

SLOPE STABILITY ANALYSIS WITH CONSEQUENTIAL SQUARE-HEADED REINFORCEMENT ANCHORAGE LOADING

ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN PERKUATAN PENJANGKARAN BERKEPALA SEGIEMPAT AKIBAT PEMBEBANAN

Achmad Fadillah dan Bakti Prihatiningsih
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang
Jl. Taman Agung No. 1 Malang, Kode Pos 65145
e-mail: ningwin05@yahoo.co.id

ABSTRACT

Landslides slope phenomenon due to changes in pore water pressure which will occur naturally or planned when there is no reinforcement. Reinforcement can be naturally, this is the case when the slopes are in the root of the tree that is strong enough and resilient so as to withstand the changes. Planned reinforcement occurs when the slopes are man-made slopes (man made). In Indonesia there are two seasons, many of the area or region is hilly and wooded no longer, so the potential occurrence of landslides the rainy season. Therefore necessary slope stabilization methods are relatively easy and fast implementation. Stabilization methods on the surface of the anchoring head is expected to provide appropriate solutions. This study is a continuation of a previous study in which addition is done by providing anchorage reinforcement square-headed, plus the addition of the load on the slopes. The research objective is to find out how much the increase in pore water stress that caused the collapse of the slope, and determine the relationship between the voltage as a function of the properties (properties) and the soil pressure acting on the ground in order to obtain the slope safety factor. The second is how much influence anchoring square-headed with the addition of the load on slope stability. Observations made on a laboratory scale, flexible pole model used cylindrical steel with a diameter of 3 mm. Loading models use an iron plate, to load a floor of 6.94 gr/cm² and expenses amounting to 20.83 gr/cm² three floors, with a slope angle of 45°, 60°, and 75°. Observations showed that the safety factor decreases as the magnitude of loading. This can be seen on the parameters of the safety factor. So it can be concluded that the loading effect on the safety factor. The results of calculation of the value of safety factor, is inversely proportional to the magnitude of loading, ie loading the greater the smaller the safety factor. However, the safety factor is directly proportional to the time of the collapse, the greater the safety factor of a slope, the greater the duration required for collapse.

Key words: slope stability, loading, anchorage.

ABSTRAK

Fenomena kelongsoran lereng akibat perubahan tekanan air pori akan terjadi mana kala secara alami atau terencana tidak ada penguatan. Penguatan bisa secara alami, hal ini terjadi manakala di dalam lereng terdapat akar pohon yang cukup kuat dan tangguh sehingga mampu menahan perubahan yang terjadi. Penguatan yang terencana terjadi saat lereng tersebut adalah lereng buatan manusia (*man made*). Di Indonesia terdapat dua musim, banyak daerah atau kawasan berbukit dan sudah tidak berhutan lagi, sangat berpotensi terjadinya kelongsoran saat musim penghujan. Oleh sebab itu diperlukan metode penstabilan lereng yang relatif mudah dan cepat pelaksanaannya. Metode stabilisasi penjangkaran berkepala pada permukaan diharapkan dapat memberikan solusi yang tepat. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya dimana selain dilakukan dengan memberikan perkuatan penjangkaran berkepala segiempat, ditambah penambahan beban diatas lereng. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui seberapa besar nilai kenaikan tegangan air pori yang menyebabkan runtuhnya lereng, dan mengetahui hubungan antara tegangan sebagai fungsi dari sifat (*properties*) tanah dan tekanan yang bekerja pada tanah sehingga diperoleh faktor keamanan lereng tersebut. Kedua adalah seberapa besar pengaruh penjangkaran berkepala segiempat dengan penambahan beban terhadap kestabilan lereng. Pengamatan dilakukan pada skala laboratorium, model tiang fleksibel yang digunakan berbentuk silinder dari baja dengan diameter 3 mm. Model pembebanan menggunakan plat besi, untuk beban satu lantai sebesar 6,94 gr/cm² dan beban tiga lantai sebesar 20,83 gr/cm², dengan sudut kemiringan lereng 45°, 60°, dan 75°. Pengamatan menunjukkan bahwa angka faktor keamanan semakin menurun seiring dengan besarnya pembebanan. Hal ini terlihat pada parameter faktor keamanan. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa pembebanan berpengaruh terhadap nilai faktor keamanan. Hasil perhitungan nilai faktor keamanan, berbanding terbalik dengan besarnya pembebanan, yaitu semakin besar pembebanan maka semakin kecil faktor keamanannya. Akan tetapi, nilai faktor keamanan tersebut berbanding lurus dengan waktu keruntuhan, yaitu semakin besar faktor keamanan suatu lereng, maka semakin besar pula durasi yang dibutuhkan untuk mengalami keruntuhan.

