

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN TERASERING DAN PERKUATAN BRONJONG DI DESA SENDANGMULYO, TIRTOMOYO, WONOGIRI

Cahyo Dwi Saputro¹⁾, Noegroho Djarwanti²⁾, Yusep Muslih Purwana³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Prodi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: chdwi6@gmail.com

Abstract

Indonesia has tropical climate has high rainfall, this situation may be able to give a harmful impact that could affect the occurrence of avalanche danger on slopes or hilly areas. Tirtomoyo subdistrict, wonogiri is one area that frequent landslides. Subdistrict Tirtomoyo have hilly topology, so prone to landslides. Tirtomoyo subdistrict, Wonogiri is one area that ever happened landslides on 25 and December 26, 2007 due to the rainy season at the end of the year. See the magnitude of impact that occurs due to the influence of land use on sliding, so this research is very important to be done in order for repair slopes, the slope of this study is designed to achieve a safety factor. Repair slope is used is retrofitting the slopes with gabion.

Slope stability analyzed using the methods Bishop. The program used in this study were Slope/W. The data required in the use of this program are the parameters of the soil, the type of material used, and others. Slope stability will be analyzed in two different conditions, the condition before and after the rain. Each condition was analyzed by using different variables include the angle of the slopes 60°, 45°, 30°. 3 trap terracing with 5, 3, 2 meters from toe of slopes with dimensions for each gabion has 0,5 × 1 meters and 0,3 × 2 meters.

The results of the analysis by the Slope/W programme is a solution sandy soil condition is the slope and terracing slopes, it is proved that safety factor value before and after the rainy condition obtained on slope (α) 30° with terracing and reinforcement with gabion.

Keywords: slope stability, gabion, safety factor.

Abstrak

Indonesia yang beriklim tropis mempunyai curah tinggi yang dapat memberi dampak terjadinya bahaya longsor pada daerah lereng atau daerah perbukitan.. Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri merupakan salah satu daerah yang pernah terjadi longsor pada tanggal 25 dan 26 Desember 2007 akibat musim hujan di penghujung tahun tersebut. Melihat besarnya dampak yang terjadi akibat pengaruh hujan dan pemanfaatan lahan terhadap kelongsoran, maka penelitian ini sangat penting untuk dilakukan guna untuk keperluan perbaikan lereng, dalam penelitian ini lereng didesain agar mencapai *safety factor* yang aman. Perbaikan lereng yang digunakan adalah perbaikan lereng dengan terasering dan perkuatan bronjong.

Stabilitas lereng dianalisis dengan menggunakan metode Bishop. Program yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Slope W*. Data-data yang dibutuhkan dalam penggunaan program ini adalah parameter tanah, jenis material yang digunakan, dan lain-lain. Stabilitas lereng akan dianalisis dalam 2 kondisi yang berbeda yaitu pada kondisi sebelum dan setelah hujan. Setiap kondisi yang dianalisis menggunakan variabel yang berbeda antara lain dengan sudut kemiringan lereng 60°, 45° dan 30°. Terasering berjumlah 3 trap dengan ketinggian 5, 3, 2 meter yang dihitung dari kaki lereng serta menggunakan bronjong berdimensi 0,5 × 1 meter dan 0,3 × 2 meter.

Hasil dari analisis dengan Program *Slope W* ini merupakan solusi kondisi tanah berpasir adalah kemiringan dan terasering lereng, hal ini dibuktikan bahwa nilai *safety factor* aman pada kondisi sebelum dan setelah hujan yang didapat pada kemiringan lereng (α) 30° dengan terasering dan diperkuat dengan bronjong.

