

ANALISA PENYEBAB TERJADI LONGSORAN DITINJAU DARI STABILITAS TANAH DAN PENGURANGAN RESIKONYA

M. Alfin Fikri¹, Eding Iskak Imananto², Eri Andrian Yudianto³, dan Ester Priskasari⁴

¹²³⁴) Program Studi Teknik Sipil S-1, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: 1521086.alfinfikri@gmail.com

ABSTRACT

Slope stability in some areas has an important role in reducing the risk of landslides. Heavy rains that occur during the rainy season may cause the land to become landslides and allow disasters to occur. To reduce any risks, it is necessary to analyze the stability of the slopes before and after the slope reinforcement by using gravity type of retaining wall reinforcement. In the process of slope stability analysis, the authors used a computer-aid program, namely GeoStudio 2012, which is used to calculate safety figures in a relatively short time. This analysis also used the simplified Bishop slice method to determine the slope stability. Soil samples to be tested in the soil mechanics laboratory are taken directly from the landslide location and are surface soil samples. Samples were taken in the form of undisturbed samples and disturbed samples. Based on the slope stability analysis before the reinforcement, the upper slope's safety factor is 0.944 by manual calculation and 0.990 by using the Geostudio 2012 program, meanwhile, the lower slope's safety factor is 1.039 using manual calculations and 1.045 using the GeoStudio 2012 program. Reinforcement of slope stability using gravity type retaining walls with control of overturning, shearing, and soil bearing capacity. After strengthening the slopes using gravity-type retaining walls, then the slope stability analysis was carried out using the GeoStudio 2012 program. The result obtained is that safety factor for the upper slope is 2.484 and for the lower slope is 2.131, which means the slope stabilities are safe or stable.

Keywords: slope stability, safety factor, gravity wall, and landslide.

ABSTRAK

Stabilitas lereng di beberapa daerah memiliki peranan penting dalam mengurangi resiko terjadinya longsor. Hujan deras yang terjadi pada musim hujan berakibat pada tanah yang menjadi longsor dan memungkinkan terjadinya musibah. Untuk mengurangi resiko tersebut, perlu dilakukan analisis terhadap stabilitas lereng pada saat sebelum adanya perkuatan dan sesudah adanya perkuatan lereng dengan menggunakan perkuatan dinding penahan tanah tipe gravitasi. Pada proses analisis stabilitas lereng, penyusun menggunakan program bantu komputer yaitu Geostudio 2012, digunakan untuk menghitung angka keamanan dalam waktu yang relatif singkat. Analisis ini juga menggunakan metode irisan Bishop yang disederhanakan untuk mengetahui stabilitas lereng. Sampel tanah yang akan diuji di laboratorium mekanika tanah, diambil langsung dari lokasi longsor dan merupakan sampel tanah permukaan. Sampel yang diambil berupa sampel tak terganggu dan sampel terganggu. Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng sebelum adanya perkuatan, diperoleh angka keamanan (*safety factor*) untuk lereng atas sebesar 0,944 dengan cara perhitungan manual dan sebesar 0,990 dengan menggunakan program GeoStudio 2012, sedangkan untuk lereng bawah angka keamanan (*safety factor*) sebesar 1,039 dengan cara perhitungan manual dan sebesar 1,045 dengan menggunakan program Geostudio 2012. Perkuatan stabilitas lereng menggunakan dinding penahan tanah tipe gravitasi dengan kontrol terhadap guling, geser dan daya dukung tanah. Setelah dilakukan perkuatan pada lereng menggunakan dinding penahan tanah tipe gravitasi maka dilakukan analisis stabilitas lereng menggunakan program GeoStudio 2012, diperoleh hasil angka keamanan (*safety factor*) untuk lereng atas sebesar 2,484 dan untuk lereng bawah sebesar 2,131 yang berarti stabilitas lereng tersebut sudah aman atau stabil.

Kata Kunci: stabilitas lereng, angka keamanan, *gravity wall*, dan longsor.

1. PENDAHULUAN

Secara geografis Jawa Timur memang dianggap memiliki potensi terjadi bencana seperti banjir, tsunami, puting beliung, gempa, tanah longsor dan sebagainya. Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya tanah longsor, hal ini bisa terjadi karena lereng yang terjal atau sudut kemiringan lereng yang besar dan tidak disertai dengan bangunan untuk stabilisasi (Dinding Penahan).

Hary Christady H. 2012 dalam bukunya yang berjudul Tanah Longsor dan Erosi – Kejadian dan Penanggannya menyatakan bahwa struktur penahan (Dinding Penahan Tanah) yang dibangun di kaki lereng dapat memperbesar stabilitas lereng karena dapat menahan gerakan massa tanah yang akan longsor. Struktur penahan di kaki lereng juga bisa melindungi kaki lereng terhadap gerusan atau erosi. Data riwayat kejadian bencana tanah longsor selama 8 tahun terakhir beserta jumlah kejadiannya dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Riwayat Kejadian Tanah Longsor

No.	Tahun	Jenis Kejadian	Jumlah Kejadian
1	2013	Tanah Longsor	29
2	2014	Tanah Longsor	10
3	2015	Tanah Longsor	7
4	2016	Tanah Longsor	112
5	2017	Tanah Longsor	45
6	2018	Tanah Longsor	23
7	2019	Tanah Longsor	16

Sumber : BPBD Kota Batu

Mengacu pada data riwayat kejadian tanah longsor tersebut dapat diketahui bahwa Kota Batu rawan terhadap bencana tanah longsor. Kejadian bencana bencana tanah longsor di Kota Batu cukup tinggi dengan rata – rata pertahunnya terdapat 37 kejadian. Hal tersebut menjadikan Kota Batu rentan dengan bencana alam khususnya tanah longsor.

Berdasarkan pernyataan dari Kasi Kedaruratan dan Logistik pada Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Batu, Achmad Choirur Rochim menyatakan bahwa pada waktu 16.30 WIB tanggal 27 Februari 2021 terjadi tanah longsor yang bertepatan di Jalan Brigjen Moh. Manan, Kelurahan Songgokerto, Kecamatan Batu, Kota Batu yang mengakibatkan sebagian badan jalan tertutup material longsor. Material longsor itu menimpa badan jalan yang merupakan akses utama menuju Kediri. (Sumber : <https://regional.kompas.com/read/2021/02/27/22337378/tertimpa-longsor-ruasjalan-di-payung-kotabatu-ditutup-kendaraan-dialihkan>).

