

DESAIN TERASERING PADA LERENG SUNGAI GAJAH PUTIH SURAKARTA

Dina Apriliana Purnamasari¹⁾, Niken Silmi Surjandari²⁾, Sholihin As'ad,³⁾

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: dina_nuun@yahoo.co.id

Abstract

In one section of the slope of Gajah Putih river of Surakarta, slopes subjected to landslides due to not being able to withstand the river's water flow so that the battle occurred in the body of the land slope movement. The slope contained black clay deposit and this land were also converted to be a residential. The factors generated land slide on that slope. Changing the slope geometry to more flater slope and formed as terrace is needed in order to improve slope stability. The purpose of this research to know the safety factor value of slope on condition before repair and some variation condition of terrace with ground water level use traffic load. Terrace various toward slope are 1/4H, 1/3H, 1/2H and H is height of slope. The analysis is done by manual calculation, using the simplified Bishop method. The results of the research are gotten safety factor value based on the fluctuation of ground water level and addition of dead load and dead load + life load on before terrace condition are smaller than after terrace condition. Therefore terrace construction increasing safety factor value. Ground water level position effect and load effect are dominant to influence slope safety factor of Gajah Putih river. In this case, high of terrace position not too influence on this cases because the part which slide are less.

Keywords: Bishop, Slope, Slide, Stability, Terrace.

Abstrak

Di satu bagian lereng sungai Gajah Putih Surakarta, lereng mengalami longsor dikarenakan tidak mampu menahan derasnya aliran air sungai sehingga terjadi pergerakan tanah di tubuh lereng. Lereng tersebut juga beralih fungsi dijadikan tempat tinggal, sehingga memicu terjadinya longsor. Untuk menanggulangi longsornya lereng perlu dilakukan perbaikan dengan cara mengubah geometri lereng menjadi lebih landai dan membuat terasering pada lereng. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor aman lereng pada kondisi sebelum perbaikan dan kondisi beberapa variasi terasering dengan beberapa kondisi muka air tanah menggunakan beban lalu lintas. Variasi terasering terhadap lereng adalah 1/4H, 1/3H, 1/2H dimana H adalah ketinggian lereng. Analisis yang dilakukan dengan perhitungan manual, menggunakan metode Bishop yang disederhanakan. Hasil dari penelitian diperoleh nilai faktor aman berdasarkan fluktuasi muka air tanah serta penambahan beban akibat beban mati dan beban mati + beban hidup pada kondisi sebelum terasering lebih kecil daripada kondisi setelah terasering. Maka dengan pembuatan terasering mampu meningkatkan faktor aman. Pengaruh posisi muka air tanah (MAT) dan pengaruh beban lebih dominan dalam menentukan faktor aman lereng sungai Gajah Putih. Pada kasus ini, posisi ketinggian terasering tidak terlalu mempengaruhi nilai faktor aman karena bagian yang mengalami kelongsoran relatif kecil.

Kata kunci: Bishop, Lereng, Longsor, Stabilitas, Terasering

PENDAHULUAN

Longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering menimbulkan kerugian, baik berupa korban jiwa maupun materi. Menurut *Vulcanological Survey of Indonesia* (2010), proses terjadinya longsor diawali oleh meresapnya air yang akan menambah berat tanah. Jika air menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng. Longsor dapat terjadi karena kegiatan manusia maupun alami. Pada kasus lereng sungai Gajah Putih ada beberapa hal yang menjadi penyebab longsor salah satunya, yaitu kegiatan manusia. Dalam hal ini aktifitas manusia disinyalir mempunyai peranan besar penyebab longsor termasuk yang terjadi di lereng Sungai Gajah putih kampung Tempurejo, Sumber, Banjarsari, Solo. Pada lokasi tersebut lereng tidak mampu menahan derasnya aliran air sungai, terjadi pergerakan tanah hitam, dan tanggul dijadikan tempat tinggal warga sehingga menyebabkan kontruksi lereng beralih fungsi. Oleh karena itu, meskipun faktor alam penyebab longsor dominan adalah pergerakan tanah dan derasnya aliran air sungai, namun tidak dipungkiri bahwa dijadikannya lereng sebagai pemukiman oleh manusia pemicu terjadinya longsor. Untuk meminimalisir terjadinya longsor perlu dilakukan tindakan-tindakan pencegahan. Banyak cara dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya longsor. Seperti membangun tanggul dengan bentuk terasering. Dengan dibuat seperti itu maka akan memperpendek panjang lereng dan atau memperkecil kemiringan lereng dengan jalan penggalian dan pengurangan tanah melintang lereng. (Sukartaatmadja, 2004). Setelah itu dilakukan perhitungan stabilitas lereng guna memeriksa keamanan dari lereng tersebut. Proses yang perlu dilakukan dalam pemeriksaan adalah menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan tergelincir terhadap kuat geser yang dimiliki dari tanah yang ditinjau. Proses ini dinamakan analisis stabilitas lereng. Sedangkan nilai perbandingan antara kuat geser yang dimiliki tanah dengan tegangan geser yang terjadi dikenal dengan angka keamanan (*safety factor*) atau SF (Herlien Indrawahyuni dkk, 2009). Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji lebih lanjut tentang

