

Pengaruh Kekuatan Dan Gaya Tarik Akar Bambu Terhadap Stabilitas Tanah Pada Lereng

Ismail¹, Mukhsin², Khaizal³

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

email : ismailskf@gmail.com

Abstract

Landing and erosion are frequent disasters on natural slopes. The root of the tree as a reinforcement plays an important role in protecting the soil mass. Bamboo plants have a root system of fibers with very strong rhizome roots, although the roots of bamboo tree fibers are very resistant to exposure to strong winds. Therefore, the root of the bamboo is investigated whether it affects the shear strength of soil stability. This study aims to determine the value of tensile strength of the roots that can affect the shear strength of the soil on the slope. The results obtained in field research based on graphs are tensile strength tends to increase with increasing number and diameter of the roots. Meanwhile, the root tensile strength of less than three tends to decrease significantly, while the number of roots more than three root tensile strength does not decrease significantly.

Keywords: Bamboo Root, Drag Style, Tensile Strength, Slope Stability.

Abstrak

Kelongsoran dan erosi merupakan bencana yang sering terjadi pada lereng-lereng yang alami.. Akar pohon sebagai perkuatan berperan penting dalam melindungi massa tanah. Tanaman bambu mempunyai sistem perakaran serabut dengan akar rimpang yang sangat kuat, meskipun berakar serabut pohon bambu sangat tahan terhadap terpaan angin kencang. Oleh karena itu, akar bambu yang diteliti apakah berpengaruh terhadap kekuatan geser terhadap stabilitas tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai kekuatan tarik akar yang dapat mempengaruhi kekuatan geser tanah pada lereng. Hasil yang didapat pada penelitian di lapangan berdasarkan grafik adalah gaya tarik akar cenderung meningkat seiring bertambahnya jumlah dan diameter akar. Sementara, kekuatan tarik akar yang kurang dari tiga cenderung menurun dengan signifikan, sedangkan jumlah akar lebih dari tiga kekuatan tarik akar tidak menurun secara signifikan.

Kata Kunci : Akar Bambu, Gaya Tarik, Kekuatan Tarik, Stabilitas Lereng.

1. Pendahuluan

Pada musim hujan kebanyakan lereng akan mengalami kelongsoran dan erosi, hal ini berakibat terjadinya penurunan kuat geser pada tanah. Pada lereng yang bersudut kritis, jenis tanah berbatuan kurang padat dan ketinggian lereng dapat menyebabkan stabilitas pada lereng berkurang.

Faktor kegagalan suatu lereng dapat dikaitkan dengan keadaan cuaca, jenis tanah, sudut lereng, topografi, atau gabungan faktor-faktor ini. Pada kawasan lembah perbukitan yang membentuk aliran sungai dapat terjadi keruntuhan pada suatu lereng karena perubahan tinggi muka air sungai dan aliran air yang melewati lereng, sehingga butir-butir tanah yang tergerus air dapat mengakibatkan terjadinya longsor. Tanah longsor sering terjadi di

seluruh dunia, maupun Indonesia khususnya Aceh. Provinsi Aceh merupakan salah satu daerah yang sering mengalami tanah longsor.

Sebagian besar lereng ditumbuhi dengan pohon-pohon besar baik di bagian atas, tengah dan bawah lereng. Pohon besar yang tumbuh pada jenis tanah dan sudut lereng yang kritis dengan hujan lebat berkelanjutan dapat menyebabkan tanah berisiko terjadinya longsor. Jumlah dan diameter akar juga menjadi salah satu faktor terjadinya longsor, yang disebabkan oleh jumlah akar didalam tanah yang sangat padat. Curah hujan yang sangat tinggi menyebabkan longsor-longsor kecil pada lereng yang bersudut kritis dan jenis tanah kurang padat dapat menyebabkan kestabilan lereng berkurang dengan

akar-akar yang tidak menembus bidang longsor (*slip surface*).

Dengan karakteristik perakaran seperti itu, memungkinkan tanaman ini menjaga sistem hidrologis yang menjaga ekosistem tanah dan air, sehingga dapat dipergunakan sebagai tanaman konservasi. Penyebaran akar bambu yang semakin padat pada bagian lereng dan curah hujan intensitas yang tinggi dengan laju infiltrasi air kedalam tanah akan dilihat apakah kekuatan tarik akar dan gaya tarik akar masih berpengaruh terhadap kestabilan tanah pada lereng.