Analisis stabilitas lereng umumnya didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic*

equilibrium). Maksud dari analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman (*safety factor*) dari bidang longsor yang potensial. Berdasarkan latar belakang dan kejadian di atas penyusun berkeinginan untuk mengambil judul “Analisis Penyebab Terjadi Longsoran Ditinjau Dari Stabilitas Tanah Dan Pengurangan Resikonya (Studi Kasus Longsoran di Kelurahan Songgokerto, Kecamatan Batu, Kota Batu)”

2. DASAR TEORI

Pengertian Tanah Longsor Menurut Para Ahli

Menurut Skempton dan Hutchinson (1969), tanah longsor atau gerakan tanah didefinisikan sebagai gerakan menurun lereng oleh massa tanah dan atau bantuan penyusun lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut.

Menurut Arsyad (1989), mengemukakan bahwa longsor terjadi sebagai akibat meluncurnya suatu volume di atas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air. Dalam hal ini lapisan terdiri dari tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi dan juga dapat berupa lapisan batuan seperti napal liat (*clay shale*) setelah jenuh air akan bertindak sebagai peluncur.

Menurut Suryolelono (2002), tanah longsor merupakan fenomena alam yang berupa gerakan massa tanah dalam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan dari luar yang menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah dan meningkatnya tegangan geser tanah. Pengurangan parameter kuat geser tanah disebabkan karena bertambahnya kadar air tanah dan menurunnya ikatan antar butiran tanah. Sedangkan tegangan geser tanah meningkat akibat meningkatnya berat satuan tanah.

Faktor Keamanan

Secara umum, analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menghitung nilai faktor keamanan (*Safety Factor*, SF) daripada lereng (Das, 1998). Faktor keamanan lereng dapat didefinisikan dengan persamaan 2.1.

$$SF = \frac{\tau_f}{\tau_d} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

- SF = *Safety Factor* atau Faktor Keamanan $\geq 1,3$
- τ_f = Tegangan geser rata – rata dari tanah
- τ_d = Tegangan geser rata – rata dari tanah yang bekerja di sepanjang bidang longsor

Secara teoritis, lereng mulai bergerak pada bidang keruntuhannya apabila nilai angka keamanan (SF) suatu lereng bernilai 1. Untuk keperluan perencanaan suatu lereng, biasanya nilai SF diambil sama dengan 1,3.

Penyebab Terjadinya Gerakan Massa Tanah

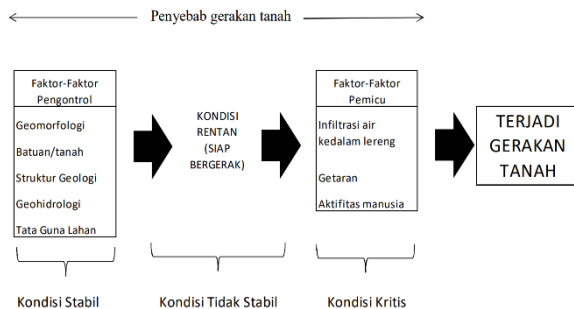
Banyak faktor semacam kondisi-kondisi geologi dan hidrologi, topografi, iklim, dan perubahan cuaca dapat mempengaruhi stabilitas lereng yang mengakibatkan terjadinya longsor. Gerakan massa tanah terjadi jika dipenuhi tiga keadaan, yaitu:

1. Kelerengan cukup curam.
2. Terdapat bidang peluncur di bawah permukaan tanah yang kedap air.

Terdapat cukup air (dari hujan) di dalam tanah di atas lapisan kedap, sehingga tanah jenuh air. Air hujan yang jatuh di atas permukaan tanah yang kemudian menjenuhi tanah, sangat menentukan kestabilan lereng, yaitu menurunnya tanah ketahanan geser (t) yang jauh lebih besar dari penurunan tekanan geser tanah (s), sehingga faktor keamanan lereng (F) menurun tajam ($F=t/s$), menyebabkan lereng rawan longsor.

Proses Terjadinya Gerakan Massa Tanah

Karnawati (2005) menjelaskan bahwa pergerakan massa tanah/batuan pada lereng dapat terjadi akibat interaksi pengaruh beberapa kondisi yang meliputi kondisi morfologi, geologi, struktur geologi, hidrogeologi dan tata guna lahan. Kondisi-kondisi tersebut saling berpengaruh sehingga mengkondisikan suatu lereng menjadi rentan dan siap bergerak. Lereng yang rentan dan siap bergerak akan benar-benar bergerak apabila ada faktor pemicu gerakan. Faktor pemicu terjadinya gerakan dapat berupa hujan, getaran-getaran atau aktifitas manusia pada lereng, seperti pemotongan dan penggalian, pembebanan yang berlebihan dan sebagainya.



Gambar 1. Proses Terjadinya Gerakan Tanah Dan Komponen-Komponen Penyebabnya

Faktor Pergerakan Massa Tanah

Menurut Karnawati (2005) faktor-faktor pengontrol pergerakan massa tanah merupakan fenomena yang mengkondisikan suatu lereng berpotensi untuk bergerak, meskipun pada saat tertentu lereng tersebut masih stabil atau belum bergerak/longsor. Lereng yang berpotensi untuk bergerak, apabila ada gangguan yang memicu terjadinya gerakan.

Karnawati (1996) mengidentifikasi faktor-faktor pengontrol terjadinya gerakan tanah di Indonesia, sebagai berikut :

1. Kondisi Geomorfologi (kemiringan lereng).
2. Kondisi Geologi.
3. Kondisi Tanah/Batuan Penyusun - Penyusun Lereng.
4. Kondisi Iklim.
5. Kondisi hidrologi lereng.

Pengurangan Resiko Bencana Tanah Longsor

Menurut pasal 1 ayat 2 dan ayat 3 Peraturan Pemerintah nomor 21 tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana menyatakan bahwa penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah serangkaian upaya yang meliputi penetapan kebijakan pembangunan yang berisiko timbulnya bencana, kegiatan pencegahan bencana, tanggap darurat, dan rehabilitasi. Selanjutnya untuk pencegahan bencana adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko bencana, baik melalui pengurangan ancaman bencana maupun kerentanan pihak yang terancam bencana.