penanggulangan longsor di lereng sungai Gajah Putih kampung Tempurejo, Sumber, Banjarsari, Solo dengan cara pembuatan terasering pada lereng. Dan untuk menganalisis faktor keamanan dari stabilitas lereng dengan terasering.

LANDASAN TEORI

Teras adalah bangunan konservasi tanah dan air secara mekanis yang dibuat untuk memperpendek panjang lereng dan atau memperkecil kemiringan lereng dengan jalan penggalian dan pengurugan tanah melintang lereng. Tujuan pembuatan teras adalah untuk mengurangi kecepatan aliran permukaan (*run off*) dan memperbesar peresapan air, sehingga kehilangan tanah berkurang. (Sukartaatmadja, 2004). Dalam penelitian ini terasering yang didesain secara bervariasi sehingga diharapkan mampu memberikan pilihan desain yang tepat untuk lereng. Variasi lereng yaitu variasi posisi muka air tanah, penambahan beban hidup, dan variasi terasering yang diharapkan dapat diketahui hasil analisis dan desain yang efektif dan efisien untuk perencanaan lereng. Analisis lereng menggunakan metode *Bishop* disederhanakan ditunjukkan pada persamaan [1].

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c'b_i + (W_i)(1-ru)\tan\varphi'] \left\{ \frac{1}{\cos\theta_i(1+\tan\theta_i \tan\varphi')/F} \right\}}{\sum_{i=1}^n W_i \sin\theta_i} \dots\dots\dots[1]$$

dengan ;

- F = faktor aman
- c' = kohesi tanah efektif (kN/m²)
- W_i = berat irisan tanah ke-i (kN)
- u_i = tekanan air pori irisan ke-i (kN/m²)
- θ_i = sudut (°)
- b_i = lebar irisan ke-i (m)
- φ' = sudut gesek dalam efektif (°)
- ru = rasio tekanan air pori

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].

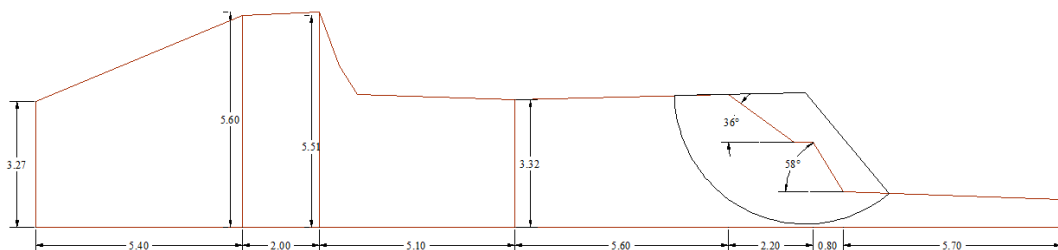
$$M_i = \cos \theta_i (1 + \text{tg } \theta_i \text{ tg } \varphi' / F) \dots\dots\dots[2]$$

dengan ;

- F = faktor aman
- φ' = sudut gesek dalam efektif (°)
- θ_i = sudut (°)

