

**KESTABILAN LERENG MODEL TRI DATU  
BERKOLABORASI DENGAN *HYDROSEEDING*  
BERBASIS MASYARAKAT  
(STUDI KASUS: DESA SONGAN A DAN B KINTAMANI)**

I Made Nada<sup>1\*)</sup>, Ida Bagus Suryatmaja<sup>2)</sup>, I Gede Oka Darmayasa<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati Denpasar

\*Email: [madenada@unmas.ac.id](mailto:madenada@unmas.ac.id)

**ABSTRACT**

*Landslide disaster is one of the events that often occurs on the island of Bali, especially in Songan A and B Kintamani villages as happened on February 9, 2017 which claimed lives. One way to characterize soil properties is to use geotechnical methods. Five slopes that have the potential for landslides in Songan A Village (dsa1, dsa2) and Songan B Village (dsb1, etc2, etc3) were characterized by physical soil properties such as cohesion, shear angle, density and slope geometry analyzed for slope stability using the Fellenius method manually. This study uses a quantitative approach, to determine the value of the factor of safety (FK) using the manual Fellenius method. Based on the research, the safety factor generated for each existing slope is 1.45, 1.35, 1.36, 1.13, 1.20 for the five slopes (FK < 1.5) if a landslide occurs, the landslide will piled up roads and houses. From the results of the characterization, mitigation is carried out in the form of slope arrangement of the Tri Datu Model in collaboration with community-based Hydroseeding 0.93 and 16.40 m<sup>3</sup>, 2.34 and 3.18 m<sup>3</sup>, 1.65 and 9.19 m<sup>3</sup>, 1.52 and 9.8 all values of the factor of safety of slopes (FK > 1.5).*

**Keywords :** *Characterization of slope stability, run-out, Tri Datu, Hydroseeding.*

## 1. PENDAHULUAN

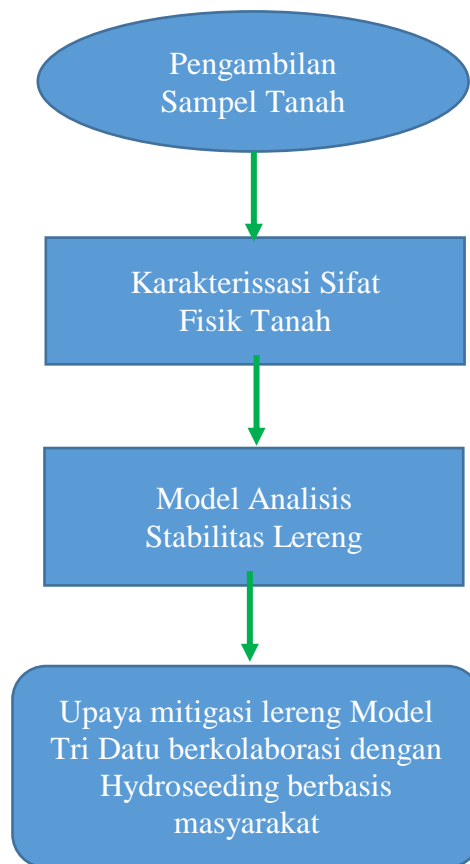
Kecamatan Kintamani merupakan salah satu kecamatan yang terdapat di Kabupaten Bangli yang mempunyai luas wilayah sebesar 366,92 km<sup>2</sup>, atau sekitar 70,45% dari luas wilayah Kabupaten Bangli dan bahkan merupakan kecamatan terluas di Provinsi Bali (6,51% dari luas wilayah Provinsi Bali). Keunikan kecamatan yaitu memiliki geopark kaldera Batur berukuran sekitar 13,8 x 10 km, dan struktur kaldera lainnya terbentuk di tengahnya dengan diameter 7,5 km dan anak Gunung Batur dengan puncak tertinggi +1.717 m (Bemmelen, 1949). Berdasarkan data Pusdalop BPBD Provinsi Bali tahun 2014, di Kabupaten Bangli telah terjadi 14 kali bencana longsor atau sekitar 7,33% dari seluruh kejadian gerakan tanah di Pulau Bali (Pusdalop BPBD Provinsi Bali, 2014). Kejadian tersebut sebagian besar terjadi di Kecamatan Kintamani dan kejadiannya terjadi pada awal bulan Januari sampai dengan Maret, yang merupakan bulan-bulan

intensitas curah hujan tertinggi terjadi di kawasan tersebut. Ancaman gerakan tanah di kawasan geopark Gunung Batur dalam Sinarta dkk., (2016b) menunjukkan bahwa kaldera Gunung Batur berada pada 500 – 2000 mdpl, dengan persentase ancaman tinggi sebesar 11% dan sangat tinggi 9%. Tingkat ancaman tinggi seluas 5.232 ha berada di sekitar lereng Gunung Batur khususnya di Desa songan A dan B dengan jenis longsoran berupa jatuhan batuan, daerah ini merupakan jalur tracking dan area galian C. Lokasi penambangan pasir terdapat di Desa Songan A. Disatu sisi kegiatan ini akan dapat menambah penghasilan masyarakat tetapi dari segi lingkungan sangat merusak bentang alam, apalagi sistem pertambangan yang tidak direncanakan/diatur dengan baik, sehingga mudah menimbulkan longsor seperti yang terjadi tanggal 9 Pebruari 2017 yang menelan korban jiwa atau memunculkan areal-areal genangan baru dengan tingkat erosinya tergolong ringan sampai berat.

Tanah longsor adalah gerakan massa tanah (termasuk batuan), lapisan hasil sedimen yang belum terkonsolidasi atau lapisan tanah pada bagian lereng dengan kemiringan landai sampai sangat curam kearah kaki lereng sebagai akibat terlampauinya keseimbangan daya tahan lereng (Varnes, 1978). Adam (2008) menyatakan bahwa prediksi *run-out* pada aliran runtuh tanah adalah elemen penting dalam mengurangi potensi kerusakan dan digunakan sebagai mitigasi bencana. Salah satu cara untuk memprediksi adalah dengan menggunakan model *Coulomb* sederhana seperti yang dilakukan oleh Firmansyah, dkk (2015). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengusulkan untuk prediksi *run-out* dengan menggunakan model *Coulomb* sederhana. Dari hasil karakterisasi tersebut, kemudian diturunkan upaya mitigasi bencana tanah longsor dengan penataan lereng model Tri Datu berkolaborasi dengan *Hydroseeding* berbasis masyarakat menggunakan analisis stabilitas lereng.

## 2. METODOLOGI

Secara garis besar penelitian ini terdiri dari pengambilan sampel tanah bidang gelincir dan tanah lapisan transisi dari lima lokasi longsor yang berbeda (dsa1, dsa2, dsb1, dsb2, dsb3). Sampel tanah yang diambil kemudian dilakukan uji sifat fisik tanah di laboratorium. Kemudian parameter yang diperoleh dari hasil uji fisik digunakan untuk memodelkan volume kondisi tanah tidak stabil. Dari hasil karakterisasi lereng disusunlah upaya mitigasi bencana berdasarkan peningkatan Faktor Keamanan (FK). Berikut adalah alur penelitian yang telah dilakukan dan dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alur penelitian.

Ada lima tempat kejadian tanah longsor yang diambil sampel tanah untuk diteliti. Setiap sampel tanah dikarakterisasi dengan menggunakan metode geoteknik. Parameter yang dibutuhkan untuk analisis stabilitas lereng adalah kuat geser dan berat isi yang telah didapat dari uji geoteknik. Menurut Terzaghi (1996), kuat geser juga dipengaruhi oleh Tegangan efektif sebagai pengaruh tegangan air pori sehingga persamaannya menjadi :

$$t = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \quad (1)$$

Keterangan:

$t$  = kuat geser ( $\text{kg/cm}^2$ )

$c'$  = kohesi tanah efektif ( $\text{kg/cm}^2$ )

$u$  = tekanan air pori ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\sigma$  = tegangan normal efektif ( $\text{kg/cm}^2$ )

Stabilitas Lereng pertimbangkan faktor keamanan ialah yang akan dihadapi, kondisi beban serta parameter yang dipakai untuk menganalisis stabilitas lereng adalah sebagai berikut:

$$FK = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (2)$$

Keterangan:

FK = Angka keamanan terhadap kekuatan tanah

$\tau_f$  = Kekuatan geser rata-rata dari tanah

$\tau_d$  = Tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang lonsor.

Adapun kekuatan geser dari lahan memiliki dua komponen yakni friksi dan kohesi yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \emptyset \quad (3)$$

Keterangan:

c = kohesi tanah penahan

$\emptyset$  = Sudut geser penahan

$\sigma$  = Tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang lonsor

$$\tau_d = C_d + \sigma \tan \emptyset_d \quad (4)$$

Keterangan:

$C_d$  = Kohesi

$\emptyset_d$  = Sudut geser yang bekerja sepanjang bidang yang lonsor

Dengan mensubstitusikan persamaan 3 dan 4, maka diperoleh persamaan FK sebagai berikut :

$$FK = \frac{c + \sigma \tan \emptyset}{C_d + \sigma \tan \emptyset_d} \quad (5)$$

Untuk menentukan kestabilan atau kemantapan suatu lereng yang dikenal dengan istilah *safety factor* merupakan gaya-gaya yang menahan diperbandingkan dengan gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut akan dianggap stabil, apabila dirumuskan :

$$\text{Faktor Keamanan (FK)} = \frac{\text{momen penahan}}{\text{momen penggerak}} \quad (6)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Curah Hujan

Stasiun Hujan Kedisan dan Stasiun Hujan Kintamani adalah Pencatatan hujan yang berpengaruh terhadap hujan wilayah Desa Songan A dan Songan B, dimana curah hujan reratanya adalah sebesar 2,17 mm/hari dan maksimum hujan yang pernah terjadi hingga Tahun 2013 sebesar : 2,97 mm/hari (BWS, 2015). Berikut ini hasil pencatatan Stasiun Hujan Kedisan dan Stasiun Hujan Kintamani dalam skala rerata bulanan dari tahun 2003-2013 Tabel 1.

**Tabel 1.** Pola Rerata Hujan Harian Bulan Stasiun Kedisan dan Stasiun Kintamani (mm/hari)

Bulan Tahun	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
2003	7.06	9.37	2.18	0.22	0.81	0.00	0.07	0.00	1.97	4.34	1.24	0.05
2004	1.94	4.59	3.67	0.67	0.53	0.03	0.09	0.02	0.08	0.00	2.50	2.52
2005	0.69	3.20	6.79	2.54	0.00	0.26	0.13	0.11	0.00	0.77	3.87	5.53
2006	2.54	5.44	5.87	6.76	2.44	4.65	3.40	2.57	1.43	3.54	4.30	3.55
2007	3.44	9.65	3.68	5.54	9.3	7.55	4.22	3.65	1.54	3.99	5.32	6.43
2008	2.45	6.43	7.81	8.77	3.79	4.34	6.54	3.20	3.45	5.4	3.44	4.59
2009	8.38	7.78	2.55	0.91	0.52	0.44	0.00	0.00	0.03	0.00	0.40	2.57
2010	4.15	6.09	2.87	1.33	1.97	0.00	0.45	0.00	1.12	2.13	4.93	2.77
2011	5.29	4.28	12.16	1.30	1.15	0.09	0.03	0.00	0.00	0.02	1.10	1.14
2012	6.19	4.25	10.70	0.30	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	3.82
2013	9.43	9.32	5.65	1.94	1.63	1.54	0.32	0.00	0.00	0.02	1.08	4.75

Sumber : BWS, 2015

#### 3.2 Hasil Uji Laboratorium

Pengambilan sampel kadar air serta sampel berat isi dilakukan di tiga lokasi Desa Songan dengan hasil uji laboratorium seperti yang disajikan pada Tabel 2 dan 3. Sementara untuk pengambilan sampel berat jenis dilakukan pada dua lokasi Desa Songan dengan hasil uji laboratorium seperti pada Tabel 4.

**Tabel 2.** Hasil Pemeriksaan Kadar Air

No	Keterangan	Songan (Df = 1,00 m)		
		1	2	3
1	Berat container Wc (gr)	9,90	9,80	9,78
2	Berat cont + sampel basah W1 (gr)	44,20	41,92	36,65
3	Berat cont + sampel kering W2 (gr)	37,30	33,40	31,70
4	Berat air W1 – W2 (gr)	6,90	8,52	4,95
5	Berat sampel kering W2 - Wc	23,4	23,60	21,59
6	Kadar air $w = 4/5 \times 100\%$	29,49	36,10	22,93
7	W rata-rata (%)	29,51		

Kestabilan Lereng Model Tri Datu Berkolaborasi Dengan *Hydroseeding* Berbasis Masyarakat  
(Studi Kasus: Desa Songan A dan B Kintamani)

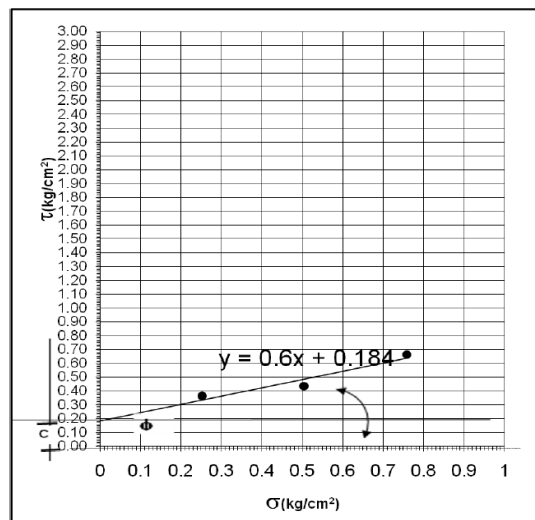
**Tabel 3.** Hasil Pemeriksaan Berat Jenis

No	Keterangan	Songan (Df = 3,00 m)		
		1	2	3
1	Volume ring $\varnothing = 6,35$ cm, t = 2 cm (cm <sup>3</sup> )	63,34	63,34	63,34
2	Berat mould W <sub>1</sub> (gr)	81,80	79,70	57,40
3	Berat mould + sampel W <sub>2</sub> (gr)	176,50	178,20	160,40
4	Berat sampel W <sub>2</sub> - W <sub>1</sub> (gr)	94,70	98,50	103,00
5	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )	1,50	1,56	1,60
6	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1,55		

**Tabel 4 .** Hasil Pemeriksaan Berat Jenis

No	Keterangan	Songan	
		1 (1,00 m)	2 (2,00 m)
1	Berat Piknometer (gr)	39,10	37,40
2	Berat Piknometer + sampel kering (gr)	48,40	47,50
3	Piknometer + air + sampel W <sub>1</sub> (gr)	144,30	143,70
4	Berat Piknometer + Air W <sub>2</sub> (gr)	139,00	137,50
5	Temperatur (°C)	29,00	29,00
6	Koreksi suhu (k)	0,99	0,99
7	Berat sampel kering W <sub>s</sub> (gr)	9,30	10,10
8	Berat Jenis $G_s = W_s / (W_2 \cdot k - W_1 + W_s)$	2,50	2,80

Hasil uji kuat geser (uji geser langsung) dengan ketentuan *depth of sampling* (Df = 1,50 m), *proving calibration* = 0,6 dan *wide of sample* = 31,621 cm<sup>2</sup> yang diperoleh seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Uji geser langsung dengan hasil *cohesion* (c) = 0,18 kg/cm<sup>2</sup> dan *angle of friction* (φ) = 55°

### 3.3 Hasil Uji Tri Datu Kolaborasi dengan *Hydroseeding*

Pengurangan massa tanah dan Faktor Keamanan Tri Datu yang berkolaborasi dengan *Hydroseeding* dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6.

**Tabel 5.** Pengurangan Massa Tanah

(H : V)	Pengurangan Massa Tanah (m <sup>3</sup> )				
	dsa1	dsa2	dsb1	dsb2	dsb3
Existing 2 : 3	5,02	4,49	1,68	3,79	7,54
Tri Datu kolaborasi Hydroseeding 2 : 3	8,61	16,40	3,18	9,19	9,8

**Tabel 6.** Nilai FK berdasarkan pengurangan massa tanah

(H : V)	FK					Keterangan
	dsa1	dsa2	dsb1	dsb2	dsb3	
Existing 2 : 3	1,45	1,35	1,36	1,13	1,2	Semua FK < 1,5
Tri Datu kolaborasi Hydroseeding 2 : 3	1,95	1,93	2,34	1,65	1,52	Semua FK > 1,5

Dari Tabel 5 dan Tabel 6 setiap sampel dilakukan pengurangan massa tanah dengan perbandingan kemiringan (H : V) 2 : 3 yang didapatkan hasil uji, makin besar pengurangan massa tanah makin besar pula Faktor Keamanan (FK) yang didapat. Angka Faktor Keamanan lebih besar dari 1,5 (FK >1,5) diperoleh dari hasil mitigasi perbandingan kemiringan lereng (H : V) 2 : 3 Model Tri Datu berkolaborasi dengan *Hydroseeding*.

#### 4. PENUTUP

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Kemiringan lereng dilakukan penataan dengan perbandingan (H : V) = 2 : 3
2. Dari hasil pemodelan analisis stabilitas lereng didapatkan bahwa pengurangan massa tanah pada perbandingan 2 : 3 (tinggi lereng : panjang lereng) berdasarkan penataan Model Tri Datu Kolaborasi dengan *Hydroseeding* telah meningkatkan nilai FK sehingga kondisi lereng menjadi lebih stabil (FK > 1,5).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai atas data sekunder yang diberikan dan terima kasih pula kepada seluruh tim peneliti atas ketekunan observasi yang dilakukan walaupun kondisi medan cukup berat serta uji laboratorium yang berulang-ulang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam B, Prochaska. 2008. Debris-flow Runout Prediction Based on the Average Chanel Slope (ACS). *Engineering Geology*, Vol. 98: 29-40.
- Anwar, R. 2009. Penanggulangan Erosi Secara Struktural Pada Daerah Aliran Sungai Bango. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol. 3(1): 51-63.
- Firmansyah, S. Feranie, A. Tohari, dan F.D.E. Latief. 2015. Prediction of landslide *Run-out* distance Based on slope Stability Analysis and Center of Mass Approach. *Padjajaran Earth Dialogues: International Symposium on Geophysical Issues, Studies On The Mechanisms of The Earth Surface Formation*, 8-10 June 2015. Jatinangor. Indonesia.
- Jaboyedoff, M., P. Horton., A. Loye., and A. Pedrazzini. 2008. Run-out-Empirical Approaches. *Workshop Barcelona Mountain Risks*.
- Morgenstern. N.R., and V.E. Price. 1965. The Analysis of the Stability of General Slip Surface *Geotechnique* Vol. 15 (1): 77-93.
- Sinarta, I.N., Rifa'i, A., Fathani, T.F. and Wilopo, W., 2016b. Indeks Ancaman Gerakan Tanah Dengan Metode *Analythical Hierarchy Process* (AHP) Untuk Penataan Infrastruktur Kepariwisata Di Kawasan Geopark Gunung Batur, Kabupaten Bangli, Bali. *Seminar Nasional KonsepSi#2 (Konsep dan Implementasi 2)*, 1, pp.110–120.
- Terzaghi, Karl, R.B, Peck, dan G, Mesri. 1996. *Soil Mechanics in Engineering Practice 3 ed.* John Wiley & Sons. New York.
- Varnes. D.J. 1978. Slope Movement Types and Processes. In: Special report 176: Landslides Analysis and Control (eds: Schuster, R.L. & Krizek, R.J.). Transportation and Road Research Board. National Academy of Science. Washington D.C. 11-33.
- Zulfiandi, Z., 2013. *Bio-Engineering*, Melalui Pemanfaatan Tanaman Kaliandra di Wilayah Zona Rawan Longsor Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*, Vol. 11(3): 168-17.