

**PENGARUH HUJAN TERHADAP STABILITAS LERENG DENGAN RETAKAN  
PADA TANAH KOHESIF**  
**(Studi Kasus : Tanah Longsor di Desa Guntur Macan Kecamatan Gunung Sari  
Kabupaten Lombok Barat)**  
*The Effect of Rain on Slope Stability with Cracks in Cohesive Soil*  
*(Case Study: Landslide in Guntur Macan Village, Gunung Sari District, West Lombok Regency)*

Ismail Hoesain Muchtaranda\*, Tri Sulistyowati\*, Muhajirah\*

\*Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62 Mataram

Email : ismailhoesain\_m@unram.ac.id, trisulistyowati@unram.ac.id, muhajirah@unram.ac.id

**Abstrak**

Banyak kejadian lereng longsor pada saat hujan lebat atau sesaat setelah hujan reda. Hal ini dikarenakan air hujan berinfiltrasi ke dalam tanah, sehingga tanah menjadi jenuh, tekanan air pori di dalam tanah meningkat dan terjadinya tekanan air lateral pada retakan. Sehingga kekuatan tanah berkurang, dan akibatnya terjadi peristiwa longsor. Salah satu penyebab air hujan cepat berinfiltrasi ke dalam tanah adalah adanya retakan (crack) pada permukaan tanah, baik pada permukaan tanah datar maupun pada bagian yang miring dari suatu lereng tanah. Retakan dapat terjadi karena sifat kembang susut tanah, kegiatan pembangunan oleh manusia, penurunan tanah tidak seragam dan masih banyak penyebab lainnya. Pada penelitian ini, lereng dimodelkan dengan retakan pada puncak lereng dengan jarak 5 m dan variasi kedalaman 5 m dan 10 m. Lereng juga dipengaruhi hujan dengan variasi intensitas sebesar 0,2 mm/jam pada intensitas yang sering terjadi; 4,2 mm/jam pada intensitas rata-rata dan 33,3 mm/jam pada intensitas maksimum dengan durasi hujan 1,2,3 dan 4 hari. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas hujan, semakin lama durasi hujan dan semakin dalam retakan, maka perubahan muka air tanah, tekanan air pori dan tekanan lateral air di retakan semakin besar, mengakibatkan semakin menurunnya angka faktor keamanan dari lereng.

Kata kunci : Lereng, Tanah kohesif, Retakan, Hujan.

**PENDAHULUAN**

Peristiwa tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang mengancam masyarakat Indonesia. Berdasarkan data bencana Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada tahun 2015, peristiwa tanah longsor di Indonesia terhitung sebanyak 502 jumlah kejadian. Dusun Ladungan, Desa Guntur Macan, Kecamatan Gunung Sari, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat menjadi salah satu daerah yang mengalami peristiwa tanah longsor tersebut. Kronologis peristiwa tanah longsor di Dusun Ladungan diawali dengan hujan deras yang terjadi secara terus menerus dari tanggal 18 Desember sampai tanggal 19 Desember 2015 (Septia, 2015).

Martini (2005), hujan pemicu longsor adalah hujan dengan curah hujan tertentu, sehingga air yang dicurahkan dapat meresap ke dalam lereng dan mendorong massa tanah untuk longsor. Ikhsan (2013), hujan dengan durasi waktu yang relatif lama dengan intensitas yang tetap mengakibatkan naiknya muka air tanah sehingga tingkat kejenuhan tanah meningkat dan nilai faktor keamanan pada lereng mengalami penurunan.

Suryo (2018), hujan dengan intensitas yang tinggi juga dapat mengganggu keseimbangan kemiringan tanah. Ketidakseimbangan ini akan dipercepat dengan adanya retakan di tanah yang mengarah pada penurunan kekuatan geser. Mukhlisin dan Khiyon (2018), retakan pada lereng dapat mempermudah jalannya infiltrasi air hujan ke dalam tanah. Zhang (2012), pengaruh retakan saat

terjadinya hujan adalah air hujan lebih cepat berinfiltrasi, sehingga tanah menjadi jenuh dan terjadi deformasi lereng. Wang dan Li (2011), keberadaan retakan dapat mengurangi stabilitas lereng berdasarkan tiga sebab. Pertama, retakan memberikan saluran yang alirannya preferensial yang dapat meningkatkan permeabilitas tanah dan mengurangi kekuatan tanah. Kedua, retakan yang diisi air mengakibatkan penambahan tekanan yang bergerak pada bidang miring. Akhirnya, retakan dapat membentuk bagian dari permukaan bidang gelincir yang tidak memiliki kekuatan geser. Xie (2018), retakan akan membentuk saluran yang besar saat curah hujan tinggi, yang dapat meningkatkan kedalaman infiltrasi dan tekanan air.

## TINJAUAN PUSTAKA

Hardiyatmo (2012), longsoran merupakan gerakan masa (*mass movement*) tanah atau batuan pada bidang longsor potensial. Gerakan massa adalah gerakan dari massa tanah yang besar di sepanjang bidang longsor kritisnya. Gerakan massa tanah ini merupakan gerakan melorot ke bawah dari material pembentuk lereng yang dapat berupa tanah, batu, tanah timbuan atau campuran material lain. Bila gerakan massa tanah tersebut sangat berlebihan, maka disebut tanah longsor (*landslide*).

Proses terjadinya longsor diawali dengan meresapnya air ke dalam tanah sehingga menambah bobot massa tanah, kemudian air menembus sampai ke lapisan kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir. Air juga merupakan faktor yang sangat penting dalam masalah-masalah seperti ; penurunan, stabilitas pondasi, stabilitas lereng dan lain-lain, dimana sumber utamanya adalah air hujan (Hardiyatmo, 2012).

### Pengaruh Hujan Terhadap Mekanisme Longsoran

Air hujan yang hujan pemicu longsoran di Indonesia, yaitu tipe hujan deras yang berlangsung singkat dan hujan normal yang berlangsung lama (Subiyanti dkk., 2011). Tipe hujan deras adalah hujan yang dapat mencapai 70 mm/jam atau lebih dari 100 mm/jam. Tipe hujan deras hanya akan efektif memicu longsoran pada lereng-lereng yang tanahnya mudah menyerap air, seperti tanah lempung pasiran dan tanah pasir (Premchit, 1995 dalam Subiyanti dkk, 2011). Tipe hujan normal adalah hujan dengan intensitas 20-50 mm/hari. Hujan tipe ini apabila berlangsung selama beberapa bulan dapat efektif memicu longsoran pada lereng yang tersusun oleh tanah yang lebih kedap air, misalnya lereng dengan tanah lempung, lanau atau lempung pasiran (Subiyanti dkk., 2011). Keadaan dan intensitas hujan dapat dikategorikan sebagai berikut.

