

Pemodelan 2D Stabilitas Lereng yang Diperkuat Tanaman Vetiver

Indra Noer Hamdhan, Desti Santi Pratiwi, Rizka Adisya Kamila Rahmah dan Fauziah Fitriani Iskandar

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Jl. PKH. Mustapha No. 23, Bandung 40124
indranh@itenas.ac.id

Abstrak

Pergerakan tanah pada suatu lereng dapat terjadi dikarenakan massa tanah maupun faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya suatu kelongsoran. Kelongsoran dapat berupa kelongsoran dalam maupun kelongsoran dangkal. Kelongsoran dangkal biasanya terjadi dikarenakan faktor erosi pada tanah, baik itu disebabkan oleh aliran air di permukaan atau pun akibat angin. Dalam menanggulangi kelongsoran dangkal, terdapat beberapa alternatif yang dapat digunakan. Salah satu metode perkuatan lereng terhadap kelongsoran dangkal yaitu menggunakan akar tanaman. Jenis tanaman yang dapat digunakan dalam upaya meningkatkan daya dukung tanah terhadap longsor salah satunya yaitu vetiver. Pada studi kali ini, dilakukan suatu pemodelan numerik terhadap metode perkuatan lereng dengan menggunakan vegetasi. Tujuan dari studi ini yaitu untuk mengetahui peningkatan stabilitas lereng dengan mempertimbangkan nilai faktor keamanan dengan melakukan analisis 2 dimensi menggunakan perangkat lunak berbasis elemen hingga. Berdasarkan hasil pemodelan dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D, didapatkan nilai persentase kenaikan nilai faktor keamanan lereng terbesar yaitu 10.74% dengan nilai faktor keamanan sebelum menggunakan perkuatan vegetasi sebesar 1.443 menjadi sebesar 1.598. Persentase peningkatan nilai faktor keamanan menunjukkan bahwa penggunaan tanaman dalam upaya mengatasi masalah longsor dapat digunakan pada kondisi bidang gelincir yang dangkal.

Kata kunci : longsor, pemodelan numerik, vetiver, faktor keamanan, PLAXIS 2D

1. Pendahuluan

Menurut Arsyad (1989) menyatakan bahwa erosi merupakan peristiwa terangkut dan berpindahnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain secara alami, adapun faktor-faktor yang mempengaruhi erosi tanah menurut Utomo (1994) adalah hujan, tanah, kemiringan, vegetasi dan manusia. Erosi yang diakibatkan oleh alam dan berkurangnya massa tanah pada suatu lereng merupakan dua faktor yang sering mengakibatkan gangguan pada kestabilan lereng sehingga terjadi longsor.

Pengaruh akar pada suatu tumbuhan yang berada di area lereng dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Dalam upaya meningkatkan stabilitas lereng berdasarkan pemanfaatan sistem akar pada tumbuhan dapat dilakukan dengan metode vegetasi. Pada metode vegetasi untuk lereng, efek geomekanik yang terjadi berkaitan dengan pengaruh akar sebagai perkuatan pada tanah, sedangkan efek hidrologi yang terjadi yaitu berkaitan dengan kapilaritas dari akar yang akan mengalirkan air tanah menuju ke atas tumbuhan. Pada studi ini akan dibahas mengenai pengaruh perkuatan lereng dengan cara vegetasi terhadap stabilitas lereng dan pengaruh aliran air dalam tanah yang terjadi pada lereng tersebut.

Vetiver System merupakan sebuah teknologi dengan memanfaatkan tanaman vetiver menggunakan sistem yang sangat praktis, tidak mahal, mudah dipelihara, dan sangat efektif dalam mengontrol erosi dan sedimentasi tanah. (Kementrian PU, 2009). Tanaman vetiver memiliki akar serabut yang mampu menembus hingga kedalaman 5,2 meter sehingga masuk sangat jauh ke dalam tanah dan akar vetiver mampu menembus lapisan setebal 15 cm yang sangat keras. Ujung-ujung dari akar vetiver mampu

