

Identifikasi Litologi Area Rawan Longsor di Desa Clapar-Banjarnegara menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi *Schlumberger*

Muhardi^{✉1}, Wahyudi²

¹Program Studi Geofisika FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak

²Program Studi Geofisika FMIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima:

10 Oktober 2019

Disetujui:

23 Desember 2019

Dipublikasikan:

27 Desember 2019

Keywords:

Lithology, Clapar

Landslides,

Geoelectrical

Resistivity,

Schlumberger

Configuration

ABSTRAK

Desa Clapar Kecamatan Madukara Kabupaten Banjarnegara merupakan salah satu daerah di Provinsi Jawa Tengah yang rawan terhadap bencana longsor. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sebaran nilai resistivitas batuan bawah permukaan secara vertikal. Sebaran nilai resistivitas batuan akan dijadikan acuan dalam mengidentifikasi litologi bawah permukaan di area rawan longsor Desa Clapar. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi Schlumberger. Pengukuran dilakukan pada lima lokasi dengan jarak bentangan masing-masing sejauh 200 m. Hasil penelitian mengidentifikasi sebaran resistivitas batuan bawah permukaan secara vertikal sampai kedalaman 58 m, dengan nilai 0,71 Ωm hingga 717,78 Ωm . Litologi bawah permukaan area rawan longsor Desa Clapar berupa tanah penutup, pasir lempungan, lempung, batupasir, dan breksi.

ABSTRACT

Clapar Village, Madukara, Banjarnegara is one of the areas in Central Java Province that are prone to landslides. The aim of this research was to identify the distribution of subsurface rock resistivity vertically. Distribution of rock resistivity will be used as a reference to identify the subsurface lithology in landslide prone areas of Clapar Village. This research using the geoelectrical resistivity method of Schlumberger configuration. Measurements were conducted in five locations having a length of 200 m each. The research results identified the distribution of subsurface rock resistivity vertically to a depth of 58 m, having a value of 0.71 Ωm to 717.78 Ωm . The Subsurface lithology in landslide prone areas of Clapar Village are topsoil, clay sand, clay, sandstone, and breccia.

PENDAHULUAN

Kabupaten Banjarnegara merupakan daerah yang memiliki topografi berupa perbukitan hingga pegunungan. Bagian Utara merupakan daerah pegunungan Serayu Utara dengan relief yang bergelombang dan curam, bagian tengah berada pada kawasan lembah sungai Serayu dengan relief yang relatif datar, sedangkan bagian Selatan merupakan daerah pegunungan Serayu Selatan dengan relief yang relatif curam. Kawasan lembah sungai Serayu yang membentuk suatu dataran merupakan daerah yang relatif stabil terhadap gerakan tanah, sedangkan pada daerah pegunungan Serayu Utara dan pegunungan Serayu Selatan merupakan daerah yang labil terhadap gerakan tanah. Kondisi relief yang bergelombang ini dapat menyebabkan daerah ini rawan terhadap bencana longsor apabila disertai curah hujan yang tinggi (Raharjo dkk., 2019). Curah hujan di Kabupaten Banjarnegara tergolong cukup tinggi yaitu rata-rata 3.000 mm/tahun (Badan Pusat Statistik, 2015).