**Tabel 1.** Keadaan dan intensitas hujan

Keadaan curah hujan	Intensitas curah hujan (mm)	
	1 Jam	24 Jam
Hujan sangat ringan	<1	<5
Hujan ringan	2-5	5-20
Hujan normal	5-10	20-50
Hujan lebat	10-20	50-100
Hujan sangat lebat	>20	>100

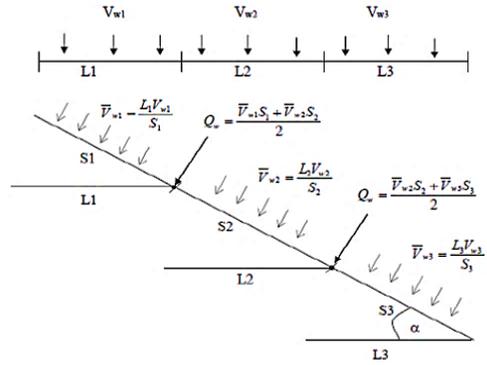
Sumber : Sosrodarsono dan Takeda (1999)

**Anggapan dalam Perhitungan Beban Hujan**

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

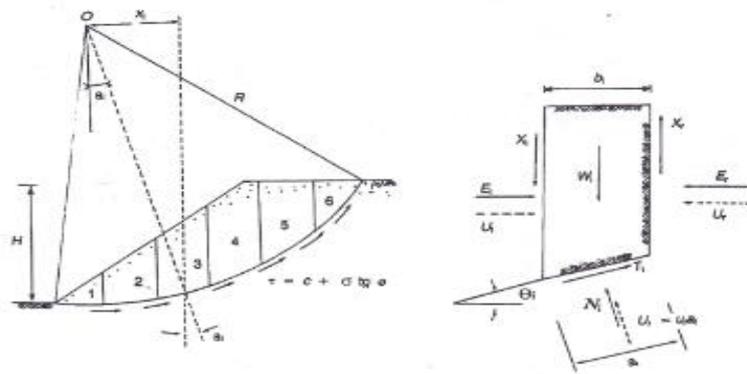
$$\bar{V}_{wi} = \frac{L_i V_{wi}}{S_i} \dots \dots \dots (1)$$

dengan :  $\bar{V}_{wi}$  = 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 1. Perhitungan hujan berdasarkan kemiringan lereng (Subiyanti dkk., 2011).

**Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Irisan Biasa (Fellenius)**



Gambar 2. Gaya yang bekerja pada irisan (Hardiyatmo, 2010).

Faktor aman didefinisikan sebagai :

$$F = \frac{\sum Mr}{\sum Md} \dots \dots \dots (2)$$

Bila terdapat air pada lereng, tekanan air pori pada bidang longsor tidak menambah momen akibat tanah yang akan longsor ( $M_d$ ), karena resultan gaya akibat tekanan air pori lewat titik pusat lingkaran.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c a_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \text{tg } \phi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \dots \dots \dots (3)$$

dengan :  $F$  = Faktor aman,  $c$  = Kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>),  $\phi$  = Sudut gesek dalam tanah (derajat),  $a_i$  = Panjang lengkung lingkaran pada irisan ke- $i$  (m),  $W_i$  = Berat irisan tanah ke- $i$  (kN),  $u_i$  = Tekanan air pori pada irisan ke- $i$  (kN/m<sup>2</sup>),  $\theta_i$  = Sudut (derajat) yang didefinisikan dalam Gambar 2.

### Pengaruh Retakan Tarik pada Tanah Kohesif

Dalam tanah kohesif (lempung jenuh), biasanya tanah mengalami retak di permukaan akibat adanya tegangan tarik. Kedalaman retakan dinyatakan oleh (untuk  $\varphi = 0$ ) :

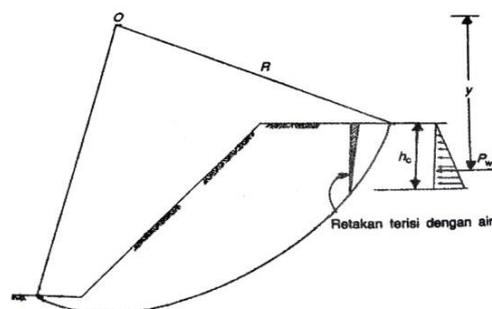
$$h_c = \frac{2c}{\gamma} \dots\dots\dots (4)$$

dengan  $c$  adalah kohesi dari komponen tahanan geser dan  $\gamma$  adalah berat volume tanah. Pengaruh adanya retakan di permukaan, antara lain :

1. Pada retakan, tidak ada tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah. Jadi, tahanan geser tanah terhadap longsoran hanya diperhitungkan terhadap permukaan lingkaran, yang dihitung dari ujung lingkaran yang satu sampai ujung lingkaran lain yang dimulai dari dasar retakan.
2. Jika air (hujan) mengisi retakan yang terbuka, tekanan hidrostatik yang bekerja pada sisi retakan menambah momen yang menggerakkan tanah untuk longsor.

Retakan merupakan gaya dorong dikali dengan  $y$  yang merupakan jarak pusat berat  $W$  terhadap  $O$  ;

$$P_w = \left(\frac{1}{2}\gamma_w h_c^2\right)y \dots\dots\dots (5)$$



Gambar 3. Pengaruh retakan di permukaan (Hardiyatmo, 2010).

