

ANALISIS STABILITAS LERENG YANG DIPERKUAT DENGAN CERUCUK KAYU DI DESA SENDANGMULYO, TIRTOMOYO, WONOGIRI

Albert Yuan Zoki Sihotang¹⁾, Noegroho Djarwanti²⁾, Raden Harya Dananjaya³⁾

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: albert.hotank@gmail.com

Abstract

Wonogiri District Government noted that landslides and floods had occurred in the late 2007, i.e. on 25 and 26 December, 2007 in the Subdistrict of Tirtomoyo due to the rainy season. Due to the high population around the slope, the research about slope reinforcement is needed. Reinforcement slope area is to use reinforcement with wooden pile. The Slope Stability was analyzed using Bishop Method. The software utilized to analyze in this research was Slope W. The needed data were soil parameters, typed of materials, etc. The Slope Stability was inspected in two different conditions i.e. before and after the rainfall. Each of condition was assumed using eight different variation of wooden pile spacing. The results of the analysis using Program Slope W is the closer wooden pile spacing, the higher of Safety Factor will be obtained. The variance of wooden pile spacing is affect the size of sliding area. Due to the rainfall, the pore-water pressure increases so that the Safety Factor decreases. The greater shear strength of wooden pile, the greater Safety Factor and wider sliding area are obtained.

Keywords: Slope Stability, Wooden Pile, Safety Factor.

Abstrak

Pemerintah Kabupaten Wonogiri mencatat bahwa pernah terjadi longsor dan banjir pada penghujung tahun 2007 tepatnya pada tanggal 25 dan 26 Desember 2007 di daerah Kecamatan Tirtomoyo akibat musim hujan di penghujung tahun. Melihat banyaknya jumlah penduduk yang tinggal disekitar lereng tersebut, maka penelitian ini sangatlah penting dilakukan untuk perkuatan tanah pada lereng tersebut. Perkuatan lereng yang digunakan adalah dengan menggunakan perkuatan cerucuk kayu pada daerah lereng. Stabilitas lereng dianalisis dengan menggunakan metode Bishop. Program yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Slope W*. Data-data yang dibutuhkan dalam menganalisisnya 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. Tiap kondisi yang dianalisis menggunakan 8 variasi jarak antar cerucuk yang berbeda. Hasil dari analisis dengan Program *Slope W* ini adalah semakin dekat jarak antar cerucuk maka nilai *Safety Factor* yang didapat akan semakin besar. Dengan adanya variasi jarak antar cerucuk mempengaruhi besar kecilnya bidang gelincir. Pada kondisi setelah hujan, tekanan air pori meningkat sehingga nilai *Safety Factor* menurun. Semakin besar gaya geser kayu yang digunakan akan menghasilkan nilai *Safety Factor* dan bidang gelincir yang lebih besar.

Kata kunci : Stabilitas Lereng, Cerucuk Kayu, *Safety Factor*

PENDAHULUAN

Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri merupakan salah satu daerah yang sering terjadi longsor. Kecamatan Tirtomoyo mempunyai morfologi berbukit dan bergunung, sehingga rawan terjadi longsor. Pemerintah Kabupaten Wonogiri dalam wonogirikab.go.id mencatat bahwa pernah terjadi longsor dan banjir pada penghujung tahun 2007 tepatnya pada tanggal 25 dan 26 Desember 2007 di daerah Kecamatan Tirtomoyo akibat musim hujan di penghujung tahun tersebut. Tercatat 14 warga tewas akibat bencana alam tersebut. Adapun lokasi tanah longsor yaitu ada empat titik yang masing-masing terletak di Dusun Semangin, Desa Sendang Mulyo, dan dua titik yaitu Dusun Pagah dan Dusun Sanggrahan yang keduanya berada di Desa Hargantoro. 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. Dengan hasil yang didapat dari perhitungan sebelumnya (Hawin, W., 2015) maka penelitian ini mendesain lereng agar mencapai *safety factor* yang aman. Perbaikan lereng yang dipilih adalah dengan penggunaan cerucuk kayu, yang dapat dianalogikan sebagai *short pile*. *Short Pile* (tiang pancang pendek) adalah tipe pondasi yang banyak digunakan pada lapisan tanah lunak terutama untuk memikul beban yang cukup besar. 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 Hawin, W., 2015 dengan