Pengurangan resiko bencana tanah longsor struktural berupa perbaikan stabilitas lereng yang umumnya dilakukan untuk mereduksi gaya-gaya yang menggerakkan, menambah tahanan geser tanah atau keduanya. Dalam bab ini penyusun mengacu dengan metoda perbaikan stabilitas lereng (Hary Christady Hardiyatmo, 2012) tentang penggunaan bangunan untuk stabilisasi.

Pengurangan resiko bencana tanah longsor secara umum dapat dibagi menjadi 2, yaitu pengurangan resiko bencana tanah longsor berupa struktural seperti pembuatan bangunan penahan (dinding penahan), menjaga drainase lereng yang baik dan lain lainnya. Sedangkan pengurangan resiko bencana tanah longsor berupa non struktural seperti intervensi dari Pemerintah dalam hal ini seperti peraturan dan kebijakan serta memberikan penyuluhan kepada masyarakat maupun *stakeholder* yang ada di daerah rawan bencana tanah longsor.

Maksud pembuatan bangunan untuk stabilisasi adalah untuk menambah gaya gaya yang menahan kelongsoran. al ini, biasanya dilakukan dengan cara meletakkan massa tanah atau batuan atau Dinding penahan di kaki dari lereng. Pembuatan struktur untuk stabilisasi meliputi pembuatan :

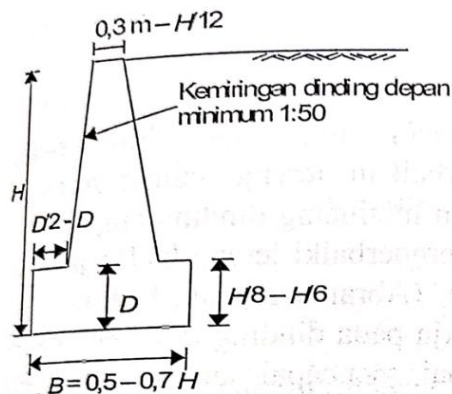
- a. Struktur *berm*.
- b. Parit geser (*shear trenches*).
- c. Dinding penahan.
- d. Tiang-tiang atau kaisan.

Namun dalam hal ini penyusun hanya membahas mengenai bangunan untuk stabilisasi berupa dinding penahan tanah. Struktur penahan yang dibangun di kaki lereng memperbesar stabilitas lereng karena dapat menahan gerakan massa tanah yang akan

longsor. Struktur penahan di kaki lereng juga melindungi kaki lereng terhadap gerusan atau erosi. Struktur penahan di kaki lereng dapat dibuat berupa dinding penahan memotong lereng dan dinding penahan tanpa memotong kaki lereng. Dari tipe-tipe struktur dinding penahan tanah juga bermacam variasi seperti dinding penyangga dari batuan, dinding bronjong, dinding krib, dinding gravitasi, dinding katilever dan lain sebagainya.

Dinding Gravitasi

Struktur dinding penahan gravitasi menahan tekanan tanah lateral dibelakangnya dengan mengandalkan beratnya sendiri (gambar 2.11). Bahan dinding penahan dapat dari pasangan batu, beton bertulang atau tanah bertulang (bahan-bahan tulangan: geotekstil, geogrid atau baja). Dinding penahan harus dirancang yang mampu menahan geseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas dukung tanah.



Gambar 2. Perkiraan Dimensi Tipikal Dinding Gravitasi

Pengujian Laboratorium

Pengujian benda uji akan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Untuk pengujian laboratorium yang dilakukan demi menunjang proses analisa adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Kadar Air (*Water Content Test*).
2. Pengujian Berat Volume (*Natural Density*).
3. Pengujian Berat Jenis Tanah.
4. Pengujian *Grain Size Analysis*.
5. Pengujian Tekanan Bebas (*Unconfined Compression Test*).
6. *Triaxial Compression Test*.
7. *Liquid Limit dan Plastis Limit*

Tekanan Tanah Lateral

Analisis tekanan tanah lateral digunakan untuk perancangan dinding penahan tanah dan struktur penahan yang lain, seperti pangkal jembatan, turap, terowongan, saluran beton di bawah tanah. Tekanan tanah lateral adalah gaya yang di timbulkan oleh akibat dorongan tanah di belakang struktur penahanan tanah. Besarnya tekanan lateral sangat

dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan sifat-sifat tanahnya (Hardiyatmo, 2010).

Tekanan Tanah Aktif

Perhitungan gaya aktif yang bekerja pada dinding penahan dapat dibuat dengan metode Rankine. Prosedur perhitungan metode Rankine untuk dinding penahan dengan tanah di belakang dinding menurut Hardiyatmo (2006).

$$P_a = K_a \gamma H^2 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)

K_a = Koefisien aktif

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

H = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan (m)

Nilai K_a untuk tanah dasar, menurut Hardiyatmo (2006) :

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) \dots \dots \dots (2.3)$$

Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah kearah tanah urugannya, sedangkan nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau K_p nilai tekanan pasif lebih besar dari nilai tekanan tanah saat diam dan nilai tekanan aktif. Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah urugannya, yaitu dimana tanah harus menahan gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan.

Gaya Pasif yang Bekerja pada Dinding Penahan pada Tanah Tak Kohesif, menurut Hardiyatmo (2006).

$$P_p = K_p \gamma H \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)

K_p = Koefisien pasif

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

z = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan (m)

Nilai K_p untuk tanah dasar, menurut Hardiyatmo (2006) :

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

K_p = Koefisien pasif

ϕ = Sudut geser tanah (°)

Stabilitas Dinding Penahan

Seperti yang terlihat pada gambar dibawah, ada beberapa hal yang dapat menyebabkan keruntuhan pada dinding penahan tanah, antara lain oleh :

a. Penggulingan

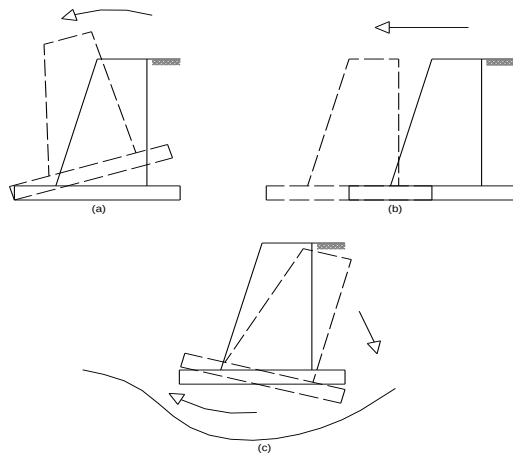
Asumsi bahwa dinding akan terguling jika momen guling lebih besar dari momen lawan. Tinjauan guling ini dihitung terhadap titik rotasi (o).

