

# ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN TERASERING DI DESA SENDANGMULYO, TIRTOMOYO, WONOGIRI

Lugut Tri Hernowo Pramudo<sup>1)</sup>, Noegroho Djarwanti<sup>2)</sup>, Niken Silmi Surjandari<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Prodi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: [lugut.pramudo@gmail.com](mailto:lugut.pramudo@gmail.com)

## Abstract

*Sendangmulyo village, Tirtomoyo, Wonogiri had happened a landslide in December 25<sup>th</sup> and 26<sup>th</sup> 2007. This research is done for the purpose of the disaster mitigation due to the fact that there are still many people who live in Sendangmulyo village and be used to observe the level of the factor of safety in the slope stability after use the terrace construction. This research is started by collecting secondary data from HawinWidyo (2015). Those data will be analyzed by Geo-Slope and simplified Bishop at the pre and post rainfall condition. The analysis is done by implementing some terrace varieties at some slopes to get the most maximized design where the slope will be stabilized. There weren't any significant difference between the results of the analysis using Geo-Slope (Morgenstern Price) with simplified Bishop Analysis. There was only a significant increase in SF level during the pre-rainfall time by using the terrace system applied at the slope of Sendangmulyo Village, Wonogiri. On the contrary, the SF level didn't reach the safe score during the post-rainfall time. The SF score will be low if the ladder is too high. At the same rate of the ladder, SF score will rise if the height of the ladder is lowered. The amount of the ladder affects the SF score. If the amount of the ladder is added, the SF score will be higher.*

*Keywords: Geo-Slope, Simplified Bishop Method, Terrace.*

## Abstrak

Di Desa Sendangmulyo, Tirtomoyo, Wonogiri pernah terjadi longsor pada tanggal 25 dan 26 Desember 2007. Melihat masih banyaknya jumlah penduduk yang masih bermukim di bawah lereng tersebut, maka penelitian ini sangat penting untuk keperluan mitigasi bencana dan mengetahui besar perubahan nilai faktor aman stabilitas lereng setelah perbaikan dengan menggunakan konstruksi terasering. Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data sekunder dari penelitian Hawin Widyo (2015). Data tersebut kemudian dianalisis dengan Geo-Slope dan metode Bishop yang disederhanakan pada kondisi sebelum dan setelah hujan. Analisis dicoba dengan beberapa variasi terasering pada lereng untuk mendapatkan desain yang paling maksimum dimana lereng menjadi stabil. Hasil analisis dengan Geo-Slope (Morgenstern Price) dan perhitungan dengan Bishop yang disederhanakan, didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda. Dengan penerapan terasering pada lereng di Desa Sendangmulyo Wonogiri didapatkan peningkatan nilai SF yang signifikan hanya untuk kondisi sebelum hujan, sedangkan untuk kondisi setelah hujan tidak didapatkan nilai SF yang aman. SF rendah jika ketinggian trap terlalu besar. Untuk mendapatkan SF yang besar, maka ketinggian trap harus diturunkan dengan memberi jumlah trap yang lebih banyak. Nilai SF akan naik saat ketinggian trap diperkecil. Semakin banyak jumlah trap semakin tinggi nilai SF.

Kata-kata kunci : *Geo-Slope*, Bishop yang disederhanakan, terasering.

## PENDAHULUAN

Di Desa Sendangmulyo, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri pernah terjadi longsor dan banjir pada penghujung tahun 2007 tepatnya pada tanggal 25 dan 26 Desember 2007. Melihat masih banyaknya jumlah penduduk yang masih bermukim di bawah lereng tersebut, maka penelitian ini sangat penting untuk keperluan mitigasi bencana. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian yang telah dilakukan oleh Hawin Widyo, 2015, dan telah mendapatkan angka *Safety Factor* yang paling kritis yang selanjutnya akan digunakan sebagai acuan dalam analisis ini. Hasil analisis ini nantinya diharapkan dapat memberikan beberapa desain lereng agar mencapai *Safety Factor* yang maksimum. Perbaikan tanah yang dipilih adalah dengan penggunaan terasering. Dalam analisis ini diberikan beberapa variasi desain terasering yang dapat dijadikan pilihan untuk memperkuat lereng. Variasi ini berupa beberapa variasi *trap* pada kondisi sebelum dan setelah hujan. Sehingga akan didapatkan keluaran berupa beberapa alternatif terasering dan diketahui desain yang paling efektif dan efisien untuk menambah faktor aman dan mengurangi longsor.