Kata-kata kunci: stabilitas lereng, pembebanan, penjangkaran.

PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng dunia yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Australia yang bergerak saling menumbuk. Akibat tumbukan antara lempeng itu maka terbentuk daerah penajaman memanjang di sebelah Barat Pulau Sumatera, sebelah Selatan Pulau Jawa hingga ke Bali dan Kepulauan Nusa Tenggara, sebelah Utara Kepulauan Maluku, dan sebelah Utara Papua. Konsekuensi lain dari tumbukan itu maka terbentuk palung samudera, lipatan, punggung dan patahan di busur kepulauan, sebaran gunung api, dan sebaran

sumber gempa bumi. Jenis tanah pelapukan yang sering dijumpai di Indonesia adalah hasil letusan gunung api. Tanah ini memiliki komposisi sebagian besar lempung dengan sedikit pasir dan bersifat subur. Tanah pelapukan yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan/punggungan dengan kemiringan sedang hingga terjal berpotensi mengakibatkan tanah longsor pada musim hujan dengan curah hujan berkuantitas tinggi. Dimana perbukitan/pegunungan saat ini terdapat bangunan-bangunan permanen yang di dirikan oleh masyarakat sekitar. Jika perbukitan tersebut tidak ada tanaman keras berakar kuat dan hanya terdapat

bangunan saja, maka kawasan tersebut rawan bencana tanah longsor.

Tanah longsor secara umum dapat diartikan sebagai gerakan masa tanah yang mengandung air, menggelincir ke bawah menuruni kemiringan lereng. Gerakan tanah terjadi dari hasil proses gangguan keseimbangan pada lereng yang menyebabkan masa tanah bergerak ke tempat atau daerah yang lebih rendah. Gangguan keseimbangan tersebut merupakan hasil dari sebuah proses infiltrasi air ke dalam tanah yang berakibat pada penambahan bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah yang bersinggungan dengan bidang gelincir akan menjadi licin dan tanah yang berada di atasnya akan bergerak mengikuti sepanjang badan lereng. Gerak masa pada lereng terjadi jika hambatan geser tanah lebih kecil dari berat massa tanah.

Kejadian tanah longsor di Indonesia umumnya terjadi pada musim penghujan. Hubungan antara hujan (kandungan air) dan terjadinya tanah longsor, merupakan suatu keseimbangan. Tanah pada umumnya akan berada dalam kondisi jenuh air pada musim penghujan dan mengakibatkan lereng menjadi tidak stabil. Sehingga beresiko untuk terjadi kelongsoran. Peningkatan air pori akibat pembasahan atau peningkatan kadar air pada musim penghujan, akan meningkatkan muka air tanah serta menurunkan ketahanan tanah yang bersangkutan disepanjang bidang gelincirnya.

Fenomena kelongsoran lereng akibat perubahan tekanan air pori akan terjadi mana kala secara alami atau terencana tidak ada penguatan. Penguatan bisa secara alami, hal ini terjadi manakala di dalam lereng terdapat akar pohon yang cukup kuat dan tangguh sehingga mampu menahan perubahan yang terjadi. Penguatan yang terencana terjadi saat lereng tersebut adalah lereng buatan manusia (*man made*) untuk memenuhi keperluannya. Di Indonesia terdapat dua musim, banyak daerah atau kawasan berbukit dan sudah tidak berhutan lagi, ini sangat berpotensi terjadinya kelongsoran saat musim penghujan. Sehingga perlu adanya suatu cara atau metode penstabilan lereng yang relatif mudah dan cepat pelaksanaannya. Metode stabilisasi penjangkaran berkepala pada permukaan diharapkan dapat memberikan solusi yang tepat. Bilamana stabilisasi dengan mengandalkan perkuatan alam terlalu lama, dan lereng keburu longsor semua. Dengan demikian metode stabilisasi penjangkaran pada permukaan dapat memberikan solusi pada banyak masalah lereng alam atau buatan manusia sehingga patut untuk dikembangkan guna mendukung pemeliharaan lingkungan dan pembangunan nasional.