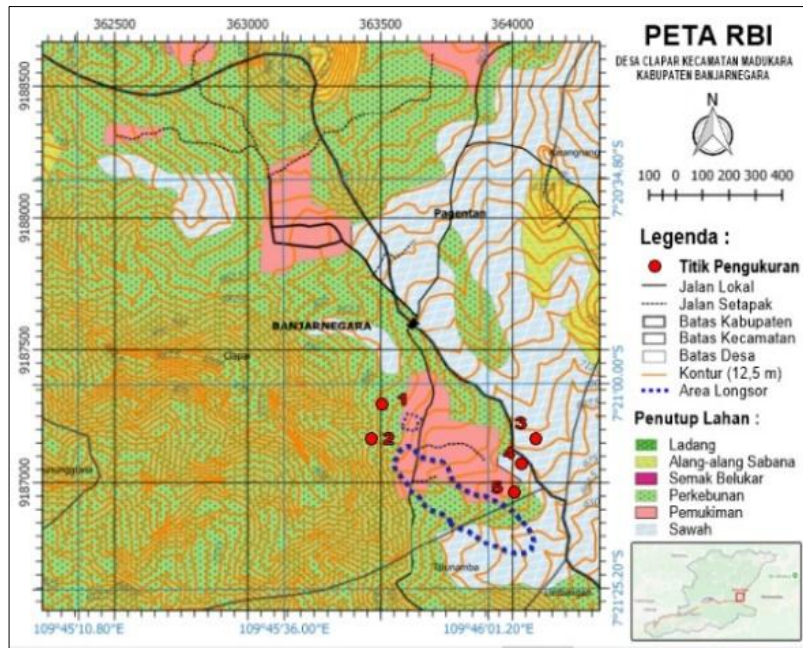
Salah satu daerah yang biasanya terjadi longsor di Kabupaten Banjarnegara adalah Desa Clapar. Area yang rawan terhadap bencana longsor di Desa Clapar merupakan lereng perbukitan yang memiliki tingkat kemiringan cukup tinggi dan sebagian besar dijadikan area perkebunan oleh masyarakat setempat, sehingga mengurangi stabilitas lereng (Raharjo dkk., 2019). Jika terjadi curah hujan yang tinggi, lereng perbukitan ini akan berisiko mengalami longsor (Hidayat dan Zahro, 2018). Pada tahun 2016, longsor terjadi di area pemukiman dan memiliki tipe berupa aliran tanah (*earthflows*) karena pergerakan material longsor mengalir menyerupai pergerakan fluida. Sedangkan pada tahun 2017, longsor terjadi di area lereng perbukitan dan memiliki tipe longsor translasi (*translational slide*). Kedua longsor ini telah berdampak langsung pada kerusakan perumahan, lahan perkebunan, serta fasilitas umum seperti jalan, sekolah, dan rumah ibadah.

Mekanisme pergerakan longsor dikontrol oleh faktor internal dan eksternal (Darsono dkk., 2012). Faktor internal berhubungan dengan litologi batuan (Misbahuddin dkk., 2017), penyusun lereng (Sutasoma dkk., 2017), kemiringan lereng (Misbahuddin dkk., 2017), bidang gelincir (Darsono dkk., 2012), dan struktur geologi (Dewi dkk., 2017). Sedangkan faktor eksternal atau faktor pemicu longsor berhubungan dengan curah hujan (Hidayat dan Zahro, 2018), vegetasi penutup lereng (Misbahuddin dkk., 2017), dan getaran akibat gempa bumi (Fransiska dkk., 2017). Longsor dapat terjadi ketika lereng mempunyai gaya pendorong (gaya penarik) lebih besar dibandingkan dengan gaya penahan (Pangemanan, 2014). Gaya pendorong (gaya penarik) dipengaruhi oleh kemiringan lereng, kandungan air, dan beban tanah, sedangkan gaya penahan dipengaruhi oleh kepadatan dan kekuatan tanah.

Faktor pengontrol longsor terutama litologi bawah permukaan sangat penting untuk diselidiki sebagai upaya mitigasi bencana longsor di Desa Clapar. Upaya ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik longsor di daerah penelitian agar kerugian yang lebih besar dapat dihindari. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi litologi di Desa Clapar menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang sudah diakui secara luas untuk meneliti longsor, dan dinilai efektif untuk meneliti longsor berupa batuan (*rock slides*), tanah (*soil slides*), dan endapan lempung (*quick clay*) (Ling dkk., 2016). Metode ini memanfaatkan sebaran nilai resistivitas untuk mendeskripsikan litologi bawah permukaan (Syamsurizal dkk., 2013).

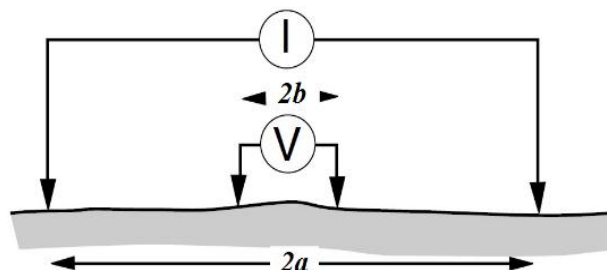
METODE

Penelitian dilakukan di Desa Clapar Kecamatan Madukara Kabupaten Banjarnegara. Lokasi penelitian difokuskan pada area rawan longsor, yaitu di sekitar area yang telah mengalami longsor pada tahun 2016 dan 2017. Pengambilan data dilakukan pada lima titik pengukuran dengan desain seperti pada Gambar 1.