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi. Lereng alami maupun buatan dibedakan menjadi lereng dengan panjang tak hingga dan lereng dengan panjang hingga. Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep umum keseimbangan batas, untuk menghitung faktor aman (*SF*) yang melawan gaya runtuh pada kestabilan lereng tersebut. Faktor keamanan adalah perbandingan antara kekuatan geser maksimum (*peak*) dan kekuatan geser yang diperlukan untuk menahan

kemantapan, yaitu kekuatan pada keadaan keseimbangan batas. (Bishop, 1964). Adapun hubungan beberapa variasi nilai faktor keamanan terhadap kemungkinan longsoran lereng maupun pada perancangan lereng menurut Bowles, J.E. dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan nilai *Safety Factor* dan kemungkinan kelongsoran lereng tanah (Bowles, J.E., 1989)

Nilai <i>SF</i>	Kemungkinan Longsor
< 1,07	Kelongsoran bisa terjadi
1,07 < <i>SF</i> < 1,25	Kelongsoran pernah terjadi
> 1,25	Kelongsoran jarang terjadi

Metode *Bishop* (1955) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol arah vertikal. Faktor aman dihitung dengan persamaan [1]

$$F = \frac{\sum (W_i - u_i) \tan \phi' + \sum c' b_i}{\sum W_i \tan \theta_i} \dots [1]$$

keterangan :

- $F$  = faktor aman
- $c'$  = kohesi tanah efektif (kN/m<sup>2</sup>)
- $W_i$  = berat irisan tanah ke-i (kN)
- $u_i$  = tekanan air pori irisan ke-i (kN/m<sup>2</sup>)
- $ru$  = rasio tekanan air pori
- $\theta_i$  = sudut antara jari-jari dan garis berat irisan
- $b_i$  = lebar irisan ke-i (m)
- $\phi'$  = sudut gesek dalam efektif (°)

Metode *Bishop* ini menggunakan cara coba-coba, tetapi hasil hitungan lebih teliti, untuk memudahkan perhitungan dapat digunakan nilai fungsi  $M_i$  sebagaimana pada persamaan [2]

$$M_i = \cos \theta_i (1 + \tan \phi' / F) \dots [2]$$

keterangan :

- $M_i$  = nilai fungsi
- $\theta_i$  = sudut antara jari-jari dan garis berat irisan
- $F$  = faktor aman

Analisis lereng juga dapat digunakan program *Geo-Slope*. Pengaturan untuk awal analisis dengan program ini ada beberapa tahap, meliputi pengaturan kertas kerja, pengaturan grid, dan skala gambar. Pengaturan grid digunakan untuk mempermudah dalam menentukan koordinat model lereng. Skala gambar adalah perbandingan ukuran lereng di lapangan dengan ukuran lereng pada model. Setelah pengaturan tersebut, dilanjutkan dengan permodelan lereng, serta memasukkan *material properties* tanah. Dilanjutkan dengan *running program* sehingga mendapatkan hasil analisis.

Terasering adalah bangunan konservasi tanah dan air secara mekanis yang dibuat untuk memperpendek panjang lereng dan atau memperkecil kemiringan lereng dengan jalan penggalian dan pengurangan tanah melintang lereng. Tujuan pembuatan teras adalah untuk mengurangi kecepatan aliran permukaan (*run off*) dan memperbesar peresapan air, sehingga kehilangan tanah berkurang. Pembuatan terasering dilakukan untuk mengurangi panjang lereng dan menahan atau memperkecil aliran permukaan agar air dapat meresap dalam tanah. Jenis terasering antara lain : teras datar, teras kredit, teras guludan, dan teras bangku. Jadi secara garis besar terasering adalah kondisi lereng yang dibuat bertanggung-tanggung yang dapat digunakan pada timbunan atau galian yang tinggi dan berfungsi untuk menambah stabilitas lereng, memudahkan dalam perawatan, memperpanjang daerah resapan air, memperpendek panjang lereng dan atau memperkecil kemiringan lereng, mengurangi kecepatan aliran air permukaan, dan dapat digunakan untuk *landscaping*.