Kata kunci : stabilitas lereng, bronjong, *safety factor*

PENDAHULUAN

Kecamatan Tirtomoyo merupakan salah satu daerah yang sering terjadi longsor. Mempunyai morfologi berbukit dan bergunung, sehingga rawan terjadi longsor. Penelitian ini sangat penting untuk dilakukan guna untuk keperluan perbaikan lereng. Dengan hasil yang didapat dari perhitungan sebelumnya (Widyo, 2015) maka penelitian ini mendesain lereng agar mencapai *safety factor* yang aman. Perbaikan lereng yang dipilih adalah dengan penggunaan perkuatan bronjong, untuk menahan kelongsoran yang terjadi pada lereng. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya didapatkan bahwa kemiringan lereng yang terdapat di lokasi adalah 45° yang dinyatakan dengan Peta Kemiringan Lahan Wonogiri. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari Widyo., 2015 dengan menggunakan trial maksimum dengan sudut kemiringan 60° yang memiliki *SF* terendah (longsor). Penelitian ini mendesain perbaikan lereng dengan kombinasi antara terasering dan perkuatan bronjong agar didapatkan nilai *safety factor* yang aman.

Nilai faktor keamanan terhadap kemungkinan longsor lereng maupun pada perancangan lereng menurut Bowles, 1989 dapat dilihat pada Tabel 1.

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

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 bertangga-tangga yang dapat digunakan pada timbunan atau galian yang tinggi dan berfungsi sebagai penambah stabilitas lereng, memudahkan dalam perawatan, memperpanjang daerah resapan air, memperpendek panjang lereng dan atau memperkecil kemiringan lereng, mengurangi kecepatan aliran air permukaan, dapat digunakan untuk *landscaping*.

Bronjong adalah anyaman kawat yang berbentuk kotak terbuat dari kawat baja berlapis seng yang didalamnya diisi batuan dan kerikil untuk mencegah kelongsoran pada tanah yang dipasang pada tebing-tebing, tepi-tepi sungai, dan lereng, yang proses penganyamannya menggunakan mesin. Sifat tampak dari kawat bronjong antara lain harus kokoh, bentuk anyaman heksagonal dengan lilitan ganda dan berjarak maksimum 40 mm serta harus simetri, lilitan harus erat, tidak terjadi kerenggangan hubungan Antara kawat sisi, Kawat anyaman minimum dililit tiga kali sehingga kawat mampu menahan beban dari segala arah. (SNI 03-0090-1999)

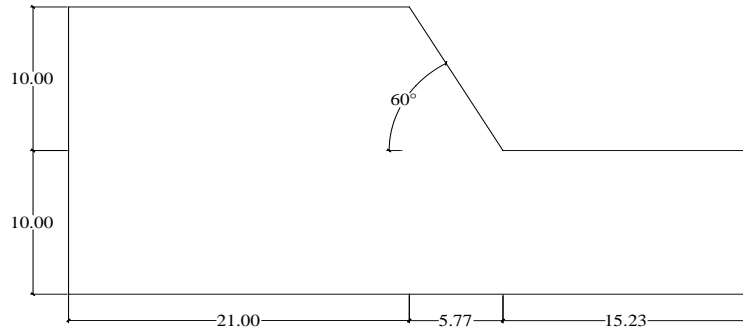
Program *Slope W* adalah salah satu dari beberapa program geoteknik yang dapat digunakan untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. Program ini merupakan bagian dari Aplikasi *Geo-Slope*. Program *Slope W* ini dapat menganalisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekanan air pori, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. Program ini juga dapat digunakan untuk elemen tekanan air pori yang terbatas, tegangan statis, atau tekanan dinamik pada analisis kestabilan lereng.

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 dan pemodelan bronjong, serta memasukkan *material properties* tanah yang membedakan antara kondisi sebelum dan setelah hujan adalah pada kondisi setelah hujan lereng akan dibebani sesuai dengan ketebalan tanah jenuh itu sendiri (Prabawa, 2015). Selanjutnya memasukkan propertis bronjong. Dilanjutkan dengan *running program* sehingga mendapatkan hasil analisis.