Faktor keamanan adalah perbandingan jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor dengan jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor, atau dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

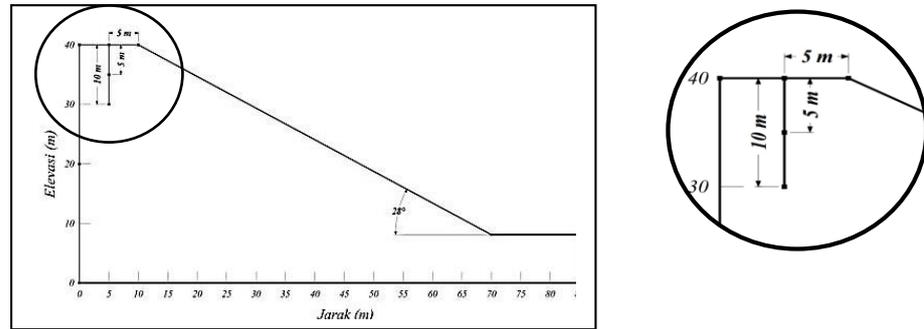
$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \text{tg } \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i \sin \theta_i + \frac{\left(\frac{1}{2}\gamma_w h_c^2\right)y}{R}} \dots\dots\dots (6)$$

dengan :  $F$  = faktor aman,  $c$  = kohesi tanah ( $\text{kN/m}^2$ ),  $\varphi$  = sudut gesek dalam tanah (derajat),  $a_i$  = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke- $i$  (m),  $w_i$  = berat irisan tanah ke- $i$  (kN),  $\theta_i$  = sudut yang didefinisikan dalam Gambar 2 (derajat),  $\gamma_w$  = berat volume air ( $\text{kN/m}^3$ ),  $h_c$  = tinggi retakan (m),  $y$  = jarak pusat  $W$  terhadap  $O$  (m),  $R$  = jari-jari lingkaran bidang longsor (m)

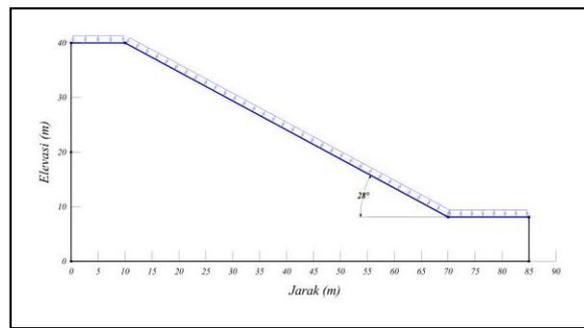
### METODE PENELITIAN

Lereng yang dianalisis merupakan lereng alam yang terletak di Dusun Ladungan, Desa Guntur Macan, Kecamatan Gunung Sari, Kabupaten Lombok Barat. Lereng tersebut memiliki ketinggian 40m dengan sudut kemiringan sebesar  $28^\circ$ . Lereng dimodelkan dengan retakan pada jarak 5 m dari puncak lereng dengan variasi kedalaman 5 m dan 10 m, selain itu lereng juga akan dipengaruhi beban hujan. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa hujan jam-jaman yang diperoleh dari BISDA.

Ada 3 (tiga) parameter hujan yang akan dianalisis, yaitu hujan yang sering terjadi dengan intensitas 0,2 mm/jam; hujan rata-rata dengan intensitas 4,2 mm/jam dan hujan maksimum dengan intensitas 33,3 mm/jam dengan asumsi durasi hujan 1 hari, 2 hari, 3 hari dan 4 hari.



Gambar 4 Pemodelan retakan.



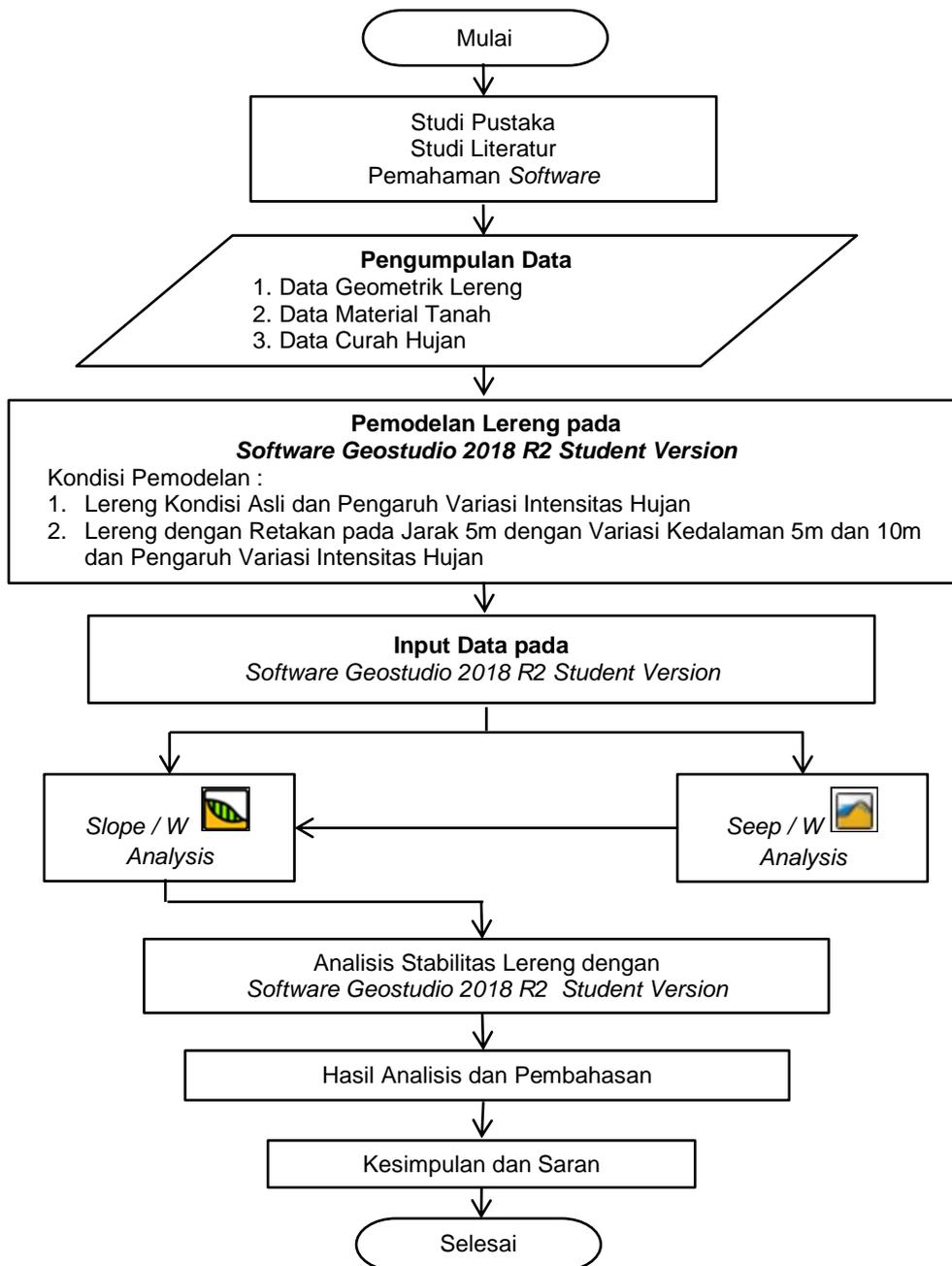
Gambar 5 Pembebanan lereng.

