

**Pemetaan Potensi Gerakan Tanah pada Ruas Jalan Raya Doi-Doi – Paludda,
Kecamatan Pujananting, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan**

***Mapping of Land Movement Potential on Doi-Doi - Paludda Highway, Pujananting
Sub-district, Barru District, South Sulawesi***

Abdul Salam Munir*, Habibie Anwar, Agus Ardianto Budiman

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia, Indonesia

*Email: salammunir@umi.ac.id

(Diterima 07-09-2024; Disetujui 27-09-2024)

ABSTRAK

Gerakan tanah dan batuan merupakan permasalahan yang dapat menimbulkan kerugian bagi korbannya, baik materil maupun jiwa. Materialnya dapat berupa tanah dan atau batuan yang dapat menutup akses jalan, terlebih jika dalam volume yang besar. Pemetaan potensi gerakan tanah dan batuan penting dilakukan sebagai tahap awal dalam memberikan rekomendasi solusi pada pencegahan dan penanggulangan gerakan tanah dan atau batuan. Pengabdian ini dilakukan dengan mengidentifikasi dan mengamati kondisi material di lapangan, baik yang sudah terjadi gerakan tanah maupun yang memiliki potensi terjadinya gerakan tanah. Pengamatan dilakukan dengan menyusuri ruas jalan raya Doi-Doi – Palludda untuk menemukan bekas gerakan tanah dan potensinya dengan melakukan pengukuran geometri, pengukuran arah lereng, dan pengamatan kondisi material (kepadatan dan pelapukan). Pengamatan dilakukan pada sembilan lokasi kemudian disajikan ke dalam peta potensi gerakan tanah. Sebagian besar lokasi pengamatan menunjukkan peran air memegang peranan penting dalam menjaga lereng dalam kondisi stabil sehingga gerakan tanah batuan dapat dihindari dan meminimalkan risiko yang dapat terjadi. Perhatian pemerintah dalam penanganan hal tersebut tentu sangat dibutuhkan agar tidak menimbulkan kerugian, apalagi korban jiwa. Penanganan setelah terjadi gerakan tanah dan kerusakan parah pada ruas jalan ketika mengalami penurunan akan membutuhkan biaya dan tenaga yang lebih besar. Pengabdian ini diharapkan dapat menjadi rujukan atau sumber informasi bagi masyarakat pengguna jalan dan pemerintah pada pengetahuan mengenai potensi gerakan tanah dan atau batuan. Pengamatan lanjutan perlu dilakukan untuk mendapatkan rekomendasi penanganan yang benar dan sesuai dengan potensi gerakan yang telah diamati.

Kata kunci: gerakan tanah dan batuan, mitigasi bencana, lereng, jalan raya

ABSTRACT

The phenomenon of land and rock movement can result in significant losses for those affected, both in terms of material assets and human life. The material may take the form of soil or rocks, which can obstruct road access, particularly if present in large quantities. It is crucial to map the potential for soil and rock movements at the outset, as this forms the basis for recommendations regarding the prevention and control of such movements. This service is conducted through the identification and observation of materials in the field, encompassing both those that have undergone ground movements and those that have the potential for ground movements. Observations were conducted along the Doi-Doi to Palludda highway to identify evidence of ground movement and its potential by measuring the geometry of the terrain, determining the direction of slope, and assessing the condition of the material (including density and weathering). The observations were subsequently presented in the form of a map delineating the potential for ground motion. The majority of observation locations demonstrate that water plays a pivotal role in maintaining the stability of the slope, thereby preventing rock movement and minimizing the associated risks. It is evident that government intervention is necessary to prevent further losses and casualties. The costs and energy required to repair damage caused by ground movement and subsequent road deterioration will be significantly higher. This service is expected to serve as a reference or source of information for road users and the government on the potential for soil and/or rock movements. Further observations are necessary to develop recommendations for appropriate handling and in accordance with the observed potential for movement.