masuk menembus lereng-lereng yang yang keras dan berbatu dan menjadi semacam jangkar yang kuat (Kementrian PU, 2009). Tanaman Vetiver dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Susilawati dan Veronika (2016) melakukan penelitian mengenai kajian rumput vetiver sebagai pengaman lereng secara berkelanjutan pada lereng longsor yang berada di 2 (dua) ruas jalan di daerah Flores. Ruas jalan pertama, yaitu dari Ende sampai Aegela dan dar Ende sampai ke Detusoko. Penanganan lereng longsor untuk ruas Ende sampai Aegela dibagi menjadi 2 (dua) metode penanganan, yaitu penanganan untuk ruas Ende ke Nangaroro dan Nangaroro sampai ke Aegela. Penanganan longsor di ruas Ende sampai ke Nangaroro dilakukan dengan cara memotong bukit – bukit menggunakan alat *excavator* yang bertujuan untuk memperlebar ruas jalan sehingga diharapkan dapat mengurangi bahaya longsor. Sedangkan untuk ruas jalan Nangaroro sampai Aegela digunakan rumput vetiver dan pasangan batu kali sebagai perkuatan lereng, dan untuk ruas Jalan Ende ke Detusoko masih dalam proses pengerjaan. Pada ruas jalan Ende sampai Nangaroro lereng dipotong menjadi labil dan memiliki resiko longsor, sehingga direkomendasikan menggunakan kombinasi perkuatan tanaman vetiver dengan geotekstil. Kombinasi antara geotekstil dengan tanaman vetiver merupakan peluang yang sangat potensial memberikan solusi dalam penanganan longsor. Pada awal konstruksi, bahan geotekstil berfungsi menahan lereng longsor secara kuat, sementara rumput vetiver masih memerlukan pemeliharaan awal yang cukup intensif sampai bertumbuh kuat dan siap menggantikan peran geotekstil dalam waktu tertentu mulai rusak oleh pengaruh cuaca dan beban. Tanaman vetiver yang memiliki akar serabut kuat memegang tanah, setelah mengalami pemeliharaan awal yang baik, akan hidup kokoh dan mampu menahan beban tanah yang hendak longsor.



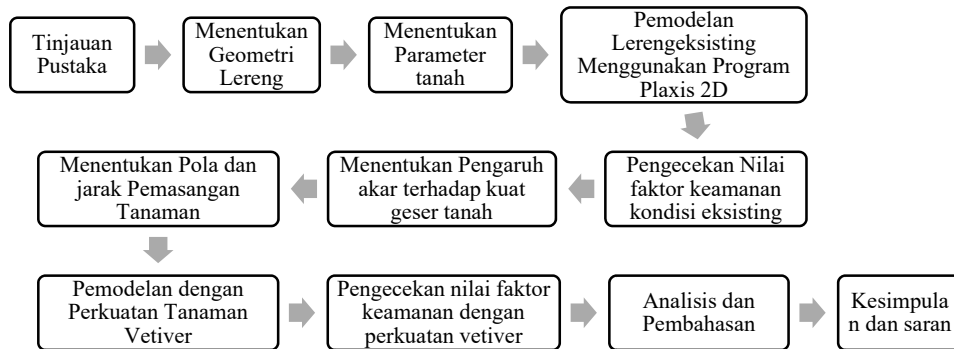
Gambar 1 Rumput vetiver (Kementrian PU, 2009)

Studi lainnya, Natalia dan Hardjasaputra (2010) meneliti mengenai pengaruh akar tanaman vetiver terhadap nilai parameter kuat geser tanah dan stabilitas lereng. Studi kasus dilakukan pada lereng di areal UPH yang sudah diketahui nilai parameter kuat geser tanahnya (eksisting) dan akan ditanami vetiver. Sebelumnya benda uji tanah yang belum ditanami vetiver diambil sampai kedalaman 4 m dan dilakukan pengujian lab, dan setelah 3 (tiga) bulan penanaman vetiver di tanah lereng UPH diperoleh komposit tanah dengan akar vetiver. Panjang akar yang tumbuh selama 3 bulan adalah sekitar 50 – 60 cm (kurang dari 100 cm), sehingga pengujian contoh komposit tanah dengan vetiver hanya difokuskan pada sampel di kedalaman 0 – 1 m. Dari hasil uji laboratorium didapat kesimpulan bahwa komposit tanah dan akar Vetiver meningkatkan nilai kohesi tanah sebesar 35.8%, sedangkan nilai sudut geder tidak berubah. Selanjutnya dilakukan analisis stabilitas lereng dengan pemodelan menggunakan program berbasis elemen hingga, yaitu PLAXIS. Pemodelan dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng tanpa dan dengan akar vetiver. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan nilai SF tidak berarti karena panjang akar vetiver yang dimodelkan hanya 50 cm sedangkan bidang gelincir mencapai kedalaman lebih dari 50 cm, sehingga dapat disimpulkan bahwa akar vetiver belum bekerja optimum pada umur 3 (tiga) bulan.

