

Analisis Stabilitas Lereng Pembangunan Embung Desa Bumi Ayu Kecamatan Pringsewu.

I Putu Sastrawijaya¹

Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, Kementerian PUPR

Jl. Gatot Subroto 57 Bandar Lampung, Indonesia

¹ sastrawijaya.putu8@gmail.com

Intisari — Air merupakan karunia dari Tuhan Yang Maha Esa sebagai kebutuhan dasar semua makhluk hidup. Sumber air di alam ini adalah air hujan yang tersedia melalui siklus hidrologi. Karakteristik hujan di Indonesia yang cukup melimpah perlu disiasati agar dapat dimanfaatkan saat musim kering dan disimpan saat musim hujan. Banyak teknologi dikembangkan untuk menyimpan air sebagai salah satu alternatif penyimpanan air contohnya embung. Konstruksi embung yang banyak menggunakan tanah menyebabkan peranan tanah sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis stabilitas lereng tubuh embung dengan menggunakan Metode Fellenius, Bishop dan Kurva Stabilitas Morganstern pada Embung Desa Bumi Ayu Kecamatan Pringsewu. Penelitian ini berguna untuk memberikan informasi dini terkait bencana akibat kegagalan konstruksi. Analisis stabilitas lereng dilakukan berdasarkan data uji laboratorium tanah yang diambil dari lokasi dengan uji Analisa Saringan, Kadar Air, Berat Jenis, Berat Volume, Geser Langsung dan Batas Atterberg. Hasil analisis untuk kondisi air normal diperoleh angka keamanan berdasarkan Metode Fellenius berkisar antara 2,409 – 2,457 dan Metode Bishop diperoleh hasil berkisar 2,744 – 2,810. Pada kondisi air turun tiba-tiba diperoleh angka keamanan berdasarkan Metode Fellenius berkisar antara 0,786 – 0,821, Metode Bishop diperoleh hasil berkisar 0,901 – 0,941 dan Metode Kurva Stabilitas Morganstern diperoleh 1,1. Berdasarkan hasil analisa diperoleh kesimpulan bahwa Embung Desa Bumi Ayu Kabupaten Pringsewu relatif aman terhadap kondisi air normal tetapi harus waspada pada saat kondisi penurunan air secara tiba-tiba yang dapat menyebabkan longsor. Informasi ini berguna bagi pemerintah sebagai pertimbangan kegiatan mitigasi bencana.

Kata kunci — Embung, Metode bishop, Kurva Stabilitas morganstern, Motodo Fellenius, Tanah.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Embung atau cekungan penampung (retention basin) adalah cekungan yang digunakan untuk mengatur dan menampung suplai aliran air hujan serta untuk meningkatkan kualitas air di badan air yang terkait (sungai, danau). Embung digunakan untuk menjaga kualitas air tanah, mencegah banjir, hingga pengairan. Embung menampung air hujan di musim hujan dan lalu digunakan petani untuk mengairi lahan di musim kemarau. Dalam pembangunan embung, dibutuhkan perencanaan yang baik untuk memperoleh hasil konstruksi embung yang handal dan multiguna.

Tanah juga merupakan material yang sangat penting dalam mendukung suatu pekerjaan konstruksi, yaitu sebagai fondasi dari suatu jenis bangunan dan dapat digunakan sebagai bahan timbunan dalam pekerjaan tanggul, bendungan dan jalan. Namun tidak semua tanah dapat mendukung suatu pekerjaan konstruksi, hanya tanah dengan karakteristik baik yang dapat mendukung suatu pekerjaan konstruksi. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisa terhadap daya dukung tanah sebagai pendukung suatu pekerjaan konstruksi.

Analisis stabilitas lereng mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi-konstruksi sipil. Kondisi tanah asli yang tidak selalu sesuai dengan perencanaan yang diinginkan misalnya lereng yang terlalu

curam sehingga dilakukan pemotongan bukit atau kondisi lain yang membutuhkan timbunan dan lain sebagainya. Sehingga diperlukan analisis stabilitas lereng yang lebih akurat agar diperoleh konstruksi lereng yang mantap (sesuai dengan syarat keamanan).