METODE PENELITIAN

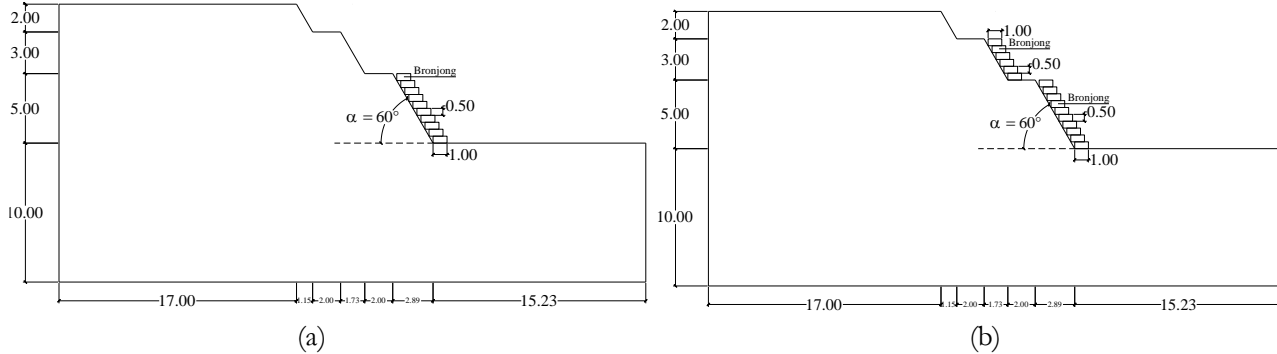
Penelitian ini merupakan lanjutan yang berupa perbaikan lereng dengan terasering dan perkuatan bronjong dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Widyo, 2015 di Desa Sendangmulyo, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri. Data yang digunakan untuk analisis lanjutan adalah profil lereng berupa penampang lereng, ketinggian tanah jenuh (h_{sat}), $\gamma_b = 17,81 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{sat} = 19,15 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 37,47^\circ$. Data bronjong yang digunakan (Maccaferri, 2013) adalah $\gamma_s = 23 \text{ kN/m}^3$, $\phi_g 37,47^\circ$, $c_g = 27 \text{ kN/m}^2$.

Sudut kemiringan lereng (α) acuan diambil sebesar 60° sesuai dengan α yang menghasilkan nilai *SF* paling kritis pada penelitian Widyo (2015) (Gambar. 1)



Gambar 1. Profil Lereng Eksisting DAS Tirtomoyo

Untuk perkuatan lereng pada Gambar 1, akan digunakan terasering dan perkuatan bronjong serta dengan mengubah kemiringan lereng. Terasering yang digunakan dalam semua variasi analisis ini adalah 5, 3, 2 meter yang dihitung dari kaki lereng, menggunakan perkuatan bronjong dengan dimensi $0,5 \times 1$ meter dan $0,3 \times 2$ meter, pada perkuatan bronjong ini akan digunakan *trial* perletakan bronjong pada 1 trap dan 2 trap serta menggunakan kemiringan lereng 60° sebagai eksisting lereng dan menambahkan 45° dan 30° sebagai analisis lanjutan. Sebelum melakukan analisis lereng menggunakan terasering dan bronjong, terlebih dahulu harus mengetahui bidang gelincir dari lereng eksisting hingga lereng dengan perbaikan terasering dan perkuatan bronjong pada masing-masing perletakan agar dapat mengetahui besarnya perubahan nilai *safety factor*.



Gambar 2. Contoh pemodelan lereng kemiringan 60° dengan terasering dan perkuatan bronjong $0,5 \times 1$ m
(a) satu trap (b) dua trap

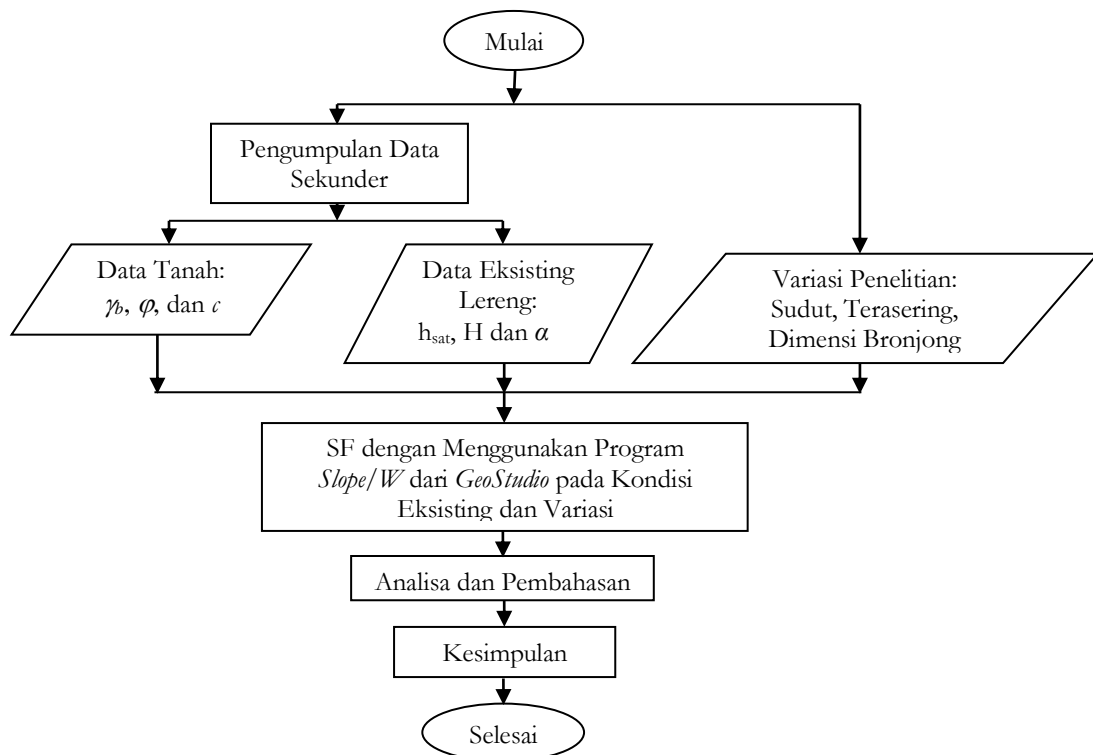
Gambar 2 merupakan contoh pemodelan yang akan dianalisis. Pemodelan variasi lereng ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 2. Rekapitulasi variasi lereng

Variasi	Sudut ($^\circ$)	Dimensi Bronjong (m)		Terasering			Perletakan Bronjong			Notasi
		Tinggi	Lebar	5 m	3 m	2 m	Trap 1	Trap 2	Trap 3	
1	60	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	30	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	60	-	-	√	√	√	-	-	-	T
5	45	-	-	√	√	√	-	-	-	T
6	30	-	-	√	√	√	-	-	-	T
7	60	0,5	1	√	√	√	√	-	-	T - BD ₁ - t ₁
8	45	0,5	1	√	√	√	√	-	-	T - BD ₁ - t ₁
9	30	0,5	1	√	√	√	√	-	-	T - BD ₁ - t ₁
10	60	0,3	2	√	√	√	√	-	-	T - BD ₂ - t ₁
11	45	0,3	2	√	√	√	√	-	-	T - BD ₂ - t ₁
12	30	0,3	2	√	√	√	√	-	-	T - BD ₂ - t ₁

13	60	0,5	1	√	√	√	√	√	-	T - BD ₁ - t ₂
14	45	0,5	1	√	√	√	√	√	-	T - BD ₁ - t ₂
15	30	0,5	1	√	√	√	√	√	-	T - BD ₁ - t ₂
16	60	0,3	2	√	√	√	√	√	-	T - BD ₂ - t ₂
17	45	0,3	2	√	√	√	√	√	-	T - BD ₂ - t ₂
18	30	0,3	2	√	√	√	√	√	-	T - BD ₂ - t ₂

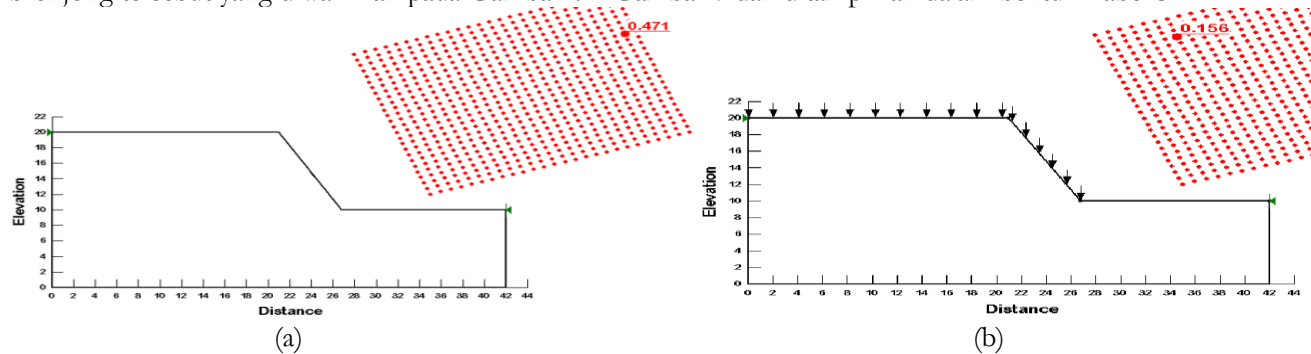
Tabel 4 menggunakan notasi untuk membedakan setiap variasi yang digunakan untuk setiap pemodelan lereng yang akan dianalisis sebagaimana notasi sebagai berikut T adalah Terasering yang digunakan dalam variasi, BD₁ adalah bronjong dengan dimensi 1 yaitu 0,5 × 1 meter, BD₂ adalah bronjong dengan dimensi 2 yaitu 0,3 × 2 meter, t₁ adalah perletakan bronjong pada 1 trap yang dihitung dari kaki lereng, t₂ adalah perletakan bronjong pada 2 trap yang dihitung dari kaki lereng.



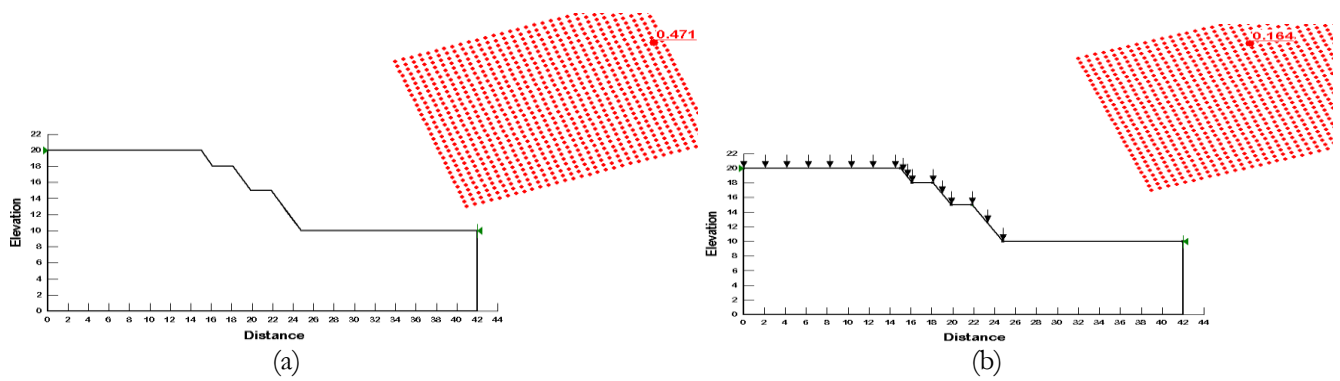
Gambar 3. Diagram alir tahap penelitian

HASIL DAN ANALISIS

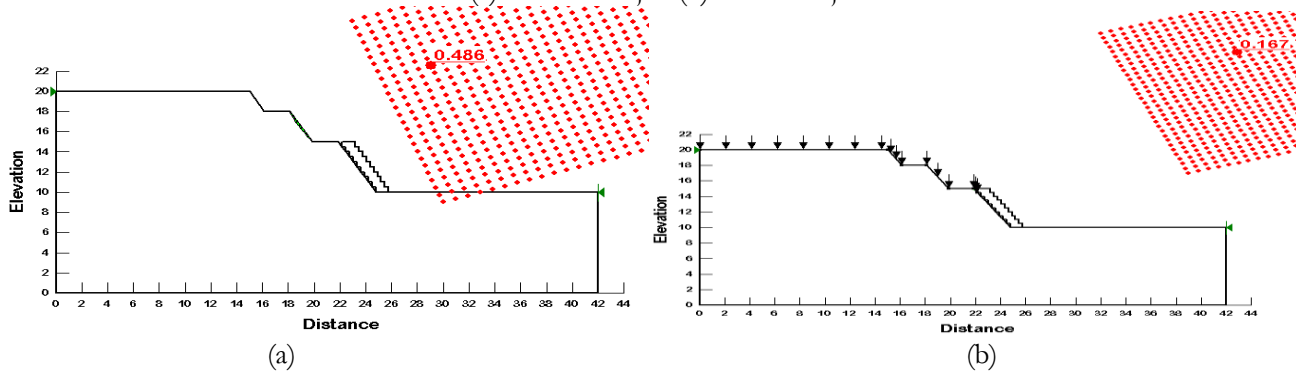
Dari analisis dengan program *Slope/W* dari *Geo-Slope 2007*, didapat nilai *SF* untuk masing-masing variasi perkuatan bronjong tersebut yang diwakilkan pada Gambar 4 – Gambar 7 dan ditampilkan dalam bentuk Tabel 3:



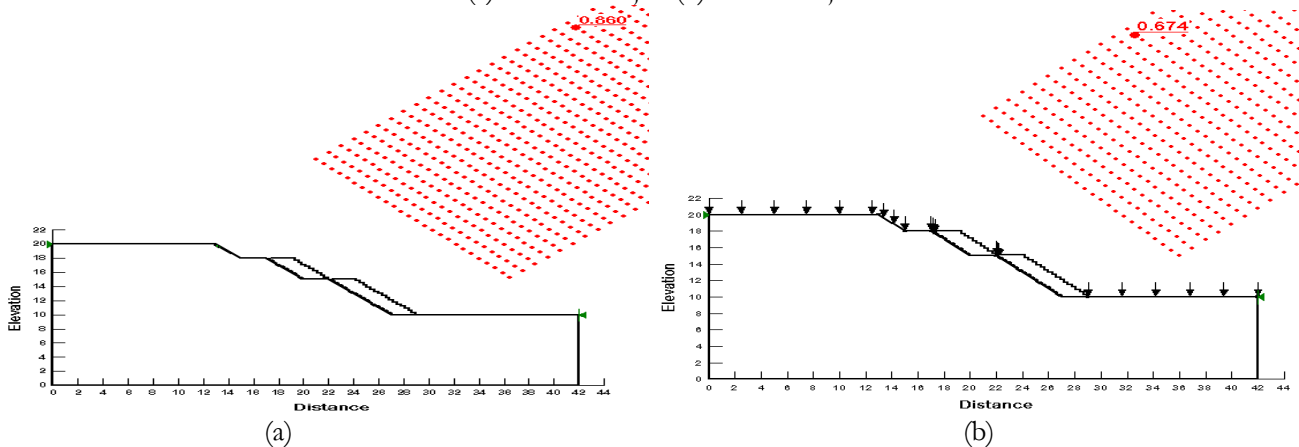
Gambar 4. Variasi 1 lereng kemiringan 60° (eksisting)
(a) sebelum hujan (b) setelah hujan



Gambar 5. Variasi 4 lereng kemiringan 60° dengan terasering (I)
 (a) sebelum hujan (b) setelah hujan



Gambar 6. Variasi 7 lereng kemiringan 60° dengan terasering dan perkuatan bronjong $0,5 \times 1$ m pada 1 trap
 (I - $BD_1 - t_1$)
 (a) sebelum hujan (b) setelah hujan



Gambar 7. Variasi 17 lereng kemiringan 45° dengan terasering dan perkuatan bronjong $0,3 \times 2$ m pada 2 trap
 (I - $BD_2 - t_2$)
 (a) sebelum hujan (b) setelah hujan

Tabel 3. Rekapitulasi hasil analisis nilai SF

Variasi	Sudut	Notasi	SF Sebelum Hujan	SF Setelah Hujan
1	60	Eksisting	0,471	0,156
2	45		0,782	0,208
3	30		1,332	0,268
4	60	T	0,471	0,164
5	45	T	0,790	0,576
6	30	T	1,333	1,017

7	60	T - BD ₁ - t ₁	0,486	0,167
8	45	T - BD ₁ - t ₁	0,800	0,643
9	30	T - BD ₁ - t ₁	1,345	1,273
10	60	T - BD ₂ - t ₁	0,486	0,190
11	45	T - BD ₂ - t ₁	0,800	0,648
12	30	T - BD ₂ - t ₁	1,345	1,273
13	60	T - BD ₁ - t ₂	0,510	0,176
14	45	T - BD ₁ - t ₂	0,860	0,664
15	30	T - BD ₁ - t ₂	1,371	1,302
16	60	T - BD ₂ - t ₂	0,510	0,306
17	45	T - BD ₂ - t ₂	0,860	0,674
18	30	T - BD ₂ - t ₂	1,371	1,302

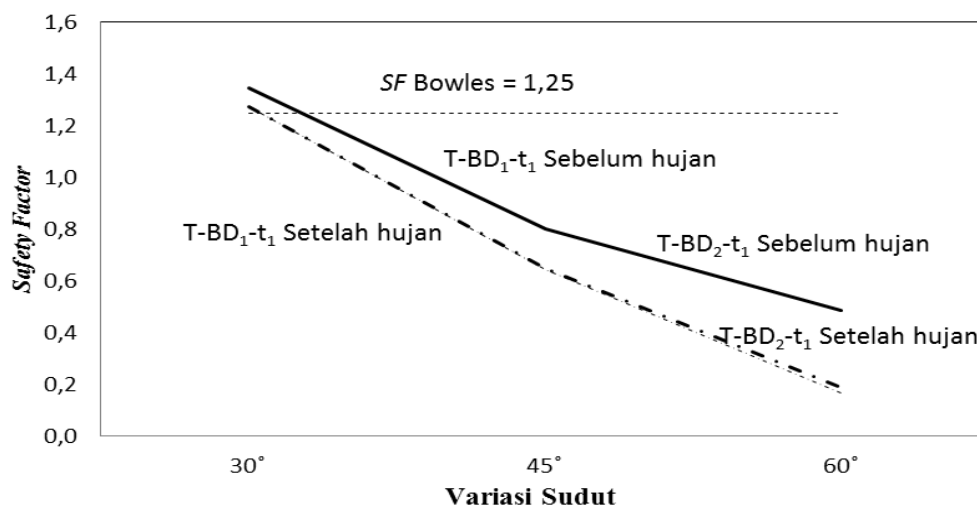
Tabel 3 menginformasikan pada variasi 1 kondisi eksisting memperlihatkan bahwa nilai SF sebelum hujan = 0,471 lebih besar dari pada nilai SF setelah hujan = 0,156, kondisi ini disebabkan oleh beban tanah jenuh yang disebabkan oleh air hujan yang meresap yang berada diatas lereng sehingga kondisi lereng menjadi lebih berat dan mudah terjadi longsor, hal ini didasarkan pada nilai SF aman Bowles (1989) = 1,25.

Variasi sudut dan terasering pada kondisi sebelum hujan menampakkan hasil yang hampir sama belum memperlihatkan hasil yang signifikan, dapat dilihat pada nilai SF pada Tabel 5. Penyebabnya adalah bidang gelincir yang hampir sama pada setiap variasi tersebut.

Kondisi berbeda terlihat pada saat setelah hujan variasi sudut dan terasering terlihat perbedaannya, nilai SF yang dihasilkan variasi lereng dengan terasering lebih besar dibandingkan dengan variasi sudut. Hal ini disebabkan karena terasering memperpanjang geometri lereng sehingga bidang gelincir akan berpindah sesuai dengan panjang geometri lereng. Nilai SF yang lebih besar dari nilai SF aman Bowles (1989) adalah pada variasi 30° tanpa terasering dan 30° dengan terasering.

