

**INVENTARISASI DAN KARAKTERISASI AKAR
PEPOHONAN YANG BERPOTENSI MENGURANGI
LONGSOR**

Oleh :

ASTRID FERERA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2009**

**INVENTARISASI DAN KARAKTERISASI AKAR
PEPOHONAN YANG BERPOTENSI MENGURANGI
LONGSOR**

Oleh :

**ASTRID FERERA
0410430012-43**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2009**

RINGKASAN

Astrid Ferera. 0410430012-43. **INVENTARISASI DAN KARAKTERISASI AKAR PEPOHONAN YANG BERPOTENSI MENGURANGI LONGSOR.**
Di bawah Bimbingan A. Mukri Prabowo dan Kurniatun Hairiah

Pohon mempunyai peran penting dalam menjaga stabilitas tebing melalui fungsi akarnya. Akar pohon dapat berfungsi dalam mempertahankan stabilitas tebing melalui 2 mekanisme yaitu : (1) Mencengkeram tanah di lapisan atas (0-5 cm), (2) Mengurangi daya dorong massa akibat pecahnya gumpalan tanah. Adanya perbedaan jenis dan jumlah pohon yang ditanam pada sistem agroforestri menyebabkan perbedaan daya cengkeram dan daya jangkar akar. Faktor kekuatan stabilitas lereng berhubungan dengan keberadaan perakaran pohon dalam menjaga dan meningkatkan kekuatan geser tanah serta pelindung tanah.

Tujuan dari penelitian ini adalah : Untuk mengevaluasi beberapa jenis akar pepohonan pada lahan agroforestri yang berpotensi untuk meningkatkan stabilitas tebing. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret 2008 di desa Karang Tengah (Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor). Pengukuran dilakukan pada lahan agroforestri di dekat titik longsor dan titik yang tidak terjadi longsor. Jenis pengamatan yang diukur antara lain : kekuatan akar, Lignin dan Polifenol, serta Indeks Jangkar Akar dan Indeks Cengkeram Akar.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa berbagai jenis pohon yang diukur pada lahan agroforestri mempunyai nilai diameter pohon berkisar antara 0.2-65 cm. Nilai diameter yang berbeda pada berbagai jenis pohon menyebabkan nilai IJA dan ICA berbeda pula. Indeks jangkar akar digambarkan dengan akar vertikal dan indeks cengkeram akar digambarkan dengan akar horisontal. Akar dikatakan horisontal jika memiliki sudut $<45^{\circ}$ dari bidang horisontal dan akar vertikal relatif tegak kedalam tanah, sudut $>45^{\circ}$ dari bidang horisontal. Pohon yang memiliki nilai Indeks Jangkar Akar besar (>2.00) tetapi Indeks Cengkeram Akar kecil (<1.00) antara lain Kemang (*Mangifera kemanga*), Limus (*Mangifera foetida*), Mindi (*Melia azedarach*). Pohon yang memiliki Indeks Jangkar kecil (<1.25) namun Indeks Cengkeramnya besar (>1.50) antara lain Jati Kertas (*Gmelina arborea*) dan Mahoni (*Swietenia mahogany*). Pohon yang memiliki Indeks Jangkar besar (>2.00) dan Indeks Cengkeram besar (>1.50) terdapat pada pohon Pisitan (*Lansium domesticum*). Pepohonan dengan nilai Indeks Akar besar diperlukan untuk menjaga stabilitas tebing, seperti contohnya pohon Pisitan. Namun demikian, tetap perlu dilakukan kombinasi dari berbagai jenis pohon (Kemang, Limus, Mindi, Jati Kertas, Mahoni, dan Pisitan) dan juga memperbanyak penanaman vegetasi bawah sehingga terjadinya longsor dapat dikurangi.

SUMMARY

Astrid Ferera. 0410430012-43. **INVENTORY AND CHARACTERIZATION OF ROOT TREE WHICH POTENTIAL IN DECREASING LANDSLIDE.**
Supervisors: A. Mukri Prabowo and Kurniatun Hairiah

Trees play an important role in maintaining slope stability through its root functions. It can maintain slope stability through 2 mechanisms, they are: (1) holding topsoil (0-5 cm), (2) reducing mass driving force due to smashed soil clod. Difference of tree species and amount which planted in agroforestry system may lead to its difference in holding capacity and anchor capacity. Slope stability strength factor have a relationship with the presence of tree roots in maintaing and improving soil shear strength and protecting the soil.

The purpose of this research is to evaluate several root trees species in agroforestry land which potential to improve slope stability. This research was done in January until March 2008 in Karang Tengah village (Babakan Madang sub-Regency, Bogor Regency). Measurement was done in agroforestry area where landslide took place and where landslide did not happen. Variable which are measured are root strength, lignin and polyphenol, also IRA and IRB.

The result of the measurement showed that various tree species measured in agroforestry area have tree diameter value in range 0.2-65 cm. different diameter value in various tree species cause different value of IRA and IRB. Index of Root Anchoring (IRA) illustrated by vertical root and Index of Root Binding (IRB) illustrated by horizontal root. Horizontal root is a root which have $<45^\circ$ from horizontal surface and vertical root is a root which have $>45^\circ$ from horizontal surface. Tree which have high value of IRA (>2.00) but low value of IRB (<1.00) are Kemang (*Mangifera kemanga*), Limus (*Mangifera foetida*), and Mindi (*Melia azedarach*). Tree which have low value of IRA (<1.25) but high value of IRB (>1.50) are Jati Kertas (*Gmelina arborea*), and Mahoni (*Swietenia mahogany*). Tree which have high value of IRA (>2.00) and IRB (>1.50) is Pisitan (*Lansium domesticum*). Tree with high value of Root Index such as Pisitan, is required to maintain sloe stability. However, combination of various tree species (Kemang, Limus, jati Kertas, Mahoni, and Pisitan) and increase below vegetation need to be done in order to decrease landslide.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur bagi Allah SWT yang dengan rahmat dan karuniaNya, penulis dapat menyelesaikan dengan baik skripsi yang berjudul “Inventarisasi dan Karakterisasi Akar Pepohonan Yang Berpotensi Mengurangi Longsor”. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana S-1 di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Selama penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan saran, masukan, dukungan dan semangat dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orangtua penulis, adik, dan seluruh keluarga besar penulis, atas do'a, semangat, dan kesabarannya selama ini.
2. Dr. Ir. Abdul Mukri Prabowo, M.Agr.Sc. sebagai dosen pembimbing akademik sekaligus pembimbing skripsi yang telah memberikan saran dan dukungannya.
3. Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D sebagai pembimbing pendamping atas bimbingan, saran, dan nasihatnya.
4. Ir. Widiyanto, M.Sc. dan Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS selaku dosen penguji atas saran dan masukannya.
5. Seluruh Team Longsor (Siwi E.U, Firsta, A.S, Erwin I.S, Veronika K, Pak Hasan, Ahmad, dan yang lainnya) atas kerjasamanya selama ini.
6. Seluruh teman-teman angkatan 2004 atas bantuan dan dukungannya hingga selesainya masa studi penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan ini masih dipenuhi dengan kesalahan dan keterbatasan sehingga sangat dibutuhkan saran dan kritik dari pembaca. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Januari 2009

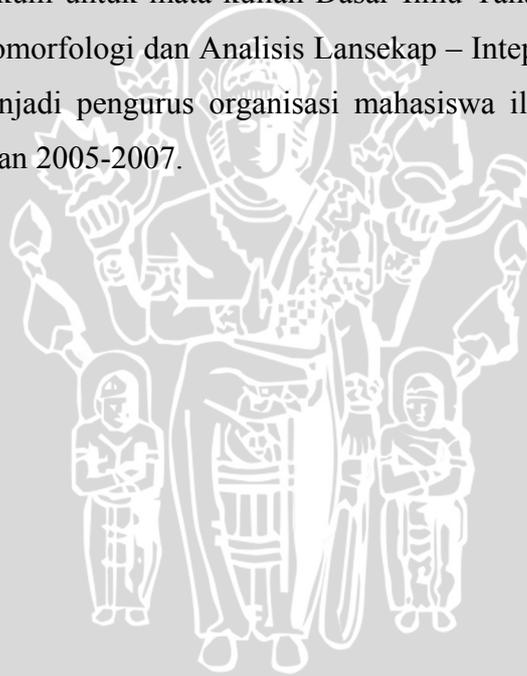
Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 21 November 1985 di Kelurahan Baleharjo Kecamatan Pacitan dari Ayah yang bernama Syaiful Bachri dan Ibu bernama Endang Sulastri sebagai anak pertama dari dua bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar dari SDN Pacitan I pada tahun 1998, lulus SLTPN I Pacitan pada tahun 2001, dan lulus SMUN I Pacitan pada tahun 2004. Penulis diterima di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui jalur Seleksi Penerimaan Siswa Berprestasi (PSB) pada tahun 2004.

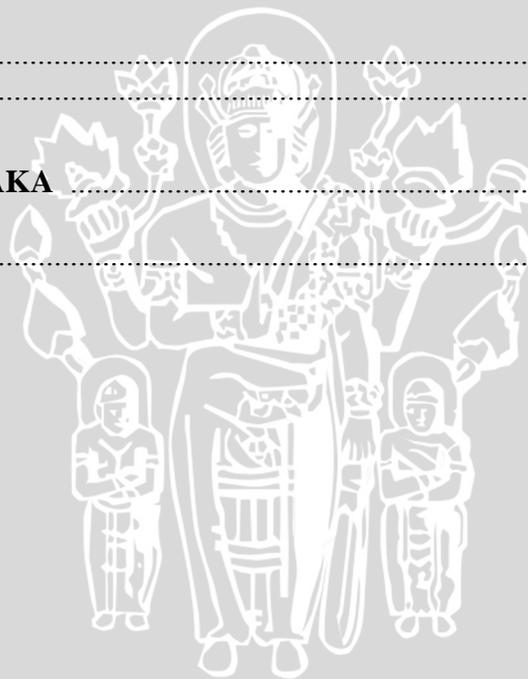
Selama menjadi mahasiswa Program Studi Ilmu Tanah, penulis pernah menjadi asisten praktikum untuk mata kuliah Dasar Ilmu Tanah, Biologi Tanah, Kesuburan Tanah, Geomorfologi dan Analisis Lansekap – Intepretasi Foto Udara. Penulis juga aktif menjadi pengurus organisasi mahasiswa ilmu tanah (HMIT) pada masa kepengurusan 2005-2007.



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Manfaat	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Longsor	3
2.1.1. Penyebab Terjadinya Longsor	3
2.1.2. Tipe Gerakan Massa	5
2.2. Agroforestri	8
2.2.1. Klasifikasi Agroforestri	8
2.3. Akar	9
2.3.1. Kekuatan Akar	10
2.4. Peran Akar Mencegah Longsor	11
III. METODE PENELITIAN	13
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.1.1. Waktu	13
3.1.2. Tempat	13
3.2. Alat dan Bahan	15
3.3. Tahapan Penelitian	15
3.3.1. Penentuan Titik Pengamatan	15
3.3.2. Penentuan Transek Pengamatan	15
3.3.3. Pemilihan Vegetasi	15
3.3.4. Pengukuran	16
3.3.5. Analisis Laboratorium	17

3.3.6. Pengolahan Data	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1. Karakteristik pohon	18
4.1.1. Biomasa Vegetasi Bawah	23
4.1.2. Berat dan Ketebalan Seresah Permukaan	24
4.1.3. Hubungan antara Ketebalan Seresah dengan Berat Kering Seresah	25
4.2. Karakteristik Akar	26
4.2.1. Kandungan Lignin dan Polifenol Akar Pohon	26
4.2.2. Kekuatan Akar	27
4.2.3. Indeks Cengkeram Akar (ICA) dan Indeks Jangkar Akar (IJA).....	29
4.3. Pemilihan Vegetasi Untuk Rekomendasi	31
4.4. Pembahasan Umum	35
V. KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1. Kesimpulan	38
5.2. Saran	38
VI. DAFTAR PUSTAKA	39
VII. LAMPIRAN	42



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Tipe Gerakan Massa (Jatuhan)	6
2.	Tipe Gerakan Massa (Longsor Rotasional)	6
3.	Tipe Gerakan Massa (Longsor Translasional)	7
4.	Tipe Gerakan Massa (Aliran)	8
5.	Komponen Utama Sistem Perakaran	10
6.	Peta Lokasi Penelitian	14
7.	Biomasa Vegetasi Bawah Pada Beberapa Lokasi Pengamatan	23
8.	Ketebalan Seresah Pada Lahan Agroforestri di Beberapa Lokasi Pengamatan	24
9.	Kandungan Lignin Pada Berbagai jenis Pohon Umur 4 Tahun	26
10.	Kandungan Polifenol Pada Berbagai jenis Pohon Umur 4 Tahun	27
11.	Kekuatan Akar Berbagai Jenis Pohon Umur 4 Tahun	28
12.	Kekuatan Akar Beberapa Jenis Pohon Pada Berbagai Umur	29
13.	Indeks Cengkeram dan Jangkar Akar Pada Berbagai Jenis Pohon Umur 4 tahun	30

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.K eragaman Pohon dan Kepadatan Populasi Pohon di Lokasi Longsor dan Tidak Longsor	20
2.	Basal Area Pohon Dominan Pada Lahan Agroforestri di Berbagai Lokasi Pengamatan	22
3.	Berat Seresah Pada Beberapa Lokasi Pengamatan	25
4.	Nilai Pengukuran dan Kegunaan Beberapa Jenis Pohon Yang Umum Dijumpai Pada Lokasi Penelitian : IJA, ICA, Kekuatan Akar, Lignin dan Polifenol	33
5.	Pengelompokan Pohon Berdasarkan Indeks Jangkar dan Indeks Cengkeram Akar	35



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Metode Analisa Kualitas Akar	42
2.	Metode Pengukuran Kekuatan Akar (<i>Root Strength</i>)	46
3.	Prosedur pengukuran biomassa vegetasi bawah.....	47
4.	Hasil Analisis Ragam	48
5.	Indeks Cengkeram Akar dan Indeks Jangkar Akar pada 6 jenis pohon variasi umur	50
6.	Jenis pohon dominan yang umum dijumpai	51
7.	Contoh sebaran akar beberapa pohon dengan metode <i>Proximal root</i>	53
8.	Gambar beberapa contoh pohon yang diukur.....	55



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Suatu daerah dengan curah hujan yang tinggi jika didukung kondisi lingkungan yang tidak seimbang dapat menjadi salah satu pemicu terjadinya bencana alam seperti longsor dan banjir. Desa Karang Tengah, Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor merupakan daerah yang memiliki curah hujan tinggi. Longsor merupakan suatu proses geologi yang dapat diartikan sebagai salah satu bentuk erosi yang pemindahan massa tanahnya terjadi pada suatu saat dan melibatkan volume besar massa tanah yang meluncur diatas lapisan kedap air yang jenuh (Munir, 2003). Hal ini sering terjadi pada musim penghujan baik dalam skala kecil maupun skala besar. Longsor dalam skala besar terjadi pada daerah yang berlereng curam dan kondisi tanah yang labil. Di Desa Karang Tengah banyak daerah yang memiliki kelerengan curam dan jenis vegetasi yang cukup beragam, namun sebagian besar telah mengalami longsor.

Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian menimbulkan banyak masalah seperti, penurunan kesuburan tanah, erosi, kepunahan flora dan fauna, banjir, kekeringan, dan bahkan perubahan lingkungan global. Alih guna lahan juga diduga menjadi salah satu penyebab terjadinya longsor di desa ini. Perubahan hutan menjadi lahan kebun campuran dan agroforestri sederhana menyebabkan perubahan jenis dan jumlah vegetasi sehingga potensi tanaman dalam mempertahankan tanah berkurang dan menyebabkan longsor.

