

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PEMASANGAN BRONJONG (STUDI KASUS DI SUNGAI GAJAH PUTIH, SURAKARTA)

Mey Malasari Murri¹⁾, Niken Silmi Surjandari²⁾, Sholihin As'ad³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

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

Abstract

The presence of water on a slope with a high plasticity clays soils condition and accompanied by the magnitude of the life load (vehicles) whose work could result in instability or failure, so gabion is required for stability at the toe of the slopes. Gabion is often used because it can withstand the movement of both vertical and horizontal. The nature of gabion can filter the water so that the water can continue passing while the movement of land can be held by gabion. In addition, gabion can withstand failure, prevent soil erosion. When gabion collapsed, it can be reused and can improve the stability of slopes in an effective manner. This research aims to determine slope stability before and after the gabion installation, as well as to find out the change influence in fluctuations of groundwater, the configuration gabion installation and the presence a combination of load (dead load + life load) towards safety factor (SF). Four types of gabion configuration were considered in calculation. Installation of gabion like terrace, that is step by step. Variation I condition was two parallel gabion arranged in upper and one gabion on it holding the slopes. Variation II was three parallel gabion arranged in upper. Variation III was two parallel gabion arranged in side and one gabion on it holding the slopes. Variation IV condition was one gabion arranged in under and two parallel gabion on it holding the slopes. The analysis was performed with the manual calculation method using Bishop formula to determine the stability of the slopes. Based on the research results obtained that any fluctuation in the face of the ground water, the magnitude of life load on slopes and presence a gabion installation at the toe of slopes contributed slopes stability. The higher of groundwater on slope, the smaller the value of SF (safety factor). The greater of life load work on the slopes then the smaller value of safety factor. Slope with gabion have values safety factor larger than slope without gabion. Safety factor before landslide conditions was lower than the safety factor after gabion installation by Departemen Pekerjaan Umum (DPU) conditions was lower than the safety factor variation III conditions. Comparison of the SF variation III condition with the after gabion installation by the DPU due to dead load produces different SF of $\pm 20\%$, while due to dead load + life load produce different SF of $\pm 11\%$. So, variation III condition relatively most safety and able to improve the stability of slopes so that installation is apt to overcome the instability or failure that occurs.

Keywords: Bishop, gabion, landslides, slope, stability.

Abstrak

Keberadaan air pada suatu lereng dengan kondisi tanah lempung plastisitas tinggi dan disertai besarnya beban hidup (kendaraan) yang bekerja dapat mengakibatkan kelongsoran, sehingga untuk keamanan dibutuhkan bronjong pada kaki lereng. Bronjong sering digunakan karena dapat menahan gerakan baik vertikal maupun horizontal, sifat bronjong dapat meloloskan air sehingga air dapat terus lewat sementara pergerakan tanah dapat ditahan oleh bronjong. Disamping itu bronjong dapat menahan longsoran, dapat mencegah erosi tanah, apabila bronjong runtuh dapat dimanfaatkan lagi serta dapat meningkatkan stabilitas lereng secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas lereng sebelum dan setelah pemasangan bronjong, serta mengetahui pengaruh perubahan fluktuasi muka air tanah, konfigurasi pemasangan bronjong dan adanya kombinasi beban (mati+hidup) terhadap angka keamanan lereng. Ada empat variasi pemasangan bronjong yang dianalisis dalam perhitungan. Pemasangan bronjong seperti terasering, yaitu dilakukan secara berundak. Variasi pertama yaitu dua bronjong ditata sejajar ke atas dan satu bronjong di atasnya menahan lereng. Variasi kedua yaitu tiga bronjong ditata sejajar ke atas. Variasi ketiga yaitu dua bronjong ditata sejajar ke samping dan satu bronjong di atasnya menahan lereng. Variasi keempat yaitu satu bronjong dipasang di bawah dan dua bronjong ditata sejajar ke atas menahan lereng. Analisis dilakukan dengan perhitungan manual menggunakan metode Bishop disederhanakan untuk mengetahui stabilitas lereng. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa adanya fluktuasi muka air tanah, besarnya beban yang bekerja pada lereng dan dipasangnya bronjong pada kaki lereng sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Semakin tinggi muka air tanah pada lereng maka semakin kecil nilai SF (*safety factor*). Semakin besar beban hidup yang bekerja pada lereng maka semakin kecil nilai SF. Lereng yang dipasang bronjong mempunyai nilai SF lebih besar daripada lereng tanpa bronjong. SF kondisi sebelum longsor < SF setelah pemasangan bronjong oleh Dinas Pekerjaan Umum (DPU) < SF kondisi variasi III. Perbandingan SF pada kondisi variasi III dengan nilai SF kondisi setelah pemasangan bronjong oleh DPU akibat beban mati menghasilkan beda SF sebesar $\pm 20\%$, sementara akibat beban mati+beban hidup menghasilkan beda SF sebesar $\pm 11\%$. Jadi, bronjong kondisi variasi III relatif paling aman dan mampu meningkatkan stabilitas lereng sehingga pemasangannya sangat tepat untuk mengatasi kelongsoran yang terjadi.