b. Penggeseran

Asumsi bahwa dinding penahan tanah akan tergeser pada bagian dasarnya. Oleh karena itu analisa dilakukan dengan meninjau semua gaya horizontal yang terjadi.

c. Keruntuhan daya dukung

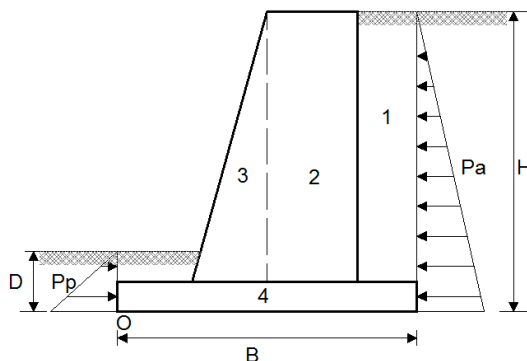
Asumsi dasar yang melawan keruntuhan kapasitas dukung dicapai dengan menggunakan faktor keamanan yang sesuai dengan tekanan dukung ultimate.



Gambar 3 Jenis – Jenis Keruntuhan Dinding Penahan Tanah

Stabilitas Terhadap Penggulingan

Pada gambar 4 dibawah ini, diperlihatkan diagram tekanan tanah pada dinding penahan tanah yang akan ditinjau, dalam hal ini adalah dinding penahan tanah tipe kantilever dimana asumsi tekanan tanah dihitung dengan rumus teori rankine.



Gambar 4. Diagram Untuk Tekanan DPT

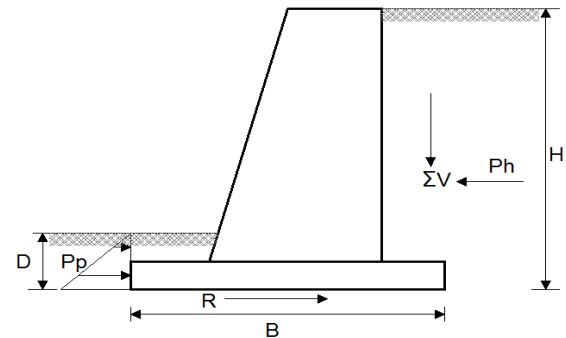
$$Fgl = \frac{M1+M2+M3+M4}{Pa(\frac{H}{3})} \dots\dots\dots(2.6)$$

Faktor aman terhadap guling, bergantung pada jenis tanah yaitu :

a. $\geq 1,5$ untuk tanah dasar berbutir

b. ≥ 2 untuk tanah dasar lempung

Stabilitas Terhadap Geser



Gambar 5. Kontrol Terhadap Pergeseran Dasar Dinding

Faktor keamanan terhadap stabilitas geser menurut Hardiyatmo (2006) dapat dinyatakan dengan rumus :

$$Fgs = \frac{V \cdot f + c \cdot B + P_p}{P_a} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

V = gaya vertikal

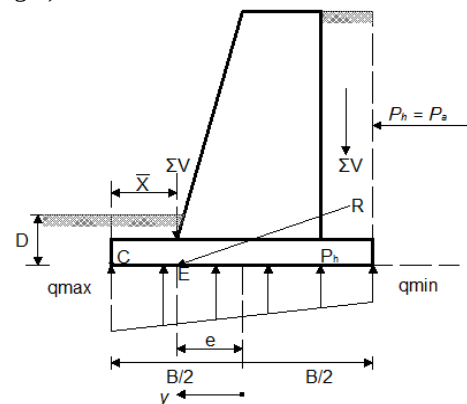
F = koefisien gesek antara dinding batu kali dan tanah dasar pondasi

c = kohesi tanah

B = alas pondasi dinding penahan tanah

Kapasitas Daya Dukung Tanah

Banyak cara yang telah dibuat untuk merumuskan persamaan kapasitas dukung tanah, namun seluruhnya hanya merupakan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat di kaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yan terjadi saat keruntuhnya. (teori Terzaghi)



Gambar 6. Kontrol Terhadap Keruntuhan Daya Dukung Tanah

Rumus persamaan umum beban ultimit persatuan luas :

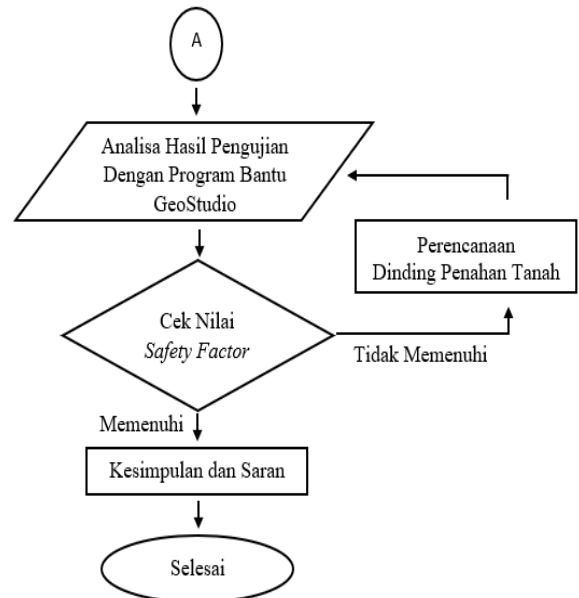
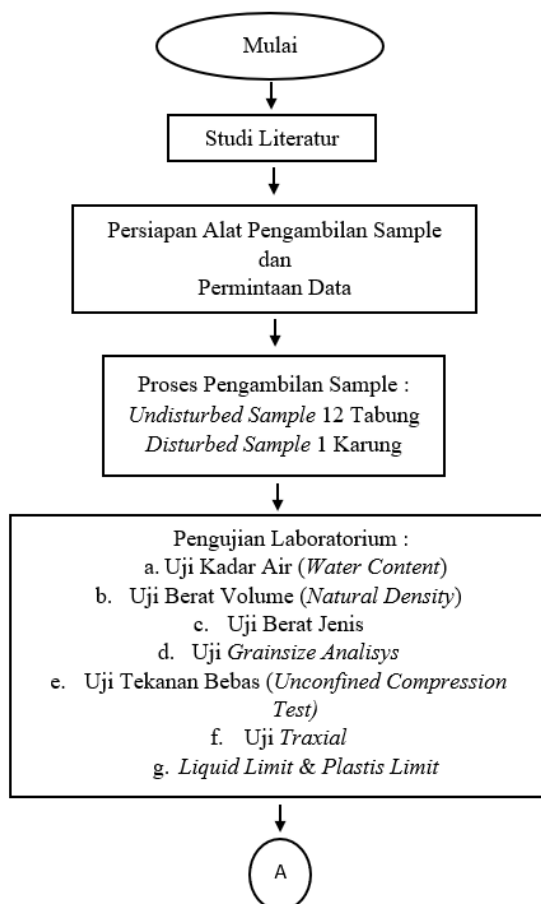
$$q_u = c.N_c + P_o.N_q + 0,5. \gamma.B.N_\gamma \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

