

Analisis Perkuatan Akar Tanaman Vetiver Pada Stabilitas Lereng Akibat Infiltrasi Air Hujan Menggunakan Metode Numerik 2D

Hari Mulyadi¹, Desti Santi Pratiwi²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung

2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email: hari.mulyadi@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Tanah longsor merupakan bencana alam yang sering terjadi akibat pergerakan massa tanah. Penelitian ini menganalisis efektivitas akar tanaman vetiver dalam meningkatkan stabilitas lereng yang rentan terhadap longsor. Menggunakan metode numerik 2D dengan perangkat lunak Plaxis 2D, simulasi dilakukan pada lereng dengan jenis tanah pasir dan lempung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akar vetiver mampu meningkatkan nilai faktor keamanan lereng, terutama pada tanah pasir lepas dengan persentase kenaikan 11,88%. Peningkatan ini disebabkan oleh kemampuan akar vetiver dalam menahan tanah dan mengurangi tekanan air pori. Selain itu, penelitian juga menunjukkan bahwa intensitas dan durasi curah hujan mempengaruhi nilai derajat kejenuhan dan tekanan air pori, yang dapat berpengaruh terhadap kestabilan lereng.

Kata Kunci : Stabilitas Lereng, Akar Tanaman Vetiver, Plaxis 2D, Infiltrasi Air Hujan, Derajat Kejenuhan, Tekanan Air Pori Negatif

1. PENDAHULUAN

Lereng merupakan bagian dari topografi yang memiliki kemiringan atau elevasi yang curam. Lereng dapat ditemukan di berbagai bentuk lahan, mulai dari pegunungan, bukit, hingga daerah dataran yang memiliki kemiringan tertentu. Karakteristik lereng yang curam membuatnya rentan terhadap berbagai masalah geoteknik seperti erosi, longsor, dan degradasi tanah. Selain itu, penambahan beban pada lereng, penggalian, rembesan air, dan infiltrasi air hujan adalah penyebab utama keruntuhan tanah pada lereng atau longsor. Dalam penanggulangan longsor dengan perkuatan struktur akan membutuhkan biaya yang cukup mahal serta waktu perencanaan dan pelaksanaan yang cukup lama. Salah satu alternatif penanganan longsor dengan sistem bio-teknologi (*soil bioengineering system*) dan berkonsep teknologi hijau (*Green Technology*) seperti dengan cara penanaman vegetasi pada lereng jalan, sehingga diharapkan dapat meningkatkan gaya penahan pada lereng dengan perkuatan tanaman Vetiver yang memiliki akar yang cukup panjang hingga kedalaman 3 meter serta mampu menahan erosi pada tanah serta dapat menstabilkan tanah sehingga memperkecil resiko dari keruntuhan lereng (Agustian dalam Hamdhan dkk., 2020).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Vetiver

Tanaman vetiver, juga dikenal sebagai *vetiveria zizanioides*, merupakan tanaman rumput yang banyak digunakan untuk menjaga stabilitas lereng dan pencegahan erosi pada tanah. Salah satu upaya penanganan erosi yang dilakukan dengan metode vegetatif yaitu dengan *vetiver system*. *Vetiver system* adalah sebuah teknologi sederhana, berbiaya murah yang

memanfaatkan rumput vetiver hidup untuk konservasi tanah dan air serta perlindungan lingkungan (PUPR, 2009).

2.2 Metode Numerik 2D

Metode numerik 2d sering digunakan dalam membuat persamaan matematis dengan berbagai pendekatan dan rangkaian persamaan aljabar dengan melibatkan nilai-nilai pada titik-titik diskrit pada bagian yang dievaluasi. Metode ini umumnya digunakan dengan cara membagi tanah menjadi beberapa bagian yang terpisah dan sering disebut elemen hingga, unsur-unsur saling berhubungan pada titik simpulnya (*nodes*) dan batas yang sudah ditentukan (Pratiwi dkk., 2020).