Kata Kunci: Bishop, bronjong, longsor, lereng, stabilitas.

PENDAHULUAN

Sungai Gajah Putih adalah salah satu anak sungai dari sungai Bengawan Solo. Sungai ini mengalirkan air yang berasal dari sungai Pepe hulu. Sungai Gajah Putih sangat penting bagi warga Surakarta dan sekitarnya, karena saat musim penghujan tiba sungai ini mampu menampung debit air dalam jumlah besar. Bantaran sungai Gajah Putih sebagian besar adalah kawasan yang dijadikan sebagai rumah penduduk dan badan jalan. Oleh karena itu tingkat

keamanan bangunan menjadi fokus perhatian utama. Salah satu upaya yang dilakukan untuk melindungi masyarakat yaitu dengan mencegah adanya limpasan dan kelongsoran pada lereng. Pada awal tahun 2013 lereng sungai Gajah Putih mengalami longsor. Longsor disinyalir akibat berubahnya fungsi lereng, yakni pada puncak lereng ditumbuhi oleh banyak vegetasi. Akar vegetasi membuat tanah gembur sehingga mengakibatkan saat hujan turun daya resap tanah menjadi semakin besar. Keadaan ini akan meningkatkan kadar air dalam tanah. Aliran air yang melewati lereng membawa serta butir-butir tanah, sehingga lama kelamaan terjadi gerusan di dasar sungai. Adanya desakan dari beban yang bekerja serta kondisi tanah yang lunak, hal ini memberikan sumbangsih nyata terhadap longornya lereng tersebut. Cara mengatasinya yaitu meningkatkan stabilitas lereng sungai Gajah Putih dengan memasang bronjong pada lereng.

Terzaghi (1950) membagi penyebab longsor lereng menjadi dua, yaitu :

1. Pengaruh dalam (*internal effect*)
yaitu longsor yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi, dikarenakan hal-hal sebagai berikut : naiknya berat massa tanah, naiknya muka air tanah, pengembangan tanah, pengaruh geologi, pengaruh morfologi, pengaruh proses fisika.
2. Pengaruh luar (*external effect*)
yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah sehingga faktor keamanan menjadi berkurang, dikarenakan hal-hal sebagai berikut : getaran, pembebanan tambahan, hilangnya penahan lateral, hilangnya tumbuhan penutup.

Menurut Broms (1969) metode perbaikan stabilitas lereng dapat dibagi dalam tiga kelompok, antara lain :

1. Metode geometri
yaitu perbaikan lereng dengan cara merubah geometri lereng. Misalnya : mengurangi kemiringan lereng, membuat terasering, menggali bagian atas dan menimbun di bagian bawah lereng.
2. Metode hidrologi
yaitu perbaikan dengan cara menurunkan muka air tanah atau menurunkan kadar air tanah pada lereng. Misalnya : dengan memasang pompa air untuk mengurangi kadar air pada lereng.
3. Metode-metode kimia dan mekanis
yaitu perbaikan dengan cara *grouting* semen untuk menambah kuat geser tanah atau memasang bahan tertentu seperti tiang di dalam tanah. Selain itu, dapat juga dilakukan dengan memasang timbunan bronjong untuk mencegah erosi yang menggerus tanah pada kaki lereng. Pemasangan bronjong seperti Gambar 1.



