

Deteksi Potensi Keberadaan Air Bawah Permukaan Sebagai Rujukan Zona Rawan Longsor Menggunakan Metode Geolistrik di Desa Kupa, Grabag, Magelang

Tissia Ayu Algary*, Ilham Nurdien

¹ Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Indonesia

²Kementerian ESDM, Indonesia

Email: tissiaayu@upnyk.ac.id*

Abstrak

Desa Kupa, Kecamatan Grabag, Kabupaten Magelang merupakan wilayah dengan kondisi geologi dan topografi yang rawan terhadap gerakan tanah. Salah satu faktor utama pemicu longsor di daerah tersebut adalah keberadaan lapisan jenuh air di bawah permukaan yang dapat berperan sebagai bidang gelincir. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mendeteksi potensi keberadaan air bawah permukaan sebagai dasar identifikasi zona rawan bencana longsor. Penelitian menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi dipole–dipole, memanfaatkan alat resistivitymeter Syscall Pro 48 Channel. Pengukuran dilakukan pada dua lintasan yang saling berpotongan, yaitu lintasan horizontal sepanjang 480 meter dengan enam level kedalaman dan lintasan vertikal sepanjang 220 meter dengan tiga level kedalaman. Injeksi arus dilakukan selama 300 ms dengan tegangan maksimum 800 Volt. Hasil pengolahan dan interpretasi data menunjukkan adanya beberapa lapisan utama. Lapisan atas berupa tanah lempung (soil) dengan ketebalan 30–40 meter, namun kondisi litologi ini tidak homogen dan kurang kompak, sehingga rentan terhadap longsor. Di bawahnya, teridentifikasi lapisan jenuh air dengan ketebalan bervariasi antara 10–50 meter pada kedalaman 40–80 meter, yang berperan sebagai bidang gelincir potensial. Pada lintasan horizontal, ditemukan pula anomali resistivitas tinggi pada sekitar meter ke-240 yang diduga berupa batuan masif berukuran $\pm 40 \times 10$ meter pada kedalaman 5–6 meter. Keberadaan lapisan jenuh air tersebut mengindikasikan adanya zona dengan potensi longsor tinggi, terutama saat musim penghujan.

Kata Kunci: geolistrik, resistivitas, air bawah permukaan, longsor, Magelang

Abstract

Kupa Village, Grabag Sub-district, Magelang Regency is an area with geological and topographical conditions prone to landslides. One of the main triggering factors of slope instability in this region is the presence of subsurface saturated layers that may act as slip planes. Therefore, this study was conducted to detect the potential presence of groundwater as a basis for identifying landslide-prone zones. The research employed the electrical resistivity method with a dipole–dipole configuration, using a Syscall Pro 48 Channel resistivitymeter. Measurements were carried out along two intersecting survey lines: a horizontal line of 480 meters with six depth levels, and a vertical line of 220 meters with three depth levels. Current injection was applied for 300 ms with a maximum voltage of 800 Volts. The results of data processing and interpretation revealed several subsurface layers. The upper layer consists of clayey soil with a thickness of about 30–40 meters, which is heterogeneous and poorly compacted, making it vulnerable to slope failure. Beneath this, a saturated layer was identified with variable thickness ranging from 10–50 meters at depths of 40–80 meters, serving as a potential slip surface. Along the horizontal line, a high-resistivity anomaly was also detected around the 240-meter mark, interpreted as a massive rock body measuring approximately 40×10 meters at a depth of 5–6 meters. The presence of these saturated layers indicates a high potential for landslides, particularly during the rainy season.

Keywords: geoelectrical, resistivity, groundwater, landslide, Magelang.



PENDAHULUAN

Bencana tanah longsor merupakan salah satu jenis bencana alam yang kerap terjadi di Indonesia, terutama pada wilayah dengan morfologi curam, curah hujan tinggi, dan kondisi geologi yang kompleks (BNPB, 2021; Karnawati, 2005). Longsor sering dikategorikan sebagai bencana hidrometeorologi karena erat kaitannya dengan faktor iklim dan kondisi geoteknik lereng (Daud et al., 2025). Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan bahwa kejadian tanah longsor menempati proporsi cukup besar dalam bencana

permukaan menjadi penting dalam memahami mekanisme longsor sekaligus untuk menentukan zona rawan (Dai et al., 2002; Bogaard & Greco, 2016).