2.3 Keruntuhan Mohr Coulomb

Menurut Coulomb dalam (Warman, 2019) menyatakan bahwa hubungan kuat geser tanah (τ_f) dengan tegangan normal (σ), kohesi (c) dan sudut gesek (φ) pada sebuah bidang keruntuhan dinyatakan dalam persamaan 1. Teori Mohr menjelaskan bahwa kondisi keruntuhan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser.

$$\tau_f = \sigma \tan \varphi + c \quad (1)$$

2.4 Tekanan Air Pori Negatif dan Derajat Kejenuhan

Infiltrasi menyebabkan perubahan kondisi tanah, dari kondisi jenuh sebagian (*unsaturated*) menjadi jenuh (*saturated*), hal ini menyebabkan tekanan air pori negatif (*suction*) berkurang hingga nol. Saat tanah menjadi jenuh sempurna, tekanan air pori berubah menjadi positif pada tanah yang berada di bawah permukaan air tanah. Dengan naiknya tekanan air pori, maka tegangan normal tanah akan berkurang dan mengakibatkan turunya kuat geser tanah, sehingga stabilitas tanah akan berkurang (Hardyatmo dalam Putra, 2014).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Pemodelan Lereng

Pada penelitian ini, data pemodelan penanaman rumput vetiver, kermiringan lereng, yang digunakan untuk analisis perkuatan akar tanaman vetiver pada stabilitas lereng mengacu pada Pedoman Penanaman Rumput Vetiver Untuk Pengendalian Erosi Permukaan dan Pencegahan Longsor Dangkal pada Lereng. Sedangkan data tanah yang digunakan dalam pemodelan merupakan hasil asumsi. Jenis tanah yang dimodelkan ada 2 yaitu tanah pasir dan lempung namun dengan 2 konsistensi tanah yang berbeda. Data tersebut ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Pemodelan Lereng

Parameter Tanah	Pasir		Lempung		Satuan
Konsistensi Tanah	Lepas (<i>loose</i>)	Padat (<i>dense</i>)	Lunak (<i>soft</i>)	Kaku (<i>Stiff</i>)	-
N-Spt	4	30	3	20	-
γ_{sat}	17	19	16	18	(kN/m ³)
γ_{unsat}	16	18	15	17	(kN/m ³)
c'	1,6	5	1,2	8	(kN/m ²)
$\phi(\phi)$	28	40	25	30	Derajat(°)
$\psi(\psi)$	0	10	0	0	Derajat(°)
E'	3000	25000	2000	15000	(kN/m ²)
V(nu)	0,3	0,2	0,4	0,3	-
k	0,9992	0,9992	0,00002947	0,00002947	m/hari
Kemiringan Lereng	30	30	30	30	Derajat (°)
Kedalaman Akar	1,5 dan 3	1,5 dan 3	1,5 dan 3	1,5 dan 3	m
Curah hujan	150	150	150	150	mm/hari

3.2 Data Parameter Tanaman Vetiver

Didalam penelitian ini jenis perkuatan yang digunakan adalah tanaman vetiver. Menurut Ali & Osman dalam (Hamdhan dkk., 2020) Keberadaan akar pada tanah berpengaruh terhadap peningkatan nilai kohesi (c) tanah, akan tetapi tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai sudut geser (ϕ). Kenaikan nilai kohesi akibat tanaman vetiver pada tanah berdasarkan kedalaman akar dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Pengaruh akar vetiver terhadap kohesi tanah (Hamdhan dkk., 2020)

No	Z (m)	T_R (Mpa)	C_R (kPa)	Umur Akar (Bulan)
1	0,5	44,64	200,8	1
2	1	44,64	133,92	3
3	1,5	44,64	66,96	5
4	2	44,64	15	7
5	2,5	44,64	15	10
6	3	44,64	15	12