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsoalnya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah demikian disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini digunakan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah.

Metode stabilitas lereng umumnya yaitu mengurangi gaya yang melongsorkan atau menyebabkan lereng tanah tersebut longsor (bergerak turun) ke arah kaki lereng, memperbesar gaya perlawanan terhadap gaya yang melongsorkan, atau kombinasi ke duanya. Salah satu cara metode stabilitas lereng yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu metode stabilisasi lereng secara mekanis. Cara tersebut dengan menempatkan konstruksi penahan tanah konvensional, atau metode baru yaitu perkuatan tanah (*soil reinforcement*), penganker tanah (*soil nailing*), namun keberhasilan konstruksi ini akan lebih baik, apabila didukung dengan sistem drainase permukaan maupun bawah permukaan, dan pada konstruksi penahan tanah itu sendiri (Suryolelono, 1996). Kegagalan konstruksi penahan tanah konvensional yang terjadi di kota Semarang (Forum, Maret 2002; Kedaulatan Rakyat, 17, 18, 20, 23 Februari 2002), runtuhnya candi Selogriyo

(Suryolelono, 1995b: 1996), dikarenakan buruknya sistem drainase pada konstruksi penahan tanah, dan sistem drainase di sekitar konstruksi itu. Cara lain untuk mengantisipasi gerakan tanah ini dengan memancang tiang atau turap (*sheet pile*) dibagian lereng yang longsor, namun tiang atau turap harus cukup panjang dan melewati bidang longsor, sehingga efektif untuk menghambat turunnya material tanah yang longsor. Dalam praktek, analisa stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis (*limit plastic equilibrium*). Adapun maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor yang potensial.

Faktor keamanan digambarkan dimana pergeseran tanah harus dikurangi dengan menempatkan massa tanah pada daerah batas keseimbangan sepanjang daerah longsooran. Secara umum faktor keamanan didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, atau :

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (1)$$

Dengan τ adalah tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah, τ_d adalah tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor, dan F adalah faktor aman.

Prosedur desain kemudian menyatakan bahwa FS harus lebih besar atau sama dengan nilai yang diijinkan FSa :

$$FS \geq FSa \quad (2)$$

Sebuah lereng berada dalam keadaan aman atau stabil apabila memenuhi persamaan (2). Sebaliknya, sebuah lereng berada dalam kondisi tidak aman atau stabil bila tidak memenuhi persamaan tersebut. Nilai FSa dalam persamaan (2) dapat diambil dari Tabel 1.

Pada umumnya suatu lereng dapat dikatakan stabil apabila faktor keamanannya lebih besar dari pada satu. Kestabilan lereng tergantung dari kekuatan geser tanahnya. Pergeseran tanahnya terjadi karena adanya gerakan relatif antara butir-butir tanah. Oleh karena itu, kuat geser tanah tergantung pada gaya yang bekerja antara butir-butirnya. Tanah yang padat dengan susunan butir seperti pembagian ukuran butir *interlocking* dan besarnya kontak antara butir, lebih besar kekuatan gesernya dari tanah yang lepas (Braja M. Das., 1993).

Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Chosun E.S., dkk, 2009) dengan penjangkaran berkepala segiempat tanpa beban menunjukkan bahwa angka keamanan yang diperoleh lebih besar dari satu. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya dimana pengamatan dilakukan selain dengan memberikan perkuatan dengan penjangkaran berkepala segiempat ditambah dengan beban diatas lereng. Adapun tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui seberapa besar nilai kenaikan tegangan air pori dalam lereng yang menyebabkan runtuhnya lereng, dan untuk mengetahui hubungan antara tegangan sebagai fungsi dari sifat (*properties*) tanah dan tekanan yang bekerja pada tanah sehingga dapat diketahui faktor keamanan dari lereng tersebut. Yang kedua adalah seberapa besar pengaruh penjangkaran berkepala segiempat dengan penambahan beban terhadap kestabilan lereng.

Tabel 1. Angka Keamanan Tradisional Untuk Stabilitas Lereng

Sumber	Fsa	Keterangan
Bjerrum	1,30	Digunakan dengan data Vane di lapangan yang telah dikoreksi terhadap laju regangan dan anisotropis
Bowles	1,25	
Gedney dan Weber	1,25 – 1,5	F semakin tinggi jika konsekuensi kegagalan juga lebih

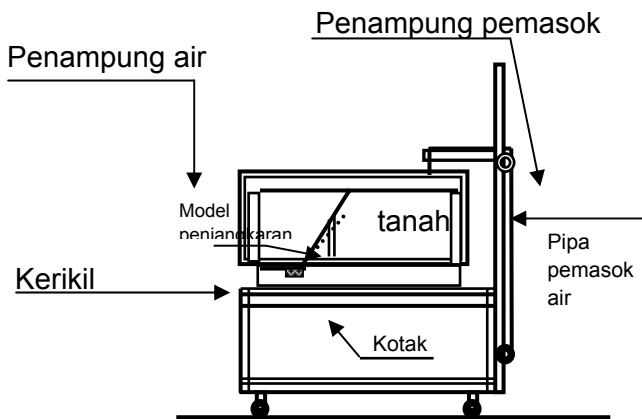
		<i>tinggi, konstruksi yang jelek, atau ketidaktentuan yang tinggi</i>
Hansen	1,5	
Mayerhof	1,30 – 1,50	
Sowers	1,30 – 1,40	
Terzaghi	1,50	
	1,25 – 1,30	<i>Jika kondisi pembebanan sementara atau akhir pengerjaan yang kritis</i>
U.S Navy DM-7	1,5	<i>Untuk kondisi permanent atau beban permanent atau beban tetap</i>

(Sumber : D'andrea and Sangrey, 1982)

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan Bejana yang cukup besar (*medium size chamber*) dengan ukuran 40 cm x 150 cm, tinggi 60 cm. Bejana terbuat dari kaca tebal 12 mm x 2 bagian depan, sedang bagian lain terbuat dari kaca 12 mm dilapisi *plywood* dengan tebal 25 mm. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan kekuatan terhadap kaca yang lebih tipis. Model bejana menggunakan model Sugiyama, (1993), sedangkan cara pemberian air/supply air menggunakan model Takemura, (1994). Untuk kepentingan supaya bejana mampu menahan beban saat *setting up* media uji maka bagian luar bejana diperkuat dengan kerangka baja siku L 60.60.6. Sementara supaya bejana rata air, guna menghindari pengaruh kelembaban udara maka, dilengkapi baja C-100 mm dibagian bawah bejana, seperti terlihat pada Gambar1.

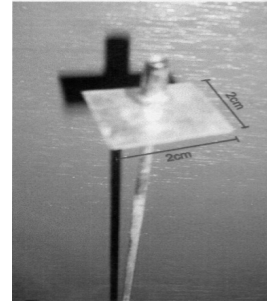
Model tiang fleksibel yang digunakan berbentuk silinder terbuat dari baja atau kawat yang ada di pasaran dengan diameter 3 mm panjang menyesuaikan. Pada ujung atas disediakan drat yang berguna untuk mengikat blok model. Sedang blok model yang digunakan terbuat dari plat seng yang ada dipasaran dengan ukuran 2 cm x 2 cm.



Gambar 1. Gambar bejana yang digunakan penelitian

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah yang berada di sekitar kampus Unmer Malang. Dengan jenis $\phi - c$ soil, tanah campuran antara lempung dan pasir atau tanah lempung murni ($c - soil$) diharapkan bilamana menggunakan tanah yang ada dilapangan hasilnya lebih bisa mewakili. Bahan uji tanah sebelum digunakan di uji terlebih dahulu parameternya,

untuk memberikan gambaran jenis dan klasifikasi bahan uji tanah tersebut.



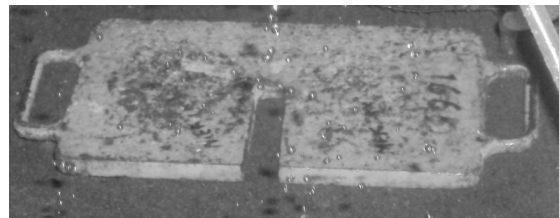
Gambar 2. Model Tiang Fleksibel Berkepala

Tabel 2. Parameter tanah media uji

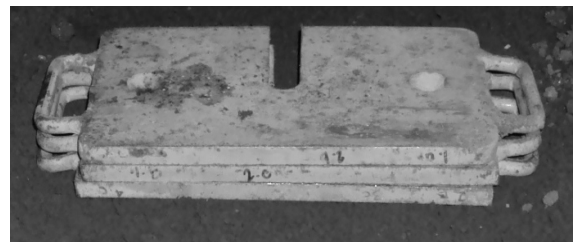
Parameter tanah	Sebelum uji	Setelah uji
Specific gravity (Gs)	2.56	2,56
Koeffisien rembesan (k)	0.001679 cm/det	
Kohesi (c)	0.19kg/cm ²	
Sudut geser dalam (ϕ)	12, ^o	
Kadar air (w)	37%	72%
Berat isi tanah (γ)	1.541 g/cm ³	1.63 g/cm ³

MODEL PEMBEBANAN

Model pembebanan yang digunakan adalah plat besi. Menurut Holtz dan Kovacs (1981) untuk beban persatuan luas diperkirakan berat gedung atau rumah per lantai sebesar 10 Kpa (102 gr/cm²). Pada pengujian di Laboratorium untuk pembebanan satu lantai 6,94 gr/cm² dan pembebanan tiga lantai 20,83 gr/cm².



Gambar 3. Model beban satu lantai



Gambar 4. Model beban tiga lantai

Pembentukan sudut lereng dalam penelitian ini mempunyai tiga model sudut yaitu, 45^o, 60^o, dan 75^o. Pengujian kestabilan lereng dengan perkuatan penjangkaran konfigurasi segi empat dengan pembebanan masing-masing kemiringan sudut lereng dilakukan dua seri. Seri pertama untuk sudut 45^o dengan beban satu lantai dan seri kedua dengan beban tiga lantai. Begitu pula untuk sudut kemiringan lereng 60^o dan 75^o. Perkuatan penjangkaran dengan konfigurasi tiang flexibel segi empat arah tiang flexible tegak lurus terhadap permukaan lereng.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada umumnya suatu lereng dapat dikatakan stabil apabila faktor keamanannya lebih besar dari pada satu. Kestabilan lereng tergantung dari kekuatan geser tanahnya. Pergeseran tanahnya terjadi karena adanya gerakan relatif antara butir-butir tanah. Oleh karena itu, kuat geser tanah tergantung pada gaya yang bekerja antara butir-butirnya. Tanah yang padat dengan susunan butir seperti pembagian ukuran butir *interlocking* dan besarnya kontak antara butir, lebih besar kekuatan gesernya dari tanah yang lepas (Braja M. Das., 1993).

Untuk menentukan faktor keamanan, dalam analisa ini menggunakan metode bishop termodifikasi. Hal ini disebabkan metode ini memberikan hasil yang hampir mendekati perhitungan, nilai yang dihasilkan pun memberikan tingkat kesalahan yang kecil dengan menggunakan cara coba-coba (*trial an error*).

Rumus yang dipakai untuk perhitungan angka keamanan (SF) adalah rumus Bishop yang dimodifikasi.

$$FS = (1 + f) \sum_{i=1}^n \frac{c \Delta x_i + ((W_i + F_i \cos \beta_i - \mu_i \Delta x_i)) \tan \phi^*}{(W_i \sin \alpha_i) M_{i(\alpha)}} \quad (3)$$

Dimana :

- c = kohesi tanah (gr/cm²)
- Φ = sudut geser dalam (derajat)
- W_i = berat irisan (gr)
- Δx_i = lebar irisan (cm)
- α_i = Sudut yang dibentuk antara W dan titik pusat gelincir O pada bidang gelincir. α diambil positif pada kuadra yang sama dengan lereng atau searah dengan gaya penahan.
- u_i = Tegangan air pori = $\gamma w Z_w$
- γw = Berat isi air (1 kg/cm³)
- Z_w = Tinggi muka air di ukur dari bidang gelincir (cm)
- N = nomor irisan
- $(1+f)$ = kontribusi tiang flexible
- $F_i \cos \beta_i$ = kontribusi akibat adanya kepala atau blok
- $M_{i(\alpha)}$ = harga ini ditinjau pada masing-masing segmen dan dapat diperoleh dengan cara:

$$M_{i(\alpha)} = \cos \alpha_i \left(1 + \frac{\tan \alpha_i \tan \phi}{FK} \right) \quad (4)$$

Tabel 3. Rekapitulasi Uji Model Lereng

Parameter	Sudut Kemiringan 45°		Sudut Kemiringan 60°		Sudut Kemiringan 75°		Satuan
	Beban Satu Lantai	Beban Tiga Lantai	Beban Satu Lantai	Beban Tiga Lantai	Beban Satu Lantai	Beban Tiga Lantai	
	6,94 gr/cm ²	20,83 gr/cm ²	6,94 gr/cm ²	20,83 gr/cm ²	6,94 gr/cm ²	20,83 gr/cm ²	
Faktor keamanan	1,412	1,36	1,551	1,517	1,636	1,627	-
Waktu Keruntuhan	140	62	144	107	152	113	Menit
Kadar air rata-rata							
Sebelum keruntuhan	47,24%	47,24%	47,24%	47,24%	47,24%	47,24%	%
Sesudah keruntuhan	70,384%	71,278%	72,72%	72,61%	70,384%	71,278%	%
Uji berat isi tanah (γ)	1,586	1,512	1,564	1,527	1,543	1,542	kg/cm ²

Sumber : Hasil Pengolahan Data Uji Parameter

Tabel 4. Hasil Uji Tekanan Air Pori

No Pias	Sudut 45°	Sudut 60°	Sudut 75°
	Tegangan Air Pori (kg/cm ²)	Tegangan Air Pori (kg/cm ²)	Tegangan Air Pori (kg/cm ²)
1	13364	11539	10834
2	25574	24559	23474
3	32208	31332	30208
4	30693	30491	29683
5	21750	20580	19743
6	8740	8510	8245

Tabel 3 menunjukkan bahwa angka faktor keamanan semakin menurun seiring dengan besarnya pembebanan. Hal ini terlihat pada parameter faktor keamanan, nilai pada pengujian pertama lebih besar daripada pengujian kedua. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa pembebanan berpengaruh terhadap nilai faktor keamanan. Hasil perhitungan nilai faktor keamanan, berbanding terbalik dengan besarnya pembebanan, yaitu semakin besar pembebanan maka semakin kecil faktor keamanannya. Akan tetapi, nilai faktor keamanan tersebut berbanding lurus dengan waktu keruntuhan, yaitu semakin besar faktor keamanan suatu lereng, maka semakin besar pula durasi yang dibutuhkan untuk mengalami keruntuhan. Sementara itu, hasil pengamatan menunjukkan, pada kadar air rata-rata sebelum terjadinya keruntuhan pada asing-masing pengujian, menghasilkan nilai yang sama. Hal ini terjadi karena tanah mendapatkan perlakuan yang sama sebelum uji dilakukan. Namun, nilai tersebut meningkat setelah terjadinya keruntuhan.

Sedangkan Tabel 4 menunjukkan, bahwa besarnya tekanan air pori masing-masing pias akan menurun seiring dengan kenaikan kemiringan lereng yang terjadi. Apabila dihubungkan dengan besarnya faktor keamanan, maka semakin besar faktor keamanannya semakin menurun tekanan air porinya untuk masing-masing pias. Dari Tabel 3, maka dapat disimpulkan korelasi dari hasil uji model lereng :

1. Korelasi Parameter (Beban Satu Lantai dan Beban Tiga Lantai)
 - Pada sudut kemiringan 45° dengan kadar air untuk beban satu lantai mempunyai nilai 70,384% dan beban tiga lantai mempunyai nilai 71,278%, berpengaruh terhadap angka faktor keamanan dengan FK 1,412 dan FK 1,364.
 - Pada sudut kemiringan 60° dengan kadar air untuk beban satu lantai mempunyai nilai 72,72% dan beban tiga lantai mempunyai nilai 72,61%, berpengaruh terhadap angka faktor keamanan dengan FK 1,551 dan FK 1,517.
 - Pada sudut kemiringan 75° dengan kadar air untuk beban satu lantai mempunyai nilai 70,384% dan beban tiga lantai mempunyai nilai 71,278%, berpengaruh terhadap angka faktor keamanan dengan FK 1,636 dan FK 1,627.
2. Korelasi Geometri.
 - Semakin besar pembebanan, maka semakin menurun angka faktor keamanan :
 - Pada sudut kemiringan 45° faktor keamanan untuk beban satu lantai FK = 1,412 dan beban tiga lantai FK = 1,364
 - Pada sudut kemiringan 60° faktor keamanan untuk beban satu lantai FK = 1,551 dan beban tiga lantai FK = 1,517
 - Pada sudut kemiringan 75° faktor keamanan untuk beban satu lantai FK = 1,636 dan beban tiga lantai FK = 1,627

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat dikumpulkan yaitu :

- a. Terdapat pengaruh antara penambahan beban terhadap tekanan air pori, yaitu besarnya tekanan air pori masing-masing pias akan menurun seiring dengan kenaikan kemiringan lereng yang terjadi. Apabila dihubungkan dengan besarnya faktor keamanan, maka semakin besar faktor keamanannya maka semakin menurun tekanan air porinya untuk masing-masing pias.
- b. Perkuatan penjangkaran dengan konfigurasi segi empat untuk stabilitas lereng dengan adanya beban diatas lereng dengan kemiringan lereng 45° , 60° , dan 75° , yaitu beban satu lantai dan tiga lantai menunjukkan angka tidak aman karena angka keamanannya $< 1,5$ dan $> 1,5$, meskipun pada kemiringan 60° pada pembebanan satu lantai menunjukkan FK aman.
- c. Faktor keamanan $< 1,5$ dan $> 1,5$, meskipun telah dilakukan perkuatan penjangkaran dengan konfigurasi segi empat, menunjukkan bahwa sebaiknya tidak ada pembebanan diatas lereng untuk menghindari bahaya keruntuhan/longsor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Alm. Ir. Chosun Eko S., MT., PhD., atas sumbangsinya terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Sulistiyono, Chosun, E. (2004). "The Appraisal of Moment Capacity of Short Pile Subjected to Lateral Load", *Jurnal DIAGONAL*, Vol. 5 Nomor 3/ Oktober 2004, FT. Unmer Malang.
- Das, Braja, M. (1990). *Earth Anchors, Development in Geotechnical Engineering*, 50, Elsever, Amsterdam.
- Irsyam, M., Abdurrachman, H., dan Rustini, S. (2003). "Stabilisasi Lereng Menggunakan Sistem Geosintetik Diangkur", *Proc. Konperensi Geoteknik Indonesia – VI dan Pertemuan Ilmiah Tahunan – VII*, Hotel Horizon – Jakarta 11 – 13 Agustus 2003.
- Gillon, M., Dand Graham, C. J., Grocott, G. G. (1991). *Low level drainage works at the Brewery Creek Slide, Landslides*, Bell(ed). Balkema, Rotterdam.
- Koerner, R., M. (1990). *Designing with Geosynthetics*, Second Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J 07632.
- Kabul Basah Suryolelono. (1999). "Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geosintetik." *Media Teknik*, XXI, 1999.
- K. B. Suryolelono. (1996). "Geoteknik, Geosintetik dan Geomembran." *Pidato Pengukuhan Jabatan Lektor Kepala Madya*, Rapat Senat Terbuka Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kabul, B. Suryolelono. (2002). "Kaji ulang sistem sumur resapan untuk perumahan di lereng-lereng bukit." *Prosiding Seminar Nasional SLOPE 2002*, 27 April, Bandung.
- Lambe, W., T and Whitman, R. V. (1968). *Soil Mechanics*, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Maugeri, M. and Motta, E. (1991). *Stresses on pile used stabilize landslides, Landslides*, Bell (ed). Balkema, Rotterdam.
- Peck, Ralph B, Hanson, Walter, E, Thornburn, Thomas, H. (1980). *Foundation Engineering*, Second Edition, Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Rotterdam Peila, D. and Lombardi, F. and Manassero. (1991). *Stabilization of landslides using large diameter wells*, Balkema, Rotterdam.
- Sugiyama, T. et al. (1993). "Estimating the timing collapse of embankment slope based on experimental of large scale model". *Proceeding Annual Meeting JSSMFE, in Takemura*, (1994).
- Swami Saran. (1996), *Analysis and Design of Substructures* Limit State Design, A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
- Takemura, J. et al. (1994). "Failure of embankment due to seepage flow and its countermeasure." *Proc. Of The International Conf. Centrifuge 94*, 31 August – 2 September, Singapore.
- Tomlinson, M., J., and Boorman, R. (1995). *Foundation Design and Construction*, Sixth Edition, Longman Scientific & Technical, Singapore.
- Vergheze Chummar. (1991). *Stability of hill prone to slides, Landslides*, Bell (ed). Belkema,
- William J. Kockelman. (1987). *Reducing landslide hazards; Environmental Geotechnics and Rocks*, Balasubramaniam, ed. Rotterdam.