Keywords: soil and rock movement, disaster mitigation, slope, highway

PENDAHULUAN

Gerakan tanah dan batuan merupakan permasalahan yang dapat menimbulkan kerugian bagi korbannya, baik materil maupun jiwa. Materialnya dapat berupa tanah dan atau batuan yang dapat menutup akses jalan, terlebih jika dalam volume yang besar. Gerakan tanah dan atau batuan dapat terjadi sewaktu-waktu, terlebih ketika beban yang bekerja di sekitar lereng mengalami peningkatan yang juga merupakan pemicu dan pemacu terjadinya gerakan tanah dan atau batuan. Gerakan tanah dan atau batuan yang telah terjadi akan menimbulkan risiko bagi manusia maupun hewan yang beraktivitas di sekitar lokasi kejadian. Risiko-risiko yang dapat terjadi, yakni tertutupnya akses jalan (Munir dkk., 2021) yang menghambat aktivitas masyarakat, keselamatan masyarakat yang menggunakan akses jalan tersebut, dan tentu akan berdampak terhadap lingkungan di sekitarnya (Munir, 2018).

Potensi terjadinya gerakan massa tanah dan atau batuan sangat memerlukan perhatian serius untuk mencegah timbulnya risiko-risiko di atas, khususnya pada jalan akses masyarakat, sehingga kerugian dapat dihindari sejak awal (Karim dkk., 2021). Potensi gerakan tanah dapat diketahui dengan berbagai metode, seperti pengamatan kondisi material di lapangan, pengukuran kualitas massa batuan (Haslan dkk., 2021), pengambilan dan pengujian contoh material yang didapatkan di lapangan, analisis kestabilan lereng dengan berbagai metode (Munir dkk., 2021) yang dapat divalidasi dengan simulasi model fisik di laboratorium (Munir dkk., 2017) dan pemantauan pergerakan atau deformasi lereng (Sahrul & Astini, 2020). Potensi yang didapatkan dari metode-metode tersebut kemudian dapat dipetakan untuk memudahkan pengguna dalam mengetahui lokasi potensi gerakan tanah dan batuan secara cepat.

Pengabdian masyarakat ini dilakukan dengan metode yang sederhana melalui pengamatan kondisi material, pengukuran geometri lereng atau material longsoran, dan pengukuran arah lereng, kemudian dilanjutkan dengan membuat peta potensi gerakan tanah untuk penyajian hasil yang lebih mudah diketahui. Selain pemetaan, penyajian juga dapat dilakukan dengan klasterisasi wilayah (Setiawan dkk., 2022), penentuan zona kerentanan (Riyanto dkk., 2021), maupun pemodelan kerentanan gerakan tanah (Kuncoro dkk., 2022). Pemetaan gerakan tanah sangat dibutuhkan sebagai tahap awal dalam rencana penataan ruang daerah, penggunaan atau tata guna lahan, maupun mitigasi terhadap bencana yang dapat terjadi (Pamela dkk., 2018). Berdasarkan hal tersebut, maka pengabdian masyarakat ini dilakukan untuk memberikan data bagi pemerintah Desa Palludda, Kecamatan Pujananting, Kabupaten Barru sehingga mitigasi terhadap risiko pergerakan tanah dan atau batuan dapat dilakukan. Pengabdian ini merupakan bagian dari mitigasi awal dalam

menghadapi bencana gerakan tanah dan atau batuan dan hasil pemetaan ini nantinya dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya untuk mendapatkan solusi tepat dalam mencegah dan menanggulangi gerakan tanah dan batuan sesuai dengan kondisi material dan jenisnya.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan PkM ini berlokasi di ruas jalan Ruas Jalan Raya Doi-Doi – Paludda, Kecamatan Pujananting, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan dengan waktu pelaksanaan pada bulan Mei 2024. Pengambilan data dilakukan dengan menyusuri ruas jalan raya yang dimulai dari batas Desa Palludda-Kelurahan Mattappawalie hingga batas Dusun Paludda-Dusun Wanawaru yang terletak di Desa Palludda. Penelusuran dimulai dari batas Dusun Paludda untuk memastikan titik batas yang ditandai dengan tugu atau patok batas dari dusun tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 1. Patok batas ini terletak dekat dari Kantor Desa Paludda yang titik koordinatnya diambil menggunakan GPS.



Gambar 1. Pengambilan Koordinat Batas Dusun Palludda-Wanawaru

Setelah pengambilan data di batas dusun, kegiatan selanjutnya, yakni menyusuri ruas jalan raya untuk mengidentifikasi potensi terjadinya gerakan massa tanah dan batuan. Identifikasi dilakukan dengan mengamati bekas gerakan massa tanah dan batuan, mengamati kondisi material, melakukan pengukuran geometri lereng yang berpotensi terjadinya gerakan massa tanah dan batuan dengan menggunakan rol meter, dan mengukur arah dari lereng tersebut dengan menggunakan kompas geologi. Gambar 2 menunjukkan kegiatan pengambilan data di lapangan.