## METODE PENELITIAN

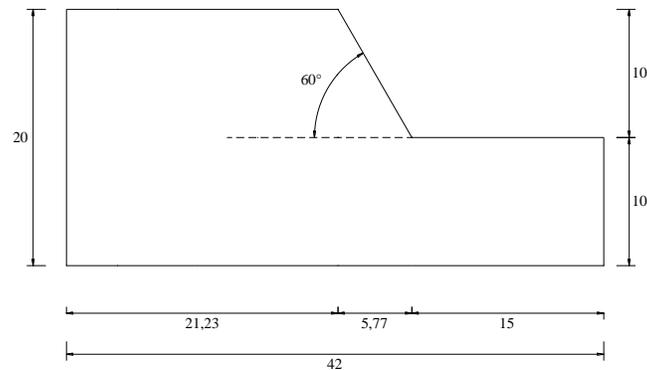
Pada penelitian yang dilakukan di Desa Sendangmulyo, Kabupaten Wonogiri ini dimulai dengan mengumpulkan data sekunder dari penelitian sebelumnya (Hawin W, 2015) berupa data parameter tanah seperti yang tercantum pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Uji Laboratorium Mekanika Tanah UNS

Parameter	Satuan	Hasil
$w$	%	19,38
$\gamma_b$	kN/m <sup>3</sup>	17,81
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	19,15
$G_s$	-	2,66
$\phi$	°	37,47
$c$	kN/m <sup>2</sup>	0
$b_{sat}$	m	0,473
$e$	-	0,744
Gravel	%	13,42
Sand	%	50,48
Silt	%	9,46
Clay	%	26,64

Sumber:(Hawin Widyo,2015).

Sudut kemiringan lereng ( $\alpha$ ) acuan diambil sebesar  $60^\circ$  sesuai dengan  $\alpha$  yang menghasilkan nilai  $SF$  paling kritis pada penelitian Hawin Widyo (Gambar. 1)



Gambar 1. Profil Lereng Kritis DAS Tirtomoyo

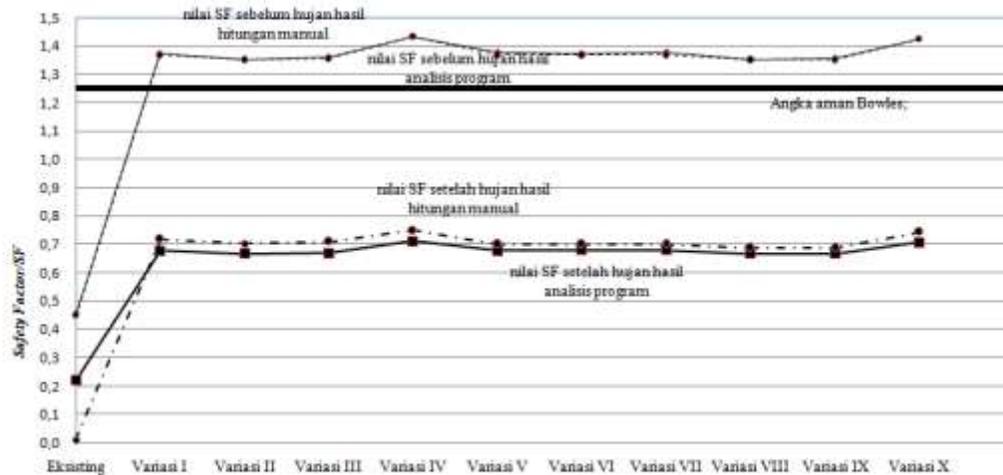
Variasi pemodelan lereng ini dilakukan dalam beberapa pengkondisian. Variasi tersebut dibagi menjadi 10 variasi berdasarkan tinggi trap terhadap tinggi lereng ( $H$ ) yaitu  $1/2H$ ;  $1/3H$ ;  $1/4H$ ;  $1/5H$ ;  $1/2H, 1/3H$ ;  $1/2H, 1/4H$ ;  $1/2H, 1/5H$ ;  $1/3H, 1/4H$ ;  $1/3H, 1/5H$ ; dan  $1/4H, 1/5H$ . Variasi ini diterapkan untuk kondisi sebelum dan setelah hujan serta dengan pelandaian lereng menjadi  $30^\circ$ .