Pada kondisi topografi berbukit hingga bergunung dengan kelerengan curam sering dijumpai longsor. Pada penelitian sebelumnya, kejadian longsor di Malang dan sekitarnya banyak dipicu oleh adanya pemotongan tebing dan pembuatan jalan (aktifitas manusia), selain itu secara alami batuan belum mengalami pelapukan lanjut sehingga batuan tidak mudah rapuh. Dalam hal ini sistem agroforestri banyak dijadikan sebagai salah satu solusi pencegahan longsor. Berbeda dengan daerah Malang dan sekitarnya, penyebab longsor di Bogor dan sekitarnya lebih diakibatkan oleh geologi tanahnya. Kondisi tanah yang labil terlihat pada penampang profil dengan batu-batuan di dalam tanah telah mengalami pelapukan lanjut (batuan mudah rapuh). Pada kondisi seperti ini,

sistem penggunaan lahan agroforestri yang seharusnya menjadi solusi, justru diduga menjadi pemicu longsor.

Pohon mempunyai peran penting dalam menjaga stabilitas tebing melalui fungsi akarnya. Abe dan Ziemer (1991) menyatakan bahwa akar pohon dapat berfungsi dalam mempertahankan stabilitas tebing melalui 2 mekanisme yaitu : (1) Mencengkeram tanah di lapisan atas (0-5 cm), (2) Mengurangi daya dorong massa akibat pecahnya gumpalan tanah. Adanya perbedaan jenis dan jumlah pohon yang ditanam pada sistem agroforestri menyebabkan adanya perbedaan daya cengkeram dan daya jangkar akar. Swaston dan Ziemer (1977) mengemukakan bahwa faktor kekuatan stabilitas lereng berhubungan dengan keberadaan perakaran pohon dalam menjaga dan meningkatkan kekuatan geser tanah serta pelindung tanah. Karakteristik akar yang mempengaruhi daya cengkeram akar adalah kekuatan akar, diameter, kerapatan akar. Kekuatan akar berhubungan erat dengan kandungan C, N, lignin dan polifenol (Mohadi, 2006). Semakin tinggi kandungan lignin dan polifenol diikuti oleh peningkatan kekuatan akar, dan akhirnya diikuti oleh peningkatan ketahanan geser tanah yang penting untuk meningkatkan stabilitas tebing. Penelitian tentang evaluasi akar pepohonan untuk peningkatan stabilitas tebing masih belum banyak dilakukan di daerah tropis, sehingga penelitian ini perlu dilakukan.

1.2. Tujuan

Untuk mengevaluasi beberapa jenis akar pepohonan pada lahan agroforestri yang berpotensi untuk meningkatkan stabilitas tebing.

1.3. Manfaat

Hasil dari penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat pemilik lahan berbasis pepohonan yang tinggal pada daerah-daerah berlereng atau pada pinggir sungai. Informasi nilai perakaran pohon ini dapat dipakai sebagai dasar pemilihan pohon yang ditanam di lahannya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Longsor

Longsor (*landslide*) merupakan contoh dari proses geologi dan merupakan salah satu bentuk gerakan massa (*mass wasting*). Gerakan massa adalah perpindahan masa batuan, regolith dan tanah dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah karena adanya pengaruh gaya gravitasi. Gaya gravitasi ini merupakan faktor utama terjadinya gerakan massa, tetapi ada faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap terjadinya proses tersebut, antara lain: kemiringan lereng, air, sifat tanah, dan tataguna lahan. Longsor umumnya terjadi pada lereng terjal, namun dapat juga terjadi pada tebing sungai dan daerah akibat pembuatan jalan, gedung, penambangan (Suprayogo *et al.*,2005). Menurut Anonymous, 2000 dalam Suryolelono, 2004, longsor terjadi karena alam mencari keseimbangan baru akibat adanya faktor lingkungan yang menyebabkan pengurangan kuat geser tanah.

Munir (2003) mengemukakan bahwa longsor merupakan suatu bentuk erosi di mana perpindahan tanahnya terjadi suatu saat dan melibatkan volume yang besar. Longsor terjadi akibat meluncurnya volume tanah di atas lapisan kedap air.

Longsor akan terjadi pada suatu tempat, apabila:

1. Adanya lereng yang cukup curam sehingga memungkinkan volume besar tanah bergerak,
2. Ada lapisan di bawah permukaan yang kedap air, yang menjadi bidang luncur, dan
3. Terdapat cukup air dalam tanah sehingga lapisan tanah diatas lapisan kedap akan jenuh.

2.1.1. Penyebab terjadinya longsor

Pada dasarnya longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya pendorong umumnya dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, serta adanya beban pada tanah. Gaya penahan dipengaruhi oleh

kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Suprayogo *et al* (2005), mengemukakan beberapa faktor yang menjadi penyebab longsor antara lain:

a. Curah hujan

Longsor banyak terjadi karena meningkatnya intensitas curah hujan. Secara umum ada dua tipe hujan penyebab longsor, yaitu tipe hujan deras (mencapai 50 mm - 70 mm/ hari) dan tipe hujan normal tapi lama. Tipe hujan deras memicu longsor pada lereng yang tanahnya mudah menyerap atau sulit menyerap air. Sedangkan tipe hujan normal tapi lama lebih efektif menjadi pemicu longsor pada lereng yang terdapat lapisan kedap airnya.

b. Lapisan kedap air

Lapisan atau batuan yang tidak tembus air dapat menciptakan bidang luncur terhadap tanah yang telah mengalami pelapukan di atasnya. Air yang masuk tidak dapat menembus lapisan batuan dan akan mengalir secara lateral. Sehingga pada musim penghujan, lapisan ini menjadi permukaan gelincir yang dapat menjadi penyebab longsor.

c. Sifat tanah

Sifat tanah yang berpengaruh terhadap terjadinya longsor adalah kemampuan tanah menyerap dan meneruskan air yang masuk ke dalamnya. Selain itu pengaruh lain dari dalam tanah adalah pengurangan kuat geser tanah akibat adanya perubahan tekanan pori. Terdapatnya lapisan tanah yang tebal di atas lapisan batuan kedap air menjadi bidang luncur yang membantu pemindahan lapisan tanah ke lereng bawah. Kondisi geologi antara lain jenis tanah, tekstur, bahan organik, dan bentuk butiran tanah memberikan kontribusi terhadap pengurangan kuat geser tanah pada lereng yang mengalami longsor (Suryolelono, 1997). Kuat geser tanah yang tidak jenuh air akan berkurang saat tanah jenuh air, khususnya tanah berbutir halus. Batas antara dua lapisan yang berkedudukan miring curam dan berbeda karakteristiknya, mempengaruhi stabilitas lereng. Bidang miring pada pertemuan antara tanah yang terletak di permukaan lereng dengan batuan breksi andesit yang mendasarinya berpotensi menjadi bidang gelincir.

d. Kerapatan vegetasi

Kemiringan lereng diatas 30° seharusnya tertutupi vegetasi secara sempurna, baik vegetasi bagian atas maupun vegetasi bagian bawah. Vegetasi hutan memiliki fungsi mengikat butir-butir tanah sekaligus menjaga pori-pori tanah dibawahnya sehingga infiltrasi air hujan berjalan lancar (Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2005). Vegetasi pohon paling tidak berumur 5-10 tahun sehingga dapat berfungsi mencegah longsor. Karena pada umur 5-10 tahun, akar pohon telah berkembang dan kuat dalam mengikat tanah. Vegetasi bawah juga diharapkan mampu menahan pukulan air hujan.

2.1.2. Tipe gerakan massa

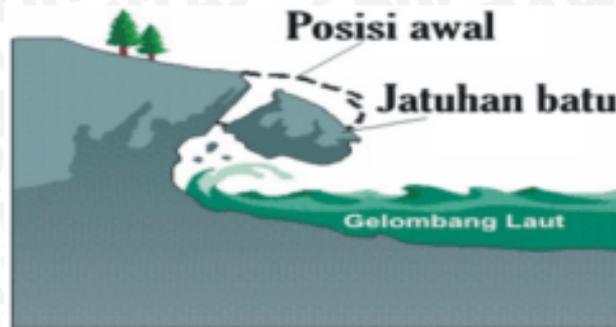
Gerakan massa (*mass movement*) merupakan gerakan massa tanah yang besar di sepanjang bidang longsor. Gerakan massa ini merupakan gerakan ke bawah material pembentuk lereng, dapat berupa tanah, batu, timbunan buatan atau campuran dari material lain.

Karakteristik longsor menurut tipe gerakan massanya dibagi menjadi enam macam, antara lain:

1. Jatuhan (*falls*)
2. Robohan (*topples*)
3. Longsor (*slides*)
4. Sebaran (*spreads*)
5. Aliran (*flows*)

2.1.2.1. Jatuhan (*falls*)

Jatuhan adalah gerakan jatuhnya material pembentuk lereng (tanah dan batuan) di udara tanpa adanya interaksi antara bagian-bagian material yang longsor. Jatuhan banyak terjadi pada lereng terjal atau tegak yang terdiri dari batuan yang mempunyai bidang-bidang tidak menerus dan terjadi tanpa adanya bidang longsor (Hardiyatmo, 2006).



Gambar 1. Jatuhan

(<http://merapi.vsi.esdm.go.id>)

2.1.2.2. Robohan (*topples*)

Robohan adalah gerakan material roboh yang biasanya terjadi pada lereng batuan yang sangat terjal sampai tegak dan mempunyai bidang-bidang ketidakteraturan yang relatif vertikal. Robohan ini gerakan batuan longsor adalah mengguling hingga roboh, yang berakibat batuan lepas dari permukaan lerengnya (Hardiyatmo, 2006).

2.1.2.3. Longsoran (*slides*)

Longsoran adalah gerakan material pembentuk lereng yang disebabkan adanya kegagalan geser, baik di sepanjang satu atau lebih bidang longsor. Massa tanah yang bergerak bisa menyatu atau terpecah-pecah. Perpindahan material total sebelum longsoran tergantung pada besarnya regangan untuk mencapai kuat geser puncaknya dan pada tebal zona longsonya (Hardiyatmo, 2006).

Berdasarkan bidang gelincirnya, longsoran dibagi menjadi dua macam:

a. Longsoran rotasional

Longsoran rotasional adalah massa tanah dan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk cekung.



Gambar 2. Longsoran rotasional

(<http://merapi.vsi.esdm.go.id>)

b. Longsoran translasional

Longsoran translasi adalah massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.



Gambar 3. Longsoran translasional

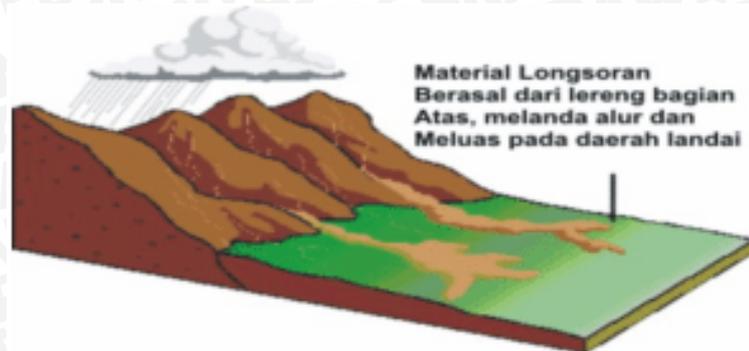
(<http://merapi.vsi.esdm.go.id>)

2.1.2.4. Sebaran (*spreads*)

Sebaran lateral (*lateral spreading*) termasuk tipe longsoran translasional merupakan suatu kombinasi dari meluasnya massa tanah dan turunnya massa batuan terpecah-pecah ke dalam material lunak di bawahnya (Cruden dan Varnes, 1992 dalam Hardiyatmo, 2006). Permukaan bidang longsornya tidak berada di lokasi terjadinya geseran terkuat.

2.1.2.5. Aliran (*flows*)

Aliran adalah gerakan hancuran material ke bawah lereng dan mengalir seperti cairan kental. Banyak terjadi pada bidang geser yang relatif sempit. Material yang dibawa dapat berupa partikel tanah (termasuk batuan besar), kayu-kayuan, ranting, dan lain-lain (Hardiyatmo, 2006).



Gambar 4. Aliran (*flows*)

(<http://merapi.vsi.esdm.go.id>)

2.2. Agroforestri

Agroforestri merupakan sistem penggunaan lahan terpadu, yang memiliki aspek sosial dan ekologi. Dilakukan dengan pengkombinasian pepohonan dengan tanaman pertanian dan/ atau peternakan, baik secara bersamaan atau bergiliran sehingga tercapai hasil total nabati atau hewani yang optimal dalam arti berkesinambungan. (Nair, 1989 *dalam* Hairiah *et al*, 2003).

Menurut Lundgren dan Raintree (1982 *dalam* Hairiah *et al*, 2003) agroforestri adalah istilah kolektif untuk berbagai sistem dan teknologi penggunaan lahan, yang dilaksanakan pada suatu unit lahan dengan kombinasi tanaman berkayu (pohon, perdu, palem, bambu, dll) dengan tanaman pertanian dan/ atau hewan (ternak) dan/ atau ikan, yang dilakukan dalam waktu bersamaan atau bergiliran sehingga terbentuk interaksi ekologis dan ekonomis antar berbagai komponen.

2.2.1. Klasifikasi agroforestri

Ditinjau dari komponen penyusunnya, yaitu komponen kehutanan, pertanian, dan peternakan, menurut Sardjono *et al* (2006), agroforestri dibedakan menjadi tiga macam antara lain:

- a. *Agrisilvikultur (Agrisilvicultural system)* merupakan agroforestri yang memadukan dua komponen yaitu komponen kehutanan (tanaman berkayu) dan komponen pertanian (tanaman semusim). Dalam sistem ini ditanam

pohon serbaguna (*multipurpose trees*) yang berfungsi melindungi lahan-lahan pertanian.

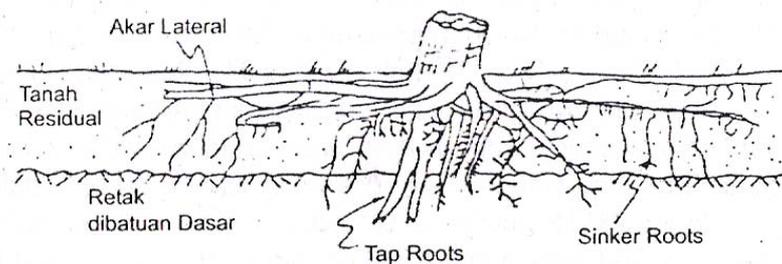
- b. *Silvopastura* yaitu agroforestri yang meliputi komponen kehutanan (tanaman berkayu) dan komponen peternakan (binatang ternak). *Silvopastura* merupakan suatu interaksi konservasi dan ekonomi (jasa dan produksi) pada manajemen lahan yang sama.
- c. *Agrosilvopastura* (*Agrosilvopastural system*) adalah sistem yang mengkombinasikan tiga komponen sekaligus yaitu komponen kehutanan, pertanian, dan peternakan pada unit lahan yang sama. Sistem ini dilakukan untuk mengoptimalkan fungsi produksi dan jasa (khususnya komponen berkayu) kepada masyarakat.

2.3. Akar

Hardiyatmo (2006) menerangkan bahwa tanaman berkayu dapat berpengaruh pada stabilitas lereng yang dangkal, yaitu dengan menambah kuat geser tanah oleh kekuatan perakaran. Nilai kekuatan geser akibat adanya kekuatan akar tergantung pada karakteristik percabangan dan distribusi akar dalam tanah serta adanya interaksi antara tanah dan akar. Kekuatan akar dipengaruhi oleh jenis vegetasi, tanah, dan lokasi.

