

ANALISA PENGARUH METODE TERASERING PADA STABILITAS LERENG MENGUNAKAN GEOSLOPE/W6

Analysis of Effect Terracing Method on Slope Stability by Geostudio V.6 Software

Ismail Hoesain M*, Didi Supriadi A*, Isya Ashari*, Tri Sulistyowati*, Agung Prabowo*

*** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram**

Email : Ismailhoesain_m@unram.ac.id, didiagustawijaya@unram.ac.id,

isyaasharimt@unram.ac.id, trisulistyowati.ftunram@gmail.com, agung_prabowo@unram.ac.id

Abstrak

Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan suatu lereng antara lain adalah infiltrasi air hujan dan kelandaian suatu lereng. Air infiltrasi ini, selain mengurangi kohesi tanah, juga ikut menambah berat tanah sehingga longsor terjadi. Sebagian besar perbukitan di daerah Lombok Barat, lapisan tanah merupakan pasir kelanauan terutama di daerah sepanjang jalan raya Sesaot, sebagai kawasan wisata hutan dari Propinsi Nusa Tenggara Barat. Longsor di kawasan ini sering terjadi apabila musim hujan tiba. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui angka keamanan lereng terhadap durasi hujan dan penanggulangan longsor dengan membuat sudut lereng lebih datar dari lereng asli dan membuat terasering sepanjang lereng. Dalam analisisnya dibantu dengan menggunakan program Geostudio V.6. Pemodelan muka air tanah akibat hujan digunakan program SEEP/w sedangkan pemodelan lereng menggunakan program SLOPE/w. Hasil penelitian menunjukkan, semakin lama durasi hujan (durasi hujan 8 jam), angka keamanan semakin menurun, sebesar 3,23% dari faktor keamanan tanpa hujan. Apabila dilakukan stabilisasi dengan mengurangi sudut lereng menjadi 65° dari kondisi asli 85°, faktor keamanan meningkat 22,8% dan bila dilakukan stabilisasi dengan tersering sebanyak 2 terasering, faktor keamanan mengalami peningkatan sebesar 17,34% dari kondisi asli lereng.

Kata kunci : Infiltrasi, Kelandaian, Durasi, Terasering

PENDAHULUAN

Jalan merupakan sarana pendukung yang menghubungkan daerah satu dengan yang lainnya, sehingga sarana jalan yang baik dapat meningkatkan ekonomi masyarakatnya. Salah satu ruas jalan penting di provinsi NTB, khususnya di kabupaten Lombok Barat adalah ruas jalan Sesaot. Ruas jalan ini merupakan ruas jalan utama menuju daerah kawasan wisata hutan Sesaot, Suranadi dan Narmada. Ruas jalan Sesaot ini melewati daerah perbukitan dengan kemiringan lereng sekitar 85° dan curah hujan termasuk tinggi, sehingga sering terjadi bencana longsor yang dapat mengganggu pengguna ruas jalan ini. Untuk mengetahui kestabilan lereng ruas jalan Sesaot akibat hujan maksimum dan metode penanggulangan dengan cara kemiringan lereng dikurangi dan membuat terasering, dilakukan analisis kestabilan lereng dengan dibantu program Geostudio v.6.

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa peneliti telah melakukan penelitiannya mengenai stabilitas lereng diantaranya : Martini (2005) menyimpulkan bila intensitas hujan makin tinggi maka durasi hujan makin rendah yang dapat mengakibatkan tanah longsor. Karnawati (2001), hujan intensitas tinggi (70 mm/jam) efektif memicu longsor pada susunan tanah yang mudah menyerap air misalnya pada tanah lempung pasir dan tanah pasir sedangkan hujan normal (kurang dari 20 mm/jam) pada susunan tanah yang lebih kedap air, misalnya lereng dengan tanah lempung, lanau atau lempung pasir. Wardana (2011), melakukan

simulasi lereng terhadap stabilisasi dengan terasering. Hasil simulasi menunjukkan, makin banyak jumlah terasering pada lereng dan sudut lereng makin kecil, angka keamanan lereng makin meningkat.

Klasifikasi longsoran menurut HWRBLC, (*Highway Research Board Landslide Committee, 1978*).