## HASIL DAN ANALISIS

Dari analisis dengan program Geo-Slope dan metode Bishop yang disederhanakan didapatkan nilai output yang tidak begitu berbeda. Lihat Tabel 2.

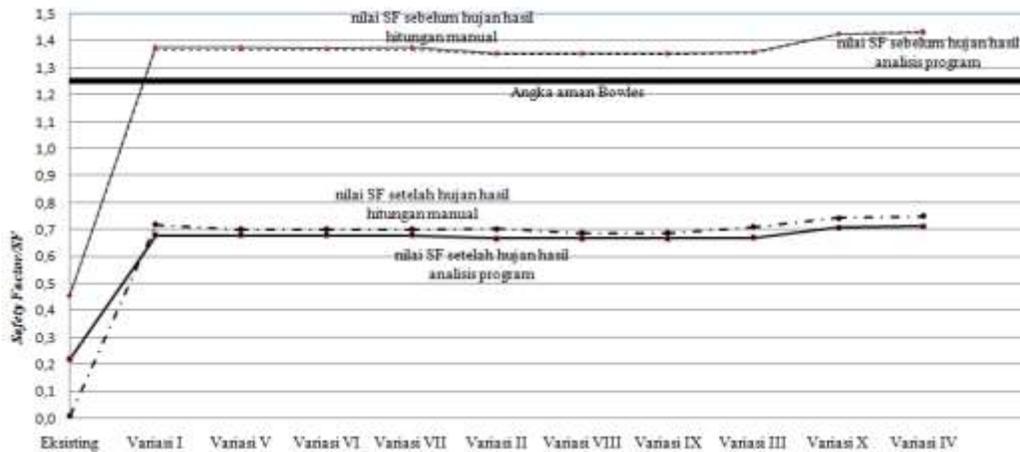
Tabel 2. Rekapitulasi Nilai SF Sebelum dan Setelah Hujan Pada Beberapa Variasi

Eo nilai	Variasi	n trap	h trap	Tinggi Lapis ke- (m)					SF	
				1	2	3	4	5	Elope/W	Metode Bishop yang Diperkecilkan
<b>Sebelum Hujan</b>										
	Ekisting	-	-						0,455	0,450
	Variasi I	2	1/2 H <sub>1</sub> 1/2 H	5,00	5,00	-	-	-	1,375	1,368
	Variasi II	3	1/3 H <sub>1</sub> 1/3 H	3,33	3,33	3,33	-	-	1,352	1,350
	Variasi III	4	1/4 H <sub>1</sub> 1/4 H	2,50	2,50	2,50	2,50	-	1,360	1,356
	Variasi IV	5	1/5 H <sub>1</sub> 1/5 H	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,432	1,433
	Variasi V	3	1/2 H <sub>1</sub> 1/3 H	5,00	3,33	1,67	-	-	1,376	1,368
	Variasi VI	3	1/2 H <sub>1</sub> 1/4 H	5,00	2,50	2,50	-	-	1,374	1,368
	Variasi VII	4	1/2 H <sub>1</sub> 1/5 H	5,00	2,00	2,00	1,00	-	1,376	1,368
	Variasi VIII	4	1/3 H <sub>1</sub> 1/4 H	3,33	2,50	2,50	1,67	-	1,353	1,350
	Variasi IX	5	1/3 H <sub>1</sub> 1/5 H	3,33	2,00	2,00	2,00	0,67	1,355	1,351
	Variasi X	5	1/4 H <sub>1</sub> 1/5 H	2,50	2,00	2,00	2,00	1,50	1,426	1,426
<b>Setelah Hujan</b>										
	Ekisting	-	-						0,220	0,010
	Variasi I	2	1/2 H <sub>1</sub> 1/2 H	5,00	5,00	-	-	-	0,678	0,718
	Variasi II	3	1/3 H <sub>1</sub> 1/3 H	3,33	3,33	3,33	-	-	0,668	0,704
	Variasi III	4	1/4 H <sub>1</sub> 1/4 H	2,50	2,50	2,50	2,50	-	0,669	0,709
	Variasi IV	5	1/5 H <sub>1</sub> 1/5 H	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,711	0,749
	Variasi V	3	1/2 H <sub>1</sub> 1/3 H	5,00	3,33	1,67	-	-	0,678	0,701
	Variasi VI	3	1/2 H <sub>1</sub> 1/4 H	5,00	2,50	2,50	-	-	0,679	0,701
	Variasi VII	4	1/2 H <sub>1</sub> 1/5 H	5,00	2,00	2,00	1,00	-	0,679	0,701
	Variasi VIII	4	1/3 H <sub>1</sub> 1/4 H	3,33	2,50	2,50	1,67	-	0,667	0,687
	Variasi IX	5	1/3 H <sub>1</sub> 1/5 H	3,33	2,00	2,00	2,00	0,67	0,668	0,688
	Variasi X	5	1/4 H <sub>1</sub> 1/5 H	2,50	2,00	2,00	2,00	1,50	0,708	0,744



