

PELATIHAN UJI SIFAT FISIK BATUAN UNTUK PEMODELAN KELONGSORAN LERENG BAGI SISWA SMKP TECHNO TERAPAN MAKASSAR

Abdul Salam Munir¹, Muhamad Hardin Wakila², Nurul Chairany³, Habibie Anwar⁴

^{1,2,4}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo KM 5, Kampus II UMI, Gedung S, Panaikang, Kota Makassar

³Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo KM 5, Kampus II UMI, Gedung S, Panaikang, Kota Makassar

¹e-mail salammunir@umi.ac.id

Abstrak

Sifat fisik batuan berperan penting dalam pemodelan kelongsoran selain sifat mekanik. Tujuan pengabdian ini adalah mengedukasi siswa SMK mengenai bencana longsor dan memberikan pengalaman praktikum uji sifat fisik batuan. Metode pelaksanaan dimulai dengan survei sekolah dan meminta kesediaan sebagai mitra, penyusunan Standar Operasional Prosedur pengujian, pengadaan alat dan bahan, penyajian materi dan diskusi, dan praktikum. Pengabdian masyarakat oleh tim dari Universitas Muslim Indonesia ini memberikan dampak pada peningkatan pengetahuan siswa hingga 86,5% mengenai bencana longsor, seperti dasar-dasar longsor, faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng, pemicu dan pemacu longsor, tanda-tanda terjadinya bencana longsor, dan pencegahan terjadinya bencana longsor. Edukasi pada siswa SMK Techno Terapan ini merupakan bagian dari upaya mitigasi bagi masyarakat dalam mencegah dan menghadapi bencana yang dapat terjadi. Selain peningkatan pengetahuan, kegiatan ini juga memberikan pengalaman siswa mengenai pengujian sifat fisik batuan yang akan digunakan dalam pemodelan kelongsoran lereng pada pelajaran pertambangan lebih lanjut.

Kata Kunci: sifat fisik, bencana longsor, mitigasi

Abstract

The physical properties of rocks are of significant consequence in the context of slope modelling, in addition to the mechanical properties. The objective of this community service is to educate students SMK about landslides and provide them with practical experience in testing the physical properties of rocks. The implementation method commences with a survey of the educational establishment in question, during which the willingness of the school to act as a service partner is ascertained. Thereafter, standard operating procedures for testing are prepared, tools and materials are procured, and a presentation and discussion. Finally, the students engage in the practical testing of rock physical properties. The community service conducted by the team from the Universitas Muslim Indonesia had a significant impact on increasing knowledge by 86.5% regarding landslides, including the basics of landslides, factors influencing slope stability, triggers and accelerators of landslides, signs of impending landslides, and prevention measures for landslides. This education for vocational high school students is part of mitigation efforts to help the community prevent and respond to potential disasters. In addition to enhancing knowledge, the activity also provided students with hands-on experience in testing the physical properties of rocks, which will be utilized in slope landslide modeling during advanced mining courses.

Keywords: *physical properties, landslide disaster, mitigation*

PENDAHULUAN

Peningkatan pengetahuan dan keterampilan generasi penerus di bidang pertambangan merupakan salah satu hal yang mutlak untuk mencapai kemajuan peradaban Indonesia yang lebih maju. Generasi penerus bidang pertambangan bukan hanya mahasiswa yang menuntut ilmu di perguruan tinggi tetapi juga siswa yang belajar di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Peningkatan kebutuhan pekerja di bidang pertambangan, khususnya dalam pekerjaan terampil, menjadikan sekolah-sekolah kejuruan menambah dan atau membuka jurusan baru di sekolah mereka, yakni Jurusan Geologi Pertambangan. Sayangnya, pembukaan jurusan baru tidak dibarengi dengan peningkatan guru sesuai bidang ilmu yang akan menjadi pengajar di sekolah, ketertarikan lulusan sarjana pertambangan menjadi guru sangat kecil sehingga hal ini menjadi tantangan bahkan hambatan tersendiri bagi sekolah dalam proses belajar mengajar.

