

## PENGARUH KEKUATAN TARIK AKAR BAMBUSA PADA KONTRIBUSI KUAT GESER TANAH TERHADAP STABILITAS LERENG

Rizki Ramadhan<sup>1</sup>, Mukhsin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,  
email: rizkiramadhan0459@gmail.com

<sup>2</sup>) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,  
email: mukhsin.abubakar@unsyiah.ac.id

**Abstract:** Continuous heavy rain on the slopes and some large tree roots that do not penetrate the slip surface can lead to progressive failure of landslide slopes. This is due to the large trees located at the top and the middle of the landslide area can reduce the stability of the slope. Various factors such as mechanics and hydrology in determining slope stability need to be considered. The phenomenon and mechanism of bamboo tree factors that lie below the slopes as the focus of research on root tensile strength of root-soil interacting. This study aims to determine the pull force and tensile strength due to root-soil interaction to the contribution of shear strength in the lower slopes. Field testing uses the root pull method by observing the diameter and number of roots. The test was performed with a tripod device equipped with strain gauge as a recording instrument on saturated soil conditions. The soil samples were taken from the study site to test the physical and mechanical properties of the soil. The result of the test shows that the soil type at the research location is inorganic silt. The results showed that the root pull force increased significantly against the increase in the number and diameter of the roots. In contrast, the tensile strength of roots in any land area decreases with increasing number of roots. Based on the graph shows that the number of roots more than five began not significant to tensile strength. Apparently, bamboo roots are dense and spread below the slopes, then the tensile strength of the roots that interact with the soil begins to stabilize. The tensile strength of the bamboo root results in additional cohesion values

**Keywords :** root tensile strength, cohesion addition, soil shear strength

**Abstrak:** Hujan lebat yang berkelanjutan pada lereng dan sebagian akar-akar pohon besar yang tidak menembus bidang longsor (*slip surface*) dapat menyebabkan terjadinya kegagalan progresif terhadap longsor lereng tanah. Hal ini, disebabkan karena pohon besar yang terletak di bagian atas dan tengah bidang longsor dapat mengurangi stabilitas lereng. Berbagai faktor seperti mekanika dan hidrologi dalam menentukan stabilitas lereng perlu dipertimbangkan. Fenomena dan mekanisme faktor pohon bambu yang berada di bawah lereng sebagai fokus penelitian mengenai kekuatan tarik akar yang berinteraksi akar-tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan gaya cabut dan kekuatan tarik akibat interaksi akar-tanah terhadap kontribusi kuat geser di lereng bagian bawah. Pengujian di lapangan menggunakan metode gaya cabut akar dengan mengamati variabel diameter dan jumlah akar. Pengujian dilakukan dengan alat *tripod* yang dilengkapi *strain gauge* sebagai instrumen pencatat pada kondisi tanah jenuh. Sampel tanah diambil dari lokasi penelitian untuk dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis tanah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jenis tanah pada lokasi penelitian adalah lanau anorganik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gaya cabut akar meningkat sangat signifikan terhadap pertambahan jumlah dan diameter akar. Sebaliknya, kekuatan tarik akar dalam setiap luasan tanah menurun seiring bertambah jumlah akar. Berdasarkan grafik menunjukkan bahwa jumlah akar lebih dari lima mulai tidak signifikan terhadap kekuatan tarik. Ternyata, perakaran bambu yang padat dan penyebaran di bawah lereng, maka kekuatan tarik akar yang berinteraksi dengan tanah mulai stabil. Kekuatan tarik akar bambu menghasilkan nilai kohesi tambahan kepada kuat geser akibat interaksi dengan tanah terhadap stabilitas di bawah lereng.