Gambar 2. Pengambilan Data Pemetaan Potensi Gerakan Tanah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data di lapangan diperoleh sembilan titik atau lokasi yang dimasukkan ke dalam peta potensi gerakan tanah dan atau batuan. Masing-masing lokasi memiliki karakteristik dengan keterdapatannya jejak gerakan tanah yang telah terjadi sebelumnya. Pengambilan data difokuskan ke titik yang telah mengalami gerakan tanah karena memiliki potensi yang lebih besar terjadi gerakan tanah susulan dengan volume yang lebih besar apabila tidak dimitigasi dengan baik dan benar. Tabel 1 berikut menunjukkan koordinat sembilan lokasi pengamatan potensi gerakan tanah.

Tabel 1. Koordinat Lokasi Potensi Gerakan Tanah

Kode Lokasi	Koordinat Lintang	Koordinat Bujur
PGTB 01	4°36'45,25"S	119°42'59,45"T
PGTB 02	4°36'37,31"S	119°42'56,98"T
PGTB 03	4°36'25,93"S	119°42'48,08"T
PGTB 04	4°36'24,39"S	119°42'47,78"T
PGTB 05	4°36'23,72"S	119°42'45,75"T
PGTB 06	4°36'23,25"S	119°42'41,35"T
PGTB 07	4°35'50,88"S	119°42'30,92"T
PGTB 08	4°35'36,58"S	119°42'21,93"T
PGTB 09	4°36'33,17"S	119°42'51,12"T

Lokasi PGTB 01

Potensi gerakan tanah dan atau batuan (PGTB) pertama ditemukan tidak jauh dari kantor Desa Palludda, sekitar 200 meter. Tepi lereng memiliki ketinggian 1,75 m dan panjang lereng 45 m. Di lokasi tersebut ditemukan hasil pelapukan batuserpih dengan tingkat pelapukan tinggi sehingga kekuatannya melemah yang ditandai dengan kondisi yang tidak

masif atau terpecah-pecah. Kekuatan material yang seperti itu akan mudah tergerus oleh air sehingga erosi dapat terjadi dan hal tersebut ditemukan di lapangan. Jejak aliran air pada musim hujan ditemukan pada lokasi pengamatan yang lerengnya mengarah N 51° E. Selama kondisi materialnya kering maka potensi gerakan tanah berupa erosi masih sangat minim terjadi akan tetapi ketika musim hujan dan tanah dalam kondisi jenuh maka dapat terjadi gerakan tanah yang lebih besar sepanjang lereng tersebut. Kondisi lereng dan material pada lokasi PGTB ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 3. Kondisi Lokasi Pengamatan PGTB 01 dan Pelapukan Batuan

Lokasi PGTB 02

Lokasi PGTB 02 berjarak 260 meter dari lokasi PGTB 01 yang berdekatan dengan pemakaman umum Desa Paludda. Jejak gerakan tanah ditemukan pada lokasi ini berupa erosi pada tanah di tepi lereng, dimana kemiringan lereng atas sekitar 15°. Kemiringan lereng atas cukup landai akan tetapi karena adanya pemotongan lereng untuk keperluan jalan raya tanpa diberi penyangga di muka lereng sehingga gerakan tanah terjadi di lokasi tersebut. Pengikisan tanah atau erosi yang terjadi saat musim hujan mengakibatkan gerakan tanah dengan hilangnya material tanah sejauh 2,5 meter dari tepi saluran air dan panjang 32 meter. Hal ini tentu akan terus terjadi kehilangan material tanah jika tidak dilakukan penanganan yang lebih baik. Arah lereng pada lokasi pengamatan PGTB 02, yakni N 79° E dan kondisi lereng tersebut ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi Lokasi Pengamatan PGTB 02 dan Jejak Erosi