Tabel 4. Nilai SF pada variasi bronjong dimensi 1 dan dimensi 2 pada 1 trap

Variasi	Sudut	Notasi	SF Sebelum Hujan	SF Setelah Hujan
7	60	T - BD1 - t1	0,486	0,167
8	45	T - BD1 - t1	0,800	0,643
9	30	T - BD1 - t1	1,345	1,273
10	60	T - BD2 - t1	0,486	0,190
11	45	T - BD2 - t1	0,800	0,648
12	30	T - BD2 - t1	1,345	1,273



Gambar 8. Grafik hubungan antara dimensi 1 dan dimensi 2 bronjong pada 1 trap dengan perubahan nilai *safety factor*

Tabel 4 dan Gambar 8 menjelaskan bahwa perbedaan dimensi bronjong pada setiap sudut yang ditinjau tidak menghasilkan nilai SF yang berbeda, hal ini disebabkan karena bidang gelincir yang ditinjau dari kemiringan trap 1 berpindah kemiringan trap 2 hal itu dapat dilihat dari garis grafik yang saling bersinggungan. Bidang gelincir yang terjadi adalah gelincir permukaan, jadi setiap diberikan perkuatan bronjong maka bidang gelincir akan berpindah ke trap di atasnya. Hal yang sama terjadi pada perletakan bronjong pada 2 trap terasering pada lereng.

SIMPULAN

Analisis menggunakan program *Slope/W (Bishop)* dari *GeoSlope*, mendapatkan kesimpulan perbaikan lereng dengan terasering dan perkuatan bronjong akan menambah nilai SF pada kondisi sebelum hujan dan setelah hujan dibandingkan dengan hanya menggunakan terasering, hal ini dikarenakan bronjong akan menutup bidang gelincir yang terjadi pada terasering. Lereng pada kondisi aman pada sebelum hujan dan setelah hujan terdapat pada lereng dengan sudut kemiringan 30° dengan terasering dan perkuatan bronjong. Dikarenakan pada kondisi ini geometri lereng menjadi lebih panjang dan diperkuat dengan bronjong sehingga nilai SF yang dihasilkan melebihi nilai SF acuan.

REKOMENDASI

Dari hasil analisis *Slope W* yang didapat, perlu dilakukan analisis lanjutan dengan metode yang berbeda agar didapat hasil yang optimum. Perlu juga membandingkan dengan program geoteknik yang lain untuk mendapatkan komparasi nilai SF agar menghindari kesalahan analisis dari program yang digunakan serta perlu dilakukan analisis berikutnya dengan memperhitungkan faktor gaya luar seperti faktor gaya gempa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Noegroho Djarwanti, MT dan Yusep Muslih Purwana, ST, MT, PhD, yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- _____ (1999), SNI 03-0090-1999, *Spesifikasi Bronjong Kawat*, Badan Standarisasi Nasional.
- _____ (2013), *Unit Weight And Ratio Of Gabions*, by Maccaferri.
- _____ (2013), *Values Of Geotechnical Parameters For Gabion In Macstars W*, by Maccaferri
- Bowles, J., E., 1989, *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta, 562 hal.
- Das, B., 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.
- Hardiyatmo, H., C., 2003, *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H., C., 2006, *Mekanika Tanah 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Prabawa, D., 2015. *Analisis Stabilitas Lereng Akibat Beban Hujan Harian Maksimum Bulanan Dan Beban Lalu Lintas (Studi Kasus: Desa Tambakmerang, Girimarto, Wonogiri)*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta: Surakarta.
- Pramudo, L., T., H., 2016. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Terasering Di Desa Sendangmulyo, Tirtomoyo, Wonogiri*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta: Surakarta.
- Pratiwi, H., 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.
- Sosarodarsono, S., dan Nakazawa, K., 1983. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Jakarta: Pradnya Paramita
- 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.
- Widayatno, J., 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.
- Widyo, H., 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.

www.maccaferri.com/id/en/documents/technical-data-sheets/