**Kata kunci :** kekuatan tarik akar, kohesi tambahan, kuat geser tanah

Bencana merupakan peristiwa atau rangkaian yang mengganggu kehidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam, non-alam maupun faktor manusia. Salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia adalah banjir bandang. Bencana banjir bandang merupakan peristiwa banjir cepat, sebagaimana yang terjadi di Kecamatan Seulimeum, Aceh Besar pada tanggal 2 Januari 2013. Curah hujan yang sangat tinggi menyebabkan longsor-longsor kecil pada daerah lereng yang bersudut kritis dan jenis tanah kurang padat dan ketinggian bukit dapat menyebabkan kestabilan tanah berkurang dengan akar-akar yang tidak menembus bidang longsor (*slip surface*). Dampak dari longsor-longsor tersebut menyebabkan ikut terbawa pohon yang berada di sekitarnya. Lama-kelamaan tanah hasil longsor tersebut bercampur dengan vegetasi dan air hujan mengalir ke bawah lereng secara bersamaan. Pada saat curah hujan menjadi maksimal yang menyebabkan longsor-longsor yang terjadi sangat besar dan menghancurkan segala sesuatu yang dilaluinya dengan kecenderungan arah arus relatif lurus yang selanjutnya dapat menyebabkan terjadinya banjir bandang. Sebagian besar lereng ditumbuhi dengan pohon-pohon besar baik di bagian atas, tengah dan bawah lereng. Pohon besar tumbuh pada jenis tanah dan sudut lereng yang kritis dengan hujan lebat berkelanjutan menyebabkan tanah berisiko untuk longsor.

## KAJIAN PUSTAKA

### Pengaruh Mekanika

Peranan akar pohon sebagai

pengcekeraman tanah dapat memberikan kestabilan tanah, tetapi sangat bergantung pada faktor seperti sistem morfologi, penguatan, distribusi akar, dan interaksi antara akar-tanah seperti yang dikemukakan oleh Reubens, et al, (2007). Kekuatan tanah oleh akar terjadi dekat dengan batang pohon biasanya diasumsikan berjarak 1 meter seperti yang dikemukakan oleh Danjon, et. al, (2008). Selain itu, peranan ukuran diameter akar juga penting dan mempengaruhi mekanika pada stabilitas lereng. De Baets, et al, (2008) menyatakan bahawa diameter akar lebih kecil dengan penyebaran banyak menghasilkan kekuatan tegangan yang lebih tinggi. Untuk tanah yang diperkuat oleh akar pohon adalah berkaitan dengan perlawanan geser antara interaksi akar-tanah, dimana kegagalan terjadi oleh tarikan keluar akar (Wu, 2012).

Menurut Sotir (1984), posisi penetrasi akar di bagi menjadi 4 (empat) bagian sebagai berikut:

1. Tipe A, akar vegetasi hanya mencapai lapisan top soil tanah, sehingga dapat untuk menanggulangi erosi permukaan
2. Tipe B, akar vegetasi sudah mencapai tanah asli sehingga penjangkaran akar cukup kuat untuk mencegah erosi permukaan dan longsor dangkal.
3. Tipe C, akar vegetasi menembus dua lapisan tanah, sehingga efek pengankuran akar lebih efektif.
4. Tipe D, hampir mirip dengan tipe A tapi beda ketebalan dari top soilnya. Top soil pada Tipe D lebih tebal dari pada tipe A.

Penguatan akar, menurut Van Beek, et al,

(2005), merupakan perpanjangan akar di *slip surface* yang berpotensi menghasilkan kuat geser dengan memindahkan kekuatan tarik ke tanah oleh kelekatan dan geseran antara akar dan tanah. Untuk meningkatkan stabilitas lereng, panjang akar mesti mencukupi supaya akar-tanah dapat berinteraksi dan mencengkeram tanah. Cara akar berinteraksi dengan tanah cukup rumit, tetapi untuk kekuatan di lapangan dapat diukur dengan pengujian tarikan cabut keluar akar (Greenwood, et al, 2004).

Penguatan akar merupakan fungsi dari kekuatan yang menyebar dalam tanah yang berinteraksi. Pengaruh mekanika terhadap kekuatan merupakan fungsi dari sifat akar seperti; kepadatan, panjang, diameter, kekasaran, kekokohan, dan orientasi ke arah tegangan utama. Pengaruh kepadatan akar dapat meningkat dengan signifikan terhadap kekuatan geser tanah. Kekuatan geser maksimum tanah bertambah secara linear dengan peningkatan akar pohon Mutohar (2010).