Lokasi PGTB 03

Lokasi pengamatan ketiga merupakan lokasi yang sudah beberapa kali terjadi gerakan tanah dan atau batuan. Pada saat pengamatan, material hasil longsoran masih ditemukan yang menutupi trotoar dengan material tanah dan batuan bercampur. Tinggi lereng sekitar 4,5 meter dan panjang di sekitar bekas longsoran sekitar 6 meter, serta kemiringan lereng 66° . Lereng disusun oleh material tanah dan batuan dengan tingkat pelapukan sangat tinggi yang menyebabkan kondisi tanah menjadi lemah sehingga sulit mengikat atau menahan beban batuan yang menempel dan bagian atas dari lereng tersebut. Bagian atas lereng ditemukan blok-blok batuan dengan ukuran fragmen rata-rata sekitar 0,4 m bahkan ada yang mendekati ukuran 1 meter. Kondisi jalan yang terjal dengan tikungan di puncak jalan menjadikan lereng ini sangat berisiko dilalui oleh masyarakat, khususnya pada musim hujan karena tanah tidak lagi mampu mengikat fragmen-fragmen batuan yang ada di lereng tersebut. Gambar 5 menunjukkan kondisi lokasi pengamatan dengan arah lereng N 76° E dan fragmen-fragmen batuan yang menempel di dinding lereng.



Gambar 5. Kondisi Lokasi Pengamatan PGTB 03 dan Fragmen Batuan di Dinding Lereng

Lokasi PGTB 04

Bergeser ke seberang jalan, lokasi pengamatan PGTB 04 ditemukan dengan jejak gerakan tanah dan batuan pada lereng tersebut. Jejak gerakan tanah tersebut menjadikan lereng ini memiliki potensi gerakan tanah dan batuan dengan volume yang lebih besar. Kondisi tanah yang lebih lemah dan keterdapatan batuserpih dengan pelapukan tinggi serta kemiringan lereng 72° menjadikan lereng ini berpotensi tidak stabil dan gerakan tanah susulan dapat terjadi. Batuan yang ditemukan memiliki ukuran fragmen kurang dari 0,5 meter dan arah lereng N 186° E. Keberadaan lereng ini tepat di tikungan dan penurunan yang curam sehingga jika terjadi gerakan tanah akan berdampak pada pengguna jalan di lokasi tersebut. Gambar 6 menunjukkan kondisi lokasi pengamatan PGTB 04 dan fragmen batuan.



Gambar 6. Kondisi Lokasi Pengamatan PGTB 04 dan Fragmen Batuan di Lereng

Lokasi PGTB 05

Lokasi PGTB 05 merupakan lereng dengan jejak gerakan tanah yang memiliki volume paling besar. Ruas jalan di lokasi ini dibangun dengan memotong lereng yang terjal sehingga dinding di sisi kanan dan kiri jalan juga tetap terjal sehingga material di lereng tersebut sangat berpotensi terjadi pergerakan tanah, bahkan telah terjadi gerakan tanah secara bertahap pada setiap musim hujan. Terlebih lagi kaki lereng di bagian dalam jalan telah dipotong untuk dijadikan material penambal jalan. Hal ini tentu akan sangat menambah potensi gerakan tanah karena penahan pada kaki lereng dibuka. Kemiringan lereng pada lokasi ini 64° dan arah lereng ke jalan N 40° E serta tinggi lereng yang telah mengalami gerakan tanah sekitar 25 meter. Kondisi lokasi pengamatan PGTB 05 dan mahkota longsor pada puncak lereng ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kondisi Lokasi Pengamatan PGTB 05 dan Mahkota Longsor

Lokasi PGTB 06

Lokasi pengamatan PGTB 06 berbeda dengan lokasi-lokasi sebelumnya. Gerakan tanah terjadi di tepi bawah jalan raya sehingga menghilangkan trotoar dan mengikis jalan raya yang telah diaspal. Gerakan tanah meninggalkan jejak dengan kedalaman 1,5 meter pada arah bidang bebas $N 22^{\circ} E$. Kondisi ini terjadi akibat keberadaan air yang menyebabkan tanah di bawah jalan menjadi lebih lunak dan hilangnya trotoar sehingga menyebabkan jalan terkikis di tepi dan bagian tengah jalan raya terjadi retakan-retakan yang sewaktu-waktu dapat mengakibatkan terjadinya gerakan tanah dan batuan berupa amblesan. Lokasi pengamatan PGTB 06 butuh penanganan segera untuk menghindari terjadinya risiko yang lebih tinggi dan menambah kesulitan dan biaya penanganan. Gambar 8 menunjukkan kondisi lokasi pengamatan PGTB 06 dan kondisi material penyusun jalan.