- q_u = kapasitas dukung ultimit
 c = kohesi (kN/m²)
 p_o = $D_f. \gamma$ = Tekanan overburden pada dasar pondasi (kN/m²)
 D_f = kedalaman pondasi (m)
 γ = berat volume tanah (kN/m³)
 B = lebar pondasi (m)
 N_c, N_q, N_γ = factor kapasitas dukung (fungsi ϕ)

3. METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel dilaksanakan di lereng bekas longsor tersebut dengan menggunakan tabung sampel. Adapun jumlah titik pengambilan sampel 6 titik dan masing-masing titik diambil dengan 2 tabung sample. Setelah itu membersihkan titik pengambilan sampel kemudian digali sampai kedalaman 100 cm, lalu tabung sampel ditancapkan ke tanah dan kemudian dipukul hingga keseluruhan tabung masuk kedalam tanah, setelah itu ke dua lubang tabung sampel ditutup dengan menggunakan perekat dan di masukkan dalam kantung plastik yang diberi pita perekat supaya terjaga kadar air aslinya. Untuk pengambilan sampel berupa sample terganggu dan sampel tak terganggu. Untuk tahapan dalam analisa ini dapat dilihat pada bagan alir berikut :



Gambar 7. Diagram Bagan Alir

4. PEMBAHASAN

Pengujian Tanah

Pengujian tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah ITN Malang, sampel diambil dari 6 titik dengan pembagian 3 titik di lereng atas dan 3 titik di lereng bawah, hasil dari rata – rata pengujian di setiap sampel dapat dilihat dalam tabel 2.

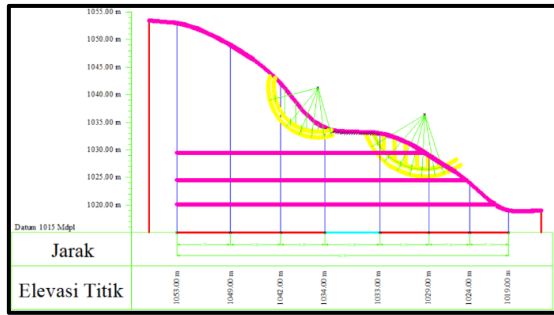
Tabel 2. Pengujian Tanah

No.	Pengujian Tanah Dari 6 Titik Lokasi		
A	Jenis Pengujian	Hasil Rata - Rata	Keterangan
1.	Kadar Air (<i>Water Content</i>)	$w = 41,14 \%$	-
2.	Berat Volume (<i>Natural Density</i>)	$\gamma_m = 1,81 \text{ gr/cm}^3$	-
3.	Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>)	$SG = 2,699$	Lempung Anorganik
4.	Analisa Butiran (<i>Grainsize Analysis</i>)	Pasir = 24,2 % Lanau = 58,31 % Lempung = 17,5 %	Tanah Liat Berlanau (<i>Silty Loam</i>)
5.	Batas Cair dan Batas Plastis (<i>Liquid Limit and Plastic Limit</i>)	LL = 46,085 % PL = 33,995 % PI = 12,09 %	ML (Lanau Anorganik)
6.	Pengujian Tekanan Bebas (<i>Unconfined Compression</i>)	$q_u \text{ Asli} = 0,232 \text{ kgf/cm}^2$ $q_u \text{ Buatan} = 0,285 \text{ kgf/cm}^2$ Kohesi (c) = 0,128 kgf/cm ²	-
7.	Triaxial	Sudut Geser (ϕ) = 7,472° Kohesi (c) = 0,142 kg/cm ²	-

Tabel 3. Parameter Pengujian Tanah Untuk DPT

No	Jenis Pemeriksaan	Lereng Atas	Lereng Bawah	Rata-rata
1	Berat isi $\gamma \text{ (gr/cm}^3\text{)}$	1,81	1,81	1,81
2	Kohesi c (kg/cm ²)	0,150	0,134	0,142
3	Sudut geser $\phi \text{ (}^\circ\text{)}$	7,012	7,920	7,472
4	Jenis Tanah	Lanau Anorganik		

Analisa Stabilitas Lereng



Gambar 8. Pemodelan Geometrik Lereng Dengan Program AutoCad 2004

Tabel 4. Analisa Angka Keamanan Lereng Atas

N0	γ (kN/m ³)	A_i	b (m)	φ (°)	W (kN)	θ (°)	c (kN/m ²)	a (m)	$c \times a$ (kN)	$W \sin \theta$ (kN)	$N = W \cos \theta$ (kN)	$ca + N \tan \varphi$ (kN)
1	18,10	9,108	2	7,03	164,853	76	14,71	8,267	121,609	159,956	39,882	126,527
2	18,10	9,721	2	7,03	175,945	39	14,71	2,574	37,856	110,726	136,735	54,718
3	18,10	7,197	2	7,03	130,273	22	14,71	2,157	31,730	48,801	120,787	46,625
4	18,10	4,218	2	7,03	76,339	7	14,71	2,015	29,641	9,303	75,770	38,984
5	18,10	1,615	2	7,03	29,224	-7	14,71	2,015	29,641	-3,562	29,006	33,218
6	18,10	0,052	0,43	7,03	0,932	-16	14,71	0,447	6,580	-0,257	0,896	6,691
										324,968		306,764

