

ANALISIS STABILITAS LERENG PADA BENDUNGAN TITAB

Tjokorda Gde Suwarsa Putra¹, I Nyoman Aribudiman¹, Gede Rico Juliawan²
¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar
²Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar
Email: suwarsaputra@gmail.com

Abstrak: Studi ini membahas tentang kemantapan lereng pada bagian upstream bendungan Titab di Tukad Saba, Kecamatan Seririt di Kabupaten Buleleng. Bendungan Titab ini merupakan jenis bendungan tipe urugan atau timbunan tanah yang mempunyai kapasitas tampungan air besar. Karena bendungan ini berupa urugan atau timbunan tanah maka salah satu hal paling penting dalam perencanaan bendungan Titab adalah perencanaan terkait analisis stabilitas lereng tanah pada bendungan.

Analisis ini menggunakan beberapa metode diantaranya adalah metode irisan Bishop, metode Fellinius, dan Metode Janbu. Karena menggunakan metode lebih dari satu maka diperlukan alat bantu hitung untuk membantu menyelesaikan studi ini. Alat bantu yang dimaksud adalah program komputer yaitu Geo-Studio2007 dengan fitur SLOPE/W. Syarat ($F_s \geq 1,2$) yang digunakan sebagai landasan teori yang dikutip dari teori Prof. Hoek (1981) yang menyatakan bahwa dengan diketahuinya koefisien gempa, dapat menggunakan $F_s \geq 1,2$ sedangkan jika koefisien gempa tidak diketahui $F_s \geq 1,5$.

Berdasarkan hasil analisa kemantapan lereng pada bagian upstream bendungan Titab dengan menggunakan ketiga metode, didapat F_s adalah di atas 1,2 dengan pemasangan Geotekstil pada tubuh bendungan, sedangkan jika tidak menggunakan geotekstil maka F_s lereng bendungan tersebut tidak mencapai 1,2 artinya lereng tidak aman. Kondisi bendungan jika tidak menggunakan geotekstil, yang teraman adalah setelah selesai konstruksi, ini artinya tidak ada air yang berpengaruh pada tubuh bendungan. Namun jika diisi air harus memakai geotekstil. Geotekstil disini berfungsi sebagai pengubah arah aliran rembesan pada tubuh bendungan sehingga mengurangi berat volume (γ_{sat}) pada tubuh bendungan secara keseluruhan. Hal ini membuat lereng bagian upstream bendungan semakin aman.

Kata kunci: tanah, stabilitas lereng, angka keamanan, geotekstil, bendungan

SLOPE STABILITY ANALYSIS OF TITAB DAM

Abstract: *This study discusses about the slope stability of the upstream dam Titab in Tukad Saba, district Seririt in Buleleng. Titab dam is a kind of type fill or soil deposits dam that have a large water storage capacity. Because of this dam has fill or barrow then one of the most important thing in planning the dam Titab is related planning soil slope stability analysis in the dam.*

This analysis uses several methods including the sliced Bishop methods, Fellinius methods, and Janbu methods. Because it uses more than one method it is necessary to calculate the tools to help carry out this study. The tool in question is a computer program that Geo-Studio 2007 with features SLOPE / W. Terms ($F_s \geq 1.2$) were used as the theoretical basis of the theory quoted Prof. Hoek (1981) stated that in recognition of the earthquake coefficient, can use $F_s \geq 1.2$ earthquake whereas if the coefficient is not known $F_s \geq 1.5$.

Based on analysis of the stability of the slope at upstream of the Titab dam obtained using the three methods, F_s is above 1.2 with the installation of Geotextile on the body of the dam, while otherwise using geotextile then F_s slopes of the dam is not reached 1.2 means that slope is not safe. The condition of the dam if not using geotextile, the safest is at after completion of construction, this means that there is no effect on the water that the dam body. But if filled with water should wear a geotextile. Geotextile here serves as a modifier direction of seepage flow at the dam so to reduce the saturated unit weight (γ_{sat}) on the dam body as a whole. This makes the upstream slope of the dam more safe.