menggunakan trial maksimum dengan sudut kemiringan 60° yang memiliki *SF* terendah (longsor). Penelitian ini mendesain perkuatan tanah dasar pada lereng dengan menggunakan cerucuk kayu untuk mencapai angka *safety factor* yang maksimum dan aman. Longsor adalah suatu bencana alam yang sering terjadi di lingkungan masyarakat dimana penyebarannya terjadi secara merata. Hal ini disebabkan adanya pergerakan masa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Tanah longsor berhubungan dengan masalah kemiringan lereng, yaitu ketika stabilitas lereng terganggu, pergerakan menurun dengan banyak karakter akan memindahkan massa tanah. Longsor dapat mengakibatkan kerugian dan dampak yang sangat besar. Kerugian material berupa rusaknya rumah, jalan, fasilitas umum, dan lahan pertanian. Selain dari faktor alam, aktivitas manusia merupakan salah satu faktor yang berperan dalam terjadinya longsor, aktivitas manusia yang mempengaruhi terjadinya longsor berupa aktivitas dalam penggunaan lahan.

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
$1,07 < SF < 1,25$	Kelongsoran pernah terjadi
$> 1,25$	Kelongsoran jarang terjadi

Tiang kayu adalah tiang yang terbuat dari kayu, umumnya berdiameter antara 10-25 cm. Tiang kayu atau yang sering disebut cerucuk berdiameter antara 8-10 cm dan panjang 4 m banyak digunakan di Indonesia untuk perbaikan kapasitas dukung tanah lunak. Tiang kayu lebih murah dan mudah penanganannya. Permukaan tiang dapat dilindungi ataupun tidak dilindungi tergantung dari kondisi tanah. Tiang kayu ini dapat mengalami pembusukan atau rusak akibat dimakan serangga. Namun tiang kayu yang selalu terendam air biasanya lebih awet. Ujung tiang perlu dilindungi dengan sepatu besi untuk menghindari kerusakan pada waktu pemancangan. Beban maksimum yang dapat dipikul oleh tiang kayu tunggal dapat mencapai 270-300 kN (Hardiyatmo, H.C. 2010).

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, serta memasukkan *material properties* tanah. Dilanjutkan dengan *running program* sehingga mendapatkan hasil analisis

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.

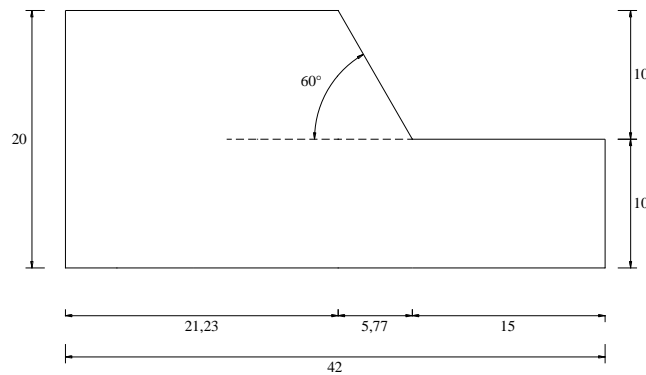
Tabel 2. Hasil Uji Laboratorium Mekanika Tanah UNS

Parameter	Satuan	Hasil
-----------	--------	-------

w	%	19,38
γ_b	kN/m ³	17,81
Lanjutan Tabel 2		
γ_{sat}	kN/m ³	19,15
G_s	-	2,66
φ	°	37,47
c	kN/m ²	0
b_{sat}	m	0,473
e	-	0,744
<i>Gravel</i>	%	13,42
<i>Sand</i>	%	50,48
<i>Silt</i>	%	9,46
<i>Clay</i>	%	26,64

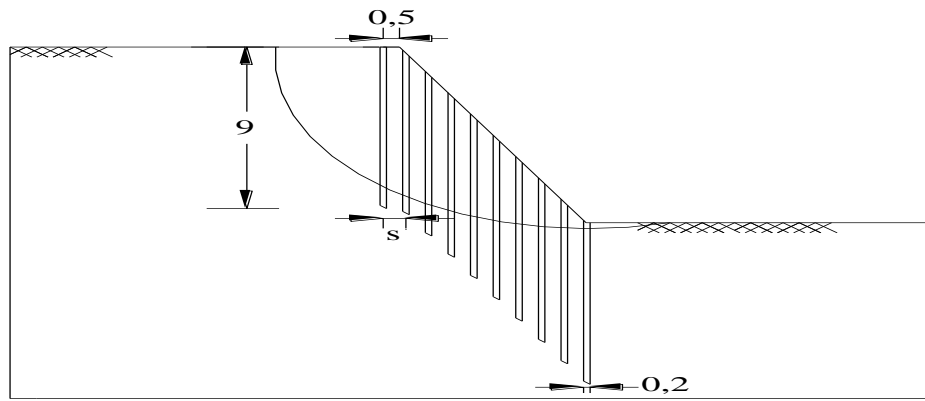
Sumber:(Hawin Widyo,2015).

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

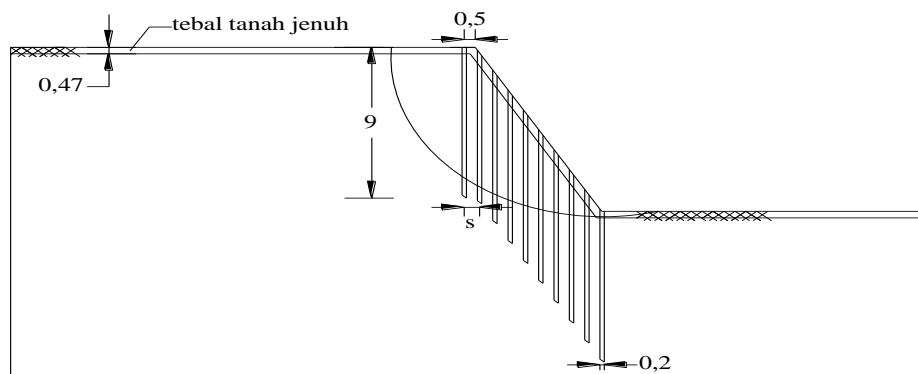


Gambar 1. Profil Lereng Kritis DAS Tirtomoyo

Untuk perkuatan lereng pada Gambar 1, akan digunakan variasi cerucuk kayu. Cerucuk Kayu yang digunakan ini memiliki panjang 9 m dan diameter 20 cm, serta menggunakan variasi jarak antar cerucuk dalam meningkatkan kapasitas dukung tanah. Dalam hal ini akan dilakukan beberapa *trial* pada jarak antar cerucuk itu sendiri. Sebelum melakukan *trial* terhadap variasi cerucuk kayu, terlebih dahulu harus mengetahui bidang gelincir dari lereng yang akan ditinjau agar dapat menentukan posisi-posisi dari cerucuk kayu itu sendiri. Variasi tersebut adalah dengan menggunakan jarak antar cerucuk yaitu 0,6 m, 0,7 m, 0,8 m, 0,9 m, 1,0 m, 1,1 m, 1,2 m, 1,3 m seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Contoh pemancangan kayu yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Contoh pemodelan Variasi Cerucuk Kayu pada Lereng dengan bidang gelincirnya sebelum hujan



Gambar 3. Contoh pemodelan Variasi Cerucuk Kayu pada Lereng dengan bidang gelincirnya setelah hujan

Dari contoh pemodelan *trial* Variasi Cerucuk Kayu diatas, diperoleh variasi cerucuk kayu yang digunakan. Untuk contoh *trial* Pemodelan Variasi Cerucuk Kayu berikutnya ditampilkan pada Tabel 3.

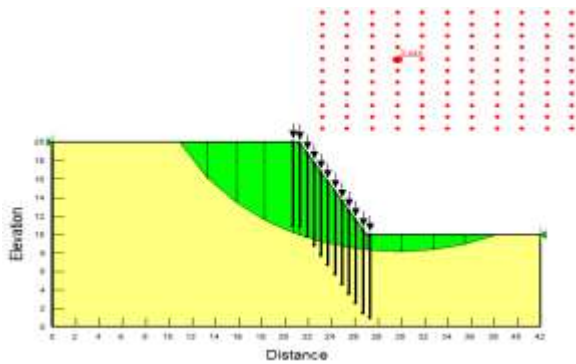
Tabel 3. Variasi Cerucuk Kayu

Variasi	Diameter (m)	Panjang Cerucuk (m)	Jarak Antar Cerucuk (s) dari as-as (m)
I	0,2	9	0,6
II	0,2	9	0,7
III	0,2	9	0,8
IV	0,2	9	0,9
V	0,2	9	1,0
VI	0,2	9	1,1
VII	0,2	9	1,2
VIII	0,2	9	1,3

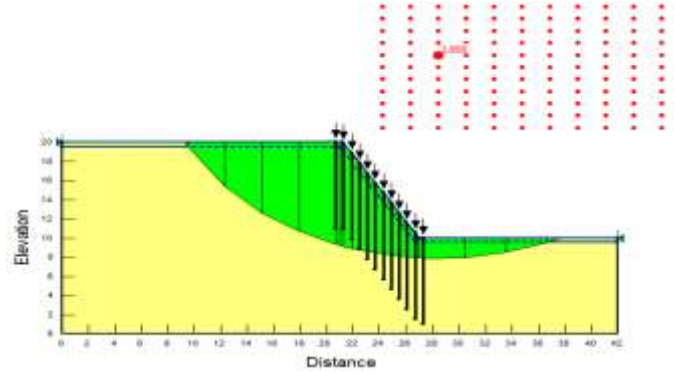
Dalam Percobaan Variasi Cerucuk Kayu digunakan kayu diameter 0,2 m dan panjang cerucuk yang digunakan adalah 9 m. Dalam hal ini, pemancangan cerucuk kayu dimulai dari 0,5 m sebelah atas lereng (*crest of slope*) hingga 0,5 m setelah kaki lereng (*toe of slope*).

HASIL DAN ANALISIS

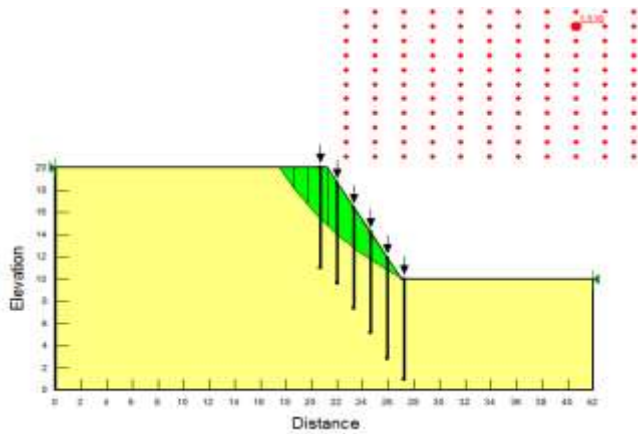
Dari analisis dengan program *Geo-Slope*, didapat nilai SF untuk masing-masing variasi jarak antar cerucuk kayu tersebut yang diwakilkan pada Gambar 4 – Gambar 11 dan ditabelkan seperti berikut:



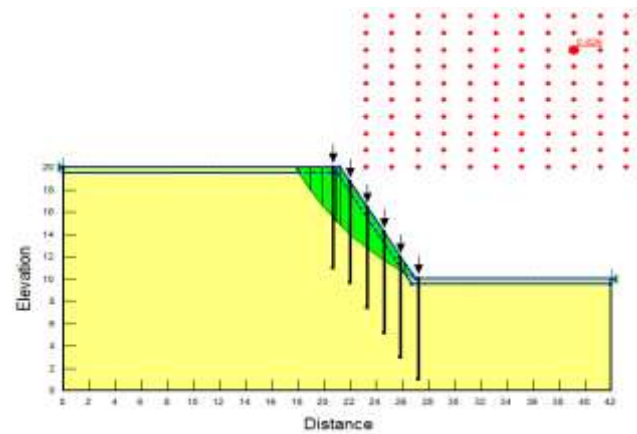
Gambar 4. Analisis $Slope/W$ Variasi I (0,6 m) Sebelum Hujan akibat perkuatan F_v



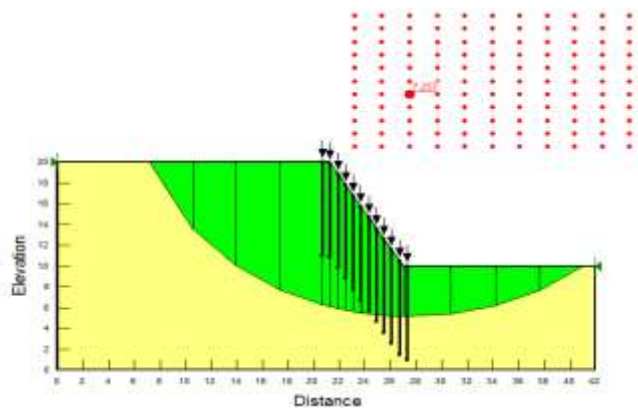
Gambar 5. Analisis $Slope/W$ Variasi I (0,6 m) Setelah Hujan akibat perkuatan F_v



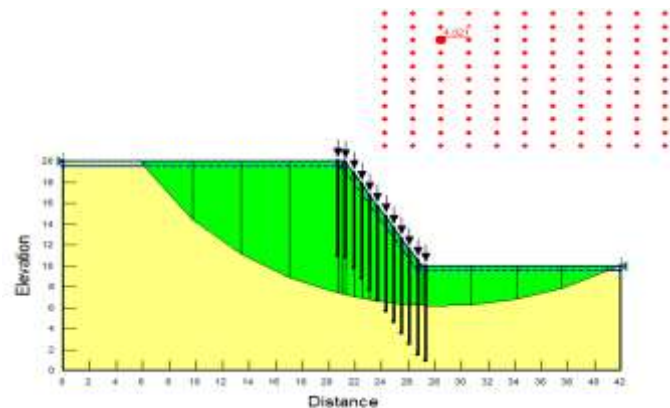
Gambar 6. Analisis $Slope/W$ Variasi VIII (1,3 m) Sebelum Hujan akibat perkuatan F_v



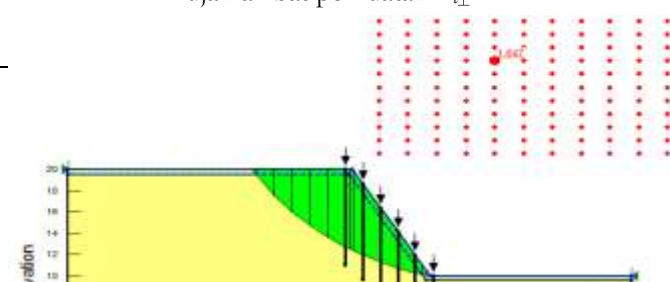
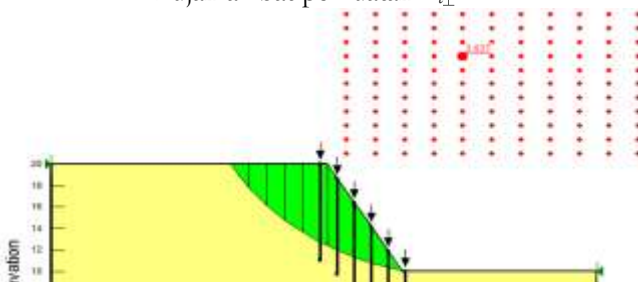
Gambar 7. Analisis $Slope/W$ Variasi VIII (1,3 m) Setelah Hujan akibat perkuatan F_v



Gambar 8. Analisis $Slope/W$ Variasi I (0,6 m) Sebelum Hujan akibat perkuatan F_{cl}



Gambar 9. Analisis $Slope/W$ Variasi I (0,6 m) Setelah Hujan akibat perkuatan F_{cl}



Gambar 10. Analisis *Slope/W* Variasi VIII (1,3 m) Sebelum Hujan akibat perkuatan F_{cl}

Gambar 11. Analisis *Slope/W* Variasi VIII (1,3 m) Setelah Hujan akibat perkuatan F_{cl}

Dari hasil analisis untuk masing-masing variasi jarak antar cerucuk yang menghasilkan nilai SF yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

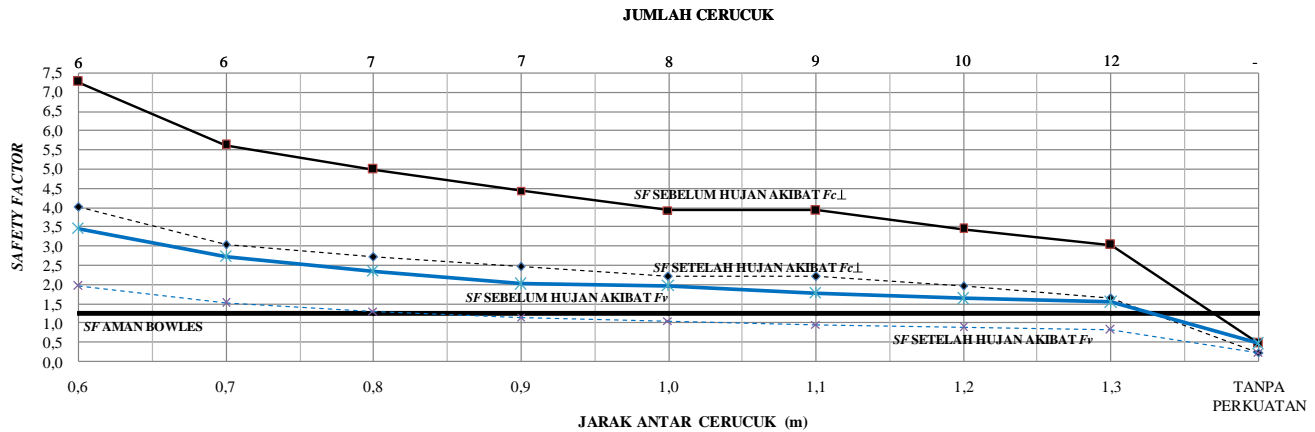
Tabel 4. Rekapitulasi *Safety Factor* dengan Variasi Jarak Antar Cerucuk akibat perkuatan Gaya Geser Sejajar Serat (F_{η})

Variasi	Jarak Antar Cerucuk (m)	SF Sebelum Hujan	SF Setelah Hujan
Eksisting	-	0,474	0,243
I	0,6	3,444	1,956
II	0,7	2,725	1,518
III	0,8	2,356	1,311
IV	0,9	2,021	1,156
V	1,0	1,972	1,060
VI	1,1	1,784	0,963
VII	1,2	1,640	0,888
VIII	1,3	1,542	0,826

Tabel 5. Rekapitulasi *Safety Factor* dengan Variasi Jarak Antar Cerucuk akibat perkuatan Gaya Geser Tegak Lurus Serat (F_{cl})

Variasi	Jarak Antar Cerucuk (m)	SF Sebelum Hujan	SF Setelah Hujan
Eksisting	-	0,474	0,243
I	0,6	7,257	4,021
II	0,7	5,613	3,024
III	0,8	4,984	2,714
IV	0,9	4,434	2,463
V	1,0	3,936	2,216
VI	1,1	3,925	2,206
VII	1,2	3,439	1,957
VIII	1,3	3,037	1,647

Dilihat dari hasil rekapitulasi yang ditampilkan pada Tabel 4 dan 5, adanya penurunan nilai SF pada kondisi sebelum hujan dan setelah hujan. Penurunan nilai SF ini diakibatkan adanya tekanan air pori (*pore-water pressure*) yang terjadi pada kondisi setelah hujan. Nilai SF yang didapat akibat perkuatan Gaya Geser Sejajar Serat (F_{η}) lebih kecil dibandingkan akibat perkuatan Gaya Geser Tegak Lurus Serat (F_{cl}).



Gambar 12. Grafik Hubungan Nilai SF dengan Perubahan Jarak Antar Cerucuk Kayu

Berdasarkan hasil *Trial* Perkuatan yang ditampilkan pada Gambar 12 dengan jarak antar cerucuk mulai dari 0,6 m – 1,3 m baik pada kondisi sebelum maupun setelah hujan, didapat bahwa nilai *safety factor* akan dipengaruhi oleh jarak antar cerucuk, jumlah cerucuk, dan gaya geser kayu yang digunakan pada perkuatan lereng tersebut. Semakin dekat jarak antar cerucuk, maka nilai *safety factor* akan semakin besar (aman). Dari Gambar 12, juga didapat hasil bahwa, pada kondisi sebelum dan setelah hujan akibat perkuatan Gaya Geser Tegak Lurus (F_{cL}) dan pada kondisi sebelum hujan akibat perkuatan Gaya Geser Sejajar Serat (F_v) didapat nilai SF lebih besar daripada nilai SF aman menurut Bowles, sedangkan untuk kondisi setelah hujan akibat perkuatan Gaya Geser Sejajar Serat (F_v) untuk nilai SF aman hanya didapat pada jarak antar cerucuk 0,6 m – 0,8 m.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai analisis stabilitas lereng yang diperkuat dengan cerucuk kayu di dapat diambil kesimpulan bahwa Variasi jarak antar cerucuk mempengaruhi besar kecilnya bidang gelincir. Semakin dekat jarak antar cerucuk, maka nilai SF yang didapat akan semakin besar. Pada penerapan cerucuk kayu yang dianalisis menggunakan gaya geser sejajar serat (F_v), SF yang aman pada kondisi sebelum hujan adalah pada jarak antar cerucuk 0,6 m – 1,3 m, sedangkan untuk kondisi setelah hujan, SF aman hanya pada jarak antar cerucuk 0,6 m – 0,8 m. Pada penerapan cerucuk kayu yang dianalisis menggunakan gaya geser tegak lurus serat (F_{cL}), nilai SF yang diperoleh dari analisis adalah aman untuk semua kondisi (sebelum dan setelah hujan, serta pada semua jarak). Semakin besar gaya geser kayu yang digunakan akan menghasilkan nilai SF dan bidang gelincir yang lebih besar. Pada kondisi setelah hujan tekanan air pori (*pore-water pressure*) meningkat, sehingga nilai SF menurun.

REKOMENDASI

Dari hasil analisis *Slope W* yang didapat, perlu dilakukan pelebaran penentuan titik awal dalam pemancangan cerucuk kayu dan juga pelebaran jarak antar cerucuk agar mendapatkan bidang gelincir yang tetap dan nilai SF yang lebih besar. Perlu juga membandingkan dengan program geoteknik yang lain untuk mendapatkan keseragaman 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 Raden Harya Dananjaya, S.T., M.Eng, yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Almenara, R. 2007. *Rock Slope Stability Concepts*. PT. Newmont Nusa Tenggara : Sumbawa Barat.
 Arief, S. 2007. *Dasar-dasar Analisis Kestabilan Lereng*. PT. INCO : Sorowako.
 Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB-Press. Bogor.

- Bowles, J.E., 1988, *Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2*, Erlangga, Jakarta,.
- Bowles, J.E., 1989, *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta, 562 hal.
- Cahyo A., H.T. (2006). *Hand Out Rekayasa Pondasi 2 Pondasi Tiang Pancang*. Semarang. Universitas Diponegoro. Semarang
- Das, Braja M., 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* Jilid 2. Jakarta : PT. Erlangga
- Departemen Pekerjaan Umum (1999). *Tata Cara Pelaksanaan Pondasi Cerucut Kayu Di Atas Tanah Lembek dan Tanah Gambut*. PT. Medisa. Jakarta
- Hansen, M.J., 1984, *Strategies for Classification of Landslide*, (ed. : Brunnsden, D, & Prior, D.B., 1984, *Slope Instability*, John Wiley & Sons, p.1-25)
- Hardiyatmo, H.C. (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- _____. (2010). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- _____. (2006). *Mekanika Tanah I*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- _____. (2007). *Mekanika Tanah II*. Gajah 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.
- Henry, 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.
- Hermawan, R, 2015. *Analisis Perkuatan Tanah Dasar Pada Tanggul Sungai Gajah Putih Surakarta Dengan Cerucuk Kayu*. 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.
- M, Fachrudin, 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.
- 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., Brunnsden, D.
- Wesley, L.D., 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan & Residu*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.