Gambar 2. Grafik Hubungan Nilai SF dengan Perubahan Variasi Terasering

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa perbaikan lereng pada kondisi setelah hujan dengan beberapa variasi yang dicoba, tidak didapatkan nilai SF yang aman karena berada di bawah angka Bowles. Sehingga variasi tersebut tidak dapat digunakan untuk mencegah kelongsoran. Sedangkan untuk kondisi sebelum hujan, semua variasi sudah melampaui angka aman Bowles, dengan kata lain tidak akan terjadi longsor.



Gambar 3. Grafik Hubungan Perubahan Ketinggian Trap 1 Terhadap Nilai  $SF$

Dengan melihat Gambar 3, pada Variasi I, V, VI, dan VII didapat nilai  $SF$  yang tidak jauh berbeda sebesar 1,368. Begitu juga dengan Variasi II, VIII, IX, dan III dengan nilai  $SF$  sekitar 1,350. Dari kedua hasil ini dapat disimpulkan bahwa nilai  $SF$  cenderung tetap apabila tinggi trap pertama (kaki lereng) adalah sama. Dalam jumlah trap yang sama dan pada ketinggian trap ke-1 yang sama didapatkan kesimpulan bahwa nilai  $SF$  cenderung stabil yaitu sebesar 1,376 atau 1,376 untuk hasil program dan 1,368 untuk hasil Bishop. Kemudian nilai  $SF$  akan turun jika ketinggian trap nya diturunkan. Maka dalam pembuatan terasering di lapangan, perlu diperhatikan ketinggian lapis yang pertama. Untuk mendapatkan  $SF$  yang tinggi untuk jumlah lapis adalah 3, maka dapat dilakukan dengan mempertinggi lapis yang pertama. Jadi untuk direkomendasikan di lapangan, tinggi lapis pertama untuk 3 trap adalah 5 meter.

Untuk pembuatan 4 trap di lapangan, perlu juga diperhatikan tinggi lapis pertama. Menurut Tabel 2, ketinggian 5 meter untuk lapis pertama dapat menghasilkan nilai  $SF$  yang tinggi. Namun hindari ketinggian lapis pertama sebesar 3,33 meter karena akan menurunkan  $SF$ . Jadi tetap direkomendasikan untuk 4 trap tinggi lapis pertama adalah 5 meter.

Jika tinggi lapis pertama dipilih dibawah 5 meter, sebagai contoh 2,5 meter, maka rata-rata tinggi lapis ke- $n$  tidak boleh terlalu jauh nilainya dengan tinggi lapis pertama untuk mendapatkan nilai  $SF$  naik. Sehingga tinggi lapis ke 2 dan seterusnya adalah 2 meter. Jadi direkomendasikan untuk penerapan 5 trap di lapangan adalah tinggi lapis pertama dan tinggi lapis berikutnya berturut-turut diusahakan sama.

## SIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai analisis stabilitas lereng dengan terasering dapat diambil kesimpulan bahwa Analisis dengan *Geo-Slope* (Morgenstern Price) dan perhitungan manual dengan Bishop yang disederhanakan, didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda. Dengan penerapan terasering pada lereng di Desa Sendangmulyo Wonogiri didapatkan peningkatan nilai  $SF$  yang signifikan hanya untuk kondisi sebelum hujan, sedangkan untuk kondisi setelah hujan tidak didapatkan nilai  $SF$  yang aman. Nilai  $SF$  cenderung tetap apabila tinggi trap pertama (kaki lereng) adalah sama. Dalam jumlah trap yang sama dan pada ketinggian trap ke-1 yang sama didapatkan nilai  $SF$  cenderung stabil, kemudian nilai  $SF$  akan turun jika ketinggian trap nya diturunkan. Untuk ketinggian trap ke- $n$ , akan membuat nilai  $SF$  naik jika tinggi trap rata-rata nya tidak lebih besar dari tinggi trap ke-1.

## REKOMENDASI

Untuk lebih memastikan hasil  $SF$  yang paling optimum dapat dilakukan perhitungan dengan metode yang lain seperti metode Fellenius, Janbu, atau dengan program lain yang sesuai. Perlu dilakukan analisis selanjutnya dengan memperhitungkan faktor gaya luar lain seperti faktor gempa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Noegroho Djarwanti, MT dan Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T, M.T yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB-Press. Bogor.
- Bowles, J.E., 1989, *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta, 562 hal.
- Das, Braja M., 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rakayas Geoteknis)* Jilid 2. Jakarta : PT. Erlangga.
- Fachrudin, M., 2015. *Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Pengaruh Hujan Bulanan Maksimum di DAS Tirtomoyo dengan Metode Bishop Disederhanakan*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta: Surakarta.
- Hansen, M.J., 1984, *Strategies for Classification of Landslides*, (ed. : Brundsen, D, & Prior, D.B., 1984, Slope Instability, John Wiley & Sons, p.1-25.
- Hardiyatmo, H.Christadi (2006), *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.Christadi (2003), *Mekanika Tanah 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hawin, W, 2015. *Pengaruh hujan 2 harian terhadap stabilitas lereng di das Tirtomoyo Wonogiri (Studi Kasus Desa Sendang Mulyo, Tirtomoyo, Wonogiri)*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta: Surakarta.
- Heny, P, 2015. *Analisa Stabilitas Lereng akibat Curah Hujan Bulanan dengan Metode Fellenius di Desa Sumpersari DAS Tirtomoyo Wonogiri*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta: Surakarta.
- Janu,W, 2015. *Analisis Stabilitas Lereng Di Das Tirtomoyo Wonogiri Akibat Hujan 2 Hari Berurutan Studi Kasus Desa Pagah, Hargantoro, Wonogiri*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta: Surakarta.
- Kh, Sunggono, *Mekanika Tanah*, Nova, Bandung, 1984.
- Panglar, D., 1985, *Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, 233 hal.
- Pasuto, A., & Soldati, M., 1997. *Rock Spreading*, dari Dikau, R., Brundsen, D., Schorrt, L., & Ibsen, M.L. (ed.), *Landslide Recognition, Identification*.
- Schwab, G.O.,R.K. Frevert, T.W. Edminster, K.K. Barnes. 1981. *Soil and Water Conservation Engineering*. John Wiley and Sons. New York.
- Sukartaatmadja S. 2004. *Perencanaan dan Pelaksanaan Teknis Bangunan Pencegah Erosi*. Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- Varnes, D.J., 1978. *Slope Movement and Types and Processes, In Landslide: Analysis and Control*. Transportation Research Board.
- Wesley, L.D., 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan & Residu*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Zaruba, Q., & Mencl, V., 1969, *Landslide and their control*, Elsevier Pub. Co., Amsterdam, 205 p.