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n (ca + N_i \tan \varphi)}{\sum_{i=1}^n (W_i \sin \theta_i)}$$

$$= \frac{306,764}{324,968} = 0,944$$

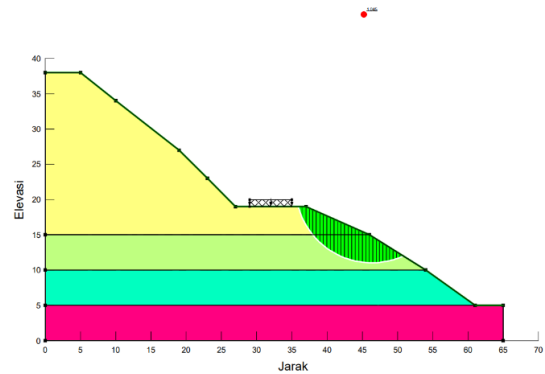
Tabel 5. Analisa Angka Keamanan Lereng Bawah

N0	γ (kN/m ³)	A_i	b (m)	φ (°)	W (kN)	θ (°)	c (kN/m ²)	a (m)	$c \times a$ (kN)	$W \sin \theta$ (kN)	$N = W \cos \theta$ (kN)	$ca + N \tan \varphi$ (kN)
1	18,10	3,668	2	7,012	66,385	59	14,71	3,883	57,122	56,903	34,191	61,328
2	18,10	7,541	2	7,631	136,490	41	12,26	2,650	32,489	89,546	103,011	46,291
3	18,10	8,790	2	7,631	159,106	26	12,26	2,225	27,281	69,748	143,004	46,441
4	18,10	8,389	2	7,631	151,835	14	12,26	2,061	25,271	36,732	147,325	45,009
5	18,10	6,643	2	7,631	120,235	3	12,26	2,003	24,554	6,293	120,070	40,641
6	18,10	3,858	2	8,250	69,830	-10	9,81	2,031	19,923	-12,126	68,769	29,894
7	18,10	0,650	1,15	8,250	11,760	-18	9,81	1,213	11,899	-3,634	11,184	13,521
										272,529		283,123

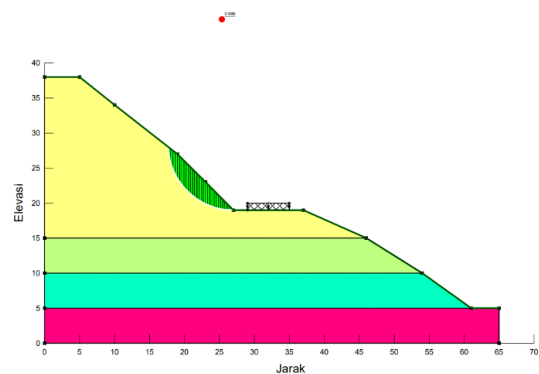
$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n (ca + N_i \tan \varphi)}{\sum_{i=1}^n (W_i \sin \theta_i)}$$

$$= \frac{283,123}{272,529} = 1,039$$

Analisis Stabilitas Lereng Dengan Program Bantu GeoStudio 2012



Gambar 9. Analisa Stabilitas Lereng Atas Menggunakan GeoStudio 2012



Gambar 10. Analisa Stabilitas Lereng Bawah Menggunakan GeoStudio 2012

Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Data tanah hasil pengujian dan pengolahan data :

Kohesi tanah (c) = 14,71 kN/m²

Sudut geser dalam (φ) = 7,01233°

Berat volume tanah kering (γ_d) = 1,29 gr/cm³

= 12,65 kN/m³

Berat volume tanah asli (γ) = 18,10 kN/m³

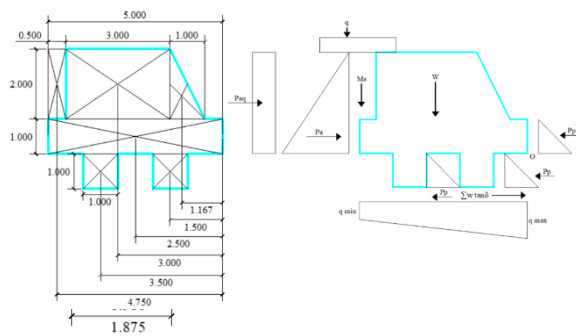
Berat volume air (γ_w) = 9,81 kN/m³

Berat jenis tanah (Gs) = 2,699

Angka pori (e) = 2,06

Tabel 6. DPT 1 Lereng Atas

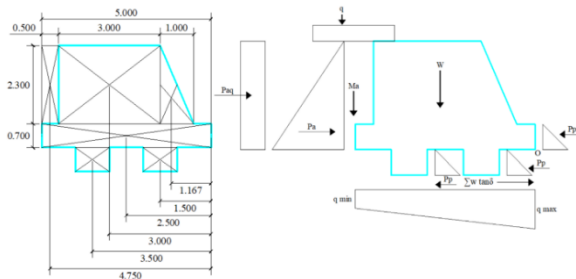
Dinding Penahan	Berat Sendiri (kN)						Lengan Terhadap Titik O	Momen Terhadap Titik O
		Lebar	Tinggi	BJ			(m)	(m)
1		0,34	2,5	22	=	18,7	1,58	29,546
		2	0,5	22	=	22	1,00	22,000
	0,5	1,16	2,5	22	=	31,9	1,03	32,857
		0,25	2,5	19,809	=	12,381	1,875	23,214
				$\Sigma W =$	84,981	$\Sigma Mo =$	107,617	



Gambar 11. Dimensi DPT 1 dan Gaya Yang Bekerja

Tabel 7. DPT 2 Lereng Atas

Dinding Penahan	Berat Sendiri (kN)				Lengan Terhadap Titik O (m)	Momen Terhadap Titik O (m)	
	Lebar	Tinggi	BJ				
2	0,5	3	2,3	22	= 151,8	3	455,400
		5	0,7	22	= 77	2,50	192,500
		1	2,3	22	= 25,3	1,167	29,525
		1	0,7	22	= 15,4	1,5	23,100
		1	0,7	22	= 15,4	3,5	53,900
		0,5	2,3	19,809	= 22,780	3,75	85,426
				$\Sigma W =$	332,980	$\Sigma Mo =$	839,851