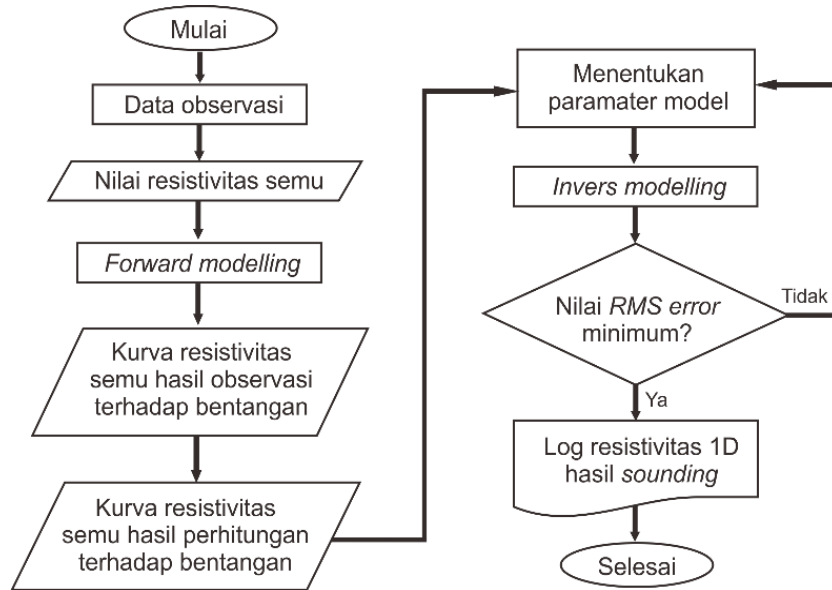
Gambar 1. Desain penelitian

Akuisisi data di lapangan dilakukan dengan memasang dua buah elektroda potensial (P_1 dan P_2) dengan spasi $2b$ dipasang di antara dua buah elektroda arus (C_1 dan C_2) dengan spasi $2a$ seperti yang ditunjukkan ilustrasi pada Gambar 2. Pada setiap pengambilan data, variasi jarak elektroda arus dilakukan sebanyak 20 kali, mulai dari bentangan 2 meter hingga sejauh 200 meter ($a = 100$ meter). Sedangkan jarak elektroda potensial umumnya tetap, namun akan diperlebar (*shifting*) sesuai dengan kebutuhan, yaitu ketika arus yang terbaca sangat kecil (pada penelitian ini dilakukan 4 kali *shifting*).