Keywords: *soil, slope stability, safety factor, geotextile, dam*

PENDAHULUAN

Pada suatu pembangunan konstruksi bangunan, diperlukan adanya perencanaan terhadap hal-hal yang terkait dengan pembangunan konstruksi, seperti kondisi tanah, bahan material, lingkungan sekitar dan lain-lain. Salah satu konstruksi yang dapat diamati adalah pembangunan konstruksi bendungan.

Salah satu bendungan yang ada di provinsi Bali adalah bendungan Titab, dengan pengaliran di Tukad Saba memiliki luas 69,54 km² yang mencakup wilayah Kecamatan Pupuan Kabupaten Tabanan, Kecamatan Busungbiu dan Kecamatan Seririt di Kabupaten Buleleng, dengan potensi untuk peruntukan sekitar 1.794 Ha areal irigasi teknis dan hortikultura, pemenuhan kebutuhan air baku di wilayah Kecamatan Seririt dan sekitarnya sebesar 0,350 m³/detik , serta untuk dialirkan ke saluran pembangkit listrik sebesar 1,50 MW.

Bendungan Titab ini merupakan jenis bendungan tipe urugan atau timbunan tanah yang mempunyai kapasitas tampungan air besar. Karena bendungan ini berupa urugan atau timbunan tanah maka salah satu hal paling penting dalam perencanaan bendungan tersebut adalah perencanaan terkait analisa stabilitas lereng tanah pada bendungan tersebut.

Dalam menjaga stabilitas lereng, terutama pada badan bendungan, maka di belakang bagian inti bendungan itu sendiri, dipasang geotekstil yang berfungsi sebagai filter dan drainase untuk menghubungkan ke drainase pada dasar bendungan sehingga arah air rembesan tidak mengalir ke lereng bagian hilir (*downstream*).

Dengan pemasangan geotekstil ini bermanfaat pada penambahan keamanan pada lereng.

TUJUAN

Tujuan dari penulisan ini adalah:

1. Mengetahui perhitungan kestabilan lereng pada bendungan Titab.
2. Mengetahui manfaat pemasangan Geotekstil terhadap kestabilan lereng pada Bendungan Titab.
3. Mengetahui manfaat pemasangan Geotekstil terhadap arah dan aliran rembesan pada Bendungan Titab.

MATERI DAN METODE

Stabilitas lereng

Stabilitas lereng merupakan salah satu faktor dasar yang perlu diperhatikan sebagai indikasi atau tolak ukur keamanan tanah di mana sebuah bangunan sipil berada. Maksud analisa stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan atau dapat ditulis :

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \tag{1}$$

dengan ;

- τ = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah
- τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gayaberat tanah yang akan longsor
- F = faktor aman

Data-data untuk menganalisa stabilitas lereng

Secara umum data yang diperlukan untuk analisis kestabilan lereng yaitu:

1. Topografi
2. Geologi
3. Sifat geoteknis material
4. Kondisi air tanah
5. Pembebanan pada lereng
6. Geometrik lereng

Berbagai cara menganalisa stabilitas lereng

Cara analisis kestabilan lereng banyak dikenal, tetapi secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu:

- A. Cara pengamatan visual
- B. Cara komputasi
- C. Cara grafik (flownet)

Perhitungan faktor keamanan (SF) lereng

Faktor Keamanan (SF) lereng tanah dapat dihitung dengan berbagai metode. Longsoran dengan bidang gelincir (*slip surface*), F dapat dihitung dengan metoda sayatan (*slice method*) menurut Fellenius atau Bishop.