Tabel 1. Klasifikasi Longsoran (*landslide*) oleh Varnes (1978)

Jenis gerakan (Type of movement)		Jenis Material (type of material)		
		Batuan dasar (bedrock)	Tanah keteknikan (engineering soils)	
			Bebas butir kasar (freedom, coarse)	Berbutir halus (predominantly fine)
Jatuh an (falls)		Jatuh an batu (rock fall)	Jatuh an bahan robakan (debris fall)	Jatuh an tanah (earth fall)
Jungkiran (topple)		Jungkiran batu (rock topple)	Jungkiran bahan robakan (debris topple)	Jungkiran tanah (earth topple)
Gelinciran (slides)	Rota si	Satuan sedikit (few units)	Nendatan batu (rock slump)	Nendatan tanah (earth slump)
	trans lasi		Satuan banyak (many units)	Luncuran bongkahan batu (rock block slide)
		Luncuran batu (rock slide)	Luncuran bahan robakan (debris slide)	Luncuran tanah (earth slide)
Gerakan horisontal/ bentang lateral (lateral spreads)		Bentang lateral batu (rock spread)	Bentang lateral bahan robakan (debris spread)	Bentang lateral tanah (earth spread)
Aliran (flow)		Aliran batu/rayapan dalam (rock flow/deep creep)	Aliran bahan robakan (debris flow)	Aliran tanah (earth flow)
		Rayapan tanah (soil creep)		
Majemuk (complex)		Gabungan dua atau lebih gerakan (combination two or more movement)		

Sumber : *Higway Research Board Landslide Comitte, 1978*

Distribusi curah hujan berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan, bulanan, harian dan curah hujan per-jam. Untuk menghitung intensitas curah hujan setiap waktu berdasarkan data curah hujan harian disampaikan oleh Mononobe.

Rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c}\right)^m \dots\dots\dots (1)$$

dengan : I = intensitas hujan (mm/jam), T = lamanya curah hujan (jam), m = konstanta, R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1999), keadaan dan intensitas hujan dapat dikategorikan seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2. Keadaan dan Intensitas Hujan

Keadaan curah hujan	Intensitas curah hujan (mm)	
	1 Jam	24 Jam
Hujan sangat ringan	< 1	< 5
Hujan ringan	1 - 5	5 - 20
Hujan normal	5 - 20	20 - 50
Hujan lebat	10 - 20	50 - 100
Hujan sangat lebat	> 20	> 100

Sumber : Subiyanti H., 2007

Durasi adalah lamanya suatu kejadian hujan (Sudjarwadi, 1987). Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi.

Air tanah adalah sebagai air yang terdapat dibawah permukaan bumi. Sumber utamanya air hujan yang meresap ke bawah melewati ruangan pori diantara butiran tanah. Pada lapisan tanah terdapat tiga zone penting yaitu : zone jenuh air, zone kapiler, dan zone jenuh sebagian. Pada zone jenuh atau zone dibawah muka air tanah, air mengisi seluruh rongga-rongga. Pada zone ini tanah dianggap dalam keadaan jenuh sempurna. Batas atas dari zone jenuh adalah permukaan air tanah atau freatis. Zone kapiler terletak diatas zone jenuh. Ketebalan zone ini tergantung dari macam tanah, akibatnya air mengalami isapan atau tekanan negatif. Zone tak jenuh yang berkedudukan paling atas adalah zone dekat permukaan tanah dimana air dipengaruhi oleh penguapan sinar matahari dan akar-akar tumbuh-tumbuhan.

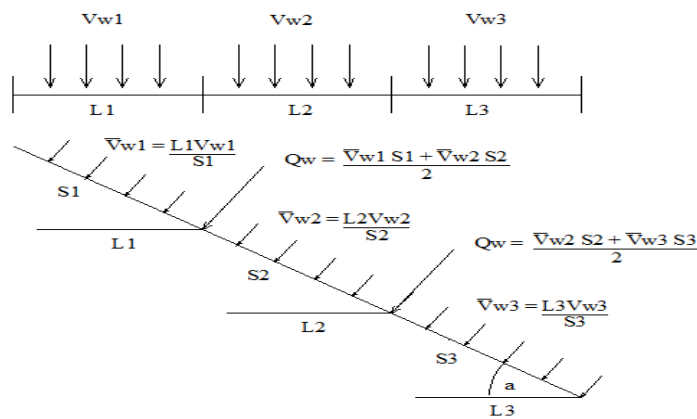
Proses terjadinya infiltrasi adalah ketika air hujan menyentuh permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan tersebut masuk kedalam tanah melalui pori-pori permukaan tanah. Proses masuknya air hujan kedalam tanah ini disebabkan oleh tarikan gaya grafitasi dan kapiler tanah.. laju infiltrasi yang dipengaruhi oleh gaya grafitasi dibatasi oleh besarnya diameter pori-pori tanah.

