

KARAKTERISTIK TANAH PADA LERENG SEBAGAI MITIGASI PASCA BENCANA TANAH LONGSOR (STUDI KASUS: NAGARI AIE DINGIN, KAB. SOLOK, SUMATERA BARAT)

AGUSTINA AYUNIMAS, NOVY HARYATI*, HERIX SONATA, MELI MUCHLIAN

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Padang, Sumatera Barat.

*Corresponding Author : ✉ novyharyati@itp.ac.id

Naskah diterima : 7 November 2023. Disetujui: 27 Desember 2023. Diterbitkan : 30 Desember 2023

ABSTRAK

Bencana tanah longsor yang berada di kawasan Nagari Aia Dingin, Kecamatan Lembah Gumanti, Kabupaten Solok yang diakibatkan oleh intensitas hujan yang tinggi dan faktor lainnya diduga karena adanya aktivitas tambang di daerah tersebut yang menyebabkan kontur tanah disana menjadi labil. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis nilai karakteristik tanah pada lereng, menganalisis nilai Faktor Keamanan (FK) lereng dan menganalisis mitigasi yang tepat terhadap bencana tanah longsor pada Nagari Aia Dingin Kecamatan Lembah Gumanti. Metode penelitian yang digunakan pendekatan kuantitatif. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa karakteristik tanah pada lereng tersebut termasuk jenis tanah pasir berlanau dengan gradasi buruk dan perhitungan menggunakan program Geostudio Slope/W 2012 menunjukkan nilai Faktor Keamanan (FK) dari lereng di Nagari Aia Dingin, Kecamatan Lembah Gumanti, Kabupaten Solok dengan simulasi menggunakan sudut 30°, 45°, 60°, 70° didapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) < 1,5 lereng tersebut termasuk dalam kondisi tidak stabil. Lereng tersebut berbahaya dan dapat mengakibatkan longsor dikemudian hari. Upaya mitigasi yang dapat dilakukan yaitu mitigasi struktural dengan membuat dinding penahan tanah atau beronjong batu dan drainase pada lokasi longsor, pemetaan lereng atau melandaikan lereng yang curam dan membuat jembatan penghubung permanen. Mitigasi non-struktural dapat berupa pemberian informasi terkait dengan zona rawan tanah longsor, dilakukan sosialisasi pada beberapa lokasi yang berdampak rawan tanah longsor.

Kata kunci : tanah longsor, mitigasi bencana, faktor keamanan

1. PENDAHULUAN

Kelongsoran lereng yang dipicu oleh hujan dengan intensitas tinggi sangat potensial terjadi di daerah perbukitan atau lereng pegunungan (Polemio & Petrucci, 2000). Intensitas hujan tinggi dalam waktu yang sangat singkat pada lereng menerus (infinite slope) dapat

berdampak signifikan terhadap stabilitasnya (Muntohar & Liao, 2010). Di samping itu keadaan alamiah lereng serta jenis tanah merupakan faktor yang menentukan potensi ketidakstabilan lereng tersebut. Ketebalan lapisan tanah pada lereng menerus/tidak terbatas juga menjadi faktor yang berkontribusi pada potensi kelongsorannya. Permeabilitas dari jenis tanah pembentuk lereng mengontrol mudah atau tidaknya infiltrasi air ke dalam lapisan tanah. Tekanan air pori dan gaya rembesan saat atau beberapa saat setelah hujan intensitas tinggi meningkat secara drastis dan akhirnya memicu kelongsoran. Peningkatan air pori yang drastis menyebabkan tanah kehilangan tegangan efektifnya dan sekaligus kekuatan gesernya (Muntohar & Liao, 2010).