A. Metode Fellenius (1927)

Menganggap gaya yang bekerja disisi kiri kanan sembarang irisan mempunyai resultan nol arah tegak lurus bidang longsor, keseimbangan arah vertikal adalah ;

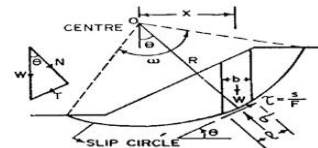
$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i$$

Atau

$$N_i = W_i \cos \theta_i - U_i = W_i \cos \theta_i - \mu_i a_i \tag{2}$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$, maka momen dari massa tanah yang akan longsor adalah;

$$\sum M_d = R \sum_{i=1}^{i=n} W_t \sin \theta_i \tag{3}$$



Gambar.1 ilustrasi Gaya Pada Metode Fellenius

Dengan ;

- R = jari-jari lingkaran bidang longsor
- n = jumlah irisan
- W_i = berat massa tanah irisan ke-i
- Bila terdapat air pada lereng, akibat pengaruh tekanan air pori persamaan menjadi:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_i + (W_i \cos \theta_i - \mu_i a_i) \text{tg} \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \tag{4}$$

Dengan ;

- F = faktor aman
- c = kohesi (kN/m²)
- φ = sudut gesek dalam tanah (o)
- a_i = lengkungan irisan ke-i (m)
- W_i = berat irisan tanah ke-i (kN)
- μ_i = tekanan air pori ke-i (kN)

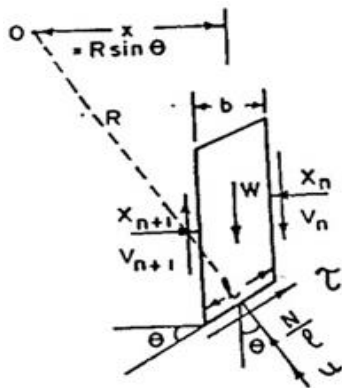
B. Metode Bishop (1955)

Metode ini menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol arah vertikal. Penyederhanaan metode bishop ini adalah sebagai berikut :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + W_i (1 - r_u) \text{tg} \varphi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \text{tg} \theta_i \text{tg} \varphi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \tag{5}$$

dengan ;

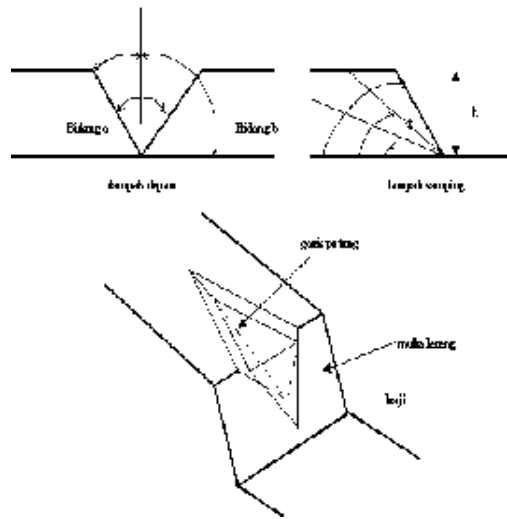
- F = faktor aman
- θ_i = sudut irisan
- c' = kohesi tanah efektif (kN/m²)
- b_i = lebar irisan ke-i (m)
- W_i = berat irisan tanah ke-i (kN)
- φ' = sudut gesek dalam efektif (o)
- μ_i = tekanan air pori irisan ke-i (kN/m²)



Gambar.2 Ilustrasi Gaya Pada Metode Bishop

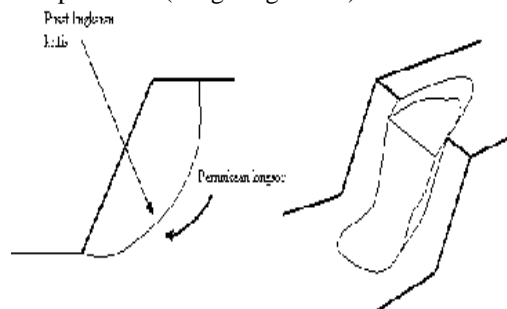
C. Metode Wedge

Bidang longsor potensial dapat didekati dengan menggunakan satu, dua atau tiga garis lurus. Contohnya jika terdapat lapisan lunak pada lereng bendungan.



