

PENGUJIAN GESER *LIMESTONE* UNTUK MENGHITUNG ANGKA KEAMANAN TERHADAP KELONGSORAN DI UTAMA MANDALA PURA ULUWATU

I Nyoman Ramia¹⁾, I Wayan Arya^{1,*)}, I Wayan Wiraga¹⁾, I G A G Suryanegara¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

Jl. Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, P.O. Box 1064 Tuban Badung Bali

^{*)}Email: wayanarya@pnb.ac.id

Abstract

The shear strength value is one of the important points in calculation of slope stability. One way to obtain the shear strength value is to do a direct shear test in laboratory. Like the cliff reinforcement study at Utama Mandala Uluwatu temple which is currently experiencing crack, it is necessary to test the shear strength of the limestone material at the cliff of the temple. There is no limestone testing equipment in the laboratory of the Civil Engineering Department, so that innovation is needed on the existing sliding test equipment. In this study innovation was carried out on how to test the soil shear strength so that it could be used to test the limestone shear strength. The test is done by moving two limestone surface that have been formed based on the mold tool which shape is circle. The shear strength slope at Uluwatu temple, which is currently experiencing crack in dry condition is . The shear strength value is used for calculating slope stability at Uluwatu Temple which is currently experiencing crack wich . The calculation used is curved slope stability by only calculate the life load and dead load. From the calculation of the stability of the slope, the safety factor is 1.15.

Kata kunci : *slope, limestone, slide strength, slope stability, safety factor*

PENDAHULUAN

Pura Uluwatu merupakan salah satu peninggalan Empu Kuturan dan Dhang Hyang Nirartha atau sering disebut sebagai salah satu Pura Dhang Khayangan. Pura Uluwatu dibangun pada abad ke-8. Pura ini berlokasi di ujung selatan Pulau Bali yaitu di Daerah Bukit Pecatu. Pura ini merupakan Pura Penyungsong Jagat sebagai tempat persembahyangan Umat Hindu yang biasanya dilaksanakan pada Anggarakasih Medangsia Setiap 210 Hari sekali. Pada saat itu umat yang bersembahyang sangat banyak dan

berdesak-desakan. Selain sebagai tempat sembahyang Umat Hindu, Pura Uluwatu juga dikenal sebagai tempat wisata yang sangat terkenal dan ramai dikunjungi oleh wisatawan lokal maupun mancanegara. Posisi Pura yang berdidi di atas sebuah lereng yang hampir tegak dengan ketinggian kuarng lebih 80 meter dari halaman Pura membuat pura ini menjadi sangat indah dan banyak dikunjungi. Oleh karena itu, Pura Uluwatu sebagai aset budaya, agama, dan pariwisata yang sangat perlu untuk dijaga keberadaannya, kesuciannya, dan budayanya.

Namun berdasarkan survei pendahuluan yang dilakukan oleh TIM dari Kampus Politeknik Negeri Bali ditemukan adanya *crack* pada bagian Utama Mandala yang berada paling ujung dari Tanjung Uluwatu. *Crack* tersebut menerus seolah – olah Utama Mandala berada diatas bongkahan batu besar yang terpisah dari batuan induknya. Menurut penuturan berbagai kalangan yang sempat ditanyakan, *crack* tersebut sudah terjadi sejak lama (1904) dan sudah pernah ditangani dengan cara menutup celah *crack* tersebut dengan *geomembrane* untuk menghindari masuknya air kedalam *crack*. Sampai saat ini keberadaan *crack* tersebut belum berpengaruh terhadap keberadaan Pura Uluwatu dan wisatawan yang mengunjunginya. Namun, para pengkaji mengawatirkan jika terjadi perubahan keseimbangan beban atau pergerakan batuan yang diakibatkan oleh gempa atau yang lain mengingat Bali selatan termasuk daerah rawan gempa (daerah 5) sehingga perlu diadakannya kajian untuk penguatan lereng tersebut.