Proses mitigasi merupakan tindakan pencegahan bencana agar jangan sampai terjadi dan juga pengurangan dampak buruk akibat bencana yang sudah terjadi hingga tahap paling minimal. Kebijakan mitigasi dalam manajemen bencana merupakan suatu kebijakan yang bersifat jangka panjang. Aktivitas mitigasi bencana sesungguhnya adalah upaya untuk mengeliminasi kemungkinan terjadinya bencana, atau mengurangi efek dari bencana yang tidak dapat diprediksi kejadiannya. Efektivitas tindakan mitigasi bencana tergantung pada ketersediaan informasi tentang bencana, resiko keadaan darurat (emergency risks), dan tindakan tanggapan (counter measures) yang diambil (Sonata, 2021).

Musibah tanah longsor Alahan Panjang, tepatnya di kawasan Air Dingin, Kecamatan Lembah Gumanti, Kabupaten Solok telah memutuskan arus transportasi Kabupaten Solok – Solok Selatan dan Sungai Penuh, Jambi selama 7 hari (**Gambar 1** dan **Gambar 2**). Ratusan kendaraan yang biasanya melalui jalur ini, sejak Sabtu (18/04/2020) lalu terhenti. Peristiwa ini sangat berdampak buruk bagi warga sekitar. Bencana longsor sepanjang 25 meter menyebabkan dua unit rumah warga sekitar terseret oleh material longsor yang datang dari arah tambang galian C yang berada di atas pemukiman warga, meskipun tidak ada korban jiwa dalam kejadian ini, namun ruas jalan nasional yang terhubung ke Kabupaten Solok Selatan putus total. Kronologi kejadian di wilayah bencana diawali oleh hujan dengan intensitas tinggi dan terjadi secara terus menerus dalam sepekan. Penyebab lainnya juga diduga karena adanya aktivitas tambang di daerah tersebut yang menyebabkan kontur tanah di sana menjadi labil (Minang, 2020).



Gambar 1. Kondisi lereng setelah longsor



Gambar 2. Kondisi jalan sesudah longsor

Dari penelitian ini akan diketahui bagaimana pengaruh karakteristik tanah terhadap potensi longsor pada lokasi bencana. Kemiringan lereng juga akan ikut divariasikan dalam pengujian. Hasil yang diperoleh diharapkan bisa menjadi pertimbangan untuk proses mitigasi longsor khususnya di lokasi bencana saat ini.

1.1. JENIS-JENIS DAN FAKTOR PENYEBAB BENCANA

Longsor merupakan salah satu bentuk gerakan tanah. Menurut Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi gerakan tanah memiliki banyak sifat. Ada enam bentuk gerakan tanah seperti yang didefinisikan oleh jenis gerakan tanah (Hakam, 2010; Highland & Bobrowsky, 2008):

- a. Longsor translasi berupa Bergeraknya masa tanah dan batuan pada bidang gelincir merata atau menggelombang landai.
- b. Longsor rotasi merupakan longsor yang disebabkan Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.
- c. Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang Bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata.
- d. Runtuhan batu terjadi saat sejumlah besar batuan lain Bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas.
- e. Rayapan tanah merupakan jenis longsor yang Bergerak lambat.
- f. Longsor Aliran bawah rombakan terjadi ketika masa tanah Bergerak dan didorong oleh air.

1.2. MITIGASI BENCANA

Menurut UU no 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana dijelaskan bahwa mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Mitigasi juga merupakan salah satu bentuk hubungan yang positif antara bencana dan pembangunan. Berbagai institusi, masyarakat, dan individu dapat memanfaatkan sumber daya mereka untuk mengurangi risiko bahaya melalui program mitigasi. Mereka juga dapat memastikan bahwa inisiatif pembangunan yang mungkin terjadi dimasa datang (Sonata, 2021).

Bentuk upaya mitigasi bencana berupa:

a. Mitigasi Struktural

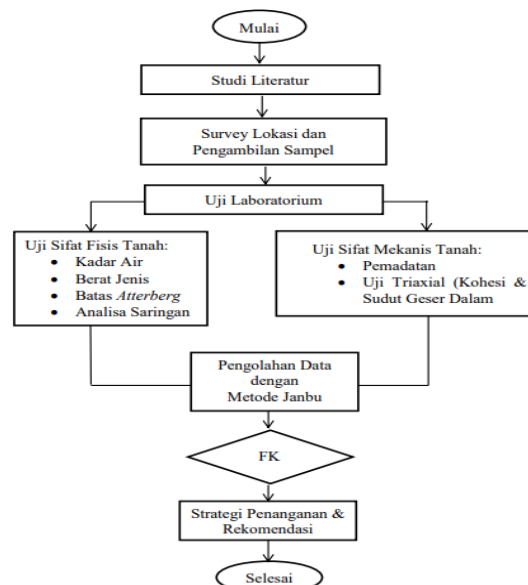
Mitigasi struktural adalah upaya untuk mengurangi kerentanan (vulnerability) terhadap bencana dengan cara rekayasa teknis bangunan tahan bencana. Bangunan tahan bencana adalah bangunan dengan struktur yang direncanakan sedemikian rupa sehingga bangunan tersebut mampu bertahan atau mengalami kerusakan yang tidak membahayakan apabila bencana yang bersangkutan terjadi. Rekayasa teknis adalah prosedur perancangan struktur bangunan yang telah memperhitungkan karakteristik aksi dari bencana (Basuki, 2020).

b. Mitigasi Non-Struktural

Mitigasi nonstruktural adalah upaya mengurangi dampak bencana selain dari upaya tersebut di atas. Bisa dalam lingkup upaya pembuatan kebijakan seperti pembuatan suatu peraturan. Undang-Undang Penanggulangan Bencana adalah upaya non-struktural di bidang kebijakan dari mitigasi ini. Contoh lainnya adalah pembuatan tata ruang kota, capacity building masyarakat, bahkan sampai menghidupkan berbagai aktivitas lain yang berguna bagi penguatan kapasitas masyarakat, juga bagian dari mitigasi ini. Ini semua dilakukan untuk, oleh dan di masyarakat yang hidup di sekitar daerah rawan bencana (Basuki, 2020).

2. METODA PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Institut Teknologi Padang. Bahan berupa sampel tanah terganggu *disturbed soil* dari lokasi lereng yang rawan bahaya longsor di lokasi Aie Dingin, Kecamatan Lembah Gumanti, Kabupaten Solok. Pengujian sampel tanah di laboratorium terdiri dari dua pengujian yaitu pengujian sifat fisik tanah dan pengujian mekanik tanah. Pengujian sifat fisik tanah digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah sedangkan pengujian mekanik tanah untuk mendapatkan nilai kuat geser tanah berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah. Adapun tahap – tahap penelitian seperti bagan alir **Gambar 3** berikut ini:



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Sampel tanah berupa tanah terganggu *disturbed soil* yaitu tanah yang sudah tidak alami lagi karena telah terganggu oleh lingkungan luar atau bercampur dengan butiran pasir yang diakibatkan oleh longsor, dengan kedalaman ± 50 cm dan pengambilan sampel terdiri dari 3 titik lereng longsor. Sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang mewakili tanah di lokasi pengambilan sampel. Untuk pengujian di laboratorium peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Satu set alat uji kadar air tanah mengacu ke ASTM D-2216-98 (t.t.),
2. Satu set alat uji gravitas khusus (berat jenis) mengacu ke ASTM D-854-58 (2023)
3. Satu set alat batas – batas konsistensi mengacu ke ASTM D-4318 (2018),
4. Satu set alat uji saringan mengacu ke ASTM D-421-58 (2007) dan hydrometer ASTM D-422-63 (2002),
5. Satu set alat uji pemadatan standar mengacu ke ASTM D-698-78 (2021),
6. Satu set alat uji triaxial *UU* mengacu ke ASTM D-2850 (t.t.).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. HASIL PENGUJIAN SIFAT FISIS TANAH

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah untuk memperoleh nilai parameter tanah didapatkan hasil seperti dalam **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah

No.	Jenis Penelitian	Tanah 1	Tanah 2	Tanah 3
1.	Kadar Air	20,28	13,50	19,90
2.	Berat Jenis (Spesific gravity, <i>G_s</i>)	2,71	2,63	2,45
3.	Batas Atterberg			
	Batas Cair (Liquid limit, <i>LL</i>)	29,56 %	22,86 %	35,02 %
	Batas Plastis (Plastic limit, <i>PL</i>)	17,67 %	17,67 %	17,67 %
	Batas Susut (Shrinkage limit, <i>SL</i>)	15,98 %	22,78 %	21,04 %
4.	<i>Plasticity indeks (PI)</i>	11,89 %	5,19 %	17,35 %
5.	Uji Saringan dan Hydrometer			
	Lolos Saringan No. 200	3,79 %	20,13 %	28,19 %
	Tertahan Saringan No. 200	3,79 %	96,21 %	93,71 %
	D10	0,100 mm	0,080 mm	0,020 mm
	D30	0,041 mm	0,040 mm	0,120 mm
	D60	0,015 mm	0,161 mm	0,190 mm
	Cu	0,15	2,01	9,45
	Cc	1,12	0,11	3,81

3.2. HASIL PENGUJIAN SIFAT MEKANIS TANAH

Dari hasil pengujian sifat mekanis tanah yang terdiri dari pemadatan tanah, dan uji triaxial diperoleh data seperti dalam **Tabel 2** sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah

No.	Jenis Penelitian	Tanah 1	Tanah 2	Tanah 3
1.	Berat Volume kering maks (γ_d) maks	1,560 g/cm ²	1,550 g/cm ³	1,310 g/cm ³
2.	Kadar air optimum (W_{opt})	9,04 %	8,59 %	18,41 %
3.	Kohesi	9,10 kN/m ²	9,74 kN/m ²	3,51 kN/m ²
4.	Sudut Geser	5,04°	2,16°	4,15°

Dari hasil pengujian laboratorium terhadap sampel yang digunakan, dapat disimpulkan karakteristik tanah sebagai berikut:

a. Berdasarkan *Unified Soil Classification* (USCS)

Sistem klasifikasi *USCS* merupakan sistem pengelompokan berbasis pada hasil percobaan di laboratorium. Adapun hasil dari pengujian laboratorium ini terdapat pada Tabel 1 di mana menunjukkan data propertis tanah berdasarkan nilai persentase butiran yang lolos saringan no. 200 pada pengujian sampel tanah 1 sebesar 3,79% < 50%, maka berdasarkan tabel klasifikasi tanah *USCS*, sampel tanah termasuk jenis tanah berbutir kasar. Pada pengujian sampel tanah 2 sebesar 20,13% < 50%, maka berdasarkan tabel klasifikasi tanah *USCS*, sampel tanah termasuk jenis tanah berbutir kasar. Dan pada pengujian sampel tanah 3 sebesar 28,19% < 50%, maka juga termasuk jenis tanah berbutir kasar.

b. Berdasarkan *AASHTO*

Berdasarkan data dari analisis saringan dan indeks plastisnya dapat disimpulkan bahwa tanah percobaan sampel tanah 1, 2 dan 3 adalah berupa tanah pasir berlanau dengan gradasi buruk. Ini dilihat dari % pasir yang lebih dari % kerikil dengan nilai $PI = 11,89\%$ untuk sampel tanah 1 dan $5,19\%$ untuk sampel tanah 2, nilai $Cu = 0,15$ untuk sampel tanah 1 dan $Cu = 2,01$ untuk sampel tanah 2. Untuk sampel tanah 3 nilai $PI = 17,35\%$ dan $Cu = 9,45$.

3.3. ANALISIS STABILITAS LERENG

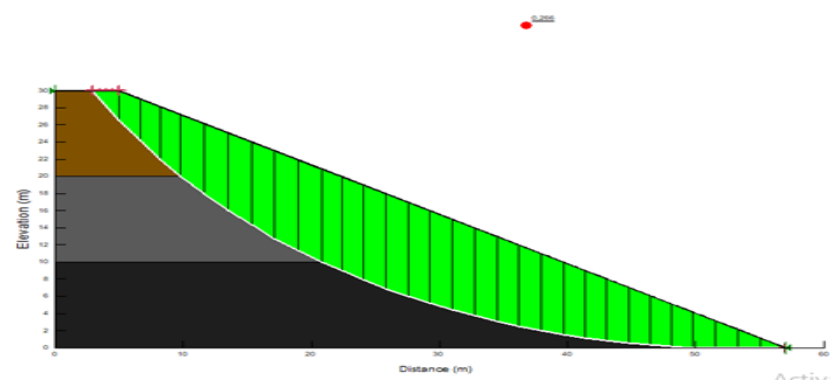
Perhitungan analisis kestabilan lereng dengan menggunakan program *Geoslope* memerlukan data – data yang diketahui terlebih dahulu yaitu data tanah lereng tersebut (**Tabel 3**).

Tabel 3. Data Parameter Tanah Untuk Analisis Lereng

Parameter Geser Tanah	Tanah 1	Tanah 2	Tanah 3
Kohesi (c)	9,10 kN/m ²	9,74 kN/m ²	3,51 kN/m ²
Berat Isi (γ_b)	21,60 kN/m ³	21,60 kN/m ³	21,60 kN/m ³
Sudut Geser Dalam (ϕ)	5,04°	2,16°	4,15°

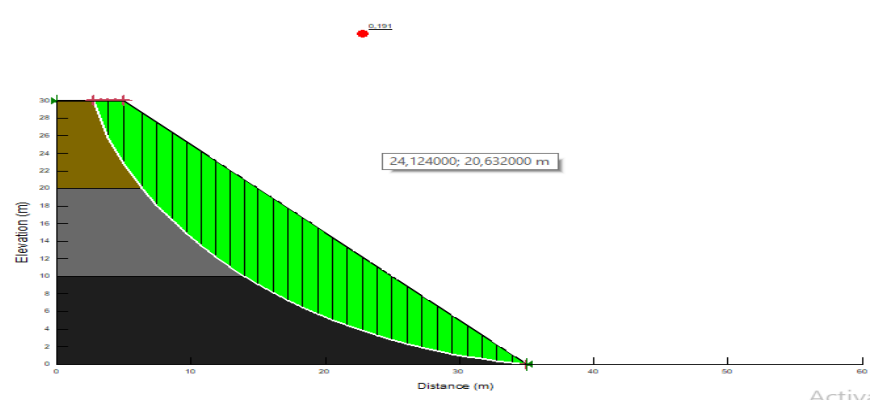
Untuk data γ_b diambil dari nilai propertis tanah untuk tanah keadaan asli lapangan. Dan untuk data nilai kohesi dan sudut geser dalam didapatkan dari hasil uji Triaxial. Pada lokasi Nagari Aia Dingin, Kecamatan Lembah Gumanti berada di elevasi 1420 mdpl dengan kemiringan lereng 30° – 70° maka lereng tersebut dinyatakan curam. Berikut simulasi lereng dengan menggunakan program *Geoslope/W* dengan sudut 30°, 45°, 60°, 70° sebagai berikut (**Gambar 4**, **Gambar 5**, **Gambar 6**, dan **Gambar 7**):

Simulasi sudut 30°



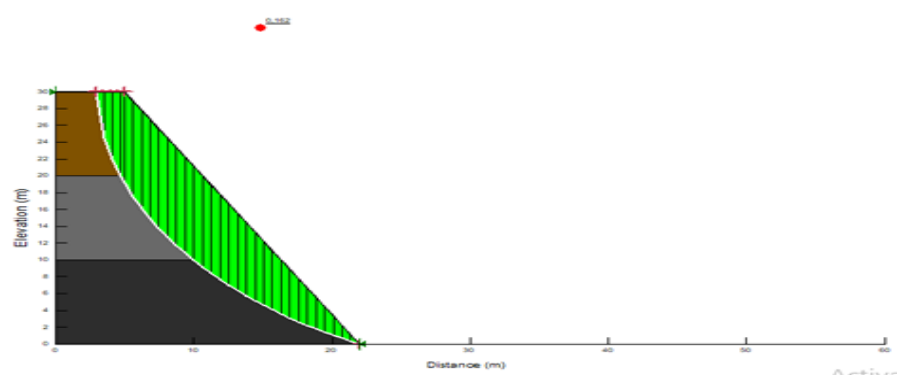
Gambar 4. Simulasi Sudut 30°

Simulasi Sudut 45°



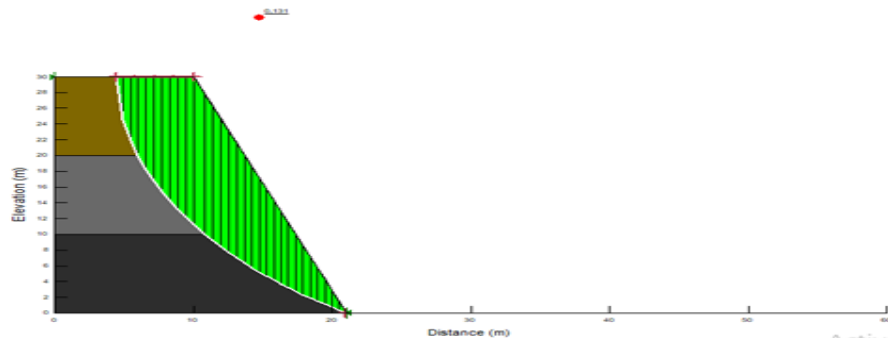
Gambar 5. Simulasi sudut 45°

Simulasi Sudut 60°



Gambar 6. Simulasi sudut 60°

Simulasi Sudut 60°



Gambar 7. Simulasi sudut 70°

Pada lokasi Nagari Aia Dingin, Kecamatan Lembah Gumanti berada di elevasi 1420 mdpl dengan kemiringan lereng 30° – 70° maka lereng tersebut dinyatakan curam. Dari simulasi pada program Geostudio Slope/W 2012 dilakukan untuk memperoleh nilai Faktor Keamanan (FK) pada lereng. Dari pengujian dengan variasi sudut 30°, 45°, 60°, dan sudut 70° yang dilakukan diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 0,266 untuk sudut 30°, simulasi dengan sudut 45° sebesar 0,191, simulasi dengan sudut 60° sebesar 0,162 dan simulasi dengan sudut 70° sebesar 0,131. Dengan demikian dapat disimpulkan semakin besar nilai sudut kemiringan maka semakin kecil nilai angka keamanan sehingga kemungkinan terjadi longsor semakin tinggi. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa lereng tersebut tidak aman untuk semua nilai kemiringan lereng, karena kecil dari 1,5.

3.4. MITIGASI BENCANA

Upaya mitigasi bencana merupakan tindakan pencegahan jika terjadi bencana dalam hal ini mitigasi yang dilakukan bersifat struktural maupun non-struktural.

Berikut bentuk upaya mitigasi struktural sebagai berikut:

- Melakukan pengerukan material longsor dan pembuatan dinding penahan tanah di sepanjang longsor.
- Memperbaiki saluran drainase. Berdasarkan pengamatan di lapangan bahwa sistem drainase di lokasi ini tidak memadai dan perlu dilakukan perbaikan.
- Pembuatan bronjong merupakan salah satu bentuk bangunan penahan tanah yang banyak digunakan dalam upaya menanggulangi bencana longsor.

Berikut bentuk upaya mitigasi non-struktural sebagai berikut:

- Pemerintah daerah melakukan pemantauan secara berkala terhadap wilayah yang sering terkena longsor.
- Memasang papan peringatan rawan longsor di jalan dan di daerah yang rawan terhadap longsor.
- Sosialisasi mengenai bencana longsor untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan bahaya yang mungkin terjadi, dan mengajak masyarakat untuk mengambil tindakan dalam pencegahan yang diperlukan. Sosialisasi secara aktif dilakukan BPBD Kabupaten Solok, hal ini bermaksud untuk dapat memberikan kesadaran secara dini kepada masyarakat tentang pentingnya mitigasi bencana.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan karakteristik tanah termasuk jenis tanah pasir berlanau dengan gradasi buruk. Dari hasil perhitungan Faktor keamanan menggunakan program Geostudio Slope/W 2012 menunjukkan nilai Faktor Keamanan (FK) dari lereng tersebut dengan simulasi menggunakan sudut 30°, 45°, 60°, 70° didapatkan semua nilai Faktor Keamanan (FK) < 1,5. Sehingga lereng tersebut termasuk dalam kondisi tidak stabil. Lereng tersebut berbahaya dan dapat mengakibatkan longsor dikemudian hari. Upaya mitigasi bencana yang dapat dilakukan yaitu mitigasi struktural dengan membuat dinding penahan tanah atau bronjong dan membuat drainase pada lokasi longsor, melandaikan lereng yang curam dan membuat jembatan permanen. Mitigasi non-struktural dapat berupa pemberian informasi terkait dengan zona rawan tanah longsor, dilakukan sosialisasi pada beberapa lokasi yang berdampak rawan tanah longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, I. (2020). *Mitigasi Struktural Bencana pada Infrastruktur Sistem Transportasi* (S. Savetlana, I. Sukmana, M. A. Muhammad, & A. Yudamson, Ed.; hlm. 11–20). UPT Perpustakaan Universitas Lampung. <https://e-journal.uaaj.ac.id/24201/>
- D 422, A. (2002). *D 422 – 63 (Reapproved 2002) Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*. ASTM International.
- D 2850, A. (t.t.). *Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D2850-15>
- D 4318, A. (2018). *D4318 – 17 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. ASTM International.
- D421, A. (2007). *Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants*. https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=ASTM%20D421&item_s_key=00018412
- D698-12, A. (2021). *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³))*. <https://www.astm.org/d0698-12r21.html>
- D854, A. (2023). *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by the Water Displacement Method*.
- D2216, A. (t.t.). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D2216-19>
- Hakam, A. (2010). *Stabilitas Lereng Dan Dinding Penahan Tanah*. Univesitas Andalas Press.
- Highland, Lynn. M., & Bobrowsky, P. (2008). *The Landslide Handbook A Guide to Understanding Landslides* [Circular]. U.S. Geological Survey.
- Minang, B. (2020, April 24). "ALAHAN PANJANG - Musibah tanah longsor Alahan Panjang, tepatnya di kawasan Air Dingin, Kecamatan Lembah Gumanti, Kabupaten Solok. https://www.instagram.com/p/B_W5i5CJiyN/
- Muntohar, A. S., & Liao, H.-J. (2010). Rainfall infiltration: Infinite slope model for landslides triggering by rainstorm. *Natural Hazards*, 54(3), 967–984. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9518-5>
- Polemio, M., & Petrucci, O. (2000). Rainfall as a Landslide Triggering Factor: An~Overview of Recent International Research. *Landslides*, 3, pp 1221-1226.
- Republik Indonesia. 2007. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana. Jakarta.
- Sonata, H. (2021). *Disaster Management*. Deepublish.