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder dari laporan hasil pengujian di Laboratorium Geoteknik dan Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Mataram oleh peneliti sebelumnya (Usmaningtia, 2018). Berikut data hasil uji laboratorium peneliti sebelumnya.

Tabel 1. Data hasil pengujian laborototium

Properties	Satuan	Nilai
Kadar Air Lapangan ( $w$ )	%	43,92
Berat Volume Basah ( $\gamma_b$ )	$\text{kN/m}^3$	18,8
Berat Volume Kering Lapangan ( $\gamma_d$ )	$\text{kN/m}^3$	13,04
Berat Jenis ( $G_s$ )		2,727
Angka Pori ( $e$ )		1,164
Porositas ( $n$ )		0,537
Derajat Kejenuhan ( $S$ )		0,986
Indeks Plastisitas		
• Batas Cair ( $LL$ )	%	56,00
• Batas Plastis ( $PL$ )	%	29,49
• Indeks Plastis ( $IP$ )	%	26,51
Analisis Butiran		
• Kerikil	%	6,68
• Pasir	%	30,18
• Lanau	%	32,25
• Lempung	%	30,59
Klasifikasi Tanah ( $USCS$ )		$CH$
Kuat Geser Tanah		
• Sudut Geser ( $\theta$ )	derajat	16
• Kohesi ( $c$ )	$\text{kN/m}^2$	18,63
Permeabilitas <i>Falling Head</i> ( $k$ )	$\text{m/dt}$	$4,439 \times 10^{-6}$

Sumber : Usmaningtia, 2018



**Gambar 6.** Bagan alir penelitian.

**Tabel 2.** Data masukan analisis rembesan pada lereng dengan SEEP/W

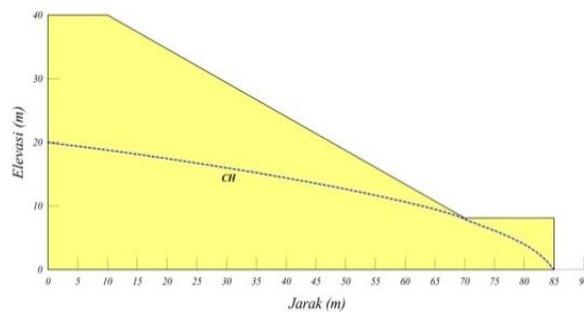
Data masukan analisis rembesan pada lereng	
<i>Analysis Type</i>	<i>Steady State, Transient</i>
<i>Time</i>	1 hari, 2 hari, hari dan 4 Hari
<i>Volume Water Content</i>	<i>Sample function, Saturated WC (porositas), Sample Material (Clay)</i>
<i>Hydraulic Conductivity</i>	<i>Fredlund &amp; King, Saturated Kx</i>
Jenis Tanah (USCS)	CH
Porositas (n)	0,537
Permeabilitas (k)	4,439 x 10 <sup>-6</sup> m/dt
Intensitas Hujan	
- Hujan Maksimum	33,3 mm/jam
- Hujan Rata-rata	4,2 mm/jam
- Hujan yang Sering Terjadi	0,2 mm/jam

Tabel 3 Data masukan analisis stabilitas lereng dengan *SLOPE/W*

Data masukan analisis stabilitas lereng	
<i>Analysis Method</i>	<i>Ordinary</i>
<i>P.W.P Option</i>	<i>Seep W Countour</i>
<i>Direction of Slip Movement</i>	<i>Left to Right</i>
<i>Slip Surface Option</i>	<i>Grid and Radius</i>
<i>Tension Crack Option</i>	<i>Tension Crack Line</i>
<i>Material Model</i>	<i>Mohr-Coulumb</i>
Jenis Tanah (USCS)	CH
Berat Volume Tanah Basah Lapangan ( $\gamma_b$ )	18,8 kN/m <sup>3</sup>
Kohesi (c)	18,63 kN/m <sup>2</sup>
Sudut Geser Dalam ( $\theta$ )	16°

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun bentuk penampang dan data teknis lereng Guntur Macan yang digunakan untuk analisis dengan bantuan *SEEP/W* dan *SLOPE/W* ditunjukkan pada **Gambar 7** berikut.



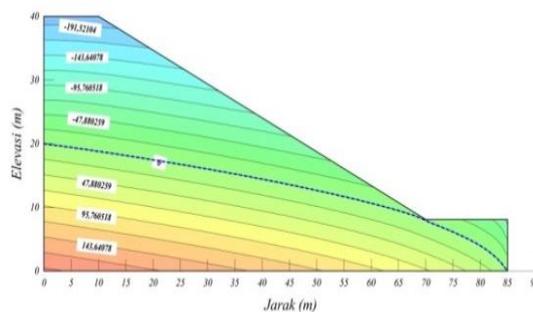
**Gambar 7.** Penampang melintang lereng Guntur Macan.

### Analisis Tekanan Air Pori

Hasil analisis tekanan air pori disajikan pada Gambar 8, untuk beberapa kondisi pemodelan sebagai berikut :

#### 1. Lereng kondisi asli

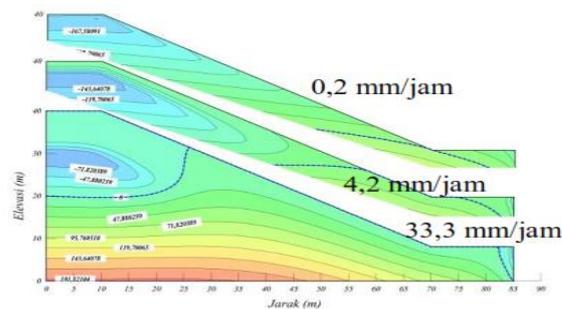
Hasil analisis tekanan air pori kondisi asli pada lereng Guntur Macan seperti pada Gambar 8, dapat dilihat bahwa garis kontur dengan nilai tekanan air pori 0 (nol) merupakan garis muka air tanah. Tekanan air pori diatas garis muka air tanah bernilai negatif menunjukkan nilai *suction* (hisapan tanah) atau tanah dalam keadaan tidak jenuh (*unsaturated*), sedangkan tekanan air pori dibawah garis muka air tanah bernilai positif menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi jenuh (*saturated*). Semakin ke bawah nilai tekanan air pori semakin meningkat karena tekanan air dibawah muka air tanah akan semakin besar.



**Gambar 8.** Kontur tekanan air pori awal.

## 2. Lereng asli dengan pengaruh variasi intensitas hujan

Varisai intensitas hujan yang digunakan diantaranya: 0,2 mm/jam, 4,2 mm/jam dan 33,3 mm/jam dengan durasi hujan masing-masing 1,2,3 dan 4 hari. Hasil analisis tekanan air pori pada Gambar 9, dapat dilihat bahwa semakin tinggi intensitas hujan, perubahan muka air tanah pada lereng semakin besar pula, dimana muka air tanah mengalami kenaikan di bagian kaki lereng ke arah puncak lereng. Peningkatan muka air tanah pada kaki lereng ini disebabkan karena letak muka air tanah dangkal dan tanah yang berada di lokasi lebih rendah mudah diisi ulang oleh air hujan dalam bentuk limpasan permukaan yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi (puncak lereng) sehingga lapisan tanah mudah jenuh.



**Gambar 9** Kontur tekanan air pori dengan pengaruh hujan pada durasi 4 hari.

Perubahan muka air tanah diikuti dengan perubahan nilai tekanan air pori. Pada posisi yang sama, tekanan air pori di dekat permukaan pada puncak lereng sebelum hujan sebesar -191,521 kPa; setelah hujan pada intensitas 0,2 mm/jam dan durasi hujan 4 hari berubah menjadi -167,561 kPa; setelah hujan pada intensitas 4,2 mm/jam berubah menjadi -47,880 kPa dan setelah hujan pada intensitas 33,3 mm/jam tekanan air pori berubah menjadi -23,940 kPa. Perubahan ini dikarenakan intensitas hujan yang tinggi mengakibatkan derajat kejenuhan tanah meningkat seiring bertambahnya durasi hujan, sehingga tekanan air pori negatif (*suction*) tanah akan bergerak mendekati angka nol dan menjadi jenuh air.

## 3. Lereng dengan retakan tanpa pengaruh hujan

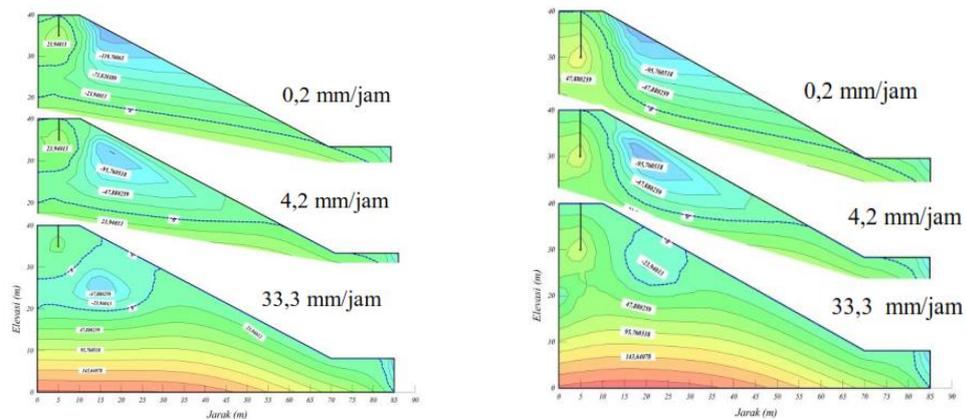
Pada analisis ini lereng dimodelkan dengan retakan pada jarak 5 m dari puncak lereng dan variasi kedalaman retakan 5 m dan 10 m. Kontur hasil analisis pada Gambar 10, dapat dilihat bahwa muka air tanah pada lereng tidak mengalami perubahan. Bila dibandingkan dengan kontur tekanan air pori awal (Gambar 8), hasil analisis menunjukkan kontur tekanan air pori dengan nilai yang sama. Hal ini dikarenakan lereng dengan pengaruh retakan tanpa infiltrasi air hujan tidak memiliki penambahan tekanan yang dapat mempengaruhi muka air tanah dan tekanan air pori pada lereng.



**Gambar 10.** Kontur tekanan air pori dengan pengaruh retakan.

#### 4. Lereng dengan pengaruh variasi kedalaman retakan dan pengaruh variasi intensitas hujan

Pada analisis ini lereng dimodelkan dengan retakan pada jarak 5 m dari puncak lereng dan kedalaman retakan 5 m dan 10 m serta adanya pengaruh beban hujan. Ada 3 (tiga) variasi intensitas hujan yang digunakan, diantaranya: hujan dengan intensitas 0,2 mm/jam, 4,2 mm/jam dan 33,3 mm/jam dengan durasi hujan masing-masing 1,2,3 dan 4 hari. Hasil analisis tekanan air pori pada Gambar 11, dapat dilihat bahwa muka air tanah dan tekanan air pori mengalami perubahan yang signifikan seiring bertambahnya intensitas dan durasi hujan, demikian pula dengan bertambahnya kedalaman retakan. Bila dibandingkan dengan muka air tanah pada lereng tanpa retakan (Gambar 9), kenaikan muka air tanah pada lereng dengan pengaruh retakan juga mengalami kenaikan di bagian badan lereng. Kenaikan muka air tanah ini karena retakan pada puncak lereng mengakibatkan air hujan lebih mudah berinfiltrasi dan mengakibatkan tekanan air pori negatif (*suction*) berkurang dan bergerak mendekati angka 0 (nol), sehingga tanah di sekitar retakan yang awalnya tidak jenuh berangsur-angsur berubah menjadi jenuh.



(a). Kedalaman retakan 5 m.

(b). Kedalaman retakan 10 m.

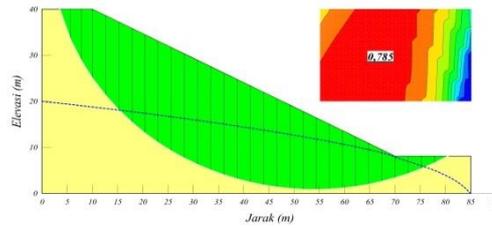
**Gambar 11** Kontur tekanan air pori dengan retakan 5 m dan 10 m, dan pengaruh hujan pada durasi 4 hari.