2. Tujuan Pustaka

2.1 Stabilitas Lereng

Keruntuhan suatu lereng terjadi akibat meningkat tegangan geser dan menurunnya kuat geser pada bidang longsor secara simultan. Stokes, et al[1] mengemukakan stabilitas lereng sebelum dan sesudah adanya pohon, kekuatan geser yang disumbangkan oleh akar adalah sangat penting. Klasifikasi pada lereng yang perlu diperhatikan ada tiga, yaitu :

1. Lereng bersudut lebih kecil dari 20° ;
2. Lereng berbahaya bersudut 20° hingga 30° ; dan
3. Lereng kritis bersudut lebih dari 30°

2.2 Vegetasi Tanaman Bambu

Dalam ilmu teknik sipil khususnya bidang geoteknik, dikenal dua terminologi yang lebih spesifik yaitu *biotechnical stabilization* yaitu kombinasi penggunaan material hidup dengan material buatan (*hard structures*) untuk memperkuat tanah serta menstabilkan lereng dan soil bioengineering yaitu penggunaan tanaman hidup dengan bagian-bagian dari tanaman seperti akar, cabang dan ranting serta batangnya yang berfungsi sebagai struktur utama Redfield[2].

2.3 Pengaruh Vegetasi Terhadap Stabilitas Tanah

Menurut Abe dan Ziemer[3] akar tanaman dapat membantu menjaga stabilitas lereng melalui peningkatan kekuatan geser tanah ditaksir dengan mengukur kerapatan panjang akar dan kekuatan geser tanah pada kedalaman 0 - 5 cm Ziemer[3] pada jarak 50, 100, 150 dan 200 cm dari tanaman. Kekuatan geser tanah bervariasi besarnya, tergantung pada kekuatan akar dan kemampuan tanah dalam mengikat air pada pori-pori tanah.

2.4 Kuat Geser Tanah

Pertambahan nilai kekuatan tegangan (Δs) dimasukkan ke dalam persamaan kekuatan geser adalah penting dalam menilai kontribusi kuantitatif akar vegetasi untuk stabilitas lereng dan model keadaan kesimbangan batas. Asumsi bahwa akar vertikal adalah kuat dalam tanah, kekuatan tegangan merupakan mobilisasi sepenuhnya untuk menganggap nilai Δs seperti yang dikemukakan oleh Wu[4]. Kekuatan geser tidak dapat dipisahkan dengan parameter kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ). Kuat geser dinyatakan dalam rumus:

$$S = c + \sigma_n \tan \phi \dots\dots\dots 1)$$

dimana :

- S = Kekuatan geser (kg/cm²)
 σ_n = Tegangan total (kg/cm²)
 ϕ = Sudut geser dalam (ϕ)
 c = Kohesi (kg/cm²)

2.5 Kuat Tarik Akar Bambu

Menurut Genet, dkk[5], panjang setiap sampel adalah sekitar 15 kali diameter akar dilakukan di laboratorium. Kekuatan tarik akar diselidiki dengan gaya (N) dan diameter (mm²), seperti persamaan berikut:

$$t_{r(f)} = \frac{4F}{\pi d^2} \dots\dots\dots 2)$$

dimana:

- $t_r(f)$ = kekuatan tarik akar individu (MPa);
 F = beban maksimum pada titik pecah (N);
 d = diameter akar rata-rata di tiga titik (mm).

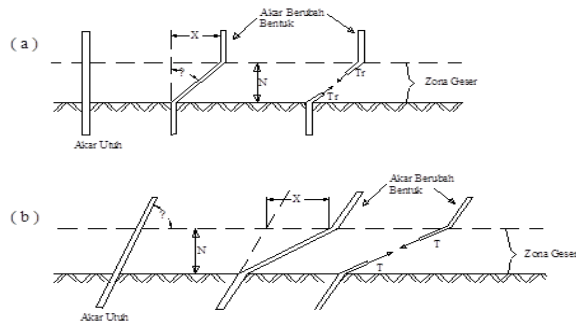
Kekuatan tegangan akar tergantung kepada panjang dan vertikal akar dalam tanah yang dapat menyebabkan mobilisasi kekuatan tegangan. Jika tegangan akar mencukupi panjangnya masuk ke tanah, maka t_r dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut.

$$t_r = T_r \frac{Ar}{A} \dots\dots\dots 3)$$

dimana:

- T_r = tegangan tarik akar;
 A = luas permukaan geser tanah;
 Ar = perpotongan total luas semua akar melintasi permukaan geser;
 Ar/A = bidang rasio akar; dan
 t_r = kekuatan tarik.