B. Maksud dan Tujuan

Untuk menganalisa angka keamanan Embung Desa Bumi Ayu Kecamatan Pringsewu analisa menggunakan Metode Fellenius serta untuk mengetahui stabilitas lereng Embung Desa Bumi Ayu Kecamatan Pringsewu.

II. METODOLOGI

A. Pelaksanaan Pengujian

1) Pengujian Kadar Air

Tujuan Pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat tanah kering.

2) Pengujian Berat Volume

Tujuan pengujian ini untuk mendapatkan berat volume tanah yang merupakan perbandingan antara berat tanah basah dengan volumenya dalam gr/cm^3 .

3) Pengujian Berat Jenis

Tujuan Uji Berat jenis adalah untuk menentukan kepadatan massa tanah secara rata-rata yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu.

4) Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui prosentase ukuran butir sampel tanah yang akan dipakai dan menghitung modulus kehalusannya.

5) Percobaan Geser Langsung

Tujuan dari percobaan geser langsung adalah untuk menentukan nilai kohesi dan sudut geser tanah.

6) Percobaan Batas Atterberg

a) Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair.

b) Batas Plastis (*Plastic limit*)

Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat.

B. Analisis Data

Data hasil pengujian sifat fisik dan mekanik di laboratorium, selanjutnya dilakukan analisa dengan menggunakan metode irisan, yaitu dengan metode fellenius. Analisa data bertujuan untuk memudahkan pengolahan data hasil pengujian, dan mendapatkan sampel yang representatif.

Maksud analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor akibat pengaruh dalam dan pengaruh luar, serta pengaruh muka air dalam embung.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Sampel Tanah

Dari Hasil Pengujian Sampel tanah, diperoleh sifat fisik dan mekanis tanah dengan hasil sebagai berikut:

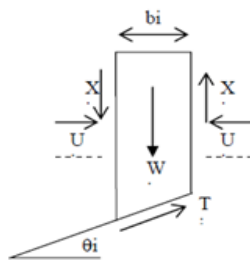
Tabel 1. Tabel hasil pengujian sampel tanah

No.	Jenis Pengujian	Hasil		
1	Kadar air	23,14 %	17,38 %	21,46 %
2	Berat volume	1,527 gr/cm^3	1,714 gr/cm^3	1,632 gr/cm^3
3	Berat Jenis	2,643	2,619	2,528
4	Analisis Saringan	35,25 %	61,07 %	58,78 %
5	Geser Langsung			
	Internal Friction Angle (ϕ)	28,9 °	28,5 °	28,6 °
	Kohesi (c)	0,106 t/m^2	0,108 t/m^2	0,117 t/m^2

B. Perhitungan Stabilitas Lereng Embung

Maksud analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor. Dasar-dasar teori yang digunakan dalam perhitungan stabilitas lereng embung menggunakan teori metode Bishop (Bishop's Method) dan Metode Fellinius. Salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng embung yaitu naik turunnya muka air. Untuk mendapatkan suatu nilai faktor keamanan minimum dari suatu analisis stabilitas lereng memerlukan suatu proses coba-coba (trial and error).

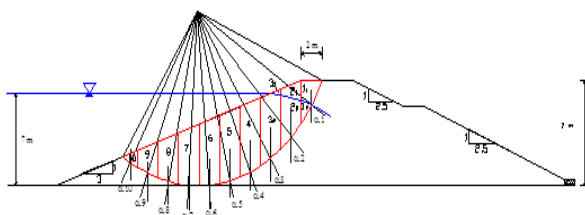
Berdasarkan gambar dibawah ini, dapat dianalisa setiap irisan pada lereng tubuh embung.



Gbr 1. Tipe Irisan

C. Analisis Kestabilan Lereng Saat Muka Air Normal

Dalam menganalisis stabilitas Lereng saat muka air normal menggunakan metode perhitungan Fellinius



Gbr 2. Kondisi geometri lereng saat muka air normal

1) Metode Fellinius

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \phi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

- Mencari berat tiap irisan (W_i), (A_i)
Luas Penampang irisan $\times \gamma'$
 $8,139 \text{ m}^2 \times 0,525 \text{ t/m}^3 = 4,270 \text{ t}$
- Lebar irisan (b) = 2 m

- Sudut $\theta_4 = 22,6^\circ$ (diperoleh dengan mencari irisan antara jari-jari keruntuhan dan titik berat irisan tanah) dan setiap irisan memiliki sudut yang berbeda.
- Internal Friction Angle $\phi = 28,9^\circ$ diperoleh dari hasil laboratorium dari Direct Shear Test).
- Kohesi tanah (c) = $0,106 \text{ t/m}^2$ (berdasarkan hasil laboratorium dari Direct Shear Test).
- Mencari momen penyebab Longsor
 $W \sin \theta = 4,270 \times (\sin 22,6) = 1,642 \text{ t}$
Menjumlahkan semua momen penyebab longsor dan diperoleh:

$$\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i = 7,289 \text{ t}$$

- Mencari Momen Penahan Longsor

$$c \cdot a_4 + (W_4 \cos \theta_4 - u_4 a_4) \tan \phi$$

$$0,106 \text{ t/m}^2 \cdot 1,973 + (4,270 \cdot \cos 22,6 - 0) \tan 28,9 = 2,385 \text{ t}$$

Menjumlahkan semua momen penahan longsor dan diperoleh:

$$\sum_{i=1}^{i=n} ca_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \phi = 2,061 + 15,658 = 17,719 \text{ t}$$

- Mencari nilai F dengan membandingkan momen penahan longsor dan momen penyebab longsor dan diperoleh hasil sebagai berikut:

$$FA = \frac{17,719}{7,289} = 2,431$$

2) Metode Bishop (Bishop's Method)

$$F = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \sum_{i=1}^{i=n} (c' b + W_i \tan \phi) \frac{1}{M}$$

$$M = \cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \phi' / F)$$

- Mencari berat tiap irisan (W_i), (A_i)
Luas Penampang irisan $\times \gamma'$
 $8,139 \text{ m}^2 \times 0,525 \text{ t/m}^3 = 4,270 \text{ t}$
- Lebar irisan (b) = 2 m
- Sudut $\theta_4 = 22,6^\circ$ (diperoleh dengan mencari irisan antara jari-jari keruntuhan dan titik berat irisan tanah) dan setiap irisan memiliki sudut yang berbeda.
- Internal Friction Angle $\phi = 28,9^\circ$ diperoleh dari hasil laboratorium dari Direct Shear Test).

- e. Kohesi tanah (c) = $0,106 \text{ t/m}^2$ (berdasarkan hasil laboratorium dari Direct Shear Test).
- f. Mencari momen penyebab Longsor
 $W \sin \theta = 4,270 \times (\sin 22,6) = 1,642 \text{ t}$
 Menjumlahkan semua momen penyebab longsor dan diperoleh:

$$\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i = 7,289 \text{ t.}$$

- g. Mencari Momen Penahan Longsor
 $c \cdot a_4 + (W_4 \cos \theta_4 - u_{a4}) \tan \varphi$
 $0,106 \text{ t/m}^2 \cdot 2,008 + (4,270 \cdot \cos 22,6 - 0) \tan 28,9 = 2,389 \text{ t}$
 Menjumlahkan semua momen penahan longsor dan diperoleh:

$$\sum_{i=1}^{i=n} c a_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \varphi$$

$$= 19,478 + 47,109 = 66,587 \text{ t}$$

- h. Mencari nilai Angka Keamanan (F)

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (c' b + W_i \tan \varphi) \frac{1}{M}}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (c' b + W_i \tan \varphi) \frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \varphi' / F)}}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

$$F = x \frac{\sum 0,108 x 2 + 7,289 \tan 28,9}{7,289} \frac{1}{\cos 22,6 (1 + \tan 22,6 \tan 28,9 / 2,81)}$$

$$F = \frac{9,35}{7,289} \times \frac{1}{9,191} = 2,810$$

Perhitungan dilakukan dengan cara coba – coba sampai didapatkan nilai F yang sesuai dengan perhitungan.

Dicoba nilai $F = 2,000 \rightarrow$ hasil $F = 2,756$

Dicoba nilai $F = 2,756 \rightarrow$ hasil $F = 2,807$

Dicoba nilai $F = 2,810 \rightarrow$ hasil $F = 2,810$

Berarti nilai F telah sesuai dengan perhitungan, maka nilai $F = 2,810$

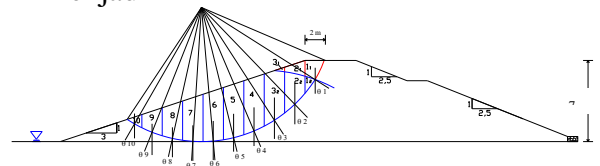
D. Analisa kestabilan Lereng Pada Kondisi Penurunan Muka Air

Dalam cara ini, faktor aman ditentukan dengan metode yang sama, namun ada beberapa parameter yang berubah antara lain.

- a. Berat Volume (γ), yang semula γ' berubah menjadi γ sat. Sehingga berat beban timbunan menjadi bertambah.
 Untuk irisan No. 4 (PA) $\gamma' = 0,525 \text{ t/m}^3$ menjadi γ sat = $1,525 \text{ t/m}^3$
- b. Sudut geser (φ), sudut geser menjadi bertambah kecil.
 Untuk irisan No. 4 (PA), sudut geser $28,9^\circ$ karena ada penurunan muka air maka

$$\varphi = \frac{0,525}{1,525} \times 28,9^\circ = 9,945^\circ$$

 menjadi



Gbr 3. Kondisi geometri lereng saat penurunan muka air

- 1) Metode Fellenius

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c a_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

- a. Mencari berat tiap irisan (W_4), (A_4)
 Luas Penampang irisan $\times \gamma'$
 $8,139 \text{ m}^2 \times 1,525 \text{ t/m}^3 = 12,409 \text{ t}$
- b. Lebar irisan (b) = 2 m
- c. Sudut $\theta_4 = 22,6^\circ$ (diperoleh dengan mencari irisan antara jari-jari keruntuhan dan titik berat irisan tanah) dan setiap irisan memiliki sudut yang berbeda.
- d. Internal Friction Angle $\varphi = 9,945^\circ$ diperoleh dari hasil laboratorium dari Direct Shear Test) yang telah disesuaikan dengan asumsi penurunan muka air.
- e. Kohesi tanah (c) = $0,106 \text{ t/m}^2$ (berdasarkan hasil laboratorium dari Direct Shear Test).
- f. Mencari momen penyebab Longsor
 $W \sin \theta = 12,408 \times (\sin 22,6) = 4,771 \text{ t}$
 Menjumlahkan semua momen penyebab longsor dan diperoleh:

$$\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i = 21,182 \text{ t.}$$

- g. Mencari Momen Penahan Longsor
 $c \cdot a_4 + (W_4 \cos \theta_4 - u_{a4}) \tan \varphi$
 $0,106 \text{ t/m}^2 \cdot 8,134 + (12,409 \cdot \cos 22,6 - 0) \tan 9,945 = 2,894 \text{ t}$

Menjumlahkan semua momen penahan longsor dan diperoleh:

$$\sum_{i=1}^{i=n} ca_1 + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \varphi = 2,061 + 14,597 = 16,658 \text{ t}$$

- h. Mencari nilai F dengan membandingkan momen penahan longsor dan momen penyebab longsor dan diperoleh hasil sebagai berikut:

$$FA = \frac{16,658}{21,182} = 0,786$$

2) Metode Bishop (Bishop's Method)

$$F = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \sum_{i=1}^{i=n} (c' b + W \tan \varphi) \frac{1}{M}$$

$$M = \cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \varphi' / F)$$

- Mencari berat tiap irisan (W₄), (A₄)
Luas Penampang irisan x γ'
8,139 m² x 1,525 t/m³ = 12,409 t
- Lebar irisan (b) = 2 m
- Sudut θ₄ = 22,6° (diperoleh dengan mencari irisan antara jari-jari keruntuhan dan titik berat irisan tanah) dan setiap irisan memiliki sudut yang berbeda.
- Internal Friction Angle φ = 9,945° diperoleh dari hasil laboratorium dari Direct Shear Test) yang telah disesuaikan menurut asumsi penurunan muka air.
- Kohesi tanah (c) = 0,106 t/m² (berdasarkan hasil laboratorium dari Direct Shear Test).
- Mencari momen penyebab Longsor
W sin θ = 12,408 x (sin 22,6) = 4,771 t
Menjumlahkan semua momen penyebab longsor dan diperoleh:
$$\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i = 21,182 \text{ t}$$
- Mencari Momen Penahan Longsor
c.a₄ + (W₄ cos θ₄ - u_{a4}) tan φ
0,108 t/m² . 8,319 + (12,408 . cos 22,6 - 0) tan 9,945 = 4,953 t
Menjumlahkan semua momen penahan longsor dan diperoleh:
$$\sum_{i=1}^{i=n} ca_1 + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \varphi = 2,0606 + 21,182 = 23,242 \text{ t}$$
- Mencari nilai Angka Keamanan (F)

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (c' b + W \tan \varphi) \frac{1}{M}}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (c' b + W \tan \varphi) \frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \varphi' / F)}}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

$$F = x \frac{\sum (0,108 \times 2 + \frac{12,408 \tan 9,945}{\cos 22,6 (1 + \tan 22,6 \tan 9,945 / 0,901)})}{21,182}$$

$$F = \frac{23,242}{21,182} \times \frac{1}{0,998} = 0,901$$

Perhitungan dilakukan dengan cara coba – coba sampai didapatkan nilai F yang sesuai dengan perhitungan.

Dicoba nilai F = 1,000 → hasil F = 0,906

Dicoba nilai F = 0,906 → hasil F = 0,901

Dicoba nilai F = 0,901 → hasil F = 0,901

Berarti nilai F telah sesuai dengan perhitungan, maka nilai F = 0,901

E. Kurva Stabilitas Morganstern

Kurva stabilitas Morganstern digunakan untuk mencari angka keamanan saat diasumsikan sifat – sifat tanah sama Diseluruh timbunan dan seluruh tinggi lereng terendam sebelum terjadi penurunan muka air.

- Mencari c / γH untuk menentukan kurva stabilitas yang akan digunakan

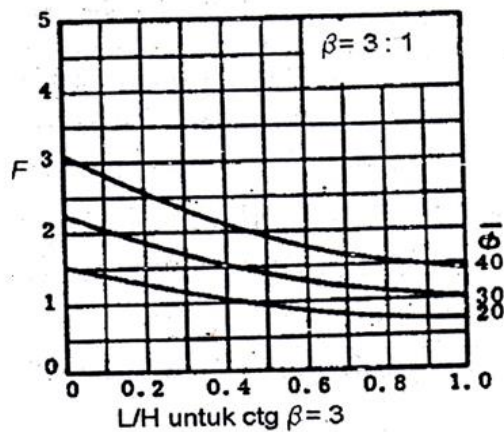
$$F = \frac{1,108}{1,527} \times 7 = 0,010 \quad (\text{Pakai } c / \gamma_{\text{sat}} \cdot H =$$

0,0125 karena dianggap paling mendekati)

- Mencari L / H, dimana L = 6m dan H = 7m berdasarkan gambar.

$$F = \frac{6}{7} = 0,857 \quad (\text{Penurunan muka air terdalam})$$

- Nilai β = 3 : 1 (Berdasarkan gambar)
- Sudut θ = 28,9 ° berdasarkan hasil laboratorium Direct Shear Test. Selanjutnya menggunakan kurva c / γ_{sat}.H = 0,0125 karena dengan asumsi kurva ini paling mendekati nilai c / γ_{sat}.H = 0,01 hasil perhitungan sebelumnya.
- Mencari nilai keamanan dengan menggunakan kurva berikut:



Dari grafik diatas diperoleh nilai $F = 1,1$ yang diperoleh dari hubungan grafik $L/H = 0,857$ dan $\beta = 3:1$.

Tabel 2. Tabel hasil perhitungan Kurva Morganstern

Titik	c (t/m ²)	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	H (m)	$c/\gamma_{sat}H$	L/H	θ_i	β	F
PA	0.106	1.527	1.525	7	0.010	0.857	28.900	3:1	1.3
PB	0.108	1.714	1.580	7	0.01	0.857	28.500	3:1	1.3
PC	0.117	1.632	1.530	7	0.010	0.857	28.600	3:1	1.3

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian sifat fisik dan mekanik tanah di laboratorium dan dilakukan analisis stabilitas lereng maka dapat disimpulkan :

- 3) Tanah yang digunakan sebagai timbunan tubuh embung di Desa Bumi Ayu Kabupaten Pringsewu merupakan tanah berbutir halus dengan nilai lolos saringan 200 antara 58,78% - 61,07% dan tanah berbutir kasar dengan nilai lolos saringan 200 sebesar 35,25%.
- 4) Berdasarkan perhitungan stabilitas lereng dengan metode irisan maka dapat diketahui bahwa pada keadaan muka air normal, lereng pada tubuh embung aman terhadap longsor. Faktor keamanan berdasarkan Metode Fellenius antara 2,409 – 2,457 dan

Metode Bishop diperoleh angka keamanan antara 2,744 – 2,810.

- 5) Sedangkan pada saat terjadi penurunan muka air secara tiba – tiba, lereng analisis pada tubuh embung masih menunjukkan angka kritis terhadap longsor. Faktor keamanan berdasarkan Metode Fellenius antara 0,786 – 0,821 dan Metode Bishop diperoleh angka keamanan antara 0,901 – 0,941. Faktor keamanan berdasarkan kurva Morganstern diperoleh nilai 1,1.
- 6) Berdasarkan analisa yang telah dilakukan terdapat sedikit perbedaan antara Metode Fellenius dan Bishop relative lebih kecil dibandingkan Metode Bishop. Dimana Metode Bishop menghasilkan angka keamanan yang lebih kecil dibandingkan Metode Fellenius. Hal ini disebabkan Metode Bishop menggunakan koefisien untuk mendapatkan faktor keamanan.

REFERENSI

- [1] Bowles, J.E. 1989. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Erlangga. Jakarta.
- [2] Sosrodarsono, Suyono. 1977. Bendungan Type Urugan. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [3] Hardiyatmo, Hary Chirstady. 1992. Mekanika Tanah I. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [4] Hardiyatmo, Hary Chirstady. 1992. Mekanika Tanah II. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [5] Herianto.W. 1983. Analisa Kestabilan Lereng. Bandung.
- [6] Das, B.M. 1994. Mekanika Tanah, (prinsip-prinsip rekayasa geoteknis) . Erlangga. Jakarta
- [7] Das, B.M. 1995. Mekanika Tanah I. Erlangga. Jakarta
- [8] Santoso, Heryono Dwi. 2010. Analisis Stabilitas Lereng Pada Konstruksi Tubuh Embung. Skripsi Universitas Lampung. Lampung.
- [9] <http://eprints.undip.ac.id/33864/1/1818.pdf>
- [10] <http://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/BahanAjar/Herman/Stabilitas%20lereng.pdf>
- [11] <http://blogs.unpad.ac.id/zufialdizakaria/files/2009/11/zufialdi-zakaria-2009-analisis-kestabilan-lereng-tanah.pdf>.