

PENGARUH ALIRAN REMBESAN DAN KEMIRINGAN LERENG TERHADAP PRILAKU KEGAGALAN LERENG

NOFRIZAL, AMELIA SULASTRI, FEBI SILVIA DENI

Teknik Sipil Institut Teknologi Padang

nofri_sk@yahoo.com

Abstract: *The effect of water flow or seepage into the soil will affect the stability of the slope. For this reason, it is necessary to study the slope collapse with variations in the slope. The 3-dimensional spring model is made in the form of a frame with a size of 100 cm long x 70 cm high x 7 cm wide. The slope model is made from sand with a slope of 30°, 40° and 60°. The soil shear strength test is also carried out on samples of soil that has collapsed with different water content. In general, the shear strength of the soil has decreased due to water seepage. Slope failure with a slope of less than 40° only occurs at the foot of the slope, while slopes with a slope greater than or equal to 40° experience collapse along the slope height to the top of the slope.*

Keywords: *slope, seepage, collapse, Culmann method, laboratory models.*

Abstrak: Pengaruh aliran air atau rembesan ke dalam tanah akan mempengaruhi stabilitas lereng. Untuk itu, perlu dilakukan kajian keruntuhan lereng dengan variasi kemiringan lerengnya. Model semi 3-dimensi dibuat berbentuk rangka dengan ukuran 100 cm panjang x 70 cm tinggi x 7 cm lebar. Model lereng dibuat dari pasir dengan kemiringan lereng 30°, 40° dan 60°. Pengujian kuat geser tanah dilakukan pula pada contoh tanah yang mengalami keruntuhan dengan kadar air yang berbeda. Secara umum bahwa kuat geser tanah mengalami penurunan akibat rembesan air. Keruntuhan lereng dengan kemiringan kurang dari 40° hanya terjadi pada bagian kaki lereng, sedangkan untuk lereng dengan kemiringan lebih besar atau sama dengan 40° mengalami keruntuhan di sepanjang tinggi lereng hingga puncak lereng.

Kata kunci: lereng, rembesan, keruntuhan, metode Culmann, model laboratorium.

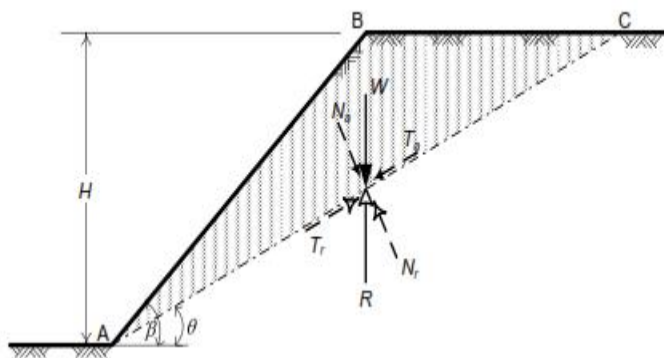
A. Pendahuluan

Meningginya tingkat curah hujan akan meningkatnya tingkat faktor infiltrasi, indeks air pori tanah akan meningkat sehingga akan mengakibatkan pada Kegagalan lereng (slope failure). Kegagalan lereng ini bisa dalam bentuk keruntuhan lereng. Kegagalan lereng (slope failure), merupakan fenomena alam, dalam hal ini kegagalan lereng di definisikan sebagai pergerakan tanah yang terjadi di karenakan adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhi dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah. Kegagalan lereng biasanya terjadi pada musim hujan, hal ini dikarenakan pada musim penghujan infiltrasi air hujan kedalam tanah akan terjadi dalam tahapan proses penimbunan tanah, dan pemotongan tebing yang terlalu curam. Beberapa penelitian klasik terdahulu telah melakukan penelitian tentang efek dari curah hujan ekstrim terhadap hal keruntuhan tebing ini, diantaranya [1] Mukhlisn, et al (2014), Malaysia adalah sebuah negara yang terletak berhampiran garisan khatulistiwa dengan iklim tropika yang menerima hujan yang banyak dan tinggi, dengan tingkat curah hujan sebesar 2.400 mm setahun. Ini menjadikan Malaysia terdampak kepada peristiwa-peristiwa tanah runtuh yang mana hujan adalah salah satu faktor utama yang penyebab kejadian keruntuhan lereng, maupun tanggul - tanggul timbunan. [2]. Agus Setyo Muntohar, et al (2010), Di antara model yang digunakan untuk menganalisis stabilitas