Gambar.3 Bidang longsor pada metode Wedge

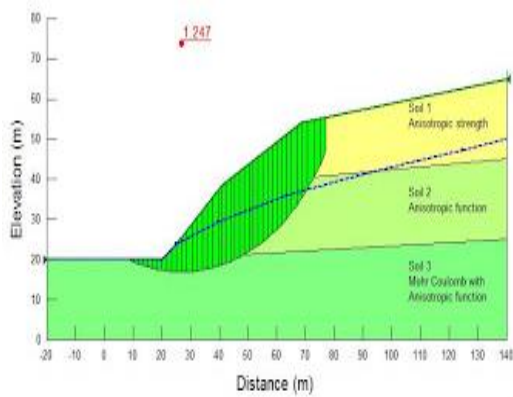
Efek tiga dimensi dapat didekati dengan menghitung F untuk tiap potongan dan kemudian hitung F rata-rata (*weighted mean*) dengan berat total massa tanah diatas bidang runtuh sebagai faktor pemberat (*weighting factor*).



Gambar.4 Faktor pemberat (*weighting factor*) pada metode wedge

Analisis stabilitas lereng menggunakan GeoStudio2007

GEO-STUDIO 2007 adalah sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geolingkungan. Software ini melingkupi SLOPE/ W, SEEP / W, SIGMA / W, QUAKE/ W, TEMP / W, dan CTRAN / W. Yang sifatnya terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain. Ini unik dan fitur yang kuat sangat memperluas jenis masalah yang dapat dianalisis dan memberikan fleksibilitas untuk memperoleh modul seperti yang dibutuhkan untuk proyek yang berbeda.



Gambar.5 Contoh aplikasi Geo-Studio 2007

Cara-cara memperkuat lereng

Pada prinsipnya, cara yang dipakai untuk menjadikan lereng supaya lebih aman (lebih mantap) dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu :

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penggerak:

- a) Membuat lereng lebih landai, yaitu mengurangi sudut kemiringan.
- b) Memperkecil ketinggian lereng / terasering.

2. Memperbesar gaya melawan atau momen melawan:

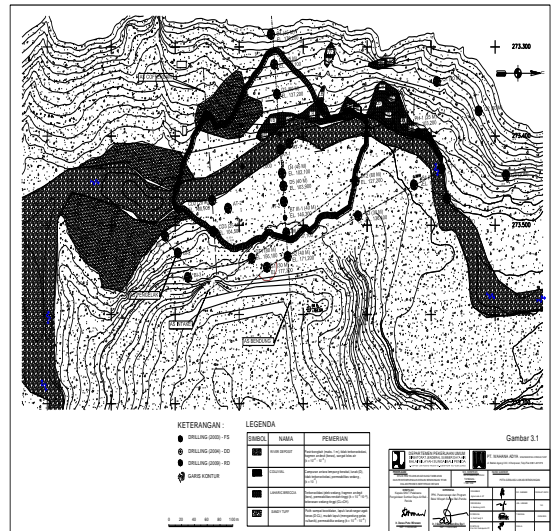
- a) Memakai “counterweight”, yaitu tanah timbunan pada kaki lereng.
- b) Mengurangi tegangan air pori di dalam lereng.
- c) Dengan cara mekanis, dengan memasang tiang atau dengan membuat dinding penahan.
- d) Dengan cara geosintetik diantaranya Geotekstil, Geogrid, Geomembrane, Geonet, Geomat, Geosynthetic Clay Liner.

Pada Bendungan Titab menggunakan geotekstil.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Survei Lapangan dan Pengumpulan Data

Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui data-data teknis serta keadaan dan kondisi terkini dari bendungan Titab sebagai studi kasus dari penelitian ini. Hal ini dianggap perlu dilakukan agar dalam melakukan analisa stabilitas lereng bisa menggunakan data yang akurat.

Bendungan Titab berada pada ketinggian 96 m di dasar tebing sungai Tukad Saba sampai sekitar 300 m di sebelah kanan maupun kiri sungai, di daerah ini beberapa lokasi secara tersebar dihuni oleh penduduk, tetapi umumnya ditumbuhi hutan semak dan perkebunan cengkeh.



Gambar 6. Peta Topografi Bendungan Titab

Kondisi Material Bendungan Titab

Material bahan bangunan yang diuji laboratorium pada tahap review desain meliputi bahan material lempung untuk timbunan inti (*core*), bahan material pasir untuk filter kasar, filter halus, bahan material batu untuk beton dan Rip Rap, dan bahan material acak untuk timbunan random (*random fill*).