METODE

Tahapan penelitian ini dimulai dengan studi kasus, kemudian pengumpulan data-data yang diperlukan dalam hal ini adalah data sekunder untuk menunjang proses penelitian. Data-data tersebut meliputi data mekanis tanah dan geometri desain lereng, data tersebut akan digunakan untuk analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng yang digunakan adalah metode *Bishop* yang disederhanakan. Metode *bishop* disederhanakan dipilih untuk analisis karena lingkaran longsor kritis yang dihasilkan mendekati longsor di lapangan dan lebih teliti. Setelah analisis lereng pada kondisi sebelum longsor kemudian dilakukan analisis pada lereng setelah perlakuan berupa variasi geometri lereng dengan membuat terasering pada lereng, penambahan beban hidup, dan fluktuasi muka air tanah. Hasil analisis dengan metode *Bishop* yang disederhanakan untuk mengetahui faktor aman dari lereng sebelum dan sesudah terasering, kemudian hasil analisis akan digunakan untuk referensi desain terasering yang sesuai untuk lereng sungai Gajah Putih. Setelah analisis lereng maka dapat ditarik hasil dan kesimpulan dari analisis lereng tersebut. Pemodelan penampang lereng sungai Gajah Putih ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Potongan C-C' kondisi sebelum terasering penampang lereng sungai Gajah Putih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi Nilai Faktor Aman Sebelum dan Setelah Terasering

Rekapitulasi analisis kelima posisi muka air tanah kondisi sebelum dan setelah terasering akibat beban mati dan beban mati + beban hidup ditampilkan pada Tabel 1.

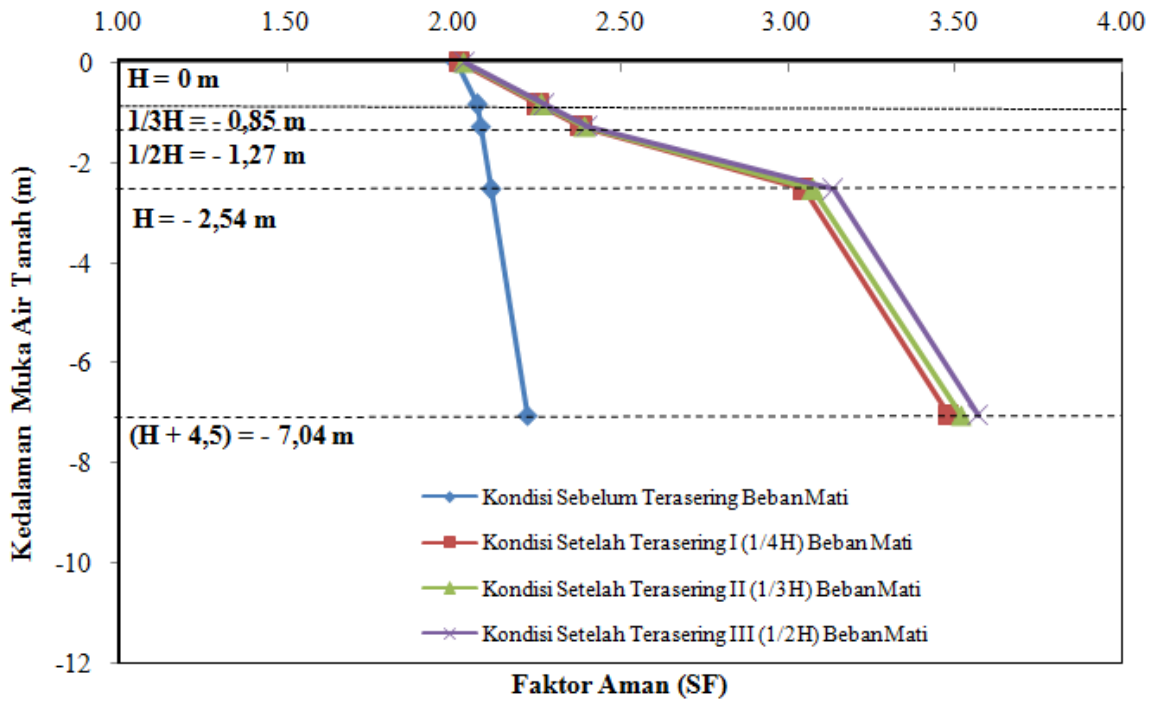
Tabel 1. Rekapitulasi faktor aman lereng sebelum dan setelah terasering.