Gambar 2. Ilustrasi susunan elektroda dengan konfigurasi *Schlumberger*

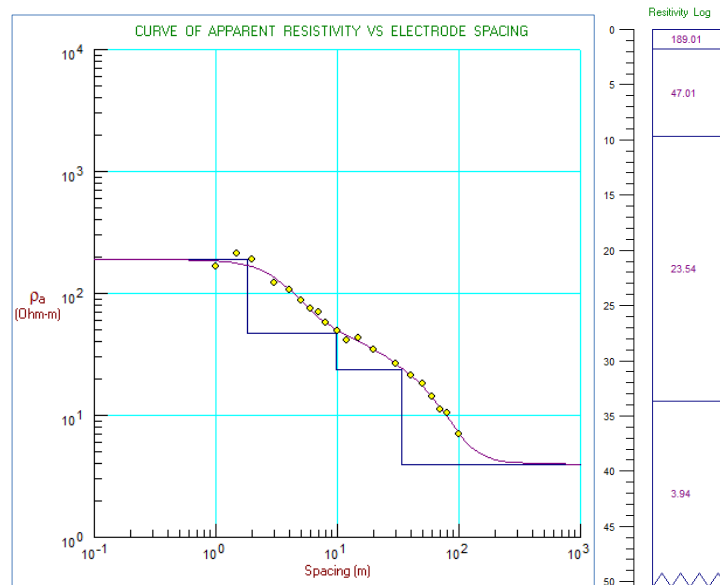
Setelah dilakukan akuisisi data, maka akan diperoleh data observasi berupa nilai resistivitas semu. Data ini kemudian akan diproses lebih lanjut dengan melakukan *forward modelling* sehingga diperoleh kurva resistivitas semu terhadap bentangan elektroda arus. Tipe lengkung kurva yang diperoleh menjadi acuan untuk menentukan jumlah lapisan bawah permukaan. Selanjutnya menentukan parameter model untuk memprediksi nilai resistivitas dan kedalaman yang sebenarnya, karena bawah permukaan bersifat berlapis sehingga nilai resistivitas dianggap bervariasi terhadap kedalaman (Grandis, 2009). Kemudian dilakukan inversi (*invers modelling*) hingga diperoleh parameter model dengan nilai *Root Mean Squared (RMS) error* yang relatif kecil. Proses iterasi dalam penentuan parameter model (resistivitas dan kedalaman) terus dilakukan hingga ditemukan sebuah model yang dianggap paling mendekati dengan keadaan sebenarnya. Kemudian *resistivity log 1* dimensi (1D) hasil *sounding* dianalisis untuk mengidentifikasi litologi bawah permukaan. Alur pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir pengolahan data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data pada salah satu titik pengukuran yang berupa kurva resistivitas semu terhadap bentangan elektroda arus dan *resistivity log* 1D hasil *sounding* ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil yang diperoleh pada lima titik pengukuran menunjukkan bahwa litologi bawah permukaan di lokasi penelitian mempunyai beberapa lapisan yang digambarkan dengan nilai resistivitas berbeda pada setiap kedalaman seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Lapisan yang diinterpretasi sebagai tanah penutup umumnya mempunyai nilai resistivitas lebih tinggi (Wardani dkk., 2016). Sedangkan lapisan yang diinterpretasi sebagai lempung umumnya mempunyai nilai resistivitas lebih rendah (Kurniawan, 2014). Lapisan lempung ini berperan sebagai bidang gelincir pada area rawan longsor (Titisari dkk., 2019).



Gambar 4. Kurva resistivitas semu terhadap bentangan elektroda arus dan *resistivity log* 1D

Tabel 1. Hasil pengukuran litologi permukaan Desa Clapar Banjarnegara

Titik Pengukuran	Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ωm)	Interpretasi
Titik 1	Lapisan Pertama	1,80	189,01	tanah penutup (<i>topsoil</i>)
	Lapisan Kedua	1,80 - 9,70	47,01	pasir lempungan (<i>sand clay</i>)
	Lapisan Ketiga	9,70 - 33,66	23,54	lempung (<i>clay</i>).
	Lapisan Keempat	33,66 - 50,00	23,54	batupasir (<i>sandstones</i>) hingga breksi (<i>breccia</i>)
Titik 2	Lapisan Pertama	3,91	717,78	tanah penut
	Lapisan Kedua	3,91 - 13,48	199,21	pasir lempungan
	Lapisan Ketiga	13,48 - 35,20	3,57	lempung
	Lapisan Keempat	35,20 - 54,00	54,95	batupasir hingga breksi
Titik 3	Lapisan Pertama	0 - 0,97	21,96	tanah penutup
	Lapisan Kedua	0,97 - 5,20	34,39	pasir lempungan
	Lapisan Ketiga	5,20 - 35,12	9,44	lempung
	Lapisan Keempat	35,12 - 54,00	5,49	batupasir hingga breksi
Titik 4	Lapisan Pertama	0 - 3,09	23,79	Tanah penutup
	Lapisan Kedua	3,09 - 20,86	4,45	Pasir lempungan
	Lapisan Ketiga	20,86 - 38,39	1,27	Lempung
	Lapisan Keempat	38,39 - 57,00	23,43	batupasir hingga breksi
Titik 5	Lapisan Pertama	4,20	67,86	tanah penutup
	Lapisan Kedua	4,20 - 20,40	3,16	Pasir lempungan
	Lapisan Ketiga	20,40 - 35,57	0,71	Lempung
	Lapisan Keempat	35,57 - 58,00	64,97	batupasir hingga breksi

Sebaran resistivitas secara vertikal (*sounding*) dari lima titik pengukuran diperoleh litologi bawah permukaan berupa tanah penutup, pasir lempungan, lempung, dan batupasir hingga breksi dengan nilai resistivitas dan kedalaman seperti pada Tabel 2. Secara geologi, lokasi penelitian berada di atas Formasi Tapak. Formasi ini terdiri dari breksi gunung api, batupasir tufan, breksi bersusunan andesit yang tersusun atas urat-urat kalsit, batupasir tufan di beberapa lokasi yang tersusun atas sisa-sisa tumbuhan (Condon dkk., 1996). Pada lokasi penelitian juga diketahui adanya keberadaan sesar geser yang diprediksi menjadi salah satu pemicu longsor di lokasi penelitian. Di daerah penelitian juga ditemukan beberapa singkapan batuan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.