Lokasi borrow area lempung, quarry random dan batu.

Bahan Material Lempung

Uji laboratorium material lempung dilakukan dengan pengambilan 14 contoh tanah pada 14 lokasi sumur uji (TP) seperti berikut ini.

Tabel Uji material

No.	No. Sumur Uji	Lokasi	Kedalaman (m)	Material
1.	TP-1	Borrow Area	2,50	Lempung
2.	TP-2	Borrow Area	2,40	Lempung
3.	TP-3	Borrow Area	1,70	Lempung
4.	TP-4	Borrow Area	2,60	Lempung
5.	TP-5	Borrow Area	4,00	Lempung
6.	TP-6	Borrow Area	4,00	Lempung
7.	TP-7	Borrow Area	3,00	Lempung
8.	TP-8	Borrow Area	3,00	Lempung
9.	TP-9	Borrow Area	3,00	Lempung
10.	TP-10	Borrow Area	1,70	Lempung
11.	TPA-1	Borrow Area	3,00	Lempung
12.	TPA-2	Borrow Area	2,10	Lempung
13.	TPA-3	Borrow Area	2,00	Lempung
14.	TPA-4	Borrow Area	1,90	Lempung

Sumber : FS Bendungan Titab oleh Dinas PU BWS Bali-Penida th.2009

Bahan Material Rip-Rap

Material yang akan digunakan untuk material rip-rap akan diambil dari quarry site

pada perbukitan sebelah kiri daerah genangan dari lokasi bendungan berjarak kurang lebih 300 m.

Perkiraan jumlah material Rip-Rap adalah:

$$200 \text{ m} \times 500 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 2.000.000 \text{ m}^3,$$

Dari hasil pengujian laboratorium di dapatkan besaran sebagai berikut:

Specific gravity (SSDC): 2,691 – 2,715

Soundness (Sodium Sulfat): 2,92 – 3,28 (%)

Los Angeles Abrasion: 17,38 – 20,10 (%)

Material Inti Kedap Air

Dari hasil pengujian dapat digunakan sebagai material timbunan inti dengan data-data teknis, sebagai berikut :

Kohesi (C) = 2,70 – 8,39 t/m²

Sudut geser dalam (φ) = 12° 08' - 20° 38'

Berat isi (wt) (γt) = 1,518 – 1,725 t/m³

Permeabilitas (k) = 9,00 x 10⁻⁷ - 1,88 x 10⁻⁷ cm/dt

Material Timbunan Batuan Random

Material random tanah didapat dari hasil galian terseleksi baik pada kondukt *spillway* dan *main dam*. Sedangkan material random batu segar didapatkan dari quarry. Ditentukan quarry adalah daerah karangasem, khususnya di sekitaran perbukitan gunung Agung.

Kebutuhan material untuk timbunan Random sebanyak: 736.000m³

Dari hasil pengujian di laboratorium didapatkan parameter sebagai berikut:

Specific Gravity : 2,706 – 2,764

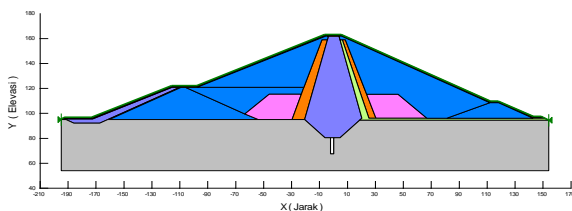
Dry density (γd max) : 1,447 – 1,841 (kg/cm³)

Wet density (γt) : 1,623 – 1,909 (kg/cm³)

Cohesion (C) : 0,09 (kg/cm²)

Sudut geser dalam (φ) : 31,47°

Permeabilitas (k) : 3,29 x 10⁻² cm/dt



Gambar 7. Kondisi Material Bendungan Titab

Perhitungan Stabilitas Lereng

Setelah melakukan survey dan pengumpulan data laboratorium maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan atau analisa terhadap stabilitas lereng pada bagian upstream bendungan Titab. Maksud analisa stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor, artinya menentukan aman atau tidaknya lereng bendungan terhadap bidang longsor.