Gambar 1. Pemasangan Bronjong di Sungai Gajah Putih Surakarta

Bronjong kawat adalah kotak yang terbuat dari anyaman kawat baja berlapis seng yang pada penggunaannya diisi batu-batu untuk pencegah erosi yang dipasang pada tebing-tebing, tepi-tepi sungai, yang proses penganyamannya menggunakan mesin. (SNI 03-0090-1999).

Bangunan bronjong adalah struktur yang tidak kaku, oleh karena itu bronjong dapat menahan gerakan baik vertikal maupun horizontal dan apabila runtuh masih bisa dimanfaatkan lagi. Selain itu bronjong mempunyai sifat yang lolos terhadap air, sehingga air dapat terus lewat sementara pergerakan tanah dapat ditahan oleh bronjong. Bronjong pada umumnya dipasang pada kaki lereng, biasanya berfungsi sebagai penahan longsor, dapat juga berfungsi mencegah penggerusan atau erosi tanah. Keberhasilan penggunaan bronjong sangat tergantung dari kemampuan bangunan ini untuk menahan geseran pada tanah di bawah alasnya. Oleh karena itu, bronjong harus diletakkan pada lapisan yang mantap dengan kuat geser besar di bawah bidang gelincir. (Bina Marga, 1986).

METODE

Analisis dilakukan secara manual dengan bantuan *Microsoft Excel*. Analisis membahas mengenai stabilitas lereng pada kondisi sebelum longsor, kondisi setelah pemasangan bronjong oleh pihak Dinas Pekerjaan Umum (DPU) dan kondisi variasi I-IV. Parameter yang digunakan antara lain fluktuasi muka air tanah, kombinasi beban yang bekerja dan konfigurasi pemasangan bronjong. Tahapan pada penelitian ini antara lain :

1. Lokasi Penelitian.

Lokasi obyek penelitian adalah lereng sungai Gajah Putih, terletak di kampung Tempurejo, Sumber, Banjarsari, Surakarta. Lokasi penelitian terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah Lokasi Penelitian

2. Pemodelan Lereng.

dengan mengumpulkan data, yaitu :

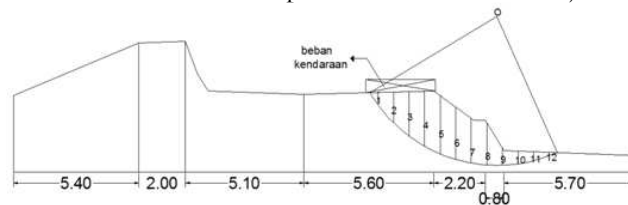
a. Data tanah

Data tanah asli diperoleh dari laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Sebelas Maret, Surakarta. DPU Surakarta mengganti tanah sebelumnya menjadi tanah padas, karena data tanah padas tidak diperoleh maka diasumsikan dengan acuan dari *Soil Mechanics, William T., Whitman, Robert V., 1962*. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1. di bawah ini :

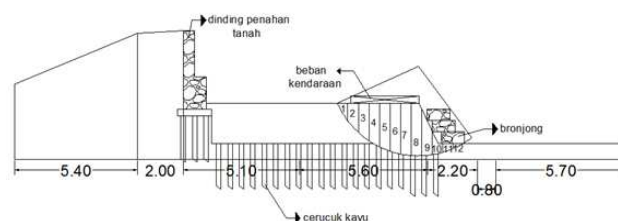
Tabel 1. Data Tanah

Parameter tanah	Satuan	Asli	Padas
φ	$^{\circ}$	6,83	30,00
c	kN/ m ²	14,70	5,25
γ_{sat}	kN/ m ³	17,20	22,00
γ_b	kN/ m ³	17,97	18,00
γ_w	kN/ m ³	10,00	10,00
γ'	kN/ m ³	7,20	12,00

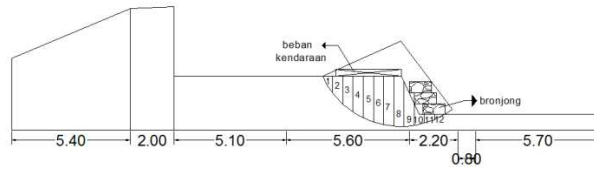
b. Data profil lereng (gambar *autocad* dua dimensi diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Surakarta)