Gambar 8. Kondisi Lokasi Pengamatan PGTB 06 dan Material Penyusun Jalan.

Lokasi PGTB 07

Lokasi pengamatan PGTB 07 berjarak 1300 meter dari pengamatan PGTB 06 yang memiliki kondisi yang hampir sama dengan PGTB 06. Gerakan tanah pada lokasi ini menggerus saluran air dan kaki lereng di atas saluran air yang disebabkan oleh kekuatan material yang lemah dan keberadaan air dengan debit tinggi pada saat hujan. Kaki lereng

menjadi terkikis dan kehilangan material sekitar 2 meter, jika ditambah dengan saluran air maka gerakan tanah menghilangkan material sekitar 3 meter dari kaki lereng. Selain saluran air yang tergerus dan hilang, kondisi ini mulai menyebabkan pengikisan di tepi jalan raya Doi-Doi – Palludda akan tetapi tidak sampai berpengaruh ke bagian tengah jalan karena aliran air mengarah sejajar dengan arah jalan pada $N 143^\circ E$. Kondisi ini tentu tidak dapat dibiarkan karena lambat laun akan memberikan dampak negatif yang dapat merusak jalan. Gambar 9 menunjukkan kondisi gerakan tanah pada lokasi pengamatan PGTB 07.



Gambar 9. Kondisi Lokasi Pengamatan PGTB 07

Lokasi PGTB 08

Lokasi PGTB 08 memiliki potensi terjadinya gerakan tanah dengan skala yang kecil karena kondisi material yang cukup kuat dan masif. Batuan yang menyusun lereng tergolong ke dalam tingkat pelapukan sedang hingga tinggi tetapi potensi gerakan tanah dan batuan tetap ada yang ditandai dengan kemiringan lereng cukup terjal, yakni 72° dan terdapat jejak gerakan tanah dengan volume kecil serta tidak ada tumbuhan penahan pada dinding lereng. Lereng pada lokasi PGTB 08 mengarah ke jalan raya dengan arah $N 245^\circ E$ yang kondisi lerengnya ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Kondisi Lokasi Pengamatan PGTB 08

Lokasi PGTB 09

Lokasi terakhir yang berpotensi terjadi gerakan tanah dan batuan pada pengabdian ini, yakni PGTB 09. Lokasi ini terletak di sekitar pemukiman warga Dusun Palludda yang merupakan tikungan dan jalan menurun pada ruas jalan raya Doi-Doi – Palludda. Lokasi ini merupakan ujung dari punggung bukit yang terbentang ke arah N 40° E dan dipotong untuk pembuatan jalan. Tidak ditemukan jejal gerakan tanah pada lokasi ini tetapi terdapat sedikit bekas bukaan pada dinding lereng yang dapat memicu terjadinya gerakan tanah dan batuan terlebih dengan posisinya yang berada di ujung sehingga menopang punggung bukit tersebut. Arah perlapisan batuan sejajar dengan arah jalan sehingga kecil adanya potensi gerakan tanah dan batuan dalam skala besar, walaupun demikian, lereng tetap harus terjaga kondisi alamiahnya dengan tidak menambah bukaan pada lereng tersebut. Gambar 11 menunjukkan lokasi pengamatan PGTB 09 dan arah perlapisan batuan.



Gambar 11. Kondisi Lokasi Pengamatan PGTB 09 dan Arah Perlapisan Batuan

Sembilan lokasi pengamatan di atas kemudian disajikan ke dalam peta potensi gerakan tanah dan atau batuan (Gambar 12) yang sesuai dengan judul dalam pengabdian kepada masyarakat ini. Sebagian besar lokasi pengamatan menunjukkan peran air memegang peranan penting dalam menjaga lereng dalam kondisi stabil sehingga gerakan tanah dan atau batuan dapat dihindari dan meminimalkan risiko yang dapat terjadi. Perhatian pemerintah dalam penanganan hal tersebut tentu sangat dibutuhkan agar tidak menimbulkan kerugian, apalagi korban jiwa. Penanganan setelah terjadi gerakan tanah dan kerusakan parah pada ruas jalan ketika mengalami penurunan akan membutuhkan biaya dan tenaga yang lebih besar. Pengabdian ini diharapkan dapat menjadi rujukan atau sumber informasi bagi masyarakat pengguna jalan dan pemerintah pada pengetahuan mengenai potensi gerakan tanah dan atau batuan.