Gambar 12. Dimensi DPT 2 dan Gaya Yang Bekerja

Tabel 8. DPT 3 Lereng Atas

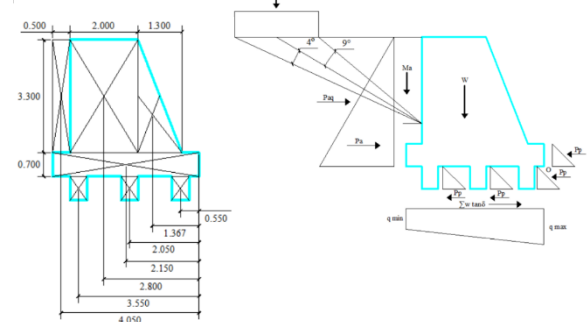
Dinding Penahan	Berat Sendiri (kN)					Lengan Terhadap Titik O	Momen Terhadap Titik O	
						(m)	(m)	
3	0,5	3	2	22	=	132	3	396,000
		5	1	22	=	110	2,50	275,000
		1	2	22	=	22	1,167	25,674
		1	1	22	=	22	1,5	33,000
		1	1	22	=	22	3,5	77,000
		0,5	2	19,809	=	19,809	4,75	94,093
					$\Sigma W =$	327,809	$\Sigma Mo =$	900,767

Gambar 13. Dimensi DPT 3 dan Gaya Yang Bekerja

Data tanah hasil pengujian dan pengolahan data :
 Kohesi tanah (c) = 13,729 kN/m²
 Sudut geser dalam (ϕ) = 7,92 °
 Berat volume tanah kering (γ_d) = 1,29 gr/cm³
 = 12,65 kN/m³
 Berat volume tanah asli (γ) = 18,10 kN/m³
 Berat volume air (γ_w) = 9,81 kN/m³
 Berat jenis tanah (Gs) = 2,699

Tabel 9. DPT 1 Lereng Bawah

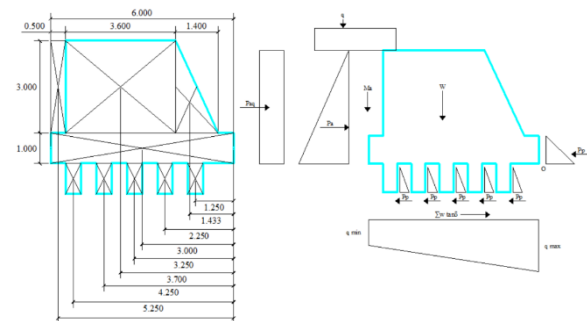
Dinding Penahan	Berat Sendiri (kN)				Lengan Terhadap Titik O (m)	Momen Terhadap Titik O (m)	
	Lebar	Tinggi	BJ				
I	0,5	2	3,3	22	= 145,2	2,8	406,560
		4,3	0,7	22	= 66,22	2,15	142,373
		1,3	3,3	22	= 47,19	1,367	64,509
		0,5	0,7	22	= 7,7	0,55	4,235
		0,5	0,7	22	= 7,7	2,05	15,785
		0,5	0,7	22	= 7,7	3,55	27,335



Gambar 14. Dimensi DPT 1 dan Gaya Yang Bekerja

Tabel 10. DPT 2 Lereng Bawah

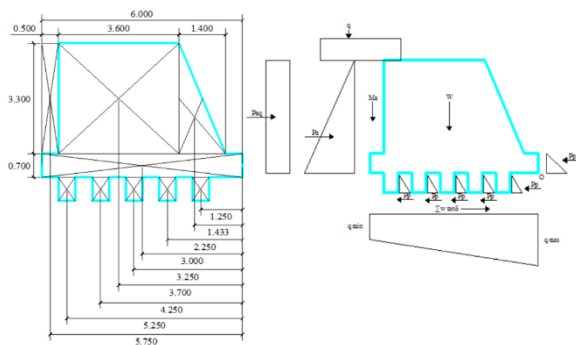
Dinding Penahan	Berat Sendiri (kN)					Lengan Terhadap Titik O (m)	Momen Terhadap Titik O (m)	
	Lebar	Tinggi	BJ					
2	0,5	3,6	3	22	=	237,6	3,7	879,120
		6	1	22	=	132	3,00	396,000
		1,4	3	22	=	46,2	1,433	66,205
		0,5	1	22	=	11	1,25	13,750
		0,5	1	22	=	11	2,25	24,750
		0,5	1	22	=	11	3,25	35,750
		0,5	1	22	=	11	4,25	46,750
		0,5	1	22	=	11	5,25	57,750
		0,5	3,3	19,809	=	32,685	5,75	187,938
ΣW =					503,485	ΣMo =	1708,012	



Gambar 15. Dimensi DPT 2 dan Gaya Yang Bekerja

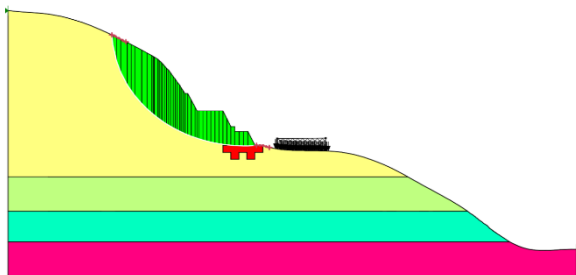
Tabel 11. DPT 3 Lereng Bawah

Dinding Penahan	Berat Sendiri (kN)					Lengan Terhadap Titik O (m)	Momen Terhadap Titik O (m)	
3		Lebar	Tinggi	BJ				
		3,6	3	22	=	237,6	3,7	879,120
		6	1	22	=	132	3,00	396,000
	0,5	1,4	3	22	=	46,2	1,433	66,205
		0,5	1	22	=	11	1,25	13,750
		0,5	1	22	=	11	2,25	24,750
		0,5	1	22	=	11	3,25	35,750
		0,5	1	22	=	11	4,25	46,750
		0,5	1	22	=	11	5,25	57,750
	0,5	3	19,809	=	29,714	5,75	170,853	
				$\Sigma W =$	500,514	$\Sigma Mo =$	1690,927	



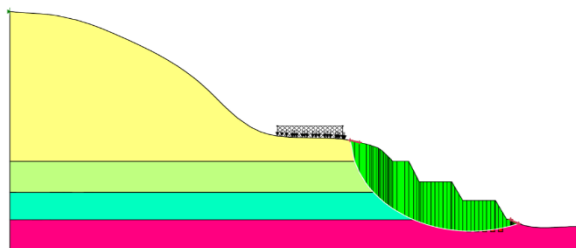
Gambar 16. Dimensi DPT 3 dan Gaya Yang Bekerja

Analisa Stabilitas Lereng Sesudah Adanya Perkuatan Dengan Program Bantu GeoStudio 2012



Gambar 17. Nilai SF Setelah Adanya Perkuatan Di Lereng Atas

Berdasarkan dari Gambar 17 tersebut, maka dapat diperoleh nilai angka keamanan dinding penahan 3 (SF) sebesar 2,484