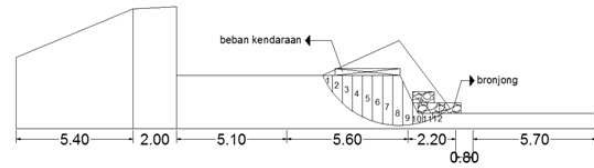
Gambar 3. Penampang Lereng Sebelum Longsor



Gambar 4. Penanganan Lereng oleh Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Setelah Longsor



Gambar 5. Pemasangan Bronjong oleh Dinas Pekerjaan Umum (DPU)



Gambar 6. Penampang Lereng Kondisi Variasi III

c. Data bronjong

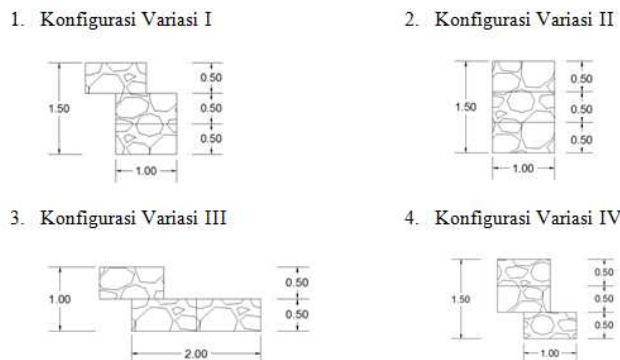
bronjong yang dipasang pada sungai Gajah Putih Surakarta yaitu sesuai dengan ketentuan SNI 03-0090-1999. Selengkapnya lihat Tabel 2.

Tabel 2. Data Bronjong Sungai Gajah Putih

Parameter	Satuan	Nilai
Bentuk bronjong (l)	m ³	2 x 1 x 0,5
γ batu kali	kN/m ³	25,000
γ_{sat} batu kali	kN/m ³	25,672
\varnothing batu kali	cm	15-30

Sumber : DPU Surakarta, 2013.

Beberapa variasi yang dilakukan saat pemasangan bronjong, ditunjukkan pada Gambar 7. di bawah ini :



Gambar 7. Variasi Konfigurasi Bronjong

d. Data beban

beban hidup diperoleh dari beban kendaraan, seperti disajikan pada Tabel 3. sebagai berikut :

Tabel 3. Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m ²)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	> 10.000	15
		< 10.000	12
Sekunder	Arteri	> 20.000	15
		< 20.000	12
	Kolektor	> 6.000	12
		< 6.000	10
	Lokal	> 500	10
		< 500	10*

Sumber : Panduan Geoteknik 4 No. Pt T-10-2002-B (DPU, 2002b)

*data beban hidup yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng pada sungai Gajah Putih=10 kN/m².

e. Rumus yang digunakan

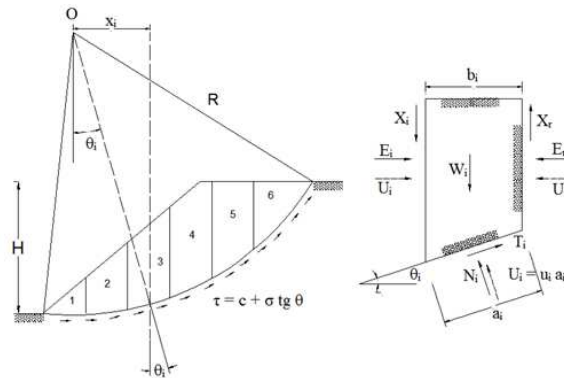
Analisis stabilitas lereng sungai Gajah Putih dilakukan dengan menggunakan Metode Bishop disederhanakan. Bishop (1955) menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal. Persamaan 1. menjelaskan kuat geser dalam tinjauan

tegangan efektif yang dapat dikerahkan tanah, hingga tercapainya kondisi keseimbangan batas dengan memperhatikan faktor aman, sebagai berikut :

$$F = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n} (W_1 + W_2) \sin \Theta_i} \sum_{i=1}^{i=n} \{ [c' b + (W_1 + W_2 - bu) \text{tg } \varphi'] \frac{1}{M} \} \dots \dots \dots [1]$$

keterangan :