Tujuan dari penelitian ini, yaitu mengetahui pengaruh perkuatan tanah dengan tanaman vetiver pada lereng yang berpotensi mengalami kelongsoran yang dangkal akibat erosi. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan pendekatan numerik, yaitu dengan Program PLAXIS 2D. Pemodelan yang dilakukan akan memvariasikan kemiringan lereng, jarak antar tanaman dan kedalaman akar tanaman vetiver, dan membandingkan nilai faktor keamanan tanpa dan dengan adanya perkuatan tanaman vetiver pada lereng.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan, pertama-tama melakukan tinjauan pustaka dengan cara mencari beberapa literatur sebagai referensi. Selanjutnya menentukan geometri lereng berdasarkan Pedoman Penanaman Rumput Vetiver untuk Pengendalian Erosi Permukaan dan Pencegahan Longsor Dangkal pada Lereng Jalan, dan menentukan nilai parameter tanah dengan asumsi. Setelah mendapatkan geometri lereng dan parameter tanah, selanjutnya memodelkan geometri tersebut di Program PLXSIA 2D. Terdapat beberapa tahapan dalam analisis, yaitu menganalisis lereng kondisi eksisting dan dengan perkuatan tanaman vetiver. Hasil analisis akan mendapatkan nilai faktor keamanan yang nantinya akan dibandingkan saat kondisi eksisting dengan kondisi lereng dengan perkuatan tanaman vetiver. Diagram metodologi penelitian yang digunakan ditunjukkan pada **Gambar 2** di bawah ini.



Gambar 2 Diagram metodologi penelitian.

3. Pemodelan dan Hasil Analisis

Data Pemodelan Lereng

Pemodelan lereng yang dilakukan mengacu pada Pedoman Penanaman Rumput Vetiver untuk Pengendalian Erosi Permukaan dan Pencegahan Longsor Dangkal pada Lereng Jalan yang dibuat oleh Kementerian PU tahun 2009. Data yang digunakan dari pedoman tersebut yaitu jarak antar vetiver, sedangkan data parameter tanah yang digunakan merupakan hasil asumsi. Berikut data yang digunakan dalam pemodelan:

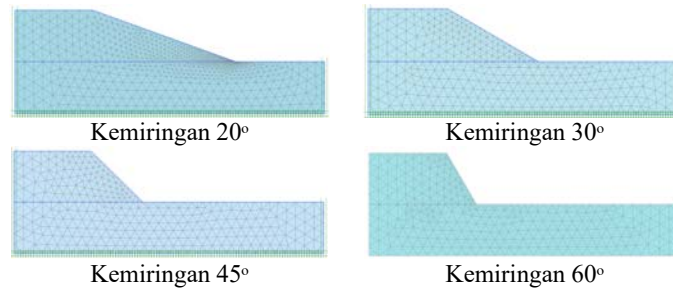
1. Kemiringan lereng yang dimodelkan, yaitu 20°, 30°, 45°, dan 60° dengan tinggi lereng 10 m (Pedoman Penanaman Rumput vetiver untuk Pengendalian Erosi Permukaan dan Pencegahan Longsor Dangkal pada Lereng Jalan).
2. Jenis tanah yang akan dimodelkan yaitu tanah pasir dengan nilai parameter tanah yang berbeda di setiap kemiringannya dan ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Nilai Parameter Tanah untuk Semua Kemiringan

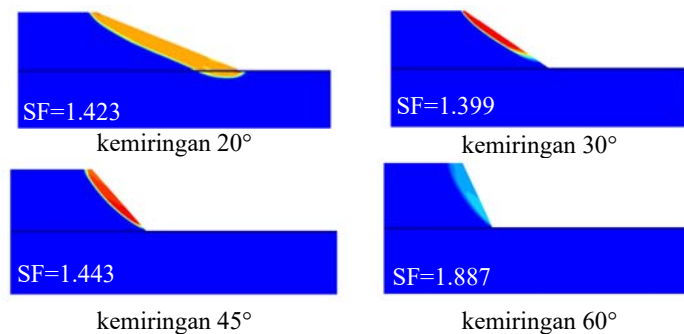
Keterangan	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kN/m ²)	ν	K_x (m/day)
Kemiringan 20°	17	15	0,1	28,1	30000	0,2	0,9992
Kemiringan 30°	17	15	0,35	38,5	30000	0,2	0,9992
Kemiringan 45°	18	17	5	45	30000	0,2	0,9992
Kemiringan 60°	17	15	17	50	30000	0,2	0,9992