VARIASI	Nilai SF	
	Beban Mati	Beban Mati + Hidup
Posisi Muka Air Tanah $H = 0$		
Kondisi Sebelum Terasering	2,01	1,06
Kondisi Setelah Terasering Variasi I	2,02	1,26
Kondisi Setelah Terasering Variasi II	2,03	1,26
Kondisi Setelah Terasering Variasi III	2,04	1,27
Posisi Muka Air Tanah $1/3H = -0,85$		
Kondisi Sebelum Terasering	2,07	1,08
Kondisi Setelah Terasering Variasi I	2,26	1,43
Kondisi Setelah Terasering Variasi II	2,27	1,43
Kondisi Setelah Terasering Variasi III	2,27	1,44
Posisi Muka Air Tanah $1/2H = -1,27$		
Kondisi Sebelum Terasering	2,08	1,1
Kondisi Setelah Terasering Variasi I	2,38	1,53
Kondisi Setelah Terasering Variasi II	2,39	1,54
Kondisi Setelah Terasering Variasi III	2,4	1,54
Posisi Muka Air Tanah $H = -2,54$		
Kondisi Sebelum Terasering	2,11	1,12
Kondisi Setelah Terasering Variasi I	3,05	2,06
Kondisi Setelah Terasering Variasi II	3,08	2,08
Kondisi Setelah Terasering Variasi III	3,14	2,13
Posisi Muka Air Tanah $(H + 4,5) = -7,04$		
Kondisi Sebelum Terasering	2,22	1,18
Kondisi Setelah Terasering Variasi I	3,48	2,38
Kondisi Setelah Terasering Variasi II	3,52	2,4
Kondisi Setelah Terasering Variasi III	3,57	2,44

Berdasarkan pada Tabel 1. untuk kondisi sebelum terasering akibat beban mati diperoleh nilai faktor aman yang terus menurun sesuai dengan posisi muka air tanah. Semakin dekat ke muka lereng faktor aman semakin berkurang. Sama dengan kondisi sebelum perbaikan akibat beban mati, kondisi sebelum perbaikan akibat beban mati + beban hidup perbedaannya ada pada nilai faktor aman yang $\leq 1,2$. Dengan adanya penambahan beban hidup kondisi lereng menjadi tidak aman sehingga terjadi longsor. Variasi I, variasi II, variasi III merupakan pemodelan lereng dengan menggunakan terasering. Pada kondisi lereng setelah terasering tersebut mengalami kenaikan sesuai dengan kenaikan H, sedangkan untuk hasil analisis masing-masing variasi terasering dapat dilihat pada lampiran. Dalam tabel 1. tersebut hasil variasi terasering hanya untuk menentukan angka keamanan saja. Untuk semua analisis dilakukan dengan perhitungan manual.

Hubungan Kondisi Sebelum dan Setelah Terasering Akibat Beban Mati dan Beban Mati + Beban Hidup.

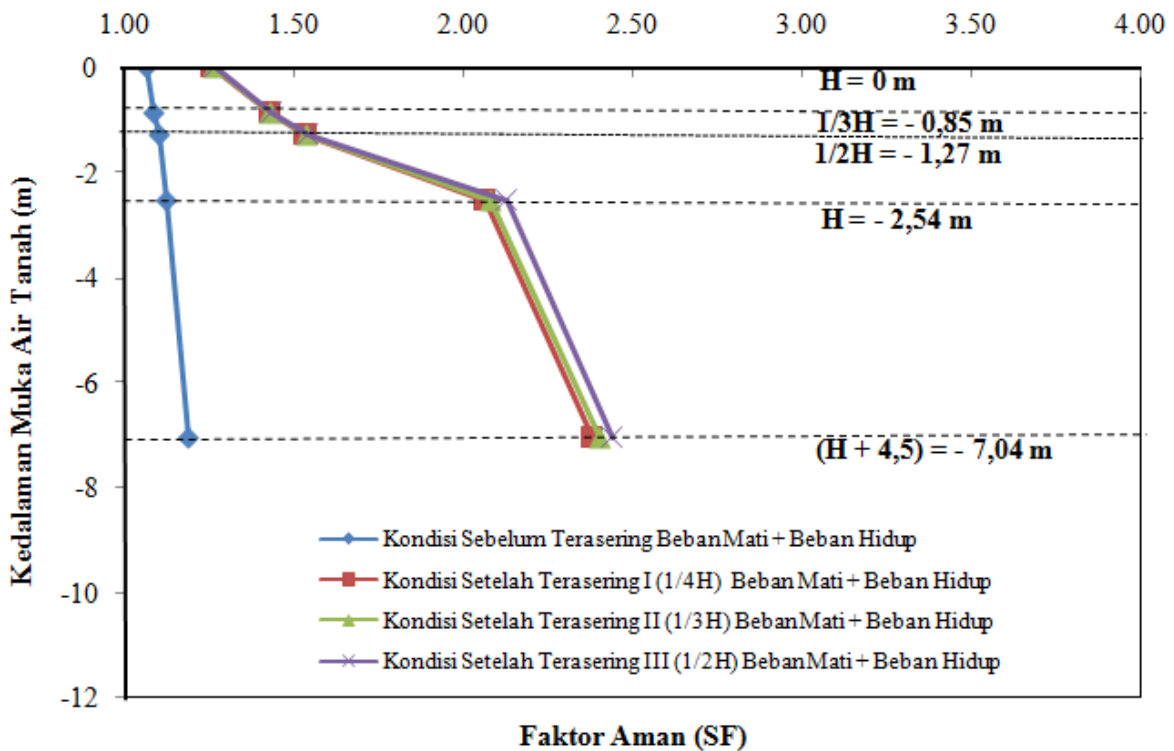
Hubungan Posisi Muka Air Tanah dengan Angka Keamanan pada Lereng akibat Beban Mati.