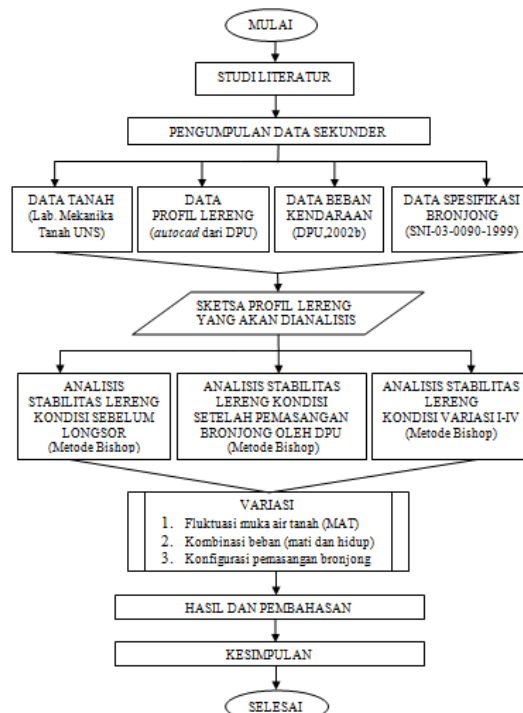
- n = nomor irisan atau sayatan pada lereng yang ditinjau
- b = lebar irisan arah horizontal (m)
- h₁ = ketinggian tanah yang tidak terendam oleh air (m)
- h₂ = ketinggian tanah yang terendam oleh air (m)
- h_w = tinggi tekanan air rata-rata dalam irisan yang ditinjau (m)
- u = h_w.γ_w = tekanan air dihitung dari muka air di saluran (m)
- Θ_i = sudut yang dijelaskan pada Gambar 2. (derajat)
- φ' = sudut geser dalam tanah efektif (derajat)
- W₁ = γ.b.h₁ = berat tanah di atas muka air di saluran (kN)
- W₂ = γ'.b.h₂ = berat efektif tanah terendam di bawah muka air (kN)
- c' = kohesi tanah efektif (kN/m²)
- M_i = fungsi dari, cos Θ_i (1 + tg Θ_i tg φ'/F)



Gambar 8. Gaya-Gaya yang Bekerja pada Irisan

3. Diagram Alir Penelitian.

Tahapan pada penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rekapitulasi perhitungan disajikan pada Tabel 4. di bawah ini :

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan

Beban	No.	Kondisi	Kedalaman Muka Air Tanah (meter)					
			H= -(H+4,5)	H= -H	H= -1/2H	H= -1/3H	H=0	
Mati	1	Sebelum longsor	2,460	2,415	2,351	2,340	2,317	
	2	Setelah pemasangan bronjong oleh pihak DPU	4,882	4,269	3,223	2,900	2,528	
	3	Variasi	I	4,974	4,351	3,264	2,938	2,573
			II	5,377	4,707	3,547	3,102	2,766
III			6,157	5,395	3,543	3,397	3,133	
IV			4,933	4,314	3,295	2,921	2,553	
Mati + Hidup	1	Sebelum longsor	0,946	0,927	0,893	0,884	0,866	
	2	Setelah pemasangan bronjong oleh pihak DPU	2,947	2,562	1,876	1,650	1,271	
	3	Variasi	I	2,983	2,593	1,891	1,663	1,283
			II	3,129	2,722	1,991	1,718	1,332
III			3,391	2,953	1,988	1,814	1,417	
IV			2,967	2,579	1,902	1,657	1,277	

Keterangan:

H lereng kondisi sebelum longsor = 2,54 meter

H lereng kondisi setelah pemasangan bronjong oleh pihak DPU dan kondisi variasi = 1,76 meter

Hubungan *Safety Factor* (SF) dengan Muka Air Tanah (MAT)

Keberadaan air dalam lapisan tanah sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Hal ini dikarenakan kekuatan tanah akan berkurang seiring dengan tingginya MAT pada lereng. Adanya MAT memiliki dampak besar sebagai tenaga pendorong pada lereng sehingga menjadi penyebab dominan longsohnya lereng. Semakin tinggi MAT pada lereng maka semakin besar pula gaya dorong yang dihasilkan untuk meruntuhkan lereng. Perubahan tinggi MAT akan menambah beban pada lereng tersebut. MAT yang fluktuatif inilah yang dapat dengan mudah melunakkan lapisan tanah pada lereng sehingga parameter tanah seperti nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah tereduksi dan tidak mampu untuk menahan longsor. Pada akhirnya adanya MAT pada lereng sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Semakin tinggi MAT pada lereng maka nilai faktor keamanan (SF) akan berkurang. Dalam hal ini lereng dengan MAT tinggi menjadikan tanah pada lereng tersebut dalam kondisi jenuh, sehingga kekuatan geser tanah berkurang. Begitu juga sebaliknya, lereng dengan MAT rendah atau tanah dalam kondisi kering maka angka keamanannya akan meningkat.

Hubungan *Safety Factor* (SF) dengan Beban Hidup

Salah satu hal yang mempengaruhi keseimbangan suatu lereng adalah dapat dilihat dari ada tidaknya beban di puncak lereng. Beban tersebut biasanya berasal dari beban tambahan akibat peranan manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Beban hidup yang bekerja misalnya adanya bangunan tempat tinggal di puncak lereng, adanya arus lalu lintas pada lereng yang memanfaatkan puncak lereng sebagai badan jalan dan sebagainya. Kondisi seperti ini dapat mengganggu dan menyebabkan berubahnya keseimbangan tekanan pada lereng. Hal ini dikarenakan tanah tidak mampu menahan beban yang berlebihan, sehingga kekuatan geser dari tanah untuk menopang beban yang bekerja terlampaui. Tindakan ini akan mengakibatkan longsohnya lereng. Dalam hal ini, seiring bertambahnya beban hidup di puncak lereng maka akan berdampak menurunkan nilai angka keamanan (SF) pada suatu lereng.

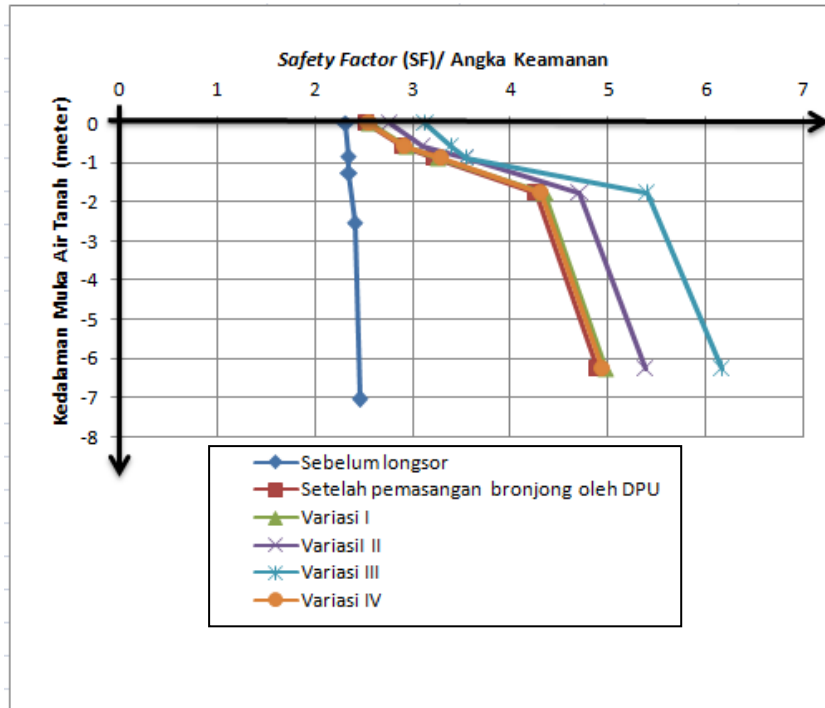
Hubungan *Safety Factor* (SF) dengan Pemasangan Bronjong

Pengurangan beban pada kaki lereng yang biasanya dilakukan oleh manusia mengakibatkan menurunnya angka keamanan (SF) suatu lereng. Tindakan fatal seperti pemangkasan kaki lereng untuk perumahan maupun penambangan material akan menyebabkan ketidakstabilan lereng. Proses alam yang terjadi juga mampu merubah kestabilan dari lereng tersebut. Kejadian alam seperti adanya arus sungai yang menyebabkan tergerusnya tanah pada kaki lereng dan sebagainya. Sejalan dengan pemikiran tersebut, dalam hal ini melakukan tindakan konkret dengan meletakkan atau memasang bronjong pada kaki lereng adalah suatu keuntungan besar untuk menahan adanya gaya dorong yang memicu terjadinya longsor. Pemasangan bronjong dapat berfungsi memperkuat kaki lereng terhadap bahaya longsor maupun gerusan akibat arus sungai. Selain itu, bronjong dapat menahan erosi tanah yang terjadi pada lereng. Adanya bronjong mampu menstabilkan lereng untuk menambah kuat geser lereng

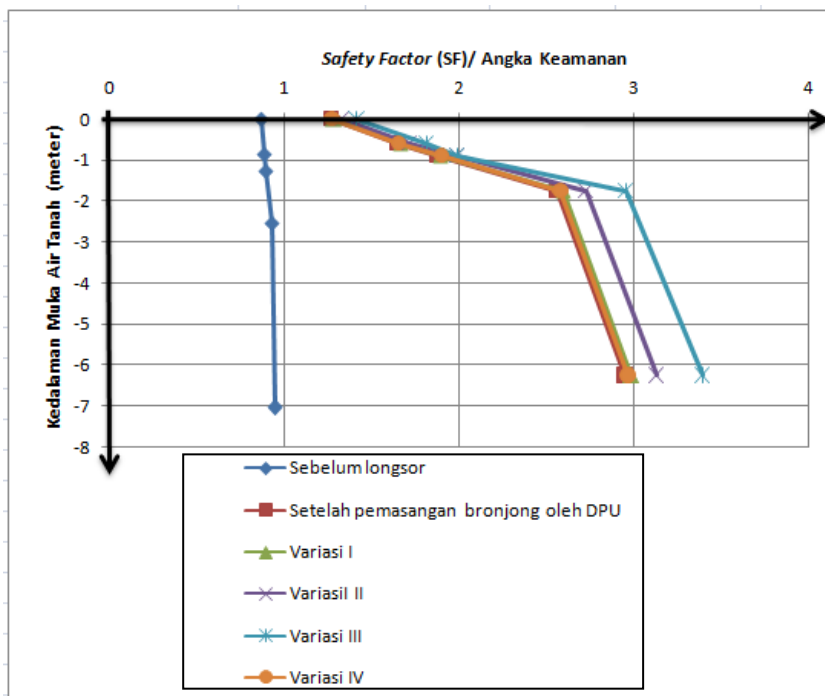
agar longsor tidak terjadi. Pemasangan bronjong yang tepat menjadikan lereng stabil dan dapat meningkatkan nilai angka keamanan (SF) pada suatu lereng.

Grafik hubungan SF dengan MAT

Pada Gambar 10. dan Gambar 11. menampilkan grafik hubungan antara angka keamanan (SF) dengan posisi muka air tanah (MAT) pada kondisi sebelum longsor, kondisi setelah pemasangan bronjong oleh DPU dan kondisi variasi. Gambar tersebut menyajikan grafik perbandingan nilai SF. Berdasarkan hasil analisis dengan memperhitungkan pengaruh beban mati dan beban mati + beban hidup, nilai SF terbesar ditunjukkan pada grafik kondisi variasi III. Untuk lebih jelasnya lihat pada Gambar 10. dan Gambar 11. sebagai berikut :



Gambar 10. Grafik Perbandingan Hubungan SF dengan Posisi MAT Akibat Beban Mati



Gambar 11. Grafik Perbandingan Hubungan SF dengan Posisi MAT Akibat Beban Mati + Beban Hidup

SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Nilai *Safety Factor* (SF) akibat beban mati saat muka air tanah di permukaan lereng atau pada posisi ($H=0$), kondisi sebelum longsor nilai SF = 2,317 < pada kondisi setelah pemasangan bronjong oleh DPU nilai SF = 2,528 < pada kondisi variasi III nilai SF = 3,133.
Nilai *Safety Factor* (SF) akibat beban mati + beban hidup saat muka air tanah di permukaan lereng atau pada posisi ($H=0$), kondisi sebelum longsor nilai SF = 0,866 < pada kondisi setelah pemasangan bronjong oleh DPU nilai SF = 1,271 < pada kondisi variasi III nilai SF = 1,417.
2. Perbandingan nilai *safety factor* (SF) pada kondisi variasi III dengan nilai SF kondisi setelah pemasangan bronjong oleh pihak Dinas Pekerjaan Umum akibat beban mati menghasilkan beda SF sebesar $\pm 20\%$.
Perbandingan nilai *safety factor* (SF) pada kondisi variasi III dengan nilai SF kondisi setelah pemasangan bronjong oleh pihak Dinas Pekerjaan Umum akibat beban mati + beban hidup menghasilkan beda SF sebesar $\pm 11\%$.
3. Pemasangan bronjong mampu meningkatkan stabilitas lereng sungai Gajah Putih, sehingga pemasangannya sangat tepat untuk mengatasi kelongsoran yang terjadi.
Pemasangan bronjong pada kaki lereng sungai Gajah Putih sebaiknya memasang bronjong seperti pada kondisi variasi III karena relatif lebih aman.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk melengkapi dan mengembangkan tema penelitian ini. Adapun saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Mengubah geometri lereng pada kondisi penelitian sebagai variasi.
2. Membandingkan dengan pemodelan fisik di laboratorium.
3. Pemodelan selanjutnya dapat dilakukan dengan *software* geoteknik lain, seperti *Geoslope* maupun *Plaxis*.
4. Membandingkan bronjong dengan jenis material selain batu kali, seperti : menggunakan pecahan batu candi sebagai alternatif pengganti batu kali, dan sebagainya.
5. Menambah variasi beban, yaitu tidak hanya beban mati dan beban hidup saja, melainkan ditambah adanya beban dinamik seperti adanya pengaruh gempa dan angin.
6. Parameter tanah padas yang digunakan yaitu hasil dari pengujian sampel tanah padas dari laboratorium (data primer).
7. Melakukan analisis pada lereng dengan alternatif metode yang lain sebagai perbandingan, misalnya : metode Fellenius, dan sebagainya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Dr. Niken Silmi Surjandari, ST., MT. dan Dr.tech. Ir. Sholihin As'ad, MT. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Bishop, 1955. Hardiyatmo, H.C., *Mekanika Tanah II edisi ke-3*, Gajah Mada University Press, Januari 2003, Yogyakarta.
- Broms, 1969. Hardiyatmo, H.C., *Mekanika Tanah II edisi ke-3*, Gajah Mada University Press, Januari 2003, hal: 391-393, Yogyakarta.
- Dinas Pekerjaan Umum, 2002b, *Panduan Geoteknik 4 No Pt T-10-2002-B*.
- Dinas Pekerjaan Umum, 2005, *Spesifikasi Umum dan Saluran/ Bangunan Air, Spesifikasi Teknis, Bagian V- Pekerjaan Pasangan*, Pusat Litbang Prasarana Transportasi dan Pengembangan, Jakarta.
- Dinas Pekerjaan Umum, 2013, *Data Bronjong Sungai Gajah Putih*, Surakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2004, *Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Longsoran 1986*, Indonesia.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, *Mekanika Tanah I edisi ke-4*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2003, *Mekanika Tanah II edisi ke-3*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- [http:// www.Google_maps_Indonesia.com](http://www.Google_maps_Indonesia.com), Diakses tanggal 15 september 2013, Pukul 09.25 WIB.
- Standar Nasional Indonesia, 2003, *SNI 03-0090-1999 Spesifikasi Bronjong Kawat*, Indonesia.
- Terzaghi, K., 1950, *Theoretical Soil Mechanics*, John Wiley & Sons, New York.
- William T., Whitman, Robert V., 1962, *Soil Mechanics*, International Edition.