Tabel 2. Litologi bawah permukaan

Litologi	Resistivitas (Ωm)	Kedalaman (m)
Tanah penutup	21,96-717,78	0-4,20
Pasir lempungan	3,16-199,21	0,97-20,86
Lempung	0,71-43,57	5,20-38,39
Batupasir/breksi	5,49-64,97	33,66-58,00



Gambar 5. Singkapan litologi batuan di lapangan; (a) lempung, (b) Batupasir, dan (c) Breksi

Tanah penutup merupakan tanah yang bersifat lanau dan merupakan hasil pelapukan dan sedimentasi (Irayani dkk., 2016). Litologi di bawah tanah penutup merupakan pasir lempungan dan lempung. Lapisan yang mengandung banyak mineral lempung memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah karena disebabkan oleh dua hal yaitu kandungan ion negatif dan terjadinya polarisasi membran (Kurniawan, 2014). Mineral lempung umumnya memiliki muatan listrik yang negatif, yang merupakan pengaruh dari interaksi antar ion penyusun mineral lempung yang menyebabkan terjadinya polarisasi. Polarisasi membran merupakan akumulasi ion pada mineral lempung akibat diaplikasikannya medan listrik. Butiran mineral lempung yang sangat halus dan bermuatan listrik menarik serta menjebak ion-ion saat medan listrik diaplikasikan (Telford dkk., 1990). Akumulasi ion yang terjebak menyebabkan bertambahnya muatan listrik pada lempung sehingga beda potensial dari medan listrik yang diaplikasikan berkurang sehingga nilai resistivitas menjadi lebih kecil.

Adanya kandungan mineral lempung pada lapisan bawah permukaan disebabkan oleh kondisi geologi pada daerah penelitian yang tersusun atas litologi batupasir dan breksi gunung api. Proses alterasi hidrotermal dapat menyebabkan litologi tersebut mengalami ubahan sehingga menghasilkan mineral lempung. Telah diidentifikasi jejak magma yang masih terlihat di Desa Watumalang dan Desa Windusari Kecamatan Pagentan Kecamatan Banjarnegara yang berjarak ± 4 kilometer sebelah Utara - Timur Laut dari Desa Clapar sebagai batuan beku terobosan atau intrusi (Kinasti, 2014).

Sifat dari lapisan yang banyak mengandung mineral lempung ini umumnya merupakan lapisan yang kedap air, sehingga permukaannya akan menjadi licin jika terkena air. Apabila air meresap ke dalam tanah, maka bobot tanah yang akan menjadi material longsor tersebut akan meningkat. Jika air menembus sampai pada bidang gelincir maka permukaannya akan menjadi licin, sehingga tanah pelapukan yang berada di atasnya akan bergerak mengikuti kemiringan lereng. Bidang gelincir berupa lempung yang bersifat licin ketika terkena air akan mengurangi gaya penahan atau gaya gesek antara bidang gelincir dengan material longsor.

SIMPULAN

Litologi bawah permukaan area rawan longsor di Desa Clapar Banjarnegara pada lapisan pertama mempunyai nilai resistivitas 21,96 - 717,78 Ωm berupa tanah penutup (*topsoil*) hingga

kedalaman 4,20 m. Lapisan kedua mempunyai nilai resistivitas 3,16 - 199,21 Ωm berupa pasir lempungan (*sand clay*) pada kedalaman 0,97 - 20,86 m. Lapisan ketiga mempunyai nilai resistivitas 0,71 - 43,57 Ωm berupa lempung (*clay*) pada kedalaman 5,20 - 38,39 m. Lapisan keempat mempunyai nilai resistivitas 5,49 - 64,97 Ωm berupa batupasir (*sandstones*) dan breksi (*breccia*) pada kedalaman 33,66 - 58,00 m.

REFERENSI

- Badan Pusat Statistik. (2015). *Kabupaten Banjarnegara dalam Angka 2015*. Banjarnegara: Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjarnegara.
- Condon, W. H., Pardyanto, L., Ketner, K. B., Amin, T. C., Gafoer, S., & Samodra, H. (1996). Geological Map of the Banjarnegara and Pekalongan Sheet, Jawa (Second Edition). *Geological Research and Development Centre*, 1408–1409.
- 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), 51–60.
- Dewi, T. S., Kusumayudha, S. B., & Purwanto, H. S. (2017). Zonasi Rawan Bencana Tanah Longsor dengan Metode Analisis GIS: Studi Kasus Daerah Semono dan Sekitarnya, Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. *Jurnal Mineral, Energi dan Lingkungan*, 1(1), 50–59.
- Fransiska, L., Tjahjono, B., & Gandasmita, K. (2017). Studi Geomorfologi dan Analisis Bahaya Longsor di Kabupaten Agam, Sumatera Barat. *Buletin Tanah dan Lahan*, 1(1), 51–57.
- Grandis, H. (2009). *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Jakarta: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- Hidayat, R., & Zahro, A. M. (2018). Identifikasi Curah Hujan Pemicu Longsor di Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu Hulu, Banjarnegara. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX*, 41–50.
- Irayani, Z., Permanajati, I., Haryadi, A., Wihantoro, W., & Azis, A. N. (2016). Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor dengan Metode Tahanan Jenis dan Pengujian Sifat Plastisitas Tanah di Bukit Pawinihan Desa Sijeruk, Kecamatan Banjarmangu, Kabupaten Banjarnegara. *Dinamika Rekayasa*, 12(2), 53–57.
- Kinasti, R. M. A. (2014). Pengaruh Struktur Geologi terhadap Gerakan Tanah di Dusun Windusari, Desa Metawana, Kecamatan Pagentan, Kabupaten Banjarnegara, Propinsi Jawa Tengah. *Jurnal Ilmiah MTG*, 7(1), 1–14.
- Kurniawan, A. (2014). Sifat Resistivitas Rendah Mineral Lempung. *Masyarakat Ilmu Bumi Indonesia*, 1(2), 1–9.
- Ling, C., Xu, Q., Zhang, Q., Ran, J., & Lv, H. (2016). Application of Electrical Resistivity Tomography for Investigating the Internal Structure of a Translational Landslide and Characterizing Its Groundwater Circulation (Kualiangzi Landslide, Southwest China). *Journal of Applied Geophysics*, 131, 154–162.
- Misbahuddin, Husna, A., Toriq, R., & Marwanto, A. (2017). Landslide Susceptibility Analysis Using Analytic Hierarchy Process in Sukatani and Its Surrounding, Purwakarta Regency, West Java. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 8(1), 19–30.
- Pangemanan, V. G. M. (2014). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 37–46.
- Raharjo, S., Paripurno, E. T., Hartadi, J., Alfiani, O. D., Widyastuti, M., & Mardziah, M. (2019). Landslide Zoning and Mitigation in Clapar Area, Madukara District, Banjarnegara Regency, Central Java. *Earth and Environmental Science*, 1–6.
- Sutasoma, M., Susilo, A., & Suryo, E. A. (2017). Penyelidikan Zona Longsor dengan Metode Resistivitas dan Analisis Stabilitas Lereng untuk Mitigasi Bencana Tanah Longsor (Studi

- Kasus di Dusun Jawar, Desa Sri Mulyo, Kecamatan Dampit, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur). *Indonesian Journal of Applied Physics*, 7(1), 36–45.
- Syamsurizal, Cari, & Darsono. (2013). Aplikasi Metode Resistivitas untuk Identifikasi Litologi Batuan sebagai Studi Awal Kegiatan Pembangunan Pondasi Gedung. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(1), 99–106.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* (Second Edition). New York: Cambridge University Press.
- Titisari, A. D., Zaidini, H., Husna, K., Putra, I. D., & Indrawan. I. G. B. (2019). Penentuan Zona Kerentanan Longsor Berdasarkan Karakteristik Geologi dan Alterasi Batuan. *Indonesian Journal of Community Engagement*. 4(2), 141–158.
- Wardani, P. I., Wahyono, S. C., & Sota, I. (2016). Pendugaan Air Tanah dengan Metode Geolistrik Schlumberger di Desa Takuti Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan. *Jurnal Fisika Flux*, 13(1), 79–88.