Ada beberapa istilah untuk menggambarkan sistem perakaran vegetasi (Gray and Sortir, 1996 dalam Hardiyatmo, 2006), antara lain:

- a. *Tap root* (akar vertikal) yang merupakan akar dengan arah tumbuh secara vertikal dan terletak di bawah batang pohon,
- b. *Sinker root*, akar yang berasal dari *tap root*,
- c. *Lateral root* (akar horisontal) adalah akar yang tumbuh secara menyamping atau berorientasi ke arah lateral/ horisontal dan akar berpusat di akar sentral.



Gambar 5. Komponen utama sistem perakaran

Menurut Kramer (1977) dalam Islami *et al* (1995) akar tanaman berfungsi sebagai : (a) organ yang bertanggung jawab agar tanaman dapat berdiri tegak pada tanah, (b) organ yang melakukan absorpsi hara dan air, (c) melakukan aktifitas metabolisme dan membentuk berbagai persenyawaan yang diperlukan oleh tanaman, dan (d) tempat menyimpan cadangan makanan.

2.3.1. Kekuatan akar

Kekuatan akar merupakan kemampuan akar untuk dapat bertahan putus dari adanya kekuatan geser tanah atau kekuatan tarik lainnya. Menurut Zeimer dan Swaston (1977) kekuatan akar dinyatakan dalam kilogram (kg) dan akar yang diukur berdiameter dari 1 sampai 10 milimeter. Variasi nilai kekuatan akar tergantung pada lingkungannya, diameter, dan orientasi tumbuhnya. Vegetasi yang sering digunakan untuk pekerjaan stabilisasi, mempunyai nilai kekuatan akar antara 14 sampai 35 MPa (Turnonina, 1965; Wu, 1976; Burroughs dan Tomas, 1977 dalam Hardiyatmo, 2006).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh O'Laoughlin dan Ziemer (1982) menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kekuatan akar dengan stabilitas lereng yang dapat dipelajari melalui empat cara yaitu (1) pengukuran langsung di lapangan dan laboratorium untuk mengetahui pengaruh akar terhadap kekuatan tanah, (2) pengukuran secara tidak langsung untuk mengetahui pengaruh akar dengan menggunakan data kekuatan akar, berat akar, distribusi akar, dan morfologi akar, (3) menggunakan teori analisa stabilitas lereng yang memasukkan

data sifat fisik tanah untuk menduga pengaruh akar terhadap kekuatan tanah, (4) pengukuran tanah untuk mengetahui kekuatan akar dengan menggunakan satu sampel akar dari tanaman hidup dan yang telah dipotong.

Faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap kekuatan akar adalah kualitas bahan organik. Komponen kualitas bahan organik akar dinyatakan dengan kandungan N, lignin dan polifenol, dan berat jenis akar. Menurut Anonymous (2008) lignin merupakan salah satu komponen penyusun tanaman, secara umum tanaman terbentuk dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Pada batang tanaman, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya sehingga suatu pohon dapat berdiri tegak. Hal ini disebabkan karena lignin merupakan senyawa polimer pada jaringan tanaman berkayu yang mengisi rongga antara sel-sel tanaman sehingga tanaman menjadi keras. Lignin juga merupakan konstituen penting dari jaringan kayu yang mengandung bagian terbesar dari kadar metoksil kayu (Tan, 1982). Tingginya kandungan lignin pada perakaran pohon dapat berpengaruh terhadap kekuatan akar untuk bertahan tidak mudah putus, sehingga kuat dalam mencengkeram tanah. Polifenol merupakan salah satu komponen penting yang banyak terdapat dalam berbagai tumbuhan. Polifenol merupakan produk metabolisme sekunder dari tanaman yang mencakup unsur yang memiliki suatu cincin berbau harum dan terdiri dari satu atau lebih hidroksil substituen. Struktur dari polifenol alami bervariasi terdiri dari molekul sederhana (Harborne, 1980 dalam Leighton, 2005).

Kualitas bahan organik tinggi (akar mudah putus) bila kandungan N lebih tinggi dibandingkan konsentrasi lignin dan polifenol. Sebaliknya kualitas bahan organik rendah (akar tidak mudah putus) bila kandungan N lebih rendah dibandingkan konsentrasi lignin dan polifenol (Hairiah *et al.*, 2000). Semakin rendah kualitas bahan organik perakaran kekuatan akar semakin tinggi karena akar tidak mudah putus.

2.4. Peran akar mencegah longsor

Akar pepohonan mempunyai peranan yang sangat penting dalam menjaga kestabilan tanah pada daerah berlereng. Banyaknya penebangan pohon

mengakibatkan rusaknya akar di dalam tanah, sehingga kekuatan tanah pada lereng akan berkurang dan meningkatnya kerusakan kondisi pada lereng.

Menurut Abe dan Zeimer, 1991, akar dapat mencegah terjadinya longsor dengan dua mekanisme, yaitu:

1. Mencengkeram tanah pada lapisan permukaan (kedalaman 0-5 cm) oleh akar horisontal,
2. Menyangga tegakan pohon (sebagai akar vertikal) sehingga mampu menahan pohon dari dorongan massa tanah yang bergerak.

Akar pohon lebih efektif bila akar mampu menembus tanah sampai ujungnya menembus rekahan atau *bed rock* dan kekuatan gesernya bertambah dengan kedalamannya (Hardiyatmo, 2006). Pada lahan yang memiliki kelerengan curam penurunan kekuatan akar memperkuat potensi terjadinya longsor (O' Loughlin dan Ziemer, 2001). Menurut Ennos dan Pellerin (2000), akar yang memiliki fungsi sebagai jangkar bila sebarannya cukup dalam dan luas serta diameter besar baik secara horisontal maupun vertikal sehingga dapat meningkatkan stabilitas tebing dengan menahan dorongan massa tanah pada saat longsor.

Adanya penutupan lahan yang sempurna oleh vegetasi hutan dan juga penutupan vegetasi bawah seperti rerumputan pada kelerengan di atas 30° akan menambah kestabilan lereng dan mengurangi potensi terjadinya longsor (Suprayogo, *et al.*, 2005). Pemilihan jenis vegetasi selain memperhatikan faktor ekonomi, juga harus memperhatikan syarat-syarat yang ideal untuk usaha konservasi, yaitu cepat tumbuh, bertajuk lebat, dan memberikan seresah yang banyak, dapat hidup di tempat-tempat yang lahannya kritis, mempunyai sistem perakaran yang dalam, melebar, dan kuat sehingga mampu mengikat tanah, mudah ditanam, dan tidak memerlukan pemeliharaan, mampu memperbaiki tanah. Jenis-jenis vegetasi tersebut antara lain Trembesi, Akasia, Puspa, Asam, Turi, Kaliandra (Anonymous, 2005).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

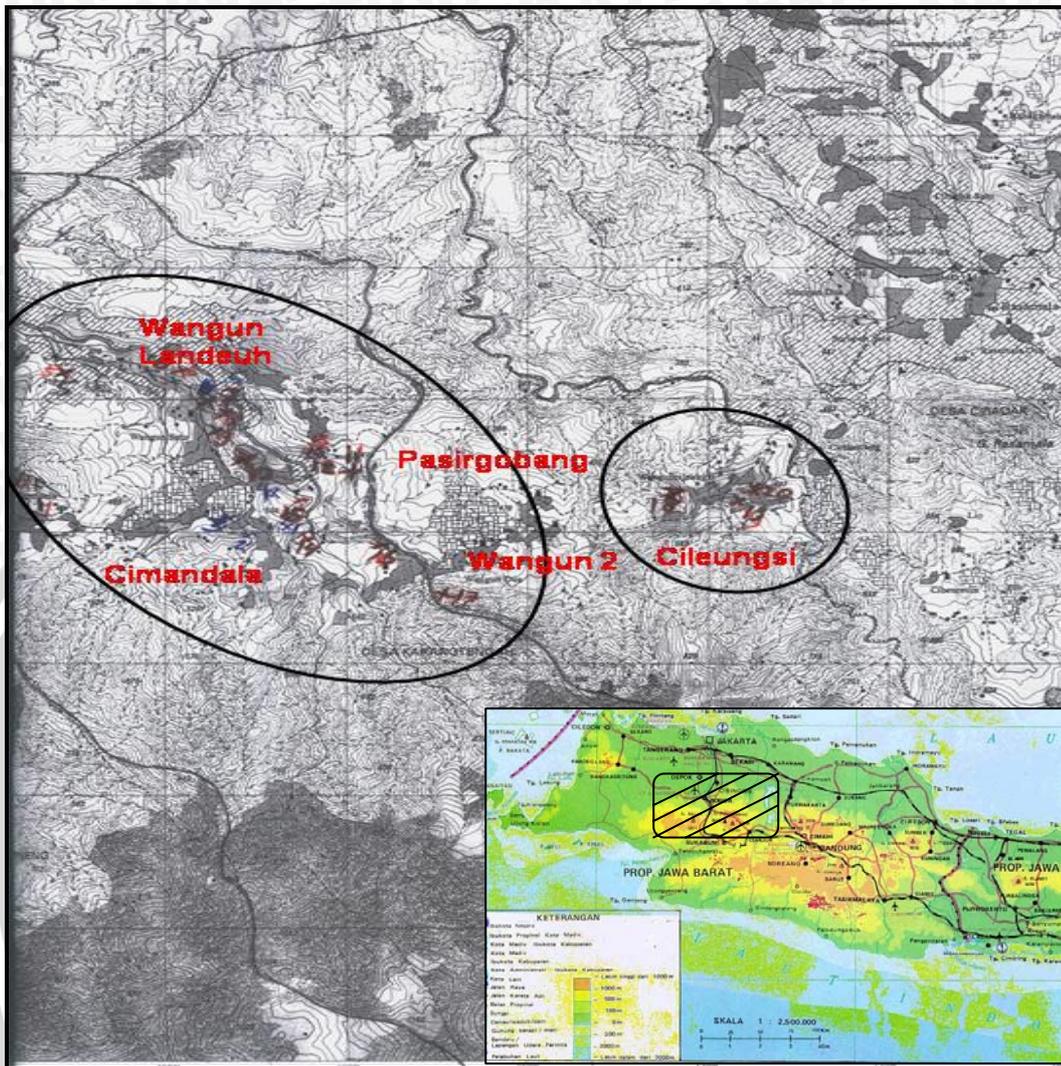
3.1.1. Waktu

Penelitian dilaksanakan dalam dua tahapan kegiatan, yaitu kegiatan penelitian di lapangan dan kegiatan analisis laboratorium. Penelitian di lapangan dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret 2008, sedangkan analisa laboratorium, pengolahan data, dan pelaporan dilaksanakan pada bulan Maret sampai November 2008.

3.1.2. Tempat

3.1.2.1. Kondisi geografis

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Karang Tengah, Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor (Gambar 6). Kawasan ini terletak antara 625.127 - 614.496 UTM and 9,262.382 - 9,253.269 UTM. Daerah yang diteliti meliputi Wangun II, Pasir Gobang, Cimandala I, dan Cimandala II. Sedangkan untuk kegiatan analisis laboratorium akan dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah dan Kimia Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.



Gambar 6. Peta lokasi penelitian

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tali rafia, klinometer, kompas bidik untuk penentuan transek pengamatan. Jangka sorong, pita meter, dan alat tulis untuk pengukuran diameter batang pohon dan diameter akar pohon. Bingkai kayu (50 cm x 50 cm), penggaris, plastik, spidol untuk pengambilan contoh seresah dan pengukuran ketebalan seresah. *Direct Root Strength* untuk pengukuran kekuatan akar.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi contoh akar 31 jenis pohon yang digunakan untuk uji kualitas bahan organik dan kekuatan akar serta bahan-bahan lain yang diperlukan dari laboratorium sesuai dengan metode dan parameter yang diamati.

3.3. Tahapan Penelitian

3.3.1. Penentuan Titik Pengamatan

Dari hasil survei yang telah dilakukan sebelumnya, ada beberapa macam longsor yang diketahui yaitu rayapan (*creeping*), longsor lahan, longsor tebing sungai, dan longsor tebing. Namun untuk penelitian ini, dilakukan pengukuran pada longsor lahan. Hal ini dipilih karena kejadian longsor lahan dalam skala besar banyak mengakibatkan kerugian pada masyarakat.

3.3.2. Penentuan transek (petak pengamatan)

Penentuan petak pengamatan dilakukan pada berbagai penggunaan lahan Agroforestri (vegetasi banyak dan bervariasi) dengan kelerengan $>30^\circ$. Petak pengamatan ditentukan minimal 15 meter dari bibir longsor, ukuran petak 20 meter x 25 meter (500 m²). Pengukuran dilakukan selain di dekat titik longsor, juga dilakukan pada tempat-tempat yang tidak terjadi longsor.

3.3.3. Pemilihan vegetasi

Pemilihan pohon yang dievaluasi diawali dengan survey ke kebun-kebun milik masyarakat yang tinggal di dekat titik longsor. Jenis pohon bernilai ekonomis tinggi yang paling umum dijumpai di lahan agroforestri, dipilih sejumlah 31 jenis pohon. Pohon yang dipilih untuk pengukuran adalah pohon

yang berumur sekitar 4 tahun. Dari total pohon yang terpilih, dipilih lagi 6 jenis pohon yang paling sering ditemukan untuk dievaluasi perakarannya pada berbagai umur.

3.3.4. Pengukuran

Pengukuran karakteristik setiap jenis pohon diulang sebanyak 4 kali dari pohon yang berbeda. Kriteria pengukuran vegetasi meliputi:

- Pengukuran dbh (*diameter at breast height*)

Diameter pohon pada posisi 1,3 meter dari permukaan tanah diukur menggunakan jangka sorong atau menggunakan pita ukur.

- Pengukuran akar

Pengukuran akar diawali dengan mengukur diameter akar baik akar vertikal maupun akar horisontal. Akar dikatakan horisontal jika memiliki sudut $<45^{\circ}$ dari bidang horisontal dan akar vertikal relatif tegak kedalam tanah, sudut $>45^{\circ}$ dari bidang horisontal (Hairiah *et al*, 2002). Hasil dari pengukuran diameter akar dan diameter batang pohon digunakan untuk menentukan nilai Indeks Jangkar Akar dan Indeks Cengkeram Akar. Penentuan nilai Indeks Akar dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- $IJA = d_v^2/dbh^2$, dimana d_v = diameter akar vertikal (cm); dbh = diameter batang pohon (cm).
- $ICA = d_h^2/dbh^2$, dimana d_h = diameter akar horisontal (cm); dbh = diameter batang pohon (cm)
- Pengukuran biomasa tumbuhan bawah

Pengambilan contoh tumbuhan bawah yang masuk didalam petak pengamatan (500 m^2) dilakukan dengan jalan pemotongan tajuknya. Setiap petak diambil 10 titik contoh (ukuran 50 cm x 50 cm), ditimbang berat basahanya, dioven suhu 60° selama 2 x 24 jam, setelah itu ditimbang berat keringnya.

- Pengukuran ketebalan dan biomasa seresah permukaan

Ketebalan seresah diukur pada 10 titik perwakilan. Setiap titik diukur ketebalan seresahnya sebanyak 10 kali dengan cara menekan seresah dan diukur menggunakan penggaris.

Pengambilan contoh seresah dilakukan di dalam bingkai kayu (ukuran 50 cm x 50 cm). Seresah dimasukkan ke dalam kantong plastik, ditimbang berat basahanya, dioven pada suhu 60° selama 2 x 24 jam dan setelah itu ditimbang berat keringnya.