Model keseimbangan gaya sebagaimana yang ditunjukkan Gambar 1 dikembangkan untuk menghitung kuat geser akibat akar vertikal.



Gambar 1 : Model Penguatan Akar: (a) Akar Vertikal; (b) Akar Miring
Sumber : Wu[4]

2.6 Uji Anova

Untuk menguji hipotesis didalam analisis varian (Anova) menggunakan peralatan uji-F (F-test). Beberapa asumsi yang harus dipenuhi pada uji Anova adalah;

1. varian homogen;
2. sampel/kelompok independen;
3. data terdistribusi normal;
4. jenis data yang dihubungkan adalah kategori dengan numeric (kategori yang lebih dari dua kelompok).

2.7 Analisa Regresi

Untuk menganalisis bentuk hubungan dua variabel dipakai analisis regresi. Data yang diperoleh dari pengujian masing-masing diplot pada suatu sumbu salib dan akan membentuk titik pancar yang disebut diagram pancar (*scatter plot*). Data-data tersebut merupakan jumlah akar (sumbu y) dan diameter akar (sumbu x).

3. Metode Penelitian

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi pada penelitian ini berada di Kecamatan Seulimeum, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Penelitian akan dilakukan pada dua lokasi yaitu lokasi lereng normal dan lokasi banjir bandang dengan akar bambu setelah banjir bandang.

3.2 Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahannya, meliputi :

1. Studi pustaka terhadap permasalahan yang ada, sehingga garis besar penelitian dapat ditentukan ;
2. Menentukan kebutuhan data ;
3. Survei langsung ke lokasi untuk mengetahui kondisi lapangan.

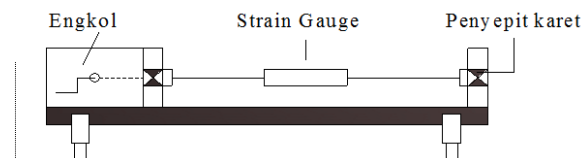
3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Data primer

Data primer adalah data yang didapat dari pengamatan langsung peneliti pada lokasi penelitian. Adapun data primer adalah pengujian gaya kekuatan tarik akar bambu di lapangan, pengambilan sampel tanah dan pengujian di laboratorium.

3.3.1.1 Pengujian kekuatan tarik akar bambu di lapangan

Pengujian ini dilakukan dengan alat pencatat (*strain gauge*) jenis Handifor 100 (maksimum 100 N) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan untuk menentukan kekuatannya digunakan persamaan (2-1). Pengujian gaya tarik akar bambu dilaksanakan di dua lokasi masing-masing 30 sampel dengan jumlah total 60 sampel.



Gambar 2 : Alat Tarik Akar Bambu



Gambar 3 : Alat Ukur (*handyfor* 100 kg)
Sumber:[http://www.directindustry.com/prod/tracel/product\[1\]](http://www.directindustry.com/prod/tracel/product[1])

3.3.1.2 Pengambilan sampel tanah

a. Tanah terganggu (*disturbed sample*)

Pengambilan sampel tanah terganggu terlebih dahulu dilakukan pembersihan terhadap

permukaan tanah yang akan digali dengan kedalaman kira-kira 25 - 30 cm. Hal ini bertujuan untuk menghindari lapisan tanah humus dan akar rerumputan yang tidak diinginkan pada tanah tersebut. Sampel yang diambil kira-kira 5 kg.

b. Tanah terganggu (*disturbed sample*)

Pengambilan tanah dilakukan dengan menggunakan tabung (*tube*) yaitu tabung khusus dari besi yang kedua ujungnya terbuka. Sebelum pengambilan terlebih dahulu tabung (*tube*) diolesi oli pada bagian dalamnya. Pada saat pengambilan, permukaan tanah digali sedalam 30 cm kemudian tabung diletakkan tegak lurus pada permukaan tanah, lalu papan papan kayu diletakkan di atas tabung (*tube*) setelah itu dipukul menggunakan palu sampai permukaan tabung (*tube*) bagian atas sejajar dengan permukaan tanah.



Gambar 4 : Sketsa Pengambilan Sampel Tanah Tak Terganggu.

3.3.1.3 Pengujian di laboratorium

Data pengujian akan diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Syiah Kuala. Data tanah yang diperlukan pada penelitian tanah untuk analisa stabilitas lereng pada lokasi lereng normal dan banjir bandang meliputi:

1. Sifat-sifat fisis, meliputi : kadar air tanah, specific gravity (SG), berat volume tanah, batas cair dan plastis, analisa ukuran butiran.
2. Sifat Mekanis, meliputi : permeabilitas dan direct shear test.

3.3.2 Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh penulis berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen yang berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

3.4 Analisis dan Pengolahan Data

Analisis data kajian terhadap pengujian kekuatan tarik serat/akar vegetasi dengan menggunakan program Microsoft Excel dan hasil hubungan tegangan akar dalam bentuk grafik.

Hubungan Gaya tarik akar dapat dimodelkan dengan persamaan regresi sebagai berikut :

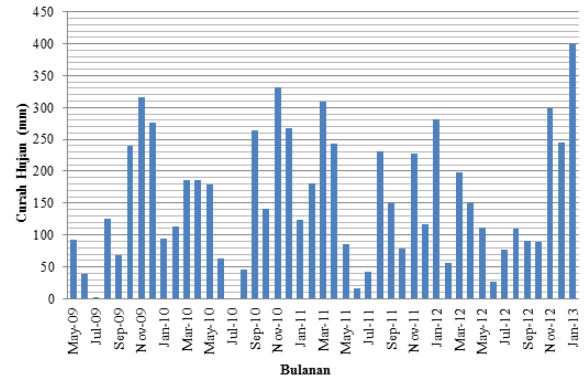
$$tr = a + bx \dots\dots\dots 4)$$

dimana :

- tr = kekuatan tarik setiap luasan unit
- x = jumlah vegetasi\

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Curah Hujan



Gambar 5 : Grafik Curah Hujan Bulana Kecamatan Seulimum Sumber : BMKG Indrapuri

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa curah hujan bulanan dari may 2009 sampai dengan januari 2013 pada Kecamatan Seulimeum memiliki nilai curah hujan bulanan maksimum pada Januari 2013 yaitu sebesar 400 mm. Sementara, curah hujan bulanan minimum pada Juli 2010 yaitu sebesar 0 mm (tidak terjadi hujan pada bulan tersebut).

4.2 Sifat Fisis Tanah

4.2.1 Karakteristik Tanah

Tabel 1. Karakteristik Sifat Fisis Tanah

Parameter	Lereng Normal	Banjir Bandang
Kadar Air w (%)	11,96	35,99
Specific Gravity (SG)	2,69	2,58
Berat Volume Tanah (gr/cm ³)	1,763	1,759

Hasil pengujian tersebut dapat diambil rata-rata kadar air pada tanah tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah yang berasal dari lokasi lereng normal memiliki kadar air sebesar 11,96%. Sementara, untuk lokasi banjir bandang dengan kadar air yaitu sebesar 35,99%.

Kohesi (c)	0,53	0,77	0,20	0,285	0,275	0,29
Sudut Geser Dalam (φ)	20	10	29	10	10	16

Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai sudut geser dalam (φ) rata-rata pada lokasi normal adalah 19,67° dan nilai kohesi (c) yaitu sebesar 0,50 kg/cm². Sementara, untuk lokasi banjir bandang nilai sudut geser dalam (φ) rata-rata adalah 12° dan nilai kohesi (c) yaitu sebesar 0,283 kg/cm².

4. 2.1 Karakteristik Tanah

Tabel 2. Batas-Batas Konsistensi dan Analisa Butiran

Parameter	Lereng Normal	Banjir Bandang
Batas Cair LL (%)	39,63	53,80
Batas Plastis PL (%)	36,52	35,74
Indeks Plastisitas IP (%)	3,11	18,06
Lolos #200 (%)	56,04	93,08
Lolos #40 (%)	74,92	97,50
Lolos #10 (%)	96,24	99,82

Tabel 3. Kasifikasi Tanah Sistem AASTHO dan USCS

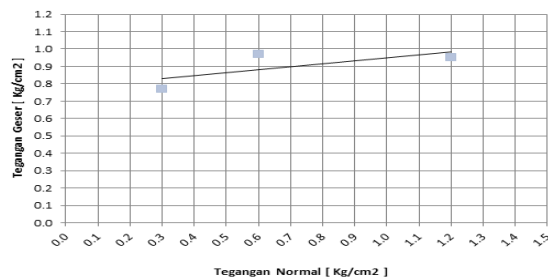
Berdasarkan	AASTHO		USCS	
Lokasi Lereng	Simbol	Deskripsi Tanah	Simbol	Deskripsi Tanah
Normal	A-4	Lanau	ML	Lanau Anorganik
Banjir Bandang	A-7-5	Lempung	CL	Lempung Anorganik

4. 3 Permeabilitas

Tabel 4. Hasil Pengujian Permeabilitas

Lokasi	Permeabilitas (cm/jam)	Kelas
Lereng Normal	7,21	Sedang
Banjir Bandang	8,04	Sedang

4. 4 Kuat Geser Tanah

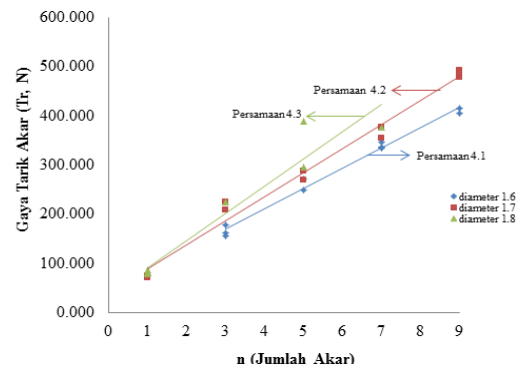


Gambar 6 : Grafik Jalur Keruntuhan/Jalur Tegangan

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Uji Direct Shear

Lokasi Lereng	Normal			Banjir Bandang		
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Parameter						

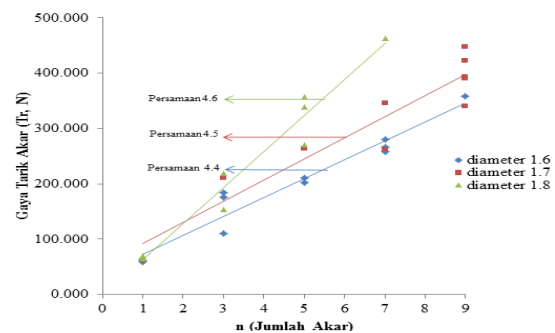
4. 5 Gaya Tarik Terhadap Diameter Akar Bambu



Gambar 7 : Grafik Hubungan Gaya Tarik (Tr) dengan Jumlah Akar di Lokasi Lereng Normal

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai gaya tarik akar meningkat secara signifikan seiring bertambahnya jumlah dan diameter akar. Berdasarkan grafik di atas didapatkan persamaan sebagai berikut:

$Tr_{1,6} = 41,18n + 46.431 \quad R^2 = 0,9875$4)
 $Tr_{1,7} = 49,101n + 38.681 \quad R^2 = 0,9885$5)
 $Tr_{1,8} = 55,604n + 34.716 \quad R^2 = 0,9317$6)



Gambar 8 : Grafik Hubungan Gaya Tarik (Tr) dengan Jumlah Akar di Lokasi Banjir Bandang

Berdasarkan Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai gaya tarik akar meningkat secara signifikan dengan jumlah dan diameter akar

bertambah. Pada diameter yang sama di setiap lokasi, bahwa nilai gaya tarik akar (kN) pada lokasi lereng normal lebih besar dibandingkan dengan nilai gaya tarik akar (kN) pada lokasi banjir bandang. didapatkan persamaan berdasarkan hubungan antara gaya tarik akar dengan n (jumlah akar) pada lokasi banjir bandang adalah sebagai berikut:

$$Tr_{1,6} = 34.172n + 38.236 \quad R^2 = 0.9413 \dots\dots\dots 7)$$

$$Tr_{1,7} = 38.129n + 54.24 \quad R^2 = 0.889 \dots\dots\dots 8)$$

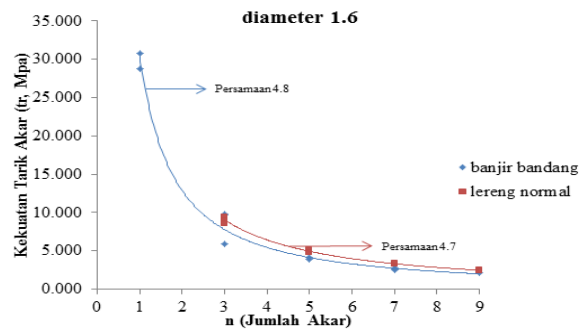
$$Tr_{1,8} = 65.254n - 2.4802 \quad R^2 = 0.9614 \dots\dots\dots 9)$$

Dimana :

Tr = Gaya tarik akar (kN);

n = Jumlah akar.

4.6 Gaya Tarik Terhadap Jumlah akar Bambu

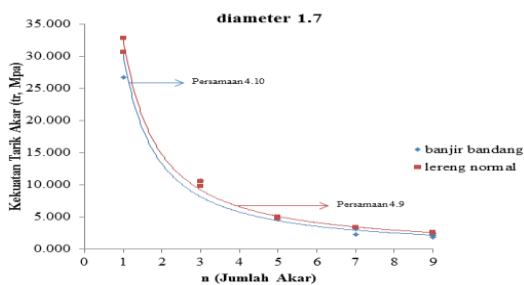


Gambar 9 : Grafik Hubungan Kekuatan Tarik (tr) dengan Jumlah Akar pada Diameter 1,6 mm

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa jumlah akar bambu kurang dari tiga, maka kekuatan tarik akar menurun secara signifikan. Sementara, jumlah akar lebih dari tiga bahwa kekuatan tarik akar tidak menurun secara signifikan. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa hubungan antara kekuatan tarik dengan n (jumlah akar) pada diameter 1,6 mm, didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$tr_n = 33.346n - 1.19 \quad R^2 = 0.9967 \dots\dots\dots 10)$$

$$tr_{bb} = 30.585n - 1.248 \quad R^2 = 0.9772 \dots\dots\dots 11)$$

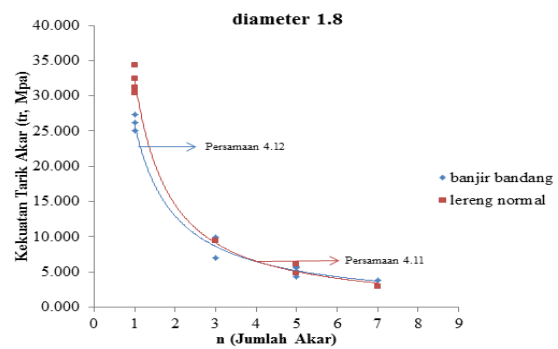


Gambar 10 : Grafik Hubungan Kekuatan Tarik (tr) dengan Jumlah Akar pada Diameter 1,7 mm

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa kekuatan tarik akar bambu dengan jumlah kurang dari tiga menurun secara signifikan. Sedangkan, jumlah akar lebih dari tiga cenderung lebih stabil. Gambar 10 didapatkan persamaan berdasarkan hubungan antara kekuatan tarik dengan n (jumlah akar) pada diameter 1,7 mm adalah sebagai berikut:

$$tr_n = 32.958n - 1.16 \quad R^2 = 0.9965 \dots\dots\dots 12)$$

$$tr_{bb} = 30.504n - 1.201 \quad R^2 = 0.9686 \dots\dots\dots 13)$$



Gambar 10 : Grafik Hubungan Kekuatan Tarik (tr) dengan Jumlah Akar pada Diameter 1,8 mm

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa kekuatan tarik akar akan menurun secara signifikan dengan jumlah akar kurang dari tiga dan mulai stabil dengan jumlah akar lebih dari tiga. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa pada lokasi lereng normal memiliki nilai kekuatan tarik lebih besar dibandingkan lokasi banjir bandang. Gambar 10 didapatkan persamaan berdasarkan hubungan antara kekuatan tarik dengan jumlah akar pada diameter 1,8 mm adalah sebagai berikut:

$$tr_n = 32.42n - 1.157 \quad R^2 = 0.9900 \dots\dots\dots 12)$$

$$tr_{bb} = 25.918n - 1.002 \quad R^2 = 0.9770 \dots\dots\dots 13)$$

Dimana :

tr = Kekuatan tarik akar (MPa)

n = Jumlah akar

4.7 Hasil Analisis Anova Terhadap Kekuatan Tarik Akar

Tabel 6. Hasil Analisis Anova terhadap Kekuatan Tarik terhadap Diameter Akar

Diameter	Lokasi		Lokasi	
	Lereng Normal	Banjir Bandang	Lereng Normal	Banjir Bandang
	F hitung	F tabel	F hitung	F tabel

(mm)				
1,6	77,585	5,32	18,239	5,12
1,7	24,427	4,96	27,109	5,32
1,8	45,098	5,99	30,964	5,59

Tabel 8 menunjukkan bahwa pada kedua lokasi memiliki nilai Fhitung lebih besar dari Ftabel, maka pengaruh peningkatan kekuatan tarik terjadi secara signifikan. Pada lokasi banjir bandang memiliki nilai Fhitung lebih kecil dibandingkan dengan nilai Fhitung lokasi lereng normal, oleh karena itu kekuatan tarik akar lereng normal masih sangat berpengaruh.

4.7 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengklasifikasian sistem AASHTO pada lokasi lereng normal termasuk kelompok A-4 merupakan jenis tanah berlanau dan lokasi banjir bandang termasuk kelompok A-7-5 merupakan jenis tanah berlempung. Sedangkan berdasarkan USCS klasifikasi tanah pada lokasi lereng normal diklasifikasikan dalam jenis ML merupakan tanah lanau anorganik dan lokasi banjir bandang dalam jenis CI merupakan tanah lempung anorganik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gaya tarik akar (Tr) meningkat secara signifikan dengan jumlah dan diameter akar bertambah. Pada kedua lokasi dengan jumlah dan diameter akar yang sama bahwa pada lokasi lereng normal memiliki nilai gaya tarik akar lebih besar dibandingkan dengan lokasi banjir bandang. Berdasarkan hasil penelitian dari kuat tarik akar bambu dikelompokkan berdasarkan diameter akar yaitu 1,6 mm, 1,7 mm dan 1,8 mm. Pengujian kuat tarik akar bambu dilakukan pada dua lokasi yaitu lokasi lereng normal dan lokasi banjir bandang. Kekuatan tarik akar (tr) cenderung menurun dengan stabil pada jumlah akar yang lebih dari 3 (tiga), sedangkan jumlah akar kurang dari 3 (tiga) kekuatan tarik akar menurun dengan signifikan. Hasil pengujian kekuatan tarik akar pada diameter 1,6 tidak jauh berbeda dengan hasil yang didapat pada diameter 1,7 mm dan 1,8 mm. Pada diameter 1,6 didapatkan hasil perbandingan yang menunjukkan bahwa pada lokasi lereng normal memiliki nilai kekuatan tarik (tr) lebih besar dibandingkan lokasi banjir bandang

5. Kesimpulan

Kegagalan suatu lereng dapat dikaitkan dengan keadaan cuaca, jenis tanah, sudut lereng, topografi, atau gabungan faktor-faktor ini. Hasil pengklasifikasian sistem AASHTO pada lokasi

lereng normal termasuk kelompok A-4 merupakan jenis tanah berlanau dan lokasi banjir bandang termasuk kelompok A-7-5 merupakan jenis tanah berlempung. Berdasarkan USCS klasifikasi tanah pada lokasi lereng normal diklasifikasikan dalam jenis ML merupakan tanah lanau anorganik dan lokasi banjir bandang dalam jenis CI merupakan tanah lempung anorganik. Pada kedua lokasi penelitian memiliki nilai permeabilitas yang sedang. Gaya tarik akar (Tr, N) meningkat secara signifikan seiring bertambahnya jumlah dan diameter akar. Pada lokasi lereng normal memiliki nilai kekuatan tarik (tr, Mpa) lebih besar dibandingkan lokasi banjir bandang.

6. Daftar Pustaka

- [1] N. Stokes, Barij, A. Bogaard, T. Van Beek, L.P.H., 2007, *Does growing on a slope affect tree xylem structure and water relations*, *Tree Physiol*, (278): 11-22.
- [2] Redfield, E. 2000. *Soil Bioengineering and Biotechnical Stabilization, Renewable Resources 575 Advanced Revegetations*, University of Alberta.
- [3] Abe K., and R. R. Ziemer. 1991. *Effect of tree roots on shallow-seated land slides*. USDA forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GT 130: 11-20.
- [4] Wu, T.H. 2012. *Root reinforcement of soil: review of analytical models, test results and applications to design*. Published by NRC Research Press. Can. Geotech. J. (50): 259-274.
- [5] Genet M, Stokes A, Salin F, Mickovski SB, Fourcaud T, Dumail J-F, van Beek R (2005). *The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots*. *Plant Soil*, 278: 1-9.