Gambar 18. Nilai SF Setelah Adanya Perkuatan Di Lereng Bawah

Berdasarkan dari Gambar 18 tersebut, maka dapat diperoleh nilai angka keamanan dinding penahan 3 (SF) sebesar 2,131

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis dapat disimpulkan beberapa hal mengenai stabilitas lereng di Jalan Brigjen Moh. Manan, Kelurahan Songgokerto, Kecamatan Batu, Kota Batu. Dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai angka keamanan (*Safety Factor*) sebelum adanya perkuatan lereng di Jalan Brigjen Moh. Manan, Kelurahan Songgokerto, Kecamatan Batu, Kota Batu adalah sebagai berikut :

➤ Angka keamanan sebelum adanya perkuatan untuk lereng atas dan lereng bawah

$$SF = \frac{306,764}{324,968} = 0,944 \text{ (Lereng Atas)}$$

$$SF = \frac{283,123}{272,529} = 1,039 \text{ (Lereng Bawah)}$$

➤ Angka keamanan sebelum adanya perkuatan untuk lereng atas dan bawah dengan program Geostudio : Angka keamanan (*Safety Factor*) lereng atas sebesar 0,990 dan lereng bawah sebesar 1,045

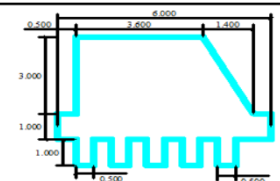
2. Dimensi dinding penahan tanah untuk mengurangi resiko terjadinya longsor adalah sebagai berikut :

Tabel 12. Dimensi DPT Lereng Atas

Dinding Penahan	Dimensi Dinding Penahan
01	
02	
03	

Tabel 13. Dimensi DPT Lereng Bawah

Dinding Penahan	Dimensi Dinding Penahan
01	
02	

Dinding Penahan	Dimensi Dinding Penahan
03	

3. Nilai angka keamanan (*Safety Factor*) sesudah adanya perkuatan lereng adalah sebagai berikut :

Tabel 14. Nilai Angka Keamanan DPT
Lereng Atas dan Bawah

Lereng Atas			
Dinding Penahan	Stabilitas Dinding Penahan Terhadap		
	Geser, SF > 2	Guling, SF > 2	Daya Dukung Tanah ($q_{maks} < q_a$)
1	2,020	5,979	$q_{maks} = 49,444 \text{ kN/m}^2 < q_a = 121,212 \text{ kN/m}^2$
2	2,025	10,838	$q_{maks} = 83,418 \text{ kN/m}^2 < q_a = 131,664 \text{ kN/m}^2$
3	2,140	4,932	$q_{maks} = 89,895 \text{ kN/m}^2 < q_a = 131,664 \text{ kN/m}^2$
Lereng Bawah			
Dinding Penahan	Stabilitas Dinding Penahan Terhadap		
	Geser, SF > 2	Guling, SF > 2	Daya Dukung Tanah ($q_{maks} < q_a$)
1	2,048	10,746	$q_{maks} = 87,202 \text{ kN/m}^2 < q_a = 156,744 \text{ kN/m}^2$
2	2,581	8,110	$q_{maks} = 95,227 \text{ kN/m}^2 < q_a = 159,627 \text{ kN/m}^2$
3	2,180	6,750	$q_{maks} = 93,608 \text{ kN/m}^2 < q_a = 163,745 \text{ kN/m}^2$

➤ Angka keamanan sesudah adanya perkuatan stabilitas lereng atas dan lereng bawah dengan program GeoStudio :
SF = 2,484 (Lereng Atas)
SF = 2,131 (Lereng Bawah)

Saran

Hasil analisis stabilitas dan perkuatan lereng tersebut, maka disarankan hal-hal sebagai berikut :

- Agar mudah tercapainya angka keamanan (SF) terhadap pergeseran yaitu dengan memperbesar alas pondasi atau dibuat konstruksi pengunci.
- Agar mudah tercapainya angka keamanan (SF) terhadap penggulingan yaitu dengan memperpanjang kaki atau tumit.
- Pemodelan selanjutnya dapat dilakukan dengan software geoteknik lain, seperti Plaxis dan Geo5.
- Membandingkan dengan jenis perkuatan yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyono, A. 2009. Analisis Penyebab Tanah Longsor di Kalitlaga Banjarnegara. Jurnal Dinamika Rekayasa. Volume 5 Nomor 1.
- Bappeda Jatim. 2012. Jawa Timur Waspada Bencana. <http://bappeda.jatimprov.go.id/2012/12/07/jawa-timur-waspada-bencana/>.

timur-waspada-bencana/. Diakses tanggal 15 Mei 2021 Pukul 10.00 WIB.

- Das, M. Braja, dkk, 1994, Mekanika Tanah II (*Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*) jilid 1 dan 2, Erlangga, Jakarta.
- Debataraja, S. M. T, dkk. 2020. Studi penyebab terjadinya longsor pada Jalan Provinsi lintas Sipahutar-Pangaribuan Desa Siabal-abal II. Jurnal Darma Agung. Volume 28. Nomor 1. Halaman 31-38.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1997. Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota. Buku Panduan. Jakarta. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Eko Mustofa N. 2019. Perencanaan Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Batu Kali (*Gravity Wall*) Pada Lereng Jalan Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Federal Highway Administration (FHWA). 1988. *Highway slope maintenance and Slide restoration workshop*. US Department of transportation. Report No. FHWA-RT-88-040. Desember 1988, Washington DC.
- Hardiyatmo. 2002. *Teknik Pondasi I. Edisi Kedua*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Hardiyatmo. 2003. *Teknik Pondasi II. Edisi Ketiga*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo. 2006. *Mekanika Tanah I*, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo. 2010. *Teknik Pondasi II. Edisi Kelima*, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C. 2012. *Mekanika Tanah 1*. Edisi Keenam. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C. 2012. *Tanah Longsor & Erosi – Kejadian dan Penanganan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Karnawati, D., 2005, Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya. Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia. ISBN 979-95811-3-3.
- Karnawati, D., 1996, Mechanism of Rain-induced Landslide in Allophonic and Halloysitic Soil in Java. Ph.D Thesis. Leeds University.
- Modul 1. *Pengertian Lereng dan Longsor*. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. Edisi 1. Halaman 15-26.
- Terzaghi, Karl dan Ralph B Peck. 1967. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa. Edisi Kedua Jilid I*, Penerbit Erlangga, Jakarta.