Geometri lereng yang dimodelkan menggunakan PLAXIS 2D dengan tinggi 10 m dan kemiringan 20°, 30°, 45°, dan 60° dengan jenis jaring elemen *very fine* ditunjukkan pada **Gambar 3** dan **Tabel 2** merupakan nilai faktor keamanan pada lereng kondisi eksisting berdasarkan variasi mesh

menggunakan PLAXIS 2D. Dalam analisis stabilitas pada kondisi eksisting dipilih tipe jaring elemen (*mesh*) yaitu *very fine*.



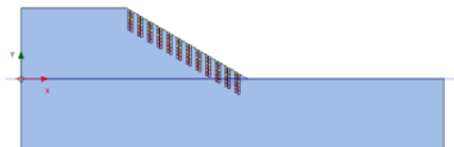
Gambar 3 Jaring elemen (*mesh*) *very fine* pada PLAXIS 2D untuk semua kemiringan.



Gambar 4 Bidang gelincir dan nilai faktor keamanan dengan jaring elemen (*mesh*) *very fine* pada PLAXIS 2D untuk semua kemiringan.

Pemodelan Tanaman Vetiver untuk perkuatan lereng

Pemodelan tanaman Vetiver pada lereng menggunakan PLAXIS 2D terdapat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Pemodelan tanaman Vetiver pada lereng menggunakan PLAXIS 2D.

Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan tanaman vetiver dimodelkan dengan memvariasikan kedalam akar dan jarak antarstrip tanaman vetiver yang mengacu pada Pedoman Penanaman Rumput vetiver untuk Pengendalian Erosi Permukaan dan Pencegahan Longsoran Dangkal pada Lereng Jalan, yaitu untuk lereng dengan kemiringan 20° jarak antarstrip yang digunakan sebesar 80 cm, 120 cm, dan 160 cm, sedangkan untuk kemiringan lereng 30°, 45°, dan 60° menggunakan jarak antarstrip tanaman vetiver 40 cm. Diameter akar yang dimodelkan yaitu setiap 0.5 m dengan kedalam akar vetiver yang digunakan pada penelitian ini yaitu pada kedalam 0.5 m, 1 m, 1.5 m, 2 m, 2.5 m, dan 3 m.

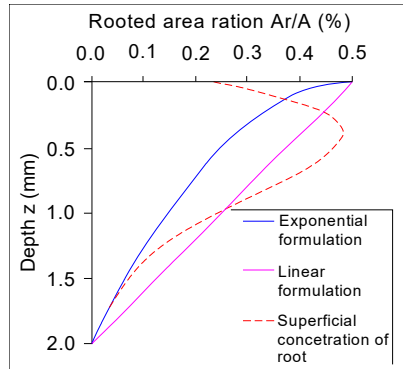
Sama seperti yang dikatakan pada penelitian Natalia dan Hardjasaputra (2010), menurut Faisal dan Normaniza (2008) keberadaan akar pada tanah hanya berpengaruh terhadap peningkatan nilai kohesi (c) tanah saja, sedangkan nilai sudut gesernya (ϕ) tidak terpengaruh. Pengaruh tersebut diimplementasikan kedalam hukum keruntuhan Mohr-Coulomb oleh Wu (1979):

$$\tau = (c + cR) + (\sigma - u)\tan\phi \quad (1)$$

$$c_R = 1.2T_R RAR \quad (2)$$

Nilai τ merupakan tegangan geser tanah, sedangkan ϕ yaitu sudut geser dalam, σ merupakan tegangan normal, c adalah kohesi tanah, u adalah tegangan air pori, c_R merupakan kontribusi akar terhadap

kohesi tanah, TR merupakan kuat tarik akar, dan RAR merupakan rasio daerah akar $((1/400) \times (2-z))$ atau dengan menggunakan kurva pada **Gambar 5**.



Gambar 6. Kurva hipotesis dari rasio daerah berakar (RAR) dengan kedalaman (z) (Cazzuffi and Crippa, 2005)

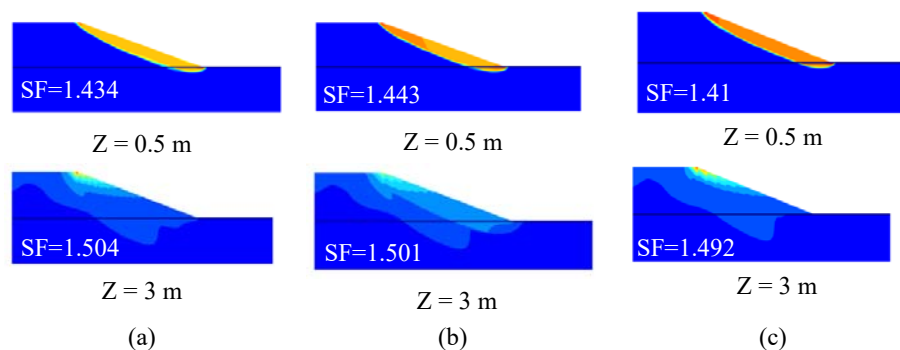
Tanah yang diperkuat dengan tanaman vetiver akan menyebabkan kenaikan nilai kohesi pada tanah. Kenaikan nilai kohesi akibat tanaman vetiver pada tanah dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 2 Pengaruh Akar Terhadap Kohesi Tanah

No	1	2	3	4	5	6
Z (m)	0.5	1	1.5	2	2.5	3
Tr (Mpa)	44.64	44.64	44.64	44.64	44.64	44.64
Cr (kPa)	200.88	133.92	66.96	15	15	15

Hasil Analisis Stabilitas Lereng menggunakan PLAXIS 2D

Nilai faktor keamanan dan persentase kenaikan nilai faktor keamanan lereng dengan kemiringan 20° berdasarkan jarak antarstrip tanaman vetiver menggunakan PLAXIS 2D dapat dilihat pada **Tabel 3**. Adapun **Tabel 5** merupakan nilai faktor keamanan dan persentase kenaikan nilai faktor keamanan lereng dengan kemiringan 30°, 45°, dan 60°. Gambar bidang gelincir dan nilai faktor hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan tanaman vetiver dengan kemiringan lereng 20° ditunjukkan pada **Gambar 7** dan untuk kemiringan 30°, 45°, dan 60° ditunjukkan pada **Gambar 8**.

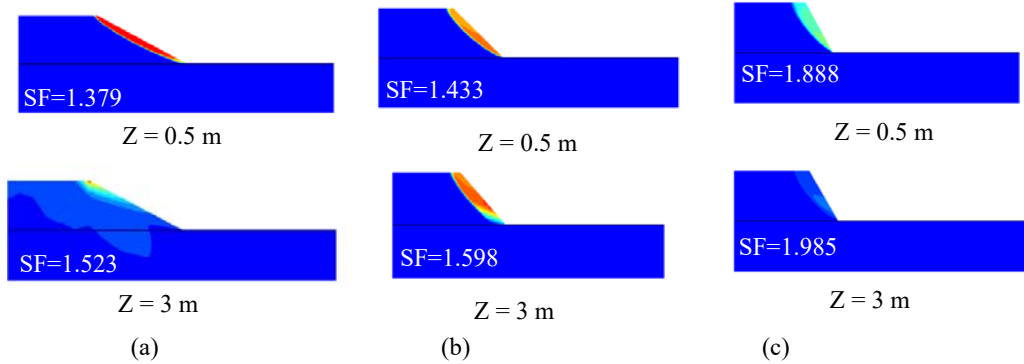


Gambar 7 Nilai faktor keamanan dan bidang gelincir lereng dengan kemiringan 20° jarak antarstrip (a) 80 cm, (b) 120 cm, (c) 160 cm pada PLAXIS 2D

Tabel 3 Nilai Faktor Keamanan dan Persentase Kenaikan Nilai Faktor Keamanan Lereng Kemiringan 20° Menggunakan PLAXIS 2D, SF eksisting 1.423

No	Kedalaman Akar (m)	Nilai Faktor Keamanan dengan perkuatan			Persentase Kenaikan Nilai SF (%)		
		Jarak 80 cm	Jarak 120 cm	Jarak 160 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm	Jarak 160 cm

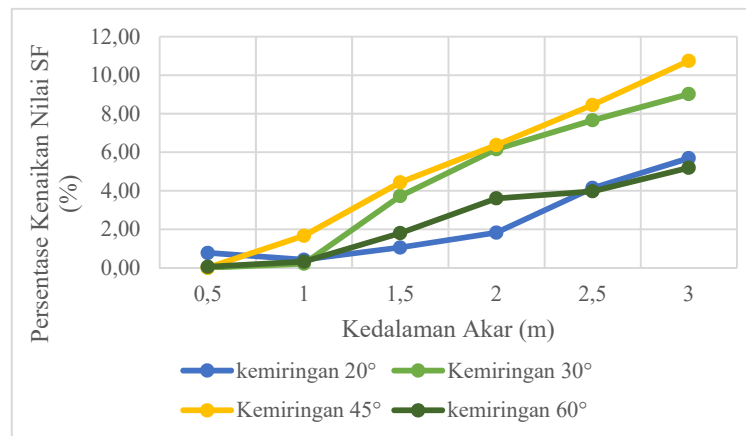
1	0,5	1,434	1,443	1,41	0,77	1,41	0
2	1	1,429	1,447	1,412	0,42	1,69	0
3	1,5	1,438	1,455	1,422	1,05	2,25	0
4	2	1,449	1,46	1,43	1,83	2,60	0,49
5	2,5	1,482	1,486	1,471	4,15	4,43	3,37
6	3	1,504	1,501	1,492	5,69	5,48	4,85



Gambar 10 Nilai faktor keamanan dan bidang gelincir lereng dengan kemiringan (a) 30°, (b) 45°, (c) 60° jarak vetiver 40 cm pada PLAXIS 2D

Tabel 4 Nilai Faktor Keamanan dan Persentase Kenaikan Nilai Faktor Keamanan Lereng Kemiringan 45° Menggunakan PLAXIS 2D, SF Eksisting Masing-masing Kemiringan

No	Kedalaman Akar (m)	Nilai Faktor Keamanan dengan perkuatan			Persentase Kenaikan Nilai SF (%)		
		Kemiringan 30°	Kemiringan 45°	Kemiringan 60°	Kemiringan 30°	Kemiringan 45°	Kemiringan 60°
1	0,5	1,379	1,433	1,888	0	0	0,05
2	1	1,4	1,467	1,893	0,21	1,66	0,32
3	1,5	1,449	1,50	1,921	3,72	4,44	1,8
4	2	1,483	1,535	1,955	6,16	6,38	3,6
5	2,5	1,504	1,565	1,962	7,66	8,45	3,97
6	3	1,523	1,598	1,985	9,02	10,74	5,19



Gambar 13 Grafik persentase kenaikan nilai faktor keamanan dengan perkuatan berdasarkan kemiringan lereng menggunakan PLAXIS 2D

4. Kesimpulan

1. Penggunaan tanaman vetiver dengan kedalaman akar sepanjang 3 m dan kemiringan lereng 30° dapat meningkatkan nilai faktor keamanan terbesar yaitu sebesar 9,02%.
2. Peningkatan nilai faktor keamanan terbesar yang ditunjukkan pada PLAXIS 2D yaitu sebesar 10,74% dengan kedalaman akar 3 m dan kemiringan lereng 45°,
3. Lereng yang diperkuat dengan tanaman vetiver akan menghasilkan efektivitas paling tinggi apabila digunakan dengan pola yang sama dan jarak penanaman antarstrip tanaman sebesar 120 cm pada simulasi model PLAXIS 2D.

Daftar Pustaka

- [1] Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press.
- [2] Cazzufi, D., & Crippa, E. (2005). Contribution of Vegetation to Slope Stability: an Overview of Experimental Studies Carried Out on Different Types of Plants. *Erosion of Soils and Scour of Foundations*, 3-4.
- [3] Faisal, H., & Normaniza, O. 2008. Shear strength of soil containing vegetation roots. *Soils and Foundation*, 48(4), pp. 587-596.
- [2] Kementerian Pekerjaan Umum. 2009. *Penanaman Rumpun Vetiver untuk Pengendalian Erosi dan Pencegahan Longsor Dangkal pada Lereng Jalan*. Bandung: kementerian Pekerjaan Umum.
- [3] Natalia, M., dan Hardjasaputra, H. 2010. Pengaruh Akar Tumbuhan (*Vetiveria Zizanioides*) Terhadap Parameter Geser Tanah dan Stabilitas Lereng. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 Vol.4 no.2.P.87-96*.
- [4] Susilawati dan Veronika. 2016. Kajian Rumpun Vetiver Sebagai Pengaman Lereng Secara Berkelanjutan. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*. Vol.22 no.2.P.99-108.
- [5] Utomo, W. H. 1994. *Erosi dan Konservasi Tanah*. Malang: Penerbit IK.
- [6] Wu, T., McKinnell, I., Swanston, D. 1979. Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. *Canadian Geotechnical Journal*, 16, 19-33.