Pengkajian perkuatan lereng yang dilakukan oleh tim penguji mengalami sedikit kendala dikarenakan oleh komposisi batuan penyusun tebing yang tersusun atas *limestone*. *Limestone* sendiri merupakan batuan sedimen karbonat yang terbuat dari sedimentasi hewan dan tumbuhan karang. Struktur *limestone* sendiri memiliki banyak serpihan, rekahan, dan rongga-rongga yang membuat stabilitas lereng terlihat kurang aman. Dalam hal untuk mengetahui stabilitas lereng batuan

limestone, sifat mekanis *limestone* yang perlu diketahui adalah tegangan geser dalamnya. Sedangkan nilai kohesi nol. Sedangkan dilaboratorium belum tersedia peralatan untuk melakukan uji geser terhadap batuan seperti *limestone*, sehingga untuk mendapatkan kekuatan geser dilakukan dengan cara pendekatan berdasarkan korelasi nilai SPT (Standard Penetration Test) terhadap sudut geser yang sebenarnya data tersebut untuk pengujian tanah. Cara dengan melakukan korelasi data SPT sebenarnya tidak akurat, untuk mendapatkan kuat geser *limestone* yang sesungguhnya harus dilakukan pengujian geser langsung di laboratorium. Sehubungan dengan belum adanya alat geser untuk batuan seperti *limestone*, maka perlu dilakukan inovasi terhadap cara pengujian geser agar alat – alat uji yang ada bisa dimanfaatkan.

Dari masalah tersebut penulis berinisiatif untuk melakukan pengujian geser *limestone* untuk menghitung angka keamanan terhadap kelongsoran di Utama Mandala Pura Uluwatu. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan geser dari *limestone* penyusun tebing di utama mandala pura Uluwatu, sehingga bisa digunakan sebagai data perhitungan angka keamanan terhadap kelongsoran pada tebing tersebut. Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan, berapa kuat geser *limestone* di sekitar Uluwatu yang sudah mengalami *crack* dan berapa angka keamanan lereng di Utama Mandala Pura Uluwatu yang

saat ini mengalami *crack*. Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan penelitian ini adalah Untuk mendapatkan nilai kuat geser *limestone* di sekitar Uluwatu sebagai data dalam kajian perkuatan lereng. Untuk mengetahui angka keamanan pada lereng di Utama Mandala Pura Uluwatu.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian kuat geser *limestone* dan angka keamanan lereng Uluwatu ini dilakukan di Laboratorium Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali, dengan mengambil sampel *limestone* di sekitaran Pura Uluwatu. Sampel yang sudah diambil kemudian dibentuk menyesuaikan alat uji. Setelah itu, sampel di uji dengan alat uji kuat geser tanah. Hasil pengujian tersebut digunakan untuk bahan perhitungan angka keamanan lereng Pura Uluwatu. Perhitungan angka keamanan lereng dalam penelitian ini menggunakan perhitungan stabilitas lereng berbentuk bidang lengkung.

Jenis dan Metode Pengumpulan Data

Jenis-jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Data primer berupa data yang didapatkan dari hasil pengujian di laboratorium dan perhitungan. Data yang dimaksud berupa berat volume *limestone*, kuat geser *limestone*, dan sudut geser *limestone*.
2. Data sekunder adalah data-data yang diperoleh dari jurnal-jurnal, referensi dan penelitian pendahulu mengenai

kajian teknis penguatan dinding tebing Uluwatu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat Jenis *Limestone*

Hasil pengujian berat jenis *limestone* yang dilakukan di Lab. Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali dapat dilihat pada tabel 1 di bawah.

Berat Volume dan Kuat Geser

Limestone

Untuk menganalisa hasil pengujian berat volume dan kuat geser *limestone* dianalisa dengan statistik sederhana. Salah satu analisa statistik sederhana yang bisa digunakan adalah statistik seperti perhitungan kuat tekan beton karakteristik. Jadi nilai hasil pengujian yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya yaitu berat volume *limestone* adalah $1,661 \text{ t/m}^3$ dan nilai kuat geser adalah

$$\tau = \sigma_n \cdot \tan 29,971^\circ$$

Hasilnya seperti dapat dilihat pada tabel 2 di bawah.

Angka Keamanan

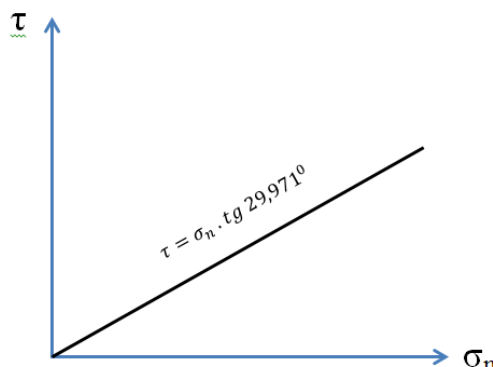
Untuk memudahkan perhitungan maka dibuatlah ilustrasi *crack* yang terjadi pada Pura Uluwatu tersebut ke dalam gambar potongan. Gambar tersebut akan menjadi acuan dalam perhitungan angka keamanan lereng yang dihitung persegmen yang memiliki lebar 1 meter pada masing-masing segmen. Pada gambar tersebut juga dapat ditemui arah gaya yang bekerja masing-masing segmen pada lereng. Mengingat banyaknya umat yang sembahyang di Pura Luhur Uluwatu, maka ditambahkan beban hidup merata

sebesar 300 kg/m². Penambahan beban ini sesuai dengan konsep tangga dan bordes fasilitas umum seperti sekolah, hotel, dan rumah sakit. Berdasarkan gambar dan dimensi bidang longsor maka analisa yang digunakan untuk menghitung angka keamanan lereng

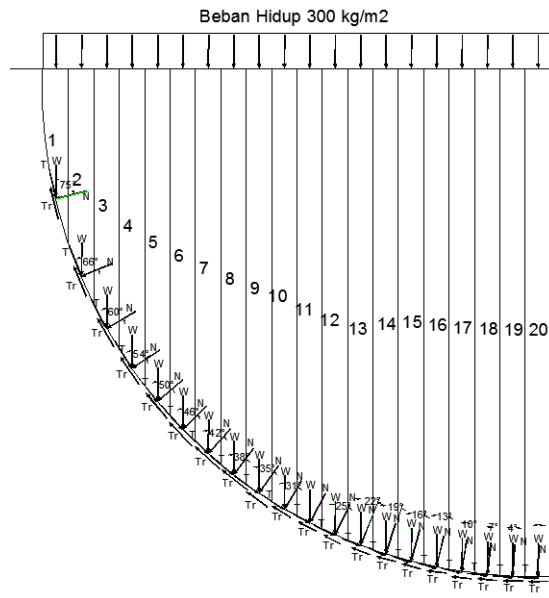
tersebut adalah analisa stabilitas lereng berbentuk lengkung atau busur. Jari-jari bidang longsor adalah 20 meter. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, perhitungan dilakukan tiap segmen yang dibagi tiap 1 meter.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Volume dan Kuat Geser *Limestone*

BERAT VOLUME DAN KUAT GESER KARAKTERISTIK											
Deskripsi Tanah		<i>Limestone</i> Unwatu									
Lokasi		Pura Luhur Unwatu, Desa Pecatu, Kuta, Badung									
Nomor Benda Uji											
Diuji Oleh		I Gede Adi Alir Putra									
Tanggal		24 Mei - 14 Juni 2018									
No. Contoh	Berat Sampel	Diameter sampel	Tinggi sampel	Volume sampel	X1			p(i-Xrt) ²			
					Berat Volume	Koefesien C	Sudut Geser #	Berat Volume	Koefesien c	Sudut Geser	
	W (gr)	d(cm)	t(cm)	(cm ³)	γ(g/cm ³)	Kg/cm ²					
B1	120.5	6.26	2.175	66.969	1.799	0.099	30.560	0.001	0.005	51.466	
B2	121.1	6.24	2.16	66.083	1.833	-0.100	41.530	0.000	0.017	14.410	
B3	116.9	6.26	2.15	66.199	1.766	0.104	25.710	0.003	0.006	144.577	
B4	125.9	6.2	2.14	64.634	1.948	0.087	36.170	0.016	0.003	2.446	
B5	111.7	6.14	2.15	63.686	1.754	-0.033	41.000	0.005	0.004	10.667	
B6	128.3	6.22	2.13	64.748	1.982	-0.009	44.070	0.025	0.001	40.145	
B7	123.5	6.28	2.14	66.313	1.862	0.067	35.420	0.002	0.001	5.355	
B8	122.8	6.25	2.14	65.681	1.870	0.054	36.900	0.002	0.001	0.696	
B9	124.7	6.22	2.135	64.900	1.921	-0.003	38.320	0.010	0.001	0.343	
B10	114.2	6.19	2.135	64.275	1.777	0.008	39.690	0.002	0.000	3.826	
B11	120.1	6.13	2.14	63.183	1.901	0.031	33.100	0.006	0.000	21.474	
B12	117.7	6.16	2.075	61.865	1.903	-0.019	37.610	0.006	0.002	0.015	
B13	123.1	6.12	2.11	62.094	1.982	0.037	34.660	0.025	0.000	9.449	
B14	122.9	6.27	2.13	65.793	1.868	0.061	33.890	0.002	0.001	14.776	
B15	114	6.215	2.145	65.099	1.751	0.073	43.160	0.005	0.002	29.441	
B16	105.6	6.05	2.15	61.832	1.708	0.024	43.160	0.013	0.000	29.441	
B17	116.8	6.24	2.15	65.777	1.776	-0.009	41.940	0.002	0.001	17.690	
B18	106.6	6.13	2.14	63.183	1.687	0.001	39.370	0.018	0.001	2.676	
B19	109.3	6.115	2.14	62.874	1.738	0.040	35.860	0.007	0.000	3.512	
B20	104.3	6.13	2.16	63.773	1.635	0.077	42.560	0.035	0.002	23.290	
Rata-rata (Tbm)					1.823	0.030	37.734				
Jumlah [Σ(Tbm-Tbt) ²]								0.186	0.049	425.697	



Gambar 1. Grafik Persamaan Kuat Geser *Limestone*



Gambar 2. Potongan dan Analisa Gaya yang Bekerja

Tabel 3. Perhitungan Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Lereng

NO	A	V	Wh	W	Wtotal	T	N	AG	Tr	MD	Mr
	m ²	m ³	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton Meter	Ton Meter
1	4.822	4.822	0.300	8.000	8.300	8.025	2.156	6.978	1.243	160.496	24.850
2	8.108	8.108	0.300	13.467	13.767	12.574	5.607	2.442	3.231	251.477	64.629
3	10.174	10.174	0.300	16.899	17.199	14.890	8.607	2.093	4.961	297.804	99.213
4	11.766	11.766	0.300	19.543	19.843	16.048	11.671	1.744	6.726	320.940	134.528
5	13.074	13.074	0.300	21.716	22.016	16.859	14.159	1.396	8.180	337.178	163.203
6	14.173	14.173	0.300	23.541	23.841	17.143	16.569	1.396	9.549	342.866	190.977
7	15.127	15.127	0.300	25.126	25.426	17.006	18.901	1.396	10.893	340.125	217.867
8	15.965	15.965	0.300	26.518	26.818	16.504	21.138	1.396	12.182	330.072	243.650
9	16.081	16.081	0.300	26.711	27.011	15.486	22.131	1.047	12.754	309.715	255.086
10	17.322	17.322	0.300	28.772	29.072	14.966	24.924	1.047	14.364	299.325	287.380
11	17.874	17.874	0.300	29.689	29.989	14.072	26.482	1.047	15.262	281.446	305.243
12	18.342	18.342	0.300	30.466	30.766	12.996	27.886	1.047	16.072	259.923	321.431
13	18.762	18.762	0.300	31.164	31.464	11.781	29.175	1.047	16.814	235.616	336.283
14	19.089	19.089	0.300	31.723	32.023	10.421	30.281	1.047	17.451	208.414	349.027
15	19.395	19.395	0.300	32.215	32.515	8.958	31.257	1.047	18.014	179.159	360.280
16	19.615	19.615	0.300	32.581	32.881	7.393	32.039	1.047	18.465	147.856	369.292
17	19.790	19.790	0.300	32.871	33.171	5.757	32.688	1.047	18.827	115.145	376.543
18	19.942	19.942	0.300	33.124	33.424	4.071	33.175	1.047	19.119	81.425	382.387
19	19.998	19.998	0.300	33.217	33.517	2.337	33.435	1.047	19.269	46.736	385.388
20	20.008	20.008	0.300	33.233	33.533	0.585	33.528	1.047	19.323	11.699	386.461
JUMLAH						227.872			262.681	4557.439	5253.618

Keterangan:

Y = Berat Volume *Limestone*

C = Kohesi *Limestone*

Φ = Sudut Geser *Limestone*

R = Jari – Jari Bidang Longsor

A = Luas Bidang Longsor tiap Segmen

V = Volume Segmen tiap 1 Meter

W = Berat *Limestone* Tiap Segmen

Wh = Beban Hidup dimana

menggunakan perhitungan beban hidup tangga.

Wtotal = Berat *Limestone* + Beban Hidup

T = Beban Longsor yang merupakan komponen gaya berat searah bidang longsor

N = Gaya Normal

AG = Luas Bidang Geser Longsor.

Tr = Gaya penahan longsor yang dipengaruhi oleh kohesi dan sudut geser tanah

MD = Momen Longsor

Mr = Momen Penahan Longsor

Angka keamanan Lereng (FK)

Jadi berdasarkan nilai faktor keamanan yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa lereng tersebut belum longsor ($FK > 1$) dengan angka kewanaman 1,15. Namun, pada lereng tersebut perlu dilakukan perkuatan sampai dengan angka keamanan 1,5.

SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah bahwa berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Workshop Tanah Jurusan teknik Sipil Politeknik Negeri Bali, didapatkan bahwa *Limestone* dengan kekuatan paling rendah di kawasan Pura Luhur Uluwatu yang telah mengalami *crack* dalam kondisi tidak basah memiliki persamaan nilai kuat geser yaitu $\tau = \sigma_n \cdot \tan 29,971^\circ$. Angka keamanan lereng pada pengujian geser *limestone* yang sudah mengalami *crack* dari data hasil pengujian di Laboratorium Workshop Tanah Jurusan teknik Sipil Politeknik Negeri Bali dengan memperhitungkan beban mati dan beban hidup adalah 1.15 yang artinya lereng tersebut belum mengalami longsor tetapi kurang aman.

DAFTAR PUSTAKA

Astuti, Fita R.T., 2016, *Analisa Stabilitas Lereng dengan Menggunakan Simplified*

Bishop method (Studi Kasus Kelongsoran Ruas Jalan Batas Kota Liwa-Simpang Gunung Kemala STA.263+650, Bukit Barisan Selatan, Lampung Barat). Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Fitriansyah, Achmad W., 2017, *Metode Perhitungan Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Sheet Pile Menggunakan Program Geostructural Analysis Versi 19 (Studi Kasus Lereng Sungai Komering di Kabupaten Organ Komering Ilir)*. Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Santyadi, Kadek Roby Z.M., 2013, *Analisa Stabilitas Serta Perencanaan Perkuatan Lereng Pada Ruas Jalan Raya Bugbug Kabupaten Karangasem*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali. Bali.

Setiawan, I Putu Dedy, 2016, *Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Campuran Beton*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali. Bali.

Wattimena, Ridho K., dkk., 2014, *Kuat Geser Batuan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Wiraga, I Wayan., dkk., 2017, *Laporan Kajian Teknis Penguatan Dinding Tebing Uluwatu*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali. Bali