Metode geofisika, khususnya geolistrik resistivitas, telah banyak digunakan dalam studi longsor untuk mendeteksi kondisi litologi bawah permukaan, keberadaan lapisan jenuh air, dan bidang gelincir potensial (Loke, 2004; Chambers et al., 2011; Perrone et al., 2014). Metode ini bekerja dengan cara menginjeksikan arus listrik ke tanah melalui elektroda dan merekam perbedaan potensial yang muncul untuk kemudian diinterpretasikan dalam bentuk distribusi resistivitas bawah permukaan (Reynolds, 2011).



Gambar 2. Resistivitymeter Syscal Pro 48 channel

Sumber: Dokumentasi lapangan penulis, 2025

Dengan menggunakan konfigurasi elektroda tertentu, metode ini dapat memberikan gambaran distribusi resistivitas bawah permukaan secara 2D yang kemudian diinterpretasikan menjadi informasi tentang kondisi litologi, zona jenuh air, serta kemungkinan bidang gelincir (Chambers et al., 2014; Uhlemann et al., 2015). Konfigurasi dipole–dipole dipilih karena memiliki resolusi lateral yang baik dan mampu mendeteksi anomali jenuh air secara detail (Loke, 2004; Jongmans & Garambois, 2007).

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan spasial yang presisi melalui investigasi geolistrik konfigurasi dipole–dipole pada dua lintasan yang saling berpotongan di lokasi spesifik Desa Kupa, yang belum pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini mengintegrasikan data geofisika resolusi tinggi dengan validasi lapangan terkait kondisi topografi dan litologi, serta secara eksplisit menganalisis pengaruh variasi musiman terhadap keberadaan air bawah permukaan sebagai pemicu longsor. Selain itu, penelitian ini menghubungkan secara langsung temuan zona jenuh air dengan posisi existing Early Warning System (EWS) untuk memberikan rekomendasi mitigasi yang lebih terarah dan aplikatif.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi potensi keberadaan air bawah permukaan di Desa Kupa, Kecamatan Grabag, Kabupaten Magelang menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi dipole–dipole. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rujukan awal dalam identifikasi zona rawan longsor sekaligus sebagai dasar perencanaan strategi mitigasi bencana berbasis kondisi geologi dan hidrogeologi di wilayah penelitian (Hadmoko et al., 2017; Fathani et al., 2016).

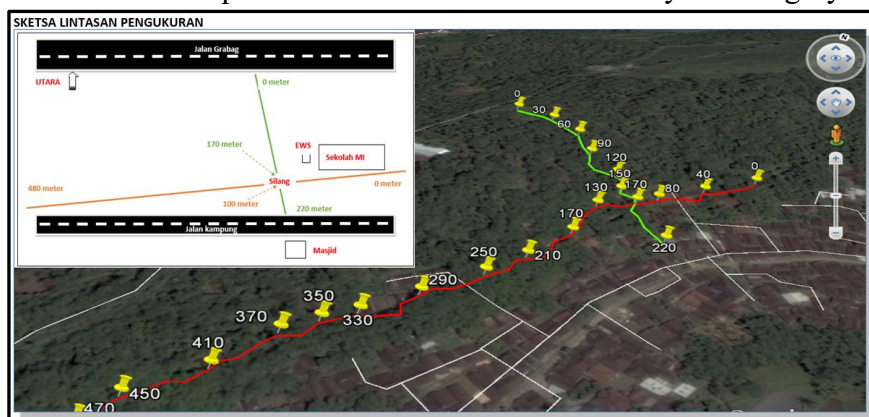
METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan Resistivitymeter Syscal Pro 48 Channel dengan konfigurasi dipole–dipole. Spasi antar elektroda yang digunakan adalah 10 meter dengan injeksi arus maksimum 800 Volt dan lama injeksi 300 ms untuk setiap titik pengukuran. Alat ini dipilih

karena memiliki sensitivitas tinggi terhadap variasi resistivitas bawah permukaan dan mampu melakukan akuisisi data multi-channel sehingga efisien dalam survei lapangan (Chambers et al., 2014; Uhlemann et al., 2015).

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Kupa, Kecamatan Grabag, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Wilayah penelitian terletak pada zona dengan morfologi lereng curam yang tersusun oleh material vulkanik muda hasil aktivitas Gunung Merapi dan Gunung Sumbing. Kondisi topografi berkisar antara elevasi 630–690 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan lereng mencapai $\pm 30^\circ$. Daerah ini dikenal sebagai salah satu kawasan rawan bencana tanah longsor (PVMBG, 2019; BNPB, 2021).

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang bekerja dengan cara menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda arus, kemudian mengukur beda potensial yang ditangkap oleh elektroda potensial. Variasi resistivitas bawah permukaan diperoleh dari perhitungan hukum Ohm dan interpretasi distribusi arus listrik dalam medium batuan. Nilai resistivitas dipengaruhi oleh litologi, porositas, dan kandungan air tanah (Reynolds, 2011; Loke et al., 2013). Konfigurasi dipole–dipole digunakan karena memiliki resolusi lateral yang baik dan sensitif terhadap keberadaan anomali jenuh air serta struktur bidang gelincir pada zona dangkal (Jongmans & Garambois, 2007; Perrone et al., 2014). Dalam penelitian ini, dilakukan dua lintasan yang saling berpotongan, yaitu lintasan horizontal sepanjang 480 meter (orientasi timur–barat) dengan enam level kedalaman, serta lintasan vertikal sepanjang 220 meter (orientasi utara–selatan) dengan tiga level kedalaman. Titik potong kedua lintasan berada pada koordinat sekitar stasiun Early Warning System (EWS).



Gambar 3. Sketsa Lintasan Pengukuran

Sumber: Google earth dengan modifikasi

Akuisisi data dilakukan dengan menanam elektroda pada interval spasi 10 meter. Setiap elektroda dihubungkan dengan kabel multi-core yang tersambung pada resistivitymeter. Arus listrik kemudian diinjeksikan dan respon potensial diukur untuk menghasilkan data tahanan jenis semu (apparent resistivity). Data lapangan diperoleh dalam bentuk raw data resistivitas, yang selanjutnya diproses menggunakan perangkat lunak RES2DINV untuk menghasilkan penampang 2D resistivitas bawah permukaan (Loke, 2004; Chambers et al., 2014).

Hasil inversi resistivitas kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi litologi bawah permukaan, distribusi lapisan jenuh air, dan potensi bidang gelincir. Interpretasi dilakukan dengan membandingkan nilai resistivitas yang diperoleh dengan referensi nilai resistivitas material geologi (Palacky, 1987; Loke et al., 2013). Selanjutnya, hasil interpretasi digunakan

untuk menentukan zona berpotensi longsor. Validasi interpretasi dilakukan dengan mengacu pada kondisi topografi dan data lapangan berupa litologi permukaan.

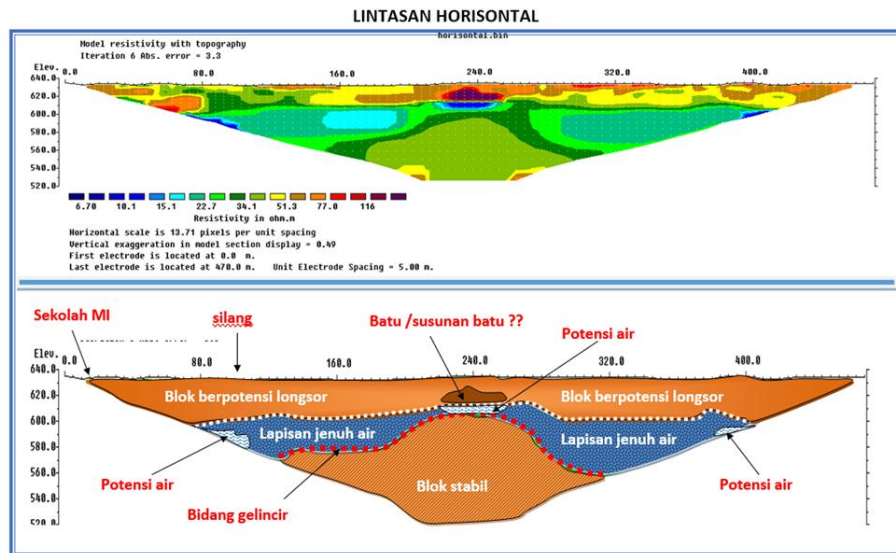
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil inversi resistivitas menunjukkan adanya perbedaan lapisan bawah permukaan yang cukup jelas, berikut penjelasan untuk masing-masing lintasan:

Untuk Lintasan horizontal:

1. Panjang lintasan : 480 Meter
2. Orientasi lintasan: Relative Timur-Barat (titik nol disekitar sekolah MI) mengikuti jalan setapak
3. Titik silang: meter ke 100
4. Litologi Permukaan: Soil (tanah liat)
5. Elevasi: Relative datar dengan elevasi rata-rata 640 meter

Hasil pengukuran menunjukkan adanya 3 perlapisan utama, lapisan pertama (paling atas) merupakan lapisan berupa soil yang bertekstur lempung (tanah liat) dengan ketebalan rata-rata sekitar 40 meter yang melampar disepanjang lintasan, lapisan ini tidak semuanya kompak, hal ini terlihat dari tidak konsistennya nilai resistivitas pada lapisan ini sehingga dimungkinkan lapisan ini telah rusak dan tidak terikat menjadi satu sehingga berpotensi untuk dilongsorkan, hal ini didukung dengan kenampakan lapisan jenuh air yang berada di bawahnya, litologi batuanannya kurang lebih sama dengan lapisan pertama, namun kandungan airnya lebih banyak/lebih jenuh pada lapisan kedua, lapisan jenuh air ini cukup tebal dengan ketebalan rata-rata mencapai 10 s/d 40 meter yang melampar disepanjang lintasan dan menumpang pada bidang gelincir pada kedalaman sekitar 40 s/d 80 meter. Keberadaan lapisan jenuh air serta adanya bidang gelincir dapat menyebabkan ketidakstabilan lapisan pertama, sehingga berpotensi untuk longsor. Potensi keberadaan air juga terlihat pada tiga tempat pada kedalaman 40 s/d 50 meter dengan bentuk seperti channel, terlihat juga anomali yang cukup menarik pada meter ke 240 terlihat adanya anomali resistivitas tinggi yang mengindikasikan keberadaan suatu batuan berukuran besar atau mungkin juga susunan batuan dengan densitas yang cukup tinggi dan bersifat masif melampar dengan lebar sekitar 40 meter dengan tebal sekitar 10 meter pada kedalaman sekitar 5 s/d 6 meter. Keberadaan zona yang berpotensi air pada lintasan ini tidak menjamin akan konsisten sepanjang musim, karena mengingat pengukuran dilakukan pada puncak musim penghujan, sehingga diperlukan pengecekan/pengukuran ulang pada musim kemarau untuk memastikan kekonsistenan keberadaan potensi air pada titik tersebut.



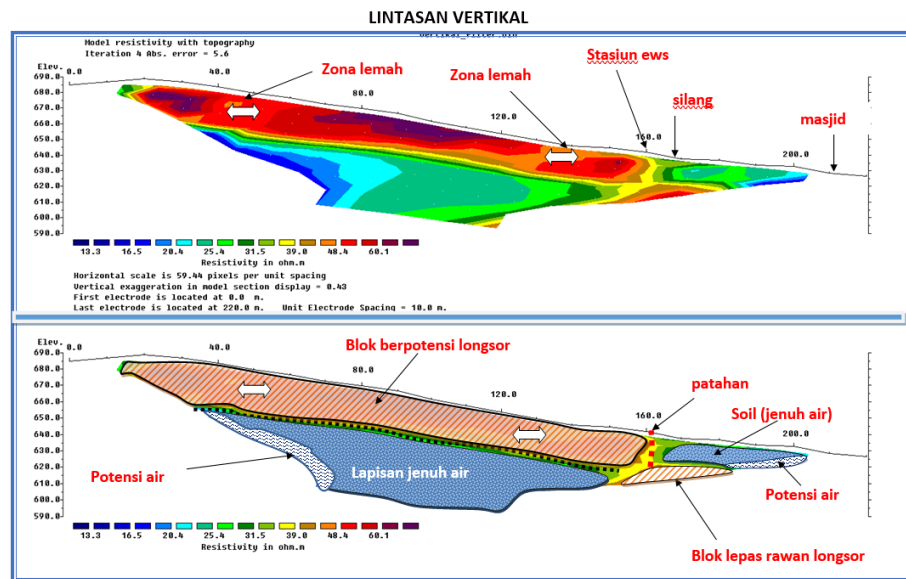
Gambar 4. Hasil Pengolahan dan Interpretasi Data di Lintasan Horizontal

Sumber: Hasil olahan perangkat lunak RES2DINV (Loke, 2004)

Untuk Lintasan vertikal:

1. Panjang lintasan : 220 Meter
2. Orientasi lintasan: Relative Utara-Selatan (titik nol di sebelah jalan raya) mengikuti jalan setapak
3. Titik silang: meter ke 170
4. Litologi Permukaan: Soil (tanah liat)
5. Elevasi: Variasi elevasi dari 630-690 meter dengan kemiringan sekitar 30 derajat