Hujan yang jatuh di permukaan lereng dianggap merata. Hujan yang jatuh pada permukaan tanah yang datar berbeda dengan hujan yang jatuh pada permukaan tanah yang miring. Sehingga perhitungan besaran hujan dihitung pada masing-masing kemiringan lereng.

Persamaan perhitungan hujan berdasarkan kemiringan lereng menurut Fredlund dan Rahardjo (1993) sebagai berikut:

$$\check{V}_{wi} = \frac{L_i \cdot V_{wi}}{S_i} \dots\dots\dots (2)$$

dengan : V_w = intensitas hujan (mm/jam), L_i = jarak tegak lurus bidang vertikal (m), S_i = jarak tegak lurus bidang lereng (m), Q_w = beban hujan (mm/jam)

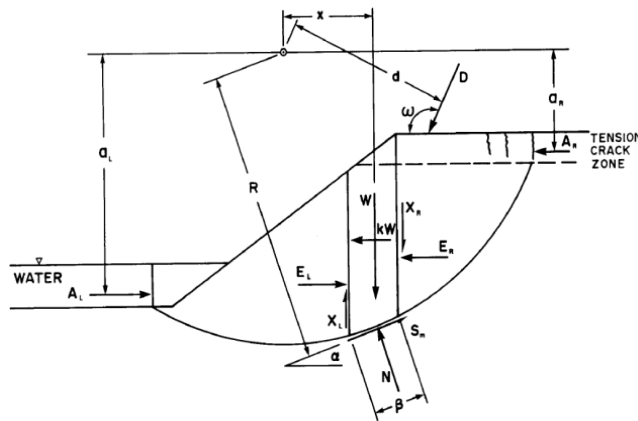


Gambar 2. Perhitungan hujan berdasarkan kemiringan lereng. (Subiyanti H., 2007).

Bowles (1989), mengkategorikan angka aman seperti pada **Tabel 3.** di bawah ini.

Tabel 3. Kejadian Longsor, Bowles (1984)	
F	Kejadian
$F < 1,07$	Kemungkinan terjadi longsor
$1,07 < F \leq 1,25$	Bisa longsor
$F > 1,25$	Hampir tidak terjadi longsor

Analisa Stabilitas Lereng dengan Metode Irisan



Gambar 3. Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan dengan Permukaan Bidang Longsor Tipe Lingkaran (Manual Slope/W V.6, 2004).

Untuk analisa tegangan efektif, kuat geser tanah ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\tau = c' + (\sigma_n - u) \tan \phi' \dots\dots\dots (3)$$

dengan : τ = kuat geser (Ton/m²), c' = kohesi efektif (kN/m²), ϕ' = sudut geser dalam efektif (derajat), σ_n = tegangan normal (kN/m²), u = tekanan air pori (kN/m²)

Dalam analisa stabilitas lereng, biasanya dihitung dua persamaan faktor keamanan yaitu persamaan keseimbangan gaya-gaya dan momen yang bekerja pada setiap bidang irisan. Untuk memenuhi kondisi keseimbangan batas, besarnya gaya geser (S_m) yang harus dikerahkan adalah:

$$S_m = \frac{(c'\beta + (N - u\beta) \tan \phi')}{F} \dots\dots\dots (4)$$

dengan : $\sigma_n = N / \beta$, σ_n = rata-rata tegangan normal pada dasar tiap pias (kN/m²), F = faktor aman, β = panjang dasar tiap pias (m)

METODE PENELITIAN

Jenis data yang dibutuhkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer antara lain geometrik lereng dan sifat fisik tanah. Sedangkan untuk data sekunder merupakan data hujan.