Kurikulum jurusan geologi pertambangan dirancang sesuai dengan kebutuhan industri yang lebih menekankan pada aspek pengetahuan dan khususnya keterampilan siswa agar dapat langsung dimanfaatkan setelah menyelesaikan pendidikan menengah. Salah satu pengetahuan dan keterampilan yang penting dikuasai oleh siswa jurusan geologi pertambangan, yakni geoteknik atau geologi teknik (Anwar & Munir, 2021). Geoteknik merupakan cabang ilmu geologi yang membahas mengenai kestabilan lereng untuk menghindarkan terjadinya bencana longsor yang tentu memiliki hubungan erat dengan pembangunan berkelanjutan (Zakaria & Jihadi, 2017). Dalam industri pertambangan, lereng yang stabil atau tidak terjadi longsor akan sangat mempengaruhi kegiatan produksi penambangan sehingga penerapan kegiatan penambangan yang aman dan produktif dalam terlaksana (Munir, 2018).

Kelongsoran lereng dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti sebaran jenis batuan, kondisi permukaan bumi, intensitas hujan, propertis material, dimensi lereng, dan struktur dari batuan (Munir dkk., 2021). Propertis material, tanah dan atau batuan, menjadi salah satu faktor penting dalam kelongsoran lereng yang juga disebut sebagai sifat fisik dan sifat mekanik atau kekuatan suatu material (Nainggolan & Dzakiya, 2019). Sifat-sifat diketahui dengan melakukan pengujian

terlebih dahulu di laboratorium. Pengujian sifat fisik dilakukan tanpa merusak contoh material sedangkan pengujian sifat mekanik dilakukan dengan merusak contoh karena pengujian kekuatan dari contoh tersebut. Pengujian sifat fisik batuan akan mengeluarkan nilai bobot isi, kadar, dan porositas (Guskarnali dkk., 2021) yang pengujiannya dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana, seperti oven, timbangan, desikator, dan wadah berisi air.

Mitra dalam pengabdian ini adalah pihak sekolah SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar, khususnya Jurusan Geologi Pertambangan. Permasalahan pada sekolah ini adalah sekolah belum memiliki alat uji sifat fisik sehingga siswa belum memiliki pengalaman dalam pengujian ini, sedangkan pengetahuan dan pengalaman dalam pengujian sifat batuan sangat dibutuhkan dalam pemodelan kelongsoran lereng. Solusi yang ditawarkan untuk menangani permasalahan tersebut, yakni memberikan pelatihan kepada siswa mengenai bencana longsor dan memberikan pengalaman melalui praktikum uji sifat fisik batuan yang akan digunakan dalam pemodelan kelongsoran lereng. Berdasarkan hal tersebut, edukasi terhadap siswa mengenai bencana longsor dan memberikan pengalaman praktikum uji sifat fisik batuan untuk pemodelan kelongsoran menjadi tujuan utama dilakukannya kegiatan pengabdian ini. Setelah pelatihan, siswa diharapkan memiliki pengetahuan dan keterampilan di bidang geoteknik, khususnya pada pengujian sifat fisik batuan sehingga memberi manfaat dalam upaya mitigasi bencana di tengah masyarakat.

METODE

Tim dosen pengabdian melaksanakan kegiatan ini di Aula Reso Temmapettu, SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar, Jl. Sanrangan No. 24 B Makassar. Waktu pelaksanaan pengabdian ini pada bulan Oktober 2024 dengan jumlah peserta 28 orang yang merupakan siswa kelas X dan XII Jurusan Geologi Pertambangan, SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar. Keikutsertaan siswa dari dua angkatan yang berbeda ini memberikan dinamika kegiatan tersendiri karena terwakilkan oleh siswa yang baru mengenail ilmu kebumian pada siswa kelas X dan telah mengenal ilmu kebumian pada siswa kelas XII.

Pelaksanaan pengabdian ini menggunakan metode *participatory action research* dengan melibatkan pihak sekolah dari awal hingga akhir pengabdian yang dimulai dengan survei sekolah dan meminta kesediaan sekolah sebagai mitra pengabdian yang dilaksanakan pada bulan Mei 2024 dengan langsung bertemu dengan Kepala Sekolah SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar, Asriadi, S.Pd., yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Setelah kepala sekolah bersedia, tahapan pengabdian dilanjutkan dengan mengikuti seleksi proposal pada Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat (LPkM), Universitas Muslim Indonesia Makassar. Kemudian, pasca penerimaan proposal dan pemberian dana pengabdian, kegiatan dilanjutkan dengan penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) pengujian untuk memberikan petunjuk teknis kepada peserta pelatihan mengenai pengujian sifat fisik batuan.



Gambar 1 Survei sekolah dan meminta kesediaan kepala sekolah

Tahap kegiatan pengabdian dilanjutkan dengan pengadaan alat dan bahan uji sifat fisik batuan, seperti timbangan, gelas ukur, sampel batuan, cawan, tali, dan air yang nantinya alat dan bahan ini akan diserahkan ke sekolah sebagai inventaris sehingga masih dapat dimanfaatkan oleh siswa tahun berikutnya. Sebelum kegiatan pelatihan dimulai, tim pengabdian terlebih dahulu melakukan evaluasi awal mengenai kemampuan dan pengetahuan peserta terhadap materi pelatihan, yakni kelongsoran dengan cara memberikan pertanyaan-pertanyaan singkat dari rencana materi tersebut.

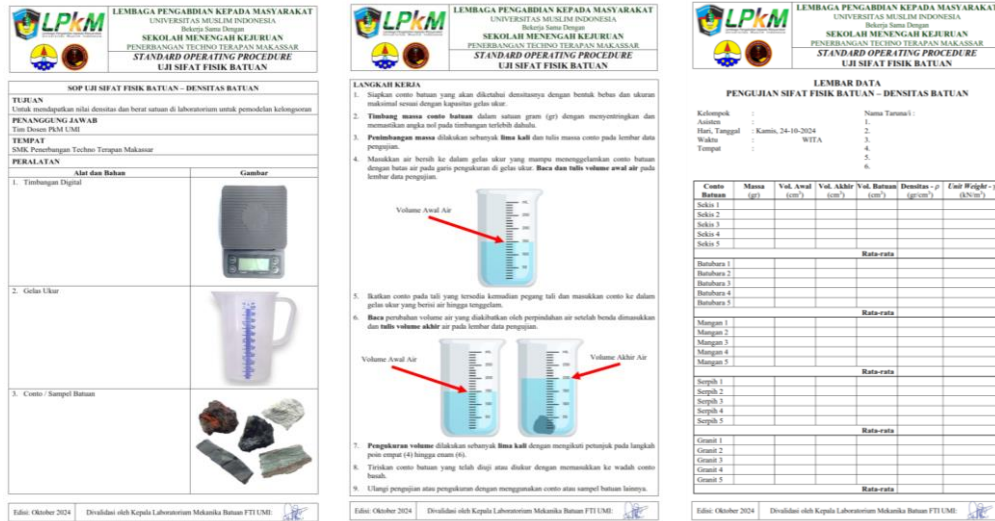
Kegiatan pelatihan dimulai dengan penyampaian materi mengenai dasar-dasar bencana tanah longsor, faktor yang mempengaruhi kelongsoran atau ketidakmampuan lereng, pemicu dan pemacu longsor, tanda-tanda terjadinya tanah longsor, dan pencegahan terjadinya longsor, serta penjelasan mengenai tahap pengujian sifat fisik batuan. Selanjutnya, pengabdian diakhiri dengan praktikum uji sifat fisik batuan untuk keperluan pemodelan kelongsoran lereng. Setelah pelaksanaan praktikum, siswa kembali dilakukan evaluasi akhir dengan membagikan kuesioner dan meminta siswa mengisi kuesioner tersebut untuk melihat perubahan atau penambahan pengetahuan peserta mengenai materi yang telah disampaikan dan dipraktikkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kepala Sekolah Menengah Kejuruan Penerbangan Techno Terapan telah menyetujui sekolahnya dijadikan sebagai tempat pengabdian kepada masyarakat bagi tim dosen dari Universitas Muslim Indonesia. Permasalahan yang dihadapi oleh mitra adalah sekolah memiliki sumber daya manusia yang terbatas dalam pengajaran di dalam kelas, sehingga materi yang didapatkan siswa masih perlu masukan dan bantuan dari pihak lain, khususnya yang berkaitan dengan geoteknik. Selain itu, mitra belum memiliki alat uji sifat fisik batuan sehingga siswa belum memiliki pengalaman dalam pengujian tersebut. selanjutnya pengabdian masyarakat dilanjutkan dengan penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) dari kegiatan pelatihan yang dilakukan.

Pengabdian yang dilakukan berupa pelatihan kepada siswa yang bekerja sama dengan Laboratorium Mekanika Batuan, Program Studi Teknik Pertambangan, FTI UMI Makassar. Sehingga, penyusunan Standar Operasional Prosedur tersebut disusun dengan bantuan dari Laboratorium Mekanika Batuan yang melibatkan kepala laboratorium dan empat orang asisten laboratorium. SOP tersebut memuat secara detail mengenai pelaksanaan pelatihan dengan praktikum uji sifat fisik batuan, seperti tujuan, alat dan bahan, data yang diperoleh, langkah kerja, dan pengolahan data, sehingga siswa dapat dengan mudah memahami dan melaksanakan

praktikum dengan baik. Gambar 2 menunjukkan Standar Operasional Prosedur (SOP) uji sifat fisik batuan.



Gambar 2 Standar operasional prosedur uji sifat fisik batuan

Pelatihan uji sifat fisik batuan ini menggunakan peralatan yang mudah didapatkan di pasaran, yakni timbangan digital, gelas ukur, contoh atau sampel batuan, air bersih, tali penggantung contoh, dan wadah contoh basah. Alat dan bahan ini diadakan oleh tim dosen pengabdian atas bantuan dana dari Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Muslim Indonesia. Alat dan bahan tersebut kemudian diserahkan kepada sekolah setelah kegiatan pengabdian selesai dilaksanakan dengan harapan dapat digunakan oleh siswa saat dibutuhkan. Gambar 3 menunjukkan penyerahan aset dari Universitas Muslim Indonesia kepada SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar dan menunjukkan alat dan bahan pelatihan yang diserahkan pada hari Kamis, 23 Oktober 2024 dan menjadi aset sekolah.



Gambar 3 Alat dan bahan praktikum dan prosesi penyerahannya

Setelah penyerahan aset ke sekolah, kegiatan pengabdian selanjutnya dilanjutkan dengan penyampaian materi berupa teori-teori mengenai gerakan massa tanah dan batuan. Penyampaian materi disampaikan melalui presentasi dan pemutaran video singkat dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Republik Indonesia yang berkaitan dengan bencana tanah longsor. Sebelum materi disampaikan, tim pengabdian terlebih dahulu menggali kemampuan peserta mengenai materi pelatihan, misalnya pengetahuan mereka mengenai gerakan massa tanah dan batuan. Semua peserta masih awam mengenai gerakan massa tanah dan batuan,

mereka menamakan klasifikasi gerakan massa tanah dan batuan dengan tanah longsor. Padahal dalam ilmu kebumihan, tanah longsor merupakan salah satu jenis dari tujuh gerakan massa tanah dan batuan. Jenis-jenis gerakan massa tanah dan batuan menurut Purbo Hadiwidjono (Arif, 2016), yakni longsor (*landslide*), runtuh (*falling*), amblesan (*subsidence*), nendatan (*slump*), rayapan (*creep*), aliran (*flow*), dan gerakan kompleks yang merupakan gabungan beberapa jenis gerakan massa tanah dan batuan.

Istilah tanah longsor lebih banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari atau di luar bangku sekolah agar menyamakan persepsi dan memudahkan masyarakat luas memahami terjadinya bencana, yakni gerakan massa tanah dan batuan. Sehingga, siapa pun yang mengatakan “ada longsor” atau “ada tanah longsor” maka yang terjadi adalah gerakan massa tanah dan batuan walaupun dalam ilmu kebumihan hal tersebut berbeda.

Pengetahuan yang berbeda ketika tim dosen menanyakan jenis pemicu terjadinya longsor, beberapa siswa mampu menjawab pemicu tersebut, seperti gempa bumi, pemotongan kaki lereng, lereng yang curam, dan drainase yang tidak baik. Dari pengetahuan ini maka terlihat siswa-siswi Jurusan Geologi Pertambangan, SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar sudah memahami beberapa hal yang dapat memicu terjadinya bencana gerakan massa tanah dan batuan. Secara umum, penyebab terjadinya longsor ada tiga, yakni geometri lereng (Azizi dkk., 2019), mekanika atau karakteristik material (Rai dkk., 2014), dan hidraulik atau keberadaan air dalam suatu lereng (Dwinagara dkk., 2021). Ketidakstabilan lereng atau longsor dapat dianalisis dan diketahui dengan berbagai metode, seperti metode keseimbangan batas (Salu dkk., 2023), metode numerik (Munir dkk., 2017), metode observasi atau monitoring (Prasetyo & Ayu, 2024), analisis kinematik (Rekinagara dkk., 2021), dan metode empiris (Haslan dkk., 2021).

Gerakan massa tanah dan batuan dalam bidang kebumihan, baik di teknik geologi, teknik pertambangan, maupun teknik sipil, dipelajari dalam ilmu geologi teknik atau geoteknik. Geoteknik merupakan cabang ilmu geologi yang berhubungan erat dengan kelanjutan pembangunan yang memperhatikan lingkungan, seperti pembangunan jalan tol, rel kereta api, bangunan, jembatan, dan

rekayasa lereng lainnya (Zakaria & Jihadi, 2017). Keilmuan ini sudah dipelajari di tingkat sekolah menengah kejuruan, khususnya pada jurusan geologi pertambangan walaupun lebih fokus pada pengantar keilmuan tersebut.

Kegiatan pelatihan ini sangat disambut baik oleh sekolah karena sekolah merasa terbantu dengan kedatangan tim dosen pengabdian dari kampus sebagai salah satu wujud mengaplikasikan tridarma perguruan tinggi. Kedatangan tim pengabdian dapat membantu sekolah dalam pemberian materi yang berkaitan dengan ilmu geologi pertambangan karena salah satu kendala yang dihadapi oleh sekolah yakni sangat kurangnya tenaga pengajar (guru) lulusan program studi teknik geologi atau teknik pertambangan. Mayoritas lulusan program studi ini memilih bekerja di perusahaan sebagai seorang insinyur daripada menjadi guru di sekolah-sekolah. Gambar 4 menunjukkan proses penyampaian materi mengenai kelongsoran pada hari pertama yang diikuti oleh sembilan siswa kelas XII.



Gambar 4 Penyampaian materi kepada peserta pelatihan

Setelah penyampaian materi oleh dosen pengabdian, kegiatan dilanjutkan dengan menonton video edukasi bencana tanah longsor dari BNPB Indonesia. Video edukatif ini sangat membantu siswa dalam memahami tanah longsor yang berisi mengenai definisi bencana tanah longsor, faktor pengontrol kestabilan lereng, pemicu longsor, tanda-tanda akan terjadinya tanah longsor, dan pencegahan tanah longsor.

Hari kedua pengabdian masyarakat dipindahkan ke ruangan yang lebih luas karena jumlah peserta bertambah menjadi 27 orang yang merupakan gabungan antara siswa kelas X dan kelas XII, Jurusan Geologi Pertambangan, SMK Penerbangan Techno Terapan, Makassar. Kegiatan pengabdian hari kedua diawali dengan penyampaian materi atau pengulangan materi yang telah disampaikan sebelumnya karena ada penambahan peserta yang tidak mengikuti materi pada hari sebelumnya. Setelah pengulangan materi, tim dosen kemudian menjelaskan materi dasar dan langkah kerja (SOP) dari pengujian sifat fisik batuan yang merupakan judul pada pengabdian ini. Gambar 5 merupakan penjelasan materi dan langkah kerja pengujian sifat fisik batuan.



Gambar 5 Penjelasan materi dan langkah kerja pengujian sifat fisik batuan

Penjelasan mengenai mekanisme pelatihan pengujian sifat fisik batuan telah disampaikan, kegiatan pengabdian dilanjutkan dengan praktikum untuk memberikan pengalaman dan meningkatkan pengetahuan peserta mengenai pengujian sifat fisik batuan. Sifat fisik batuan merupakan salah satu properti material yang dibutuhkan dalam proses perancangan lereng yang stabil. Sampel pengujian ini harus diambil dengan baik dan memiliki jaminan yang sesuai dengan kondisi aslinya di lapangan sehingga insinyur geoteknik dapat memahami karakteristik geoteknik yang lebih efisien dan merancang lereng tambang dengan aman (Rai dkk., 2014).

Pengujian sifat fisik dibantu oleh empat orang asisten dari Laboratorium Mekanika Batuan dan membagi peserta menjadi empat kelompok yang masing-

masing peserta dibagi di dalam kelompok tersebut. Pelatihan pengujian ini sangat menambah semangat peserta yang menunjukkan antusias dan keaktifannya dalam percobaan ini. Setiap kelompok mendapatkan lima jenis batuan berbeda yang masing-masing batuan akan diukur sebanyak lima kali untuk mendapatkan data yang baik dan mengurangi perbedaan data yang bisa timbul dalam pengukuran.

Pengujian sifat fisik difokuskan pada pencarian densitas atau massa jenis batuan yang dimulai dengan menimbang massa contoh batuan sebanyak lima kali. Kemudian peserta mengisi gelas ukur sesuai dengan kapasitas sampel yang akan dimasukkan ke dalam air dan mengukur volume awal dari air dengan membaca gelar ukur. Kemudian setelah contoh batuan dimasukkan, volume air pun kemudian diukur untuk mendapatkan volume akhir yang nantinya diolah untuk mendapatkan volume batuan. Adapun density atau massa jenis didapatkan dengan membandingkan antara massa dan volume dari contoh batuan yang telah diukur.

Kegiatan pengujian diikuti oleh peserta dengan antusias yang tinggi karena mempraktekkan langsung apa yang telah mereka pelajari sebelumnya. Setiap kelompok didampingi oleh satu orang asisten yang siap menjelaskan dan memberikan pemahaman kepada peserta mengenai pengujian sifat fisik batuan. Setiap kelompok tersebut diisi oleh siswa yang berasal dari kelas berbeda sehingga selain mendapatkan pengetahuan dan pengalaman praktis, peserta juga dapat menjalin silaturahmi yang baik antara siswa kelas sepuluh yang merupakan siswa baru masuk dengan kakak kelasnya di kelas XII. Gambar 6 berikut ini menunjukkan proses praktikum atau percobaan pengujian sifat fisik batuan oleh siswa.



Gambar 6 Penjelasan materi dan langkah kerja pengujian sifat fisik batuan

Pengabdian masyarakat ini ditutup dengan mengulas kembali materi yang telah diberikan dan proses praktikum pengujian sifat fisik batuan yang telah diikuti oleh siswa Jurusan Geologi Pertambangan, SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar. Setelah itu, dosen dan asisten melakukan evaluasi mengenai peningkatan pemahaman mereka mengenai bencana gerakan tanah dan batuan yang menunjukkan peningkatan pengetahuan dan pengalaman mengenai bencana ini. Pasca evaluasi terhadap pengetahuan dan keterampilan siswa didapatkan peningkatan dengan persentase 86,5% yang sebelumnya hanya 37%. Evaluasi ini dilakukan dengan membagi kuesioner dan melalui pertanyaan-pertanyaan secara langsung kepada peserta.

Tim pengabdian berharap mereka dapat menjadi duta longsor dalam mengedukasi orang-orang di sekitarnya mengenai mitigasi bencana tanah longsor sehingga terhindar dari korban jiwa yang sering kali berguguran pada bencana seperti ini. Menurut Fitriana (2021), bencana dapat dihadapi secara efektif dengan memberikan siswa pengetahuan dan keterampilan kebencanaan. Ketika pengetahuan kurang mengenai bencana, siswa acap kali tidak mengetahui tindakan apa yang tepat dilakukan saat terjadi bencana Hafida (2018). Menurut Rahmat dkk. (2024), pelatihan dan simulasi mengenai kebencanaan kepada siswa merupakan strategi terbaik dalam menambah kesadaran siswa dalam menghadapi bencana

SIMPULAN

Pengabdian kepada masyarakat mampu menyelesaikan tujuan utama dari pengabdian ini, yakni edukasi terhadap siswa mengenai bencana longsor dan memberikan pengalaman praktikum uji sifat fisik batuan untuk pemodelan kelongsoran lereng. Edukasi yang cukup lengkap dan disertai dengan praktikum atau percobaan pengujian sifat fisik batuan yang membuat semangat belajar siswa dan pengetahuannya jauh lebih baik. Sebelum pelatihan dimulai, pengetahuan siswa hanya 37% mengenai materi dan setelah mengikuti pelatihan ini, pengetahuan dan keterampilan siswa meningkat menjadi 86,5%. SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar sangat mengharapkan kegiatan pengabdian senantiasa dilakukan secara berkesinambungan oleh UMI sebagai sarana berbagi dengan masyarakat untuk mewujudkan peningkatan kualitas generasi penerus di bidang geologi pertambangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian ini terselenggara atas dukungan beberapa pihak sehingga ucapan terima kasih kami sampaikan kepada: Yayasan Wakaf Universitas Muslim Indonesia, Universitas Muslim Indonesia, Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat UMI, Fakultas Teknologi Industri UMI, SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar, dan Laboratorium Mekanika Batuan FTI UMI Makassar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, H., & Munir, Abd. S. (2021). Basic Mining Geotechnical Training in Mining Geology Department Vocational School (SMK) Aviation Techno Makassar. *Mattawang: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 46–49.
- Arif, I. (2016). *Geoteknik Tambang* (Ayu Lestari, Ed.; I). PT Gramedia Pustaka Utama.
- Azizi, M. A., Hakim, R. N., & Nugraha, A. D. (2019). Optimalisasi Geometri Lereng Tambang Nikel Menggunakan Metode Probabilistik Pada Hill Pit 05 PT Vale Indonesia Tbk, Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, 7(2).
- Dwinagara, B., Merliza, M., & Sukamto, U. (2021). Analisis Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng pada Tambang Batubara PT Bukit Asam Tbk. Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 6(2), 154–163.
- Fitriana, E. (2021). Pendidikan siaga bencana: pendekatan dalam pembelajaran geografi. *Meretas: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 8(1).
- Guskarnali, G., Oktarianty, H., & Armelia, D. (2021). Pengaruh Sifat Fisik Batuan Terhadap Kuat Tekan Uniaksial pada Batu Granit di Pulau Bangka. *Jurnal Geomine*, 8(3).
- Hafida, S. H. N. (2018). Urgensi Pendidikan Kebencanaan Bagi Siswa Sebagai Upaya Mewujudkan Generasi Tangguh Bencana. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 28(2).
- 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.
- 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.
- Nainggolan, E. N., & Dzakiya, N. (2019). Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Analisis Sifat Fisik Mekanik Tanah dan Batuan Di Desa Selopamioro Dan Sekitarnya, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknominerall*, 1(2).

- Prasetyo, I. F., & Ayu, R. T. D. (2024). Geotechnical Monitoring of Slope Stability in Open-Pit Mining at PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Tuban Plant. *Journal of Marine-Earth Science and Technology*, 4(2).
- Rahmat, H. K., Syah, N., & Barlian, E. (2024). Urgensi Pendidikan Kebencanaan dalam Meningkatkan Kesadaran Bencana pada Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Ekonomi dan Bisnis*, 1568–1583.
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., & Wattimena, R. K. (2014). *Mekanika Batuan* (1 ed.). Penerbit ITB.
- Rekinagara, I. H., Kusumayudha, S. B., Setiawan, J., Lusantono, O. W., & Dwinagara, B. (2021). Correlation between geological structures and kinematic analysis to identify the vulnerability zone of slope failures on Samigaluh and Borobudur district. *AIP Conference Proceedings*, 2363.
- Salu, S. P., Suparlan, Muh. T., & Munir, A. S. (2023). Analisis Kestabilan Lereng Tambang Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas di Blok Deuter Timur PT Fajar Sakti Prima Kalimantan Timur. *Geomine*, 11(3), 263–276.
- Zakaria, Z., & Jihadi, L. H. (2017). Peran Ilmu Dasar dalam Geoteknik untuk Menunjang Pembangunan Berkelanjutan yang Berwawasan Lingkungan. *Bulletin of Scientific Contribution*, 14(3).