lereng, model infiltrasi air hujan yang terintegrasi dengan model stabilitas lereng dapat menjadi cara yang efektif untuk mengevaluasi stabilitas lereng saat hujan tinggi. Beragam penelitian longsor pada skala laboratorium [3] (Govind Acharya dkk.2011; Cui dkk., 2014; Egeli dan Pulat, 2011; Iverson, 2000; Liao dkk., 2009; Ni dkk., 2016; Tohari dkk., 2000) telah dilakukan dengan berbagai ukuran. Pada umumnya model berukuran lebar minimal 70 cm dan tinggi minimal 1 meter. Model-model analog tersebut digunakan untuk dapat lebih memahami proses kejadian longsor, dengan tipe dan mekanisme longsor yang berbeda-beda. Mekanisme longsor memperlihatkan proses perkembangan longsor. Hal ini perlu diamati dari tahap sebelum terjadinya longsor hingga setelah terjadinya longsor. Suatu pemodelan analog yang komprehensif diperlukan untuk dapat mendekati kejadian semacam ini dikarenakan observasi langsung di alam sangat susah dilakukan karena tingginya tingkat ketidakpastian lokasi longsor. Banyak Daerah yang terjadi kegagalan lereng tersebut, dalam penelitian ini penulis mengkaji besaran ambang batas curah hujan dan respon aliran hidrolis terhadap tanah dasar penyebab dari kegagalan lereng untuk menghasilkan parameter – parameter stabilitas lereng

Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Culmann.

Analisis didasarkan pada anggapan bahwa kelongsoran suatu lereng terjadi sepanjang bidang, bila tegangan geser rata-rata yang dapat menyebabkan kelongsoran lebih besar dari kekuatan geser tanah. Disamping itu bidang yang paling kritis adalah bidang di mana rasio antara tegangan geser rata-rata yang menyebabkan kelongsoran dengan kekuatan geser tanah adalah minimum (Das,1985; Hardiyatmo, 1992). Pada Gambar 1 suatu lereng dengan tinggi H. Berdasarkan teori Culmann nilai kemiringan talud terhadap bidang horizontal adalah β . Sedangkan AC adalah suatu bidang longsor yang diuji. Dengan memperlihatkan satu kesatuan tebal dari lereng, berat bagian ABC = W, (Das,1985). Dapat dinyatakan dalam persamaan (1) sebagai berikut :



Gambar 1 Analisis lereng dengan metode Culmann (Das, 1985).

$$W = \frac{1}{2}(H)(\overline{BC})(1)(\gamma)$$

$$W = \frac{1}{2} H(H \cot \theta - H \cot \beta)\gamma$$

$$= \frac{1}{2} \gamma \times H^2 \left[\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta \cdot \sin \theta} \right] \dots \dots \dots (1)$$

Komponen-komponen W yang tegak lurus dan sejajar terhadap bidang AC dapat dinyatakan dalam persamaan (2) dan (3) berikut ini :

$$N_a = w \cos \theta = \frac{1}{2} \gamma \times H^2 \left[\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta \times \sin \theta} \right] \cos \theta \dots\dots\dots (2)$$

$$T_a = W \sin \theta = \frac{1}{2} \gamma \times H^2 \left[\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta \times \sin \theta} \right] \sin \theta \dots\dots\dots (3)$$

Tegangan normal (σ) adalah tegangan yang tegak lurus pada bidang, rata-rata bidang bidang AC juga dapat dinyatakan dalam persamaaan (4) dan (5) sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{N_a}{(AC) \times 1} = \frac{N_a}{\left(\frac{H}{\sin \theta} \right)}$$

$$= \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \left[\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta \times (\sin \theta)} \right] \cos \theta \times \sin \theta \dots\dots\dots (4)$$

$$\tau = \frac{T_a}{(AC) \times (1)} = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \left[\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta \times (\sin \theta)} \right] \sin^2 \theta \dots\dots\dots (5)$$