Hasil pengukuran menunjukkan adanya dua perlapisan utama, lapisan pertama merupakan lapisan soil dengan ketebalan rata-rata sekitar 30 meter, lapisan ini terpotong oleh semacam struktur pada meter ke 170 (sekitar 10 meter sebelah selatan EWS) , hal ini terlihat terpotongnya klosur anomali lapisan pertama pada meter tersebut dengan gap vertikal (amblesan) sekitar 40 meter. Lapisan pertama ini juga tidak semuanya homogen dan terkompaksi menjadi satu, hal ini terlihat pada sekitar meter ke 50 dan 150 yang menunjukkan adanya semacam tarikan yang menyebabkan tidak konsistennya nilai resistivitas pada lapisan ini sehingga akan menambah resiko atau potensi longsor pada lapisan tersebut. Lapisan pertama menumpang pada suatu lapisan yang jenuh air dengan ketebalan sekitar 50 meter, lapisan ini dimungkinkan memiliki litologi yang hampir sama dengan lapisan pertama, yang membedakannya hanyalah kandungan air pada lapisan kedua relatif lebih besar daripada lapisan pertama. Selain itu juga terdeteksi adanya potensi air pada kedalaman 20 s/d 40 meter pada sebelah barat lintasan dan pada kedalaman 5 s/d 10 meter. Keberadaan zona yang berpotensi air pada lintasan ini tidak menjamin akan konsisten sepanjang musim, karena mengingat pengukuran dilakukan pada puncak musim penghujan, sehingga diperlukan pengecekan/pengukuran ulang pada musim kemarau untuk memastikan kekonsistenan keberadaan potensi air pada titik tersebut.



Gambar 5. Hasil Pengolahan dan Interpretasi Data di Lintasan Vertikal

Sumber: Hasil olahan perangkat lunak RES2DINV (Loke, 2004)

Keberadaan lapisan resistivitas rendah pada kedua lintasan memperkuat indikasi adanya air bawah permukaan yang signifikan. Air ini berpotensi melemahkan kekuatan geser lapisan tanah, meningkatkan tekanan air pori, dan membentuk bidang gelincir (Sidle & Ochiai, 2006; Rahardjo et al., 2019).

Zona jenuh air yang teridentifikasi berasosiasi dengan kondisi topografi berupa cekungan, sehingga akumulasi air hujan lebih intensif terjadi di lokasi tersebut. Hal ini konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan hubungan erat antara akumulasi air tanah dangkal dan potensi longsor (Jongmans & Garambois, 2007; Uhlemann et al., 2015).

Implikasi praktis dari hasil penelitian ini adalah bahwa area persilangan lintasan, terutama pada bagian tengah dan selatan, dapat dikategorikan sebagai zona rawan longsor. Oleh karena itu, intervensi mitigasi seperti perbaikan drainase lereng, vegetasi berakar kuat, serta pembatasan pembangunan pada area rawan menjadi penting (BNPB, 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survei geolistrik resistivitas dengan konfigurasi dipole–dipole di Desa Kupa, Kecamatan Grabag, Kabupaten Magelang, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama: Penampang resistivitas bawah permukaan menunjukkan adanya tiga lapisan geologi utama, yaitu: Lapisan soil (tanah pelapukan) dengan resistivitas 20–150 Ωm pada kedalaman 0–30 m. Lapisan jenuh air dengan resistivitas rendah ($<50 \Omega\text{m}$) pada kedalaman 20–80 m. Lapisan batuan dasar dengan resistivitas tinggi ($>200 \Omega\text{m}$). Zona jenuh air teridentifikasi dominan pada bagian tengah lintasan horizontal dan sisi selatan lintasan vertikal, yang berpotensi menjadi bidang gelincir akibat peningkatan tekanan pori dan penurunan kekuatan geser. Area dengan resistivitas rendah yang berasosiasi dengan akumulasi air dan morfologi cekungan dapat dikategorikan sebagai zona rawan longsor. Berdasarkan hasil interpretasi data, diberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut: Diperlukan pengukuran geolistrik lanjutan pada musim kemarau untuk memverifikasi konsistensi zona jenuh air yang teridentifikasi pada musim hujan. Pemasangan sistem peringatan dini (Early Warning

System/EWS) direkomendasikan pada area dengan resistivitas rendah yang menunjukkan indikasi akumulasi air signifikan. Upaya mitigasi harus mencakup pendekatan struktural dan vegetatif, seperti pembangunan drainase lereng, penggunaan vegetasi berakar kuat, serta pembatasan aktivitas pembangunan pada zona rawan. Kajian lanjutan dengan metode geofisika lain (Ground Penetrating Radar, seismik refraksi) serta analisis geoteknik diperlukan untuk memperkuat interpretasi bidang gelincir dan mendukung perencanaan mitigasi bencana secara terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

- BNPB. (2020). Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI). Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BNPB. (2021). Laporan Tahunan Bencana Indonesia. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Bogaard, T. A., & Greco, R. (2016). Landslide hydrology: from hydrology to pore pressure. *Earth-Science Reviews*, 163, 338–359.
- Chambers, J. E., Wilkinson, P. B., Uhlemann, S. S., Sorensen, J. P. R., Roberts, C., Newell, A. J., ... & Meldrum, P. I. (2014). Derivation of lowland riparian wetland deposit architecture using geoelectrical image analysis. *Water Resources Research*, 50(6), 5886–5909.
- Collins, B. D., & Znidarcic, D. (2004). Stability analyses of rainfall induced landslides. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 130(4), 362–372.
- Dai, F. C., Lee, C. F., & Ngai, Y. Y. (2002). Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology*, 64(1), 65–87.
- Daud, A. Y., Syafri, S., & Jaya, B. (2025). Analisis Mitigasi Bencana Tanah Longsor Di Kecamatan Kalukku Kabupaten Mamuju. *Urban and Regional Studies Journal*, 7(2), 190–203.
- Fathani, T. F., Karnawati, D., & Wilopo, W. (2016). An integrated methodology to develop a standard for landslide early warning system. *Landslides*, 13(4), 771–783.
- Hadmoko, D. S., Lavigne, F., Sartohadi, J., Hadi, P., & Wassmer, P. (2017). Landslide hazard and risk assessment and their application in risk management and land-use planning in Java, Indonesia. *Natural Hazards*, 86(1), 1–21.
- Iverson, R. M. (2000). Landslide triggering by rain infiltration. *Water Resources Research*, 36(7), 1897–1910.
- Jongmans, D., & Garambois, S. (2007). Geophysical investigation of landslides: a review. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 178(2), 101–112.
- Karnawati, D. (2005). *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Karnawati, D., Fathani, T. F., & Wilopo, W. (2019). Advances in landslide early warning systems in Indonesia. *Geoenvironmental Disasters*, 6(1), 1–12.
- Liao, H. W., Lee, C. T., & Tsai, L. L. (2010). Landslide hazard and risk assessment of rainfall-induced landslides in Taiwan. *Engineering Geology*, 114(1-2), 62–72.
- Loke, M. H. (2004). Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Geotomo Software.
- Loke, M. H., Chambers, J. E., Rucker, D. F., Kuras, O., & Wilkinson, P. B. (2013). Recent developments in the direct-current geoelectrical imaging method. *Journal of Applied Geophysics*, 95, 135–156.
- Palacky, G. J. (1987). Resistivity characteristics of geologic targets. In Nabighian, M. N. (Ed.), *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics* (pp. 53–129). Society of Exploration Geophysicists.

- Perrone, A., Lapenna, V., & Piscitelli, S. (2014). Electrical resistivity tomography technique for landslide investigation: A review. *Earth-Science Reviews*, 135, 65–82.
- PVMBG. (2019). Peta Rawan Gerakan Tanah Kabupaten Magelang. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Rahardjo, H., Ong, T. H., Rezaur, R. B., & Leong, E. C. (2007). Factors controlling instability of homogeneous soil slopes under rainfall. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 133(12), 1532–1543.
- Rahardjo, H., Santoso, V. A., & Nistor, M. (2019). Stability of residual soil slopes under rainfall. *Géotechnique*, 69(5), 408–421.
- Reynolds, J. M. (2011). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Sidle, R. C., & Ochiai, H. (2006). *Landslides: Processes, Prediction, and Land Use*. American Geophysical Union.
- Sudarmadji, Purwanto, & Haryono, E. (2011). Karakteristik tanah vulkanik dan kerentanannya terhadap longsor. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 2(3), 155–166.
- Uhlemann, S., Wilkinson, P. B., Maurer, H., Chambers, J. E., & Meldrum, P. I. (2015). Optimized survey design for electrical resistivity tomography: combined optimization of measurements and electrode configurations. *Geophysical Journal International*, 203(1), 317–330.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).