Pada lereng dengan kedalaman retakan 5 m menunjukkan bahwa pola rembesan air hujan pada retakan belum mengakibatkan muka air tanah naik. Sebaliknya pada retakan dengan kedalaman 10 m pola rembesan infiltrasi air hujan mencapai muka air tanah sehingga muka air tanah mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan kedalaman retakan yang mendekati garis muka air tanah sehingga rembesan air hujan yang terinfiltrasi mencapai muka air tanah setelah hujan dengan intensitas yang tetap berlangsung relatif lama, selain itu intensitas hujan yang tinggi juga mengakibatkan volume air yang berinfiltrasi melalui retakan semakin besar sehingga tanah yang belum jenuh pada lereng semakin sedikit.

### Analisis Stabilitas Lereng

#### 1. Lereng kondisi asli

Dari hasil analisis didapatkan nilai faktor keamanan lereng Guntur Macan sebesar 0,785, lebih kecil dari faktor aman ijin sebesar 1,5, sehingga lereng dikategorikan dalam kondisi tidak aman. Hasil analisis berupa kontur angka keamanan dan permukaan bidang longsor dengan metode *Ordinary* dapat dilihat pada gambar berikut.



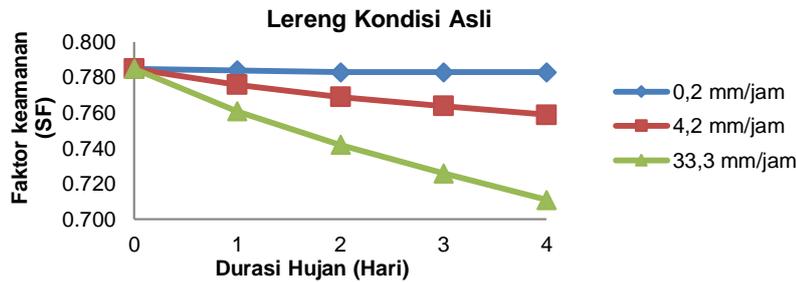
Gambar 12. Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi awal.

2. Lereng asli dengan pengaruh variasi hujan

Pada kondisi ini, lereng asli dipengaruhi beban hujan dengan beberapa variasi intensitas hujan, diantaranya intensitas hujan yang sering terjadi, intensitas rata-rata dan intensitas hujan maksimum dengan nilai berturut-turut sebesar 0,2 mm/jam, 4,2 mm/jam dan 33,3 mm/jam yang berlangsung selama 4 hari. Berikut hasil analisis stabilitas lereng berupa nilai faktor keamanan.

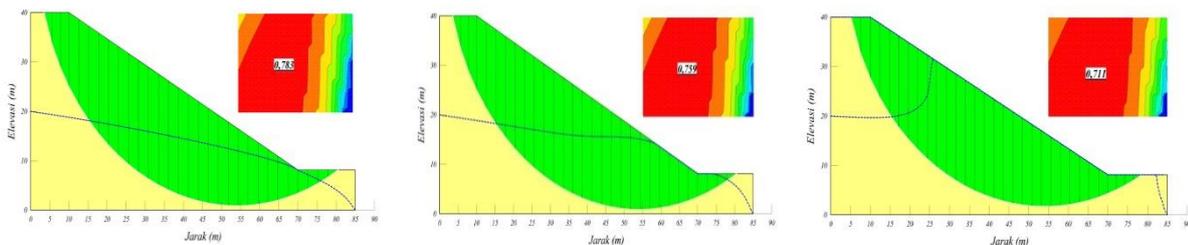
Tabel 4. Hasil analisis stabilitas lereng asli dengan beberapa variasi curah hujan

Durasi Hujan (Hari)	Angka Keamanan (SF)		
	0,2 mm/jam	4,2 mm/jam	33,3 mm/jam
1	0,784	0,776	0,761
2	0,783	0,769	0,742
3	0,783	0,764	0,726
4	0,783	0,759	0,711



Gambar 13. Grafik hubungan durasi hujan dan angka keamanan dengan variasi intensitas hujan.

Dari grafik hubungan di atas dapat dilihat bahwa angka keamanan pada lereng kondisi asli dengan pengaruh hujan mengalami penurunan seiring bertambahnya durasi hujan. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas hujan maka penurunan angka keamanan semakin besar. Penurunan ini karena hujan dengan intensitas tinggi dapat mengakibatkan tanah menjadi jenuh dan naiknya muka air tanah dibagian kaki lereng semakin luas, sehingga berat tanah penyusun lereng bertambah dan kuat geser tanah semakin berkurang, seperti yang terlihat pada kontur faktor keamanan dan permukaan bidang longsor.



a.) Intensitas 0,2 mm/jam

b.) Intensitas 4,2 mm/jam

c.) Intensitas 33,3 mm/jam

Gambar 14. Hasil analisis stabilitas lereng dengan pengaruh hujan pada durasi 4 hari.

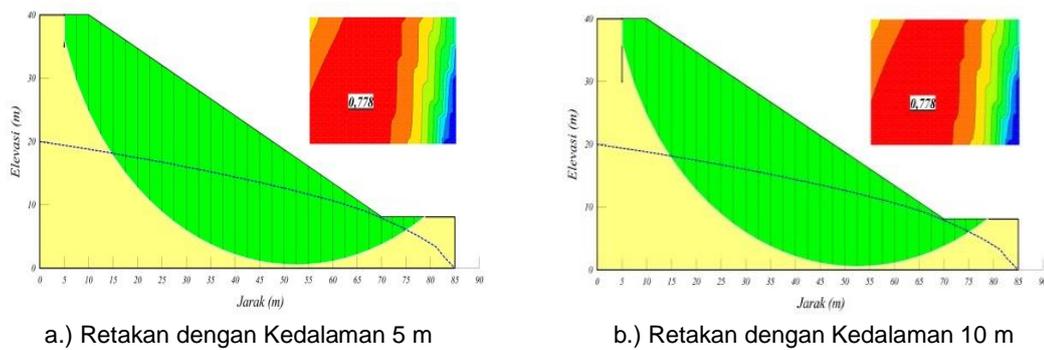
Dari gambar di atas dapat dilihat nilai faktor keamanan lereng dengan pengaruh variasi intensitas hujan yang berlangsung selama 4 hari berturut-turut sebesar 0,783 saat intensitas hujan 0,2 mm/jam, 0,759 saat intensitas hujan 4,2 mm/jam dan 0,711 saat intensitas hujan 33,3 mm/jam. Jika dibandingkan dengan nilai faktor keamanan lereng asli tanpa pengaruh hujan, faktor keamanan lereng dengan pengaruh variasi intensitas hujan mengalami penurunan berturut-turut sebesar 0,255%; 3,312% dan 9,427%.

3. Lereng dengan retakan tanpa pengaruh hujan

Pada kondisi ini lereng yang dianalisis diberi pemodelan retakan pada jarak 5 m dari puncak lereng dengan variasi kedalaman 5 m dan 10 m. Berikut hasil analisis stabilitas lereng dengan retakan tanpa pengaruh hujan berupa nilai faktor keamanan dan kontur permukaan bidang longsor.

**Tabel 5.** Hasil analisis stabilitas lereng dengan pengaruh retakan

Kedalaman Retakan (m)	Faktor Aman Ijin (Hardiyatmo, 2003)	Faktor Aman Analisis
5	1,5	0,778
10	1,5	0,778

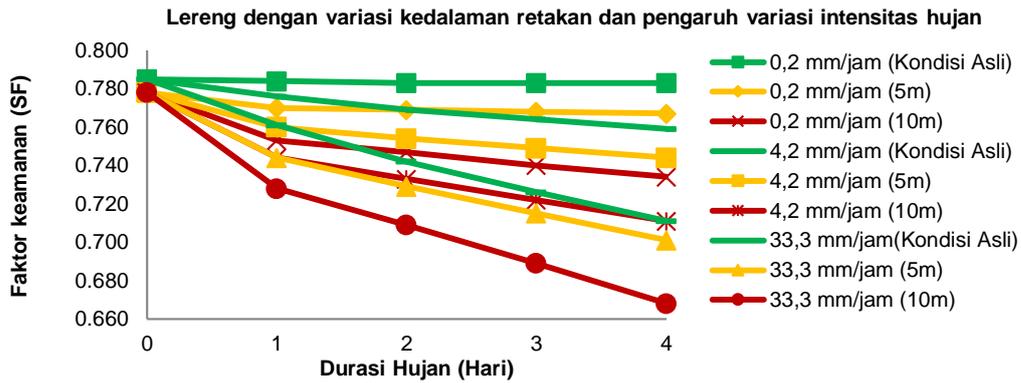


**Gambar 15.** Hasil analisis stabilitas lereng dengan retakan tanpa pengaruh hujan.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa lereng dengan pengaruh retakan pada kedalaman 5 m dan 10 m menghasilkan nilai faktor keamanan yang sama, yaitu sebesar 0,778 atau mengalami penurunan sebesar 0,892% jika dibandingkan dengan nilai faktor keamanan lereng kondisi asli. Hal ini dikarenakan retakan dengan kedalaman 5 m pada jarak 5 m sudah dekat atau mencapai bidang gelincir, sehingga bidang gelincir tidak berbentuk lingkaran seperti pada Gambar 12. Jika retakan melebihi atau dibawah bidang gelincir maka retakan tersebut tidak mempengaruhi stabilitas lereng, seperti halnya retakan pada kedalaman 10 m.

4. Lereng dengan pengaruh variasi kedalaman retakan dan pengaruh variasi intensitas hujan

Dari hasil analisis didapatkan penurunan nilai angka keamanan pada lereng dengan pengaruh variasi kedalaman retakan (5 m dan 10 m) dan variasi intensitas hujan (0,2 mm/jam; 4,2 mm/jam dan 33,3 mm/jam) terlihat pada grafik hubungan berikut.



**Gambar 16.** Grafik hubungan durasi hujan dan angka keamanan dengan variasi kedalaman retakan dan variasi intensitas hujan.

Dari Gambar 16 di atas, dapat dilihat bahwa nilai faktor keamanan semakin menurun seiring bertambahnya intensitas dan durasi hujan, demikian pula dengan bertambahnya kedalaman retakan. Misalnya pada durasi hujan 2 hari dengan intensitas 0,2 mm/jam, lereng kondisi asli memiliki faktor keamanan ( $SF$ ) sebesar 0,783; sedangkan lereng dengan retakan pada jarak 5 m dan kedalaman 5 m faktor keamanannya mengalami penurunan menjadi 0,769 dengan persentase penurunan 1,788%. Lereng dengan retakan pada jarak 5 m dan kedalaman 10 m faktor keamanannya mengalami penurunan menjadi 0,747 dengan persentase penurunan 4,598% yang bila dibandingkan dengan retakan pada kedalaman 5 m persentase penurunannya sebesar 2,861%. Untuk hujan dengan durasi 2 hari pada intensitas 4,2 mm/jam, lereng kondisi asli memiliki faktor keamanan ( $SF$ ) sebesar 0,769; sedangkan lereng dengan retakan pada jarak 5 m dan kedalaman 5 m faktor keamanannya mengalami penurunan menjadi 0,754 dengan persentase penurunan 1,951% dan lereng dengan retakan pada jarak 5 m dan kedalaman 10 m faktor keamanannya mengalami penurunan menjadi 0,733 dengan persentase penurunan 4,681% yang bila dibandingkan dengan retakan pada kedalaman 5 m persentase penurunannya sebesar 2,785%. Untuk hujan dengan durasi 2 hari pada intensitas 33,3 mm/jam, lereng kondisi asli memiliki faktor keamanan ( $SF$ ) sebesar 0,742; sedangkan lereng dengan retakan pada jarak 5 m dan kedalaman 5 m faktor keamanannya mengalami penurunan menjadi 0,729 dengan persentase penurunan 1,752%; dan lereng dengan retakan pada jarak 5 m dan kedalaman 10 m faktor keamanannya mengalami penurunan menjadi 0,709 dengan persentase penurunan 4,447%, bila dibandingkan dengan retakan pada kedalaman 5 m persentase penurunannya sebesar 2,743%.

Penurunan faktor keamanan ini dikarenakan intensitas hujan yang tinggi mengakibatkan derajat kejenuhan tanah meningkat seiring bertambahnya durasi hujan. Selain itu semakin dalam retakan maka retakan akan mendekati atau mencapai muka air tanah, sehingga air hujan yang terinfiltrasi akan mempengaruhi naiknya muka air tanah dan berdampak pada semakin luasnya bidang gelincir yang basah dan menjadi beban tambahan yang mengakibatkan menurunnya kedalaman bidang kritis.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan analisis stabilitas lereng Guntur Macan Lombok Barat dengan pemodelan menggunakan *software Geostudio 2018 R2 Student Version*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada kondisi asli tanpa retakan, semakin tinggi intensitas dan durasi hujan, perubahan muka air tanah pada lereng semakin besar, dimana muka air tanah mengalami kenaikan di bagian kaki lereng ke arah puncak lereng. Pada intensitas 0,2 mm/jam kenaikan muka air tanah sebesar 0,846 m; pada intensitas 4,2 mm/jam sebesar 15,448 m dan pada intensitas 33,3 mm/jam sebesar 56,136 m.
2. Perubahan muka air tanah dapat dilihat dari perubahan nilai tekanan air pori pada posisi yang sama, tekanan air pori di dekat permukaan pada puncak lereng sebelum hujan sebesar -191,521 kPa; setelah hujan pada intensitas 0,2 mm/jam dengan durasi hujan 4 hari berubah menjadi -167,561 kPa; setelah hujan pada intensitas 4,2 mm/jam berubah menjadi -47,880 kPa dan setelah hujan pada intensitas 33,3 mm/jam berubah menjadi -23,940 kPa.
3. Pada lereng dengan retakan, semakin dalam retakan perubahan muka air tanah semakin besar karena retakan akan semakin dekat dengan muka air tanah. Sehingga air lebih cepat mencapai muka air tanah dan membentuk pola rembesan yang menyebabkan naiknya muka air tanah di bagian badan lereng ke bagian puncak karena tanah jenuh yang semakin luas di sekitar retakan.
4. Pada kondisi asli dengan pengaruh hujan, nilai faktor keamanan lereng menurun seiring bertambahnya intensitas dan durasi hujan. Penurunan nilai faktor keamanan terbesar terjadi pada intensitas 33,3 mm/jam dengan durasi hujan 4 hari dengan nilai sebesar 0,711 atau mengalami penurunan 9,427% dari lereng asli tanpa hujan dengan nilai faktor keamanan sebesar 0,785.
5. Pada lereng dengan pemodelan retakan pada kedalaman 5 m dan 10 m tanpa pengaruh hujan menghasilkan nilai faktor keamanan yang sama sebesar 0,778. Hal ini dikarenakan retakan dengan kedalaman 5 m pada jarak 5 m sudah mencapai bidang gelincir, sehingga kedalaman retakan di bawah bidang gelincir tidak mempengaruhi stabilitas lereng.
6. Nilai faktor keamanan lereng dengan pemodelan retakan dan pengaruh hujan, menunjukkan faktor keamanan yang semakin menurun seiring bertambahnya intensitas dan durasi hujan, demikian pula dengan bertambahnya kedalaman retakan. Penurunan nilai faktor keamanan terbesar terjadi pada lereng dengan pemodelan retakan pada kedalaman 10 m dan pengaruh intensitas hujan 33,3 mm/jam dengan durasi hujan 4 hari dengan nilai sebesar 0,688 atau mengalami penurunan 1,854% dari lereng dengan retakan pada kedalaman 5 m dan pengaruh intensitas dan durasi yang sama; atau sebesar 12,357% bila dibandingkan dengan lereng pada kondisi asli dengan nilai faktor keamanan sebesar 0,785.

### Saran

Perlu dilakukan analisa stabilitas dengan pemanfaatan geotekstil sebagai bahan perkuatan lereng yang dipadukan dengan dinding penahan lereng beton maupun bronjong serta pemanfaatan geogrid sebagai bahan perkuatan lereng.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, Lee W dkk. (1996). *Slope Stability and Stabilization Methods*. John Willey & Sons, Inc, Canada.
- Fredlund, DG., Rahardjo, H. (1993). *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. John Willey & Sons, Inc., Canada.
- Hardiyatmo, H.C. (2010). *Mekanika Tanah II*. Edisi kelima. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

- Hardiyatmo, H., C. (2012). *Tanah Longsor dan Erosi*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Iksan, M. (2013). *Pengaruh Variasi Durasi Hujan Terhadap Stabilitas Lereng pada Jalan Raya Sesaot Menggunakan Software Gepstudio V.6*, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Martini. (2005). *Studi Karakteristik Hujan Pemicu Longsoran Pada Ruas Jalan Tawaeli – Toboli Sulawesi Tengah*. Jurnal. Majalah Ilmiah Mektek.
- Muchtaranda, IH. (2018). *Pengaruh Kenaikan Muka Air Tanah Terhadap Potensi Kestabilan Lereng*. LPPM Unram.
- Muchtaranda, IH. (2017). *Analisa Pengaruh Metode Terasering Pada Stabilitas Lereng Menggunakan Geoslope/W.6*. LPPM Unram.
- Muchtaranda, IH. (2019). *Pengaruh Retakan (Crack) Permukaan Tanah Terhadap Stabilitas Lereng*. LPPM Unram.
- Mukhlisin, M., dan Khiyon, K. N. (2018). *The Effect of Cracking on Slope Stability*, Journal Geological Society of India. 91(6), pp. 704-710
- Suryo, Eko Andi. (2018). *The Effect of Deep Cracks on the Rain-Induced Instability of Slopes : A Study Case*, Faculty of Science an Engineering Queensland University of Technology (QUT) Brisbane, Australia 1.
- Septia, Karnia. (2015). *Longsor di Lombok Barat, 4 Orang Tewas*.n.d.<https://regional.kompas.com/read/2015/12/19/12321911/Longsor.di.Lombok.Barat.4.Orang.Tewas> (accessed Desember19, 2015)
- Subiyanti, H., Rifa'i, A., dan Jayadi, R. (2011). *Analisis Kelongsoran Lereng Akibat Pengaruh Tekanan Air Pori di Saluran Induk Kalibawang Kulonprogo*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. 14(1), 15-25.
- Wang, Z. F., Li, J. H. (2011). *Influence of Cracks on Stability of Cracked Soil Slope*, Unsaturated Soil : Theory and Pactice, Kasetsart Univerity, Thailand, ISBN 978-616-7522-77-7.
- Xie, C., Shen,Q., Wu, Z., Zhao, Y and Mei, G. (2018). *Stability Analysis for the Expansive Soli Slope Considring the Influece of Cracks Based on the Upper Bound Method*. International Conference on Civil and Hydraulic Engineering, Guangxi University, China.
- Zhang, G, Wang, R, Qian, J, Zhang, JM, Qian, J. (2012). *Effect Studi of Cracks on Behavior of Soil Slope Under Rainfall Condition*. Soil and Foundation. Elsevier B.V.