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini difokuskan untuk mengkaji mekanisme keruntuhan lereng tanah granuler akibat infiltrasi air. Penelitian dilaboratorium dirancang menjadi beberapa tahapan yaitu : Tahap I : merupakan tahapan pengujian awal bahan yang digunakan yaitu meliputi uji sifat-sifat fisik dan indek tanah (seperti berat jenis, berat volume, dan ukuran partikel tanah). Tahap II : yaitu tahapan untuk melakukan uji keruntuhan lereng akibat infiltrasi dan rembesan air ke dalam tanah. Pada tahapan ini diuji pula kadar air pada bagian lereng yang runtuh dan yang tidak runtuh guna mengetahui derajat pembasahan akibat rembesan air. Tahap III : merupakan uji kuat geser tanah dengan berbagai variasi kadar air tanah yang dimaksudkan untuk memperkirakan kuat geser tanah pada saat mencapai keruntuhan lereng. Uji kuat geser tanah ini menggunakan uji geser langsung yang mengacu pada ASTM D3080 (ASTM, 2004).

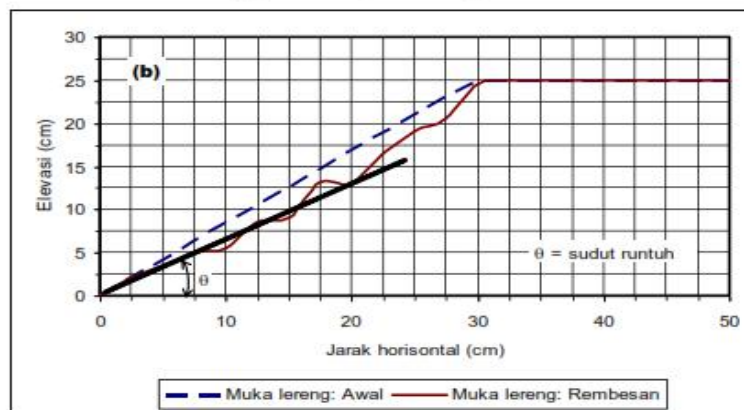
C. Hasil dan Pembahasan

1. Pola Keruntuhan Lereng

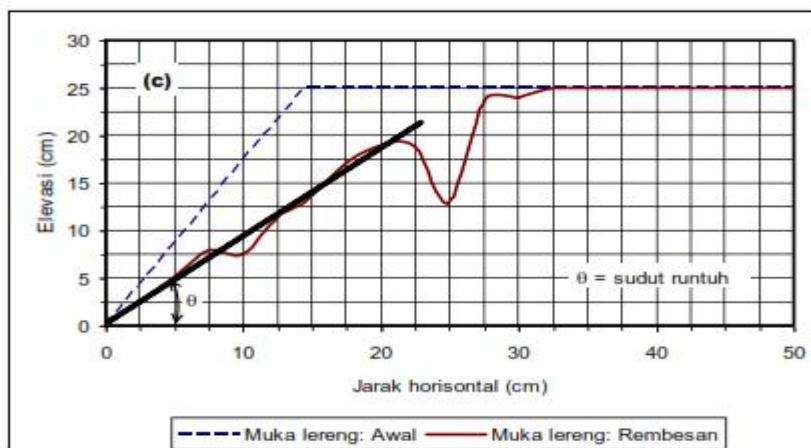
Penelitian ini telah dilakukan pengujian keruntuhan lereng akibat rembesan air dengan berbagai kemiringan lereng. Pola keruntuhan masing-masing lereng yang dikaji tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Secara umum, masing-masing lereng menghasilkan pola keruntuhan yang berbeda. Akan tetapi, mekanisme keruntuhan lereng tersebut adalah sama yaitu diawali dengan terjadinya rembesan, selanjutnya retakan, dan menyebabkan keruntuhan. Hal ini juga dijelaskan oleh Muntohar (2006), Shang-Lin dan Yu-Ku (2002).



(a) Kemiringan 30°



(b) Kemiringan lereng 40° .



(c) Kemiringan lereng

Gambar 4 Pola keruntuhan lereng akibat rembesan air.

Lereng dengan kemiringan 30° (Gambar 4a), bagain yang mengalami keruntuhan adalah pada bagian bawah atau kaki lereng. Kondisi lereng yang relatif tidak curam mengijinkan air merembes dengan baik hanya pada bagian kaki lereng. Pola keruntuhan berbeda ditunjukkan pada lerengan dengan kemiringan 40° . Keruntuhan terjadi pada bagian kaki hingga badan lereng (Gambar 4b). Sedangkan pada lerengan dengan kemiringan 60° , keruntuhan terjadi mulai dari kaki lereng, hingga bagian puncak lereng (Gambar 4c). Kondisi dimungkinkan sudut kemiringan lereng yang relatf curam sehingga rembesan air dapat mengalir dengan cepat pada bagian kaki dan

badan lereng. Berdasarkan pola keruntuhan lereng ini maka secara umum dapat dikatakan bahwa keruntuhan pada lereng dengan kemiringan hingga 30° terjadi pada bagian kaki lereng. Untuk lereng yang memiliki kemiringan lebih besar dari 30°, keruntuhan terjadi pada bagian badan hingga puncak lereng. Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui pula besarnya sudut runtuh. Sudut runtuh (θ) ini merupakan kemiringan bidang runtuh. Secara umum, sudut kemiringan bidang runtuh semakin besar terhadap kemiringan lereng. Dari pengukuran diperoleh sudut runtuh untuk lereng dengan kemiringan 30°, 40°, dan 60° masing-masing adalah **26,56°; 30,96°; dan 40,91°**.

2. Perubahan Kadar Air Akibat Rembesan

Secara teoritis, rembesan air ke dalam lereng akan meningkatkan tekanan air pori yang berakibat pada bertambahnya tegangan geser dan berkurangnya kuat geser tanah. Keadaan ini akan menyebabkan lereng dalam kondisi tidak stabil atau mengalami keruntuhan. Pada penelitian ini, bagian blok tanah yang runtuh ditimbang beratnya dan diambil contoh tanahnya untuk uji kadar air (Tabel 1).

Tabel 1 Berat blok runtuh, kadar air, dan derajat jenuh air akibat rembesan.

Kemiringan Lereng	Berat Blok Runtuh W_{bf} (Kg)	Kadar Air (%)		Angka Pori (e)	Derajat Jenuh Air (S_r) %
		Awal (W_1)	Runtuh (W_f)		
60°	4.63	23.08	33.64	0.85	1.16
40°	3.22	17.22	32.48	0.68	1.39
30°	2.98	19.94	28.61	0.70	1.19

Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa telah terjadi peningkatan kadar air tanah setelah rembesan terjadi hingga menyebabkan keruntuhan tanah. Gambar 5 memberikan ilustrasi tentang perubahan kadar air pada saat sebelum runtuh hingga mengalami keruntuhan untuk setiap kemiringan lereng yang diuji. Peningkatan kadar air merupakan indikasi peningkatan tekanan air pori. Secara umum tanah akan berkurang kekuatannya apabila mempunyai kadar air yang tinggi atau dalam kondisi sangat jenuh air (saturated). Pada pengujian ini dapat dibuktikan secara teoritis bahwa bagian tanah yang runtuh telah mencapai kondisi jenuh air (Tabel 1). Ohsuka & Yoshifumi (2001) menyebutkan bahwa peningkatan tekanan air pori menyebabkan terjadinya deformasi menjadi sangat cepat hingga mencapai keruntuhan. Meningkatnya tekanan air pori adalah salah satu penyebab utama keruntuhan lereng.

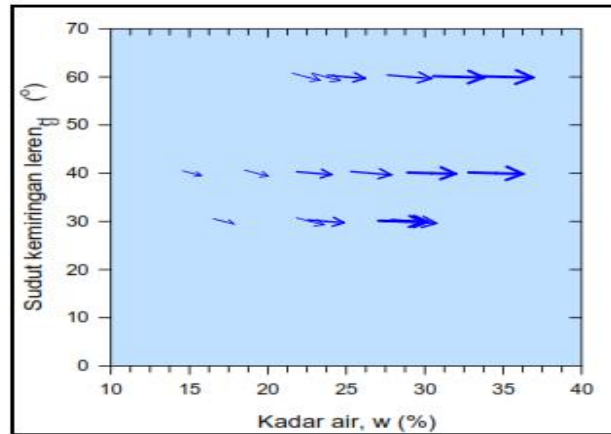
3. Pengaruh Rembesan Terhadap Kuat Geser

Bila bidang runtuh pada Gambar 4 disederhanakan dengan mengacu pada Metode Culmann (Das, 1985), maka tegangan geser dan tegangan normal yang terjadi pada bidang runtuh akibat rembesan air dapat dihitung dari berat blok runtuh lereng (W_{bf}). Digunakan persamaan (3.7 hingga 3.9) maka tegangan geser dan normal yang terjadi pada bidang runtuh untuk masing-masing lereng adalah:

$$1. \beta = 60^\circ \rightarrow \theta = 40.91^\circ : \tau = 779 \text{ KN} / \text{m}^2, \sigma = 899 \text{ KN} / \text{m}^2$$

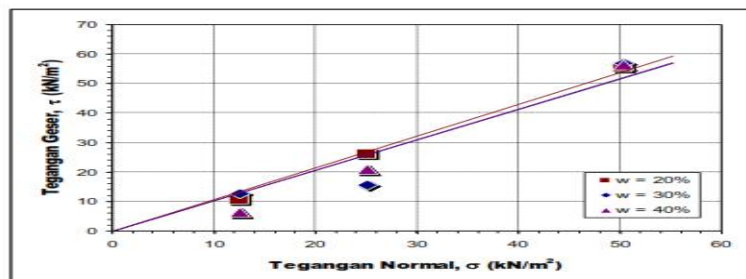
$$2. \beta = 40^\circ \rightarrow \theta = 30.96^\circ : \tau = 334 \text{ KN} / \text{m}^2, \sigma = 557 \text{ Kn} / \text{m}^2$$

$$3. \beta = 30^\circ \rightarrow \theta = 26.56^\circ : \tau = 234 \text{ KN} / \text{m}^2, \sigma = 467 \text{ KN} / \text{m}^2$$

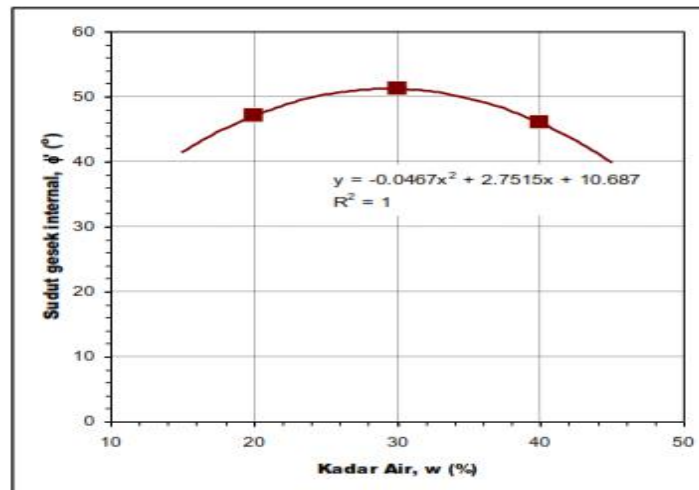


Gambar 5 Perubahan kadar air pada lereng akibat rembesan

Tegangan geser pada bidang runtuh ini merupakan tegangan yang menyebabkan terjadinya keruntuhan lereng. Berdasarkan penghitungan tersebut, diketahui bahwa tegangan geser akibat rembesan meningkat seiring dengan bertambahnya kemiringan lereng. Stabilitas lereng ditentukan oleh kuat geser tanah pada bidang runtuh. Menurut teori Mohr – Coulomb, kuat geser tanah ini disumbangkan oleh nilai kohesi (c) dan sudut gesek internal tanah (ϕ'). Pada penelitian ini dilakukan pengujian geser langsung terhadap contoh tanah dengan berbagai kondisi kadar air. Gambar 6a menyajikan hubungan tegangan geser dan tegangan normal untuk berbagai kadar air. Kemiringan garis lurus atau selubung keruntuhan kurva tegangan geser – tegangan normal merupakan sudut gesek internal tanah (ϕ'). Hubungan nilai sudut gesek internal tanah dan kadar air ditunjukkan pada Gambar 6b. Pada gambar tersebut diketahui bahwa nilai sudut gesek internal tanah tertinggi dicapai pada kadar air 30%. Berdasarkan hubungan ini, selanjutnya diperkirakan nilai sudut gesek internal pada saat terjadi keruntuhan lereng berdasarkan kadar air lereng (Tabel 2). Kuat geser tanah yang terjadi pada bidang runtuh dapat dihitung dengan $\tau_f = \sigma' \tan \phi'$.



(a) Tegangan geser – tegangan normal



(b) Hubungan antara sudut gesek internal tanah dan kadar air
Gambar 6 Pengaruh kadar air terhadap sudut gesek internal tanah.

Tabel 2 Sudut gesek internal tanah dan kuat geser.

Kemiringan lereng	Kadar air (%)		Estimasi sudut gesek internal (°)		Kuat geser (kN/m ²)	
	Tidak runtuh	Runtuh	Tidak runtuh	Runtuh	Tidak runtuh	Runtuh
60°	27,02	33,64	50,040	50,40	1108	1087
40°	24,77	32,48	50,100	50,700	668	683
30°	26,51	28,61	50,810	44,620	574	462

Berdasarkan penghitungan kuat geser tanah pada Tabel 2, diketahui secara umum bahwa kuat geser tanah mengalami penurunan akibat rembesan air. Hal ini dapat dilihat dari kuat geser pada bagian lereng yang tidak mengalami keruntuhan dan bagian lereng yang runtuh. Untuk lereng dengan kemiringan 60o, pada bagian lereng yang tidak runtuh memiliki kuat geser 1108 kN/m² dan pada bagian yang runtuh kuat geser berkurang menjadi 1087 kN/m². Kondisi serupa juga ditunjukkan pada lereng dengan kemiringan 30o. Hasil ini menunjukkan bahwa rembesan air ke dalam lereng meningkatkan kadar air tanah dan menurunkan kuat geser tanah.

D. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dibuat beberapa kesimpulan yaitu: Semakin tinggi derajat kemiringan pada lereng maka bidang runtuh pada lereng akan semakin besar pula. Dari pengukuran diperoleh sudut runtuh untuk lereng dengan kemiringan 30o, 40o, dan 60o masing-masing adalah 26,56°; 30,96°; dan 40,91°. Keruntuhan lereng dengan kemiringan yang kurang dari 40o terjadi pada bagian kaki lereng, sedangkan keruntuhan di bagian kaki hingga puncak lereng terjadi pada lereng dengan kemiringan lebih dari 60o. Kadar air pada lereng meningkat 30% hingga 47% akibat rembesan. Peningkatan kadar air tanah ini menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah berkisar 2% hingga 19,5%. Secara umum bahwa kuat geser tanah akan mengalami penurunan akibat kenaikan aliran rembesan air sebagai respon dari tinggi dan durasi dari curah hujan.

Daftar Pustaka

- ASTM, 2004, ASTM D3080 – 04: Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions, ASTM International, Pennsylvania, USA.
- Das, B.M., 2002, Principles of Geotechnical Engineering, 5th Edition, Brooks/Coole, New York.
- Hardiyatmo, H.C., 1992, Mekanika Tanah 2, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Muntohar, A.S., 2006, Mekanisme keruntuhan lereng tegak dan teknik perkuatannya dengan geotekstil, Jurnal Teknik Sipil, Vol. 6 No.2, pp. 51-66.
- Ohtsuka, S., and Yoshifumi, 2001, Consideration on landslides mechanism based on pore water pressure loading test, The 15th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 27-31 August 2001, Istanbul, Turkey. (CD-Room)
- Shang Lin, J. dan Yu Ku, C., 2002, Simulation of slope failure using a meshed based partition of unity method, The 15th Engineering Mechanics Conference (EM2002), 2-5 June 2001, Columbia University, New York. (CD-Room)
- Mukhlisin.Mhd.at.al (2015), Analysis of Rainfall Effect to Slope Stability in Ulu Klang, Malaysia, 72:3 (2015) 15–21 | www.jurnalteknologi.utm.my | eISSN 2180–3722.
- Agus Setyo Muntohar,at.al (2010), Rainfall infiltration: infinite slope model for landslides triggering by rainstorm, Nat Hazards (2010) 54:967–984 DOI 10.1007/s11069-010-9518-5