Pengaruh penguatan akar dapat dinyatakan dalam suatu nilai kohesi melalui kriteria kegagalan Mohr-Coulomb di mana gabungan akar-tanah dapat menghitung kuat geser ( $\tau$ ) seperti berikut:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi + \Delta s \dots\dots\dots (1)$$

Di mana :

- $\Delta s$  = kohesi tambahan dari tarikan akar;
- $c$  = nilai kohesi tanah; dan
- $\sigma$  = tegangan normal.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini berada di Desa Kenaloi, Kecamatan Seulimeum, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Pengambilan sampel dilakukan pada lereng normal yang mempunyai pohon bambu. Pengambilan sampel tanah untuk sifat fisis dan mekanis berjarak 1 (satu) meter dari pohon bambu.

Pengujian gaya tarik akar bambu di lapangan menggunakan metode gaya cabut akar. Berfungsi untuk mengetahui nilai gaya tarik akar bambu dan menentukan nilai kohesi tambahan ( $\Delta s$ ). Untuk menentukan kekuatan tarik setiap unit luasan tanah ( $t_r$ ) terhadap jumlah akar ( $n_i$ ) seperti berikut.

$$t_r = \frac{F_{mak}}{\pi \left[ \frac{(d \times n_i)^2}{4} \right]} \dots\dots\dots (2)$$

Di mana :

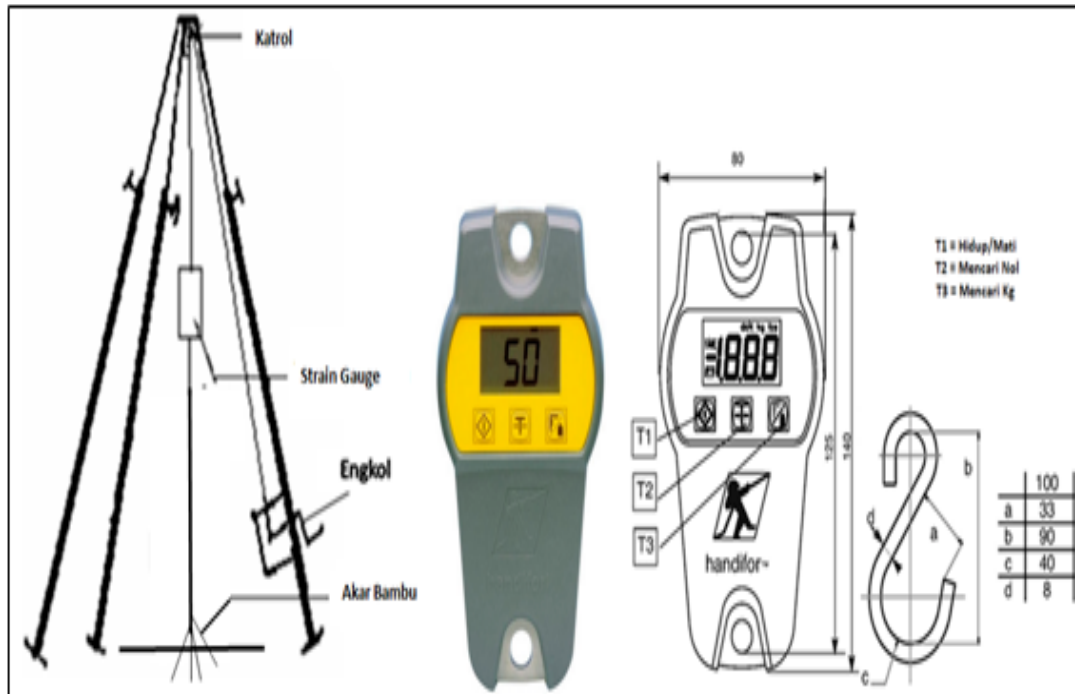
- $F_{max}$  = gaya cabut maksimum (kN) tarik akar bambu;
- $d$  = diameter akar bambu (mm);
- $n_i$  = jumlah akar pada ukuran  $i$ ;
- $t_r$  = kekuatan tegangan setiap unit luasan tanah.

Tarikan akar bambu dilakukan dengan alat berkaki tiga (*tripod*) besi dan alat ukur (*strain gauge*) jenis Handifor 100 (maksimum 100 kg) sebagai pencatat kekuatan akar bambu. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Pengujian gaya cabut akar bambu dilaksanakan dengan cara mengamati perbedaan ukuran diameter dan jumlah akar. Diameter akar bambu diukur dengan menggunakan alat caliper. Gaya cabut akar bambu di setiap pengujian dilakukan dan direncanakan dengan jumlah akar pada

diameter tertentu, misalnya: 1, 3, 5, 7, 9, dan seterusnya. Pengujian gaya cabut akar dilaksanakan dengan jarak 0,25 m dari pohon

bambu, dengan dua lokasi berjumlah 60 sampel.



Gambar 1. Alat berkaki Tiga (*Tripod*) dan Alat Ukur (*Strain Gauge*)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah hujan tinggi yang berkelanjutan berpotensi terjadinya tanah longsor, karena pada kondisi tersebut terjadi penjumlahan tanah oleh air yang menyebabkan pengembangan massa tanah dan penurunan kekuatan geser tanah. Akar-akar pohon di atas dan tengah lereng yang tidak menembus bidang longsor (*slip surface*) mempengaruhi kestabilan lereng dan ikut memicu berpotensi terjadinya longsor.

Hujan lebat berkelanjutan yang terjadinya pada 2 Januari 2013 dengan curah hujan bulanan maksimum sebesar 400 mm telah mengakibatkan terjadinya banjir bandang dan longsor tebing pada beberapa titik. Hasil pengujian sifat fisis dan mekanis tanah terhadap sampel tanah yang diambil dari

lokasi tebing longsor seperti pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah.

Kadar Air (w, %)	11,96
Specific Gravity (SG)	2,69
Berat volume tanah ( $\gamma$ , gram/cm <sup>3</sup> )	1,763
Indeks Plastisitas (IP, %) (%)	3,11
Kelolosan Butiran < 0,063 mm (%)	56,047
Koefisien Permeabilitas (k, cm/jam)	7,21
Kohesi Tanah (c, kg/cm <sup>2</sup> )	0,50
Sudut Geser Tanah ( $\phi$ , °)	19,67

## Gaya Tarik Akar Pohon Bambu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gaya tarik meningkat secara signifikan sejalan dengan penambahan jumlah akar. Hasil penelitian yang memperlihatkan hubungan antara jumlah akar dengan gaya tarik/cabut (kN) ditunjukkan pada Gambar 2a dan menghasilkan persamaan seperti di bawah ini.

$$Tr_{0,90} = 0,0155n + 0,0033 \quad R^2 = 0,987 \dots (5)$$

$$Tr_{0,93} = 0,0136n + 0,0129 \quad R^2 = 0,972 \dots (6)$$

$$Tr_{0,98} = 0,0141n + 0,0224 \quad R^2 = 0,999 \dots (7)$$

Di mana :

Tr = Gaya tarik akar (kN)

n = Jumlah akar.

Penguatan akar akibat interaksi akar-tanah terhadap gaya tarik menghasilkan nilai kohesi tambahan ( $\Delta s$ ). Bahkan nilai kohesi sebagai kontribusi penguatan akar karena dianggap bahwa di dalam tanah mencapai gaya tarik maksimum. Namun, dalam kenyataan massa tanah bergerak memiliki gaya tarik akar yang berbeda. Selain itu, selama mencabut akar dari tanah hanya berubah bentuk. Akar cenderung putus atau dominan kegagalan pada tanah kering atau memiliki kekuatan geser yang tinggi. Sedangkan tanah yang lembab atau mempunyai kekuatan yang lebih rendah menunjukkan akar-tanah terangkat keluar bersama tanah. Kontribusi penguatan akar untuk menentukan peningkatan kekuatan geser berperan penting mempengaruhi stabilitas tanah di lereng bagian bawah.

Berdasarkan hasil analisis anova terhadap variabel diameter akar didapatkan nilai F hitung lebih besar dari F tabel seperti pada Tabel 2 di bawah ini. Hal ini menunjukkan bahwa gaya tarik meningkat secara signifikan terhadap pertambahan diameter akar.

**Tabel 2. Hasil Analisis Anova terhadap Gaya Tarik Berdasarkan Variabel Diameter Akar**

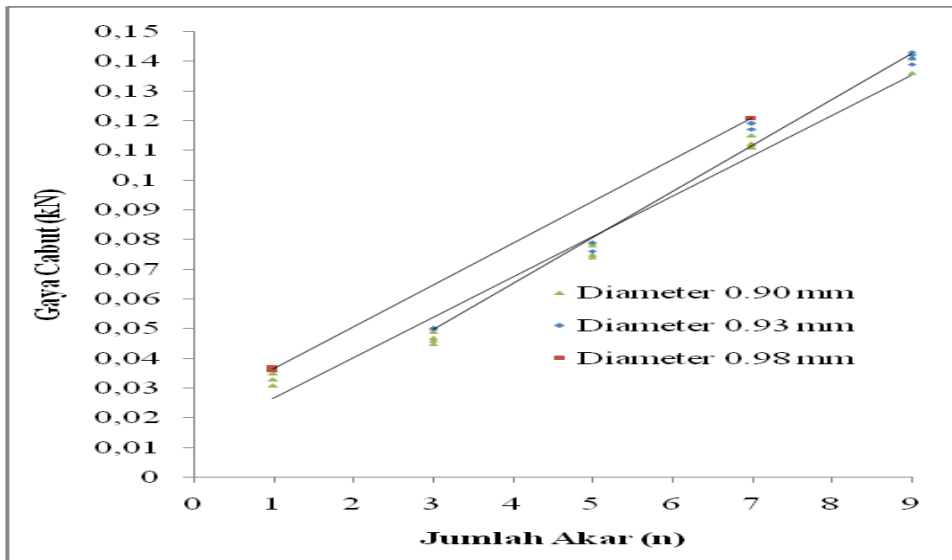
Diameter Akar (mm)	F hitung	F table
0.90	20,763	4,49
0.93	47,619	5,59
0.98	1549,718	161

## Kuat Geser terhadap Stabilitas di Bawah Lereng

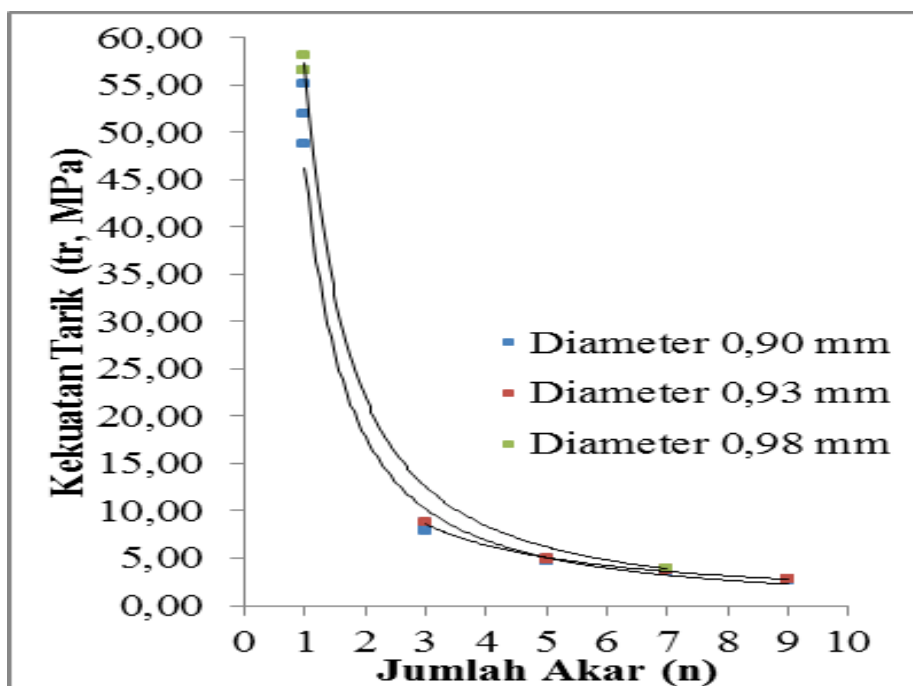
Hasil kekuatan tarik yang dinyatakan dalam setiap luasan tanah (MPa) menunjukkan bahwa terhadap jumlah akar kurang dari lima menurun secara signifikan. Sementara, jumlah akar lebih dari lima menunjukkan bahwa kekuatan tarik tidak menurun secara dratis seperti yang dapat diperlihatkan pada Gambar 2b. Di lain pihak, hasil analisis anova pada jumlah akar 5, 7, dan 9 mendapatkan F hitung sebesar 385,30 lebih besar dari F tabel sebesar 5,59. Hal ini, dapat diketahui seberapa besar kontribusi jumlah akar yang diduduki dalam setiap luasan tanah dalam mempengaruhi kuat geser kepada stabilitas tanah di bawah lereng. Ditinjau dari aspek hidrologi, dengan penyebaran akar bambu di bawah lereng dapat menyerap air hujan sehingga dapat menstabilkan kemampuan tanah dalam menyerap air hujan. Sementara, aspek mekanika menunjukkan bahwa kekuatan tarik akar mempengaruhi terhadap kuat geser diakibatkan kohesi tambahan dari akar seperti diperlihatkan pada Persamaan (1). Semakin besar nilai kekuatan tarik akar maka nilai kohesi tambahan akan bertambah. Akan tetapi, hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik menurun tidak signifikan mulai pada jumlah lima akar bambu. Hal ini menunjukkan kekuatan tarik dalam luasan tanah mulai stabil, biarpun yang diduduki akar bertambah banyak. Oleh karena itu, nilai kuat geser akan bertambah seiring meningkatkan gaya dan kekuatan tarik akar. Pohon bambu dengan kekuatan tarik akar yang terletak di bawah

lereng dapat memberikan kontribusi peningkatan kepada stabilitas tanah. Penguatan akar bambu berperan penting dalam melindungi massa tanah. Interaksi akar-tanah tersebut dalam setiap luasan tanah dapat memberi kontribusi kepada kuat geser tanah. Banyak penelitian sebelumnya tentang

penguatan akar, walaupun jenis pohon tertentu kurang sesuai untuk diaplikasikan pada daerah lereng berisiko. Oleh karena itu, sebagian besar pohon bambu yang terletak di bawah lereng dapat meminilimasirkan pengrusakan lingkungan akibat banjir bandang.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Hubungan antara Gaya Cabut dengan Jumlah Akar; dan (b) Kekuatan Tarik dengan Jumlah Akar

### **KESIMPULAN**

1. Gaya tarik meningkat secara signifikan dengan penambahan jumlah dan diameter akar.
2. Kekuatan tarik menurun signifikan dengan bertambah jumlah akar.
3. Kekuatan tarik lebih besar dari lima akar mengalami penurunan yang tidak signifikan (stabil).
4. Kekuatan geser akan bertambah seiring bertambahnya gaya dan kekuatan tarik akar.
5. Stabilitas tanah di bawah lereng meningkat dengan penambahan nilai kohesi dari akar kepada kekuatan geser.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Danjon, F. Barker, D.H., Drexhage, M. Stokes, A. 2008. *Using 3D plant root architecture in models shallow slope stability*, Ann Bot (Lond). (101): 1281-1293.
- De Baets, S. Poesen, J., Reubens, B. 2008. *Root tensile strength and root distribution of typical mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength*, Plant Soil. (305): 207-226
- Greenwood, J.R., Norris, J.E. Wint, J. 2004. *Assessing the contribution of vegetation to slope stability*. J Geotech Eng. (157): 199-208
- Lateh, H., Mukhsin, Ahmed, K.Y. Abustan, I. 2011. *Influence of tensile force of agave and tea plants roots on experimental prototype slopes*. International Journal of the Physical Sciences. 6(18): 4435-4440
- Muntohar A. S., 2010, *Tanah Longsor, Analisa, Prediksi, Mitigasi, Lembaga Penelitian dan Masyarakat*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sotir, R.B, Gray, D.H. (1996), *Biotechnical And Soil Bioengineering Slope Stabilization*, John Wiley & Son Inc, New York.
- Van Beek, L.P. Wint, H. Cammeraat, L.H., Edwards, J.P. 2005. *Observation and simulation of root reinforcement on abandoned mediterranean slopes*. Plant soil. (278): 55-74.
- Wu TH, McKinnell WP III, Swanston DN (1979). *Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska*. Can. Geotech. J., 16: 19–33.