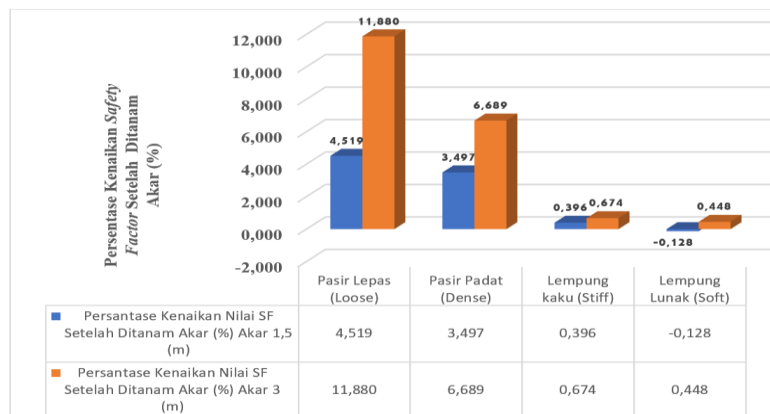
Setelah didapat nilai C_R akar maka harus ditambahkan dengan nilai c' pada tanah yang akan dimodelkan, karena akar tanaman memberikan kontribusi tambahan terhadap kekuatan geser tanah, akar tanaman meningkatkan kohesi tanah, sehingga menambahkan stabilitas lereng.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Nilai *Safety Factor* Kondisi Eksisting dan Setelah Ditanam Akar Vetiver

Tabel 3. Nilai *safety factor* eksisting dan setelah ditanam Akar

Kedalaman Akar	1,5 meter			
Parameter Tanah	Pasir		Lempung	
Konsistensi Tanah	Lepas (<i>Loose</i>)	Padat (<i>Dense</i>)	Keras (<i>Stiff</i>)	Lunak (<i>Soft</i>)
Sf Eksisting	1,372	2,631	2,524	1,564
Sf Aktiv Perkuatan	1,434	2,723	2,534	1,562
Kedalaman Akar	3 meter			
Parameter Tanah	Pasir		Lempung	
Konsistensi Tanah	Lepas (<i>Loose</i>)	Padat (<i>Dense</i>)	Keras (<i>Stiff</i>)	Lunak (<i>Soft</i>)
Sf Eksisting	1,372	2,631	2,524	1,564
Sf Aktiv Perkuatan	1,535	2,807	2,541	1,571

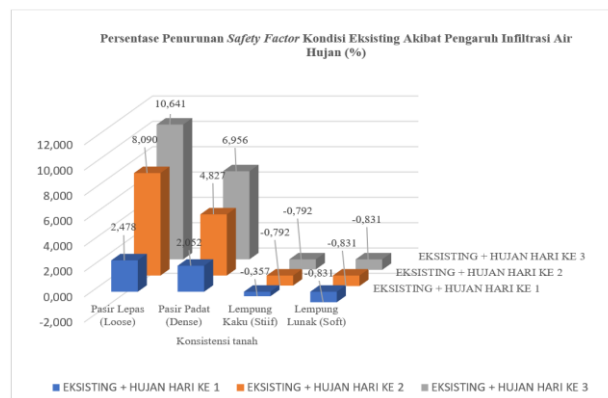


Gambar 1. Persentase Kenaikan *Safety Factor* Setelah Ditanam Akar (%)

4.2 Nilai *Safety Factor* Kondisi Eksisting dengan Hujan

Tabel 4. Nilai *Safety Factor* Kondisi Eksisting + Hujan

Kondisi	Nilai <i>Safety Factor</i> + Hujan			
	Konsistensi tanah			
	Pasir Lepas (Loose)	Pasir Padat (Dense)	Lempung Kaku (Stiff)	Lempung Lunak (Soft)
EKSISTING	1,372	2,631	2,524	1,564
EKSISTING + HUJAN HARI 1	1,338	2,577	2,533	1,577
EKSISTING + HUJAN HARI 2	1,261	2,504	2,544	1,577
EKSISTING + HUJAN HARI 3	1,226	2,448	2,544	1,577



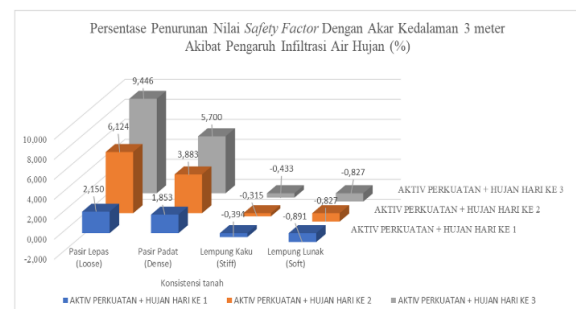
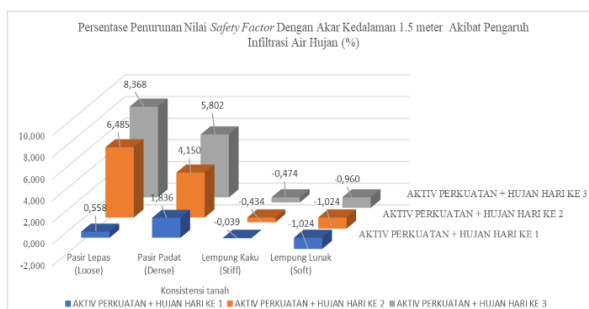
Gambar 2. Barchart Persentase Penurunan Nilai *Safety Factor* Kondisi Eksisting Akibat Pengaruh Infiltrasi Air Hujan (%)

4.3 Nilai *Safety Factor* Kondisi dengan Perkuatan dan Hujan

Tabel 5. Nilai *safety factor* kondisi Dengan Perkuatan Kedalaman Akar 1.5 & 3 Meter + Hujan

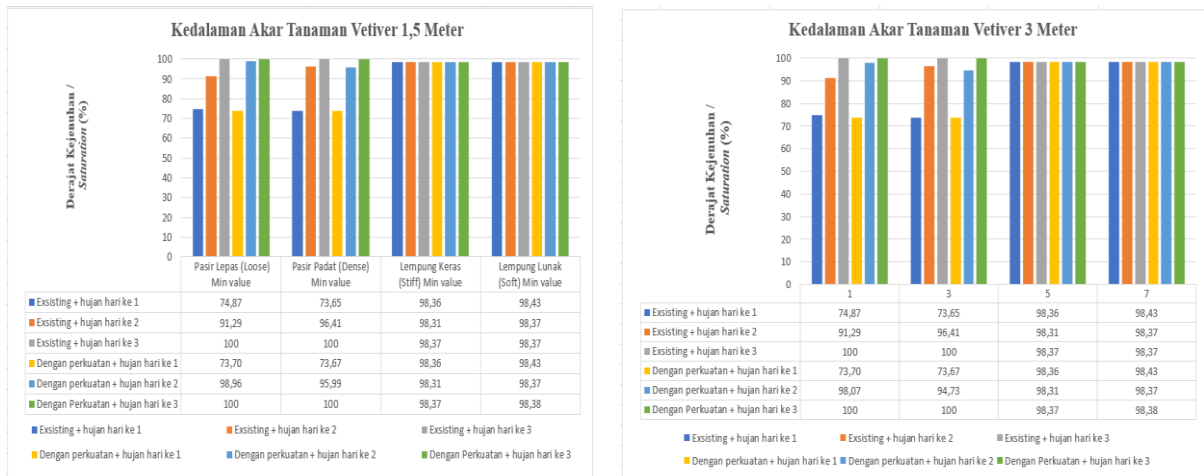
Kondisi	Nilai <i>Safety Factor</i> Dengan Akar 1,5 meter dan Hujan			
	Konsistensi tanah			
	Pasir Lepas (Loose)	Pasir Padat (Dense)	Lempung Kaku (Stiff)	Lempung Lunak (Soft)
SF AKTIV PERKUATAN	1,434	2,723	2,534	1,562
SF AKTIV PERKUATAN + HUJAN H1	1,426	2,673	2,535	1,578
SF AKTIV PERKUATAN + HUJAN H2	1,341	2,610	2,545	1,578
SF AKTIV PERKUATAN + HUJAN H3	1,314	2,565	2,546	1,577

Kondisi	Nilai <i>Safety Factor</i> Dengan Akar 3 meter + Hujan			
	Konsistensi tanah			
	Pasir Lepas (Loose)	Pasir Padat (Dense)	Lempung Kaku (Stiff)	Lempung Lunak (Soft)
SF AKTIV PERKUATAN	1,535	2,807	2,541	1,571
SF AKTIV PERKUATAN + HUJAN H1	1,502	2,755	2,551	1,585
SF AKTIV PERKUATAN + HUJAN H2	1,441	2,698	2,549	1,584
SF AKTIV PERKUATAN + HUJAN H3	1,390	2,647	2,552	1,584



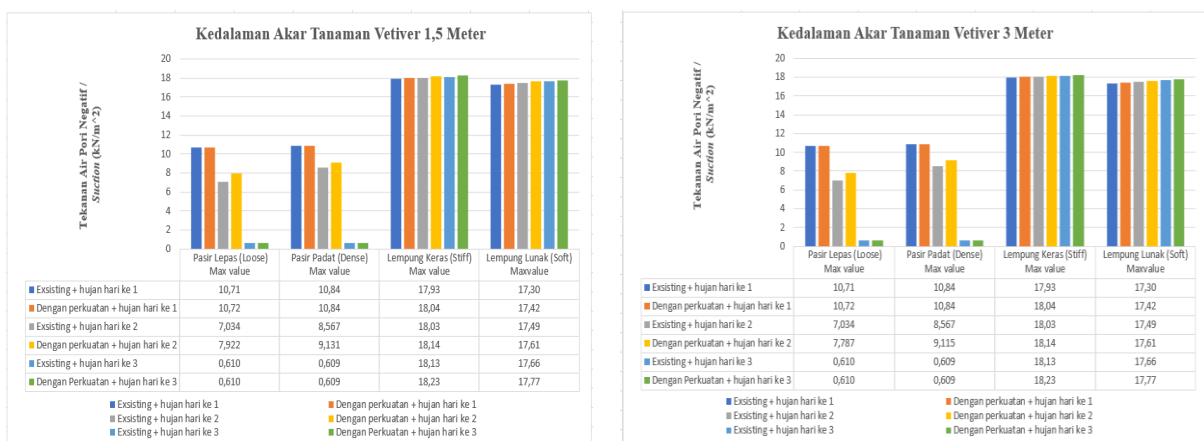
Gambar 3. Barchart Persentase Penurunan Nilai *Safety Factor* Dengan Akar Kedalaman 1.5 & 3 Meter Akibat Pengaruh Infiltrasi Air Hujan (%)

4.4 Nilai Nilai Derajat Kejenuhan / *Saturation*



Gambar 4. Barchart Nilai Derajat Kejenuhan / *Saturation* Kedalaan Akar Tanaman Vetiver 1,5 dan 3 Meter

4.5 Nilai Tekanan Air Pori Negatif / *Suction*



Gambar 5. Barchart Tekanan Air Pori Negatif / *Suction* Kedalaan Akar Tanaman Vetiver 1,5 dan 3 Meter

5. KESIMPULAN

1. Peningkatan terbesar nilai *safety factor* setelah adanya perkuatan akar tanaman vetiver terjadi pada tanah pasir, terutama jenis tanah pasir lepas / *loose sand* dengan usia akar sekitar 1 tahun dan kedalaman akar 3 meter, dengan nilai 11,880 %. Untuk jenis tanah lempung pengaruh perkuatan akar vetiver tidak terlalu signifikan, pada tanah lempung lunak / *soft clay* ketika kedalaman akar masih 1,5 meter, akar vetiver tidak berpengaruh terhadap kestabilan lereng, hal ini dikarenakan kedalaman akar vetiver belum menembus bidang gelincir, namun ketika umur akar tanaman vetiver sekitar 1 tahun, dengan kedalaman akar 3 meter, terjadi kenaikan nilai *safety factor*, persentase kenaikan yang didapat hanya 0,448 %.
2. Penurunan terbesar nilai *safety factor* akibat adanya infiltrasi air hujan dengan intensitas 150 mm/hari pada kondisi eksisting terjadi pada tanah pasir lepas / *loose sand* dengan nilai penurunan 10,641 % yang terjadi pada hari ke 3, namun ketika kondisi dengan perkuatan

akar sedalam 3 meter, persentase penurunan akibat adanya infiltrasi hujan menjadi 9,446 % pada hari ke 3. Walaupun perkuatan dengan akar sedalam 3 meter mampu mengurangi persentase penurunan nilai *safety factor*, kondisi lereng tetap tidak stabil dengan nilai *safety factor* 1,390.

3. Untuk tanah lempung kaku / *clay stiff* dan lempung lunak / *soft clay* pengaruh infiltrasi air hujan dengan intensitas 150 mm/hari, tidak terjadi penurunan nilai *safety factor*, baik dalam kondisi eksisting maupun ketika adanya perkuatan dan kondisi lereng masih dalam keadaan stabil.
4. Nilai derajat kejenuhan / *saturation* berpengaruh akibat intensitas curah hujan serta lamanya hujan itu terjadi. Semakin lama hujan, maka persentase nilai derajat kejenuhan akan semakin meningkat. Untuk tanah pasir terlihat nilai *manimim value* dari hari ke 1 sampai ke 3 mengalami peningkatan hingga mencapai 100 %, yang artinya di hari ke 3 pada titik itu, semua pori-pori tanah terisi oleh air, dan tidak ada ruang untuk udara. Namun untuk tanah lempung, persentase nilai yang didapat naik turun.
5. Nilai tekanan air pori negatif / *suction* berpengaruh akibat intensitas curah hujan serta lamanya hujan itu terjadi. Semakin lama hujan, maka nilai tekanan air pori negatif akan semakin mengecil. Untuk tanah pasir terlihat nilai maximum value dari hari ke 1 sampai ke 3 mengalami penurunan nilai hingga mencapai 0,610 kN/m² untuk tanah pasir lepas, dan 0,609 kN/ m² untuk tanah pasir padat.
6. Berbeda dengan tanah pasir, kondisi tanah lempung pada tekanan air pori negatif / *suction*, nilai *maximum value* terjadi kenaikan, baik dalam kondisi eksisting maupun setelah adanya perkuatan akar tanaman vetiver. Terlihat nilai *maximum value* dari hari ke 1 samapai ke 3 mengalami kenaikan hingga 18,23 kN/m² untuk tanah lempung kaku, dan 17,77 kN/m² untuk tanah lempung lunak di hari ke 3 dalam kondisi dengan akar tanaman vetiver. Kenaikan nilai tekanan air pori negatif / *suction* bisa terjadi karena nilai permabilitas untuk tanah lempung pada penelitian ini terlalu rendah, yang memebuat proses masuknya air kedalam tanah semakin lama dan membuat nilai tekanan air pori negatif / *suction* meningkat.
7. Akar tanaman vetiver dapat memperlambat turunya nilai tekanan air pori negatif / *suction*, dapat dilihat pada Gambar 5 untuk tanah pasir lepas ketika kondisi eksisting + hujan hari ke 2 nilai yang didapat 7,034 kN/m² sedangkan setelah adanya akar tanaman vetiver + hujan hari ke 2 nilai yang didapat 7,922 kN/m² pada kedalaman akar 1.5 meter dan 7,787 kN/m² pada kedalaman akar 3 meter.

DAFTAR RUJUKAN

- Hamdhan, I. N., Santi Pratiwi, D., Adisya, R., & Rahmah, K. (2020). Analisis Stabilitas pada Lereng dengan Perkuatan Tanaman Vetiver Menggunakan Metode Elemen Hingga 3D. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 26(2), 174–182.
- Pratiwi, D. S., Lesmana, N., & Hamdhan, I. N. (2020). *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Model Numerik 3 Dimensi Studi Kasus Lereng Sekolah Terpadu di Kecamatan Jonggol Bogor*. 03(02), 55–63.
- PUPR, K. (2009). Penanaman Rumput Vetiver untuk Pengendalian Erosi dan Pencegahan Longsoran Dangkal pada Lereng Jalan. In *Kementrian PUPR*.
- Putra, H. (2014). *Pengaruh Infiltrasi Terhadap Perubahan Parameter Tanah Jenuh Sebagian Dalam Analisis Stabilitas Lereng*. August, 1–246.
- Warman, R. S. (2019). *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Pondasi*. 1–94.