Gambar 2. Hubungan posisi muka air tanah dengan faktor aman pada kondisi sebelum dan setelah terasering akibat beban mati.

Pada Gambar 2. pada kondisi sebelum dan setelah terasering akibat beban mati faktor aman masih memenuhi sehingga belum terjadi kelongsoran. Variasi terasering mampu meningkatkan faktor aman, sehingga perbaikan lereng dengan mengubah geometri lereng dapat dilakukan.

Hubungan Posisi Muka Air Tanah dengan Faktor Aman pada Lereng akibat Beban Mati + Beban Hidup.



Gambar 3. Hubungan posisi muka air tanah dengan faktor aman pada kondisi sebelum dan setelah terasering akibat beban mati + beban hidup.

Gambar 3. menunjukkan bahwa semakin menuju muka lereng posisi muka air tanah dan semakin turun posisi trap terasering maka angka keamanan akan semakin menurun. Pada grafik di atas pada kondisi setelah terasering dengan variasi yang diberikan angka keamanan mengalami peningkatan dari kondisi sebelumnya, yaitu pada kondisi sebelum terasering. Sehingga kondisi setelah terasering ini dapat dilakukan dikarenakan nilai faktor amannya lebih besar dari angka keamanan kondisi sebelum terasering.

Pengaruh Kondisi Sebelum dan Setelah Terasering Akibat Fluktuasi Muka Air Tanah, Penambahan Beban, dan Variasi Ketinggian Terasering.

Kondisi Sebelum Terasering

Tabel 2. Penurunan faktor aman akibat posisi muka air tanah kondisi sebelum terasering.

Posisi MAT (m)	Nilai SF	
	Beban Mati	Beban Mati + Hidup
$-(H+4,5) = 7,04$	2,222	1,185
$-H = 2,54$	2,111	1,120
$-1/2H = 1,27$	2,083	1,100
$-1/3H = 0,85$	2,071	1,083
$H = 0$	2,012	1,062
% Penurunan rata-rata akibat posisi MAT	2,440	2,683
% Penurunan rata-rata akibat beban		47,144

Pengaruh Posisi Muka Air Tanah terhadap Faktor Aman pada Lereng.

Posisi muka air tanah berpengaruh pada faktor aman lereng pada gambar 1. menunjukkan bahwa semakin menuju muka lereng posisi muka air tanahnya maka faktor aman akan semakin menurun. Persentase rata-rata faktor aman terhadap posisi muka air tanah dapat dilihat pada Tabel 2. Persentase rata-rata penurunan kondisi sebelum terasering akibat beban mati adalah 2,43% dan akibat beban mati + beban hidup 2,68%. Keberadaan air tanah pada lereng akan menyebabkan menurunnya stabilitas lereng dikarenakan akan menurunkan sifat fisik dan mekanik tanah.

Pengaruh Penambahan Beban terhadap Faktor Aman pada Lereng.