Adapun jenis pengujian yang akan dilakukan antara lain:

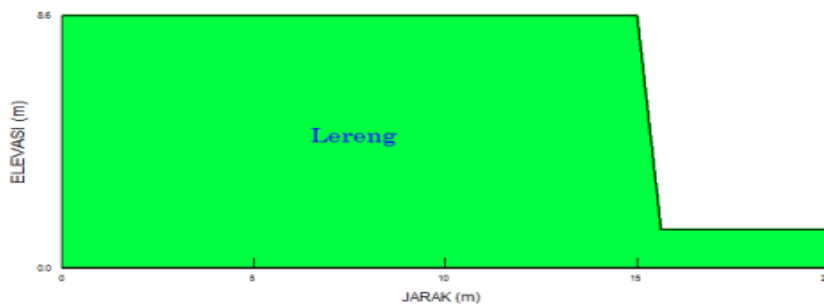
- a. Pengujian Kadar Air, uji kadar air dilakukan mengikuti ASTM D-2216,
- b. Pengujian *Specific Gravity*, mengikuti ASTM D-854,
- c. Pengujian Batas – Batas Konsistensi Tanah Pengujian batas *Atterberg* meliputi pengujian batas cair (ASTM D 4318-95a) dan batas plastis (ASTM D 4318-95a),
- d. Pengujian Distribusi Ukuran Butiran Tanah, pengujian hydrometer mengikuti ASTM D – 421-85. Analisa saringan digunakan tanah sisa hidrometer yang tertahan saringan no.200 setelah dikeringkan dalam oven selama 24 jam mengikuti ASTM D – 422-63
- e. Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*), mengikuti ASTM D – 308.
- f. Pengujian Permeabilitas (ASTM D – 2434)

Dari pengumpulan data, dilakukan permodelan menggunakan software SEEP/W untuk memperoleh tekanan air pori yang kemudian analisa stabilitas lereng dilakukan menggunakan software SLOPE/W. Dalam analisa Slope/w, analisa dilakukan dengan intensitas hujan maksimum dengan durasi 1 jam 2,5 jam dan 8 jam pada lereng asli dengan sudut 85°. Selanjutnya dilakukan stabilisasi lereng dengan sudut lereng 75° dan 65° serta stabilisasi dengan satu tersering dan dua tersering dengan sudut lereng 85°.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampang Lereng Asli

Analisa Stabilitas Lereng tepi Jalan Raya Sesaot



Gambar 4. Penampang Melintang Lereng

Data Teknis Tanah

Tabel 3. Sifat fisis dan mekanis tanah

Sifat Fisis Tanah	Satuan	Nilai
1. Kadar air lapangan (w)	%	
2. Berat volume basah lapangan (y _b)	kN/m ³	14,1
3. Berat volume kering lapangan (y _d)	kN/m ³	11,7
4. Berat jenis (lapangan)		
• Berat jenis (G _s)		2,58
• Angka pori (e)		1,20
• Porositas (n)		0,55
• Derajat kejenuhan (S)	%	44,71
5. Indek properties		
• batas cair (LL)		NON PLASTIS
• batas platis (PL)		
• Indek plastisitas (IP)		
6. Analisa Butiran		
• Kerikil	%	11,42
• Pasir	%	69,10
• Lanau	%	20,82
• Lempung	%	1,34
7. Klasifikasi tanah (USCS)		Pasir kelanauan
8. Kuat geser tanah		
• Sudut geser (ϕ)	derajat	23°
• Kohesi (c)	kN/m ²	16
9. Permeabilitas		
• <i>Falling head</i> (k)	cm/s	4,8x10 ⁻⁵

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Intesitas Hujan

Hasil perhitungan intensitas hujan dengan kala ulang 5 tahun diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Intensitas Hujan

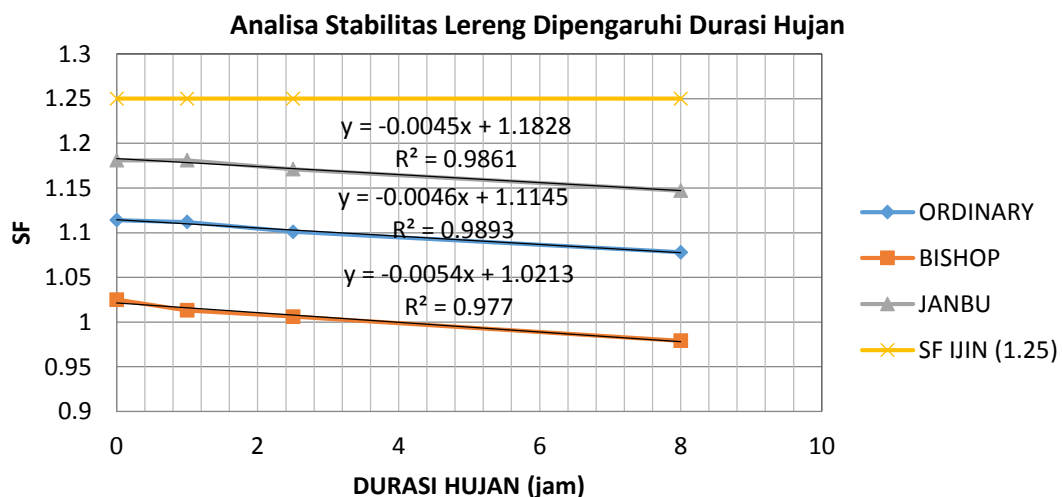
t (jam)	$I_{5thn} = \frac{137.685}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$ (mm/jam)	t (jam)	$I_{5thn} = \frac{137.685}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$ (mm/jam)
1	47.733 (max)	13	8.634
2	30.070	14	8.217
3	22.948	15	7.848
4	18.943	16	7.517
5	16.324	17	7.220
6	14.456	18	6.950
7	13.044	19	6.704
8	11.933	20	6.478
9	11.032	21	6.271
10	10.284	22	6.079
11	9.651	23	5.902
12	9.107	24	5.737

Analisa Pengaruh Durasi Hujan Terhadap Stabilitas Lereng Asli

Tabel 5. Hasil Analisa Stabilitas Lereng Dipengaruhi Durasi Hujan

Kondisi Lereng		Sebelum Penanggulangan			
		Tanpa Hujan	Hujan 1 Jam	Hujan 2,5 Jam	Hujan 8 Jam
SF Analisa					
METODE	ORDINARY	1.114	1.112	1.101	1.078
	BISHOP	1.025	1.013	1.006	0.979
	JANBU	1.181	1.181	1.171	1.147

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 5. Pengaruh Durasi Hujan Terhadap Angka Keamanan

Durasi hujan menyebabkan penurunan angka keamanan. Semakin lama durasi hujan, tingkat kejenuhan tanah meningkat seiring dengan meningkatnya muka air tanah dan tekanan air pori tanah sebagai akibat infiltrasi sehingga kuat geser tanah menurun. Selain itu beban tanah yang melongsorkan bertambah besar karena tanah menjadi jenuh.

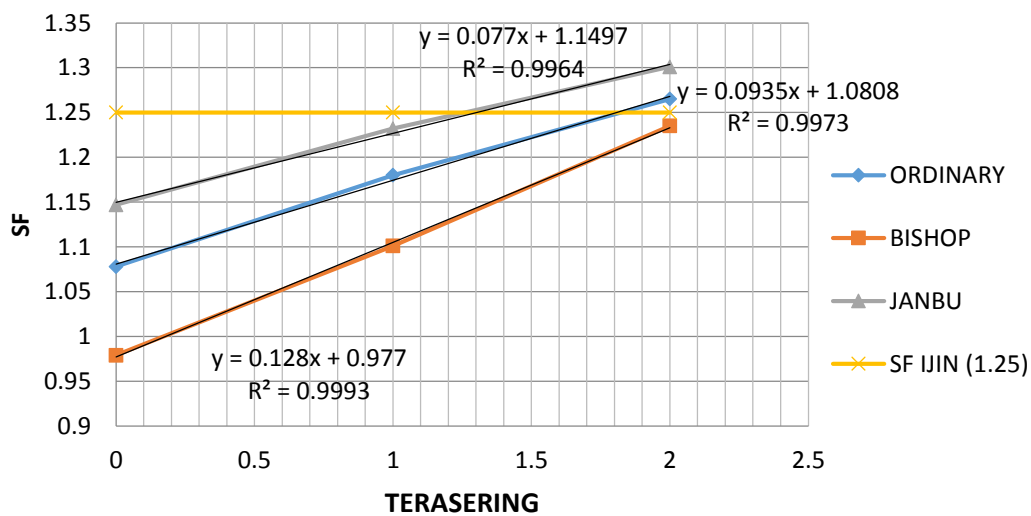
Pengaruh Stabilisasi Lereng dengan Terasering

Tabel 6. Hasil Analisa Stabilitas Lereng dengan Penanggulangan Menggunakan Terasering (Durasi hujan 8 Jam)

SF Analisa	Kondisi Lereng	Setelah Penanggulangan		
	Sebelum Penanggulangan	Satu Terasering	Dua Terasering	
	Tanpa Terasering (durasi 8 jam)			
METODE	ORDINARY	1.078	1.18	1.265
	BISHOP	0.979	1.101	1.235
	JANBU	1.147	1.232	1.301

Sumber : Hasil perhitungan

Analisa Stabilitas Lereng dengan Penanggulangan menggunakan Terasering Pada Durasi 8 Jam



Gambar 6. Pengaruh Terasering Terhadap Angka Keamanan (Durasi hujan 8 jam)

Hasil analisa menunjukkan bahwa terjadi peningkatan angka keamanan seiring dengan penambahan terasering di lereng pada kondisi paling ekstrem yaitu pada durasi hujan 8 jam. Peningkatan ini disebabkan karena pengurangan dari massa tanah yang mengakibatkan longsor.

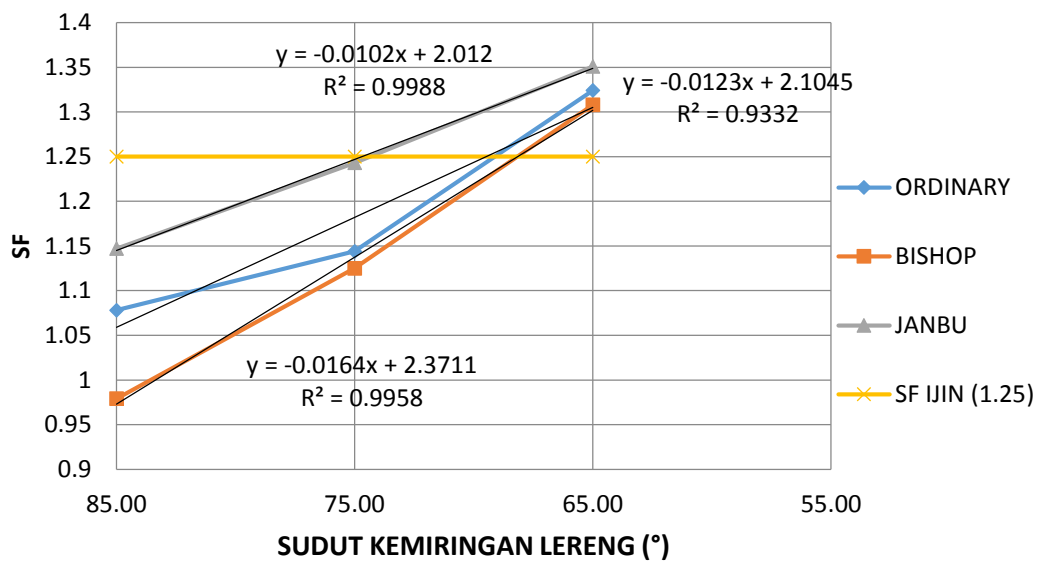
Pengaruh Stabilisasi Lereng dengan Terasering

Tabel 7. Hasil Analisa Stabilitas Lereng dengan Penanggulangan pengurangan Sudut Kemiringan Lereng terhadap Durasi 8 Jam

SF Analisa	Kondisi Lereng	Setelah Penanggulangan		
	Sebelum Penanggulangan	Sudut lereng 85° (durasi 8 jam)	Sudut lereng 75°	Sudut Lereng 65°
METODE	ORDINARY	1.078	1.144	1.324
	BISHOP	0.979	1.125	1.308
	JANBU	1.147	1.243	1.351

Sumber : Hasil perhitungan

Grafik Analisa Stabilitas Lereng dengan Penanggulangan pengurangan Sudut Kemiringan Lereng terhadap Durasi 8 Jam



Gambar 7. Pengaruh Kelandaian Lereng Terhadap Angka Keamanan (Durasi Hujan 8 jam)

Semakin landai permukaan lereng atau semakin kecil sudut kemiringan lereng maka semakin besar nilai angka keamanan pada lereng. Hal ini dikarenakan masa tanah yang menggerakkan sehingga lereng longsor berkurang.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Pada intensitas hujan maksimum, semakin lama durasi hujan, angka keamanan lereng terhadap longsor makin menurun. FK tanpa hujan (metode ordinary) = 1,114 dan FK dengan hujan durasi 8 jam = 1,078 atau mengalami penurunan 3,23%. Stabilisasi lereng dengan membuat terasering, FK (Faktor Keamanan) meningkat seiring bertambahnya terasering. FK dengan 2 terasering pada hujan dengan durasi 8 jam menjadi = 1,265 atau mengalami peningkatan 17,34% dari FK kondisi asli = 1,078. Bila dilakukan pemotongan lereng sehingga sudut lereng lebih kecil dari sudut lereng asli, maka makin kecil sudut lereng angka ke amanan makin meningkat, FK pada sudut lereng 65° dengan hujan 8 jam = 1,324 atau mengalami peningkatan 22,8% dari FK lereng asli dengan sudut lereng = 85° pada hujan 8 jam = 1,078.

Saran

Stabilitas lereng sangat menarik untuk dijadikan penelitian, untuk itu disarankan bagi penelitian berikutnya yaitu pemanfaatan geotekstil sebagai bahan perkuatan lereng yang dipadukan dengan dinding penahan lereng beton maupun bronjong serta pemanfaatan *geogrid* sebagai bahan perkuatan lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007, *User Guide SLOPE/W for slope Stability Analysis Version.6*, Geo-Slope International Ltd., Canada.
- Abramson, Lee W dkk, 1996, *Slope Stability and Stabilization Methods*, John Willey & Sons, Inc, Canada
- Anonim, 1997, *Annual Book of ASTM Standard*, section 4, volume 04.08, Philadelphia, USA.
- Anonim, 2002, *Prosiding Seminar Nasional SLOPE 2002*, Bandung
- Bowles, J.E., 1989, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., 1993, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Erlangga, Jakarta.
- Day, R.W., 1999, *Geotechnical and Foundation Engineering*, McGraw-Hill Companies Inc, USA
- Day, R.W., 1999, *Forensic Geotechnical and Foundation Engineering*, McGraw-Hill Companies Inc, USA
- Gofar, N. dan Setiawan, B. (2002). *Pengaruh Peningkatan Kandungan Air Terhadap Potensi Keruntuhan Lereng Tanah*. Prosiding Seminar Nasional SLOPE 2002, Bandung. pp81-86.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, *Mekanika Tanah II*, Edisi keempat, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C, 2012, *Tanah Longsor dan Erosi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Holtz, R.D, dan W.D. Kovack. 1981. *An Introduction to Geotechnical Engineering*, New Jersey : Englewood Cliffs, Prentice-Hall Inc.
- Kawamoto, K., Oda, M., dan Suzuki, K., 2000. *Hydro-geological study of landslides caused by heavy rainfall on August 1998 in Fukushima*, Japan. *Journal of Natural Disaster Science*, 22(1): 13–23.
- Karnawati, D., 2001, *Tanah Longsor di Indonesia; Penyebab dan Upaya Mitigasinya*, Kumpulan Makalah Pencegahan Dan Penanggulangan Bahaya Tanah Longsor Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lan, H. X., Zhou, C. H., Lee, C. F., Wang, S., dan Wu, F. Q., 2003. *Rainfall induced landslide stability analysis in response to transient pore pressure*. *Science in China Series*, Technological Sciences, 46: 52-68.
- Laela, dkk, 2014, *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Bioteknik Pada Ruas Jalan Tawaeli Toboli*, Infrastruktur Volume 4 No. 1,
- Martini, 2005, *Studi Karakteristik Hujan Pemicu Longsoran Pada Ruas Jalan Tawaeli – Toboli Sulawesi Tengah*, Jurnal, Majalah Ilmiah Mektek.
- Rahmati M., 2014. *Klasifikasi Gempa Bumi*, Pendidikan Kebencanaan, <http://pendidikankebencanaan.com/pendidikan-gempa-bumi/klasifikasi-gempa/>
- Subiyanti H., 2007, *Analisa Kelongsoran Lereng Akibat Pengaruh Tekanan Air Pori Di Saluran Induk Kalibawang Kulonprogo*. Tesis, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sudjarwadi, 1987, *Teknik Sumber Daya Air*. PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Wardana, N. G. I., 2011. *Pengaruh Perubahan Muka Air Tanah dan Terasering Terhadap Perubahan Kestabilan Lereng*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 15, No. 1
- Yusuf Kasmat, 2013. *Teknik Konservasi Lahan Terasering*, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo. <http://kasmatyusufgeo10.blogspot.com/2014/08/teknik-konservasi-lahan-terasering.html>