3.3.5. Analisis Laboratorium

Contoh akar yang diperoleh dari lapangan selanjutnya dianalisis di Laboratorium Biologi Tanah dan Kimia Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Jenis pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran kekuatan akar pohon dan analisis kandungan Lignin dan Polifenol.

Pengukuran kekuatan akar dilakukan dengan mengambil contoh akar berdiameter <5 cm dari setiap jenis pohon yang dipilih. Kekuatan akar diukur menggunakan alat *Direct Root Strength* (Lampiran 1), berdasarkan mudahnya tidaknya akar putus akibat gaya penarikan. Sisa contoh akar dari pengukuran kekuatan akar, dikeringkan dalam oven untuk pengukuran kandungan lignin (Goering dan Van Soest) dan polifenol (Anderson dan Ingram (1991)) (Lampiran 2).

3.3.6. Pengolahan Data

Untuk mengetahui perbedaan beberapa parameter pengamatan antar lokasi dilakukan uji sidik ragam (ANOVA) menggunakan program GENSTAT *sixth edition*. Sedangkan untuk mengetahui hubungan antara ketebalan seresah dengan berat kering seresah dilakukan uji regresi dan korelasi dengan menggunakan SPSS for Windows 15.0 dan Microsoft Excel.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik pohon

4.1.a. Jenis pohon dominan

Berdasarkan hasil survei lapangan di 4 lokasi dekat titik longsor dan 4 lokasi lainnya yang tidak terjadi longsor, dijumpai adanya dominasi 5 jenis pohon pada lahan agroforestri (Lampiran 5), yaitu kayu afrika (*Maesopsis eminii*), kecap (*Sandorium koetjape*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), alpukat (*Persea americana*), dan cengkeh (*Syzygium aromaticum*). Pohon-pohon tersebut banyak ditanam oleh masyarakat karena dianggap menguntungkan dalam hal ekonomi dan pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Pepohonan ini pertumbuhannya relatif cepat, baik, dan memiliki harga jual tinggi. Sebagai contohnya Kayu Afrika yang merupakan salah satu jenis kayu dengan pertumbuhan cukup bagus dan berpotensi komersial untuk bahan bangunan dan furniture, serta secara ekologi memiliki perakaran yang baik sebagai penahan longsor (Nugraha, 1998 dalam Suharto, 2004). Selain tumbuhan atas, tumbuhan bawah (*understorey*) yang umum ditanam di lokasi pengamatan adalah pandan (*Pandanus amaryllifolius*) dan sereh wangi (*Cymbopogon nardus*) (Lampiran 6). Tumbuhan bawah ini juga banyak ditanam masyarakat karena memiliki nilai ekonomi. Pada beberapa tempat dijumpai pula pisang (*Musa paradisiaca*) yang merupakan tanaman yang memberikan hasil sepanjang tahun (Tabel 1).

4.1.b. Diameter pohon

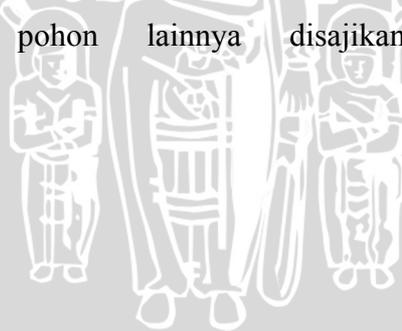
Laju pertumbuhan pohon tropis biasanya diukur dengan perubahan dimensi berdasarkan lingkar batang atau diameter pohonnya. Pengamatan diameter pohon dilakukan pada berbagai jenis dan umur pohon pada 8 lokasi penelitian. Nilai diameter pohon yang diperoleh dari hasil pengukuran ini berkisar antara 0.2 sampai 65 cm. Bila dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya di Sumberjaya (Kurniasari, 2006), klasifikasi diameter pohon di daerah Sentul ini lebih besar. Diameter pohon di Sumberjaya pada umur 5 tahun berkisar antara 7 sampai >10.5 cm. Perbedaan klasifikasi ini disebabkan oleh perbedaan jenis dan

umur pohon yang ditanam, adanya perbedaan pengelolaan, dan perbedaan kondisi lahan.

Kisaran diameter pohon dengan nilai kecil banyak dijumpai pada lokasi penelitian. Pepohonan yang memiliki diameter relatif kecil belum memadai untuk menahan dan meresap air hujan (Anonymous, 2006). Menurut Russel (1973) pada beberapa tanaman dikotil dan gymnospermae memiliki akar berkayu yang berdiameter lebar sehingga berfungsi sebagai jangkar untuk menopang tegaknya batang. Sehingga untuk dapat menjaga stabilitas tebing diperlukan pepohonan yang memiliki diameter yang besar serta didukung dengan perakaran yang kuat.

4.1.c. Kepadatan populasi pohon

Berdasarkan hasil analisa ragam kepadatan populasi pohon pada 4 lokasi pengamatan tidak berbeda nyata ($p>0.05$) dengan rata-rata 950 pohon/ha (Lampiran 4). Hal ini disebabkan karena pada 4 lokasi pengamatan baik pada titik dekat longsor maupun tidak terjadi longsor, memiliki karakteristik lahan yang hampir sama. Jenis pohon yang ditanam pada tempat didekat titik longsor didominasi oleh Kayu afrika (*Maesopsis eminii*), kecapi (*Sandorium koetjape*), cengkeh (*Syzygium aromaticum*) dan tanaman pisang (*Musa paradisiaca*). Hasil pengukuran kerapatan pohon lainnya disajikan pada Tabel 1.



Tabel 1. Keragaman pohon dan kepadatan populasi pohon di lokasi longsor dan tidak longsor

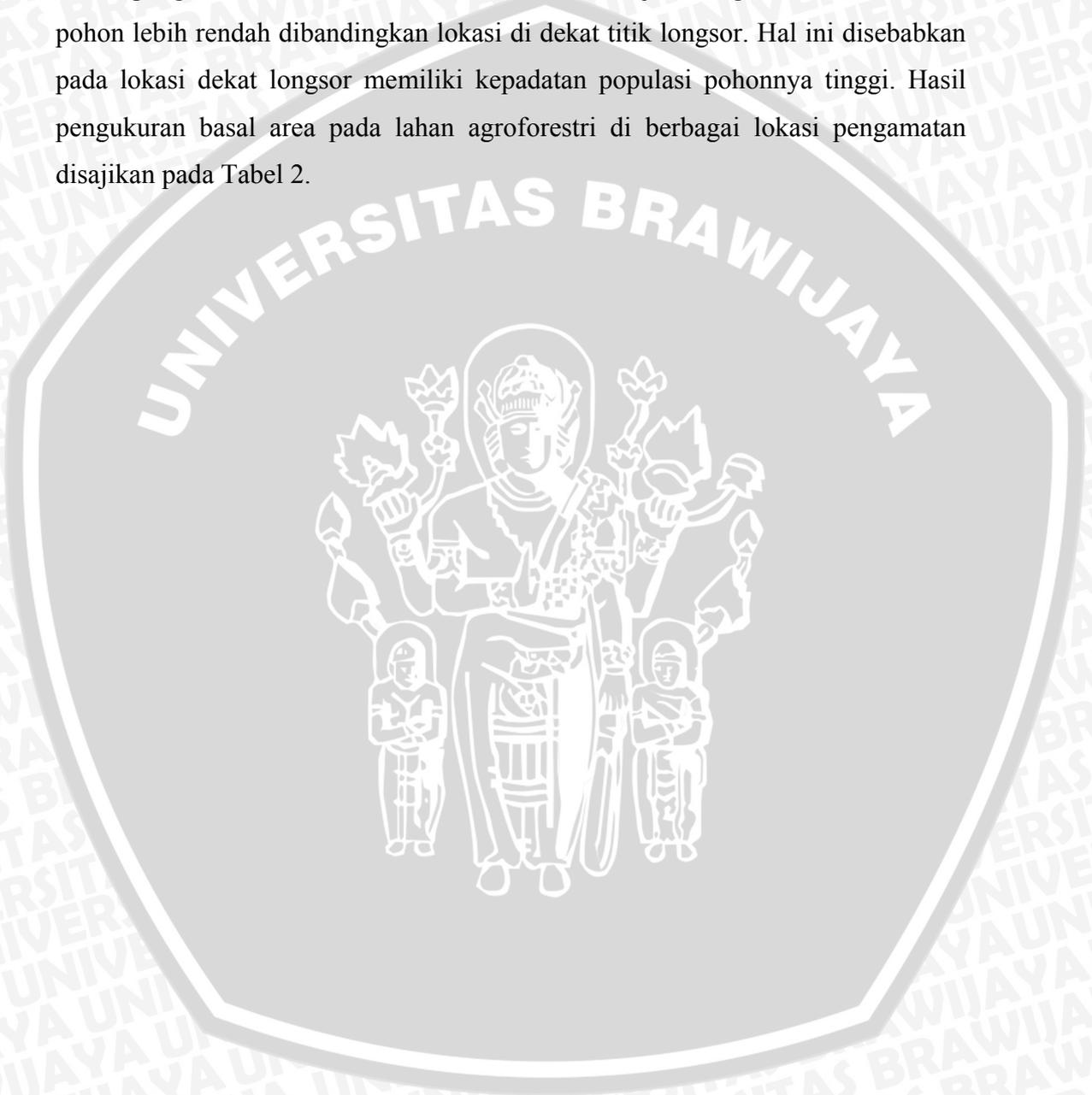
Titik pengukuran	Lokasi	Keragaman pohon per 500 m ²	Kepadatan pohon per ha	Kepadatan pohon (%)	Jenis pohon dominan
Longsor*	Wangun 2	3	840	8.4	Kayu Afrika
	Pasir Gobang	15	1020	10.2	Kecapi
	Cimandala 1	16	1440	14.4	Cengkeh, Pisang
	Cimandala 2	12	480	4.8	Pisang
Tidak longsor*	Wangun 2	5	1320	13.2	Kayu Afrika
	Pasir Gobang	7	1020	10.2	Pisang
	Cimandala 1	9	840	8.4	Alpukat
	Cimandala 2	12	640	6.4	Pisang

Keterangan: *) Longsor = letak plot sekitar 15 m dari titik longsor; Tidak longsor = tidak ada kejadian longsor didekat plot pengukuran

Dari pengukuran kepadatan pohon (Tabel 1) dapat dilihat bahwa pada lokasi longsor Cimandala I memiliki kepadatan pohon paling tinggi (14.4%) dibandingkan lokasi yang tidak terjadi longsor. Tetapi jenis pohon yang banyak tumbuh di lokasi Cimandala I didominasi oleh cengkeh (*Syzygium aromaticum*) dan pisang (*Musa paradisiaca*). Pohon pisang perakarannya termasuk dangkal (Anonymous, 2008) sekitar 15 cm dari permukaan, sedangkan cengkeh memiliki perakaran yang relatif kurang berkembang sehingga kurang kuat untuk menahan tegakan pohon. Tanaman dengan perakaran dangkal hanya bisa mengikat tanah pada lapisan atas sehingga tidak mampu menahan gerakan tanah (Suseno, 2002). Selain itu, keduanya memiliki tajuk yang kurang rapat untuk penutupan tanah. Menurut Hairiah *et al*, 2003, dengan adanya tajuk tanaman dan pepohonan yang relatif rapat dapat menyebabkan sebagian besar air hujan yang jatuh tidak langsung mengenai permukaan tanah sehingga tanah terlindung dari pukulan air hujan yang mampu menghancurkan agregat menjadi partikel-partikel tanah yang mudah hanyut oleh aliran air. Semakin padat populasi pohon pada suatu lahan diharapkan dapat memperkecil kemungkinan terjadinya longsor.

4.1.d. Basal area

Karakteristik lain yang berhubungan dengan kepadatan pohon yaitu basal area. Basal area merupakan luasan lahan yang tertutup oleh batang pohon dan umumnya dinyatakan dalam satuan unit $m^2 ha^{-1}$. Total basal area pohon antar lokasi pengamatan bervariasi. Pada lokasi tidak terjadi longsor total basal area pohon lebih rendah dibandingkan lokasi di dekat titik longsor. Hal ini disebabkan pada lokasi dekat longsor memiliki kepadatan populasi pohonnya tinggi. Hasil pengukuran basal area pada lahan agroforestri di berbagai lokasi pengamatan disajikan pada Tabel 2.



Tabel 2. Basal area pohon dominan pada lahan agroforestri di berbagai lokasi pengamatan

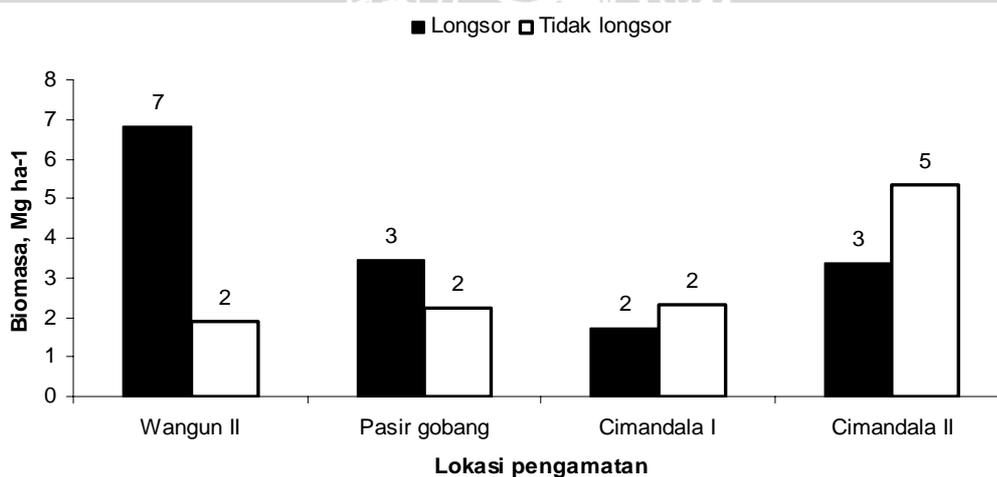
Tipe	Lokasi	Total populasi pohon per ha	Total basal area pohon m ² ha ⁻¹	Total basal area (%)	Jenis pohon dominan
Longsor*	Wangun 2	840	7.05	0.075	Kayu Afrika
	Pasir Gobang	1020	21.82	0.22	Kecapi
	Cimandala 1	1440	26.44	0.26	Cengkeh, Pisang
	Cimandala 2	480	30.68	0.31	Pisang
Tidak longsor*	Wangun 2	1320	13.02	0.13	Kayu Afrika
	Pasir Gobang	1020	6.04	0.06	Pisang
	Cimandala 1	840	25.19	0.26	Alpukat
	Cimandala 2	640	10.6	0.11	Pisang

Keterangan: *) Longsor = letak plot sekitar 15 m dari titik longsor; Tidak longsor = tidak ada kejadian longsor didekat plot pengukuran

Dari hasil pengukuran basal area pada beberapa lokasi pengamatan (Tabel 2) dapat dilihat bahwa basal area pada lokasi dekat longsor Cimandala II lebih tinggi (0.31%) dibandingkan dengan lokasi lainnya. Pohon yang mendominasi lokasi ini adalah pisang. Pohon pisang memiliki perakaran yang dangkal sehingga tidak dapat berfungsi sebagai penguat tebing. Dalam kaitannya dengan longsor, basal area merupakan karakteristik vegetasi yang dapat menggambarkan sebaran jaringan perakaran dan kekuatan akar yang berperan dalam menstabilkan tebing. Semakin besar diameter batang pohon maka sebaran jaringan akarnya semakin luas (Stone and Kalisz, 1991 dalam Roering *et al.*, 2003)

4.1.1. Biomasa vegetasi bawah (semak)

Vegetasi bawah pada lokasi pengamatan meliputi pandan (*Pandanus amaryllifolius*) dan sereh wangi (*Cymbopogon nardus*). Namun hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa biomasa vegetasi bawah pada beberapa lokasi pengamatan tidak berbeda nyata ($p > 0.05$) (Lampiran 4). Meskipun jumlah dan kepadatan vegetasi bawah di setiap lokasi pengamatan berbeda, tetapi hasil pengukuran biomasanya cenderung sama (Gambar 7). Hal ini disebabkan jenis vegetasi bawah yang umum ditanam hampir sama pada beberapa lokasi pengamatan. Rata-rata biomasa bawah di lokasi percobaan sekitar 4.3 Mg ha^{-1} .



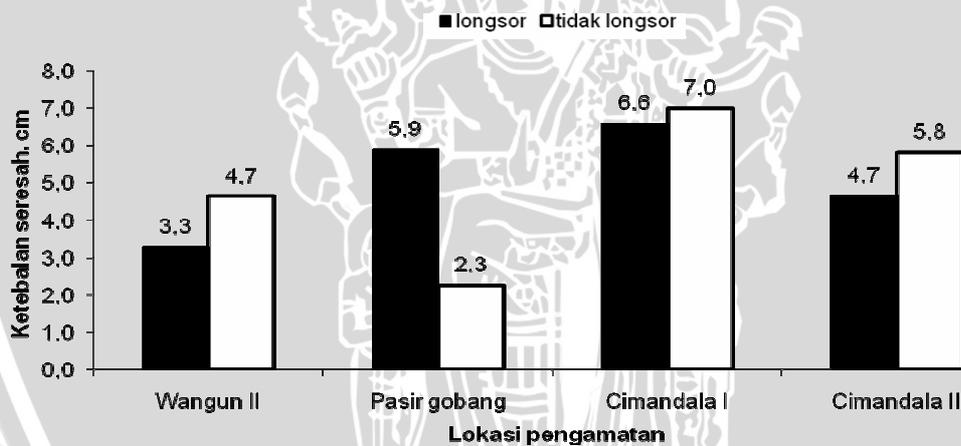
Gambar 7. Biomasa vegetasi bawah pada beberapa lokasi pengamatan

Penutupan lahan oleh vegetasi bawah pada titik longsor sangat dibutuhkan karena dengan keberadaannya yang rapat dapat memberikan kontribusi terhadap

kestabilan tebing. Adanya vegetasi bawah dapat memperbesar kekasaran permukaan tanah, sehingga meningkatkan infiltrasi (Hardiyatmo, 2006). Dengan demikian kerapatan penutupan lahan oleh vegetasi bawah sangat diharapkan agar lereng menjadi tidak mudah longsor.

4.1.2. Berat dan ketebalan seresah permukaan

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata ($p > 0.05$) ketebalan seresah antar lokasi pengamatan (Lampiran 4). Tingginya keragaman dan kepadatan pohon yang ditanam mempengaruhi besarnya masukan seresah ke dalam tanah, sehingga seresah yang masuk lebih beragam jenis kualitas dan kecepatan pelapukannya. Seresah yang lambat lapuk akan menjadikan lapisan seresah di permukaan tanah lebih tebal. Hasil pengukuran ketebalan seresah pada lahan agroforestri ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Ketebalan seresah pada lahan agroforestri di beberapa lokasi pengamatan

Selain pengukuran ketebalan seresah, juga dilakukan pengukuran berat seresah pada lahan agroforestri di beberapa lokasi pengamatan. Hasil pengukuran berat seresah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Berat seresah pada beberapa lokasi pengamatan

Lokasi	Longsor *	Tidak longsor*
Wangun II	20.6	25.2
Pasir Gobang	37.8	28.09
Cimandala I	59.11	76.35
Cimandala II	24.57	20.67

Keterangan: *) Longsor = letak plot sekitar 15 m dari titik longsor; Tidak longsor = tidak ada kejadian longsor didekat plot pengukuran

4.1.3. Hubungan antara ketebalan seresah dengan berat kering seresah

Pepohonan dalam sistem agroforestri memberikan masukan bahan organik melalui seresah daun, ranting, cabang yang telah gugur di atas permukaan tanah (Hairiah, 2003). Jumlah serta kualitas masukan seresah mempengaruhi tebal tipisnya lapisan seresah yang ada di permukaan tanah. Tingginya keragaman vegetasi menyebabkan kualitas masukan seresah juga beragam maka masa tinggalnya di permukaan tanah pun cukup lama. Pada dasarnya peningkatan ketebalan seresah akan diikuti dengan peningkatan berat kering seresah. Namun pada penelitian ini dari hasil analisis korelasi menunjukkan tidak adanya korelasi nyata antara ketebalan seresah dengan berat kering seresah. Hal ini disebabkan jenis seresah pada lokasi penelitian memiliki berat kering yang relatif rendah (ringan) dan merupakan jenis seresah yang mudah lapuk. Sehingga hasil pengukuran berat kering seresah dan ketebalan seresah pada lokasi penelitian ini menjadikan kedua parameter tersebut tidak berkorelasi.

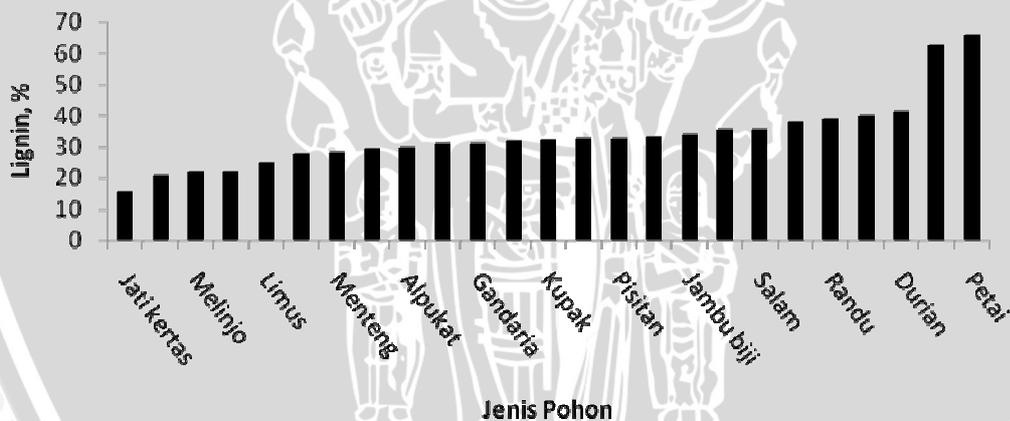
Lapisan seresah dapat melindungi permukaan tanah dari pukulan tetesan air hujan yang dapat menghancurkan agregat tanah. Lapisan seresah selain berfungsi dalam menjaga kondisi iklim mikro juga memberikan manfaat terhadap tanah. Seresah yang telah didekomposisi merupakan sumber masukan bahan organik tanah selain dari akar tanaman dan fauna yang telah mati. Peran lapisan seresah dalam melindungi permukaan tanah sangat dipengaruhi oleh ketahanannya terhadap pelapukan. Menurut Purwanto (2006), tebalnya lapisan seresah permukaan juga akan meningkatkan aktifitas biologi tanah yang dalam jangka waktu lama membuat tanah memiliki banyak pori-pori berukuran besar, sehingga tanah memiliki laju penyerapan air yang jauh lebih tinggi. Dengan demikian

adanya seresah permukaan dapat menjadi penutup tanah dari tetesan hujan secara langsung sehingga tanah tidak mudah longsor.

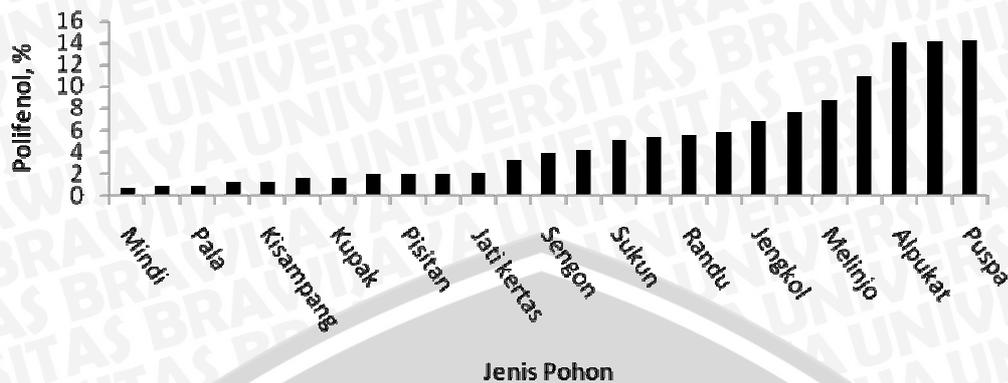
4.2. Karakteristik akar

4.2.1 Kandungan lignin dan polifenol akar pohon

Hasil pengukuran kandungan lignin dan polifenol pada beberapa jenis pohon dengan umur sama yaitu 4 tahun menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) (Lampiran 4). Besarnya kandungan lignin berkisar antara 15.7% - 65.7% dan besarnya kandungan polifenol berkisar antara 0.64% - 14.2%. Kandungan lignin tertinggi 65.7% pada perakaran pohon petai (*Parkia speciosa*) dan terendah 15.7% pada perakaran pohon jati kertas (*Gmelina arborea*) (Gambar 9). Ada kesamaan nilai lignin terendah dengan hasil penelitian sebelumnya (Nurhada, 2006) yaitu pohon jati kertas (*Gmelina arborea*) dengan nilai 13.51%. Sedangkan kandungan polifenol tertinggi 14.2% pada perakaran puspa (*Scima waliichii*) dan terendah 0.64% pada perakaran mindi (*Melia azedarach*) (Gambar 10).



Gambar 9. Kandungan lignin pada berbagai jenis pohon umur 4 tahun



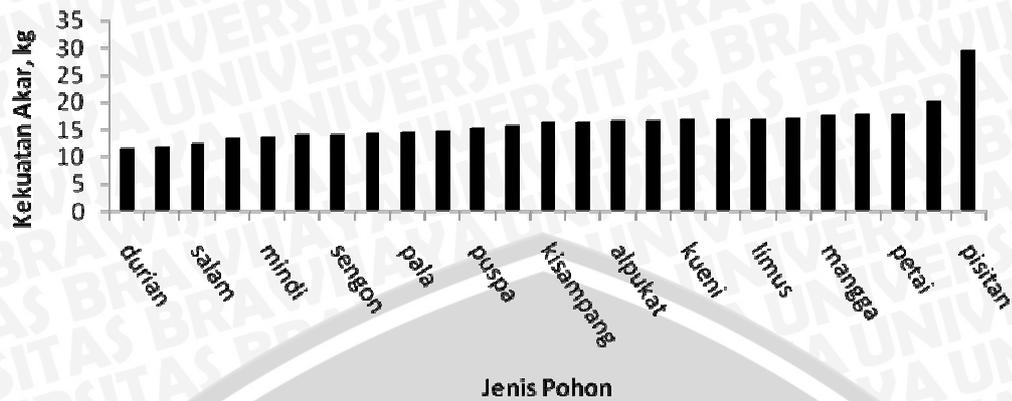
Gambar 10. Kandungan polifenol pada berbagai jenis pohon umur 4 tahun

Pada dasarnya peningkatan umur pohon akan diikuti peningkatan kandungan lignin dan polifenol. Namun dari hasil analisis ragam (ANOVA) tidak dapat menunjukkan pernyataan tersebut. Kandungan lignin dan polifenol tidak dipengaruhi secara nyata ($p < 0.05$) oleh peningkatan umur pohon (Lampiran 4). Rata-rata kandungan lignin dan polifenol pada pohon bervariasi umur yaitu 35,4% dan 5,92%. Hal ini disebabkan karena pada saat pengambilan contoh akar dilakukan pada akar-akar muda. Sehingga hasil perhitungan menunjukkan nilai kandungan lignin dan polifenol yang sama pada berbagai pohon dengan variasi umur.

4.2.2. Kekuatan akar

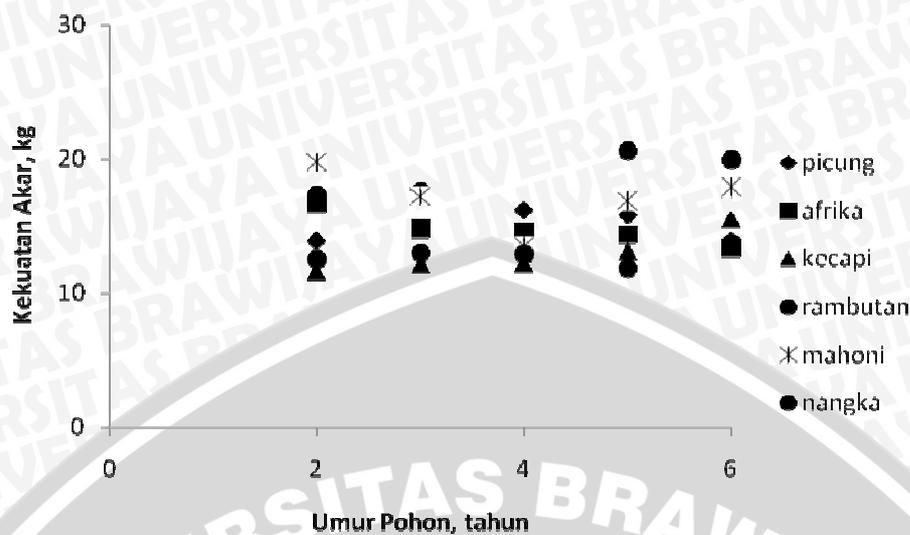
Kekuatan akar merupakan faktor penting untuk menjaga stabilitas tebing. Menurut Ziemer and O'Loughlin, 2001, akar dengan diameter < 20 mm sangat penting untuk meningkatkan stabilitas tebing terutama pada zone shear. Faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan akar salah satunya yaitu kandungan lignin dan polifenol. Kandungan bahan organik dalam akar ini menunjukkan mudah tidaknya akar putus. Peran akar akan berkurang nilai kekuatan akar rendah karena akar mudah putus. Tetapi dari hasil penelitian ini, peningkatan kandungan lignin dan polifenol tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan kekuatannya.

Hasil pengukuran kekuatan akar menunjukkan bahwa pohon Pistan (*Lansium domesticum*) memiliki kekuatan akar tertinggi dan kekuatan akar terendah terdapat pada durian (*Durio zibethinus*). Nilai kekuatan akar pada beberapa pohon berumur 4 tahun disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Kekuatan akar berbagai jenis pohon umur 4 tahun

Pada 6 jenis pohon yang diukur, rambutan memiliki kekuatan akar yang paling tinggi (Gambar 12). Hasil ANOVA menunjukkan peningkatan kekuatan akar tidak dipengaruhi nyata dengan peningkatan umur pohon. Sama halnya dengan pengukuran kandungan lignin dan polifenol, pengambilan contoh akar untuk pengukuran kekuatan akar juga dilakukan pada akar-akar muda. Sehingga nilai kekuatan akar yang didapat pada 6 jenis pohon dengan variasi umur sama. Menurut Ziemer dan Swaston (1977) pada diameter akar ukuran 2 hingga 5 mm sekitar 40% kekuatan akarnya lebih rendah dibandingkan diameter akar yang besar. Diameter akar yang digunakan untuk pengukuran kekuatan akar adalah < 5 mm. Hal ini dikarenakan keterbatasan alat *Direct Root Strength* yang hanya mampu mengukur kekuatan akar berdiameter < 10 mm. Selain diameter akar, kekuatan akar juga dipengaruhi oleh distribusi kerapatan akar. Hardiyatmo (2006) menyatakan bahwa tingkat kerapatan akar yang tinggi atau akar serabut berdiameter kecil yang lebih banyak jumlahnya, akan lebih efektif menambah kekuatan lereng daripada akar berdiameter besar tetapi jarang.



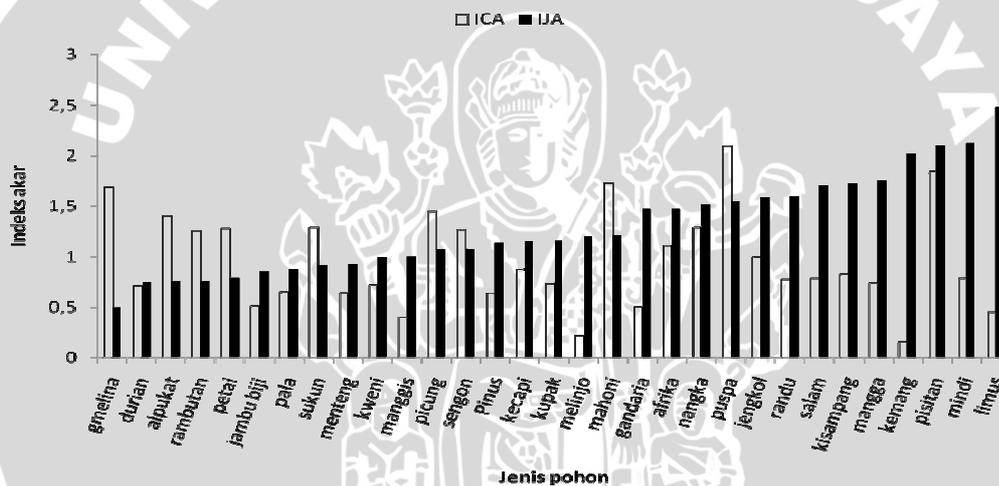
Gambar 12. Kekuatan akar beberapa jenis pohon pada berbagai umur

4.2.3. Indeks Cengkeram Akar (ICA) dan Indeks Jangkar Akar (IJA)

Penilaian potensi akar dalam mencengkeram dan menjangkar tanah dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan indeks cengkeram akar, ICA ($\sum dh^2/dbh^2$) dan indeks jangkar akar, IJA ($\sum dh^2/dbh^2$). Indeks cengkeram digambarkan dengan akar horisontal dan indeks jangkar akar digambarkan dengan akar vertikal. Akar dikatakan horisontal jika memiliki sudut $<45^\circ$ dari bidang horisontal dan akar vertikal relatif tegak kedalam tanah, sudut $>45^\circ$ dari bidang horisontal (Hairiah *et al*, 2002).

ICA merupakan pendekatan kepada fungsi akar pohon sebagai pencengkeram tanah di lapisan atas, sedangkan IJA merupakan pendekatan kepada fungsi akar sebagai jangkar untuk menahan tegakan pohon dan gerakan masa tanah. Hasil pengukuran indeks cengkeram dan indeks jangkar akar berbagai jenis pohon umur 4 tahun (Gambar 13) menunjukkan bahwa Limus memiliki IJA yang paling tinggi dan yang paling rendah Gmelina. Untuk nilai ICA, yang tertinggi Puspa dan yang terendah Kemang. Dari Gambar 13 menunjukkan, peningkatan indeks jangkar akar, tidak selalu diikuti dengan peningkatan indeks cengkeram akarnya. Jika dibandingkan dengan daerah penelitian sebelumnya di Sumberjaya (Kurniasari, 2006) pohon yang memiliki Indeks Jangkar besar antara lain, Durian, Petai, dan Bendo. Tetapi untuk pohon Durian, di daerah Sentul

memiliki Indeks Jangkar yang kecil. Hal ini disebabkan adanya perbedaan umur pohon yang digunakan untuk pengamatan. Pengukuran pohon di Sumberjaya dilakukan pada pohon berumur 5 tahun, sedangkan di daerah Bogor pada umur 4 tahun. Perbedaan umur ini dapat menyebabkan perbedaan pada hasil pengukuran baik diameter batang maupun diameter akarnya. Menurut Haygreen dan Bowyer (1993) dalam Duryat, *et al* (2007), semakin bertambahnya umur, pohon tumbuh semakin kuat untuk jangka waktu yang lama, tetapi berangsur-angsur menjadi lemah. Selain itu Hairiah *et al* juga mengemukakan bahwa adanya gangguan dalam lingkungan tanah biasanya juga akan diikuti perubahan diameter akar. Sehingga nilai Indeks Jangkar Akar yang diperoleh dari kedua lokasi pengamatan berbeda.



Gambar 13. Indeks cengkeram dan jangkar akar pada berbagai jenis pohon umur 4 tahun

Hasil nilai indeks akar 6 jenis pohon yang banyak dijumpai dan memiliki nilai ekonomi tinggi diukur pada berbagai variasi umur (Lampiran). Pada semua jenis pohon, semakin tua umur pohon nilai indeks jangkar akarnya semakin rendah. Sebaliknya semakin tua umur pohon, nilai indeks cengkeram akarnya semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di Sumberjaya, Lampung Barat oleh Kurniasari (2005) yang menyatakan bahwa semakin tua umur tanaman maka semakin kuat kemampuannya untuk mencengkeram tanah. Pernyataan ini ditunjukkan dengan hasil pengukuran Indeks Kedalaman Pohon (dbh^2/d_h^2) yang menurun seiring

peningkatan umur pohon, yang berarti terjadi peningkatan pertumbuhan akar horisontal yang diikuti dengan bertambahnya umur. Purnomosidi (*dalam* Hairiah *et al.*, 2000) menunjukkan bahwa akar pohon buah-buahan seperti nangka dan pisitan (duku) selain memiliki akar yang menyebar horisontal di permukaan tanah, juga memiliki akar yang menyebar vertikal ke bawah. Perakaran yang demikian menyebabkan nangka dan pisitan (duku) memiliki kemampuan yang baik sebagai pencengkeram tanah sekaligus sebagai jangkar.

4.3. Pemilihan vegetasi untuk rekomendasi

Akar merupakan bagian terpenting dari vegetasi yang secara mekanis dapat mengurangi longsor. Akar berfungsi sebagai jangkar dan pencengkeram tanah yang dapat ditentukan dari nilai indeks jangkar akar dan nilai indeks cengkeram akar. Semakin tinggi nilai indeks jangkar akar, pohon akan berfungsi menahan tegakan pohon dan pergerakan masa tanah saat terjadinya longsor dan semakin tinggi nilai indeks cengkeram akar, pohon akan berfungsi baik dalam mencengkeram pada lapisan atas.

Menurut Budidarsono dan Wijaya (2004) pohon yang direkomendasikan adalah pohon yang memiliki Indeks Mencengkeram dan Indeks Jangkar yang baik dengan memperhatikan nilai ekonomis dan kecepatan pertumbuhan pohon. Selain itu juga didukung dengan karakter perakaran pohon yang kuat dan kualitas akar yang rendah (kandungan Lignin dan Polifenol tinggi). Perakaran vegetasi tidak akan mampu menahan terjadinya longsor jika memiliki perakaran yang dangkal, kekuatan akar rendah, serta distribusi kerapatan akar yang rendah tidak saling berkaitan.

Dari total 31 jenis pohon yang diamati, semuanya memiliki distribusi perakaran yang berbeda. Pohon dengan nilai Indeks Jangkar Akar tinggi berpotensi sebagai penguat tebing. Dari data yang didapat pada penelitian ini, nilai Indeks Jangkar Akar dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu indeks jangkar besar (> 2.0), sedang $1.25 - 2.0$, dan kecil ≤ 1.25 (Tabel 4 dan 5). Pohon yang termasuk ke dalam Indeks Jangkar besar antara lain Limus, Mindi, Pisitan, dan Kemang. Jika dibandingkan dengan daerah penelitian sebelumnya di Sumberjaya

(Kurniasari, 2006) pohon yang memiliki Indeks Jangkar besar antara lain, Durian, Petai, dan Bendo. Tetapi untuk pohon Durian, di daerah Sentul memiliki Indeks Jangkar yang kecil. Hal ini disebabkan adanya perbedaan pengelolaan lahan, kondisi wilayah, dan kesuburan tanahnya.



Tabel 4. Nilai pengukuran dan kegunaan beberapa jenis pohon yang umum dijumpai pada lokasi penelitian : IJA, ICA, kekuatan akar, Lignin, dan Polifenol (b=buah; k=kayu; o=obat; s=sayur; bb= bahan bakar; h= herbal; MPTS= pohon multi fungsi)

	Nama lokal	Nama latin	dbh, cm	ICA	IJA	Kekuatan akar, kg	Lignin, %	Polifenol, %
Umur 4 tahun								
1	Limus (b)	<i>Mangifera foetida</i>	10.39	0.46	2.48	17.12	24.92	1.31
2	Mindi (k,o)	<i>Melia azedarach</i>	17.32	0.78	2.12	13.75	31.94	0.64
3	Pisitan (b,k)	<i>Lansium domesticum</i>	5.77	1.84	2.09	29.56	32.81	1.95
4	Kemang(b,k,s)	<i>Mangifera kemanga</i>	17.08	0.16	2.02	17.87	62.64	1.93
5	Mangga(b,bb)	<i>Mengifera indica</i>	16.60	0.74	1.76	17.69	20.78	11.03
6	Kisampang(k)	<i>Euodia latifolia</i>	17.52	0.83	1.73	16.5	33.22	1.33
7	Salam (h,kt)	<i>Eugenia polyantha</i>	10.61	0.78	1.71	12.63	35.54	7.72
8	Randu (bb,k)	<i>Ceiba pentandra</i>	18.85	0.78	1.60	13.56	38.98	5.57
9	Jengkol (s, bb)	<i>Pithecellobium jiringa</i>	8.68	1.00	1.59	16.81	35.62	6.9
10	Puspa (t)	<i>Schima wallichii</i>	8.95	2.10	1.55	15.31	40.02	14.28
11	Gandaria (v, t)	<i>Bouea macrophylla</i>	16.36	0.50	1.47	15.87	31.12	5.78
12	Melinjo (MPTS)	<i>Gnetum gnemon</i>	18.63	0.22	1.20	14.5	21.92	8.75
13	Kupa (f, t)	<i>Eugenia polycephala</i>	17.91	0.74	1.16	14.94	32.24	1.67
14	Pinus (t)	<i>Pinus merkusii</i>	8.57	0.64	1.13	16.63	35.46	1.58
15	Sengon (t)	<i>Paraserianthes falcataria</i>	13.15	1.27	1.08	14.31	38.12	3.98
16	Manggis (f)	<i>Garcinia mangostana</i>	11.85	0.40	1.00	20.37	27.96	4.25
17	Kweni (f, t)	<i>Mangifera odorata</i>	13.82	0.73	0.99	17	22.3	3.29
18	Menteng (f)	<i>Baccaurea racemosa</i>	12.57	0.64	0.93	17.12	28.22	0.94
19	Sukun (f)	<i>Artocarpus altilis</i>	18.71	1.30	0.92	14.31	30.94	5.13
20	Pala (h)	<i>Myristica fragrans</i>	15.32	0.65	0.88	14.81	29.56	0.95
21	Jambu biji (f, m)	<i>Psidium guajava</i>	12.54	0.51	0.86	17.19	34.16	14.18
22	Petai (v)	<i>Parkia speciosa</i>	21.30	1.29	0.79	18	65.74	5.36
23	Alpukat (f)	<i>Persea americana</i>	14.81	1.41	0.75	16.75	29.9	13.98
24	Durian (f,t)	<i>Durio zibethinus</i>	12.94	0.71	0.75	11.75	41.36	2.02
25	Gmelina (t)	<i>Gmelina arborea</i>	6.16	1.69	0.50	12	15.72	2.15

Variasi Umur (2 tahun, 3 tahun, 4 tahun, 5 tahun, 6 tahun)

26	Nangka (f, t)	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	3.42	0.19	4.16	17.37	32.66	8.01
			5.93	1.07	2.02	17.62	35.7	2.21
			7.53	1.29	1.52	14.5	39.76	3.17
			12.57	0.97	2.49	20.68	34.96	2.51
			17.68	1.17	1.17	20	42.16	0.91
27	Afrika (t)	<i>Maesopsis eminii</i>	3.58	1.07	1.37	13.87	34.44	6.76
			5.93	1.61	1.12	14.87	32.12	8.25
			7.53	1.11	1.47	16.25	26	2.06
			12.86	1.60	1.14	15.81	32.94	3.26
			17.68	1.45	0.98	13.93	30.22	3.7
28	Mahoni (t)	<i>Swietenia mahogany</i>	4.52	1.23	1.88	11.62	27.08	11.02
			7.16	0.99	1.24	12.18	35.48	16.96
			15.09	1.73	1.21	12.25	38.8	10.27
			12.54	1.22	1.12	13.12	50.18	14.67
			16.69	1.20	1.09	15.56	57.2	10.31
29	Kecapi (f, t)	<i>Sandoricum koetjape</i>	3.78	0.39	1.27	16.75	34.76	1.70
			5.66	0.50	1.09	14.87	28.44	1.99
			8.54	0.88	1.15	14.56	29.88	3.52
			14.93	0.66	0.68	14.43	29.42	3.31
			18.87	0.70	0.62	13.43	32.02	1.99
30	Picung (v, t)	<i>Pangium edule</i>	6.83	1.04	2.00	19.81	34.18	0.95
			9.05	1.35	1.30	17.25	34.8	0.64
			11.38	1.24	1.27	13.5	36.58	1.35
			17.20	1.35	0.55	16.81	36.42	1.60
			21.06	1.06	0.64	17.87	31.86	1.32
31	Rambutan (f, t)	<i>Nephelium lappaceum</i>	2.67	0.59	1.81	12.56	36.02	6.76
			9.05	1.35	1.30	13.06	39.3	11.92
			7.32	1.31	0.43	12.93	38.78	19.82
			10.23	1.51	0.49	11.87	37.34	12.04
			17.00	1.61	0.30	13.75	39.52	12.07

Tabel 5. Pengelompokan pohon berdasarkan Indeks Jangkar dan Indeks Cengkeram

INDEKS	IJA kecil	IJA sedang	IJA besar
	< 1.25	1.25 – 2.00	>2.00
ICA kecil <1.00	Durian Jambu biji Kupak Kueni Manggis Melinjo Menteng Pala Pinus	Gandaria Kisampang Mangga Randu Salam	Kemang Limus Mindi
ICA sedang 1.00 – 1.50	Alpukat Petai Sengon Sukun	Jengkol	-
ICA besar >1.50	Jati kertas	Puspa	Pisitan

Peningkatan Indeks Jangkar Akar tidak selalu diikuti dengan peningkatan Indeks Cengkeram Akar. Dari Tabel 5 menunjukkan bahwa pohon Pisitan berpotensi dalam menjaga kestabilan lereng. Hal ini juga didukung dengan nilai kekuatan akar pohon Pisitan juga termasuk besar yaitu 29.56 kg (Tabel 4). Adanya kombinasi pemilihan pohon yang memiliki Indeks Jangkar (IJA) dan Indeks Cengkeram Akar (ICA) yang tinggi serta adanya vegetasi bawah yang rapat pada kelerengan curam dapat mengurangi terjadinya longsor.

4.3. Pembahasan Umum

Longsor merupakan suatu peristiwa geologi di mana terjadi pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Pada dasarnya longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng atas lebih besar daripada gaya penahannya. Gaya pendorong dipengaruhi oleh keterjalan lereng, intensitas hujan yang tinggi, beban serta berat jenis tanah, adanya lapisan kedap air, dan ketebalan solum tanah. Sedangkan gaya penahannya umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan, ketahanan geser tanah, dan kerapatan serta kekuatan akar. Selain itu

faktor-faktor lain yang menyebabkan terjadinya longsor juga diakibatkan oleh ulah manusia yang akhir-akhir ini banyak melakukan kegiatan seperti penebangan hutan dan penambangan batu liar.

Kejadian longsor di desa Karang Tengah diakibatkan adanya konversi lahan hutan menjadi lahan agroforestri. Didukung dengan kondisi iklim (curah hujan tinggi), banyak kawasan-kawasan di desa Karang Tengah menjadi rawan longsor. Alih guna lahan yang terjadi menyebabkan adanya perbedaan jenis dan jumlah pohon yang ditanam pada sistem agroforestri sehingga mengakibatkan perbedaan daya cengkeram dan daya jangkar akar. Hasil penelitian Bishop dan Stevens (1964) dalam Swaston dan Ziemer (1977) menunjukkan bahwa berkurangnya pohon akibat alih guna lahan berpengaruh pada efek akar pohon dalam menjaga stabilitas tebing sehingga berkorelasi terhadap terjadinya longsor. Pohon mempunyai peran penting dalam menjaga stabilitas tebing melalui fungsi akarnya. Abe dan Ziemer (1991) menyatakan bahwa akar pohon dapat berfungsi dalam mempertahankan stabilitas tebing melalui 2 mekanisme yaitu : (1) Mencengkeram tanah di lapisan atas (0-5 cm), (2) Mengurangi daya dorong massa akibat pecahnya gumpalan tanah. Karakteristik akar yang mempengaruhi daya cengkeram akar adalah kekuatan akar, diameter, kerapatan akar. Kekuatan akar berhubungan erat dengan kandungan C, N, lignin dan polifenol (Mohadi, 2006).

Potensi terjadinya longsor juga berhubungan dengan besarnya stabilitas lereng yang ditunjukkan oleh tingginya ketahanan geser tanah (*Soil shear strength*) (Abe dan Ziemer, 1991). Ketahanan geser tanah adalah gaya maksimal yang dapat ditahan oleh tanah pada saat belum terjadi pergeseran. Besarnya ketahanan geser tanah dipengaruhi oleh kondisi tanah (kelembaban, kandungan liat, porositas) dan karakteristik perakaran tanaman yang tumbuh di atasnya. Swaston dan Ziemer (1977) menyatakan bahwa faktor kekuatan stabilitas tebing berhubungan dengan keberadaan perakaran pohon dalam menjaga dan meningkatkan kekuatan geser tanah serta pelindung tanah.

Karakteristik akar pohon yang berpengaruh terhadap kekuatan geser tanah adalah sebaran, kerapatan, diameter, berat jenis, dan kekuatan akar (Hairiah *et al*, 2006). Perbedaan kandungan kualitas akar yang ditunjukkan oleh konsentrasi lignin, polifenol, dan selulosa menentukan kekuatan akar. Menurut Anonymous

(2008) lignin merupakan salah satu komponen penyusun tanaman, secara umum tanaman terbentuk dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Pada batang tanaman, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya sehingga suatu pohon dapat berdiri tegak. Hal ini disebabkan karena lignin merupakan senyawa polimer pada jaringan tanaman berkayu yang mengisi rongga antara sel-sel tanaman sehingga tanaman menjadi keras. Sedangkan polifenol merupakan produk metabolisme sekunder dari tanaman yang mencakup unsur yang memiliki suatu cincin berbau harum dan terdiri dari satu atau lebih hidroksil substituen. Struktur dari polifenol alami bervariasi terdiri dari molekul sederhana (Harborne, 1980 dalam Leighton, 2005). Tingginya kandungan lignin dan polifenol pada perakaran pohon dapat berpengaruh terhadap kekuatan akar untuk bertahan tidak mudah putus, sehingga kuat dalam mencengkeram tanah.

Penilaian potensi akar dalam mencengkeram dan menjangkar tanah dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan indeks cengkeram akar, ICA ($\sum dh^2/dbh^2$) dan indeks jangkar akar, IJA ($\sum dh^2/dbh^2$). Indeks cengkeram digambarkan dengan akar horisontal dan indeks jangkar akar digambarkan dengan akar vertikal. Akar dikatakan horisontal jika memiliki sudut $<45^\circ$ dari bidang horisontal dan akar vertikal relatif tegak kedalam tanah, sudut $>45^\circ$ dari bidang horisontal (Hairiah *et al.*, 2002). Dari hasil pengukuran nilai Indeks Akar menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai Indeks Jangkar Akar (>2.0) dan Indeks Cengkeram Akar (>1.5), pohon tersebut berpotensi untuk mempertahankan stabilitas tebing. Peningkatan keragaman jenis pohon yang berperakaran dalam dan kuat dalam sistem agroforestri (Kemang, Limus, Mindi, Jati Kertas, Mahoni, dan Pisitan) dapat berfungsi mengurangi longsor.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis pohon yang umum dijumpai di lokasi pengamatan adalah, Kayu Afrika, Rambutan, Kecapi, Alpukat, dan Cengkeh.
2. Nilai diameter pohon pada lokasi pengamatan berkisar antara 0.2 - 65 cm.
3. Pohon yang memiliki IJA tinggi (>2.00) antara lain Kemang, Limus, Mindi, dan Pisitan. Sedangkan pohon yang memiliki ICA tinggi (>1.50) antara lain Jati Kertas, Mahoni, Puspa, Pisitan.
4. Peningkatan umur pohon tidak selalu diikuti oleh peningkatan Indeks Akar dan Kekuatan akar.
5. Usaha memperkuat tebing secara vegetasi dapat dilakukan dengan penanaman kombinasi pohon yang memiliki IJA dan ICA tinggi serta ditambah dengan penanaman vegetasi bawah yang memiliki kerapatan tinggi.

5.2. Saran

1. Peningkatan keragaman jenis pohon yang berperakaran dalam dan kuat dalam sistem agroforestri dapat berpotensi menjaga stabilitas tebing.
2. Pada penelitian ini tidak dilakukan analisa kandungan kualitas akar (N dan C/N ratio) yang juga merupakan faktor penunjang kekuatan akar. Sehingga diperlukan analisa N dan C/N ratio untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan akar.
3. Penelitian lanjutan pada pohon dengan jenis dan umur yang berbeda untuk mengetahui kualitas akar (kekuatan akar, Lignin, dan Polifenol), dan Indeks akar perlu dikaji lebih lanjut. Sehingga dapat menambah kumpulan informasi beberapa jenis pohon yang memiliki kekuatan akar tinggi dalam usaha meningkatkan stabilitas tebing.
4. Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang pengaruh vegetasi (IJA dan ICA) terhadap stabilitas tebing sehingga pengamatan perlu diperluas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abe, K., and Ziemer, R. R. 1991. Effect of tree roots on a shear zone : modeling reibforced shear stress. *Can. J. For. Res.* 21: 1012-1019.
- Anonymous. 2005. Pemilihan jenis tanaman. Available at http://www.dinashut_Jateng.go.id.
- Anonymous. 2006. Bencana Itu Terlalu Cepat Dilupakan. Available at www2.kompas.com/kompas-cetak/0601/14/Fokus/2360405.htm - 44k –
- Anonymous. 2008. Lignin. From Wikipedia, the free encyclopedia. id.wikipedia.org/wiki/Lignin - 19k –
- Anonymous. 2008. Pengenalan Gerakan Tanah. Available at <http://merapi.vsi.esdm.go.id>
- Budidarsono, S. dan Wijaya, K. 2004. Praktek Konservasi dalam Budidaya Kopi Robusta dan Keuntungan Petani. *Agrivita* 26 (1) : 107-117
- Duryat., R. Hilmanto. 2007. Dimensi Tegakan dan Pengaruh Peubah Tempat Tumbuh Terhadap Produksi Damar Mata Kucing (*Shores javanica* K & V) di Krui Lampung Barat. Fakultas Pertanian Lampung. Available at <http://www.damandiri.or.id/file/duryatipbbab2.pdf>
- Ennos, A. R. and Pellerin, S. 2000. Plant Anchorage. (Dalam: Smit, Bengough, Engels, van Noordwijk, Pellerin dan van Geijn, (eds.). *Root*
- Hairiah, K., Widiyanto, Utami, S.R., Suprayogo, D., Sunaryo, Sitompul, S.M., Lusiana, B., Mulia, R., Van Noordwijk, M. Dan Cadish, G. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi, Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. ICRAF. Bogor.
- Hairiah, K., Widiyanto, Utami, S.R., dan Lusiana, B. 2002. WaNuLCAS Model Simulasi untuk Sistem Agroforestri. ICRAF Southeast Asia. Bogor.
- Hairiah, K., Sardjono, M. A., Sabarnurdin, S. 2003. Pengantar Agroforestri. World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor.
- Hairiah, K., H. Sulistyani, D. Suprayogo, Widiyanto, P. Purnomosidhi, R. H. Widodo, dan M. Van Noorwijk. 2006. Litter Layer Residence Time in Forest and Coffee Agroforestry Systems in Sumberjaya, West Lampung. *Forest Ecology and Management* 224: 45-57.
- Hairiah, K., C. Sugiarto, S. R. Utami, P. Purnomisidhi, J. M. Roshetko. Diagnosis Faktor Penghambat Pertumbuhan Akar Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) Pada Ultisol di Lampung Utara. Available at

<http://www.worldagroforestry.org/sea/Publications/files/journal/JA0024-04.PDF>

- Handayanto, E. 1996. Dekomposisi dan Mineralisasi Nitrogen Bahan Organik. Habitat 7 : 26-29
- Hardiyatmo, H.C. 2006. Penanganan Tanah Longsor dan Erosi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Islami, T dan W.H, Utomo. 1995. Hubungan Tanah Air dan Tanaman. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Joshua J. Roering; Schmidt; Stock; Dietrich; R. Montgomery. 2003. Shallow Landsliding, root reinforcement, and the spatial distribution of trees in the Oregon Coast Range. Published on the NRC Research Press at <http://cgj.nrc.ca>.
- Kurniasari, Veronika. 2005. Karakteristik Sebaran Perakaran Pohon dan Potensinya Dalam Mempertahankan Kekuatan Geser Tanah (*Shear Strength*). S.P. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Leighton, F. (2005) Plant Polyphenol Antioxidant and Oxidative Stress www.bio.puc.cl/vinsalud/publica/biolresrevision.doc
- Munir, M. 2003. Geologi Lingkungan. Bayumedia Publishing. Malang.
- Nurhada, Mohadi. 2006. Studi Kepadatan dan Kualitas Vegetasi (Pohon) Terhadap Kekuatan Geser Tanah (*Shear Strength*) di Tebing Sub Sub Das Bango Malang. Skripsi S-1 Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- O' Loughlin, C. Dan Ziemer, R.R. 1982. The Importance of Root Strength and Detioration Rates Upon Edaphic Stability in Steepland Forest. Journal. Available online at Forest Research Institute. New Zeland.
- Purwanto, 2006. Mencermati Konversi Hutan Alam Menjadi Kebun Sawit. Available online at [http://www.opwall.com/Trust/Resources/LFCP_Newsletter_April_06%20\(1\).pdf](http://www.opwall.com/Trust/Resources/LFCP_Newsletter_April_06%20(1).pdf)
- Russel, E. W. 1973. Soil Conditions and Plant Growth 10th Edition. Longman London
- Sardjono, M. A., Djogo, T., Arifin, H. S., dan Wijayanto, N. 2003. Klasifikasi dan pola kombinasi komponen agroforestri. World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor.

Suharto, E. 2004. Struktur Biji, Sifat Fisik Biji, dan Karakteristik Benih Kayu Afrika (*Maesopsis eminii* Engl) Provenan Padang Jaya. Jurnal Akta Agrosia Vol. 7 : 24-32
<http://www.bdpunib.org/akta/artikelakta/2004/24.pdf>

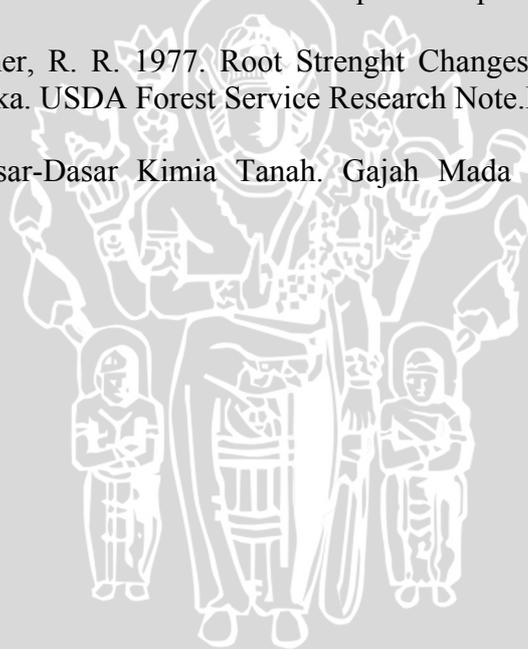
Suprayogo, D., Widiyanto, Utami, S.R., Ismunandar, S., Prayogo, C., Lestariningsih, I.D. dan Kurnia, D. 2005. Identifikasi Longsor dan Upaya Mencegah Bahaya Longsor-pedoman untuk mengurangi kerugian. Pusat Kajian Pertanian Sehat (PK-Pertanian SMART), Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

Suryolelono, Kabul Basah. 2004. Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar. Fakultas Teknik UGM. Available on line at http://lib.ugm.ac.id/data/download/1079402588_bencana.doc.

Suseno, K. 2002. Untuk Menghindari Kerugian Lebih Besar Antisipasi Bencana Longsor Sejak Dini. Available online at <http://www.pedulibencana.com/>.

Swaston, D. N., Ziemer, R. R. 1977. Root Strenght Changes After Logging in Southeast Alaska. USDA Forest Service Research Note.Pnw-306.

Tan, Kim. 1982. Dasar-Dasar Kimia Tanah. Gajah Mada Universitas Press. Yogyakarta.



Lampiran 1. Metode Analisa Kualitas Akar

a. Lignin

a) Bahan Pereaksi :

i. *Acid detergent solution*

8 gr CTAB (*cetyltrimethyl ammonium bromide*) dilarutkan dalam 400 ml H_2SO_4 , 0,5 M (larutkan 28 ml H_2SO_4 pekat ke dalam aquadest sampai mencapai volume 1000 ml)

ii. *Antifoam solution*

2,5 ml *silicon antifoam*, 30 % dilarutkan dalam 100 ml aquadest. *Silicon antifoam*: 30 ml *antifoam* dilarutkan dalam 100 ml aquadest.

iii. H_2SO_4 72 %

Larutkan 720 ml H_2SO_4 pekat ke dalam aquadest sampai mencapai volume 1000 ml.

b) Cara kerja:

i. Timbang 0,5 gr sampel akar tanaman (W1) dan ditambahkan 25 ml *acid detergent solution* serta 1 ml *antifoam solution* ke dalam 250 ml botol volumetric

ii. Panaskan sampai $T = 150^0 C$ selama 1 jam, setelah mendidih turunkan suhu pada awal terjadinya pembuihan dan goyang-goyang untuk beberapa waktu

iii. Saring dalam *filter-glass crucible* (W2) dan cuci dengan aceton (1 kali saja) dan juga dicuci dengan air panas sampai tidak berwarna

iv. Crucible dan isinya dioven pada $T = 105^0 C$ selama 24 jam dan dinginkan dalam desikator dan ditimbang (W3)

v. Crucible dan isinya ditempatkan dalam beaker glass dan ditambahkan H_2SO_4 72% secukupnya sampai setengah dari crucible dan di diamkan selama 3-4 jam

vi. Gunakan *vacuum pump* untuk membilas/ menyedot, setelah dibilas dengan air panas sampai tidak ada asam (tidak berwarna dan tidak berbuih)

vii. Crucible dan isinya oven pada $T = 105^{\circ} \text{C}$ selama 24 jam, dinginkan dan timbang (W_4), sedangkan isinya diabukan pada $T = 500^{\circ} \text{C}$ dengan waktu 4-5 jam. Dinginkan dan timbang (W_5).

c) Perhitungan

$$\text{ACD (\%)} = \frac{(W_3 - W_2)}{W_1} \times 100$$

$$\text{ADL (\%)} = \frac{(W_4 - W_3)}{W_1} \times 100$$

b. Polifenol

a) Bahan Perekasi :

i. Methanol, 50%

ii. Sodium Carbonat (Na_2CO_3 17%)

25,5 gr Na_2CO_3 dalam 124,5 ml aquadest dalam beaker glass

iii. Sodium tungstate (Na_2WO_4)

iv. Asam orthophosphoric

v. Asam phosphomolybdic

vi. Asam tannic

vii. Reagen Folin-Denis:

25 gr sodium tungstate + 5 gr asam phosphomolybdic dan 12,5 ml asam orthophosphoric dimasukkan ke dalam 250 ml botol volumetric yang berisi 187,5 ml aquadest.

Kemudian di reflux selama 2 jam dan diencerkan untuk 250 ml dengan menggunakan aquadest.

b) Membuat standart

i) 0.1 mg/ml asam tannic.

Larutkan 0.01 gr asam tannic dalam 100 ml botol volumetric dengan aquadest.

ii) Pipet 0,1,2,3,4,5 dan 6 ml dari 0.1 mg/ml asam tannic dimasukkan dalam 50 ml cuvet yang berisi 20 ml aquadest.

iii) Tambahkan 2.5 ml reagent Folin-Denis dan 10 ml Na_2CO_3 17% dan kemudian dibaca dengan spectrophotometer, absorbance 760 nm.

c) Cara kerja

- i) Timbang 0,75 gr contoh akar tanaman dan diekstrak dengan 20 ml methanol, 50 % dalam beaker glass, 100 ml dan tutup dengan para film atau aluminium foil.
 - ii) Didihkan dalam water bath pada $T = 70^{\circ} - 80^{\circ} C$ selama 1 jam dan hasil ekstraksi disaring dengan kertas saring (Whatman No. 42) dan dibilas dengan menggunakan methanol 50 % dan diencerkan sampai 50 ml dalam botol volumetric (konsentrasi 15 mg/ml).
 - iii) Pipet 1 ml hasil ekstraksi ke dalam cuvet, 50 ml dan ditambahkan 20 ml aquadest, 2.5 ml reagent Folin-Denis dan 10 ml Na_2CO_3 (sodium carbonat) 17 %. Kemudian encerkan sampai 50 ml dengan menggunakan aquadest dan didiamkan selama 20 menit.
 - iv) Baca dengan menggunakan spectrophotometer, absorbance 760 nm.
- d) Perhitungan
- i) Carilah persamaan regresi dari larutan standart.
 - ii) Tentukan TAE sample dan TAE blanko (X) berdasarkan persamaan regresi diatas.

$$\%TEP = \frac{(TAE \text{ SAMPLE} - TAE \text{ BLANKO})}{10 \times W \text{ (Berat Akar Tanaman)gr}}$$

- e) Tabel Pengamatan

X	Y	XY	X ²	Y ²
0				
0.1				
0.2				
0.3				
0.4				
0.5				
0.6				
Σ=				

Catatan : X = Konsentrasi larutan standart (mg/ml), Y = absorbance

Sample	Y bacaan	TAE sample
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Lampiran 2. Metode Pengukuran Kekuatan Akar (*Root Strength*)

Analisa kekuatan akar dilakukan dengan menggunakan alat Direct Root Strength, yang telah dimodifikasi. Langkah-langkahnya adalah :

1. Ambil sampel akar dengan panjang kurang lebih 13 cm dan diameter 2 mm pada semua jenis akar pohon yang didapat. Baik akar pohon umur sama maupun akar pohon variasi umur.
2. Sampel akar diletakkan pada alat *Direct Root Strength* .

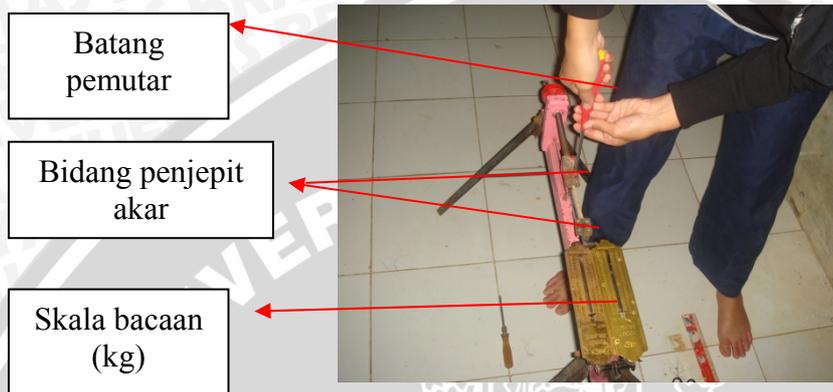
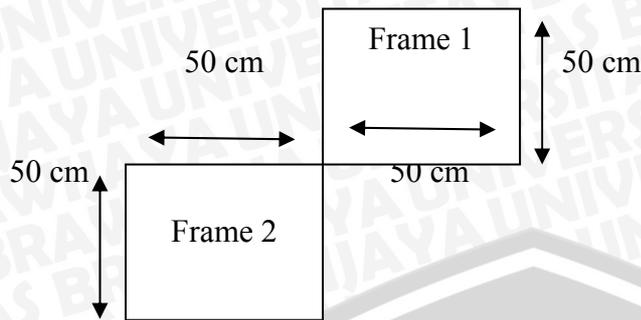


Foto 1. Cara meletakkan akar pada alat

Cara kerja:

1. Letakkan sampel akar berdiameter 2 mm pada dua bidang penjepit. Kunci masing-masing ujung penjepit sampai akar tidak dapat lolos saat dilakukan penarikan.
2. Jika sudah kuat, putar batang pemutar dengan perlahan-lahan. Perhatikan penurunan dua skala bacaan yang ada pada alat. Hentikan pemutaran jika akar yang diukur telah mengalami pemutusan. Pemutusan akar yang benar bias berada di atas, tengah, dan bawah. pemutusan dianggap salah apabila akar putus pada salah satu bidang penjepit akar.
3. Saat terjadi pemutusan, lihat batas skala bacaan pada kedua skala yang ada. Catat sebagai kekuatan akar dengan satuan kilogram (kg).

Lampiran 3. Prosedur pengukuran biomassa vegetasi bawah



Gambar 5. Frame kayu sebagai alat penangkapan biomassa vegetasi bawah

Cara kerja :

Biomassa segar vegetasi bawah dalam frame kayu (frame 1 dan 2)
dioven suhu 80° C

Biomassa kering vegetasi bawah dalam frame kayu (frame 1 dan 2)
dicari rerata pasa setiap sub plot

$$x \text{ g biomassa kering vegetasi bawah} / 0.25 \text{ m}^2 \\ \text{dikali luasan sub plot (konversi unit)} \\ = \frac{x}{0,25 \text{ m}^2 * LuasanSubPlot \text{ (m}^2)}$$

x g biomassa kering vegetasi bawah/ sub plot
ditotal untuk semua sub plot

$$Y \text{ g biomassa kering vegetasi bawah/ plot} \\ \text{Konversi unit dalam Mg/Ha} \\ = \frac{Y * 10^{-6} \text{ Mg}}{LuasPlot \text{ (m}^2) * 10^4 \text{ m}^2} \\ = \frac{Y * 10^{-2} \text{ Mg}}{ha}$$

Biomassa kering vegetasi bawah sebesar Y Mg/Ha

Lampiran 4. Hasil Analisis Ragam

a. Kepadatan populasi pohon

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Ulangan stratum	3	420000.	140000.	1.36	
Ulangan.*Units* stratum					
Tipe	1	200.	200.	0.00	0.968
Residual	3	307800.	102600.		
Total	7	728000.			

b. Biomasa vegetasi bawah

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
ulangan stratum	3	21.32	7.11	0.57	
ulangan.*Units* stratum					
tipe	1	15.75	15.75	1.25	0.344
Residual	3	37.65	12.55		
Total	7	74.71			

c. Ketebalan seresah

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
ulangan stratum	3	7.311	2.437	0.91	
ulangan.*Units* stratum					
tipe	1	0.355	0.355	0.13	0.740
Residual	3	8.028	2.676		
Total	7	15.694			

d. Kandungan lignin

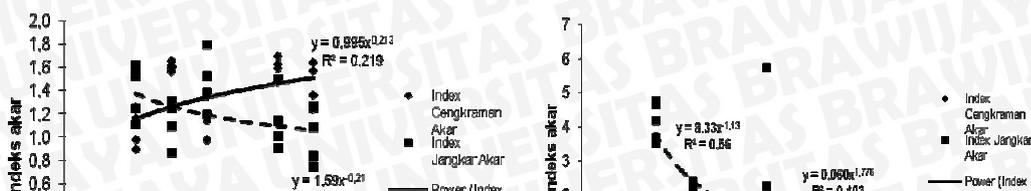
Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Fpr
+ Ulangan	30	3283.61	109.45	2.85	0.009
+ Umur	4	146.10	36.52	0.95	0.45
Residual	20	768.44	38.42		
Total	54	4198.14	77.74		

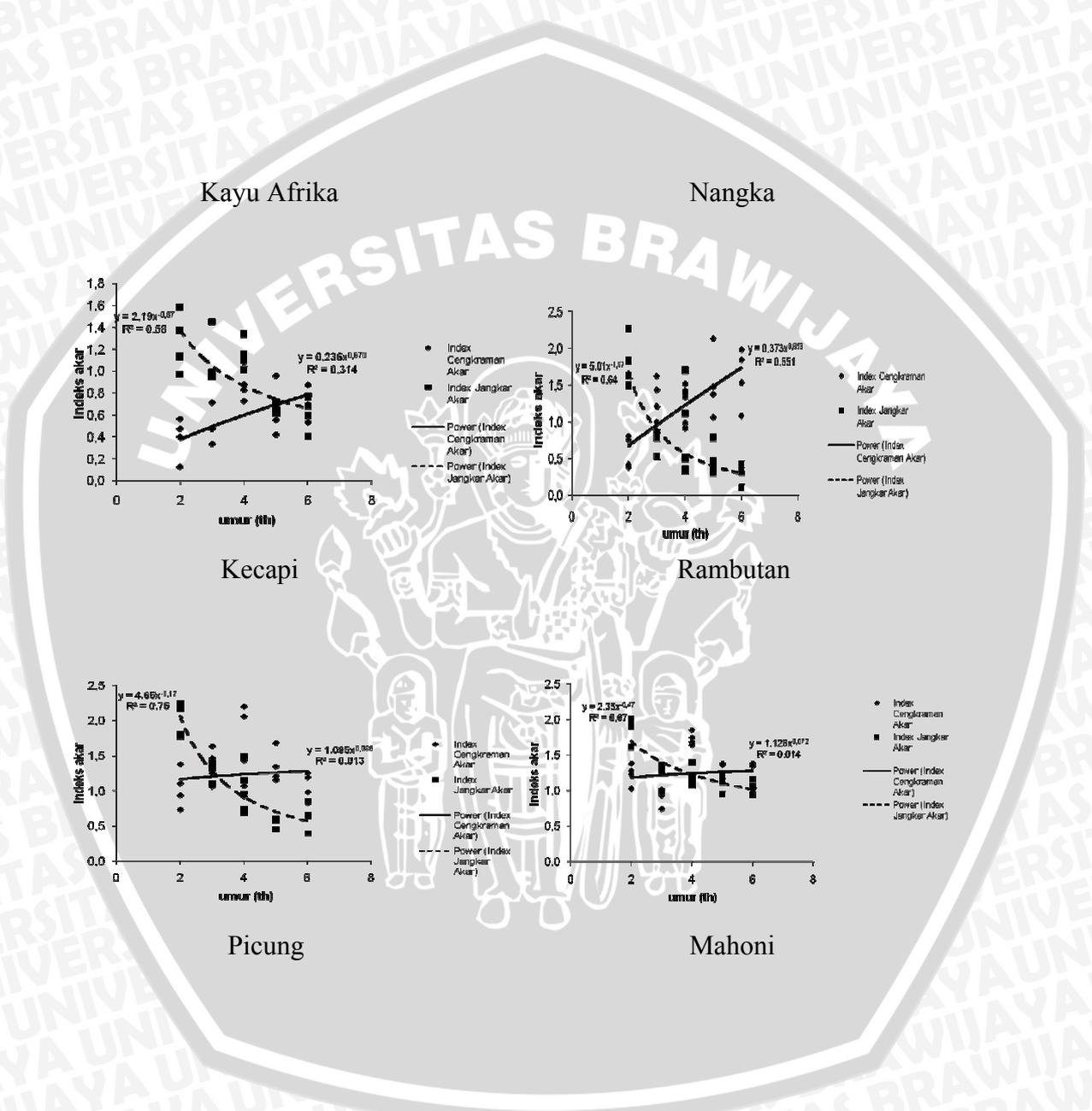
e. Kandungan polifenol

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
+ Ulangan	30	582.11	19.40	0.57	0.920
+ Umur	4	46.05	11.51	0.34	0.849
Residual	20	679.69	33.98		
Total	54	1307.85	24.22		



Lampiran 5. Indeks Cengkeram Akar dan Indeks Jangkar Akar pada 6 jenis pohon variasi





Lampiran 6. Jenis pohon dominan yang umum dijumpai



Kayu Afrika



Kecapi



Rambutan



Alpukat



Cengkeh
(lanjutan)

Vegetasi bawah yang banyak ditanam di lokasi pengamatan



Pandan



Sereh Wangi

Lampiran 7. Contoh sebaran akar beberapa pohon dengan metode *Proximal root*



Mangga



Gandaria



Kupa



Alpukat



Kecapi



Jengkol



Kisampang



Durian





Kemang



Mindi



Pisitan



Puspa



Lampiran 8. Gambar beberapa contoh pohon yang diukur



Mangga



Gandaria



Kupa



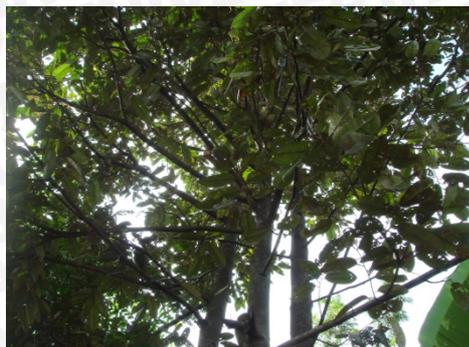
Jengkol



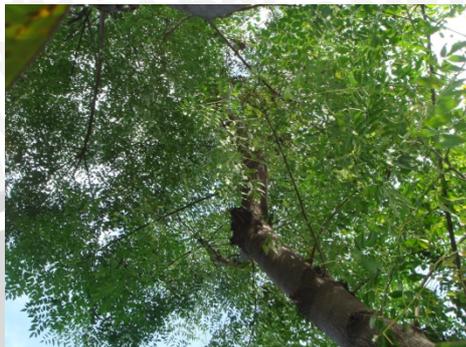
Puspa



Pisitan



Durian



Mindi