Koefisien Gempa

Berdasarkan kondisi geologi , peta zona gempa , dan lokasi dari bendungan Titab maka koefisien gempa dihitung sebagai berikut :

$$a_d = z * a_c * v$$

$$k = a_d / g$$

$$z = 1.20$$

$$a_c = 0.227$$

$$v = 0.80$$

$$g = 9.80 \text{ m/det}^2$$

$$a_d = 1.20 * 0.227 * 980 * 0.80 = 213.5616 \text{ gal}$$

$$k = 213.5616 / 980 = 0.218$$

Koefisien gempa horisontal untuk perencanaan sebagai berikut:

$$k_h = \Delta_1 \Delta_2 \Delta_3 k_o$$

Dengan:

k_h = koefisien gempa horisontal untuk desain

Δ₁ = faktor lokasi bendungan

Δ₂ = faktor pondasi bendungan

Δ₃ = faktor konstruksi

K_o = koefisien gempa horisontal dasar

Secara numerik faktor gaya gempa tersebut dirumuskan sbb:

$$k = k_h (2,5 - 1,85 y/h) \text{ jika } y/h \leq 0,4$$

$$k = k_h (2,0 - 0,6 y/h) \text{ jika } y/h > 0,4$$

Koefisien gempa horisontal yang dipergunakan dalam perhitungan stabilitas lereng pada lokasi bendungan Titab adalah sebagai berikut :

$$k_h = \Delta_1 \Delta_2 \Delta_3 k_o = 0,85 \times 1 \times 0,50 \times 0,14 = 0,06$$

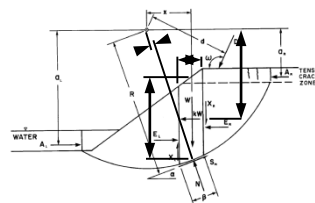
Berikut adalah data-data teknis mengenai bendungan Titab:

No	Keterangan	Data-Data Urugan Tanah
1.	Tipe Bendungan	
2.	Debit Banjir Rencana (Q _{1000th})	676,31 m ³ /det.
	(Q _{PMF})	1.174,30 m ³ /det.
3.	Debit rata-rata tahunan	3,058 m ³ /det.
4.	Elevasi Puncak	EL. 162,40 m
5.	Lebar Puncak	12,00 m
6.	Kemiringan Hulu	1 : 2,25
7.	Kemiringan Hilir	1 : 2,00
8.	Panjang Timbunan	210,00 m
9.	Dasar Sungai	EL. 102,50 m
10.	Muka Air Banjir	EL. 160,00 m
11.	Muka Air Rendah	EL. 131,20 m

Analisa Stabilitas Lereng

Analisis menggunakan perangkat lunak *Slope/W*. Dalam perangkat lunak ini, angka keamanan terhadap gelincir dihitung dengan 2 metode yaitu:

- (i) Angka keamanan berdasarkan keseimbangan momen
- (ii) Angka keamanan berdasarkan keseimbangan gaya, dengan gambar sebagai berikut:



Gambar.8 Gaya-gaya yang bekerja pada lereng

Tabel Parameter Perencanaan

No	Material	γ_{sat} (ton/m ³)	K (cm/dt)	C (ton/m ²)	Φ (°)
1	Inti Kedap Air *	1.777	3.64×10^{-7}	2.50	19 ~ 20
2	Filter Halus *	1.736	1.89×10^{-4}	0	30
3	Filter Kasar *	1.586	8.32×10^{-4}	0	40
4	Random Tanah **	1.762	3.29×10^{-2}	1.90	31
5	Random Batu (Segar)***	2.067	7.80×10^{-2}	0	37.5
6	Rip Rap ***	2.374	1.00×10^{-1}	0	40

Sumber : Detail Desain Bendungan Titab oleh Dinas PU BWS Bali-Penida

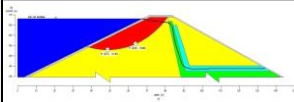
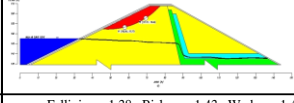
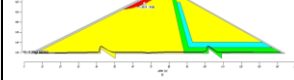
Analisa Stabilitas Lereng Menggunakan Geo-Studio2007

Perhitungan atau analisa pada stabilitas lereng dapat menggunakan beberapa program komputer yang dapat mempermudah menganalisa lereng. Untuk lereng pada bendungan utama (main dam) Titab ini dianalisa menggunakan program komputer Geo-Studio2007.

Analisa pada Geo-Studio2007 fitur SLOPE/W ini yang kita input diantaranya, dimensi bendungan Titab, kemudian penentuan jenis material yang digunakan, dan terakhir memasukkan data-data hasil uji laboratorium agar dapat digunakan sebagai parameter dalam menganalisa stabilitas lereng bendungan Titab. Langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pastikan Geo-Studio2007 yang digunakan adalah yang *Full License* agar semua fitur dapat dipakai guna kepentingan menganalisa sebuah lereng.
2. Kemudian memasukkan data meterial yang terdapat pada bendungan
3. Setelah memasukkan jenis material kemudian memasukkan data-data lab yang ada diantaranya kepadatan, kohesi, volume dan lain-lain. Caranya bisa memakai menu KeyIn Materials.
4. Setelah semua terinput baik itu dimensi (gambar) bendungan Titab, jenis material yang digunakan, dan terakhir memasukkan data-data hasil uji laboratorium, maka langkah terakhir adalah menjalankan menggunakan fasilitas "Solve Analysis".

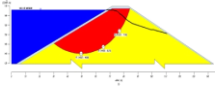
Hasil Analisis Stabilitas Lereng menggunakan Program Geo-Studio2007 fitur SLOPE/W dengan memakai 3 metode pada 3 kondisi:

NO	KONDISI	SYARAT	FAKTOR KEAMANAN (SF ≥ 1.2)	
			PADA BENDUNGAN	
1	Muka Air	1.20	Fellinius = 1.27 , Bishop = 1.31 , Wedge : 1.38	
	Maksimum		 AMAN	
2	Muka Air	1.20	Fellinius = 1.32 , Bishop = 1.38 , Wedge = 1.41	
	Surut Cepat		 AMAN	
3	Muka Air	1.20	Fellinius = 1.38 , Bishop = 1.43 , Wedge = 1.48	
	Setelah Konstruksi		 AMAN	

Keterangan: Analisis stabilitas bendungan Titab ditinjau pada kondisi muka air maksimum, muka air surut cepat, dan setelah konstruksi.

Analisis Stabilitas Lereng dengan Simulasi Tanpa Geotekstil

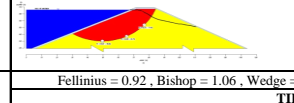
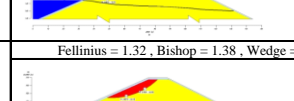
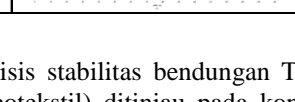
Perhitungan atau analisis stabilitas lereng pada kondisi tanpa geotekstil diperlukan untuk mengetahui pengaruh pemasangan geotekstil terhadap kestabilan lereng bendungan Titab. Analisis tanpa geotekstil disimulasikan sebagai berikut:

Jenis Material	Volume m ³	Gambar Simulasi
- Material inti kedap air	34.726	
- Material random tanah	310.807	
- Material random batu segar	873.254	
- Material rip-rap	51.165	
- Material agregat beton	50	

Keterangan: Material geotekstil diiadakan dan diganti dengan material random tanah. Sedangkan untuk data teknis mengikuti hasil tes laboratorium yaitu:

Kohesi (C) = 1,90 t/m²
 Sudut geser dalam (ϕ) = 31°
 Berat isi (wet) (γ_t) = 1,762 t/m³
 Permeabilitas (k) = $3,29 \times 10^{-2}$ cm/dt

Berikut hasil perhitungan analisis stabilitas lereng (simulasi tanpa geotekstil) menggunakan Program Geo-Studio2007 fitur SLOPE/W dengan memakai 3 metode :

NO	KONDISI	SYARAT	FAKTOR KEAMANAN (SF ≥ 1.2)	
			PADA BENDUNGAN	
1	Muka Air	1.20	Fellinius = 0.88 , Bishop = 0.92 , Wedge : 0.96	
	Maksimum		 TIDAK AMAN	
2	Muka Air	1.20	Fellinius = 0.92 , Bishop = 1.06 , Wedge = 1.15	
	Surut Cepat		 TIDAK AMAN	
3	Muka Air	1.20	Fellinius = 1.32 , Bishop = 1.38 , Wedge = 1.44	
	Setelah Konstruksi		 AMAN	

Keterangan: Analisis stabilitas bendungan Titab (simulasi tanpa geotekstil) ditinjau pada kondisi muka air maksimum, muka air surut cepat, dan setelah konstruksi.

PENUTUP**Simpulan**

Hasil analisis stabilitas lereng bendungan Titab dengan pemasangan geotekstil

- Pada saat bendungan baru selesai dibangun (*immediately after completion*)
Fellinius = 1,38 ; Bishop = 1,43 ; Wedge = 1,48
- Pada saat air waduk penuh (*reservoir full*)
Fellinius = 1,27 ; Bishop = 1,31 ; Wedge = 1,38
- Pada saat air waduk mengalami penurunan secara tiba-tiba (*rapid draw down*)
Fellinius = 1,32 ; Bishop = 1,38 ; Wedge = 1,41

Manfaat dari pemasangan geotekstil tipe/ukuran D17 dan D15 pada bendungan Titab antara lain :

1. Sebagai separator, yaitu sebagai pemisah antara dua jenis lapisan tanah yang berbeda granulasinya, tanpa mencegah sirkulasi air. Pada bendungan Titab memisahkan material inti dan material random.
2. Sebagai filter dan drainase, yaitu untuk mencegah migrasi partikel-partikel dari tanah atau lumpur bersama aliran air.
3. Meningkatkan angka keamanan kestabilan lereng dibandingkan dengan tanpa geotekstil

Manfaat geotekstil terhadap rembesan yaitu :

1. Memperpendek arah aliran rembesan air pada tubuh bendung dan tidak sampai ke lereng bagian hilir
2. Karena memperkecil rembesan maka juga memperkecil berat volume (γ_{sat})
3. Semakin kecil γ_{sat} maka semakin stabil sebuah lereng

Dengan demikian maka lereng bagian *upstream* bendungan Titab yang menggunakan Geotekstil ukuran D17 dan D15 sebagai filter dan drainase ini berada pada kondisi stabilitas lereng yang aman.

Saran

Keamanan pada pembangunan bendungan tidak cukup meninjau kestabilan lereng saja, tetapi juga harus ditinjau terhadap kemantapan pondasinya. Dengan demikian masih diperlukan tinjauan terhadap daya dukung, geseran dan gerusan akibat rembesan pada pondasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya jurnal ilmiah ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Jurnal dengan judul "Analisis Stabilitas Lereng Pada Bendungan Titab" ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu saya ucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Sipil,

Fakultas Teknik, Universitas Udayana, serta kepada seluruh pihak yang turut mendukung dan membantu penulisan jurnal ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Craig R.F, Susilo B.S. (1989). *Mekanika Tanah*, Penerbit Erlangga Jakarta
- Redana, I W. (2011). *Mekanika Tanah*. Udayana University Press, Bali
- Sosrodarsono, S. (1981). *Bendungan Type Urugan*. PT Pradnya Paramitha Jakarta
- Subarkah, I. (1984). *Vademekum Lengkap Teknik Sipil*. Penerbit Idea Dharma. Jakarta
- Sosrodarsono, S. (2000). *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradnya Paramitha (Terjemahan: Nakazawa, Kazuto. (1980). *Soil Mechanics & Foundation Engineering*. Jepang)
- Wesley, L.D. (1988). *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum