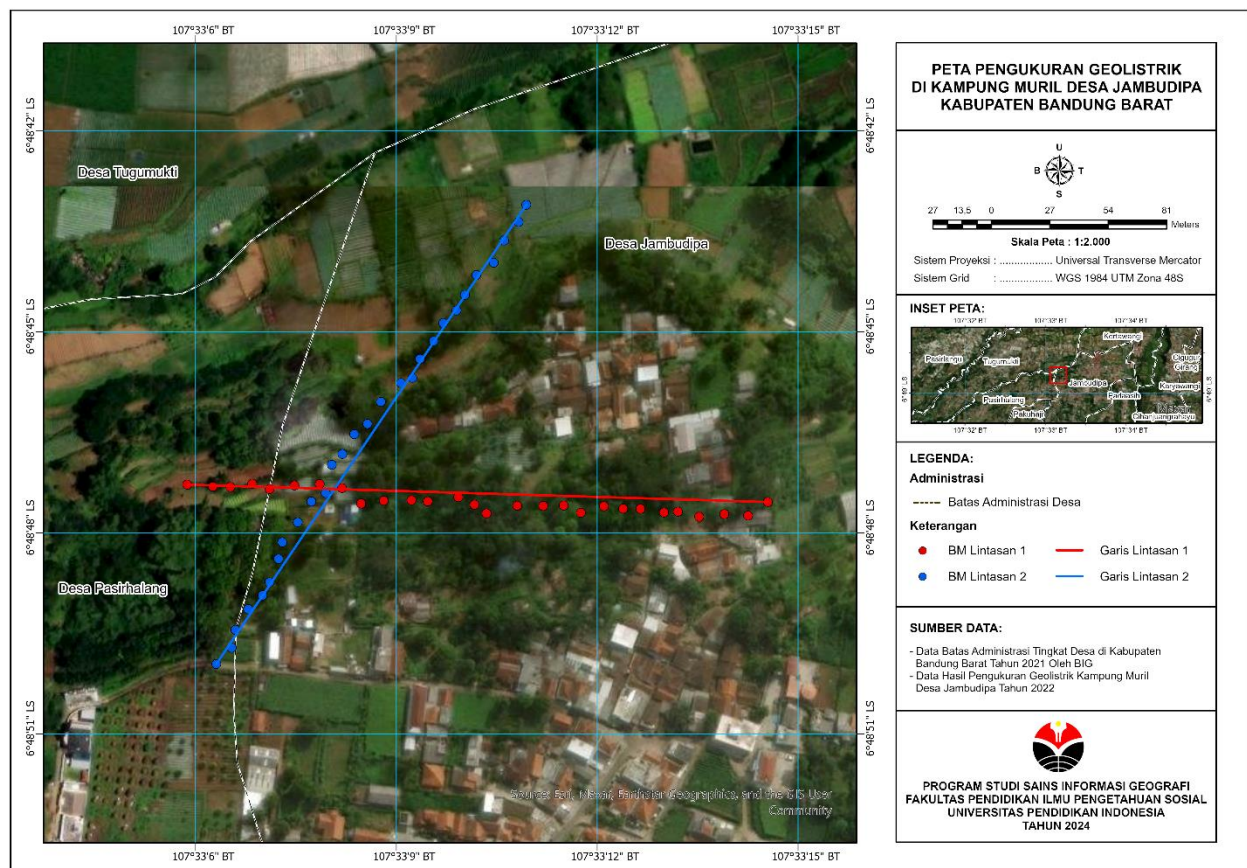
Sebagian besar mineral yang menyusun batuan di Bumi, seperti kuarsa, feldspar, dan mineral silikat lainnya, bersifat isolator atau penghantar listrik yang buruk karena elektron-elektron dalam strukturnya tidak dapat bergerak bebas. Namun, terdapat beberapa pengecualian, seperti mineral logam (misalnya tembaga dan besi) serta grafit, yang memiliki konduktivitas listrik tinggi karena elektronnya dapat mengalir dengan mudah. Nilai resistivitas (kemampuan material untuk menghambat aliran listrik) pada material bumi terutama dipengaruhi oleh pergerakan ion-ion dalam fluida yang mengisi pori-pori batuan, seperti air tanah atau larutan elektrolit lainnya. Semakin banyak kandungan fluida yang kaya ion (misalnya air asin), semakin rendah resistivitas batuan tersebut. Untuk menginterpretasi hasil pengukuran resistivitas, data yang diperoleh dibandingkan dengan tabel acuan dari Telford (1990) dan peta geologi regional. Dengan cara ini, dapat diketahui jenis litologi (batuan) di bawah permukaan serta kedalamannya, membantu dalam mengidentifikasi lapisan bawah permukaan dan keberadaan patahan pada area *sag pond*. Tabel 1 adalah nilai resistivitas material termasuk batuan dan mineral yang menyusun Bumi.

Tabel 1. Nilai resistivitas material bumi (Telford & Geldart, 1990)

Jenis Material	Resistivitas (Ωm)
Udara	~
Pirit (<i>pyrite</i>)	0.01 – 100
Kuarsa (<i>quartz</i>)	500 – 800.000
Kalsit (<i>calcite</i>)	1×10^{12} - 1×10^{13}
Batu Garam (<i>rock salt</i>)	$30-1 \times 10^{13}$
Granit (<i>granite</i>)	200 – 100.000
Andesit (<i>andesite</i>)	$1,7 \times 10^2$ - 45×10^4
Basal (<i>basalt</i>)	200 – 100.000
Batugamping (<i>limestone</i>)	5000 – 10.000
Batupasir (<i>sandstone</i>)	200 – 8.000
Batu Tulis (<i>slate</i>)	20 – 2.000
Pasir (<i>sand</i>)	1 – 1.000
Lempung (<i>clay</i>)	1 – 100
Air Bawah permukaan (<i>groundwater</i>)	0,5 – 300
Air Laut (<i>seawater</i>)	0,2
Kerikil Kering	600 – 10.000
Aluvium (<i>alluvium</i>)	10 – 800

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran geolistrik dilakukan pada penampang untuk memperoleh informasi batas litologi dan batas patahan yang membentuk morfologi *sag pond* di daerah ini. Pengukuran difokuskan pada daerah-daerah penting terutama daerah yang data singkapan lapangannya tidak tersedia, tujuannya adalah untuk mengecek hasil pemetaan dalam merekam kemenerusan struktur patahan di bawah permukaan.



Gambar 4. Lokasi lintasan, Lintasan 1 berarah barat-timur dan Lintasan 2 berarah timur laut-barat daya.

Data geologi permukaan, termasuk litologi penyusun dan patahan permukaan di daerah Cimeta digunakan sebagai acuan dalam interpretasi struktur bawah permukaan. Selanjutnya hasil pengukuran geolistrik pada dua lintasan digunakan sebagai dasar untuk menginterpretasi kondisi bawah permukaan. Pengukuran dilakukan pada dua lintasan dengan orientasi barat - timur dan timur laut - barat daya, masing-masing sepanjang 270 m terletak pada zona bawah longsor. Metode yang digunakan adalah geolistrik dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger, dengan jarak antar elektroda 10 m, sehingga memungkinkan penyelidikan hingga kedalaman 50 m. Pengaturan elektroda disesuaikan dengan variasi struktur vertikal dan horizontal (Looke, 1999).

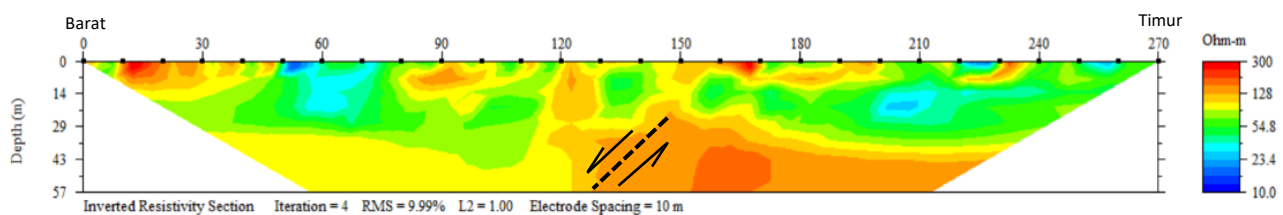
Profil Lintasan 1

Pengukuran pada lintasan 1 dilakukan dari arah timur ke barat. Data hasil pengukuran menunjukkan distribusi resistivitas bawah permukaan secara horizontal dan vertikal. Pengolahan yang dilakukan merupakan hasil inversi dengan nilai RMS error sebesar 9,9% (Gambar 5). Dari hasil pengukuran, nilai resistivitas batuan bawah permukaan pada lintasan 1 berkisar antara 10 Ω m hingga >300 Ω m yang dapat diklasifikasikan menjadi resistivitas rendah, sedang dan tinggi. Perbedaan karakteristik batuan ditandai dengan nilai resistivitas yang bervariasi (Farhati & Rosid, 2022).

Lapisan tanah bagian atas hingga kedalaman ± 29 m memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan material di bawahnya, nilai resistivitasnya sebesar 10 Ω m hingga 109,7 Ω m, diduga sebagai lapisan atas permukaan tanah hasil urugan atau longsor yang mengandung material pasir dan lempung, material ini diduga merupakan bagian dari produk gunung api muda (Qyd dan Qyt) sesuai dengan jenis litologi yang terpetakan pada Lembar Peta Geologi Daerah Bandung (Silitonga P. , 1973). Nilai resistivitas yang rendah dikaitkan dengan material gunungapi muda yang tersusun atas tanah pasir (Qyd) dan tuff apung (Qyt). Nilai resistivitas rendah juga dapat dikaitkan dengan keberadaan lahan pertanian yang berpori dan jenuh air pada daerah tersebut (Gambar 4), ditandai dengan warna biru tua sampai biru muda. Hal ini dapat terjadi pada kondisi tanah gembur sehingga menimbulkan rongga-rongga antar butiran yang mudah

terisi cairan (Gambar 5). Kondisi ini menyebabkan arus listrik mudah dialirkan saat pengukuran sehingga nilai resistivitasnya rendah.

Pada kedalaman lebih dari ± 29 m ditemukan perbedaan nilai resistivitas batuan antara bagian barat dan timur lintasan. Pada lintasan bagian barat ditemukan nilai resistivitas yang rendah dibandingkan dengan lintasan bagian timur. Bagian barat memiliki nilai resistivitas lokal $54,8 \Omega\text{m}$ hingga $109,7 \Omega\text{m}$ (terlihat pada penampang berwarna hijau muda hingga kuning), sedangkan bagian timur memiliki nilai resistivitas lokal $109,7 \Omega\text{m}$ hingga $214 \Omega\text{m}$ (Gambar 5) (terlihat pada penampang berwarna kuning muda hingga jingga). Perbedaan nilai resistivitas pada lapisan dengan kedalaman lebih dari ± 29 m menunjukkan kondisi material atau litologi yang berbeda. Pada bagian timur dapat diindikasikan terdapat batuan yang lebih padat dan masif dibandingkan dengan bagian barat. Selain menunjukkan kondisi batuan penyusunnya yang memiliki perbedaan yang sangat kontras, kemungkinan menunjukkan keberadaan bidang patahan di bawah permukaan. Pada profil lintasan yang memiliki nilai resistivitas tinggi (berwarna kuning hingga jingga, diduga tersusun atas litologi yang berupa material seperti bongkah yang bercampur dengan piroklastik yang sudah padat dari produk letusan gunungapi yang lebih tua (Qvu dan Qob). Litologi ini menyusun di bagian timur lintasan atau pada 130 meter lintasan dari barat ke timur (Gambar 5).



Gambar 5. Profil Lintasan 1 (dugaan patahan ditunjukkan dengan garis hitam putus-putus pada kedalaman ± 29 m di 120m lintasan barat ke timur).

Nilai resistivitas yang diperoleh pada profil lintasan 1 (satu) seperti yang terlihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai resistivitas lintasan 1

No	Material	Nilai Resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Jarak Barat ke Timur (m)	Warna pada penampang
1.	Tanah berpasir (Qyd) dan tuf batu apung (Qyt)	10,0 – 109,7	1 s/d >57	0 s/d >57	55 - 150	Biru tua sampai kuning (lapisan hijau dan kuning mendominasi)
			1 s/d ± 29	0 s/d ± 29	150 -215	Biru tua sampai kuning (lapisan hijau dominan)
2.	Hasil gunungapi yang lebih tua, (Qvu dan Qob)	109,7 -300	1 s/d >28	± 29 s/d >57	130 -215	Kuning sampai jingga tua (lapisan jingga dominan)

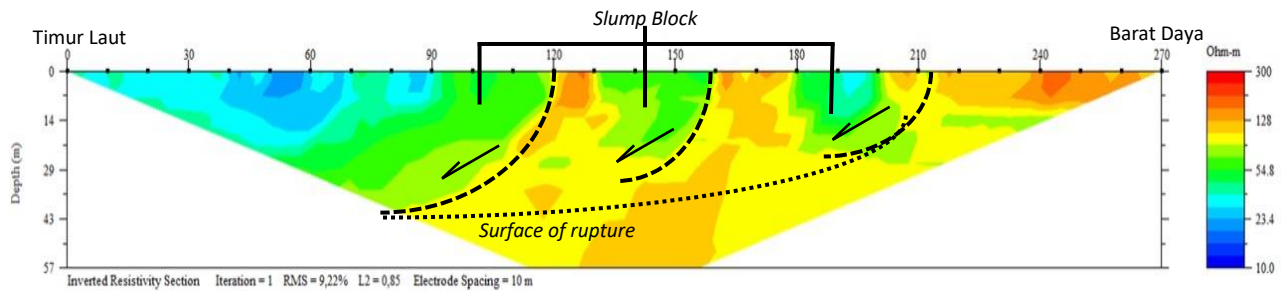
Profil Lintasan 2

Pada lintasan 2, pengukuran dilakukan dari arah timur laut hingga barat daya, melintasi fitur *sag pond* yang memotong lintasan 1 pada kedalaman 170 meter. Pengolahan dilakukan seperti pada lintasan 1, hasil inversinya memiliki nilai RMS error sebesar 9,22% (Gambar 6). Dari hasil pengukuran, nilai resistivitas batuan bawah permukaan pada lintasan 2 berkisar antara $10 \Omega\text{m}$ hingga $>300 \Omega\text{m}$ dan diklasifikasikan sebagai resistivitas rendah, sedang, dan tinggi.

Lapisan tanah bagian atas pada awal lintasan hingga jarak 120 meter dari arah timur laut ke barat daya di kedalaman ± 43 m menunjukkan nilai resistivitas rendah. Lapisan tanah memiliki nilai $16,7 \Omega\text{m}$ hingga $91,4 \Omega\text{m}$ dan ditunjukkan dengan warna biru tua hingga hijau muda (Gambar 6). Kandungan material dengan nilai resistivitas rendah diinterpretasikan sebagai endapan *sag pond*, yaitu material yang jenuh air dan mengisi cekungan tersebut. Penggunaan lahan sebagai area pertanian memperkuat interpretasi ini. Warga sekitar juga memanfaatkan cekungan tersebut sebagai daerah pertanian yang memerlukan sistem irigasi yang memadai, sehingga diinterpretasikan bahwa daerah ini tersusun dari material gunungapi muda yang tersusun atas tanah pasiran (Qyd) dan tuff (Qyt) yang gembur. Pada jarak 120 sampai 270 meter dari arah timur laut ke barat daya,

dengan kedalaman >50 m memiliki nilai resistivitas yang lebih tinggi, yaitu 91,4Ωm hingga 300 Ωm dan diduga berasal dari produk letusan gunungapi yang lebih tua (Qvu dan Qob), ditunjukkan dengan warna kuning sampai jingga (Gambar 6).

Kondisi permukaan tanah yang berbeda dengan lintasan 1 tersebut tentunya disebabkan oleh profil struktur pembentuk *sag pond* di wilayah ini. Daerah sepanjang 120 sampai 270 meter diduga merupakan merupakan *slump block* yang terdiri dari tiga bagian, blok ini berada dalam satu sistem *surface of rupture*. Longsor ini melibatkan blok material yang relatif koheren (tanah, batu, atau sedimen) yang bergerak meluncur menuruni lereng sepanjang permukaan lereng yang melengkung. Blok-blok tersebut terdapat pada lereng yang terbentuk oleh material longsor atau sedimen hasil pergerakan tanah longsor. Material penyusunnya lebih padat dibandingkan dengan material lapisan penyusun *sag pond*.



Gambar 6. Profil Lintasan 2, (dugaan patahan ditunjukkan dengan garis hitam putus-putus pada kedalaman ±29 m di 120m lintasan barat ke timur).

Nilai resistivitas yang diperoleh pada profil lintasan 2 (dua) seperti yang terlihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3. Nilai resistivitas lintasan 2.

No	Material	Nilai Resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Jarak Timur Laut ke Barat Daya (m)	Warna pada penampang
1.	Tanah berpasir (Qyd) dan tuf batu apung (Qyt)	10,0 – 91,4	1 s/d >43	0 s/d >43	0 - 120	Biru tua sampai kuning (lapisan biru dan hijau mendominasi)
			1 s/d ±29	0 s/d ±29	120 -160	Hijau mpai kuning (lapisan hijau dominan)
			1 s/d ±21	0 s/d ±21	160 - 210	Biru muda sampai kuning (lapisan hijau dominan)
2.	Hasil gunungapi yang lebih tua, (Qvu dan Qob)	91,4 -300	>36	±21 s/d >57	120 -270	Kuning sampai jingga tua (lapisan jingga dominan)

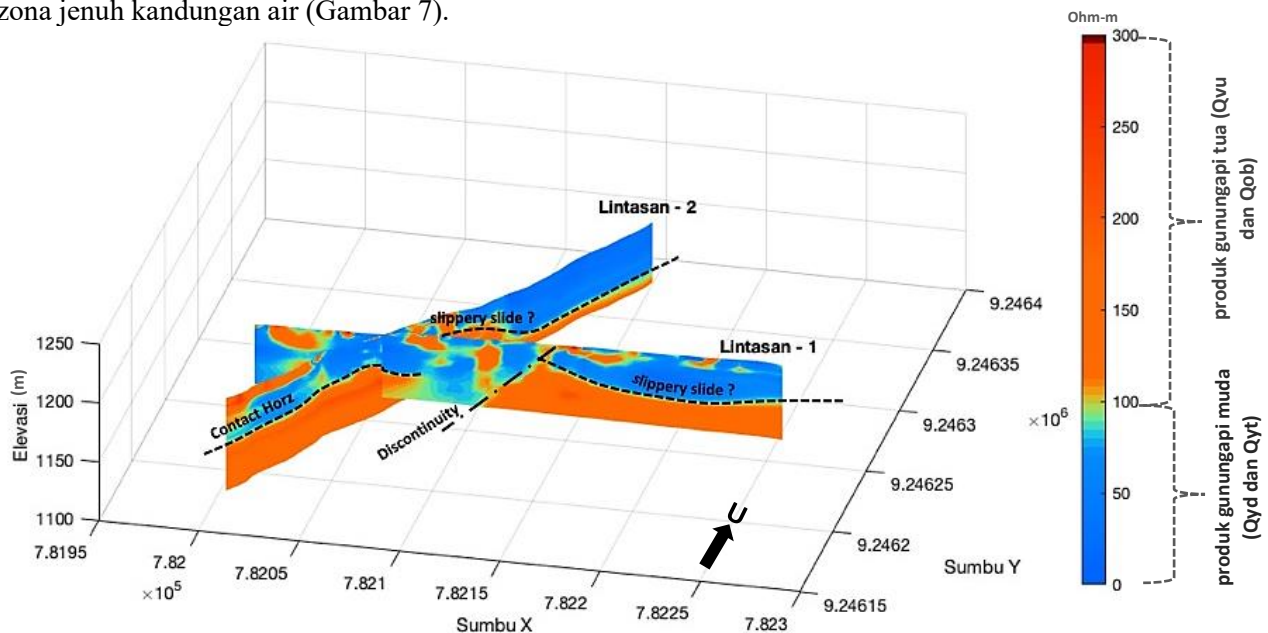
Indikasi Lapisan Hasil Longsor dan Bidang Patahan pada *Sag pond* Muril

Visualisasi pada Gambar 7 memperlihatkan hasil penggabungan dua lintasan geolistrik, yaitu Lintasan 1 dan Lintasan 2, yang dilengkapi dengan interpretasi dugaan kondisi geologi seperti zona "slippery slide" dan keberadaan "discontinuity". Skala warna yang ditampilkan pada visualisasi tiga dimensi mencerminkan nilai resistivitas gabungan dari kedua lintasan tersebut. Perubahan distribusi warna yang terlihat menunjukkan bahwa rentang warna harus disesuaikan dengan keseluruhan variasi nilai resistivitas dari kedua lintasan agar representasi data tetap akurat dan konsisten.

Asumsi yang didapatkan pada dua penampang menunjukkan nilai resistivitas tanah longsor dengan nilai resistivitas 31.25 - 214 Ωm, ditunjukkan dengan warna biru yang bercampur dengan warna jingga, tersebut merupakan bagian dari *slump block*. Blok longsor ini diduga merupakan hasil longsor yang terjadi karena dipicu oleh pergerakan sesar Lembang di kampung Muril pada tahun 2011. *Slump block* pada pengamatan merupakan massa tanah atau batuan yang bergerak sepanjang lereng utara kampung Muril melalui bidang gelincir berbentuk melengkung (*concave-up*) dengan pola rotasi ke belakang. Gerakan ini menyebabkan bagian atas massa longsor cenderung miring ke arah lereng asal, menciptakan undakan di bagian atas dan

tonjolan di bagian bawah yang dapat diamati pada penampang (Gambar 6). *Slump block* umumnya terjadi pada material yang lemah atau telah mengalami pelapukan, dalam hal ini penyusun tersebut sesuai dengan karakter produk gunungapi muda (Qyd dan Qyt), dan mekanisme pergerakannya memicu tipe longsor lain pada batas *surface of rupture/ slippery slide* (Gambar 7).

Pada lapisan atas sebagai massa longsor dan tingkat bawah diinterpretasikan sebagai substrat berbatu. Permukaan geser atau bidang sesar diperkirakan berada di sekitar meter ke ± 120 m, dengan bidang bagian barat yang cenderung turun dibandingkan dengan bidang bagian timur (Gambar 7). Profil sisi utara-timur laut menunjukkan kedalaman yang lebih besar, menunjukkan akumulasi material akibat longsor di bawah zona keruntuhan selatan-barat daya. Zona dengan nilai resistivitas rendah, ditunjukkan dengan warna biru, yaitu zona jenuh kandungan air (Gambar 7).



Gambar 7. Identifikasi bidang geser dari 2 (dua) profil lintasan yang bersilangan.

Nilai di atas 200 Ω m dikaitkan dengan material gunungapi yang menyusun wilayah ini, penyusun litologi berupa material dapat berupa bongkah dari lava dan piroklastik yang sudah bercampur dan membatu berasal dari produk letusan gunungapi yang lebih tua (Qvu dan Qob) (Palacky, 1987). Di sisi lain, nilai resistivitas yang lebih rendah <100 Ω m dapat dikaitkan dengan keberadaan pasir dan lempung, bagian dari produk gunung api muda berupa tuf pasir (Qyd) dan produk gunung api muda lainnya yang terdiri dari tuf apung (Qyt). Material ini ditemukan di dalam blok geser (atau *slump block*) yang dapat ditemui pada kedalaman ± 29 hingga kedalaman maksimum lebih dari ± 57 m. Permukaan geser rata-rata <214 Ω m dengan perubahan distribusi dan nilai resistivitas dengan peningkatan nilai resistivitas secara bertahap dari 31,25 menjadi 214 Ω m, nilai yang lebih besar dari 214 Ω m diasumsikan sesuai dengan kemungkinan material padat berbatu. Perbedaan dalam nilai resistivitas untuk permukaan geser disimpulkan dari karakteristik ini tidak menerus pada kedalaman yang konstan dan tidak ditunjukkan sepanjang profil. Dari data diduga ketebalan balok geser diperkirakan terdapat hingga kedalaman sekitar ± 29 m di zona tengah, menebal ke arah cekungan menjadi ± 43 m di bagian utara-timur laut. Bentuk permukaan yang cekung ke atas menunjukkan longsor tipe rotasi seperti yang didefinisikan dalam tipe dan proses longsor dengan bentuk permukaan longsor yang cekung ke atas (Cruden & Varnes, 1996).

PENUTUP

Simpulan dan Saran

Hasil pengukuran resistivitas dengan metode Wenner-Schlumberger pada dua lintasan di *sag pond* Muril menunjukkan adanya variasi litologi bawah permukaan yang berkaitan dengan proses longsor tipe rotasi. Lintasan 1 memperlihatkan perbedaan nilai resistivitas antara bagian timur dan barat yang menandakan perubahan litologi serta kemungkinan keberadaan bidang patahan, sedangkan lintasan 2 memperlihatkan

morfologi cekungan (*sag pond*) dan keberadaan *slump block* yang ditafsirkan sebagai hasil longsoran lama yang bergerak melalui bidang gelincir melengkung. *Slump block* ini tersusun atas material gunungapi muda yang jenuh air, dengan batas permukaan geser ditunjukkan oleh perubahan resistivitas dari rendah ke tinggi pada kedalaman ± 29 hingga ± 43 meter. Interpretasi menunjukkan bahwa longsor rotasi yang dipicu oleh aktivitas sesar Lembang pada 2011 membentuk struktur cekungan dan akumulasi material longsoran, dengan nilai resistivitas membantu mengidentifikasi karakter dan ketebalan blok longsoran di bawah permukaan berdasarkan hasil identifikasi lapisan bawah permukaan dan keberadaan patahan pada area *sag pond*.

Hasil pengukuran resistivitas dengan metode Wenner-Schlumberger dapat menilai kemungkinan terjadinya tanah longsor potensial. Metode ini mampu untuk menentukan kondisi bawah permukaan, serta variasi material yang menyusun komposisi lapisan tanah, termasuk kuantitas air dalam massa tanah longsor, distribusi stratigrafi, dan kondisi struktur bawah permukaan. Adanya patahan yang terpetakan dapat membantu memetakan wilayah potensi bahaya sehingga dapat meminimalisir resiko dan meningkatkan upaya mitigasi dengan tindakan pencegahan terhadap bencana yang mungkin terjadi di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliyan, S., Pamungkas, T., Susanto, K., & Ayesha, P. (2023). Pemetaan Daerah Potensi Longsor Menggunakan Analisis Fault Fracture Density Pada Data DEMNAS Di Wilayah Cisarua, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Bar. *urnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL) Vol. 7, No. 2*, 168-183.
- Bahri, A., Aripin, P., Hardyani, P., Hilyah, A., Purwanto, M., Fajar, M., & Denova. (2020). Aquifer analysis of Durensewu-Karangjati water source in Pandaan, Pasuruan using 2D resistivity method in identifying pollution of domestic waste. *IOP Pub*.
- BPBD. (2022). *Jumlah Kejadian Bencana Tanah Longsor Berdasarkan Kabupaten/Kota di Jawa Barat*. Diambil kembali dari <https://opendata.jabarprov.go.id/id/dataset/jumlah-kejadian-bencana-tanah-longsor-berdasarkan-kabupatenkota-di-jawa-barat>: Open Data Jabar
- Bronto, S., & Hartono, U. (2006). Potensi Sumber Daya Geologi di daerah Cekungan Bandung dan sekitarnya. *Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1, No. 1*, 9-18.
- CNN Indonesia. (2021). *Memori Satu Dasawarsa Gempa Sesar Lembang*. <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210412154856-199-628885/memori-satu-dasawarsa-gempa-sesar-lembang/3>: CNN Indonesia. Diambil kembali dari <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210412154856-199-628885/memori-satu-dasawarsa-gempa-sesar-lembang/3>
- Darsono, Nurlaksito, B., & Legowo, B. (2012). Identifikasi Bidang Gelincir Pemicu Bencana Tanah Longsor Dengan Metode Resistivitas 2 Dimensi Di Desa Pablengan Kecamatan Matesih Kabupaten Karanganyar. *Indonesian Journal of Applied Physics, 2(1)*, 57-66.
- Daryono, M., Natawidjaja, D., Sapiie, B., & Cummins, P. (2019). Earthquake Geology of the Lembang Fault, West Java, Indonesia. *Tectonophysics, Volume 751*, Pages 180-191, (S0040195118304268-.doi:10.1016/j.tecto.2018.12.014).
- Farhati, M., & Rosid, M. (2022). Identifikasi Bidang Gelincir dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis 2 Dimensi di Daerah Keranggan, Tangerang Selatan. *POSITRON, 12(1)*, 1-8.
- Fuadi, Z., Muhammad, M., & Yusa, M. (2020). Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan dan Bidang Gelincir Lereng Kelurahan Muara Lembu Metode Geolistrik. *Jurnal Teknik Sipil*, 56- 66.
- Fuenzalida, J., Descote, P.-Y., Gatica, G., Robledo, L., Villalobos, D., Carvajal, S., . . . Xie, W. (2023). Morphostructure of Landslide: Characterization Through Electrical Resistivity Tomography (ERT). Dalam *Recent Research on Environmental Earth Sciences, Geomorphology, Soil Science, Paleoclimate, and Karst* (hal. DOI: 10.1007/978-3-031-42917-0_35). Springer.
- Hidayat, E. (2010). Analisis morfotektonik sesar lembang, Jawa Barat." . *Widyaiset, 13(2)*, 83-92.

- Jamaluddin, & Umar, E. (2018). Identification of subsurface layer with Wenner-Schlumberger arrays configuration geoelectrical method. IOP Conference Series Earth and Environmental Science 118(1):012006. DOI: 10.1088/1755-1315/118/1/012006.
- Lismalini, Akmam, & Sudiar, N. (2014). Penyelidikan Bidang Gelincir Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Desa Kampung Manggis Kecamatan Padang Panjang Barat. *Pillar of Physics*, 1, 25-32.
- Looke, M. (1999). Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. *A practical guide to 2-D and 3-D surveys*, 66.
- Meilano, I., Abidin, H., Andreas, H., Gumilar, I., Sarsito, D., Hanifa, R., & Fukuda. (2012). Slip rate estimation of the Lembang Fault West Java from geodetic observation. *Journal of Disaster Research*, 7(1), 12-18.
- Nurtyawan, R., & Sigiro, R. (2024). Lembang Fault Deformation Study Using Sentinel-1A Image with Ps-Insar Method. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi* 5(6), 2971-2979.
- Pamungkas, T. D., Aliyan, S. A., Nurfalah, I., Ningrum, E., & Maryani, E. (2023). Preparedness of the community in facing disasters like earthquakes (Case: Cisarua, Indonesia). *Jambá - Journal of Disaster Risk Studies*, 15(1):1438.
- Pamungkas, T. D., Aliyan, S. A., Somatri, L., & Firdaus, R. A. (2024). Determination of Physical and Social Vulnerability Zones in Cisarua District, West Bandung Regency, Using Remote Sensing and Geographical Information Systems. *Jurnal Geografi Gea*, Volume 24 Issue 1, Hal 56-63.
- PUSGEN. (2017). *Earthquake source and hazard map of Indonesia*. Bandung: Indonesia National Center for Earthquake Studies, Research and Development Agency of Ministry of Public Work and Housing, 978-602-5489-01-3.
- Rasmid. (2014). AKTIVITAS SESAR LEMBANG DI UTARA CEKUNGAN BANDUNG. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol 15(No 2), 129-136.
- Silitonga, P. (1973). *Peta Geologi Lembar Bandung, Jawa*. Bandung: Direktorat Geologi.
- Taufiqurrohman, R., Nugraha, D., & Bahri., A. (2017). Aplikasi Geolistrik 2D Untuk Identifikasi Bidang Gelincir Studi Kasus Daerah Lereng Nglajo, Cepu. *Jurnal Geosaintek*.
- Telford, W., & Geldart, L. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge Upress.
- Tjia, H. (1968). *The Lembang Fault, West Java: Geologie En Mijnbouw* (v. 47 (2), p. 126-130. ed.).
- Utama, W., Pandugya, J., Rochman, N., & Agustin, A. (2016). Identifikasi Letak dan Kedalaman Cracks pada Bidang Longsor Menggunakan Metode Resistivitas 2D Konfigurasi Wenner-Schlumberger Studi Kasus Kecamatan Selorejo, Blitar. *Geosaintek*.
- Wakhidah, N., Khumaedi, & Dwijananti, P. (2014). Identifikasi Pergerakan Tanah Dengan Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Deliksari Gunung Pati Semarang. *Unnes Physics Journal*, 3(1).