Gambar 12. Peta Potensi Gerakan Tanah pada Ruas Jalan Raya Doi-Doi - Paludda

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengamatan pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, maka dapat disimpulkan bahwa potensi gerakan tanah dan atau batuan ditemukan pada sembilan lokasi dengan penyebab utama, yakni keberadaan air. Selain itu, kondisi material dan juga geometri lereng mempengaruhi potensi terjadinya gerakan tanah dan batuan. Terdapat dua lokasi yang memerlukan perhatian segera untuk menghindari kerusakan ruas jalan raya Doi-Doi – Palludda. Pengabdian ini diharapkan dapat menjadi rujukan atau sumber informasi bagi masyarakat pengguna jalan dan pemerintah pada pengetahuan mengenai potensi gerakan tanah dan atau batuan. Keberadaan peta potensi gerakan tanah ini merupakan tahap awal dalam upaya mitigasi bencana geologi, sehingga pengamatan lebih lanjut perlu dilakukan secara detail dan bantuan instrumen-instrumen geoteknik untuk mendapatkan hasil pengamatan yang lebih baik dan akurat sehingga mitigasi bencana yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Pemerintah Desa Palludda, Kecamatan Pujananting atas kesediaannya menjadi mitra dalam pengabdian ini dan kepada Fakultas

Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia yang telah memberikan kepercayaan dan pendanaan kepada tim pengabdian sehingga kegiatan ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Haslan, H., Djamaluddin, D., Anwar, H., & Munir, A. S. (2021). Slope Mass Rating dan Stabilitas Lereng Batupasir Formasi Balangbaru Dusun Paludda Desa Patappa Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru. *Jurnal GEOSAPTA*, 7(1), 35–41.
- Karim, Y. I., Nawir, A., & Munir, A. S. (2021). Analisis probabilitas kelongsoran pada lereng Jalan Raya Km 88,4 Kecamatan Mallawa, Kabupaten Maros. *Jurnal Himasapta*, 6(2), 117–121.
- Kuncoro, E., Rismayanti, E. I., & Rahman, I. (2022). Pemodelan Spasial Bahaya dan Kerentanan Bencana Tanah Longsor dengan Metode AHP Berbasis SIG. *Jurnal Himasapta*, 6(3).
- Munir, A. S. (2018). Kestabilan Lereng Menggunakan Program Slope/W Pada Pit GN-10 Pulau Gag Kabupaten Raja Ampat Papua Barat. *Jurnal Geomine*, 6(3), 157–162.
- Munir, A. S., Jafar, N., Anwar, H., Ajwad, Muh., Yusuf, F. N., Asmiani, N., & Martireni, A. P. (2021). Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Bishop pada Jalan Poros Maros-Bone Kilometer 84,1 Tompo Ladang Kabupaten Maros. *Jurnal Geomine*, 9(2), 150–167.
- Munir, A. S., Sulistianto, B., Simangunsong, G. M., & Widodo, N. P. (2017). *An physical modelling to validate numerical modelling on rock block displacement. 4th ISRM Young Scholars Symposium on Rock Mechanics*, 212–215.
- Pamela, P., Sadisun, I. A., Kartiko, R. D., & Arifianti, Y. (2018). Metode Kombinasi Weight of Evidence (WoE) dan Logistic Regression (LR) untuk Pemetaan Kerentanan Gerakan Tanah di Takengon, Aceh.
- Riyanto, E., Masri, M., Hasria, H., & Bahdad, B. (2021). Identifikasi Zona Kerentanan Gerakan Tanah Berdasarkan Data Geologi Pada Daerah Wangudu Raya, Kecamatan Asera, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. *OPHIOLITE : Jurnal Geologi Terapan*, 3(2).
- Sahrul, S., & Astini, V. (2020). Analisis Deformasi Lereng Menggunakan Metode Monitoring pada Lereng Jalan Trans Provinsi Kilometer 18 Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geomine*, 7(3).
- Setiawan, I. N., Krismawati, D., Pramana, S., & Tanur, E. (2022). Klasterisasi Wilayah Rentan Bencana Alam Berupa Gerakan Tanah Dan Gempa Bumi Di Indonesia. *Seminar Nasional Official Statistics, 2022(1)*, 669–676.