Dalam penelitian ini faktor akibat beban hidup mempunyai peran penting dalam mengakibatkan longsornya lereng, yaitu dengan pembangunan pemukiman dan dibuat jalan di atas lereng. Persentase rata-rata penurunan faktor aman akibat penambahan beban dapat dilihat pada Tabel 2. Adanya beban hidup di atas lereng menambah tekanan pada tubuh lereng sehingga mengakibatkan menurunnya stabilitas lereng. Akibat penambahan beban hidup di atas lereng mengakibatkan penurunan faktor aman sebesar 47,20%. Penurunan stabilitas lereng yang cukup besar sehingga menyebabkan lereng tidak mampu menahan beban di atasnya dan mengakibatkan longsor. Semakin bertambahnya beban di atas lereng maka akan bertambah tegangan tanah akan bertambah dan tahanan geser tanah menjadi terlampaui dan mengakibatkan menurunnya stabilitas lereng. Pengaruh beban lalu lintas cukup besar dalam mengurangi nilai faktor aman. Diharapkan dengan adanya analisis ini lereng dapat didesain sebaik mungkin agar dapat menahan longsor.

Kondisi Setelah Terasering

Tabel 3. Penurunan faktor aman dengan beberapa variasi kondisi setelah terasering.

VARIASI	I	II	III
Posisi Muka Air Tanah $-(H+4,5) = 7,04$ m			
SF setelah terasering (beban mati)	3,48	3,52	3,57
SF setelah terasering (beban mati+beban hidup)	2,38	2,40	2,44
Posisi Muka Air Tanah $-H = 2,54$ m			
SF setelah terasering (beban mati)	3,05	3,08	3,14
SF setelah terasering (beban mati+beban hidup)	2,06	2,08	2,13
Posisi Muka Air Tanah $-1/2H = 1,27$ m			
SF setelah terasering (beban mati)	2,38	2,39	2,40

lanjutan tabel 3.

Posisi Muka Air Tanah $-1/3H = 0,85$ m			
SF setelah terasering (beban mati)	2,26	2,27	2,27
SF setelah terasering (beban mati+beban hidup)	1,43	1,43	1,44
Posisi Muka Air Tanah $H = 0$ m			
SF setelah terasering (beban mati)	2,02	2,03	2,04
SF setelah terasering (beban mati+beban hidup)	1,26	1,26	1,27
% rata-rata penurunan faktor aman akibat fluktuasi MAT (beban mati)	14,89	15,05	15,43
% rata-rata penurunan faktor aman akibat fluktuasi MAT (beban mati + beban hidup)	17,71	17,91	18,33
% rata-rata penurunan faktor aman akibat penambahan beban	34,14	34,18	34,10
% rata-rata penurunan angka keamanan akibat variasi terasering (beban mati)		0,93	
% rata-rata penurunan angka keamanan akibat variasi terasering (beban mati + beban hidup)		0,96	

Pengaruh Posisi Muka Air Tanah terhadap Faktor Aman Kondisi Setelah Terasering pada Lereng.

Pada kondisi setelah terasering posisi muka air tanah berpengaruh pada faktor aman lereng pada gambar 2. menunjukkan bahwa semakin menuju muka lereng posisi muka air tanahnya maka faktor aman akan semakin menurun. Persentase rata-rata penurunan posisi muka air tanah terhadap faktor aman pada variasi terasering dapat dilihat pada Tabel 3. Rata-rata penurunan pada kondisi penelitian variasi I, variasi II, dan variasi III akibat beban mati adalah 14,89%; 15,05%; 15,43% dan akibat beban mati + beban hidup adalah 17,71%; 17,91%; 18,33%. Keberadaan air tanah pada lereng akan menyebabkan menurunnya stabilitas lereng dikarenakan akan menurunkan sifat fisik dan mekanik tanah.

Pengaruh Penambahan Beban terhadap Faktor Aman Kondisi Setelah Terasering pada Lereng.

Sama halnya dengan kondisi sebelum terasering dalam kondisi setelah terasering ini faktor akibat beban hidup mempunyai peran penting dalam mengakibatkan longsornya lereng, yaitu dengan pembangunan pemukiman dan dibuat jalan di atas lereng. Adanya beban hidup di atas lereng menambah tekanan pada tubuh lereng sehingga mengakibatkan menurunnya stabilitas lereng. Hubungan akibat adanya pengaruh beban hidup pada lereng dapat dilihat pada Gambar 2. Persentase rata-rata penurunan penambahan beban terhadap angka keamanan pada variasi terasering dapat dilihat pada Tabel 3. Akibat penambahan beban mati + beban hidup di atas lereng mengakibatkan rata-rata penurunan faktor aman variasi I, variasi II, variasi III adalah 34,14%; 34,18%; 34,10%. Penurunan stabilitas lereng yang cukup besar sehingga menyebabkan lereng tidak mampu menahan beban di atasnya dan mengakibatkan longsor.

Pengaruh Beberapa Variasi Terasering terhadap Faktor Aman Kondisi Setelah Terasering pada Lereng.

Pembuatan terasering dan membuat lereng menjadi lebih landai merupakan cara meningkatkan faktor aman lereng. Dengan adanya variasi terasering dalam kondisi setelah lereng berpengaruh untuk menaikkan faktor aman. Beberapa contoh analisis perhitungan variasi terasering dan didapatkannya nilai faktor aman diharapkan dapat dijadikan referensi dalam perencanaan lereng. Semakin tinggi trap terasering semakin naik faktor aman. Rata-rata kenaikan kondisi penelitian variasi I, variasi II, dan variasi III akibat beban mati adalah 0,93% dan akibat beban mati + beban hidup adalah 0,96%. Pengaruh terasering pada kasus ini tidak terlalu berarti, peningkatan angka keamanan sangat kecil. Hal ini dikarenakan penambahan faktor aman pada penampang lereng $1/4H$, $1/3H$, dan $1/2H$ yang dianalisis tidak berbeda jauh, karena bagian lereng yang mengalami kelongsoran relatif kecil. Pada analisis lereng sungai Gajah Putih pengaruh perubahan posisi muka air tanah (MAT) dan penambahan beban lebih dominan dalam merubah faktor aman.

SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Nilai faktor aman lereng kedalaman muka air tanah – 7,04 m, - 2,54 m, - 1,27 m, - 0,85 m, dan 0 m pada kondisi sebelum terasering lebih kecil dari kondisi setelah terasering. Maka dengan adanya terasering mampu meningkatkan faktor aman. Rata-rata kenaikan faktor aman pada segala kondisi akibat beban mati sebesar 17,63% dan beban mati + beban hidup sebesar 56,76%.
2. Adanya pengaruh perubahan posisi muka air tanah, penambahan beban lalu lintas, dan variasi terasering , yaitu:
Kondisi sebelum terasering

- Pada segala kondisi semakin menurun ketinggian posisi muka air tanah maka semakin menurun, nilai faktor aman akibat beban mati sebesar 2,4% dan beban mati + beban hidup sebesar 2,68%.
- Pada segala kondisi dengan ditambahkan beban hidup maka semakin menurunkan nilai faktor aman sebesar 47,20 %.

Kondisi sebelum terasering

- Pada segala kondisi semakin menurun ketinggian posisi muka air tanah maka semakin menurun, nilai faktor aman variasi I, II, dan III secara berturut-turut akibat beban mati sebesar 14,89%, 15,05%, 15,43% dan beban mati + beban hidup sebesar 17,71%, 17,91%, 18,33%.
- Pada segala kondisi dengan ditambahkan beban hidup maka semakin menurunkan nilai faktor aman variasi I, II, dan III secara berturut-turut sebesar 34,14%, 34,18%, 34,10%.
- Pada segala kondisi semakin naik ketinggian trap terasering maka semakin meningkat, nilai faktor aman akibat beban mati sebesar 0,93% dan beban mati + beban hidup sebesar 0,96%.

UCAPAN TERIMAKASIH

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

REFERENSI

- Hardiyatmo, H. Christady (2006), *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. Christady (2003), *Mekanika Tanah 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hidayah Susi, dkk., 2007. *Program Analisis Stabilitas Lereng*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Suara Merdeka (2013), *Pergerakan Tanah Talud Kali Gajahputih Meluas*, Penerbit Suara Merdeka, Jumat 24 Mei 2013, Surakarta.
- Vulcanological Survey of Indonesia. 2010. *Pengenalan Gerakan Tanah*. Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral.