

**PERAN AKAR SEBAGAI JANGKAR : HUBUNGAN ANTARA  
DIAMETER DAN KUALITAS PERAKARAN DENGAN KEKUATAN  
AKAR (*Root Strength*) PADA BERBAGAI KEDALAMAN  
DI DAS KONTOL HULU**

Oleh :  
**RIANA WATI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
PROGRAM STUDI ILMU TANAH  
MALANG  
2007**

## RINGKASAN

Riana Wati (0310430037-43). **PERAN AKAR SEBAGAI JANGKAR : HUBUNGAN ANTARA DIAMETER DAN KUALITAS PERAKARAN TERHADAP KEKUATAN AKAR (*Root Strength*) PADA BERBAGAI KEDALAMAN DI DAS KONTOR HULU.** Di bawah bimbingan : Dr.Ir.H Zaenal Kusuma, MS dan Syahrul Kurniawan, SP. MP

---

Tanaman berperan penting terhadap kestabilan lereng secara hidrologis dan secara mekanis terkait dengan sistem perakarannya. Akar pohon pada lapisan atas dapat berfungsi sebagai pencengkeram dan pada lapisan bawah sebagai jangkar (*anchor*). Peran akar sebagai jangkar tergantung pada mudah putusnya akar, panjang akar, distribusi dan sifat tanah sendiri (Ennos dan Pellerin, 2000). Akar yang menyebar cukup dalam dan luas serta berdiameter besar dapat berfungsi sebagai jangkar sehingga pohon tidak mudah tumbang oleh dorongan massa tanah ke tempat yang lebih rendah dan tebing tetap stabil. Fungsi perakaran pohon sebagai jangkar juga dipengaruhi oleh kualitas bahan organik perakaran (lignin, polyfenol, kandungan N dan berat jenis akar) yang menunjukkan mudah tidaknya akar putus (kekuatan akar) karena gaya geser akibat longsor. Kekuatan akar merupakan faktor penting untuk menjaga stabilitas tebing

Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) Mengukur diameter dan kekuatan akar pada beberapa pohon di berbagai kedalaman tanah, (2) Mengukur kualitas bahan organik perakaran, (3) Mempelajari hubungan antara diameter dan kualitas bahan organik perakaran terhadap kekuatan akar. Hipotesis dari penelitian ini antara lain : (1) Semakin ke dalam, diameter dan kekuatan akar semakin kecil., (2) Semakin kecil diameter akar, kekuatan akar akan semakin kecil, (3) Semakin tinggi kualitas bahan organik perakaran, kekuatan akar akan semakin kecil.

Parameter sifat fisik tanah yang diamati adalah tekstur tanah, berat isi tanah, berat jenis tanah dan porositas tanah, sedangkan untuk parameter akar meliputi nilai total panjang akar (Lrv), nilai total berat kering akar (Drv) , nilai specrol, kekuatan akar, kualitas akar, Indeks Jangkar Akar (IJA) dan Indeks Cengkram Akar (ICA) dari 5 jenis tanaman antara lain Alpukat (*persea americana*), Eucalyptus (*Eucalyptus* sp), Kopi (*coffea robusta*), Mahoni (*swietenia mahagani*), dan Suren (*toona sureni*).

Hasil dari penelitian ini adalah :

1. Besarnya diameter akar, Indeks Jangkar Akar (IJA) dan Indeks Cengkeram Akar (ICA) akan semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah.
2. Semakin kecil ukuran diameter akar, kekuatan akar (*Root Strength*) semakin rendah dan semakin rendah kualitas akar (Kandungan Lignin, Polyfenol, Berat Jenis (BJ), Lg:N, Pp:N, (Lg+Pp)/N akar tinggi serta kandungan N rendah) maka kekuatan akar semakin besar (akar semakin sulit putus). Hal ini mengakibatkan peran akar terhadap stabilitas tebing semakin tinggi.
3. Distribusi akar semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah, diikuti oleh menurunnya Total panjang akar (Lrv) dan Berat kering akar (Drv).

## SUMMARY

Riana Wati (0310430037-43). **THE ROLE OF ROOTS ANCHORAGE: RELATIONSHIP OF ROOT DIAMETER AND ROOT ORGANIC MATTER QUALITY WITH ROOT STRENGTH ON VARIOUS OF SOIL DEPTH ON KONTO HULU SUB-CATCHMENT** . Supervisors : Dr.Ir.H Zaenal Kusuma, MS and Syahrul Kurniawan, SP. MP

---

The role of tree roots in stabilizing slope either are through hidrologically and also mechanically. Thereby it will influence the role of root as root binding (horizontal) and root anchoring (verticall) to increase slope stabilization. Anchorage root strength depends not only on the strength of individual roots, but also on root distribution (root length density or Lrv; dry root mass or Drv and specrol or Lrv/Drv), branching pattern and also on the properties of the soil (Ennos and Pellerin, 2000). Root Strength as anchorage depend on root diameter and root organic matter quality (Lignin, Polyfenol, N content ad particle density of root).

The objectives of this research were 1). Measuring of root diameter and root strength on various of soil depth, 2). Measuring of root organic matter quality and 3). Examine the relationship of tree root diameter and root organic matter quality to root strength. Hypotheses were tested 1). Tree root diameter and root strength decrease as soil depth increase, 2). Root strength decrease as tree root diameter decrease and 3). Root strength decrease as root organic matter quality content increase. To test the hypotesis, the measurements were done in March 2007-Juny 2007 in Konto Hulu Sub-Chachment, Pujon, Malang. Five trees are Alpucat (*persea americana*), Eucalyptus (*eucalyptus* sp), Coffee (*coffea robusta*), Mahoni (*swietenia mahagani*) and Suren (*toona sureni*).

The measurement parameters of soil physical is soil texture, soil porosity, bulk density, particle density and parameters of roots is Root Length Density (Lrv), Dry Root Mass (Drv), Specrol (Lrv/Drv), root strength, root organic matter quality (Lignin, Polyfenol, N content, particle density of root), Index of Root Binding ( $\sum Dh^2/dbh^2$ ) and Index of Root Anchoring ( $\sum Dv^2/dbh^2$ ).

The result indicated that :

- 1). Root diameter, Index of Root Binding (IRB) and Index of Root Anchoring (IRA) decrease as soil depth increased.
- 2). Root diameter increased and root organic matter decrease as root strength increased.
- 3). Root distribution (Root Length Density or Lrv and Dry Root Mass or Drv) decrease as soil depth increased.

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>i</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1. Latar Belakang .....	1
2. Tujuan .....	4
3. Hipotesis .....	4
4. Manfaat .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
1. Kajian Tentang Longsor .....	6
2. Peran Vegetasi terhadap Longsor .....	8
3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Akar .....	10
4. Upaya Pencegahan Longsor Melalui Pemilihan Vegetasi .....	12
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
1. Tempat dan Waktu .....	14
2. Kondisi Umum Wilayah Penelitian .....	14
3. Alat dan Bahan .....	15
4. Tahapan Penelitian .....	16
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>18</b>
1. Hasil .....	18
2. Pembahasan.....	31
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>39</b>
1. Kesimpulan .....	39
2. Saran.....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>44</b>

**DAFTAR TABEL**

Nomor	Judul	Halaman
1	Parameter Pengamatan dan Metode Analisa.....	17
2	Rata-rata Nilai BI, BJ dan Porositas Tanah Masing-masing Lokasi Pohon.....	18
3	Rata-rata Nilai BI, BJ dan Porositas Tanah pada Lima Kedalaman di Lokasi Pengamatan.....	19
4	Rata-rata Nilai Total Panjang Akar (Lrv) dan Berat Kering Akar (Drv) di Masing-masing Lokasi Pohon.....	23
5	Rata-rata Nilai Total Panjang Akar (Lrv) dan Berat Kering Akar (Drv) pada Lima Kedalaman di Lokasi Pengamatan .....	23
6	Rata-rata Nilai Indek Cengkeram Akar (ICA) dan Indek Jangkar Akar (IJA) pada Lima Kedalaman di Lokasi Pengamatan .....	33
7	Rata-rata Nilai Indek Jangkar Akar (IJA) Masing-masing Lokasi Pohon.....	33
8	Hubungan Parameter Kualitas Akar dengan Kekuatan Akar ..	36

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1.	Kerangka Pikir Penelitian .....	3
2.	Skema Hipotesis Penelitian.....	4
3.	Sketsa Posisi Pohon di Tepi Tebing.....	9
4.	Posisi DAS Konto Hulu .....	15
5.	Peta Sebaran Jenis Tanah dan Lokasi Penelitian .....	16
6.	Nilai Berat Isi (BI), Berat Jenis (BJ), Porositas pada Berbagai Kedalaman Tanah .....	20
7.	Distribusi Perakaran pada Berbagai Kedalaman.....	22
8.	Total Panjang Akar (Lrv) dan Drv pohon pada Berbagai Kedalaman Tanah .....	25
9.	Hubungan Klasifikasi Diameter Akar Pohon pada Berbagai Kedalaman Tanah .....	26
10.	Hubungan Sebaran Diameter Akar <10 mm dan Kekuatan Akar Pohon pada Berbagai Kedalaman Tanah .....	28
11.	Kandungan Lignin, Polyfenol, Kandungan N, BJ Akar, Lg/N, Pp/N dan (Lg+Pp)/N .....	30
12.	Hubungan Besarnya Diameter Akar Terhadap Kekuatan Akar.....	31
13.	Nilai Rata-rata Kekuatan Akar (Root Strength) pada Lima Spesies Pohon .....	32
14.	Hubungan ICA dan IJA pada Berbagai Kedalaman Tanah .....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Prosedur Pengukuran Akar .....	44
2.	Foto Tahapan Pengamatan Akar .....	45
3.	Pengukuran Total Panjang Akar (Lrv), Berat Kering Akar (Drv), Indek Cengkeram Akar (ICA) dan Indek Jangkar Akar (IJA) .....	46
4.	Metode Analisa Parameter Tanah .....	48
5.	Metode Analisa Kualitas Akar .....	49
6.	Metode Pengukuran Kekuatan Akar ( <i>Root Strength</i> ) .....	45
7.	Data Sifat Fisik Tanah dan Distribusi Perakaran Tanaman Rata- Rata Per Kedalaman Tanah .....	55
8.	Hasil Analisis Ragam .....	56
9.	Korelasi Parameter .....	59
10.	Dokumentasi Penelitian .....	60

## I. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) Konto merupakan salah satu kawasan yang banyak mengalami kejadian longsor pada saat musim penghujan. Peristiwa tanah longsor atau gerakan massa tanah (*mass wasting*), batuan atau kombinasinya sering terjadi pada daerah berlereng curam. Fenomena alam ini terjadi akibat adanya faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pengurangan kekuatan geser serta peningkatan tegangan geser tanah. Hasil penelitian Mustikaningrum (2006) menunjukkan jumlah titik-titik longsor yang terdapat di DAS Konto yaitu 67 (longsor lahan), 92 (longsor jalan) dan 21 (longsor tebing sungai). Titik-titik longsor tersebut terjadi pada lima penggunaan lahan yaitu semak, hutan, tegalan, perkebunan dan rumput.

Faktor-faktor yang dianggap penyebab terjadinya longsor antara lain menurunnya tingkat penutupan lahan akibat konversi hutan menjadi lahan pertanian. Lahan dengan kelerengan yang curam diatas 50 % dan didominasi semak-semak dan rumput, menyebabkan gaya gravitasi semakin cepat meluncurkan meterial tanah ke tempat yang lebih rendah. Kondisi tersebut diperparah dengan curah hujan rata-rata per tahun yang tinggi, kedalaman solum yang dalam (>90 cm) serta faktor geologi seperti jenis tanah, tekstur (komposisi dari pada tanah pembentuk lereng) maupun kondisi batuan. Hujan yang berinfiltrasi kedalam tanah di bagian lereng yang terbuka (tanpa penutup vegetasi) menyebabkan kondisi air dalam tanah meningkat. Tanah menjadi jenuh sehingga berat volume tanah bertambah dan beban pada lereng semakin berat. Penimbunan di bagian lereng secara terus menerus tanpa memperhatikan beban lereng dapat menyebabkan lereng menjadi rawan longsor.

Secara mekanis perakaran mampu meningkatkan kekuatan pada tanah secara vertikal yang berfungsi sebagai jangkar dan secara horisonal sebagai pencengkeram pada lapisan atas dengan mengurangi kadar air dalam tanah (kecepatan jenuh berkurang), mengikat butir-butir partikel tanah dan menopang tegaknya batang sehingga potensi terjadinya longsor dapat berkurang. Tinggi

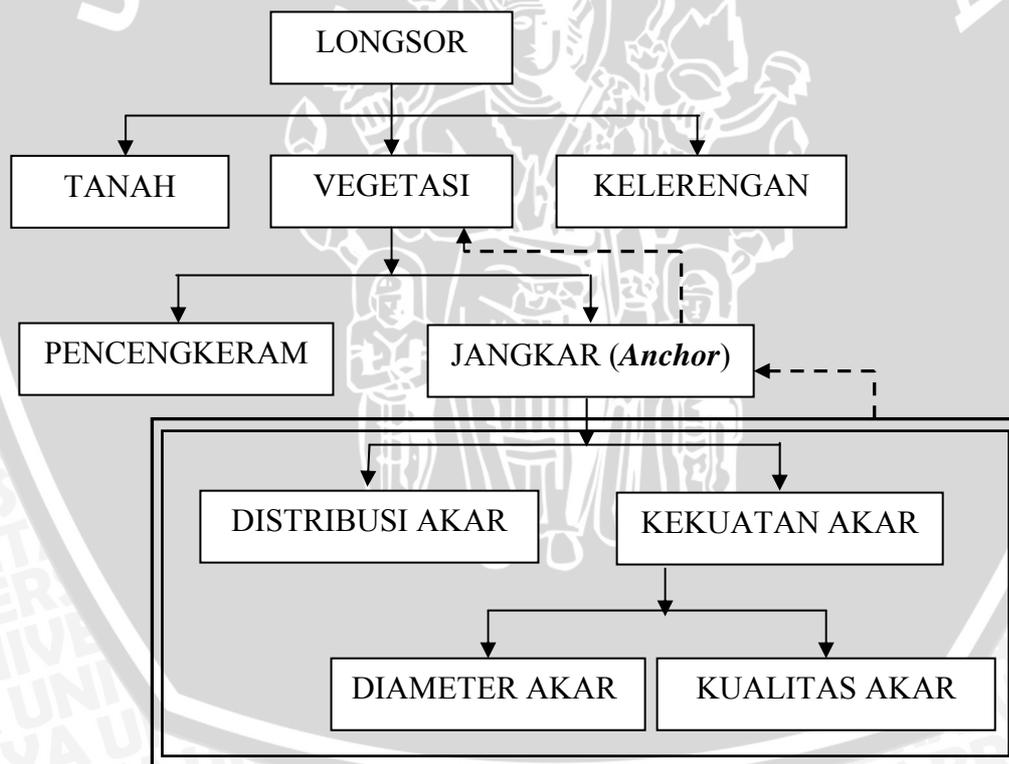
rendahnya peran akar sebagai jangkar (*anchor*) tergantung pada mudah putusya akar, panjang akar, distribusi atau pola percabangan akar dan sifat tanah sendiri. Akar yang menyebar cukup dalam dan luas, berdiameter besar baik secara horisontal maupun vertikal dapat meningkatkan stabilitas tebing.

Peranan vegetasi sebagai penutup tanah merupakan faktor yang sangat penting dalam mengontrol pengaruh hujan terhadap kejadian longsor yaitu dengan meningkatkan stabilitas lereng dan kekuatan tanah (Karnawati *et al.*, 2000). Secara tidak langsung vegetasi mempengaruhi stabilitas lereng dengan mengurangi kadar air dalam tanah, peningkatan ketahanan penetrasi dan meningkatkan pertumbuhan perakaran yang lebih dalam (Lee *et al.*, 2001). Menurut Wilkinson (2000), adanya tegakan pohon dapat mengurangi air yang terinfiltrasi ke dalam pori-pori tanah melalui proses intersepsi, evapotranspirasi dan serapan air oleh akar sehingga potensi longsor dapat dikurangi. Tanpa adanya vegetasi pada lahan menyebabkan kandungan air dalam tanah meningkat, tanah menjadi cepat jenuh, berat volume tanah bertambah dan beban tanah pada bagian lereng semakin meningkat, sehingga potensi terjadinya longsor tinggi.

Tanaman berperan terhadap kestabilan tebing melalui dua mekanisme yaitu secara hidrologis dan mekanis. Peran pohon secara hidrologis terkait dengan penyimpanan air (intersepsi), transpirasi dan peningkatan kekasaran permukaan. Secara mekanis berasal dari interaksi sistem perakaran dengan tanah yang kesemuanya berkaitan dengan kestabilan fungsi hidrologis kawasan Pohon berperan dalam mengurangi terjadinya longsor melalui kekuatan akar. Akar yang menyebar cukup dalam dan kuat berdiameter besar dapat berfungsi sebagai jangkar (*anchor*), sehingga pohon tidak mudah tumbang oleh dorongan massa tanah ke tempat yang lebih rendah dan tebing tetap stabil. Fungsi perakaran pohon sebagai jangkar juga dipengaruhi oleh kualitas bahan organik perakaran (lignin, polyfenol, kandungan N dan berat jenis akar) yang menunjukkan mudah tidaknya akar putus (kekuatan akar) karena gaya geser akibat longsor. Bahan organik berdasarkan fungsinya dibedakan menjadi labil dan stabil. Komponen labil (kualitas bahan organik tinggi) akar akan mudah putus (kekuatan akar rendah) sedangkan komponen stabil (kualitas bahan organik rendah) akar tidak mudah

putus (kekuatan akar tinggi) (Hairiah *et al.*, 2000). Kekuatan akar merupakan faktor penting untuk menjaga stabilitas tebing. Kerangka pikir penelitian disajikan dalam gambar 1.

Hubungan diameter dan kualitas bahan organik perakaran pohon merupakan faktor yang menentukan kekuatan akar (*Root Strength*) terhadap stabilitas tebing. Hasil penelitian sebelumnya oleh Nurhada (2006) menunjukkan bahwa semakin rendah kualitas bahan organik akar, kekuatan akar semakin tinggi pada lapisan atas (kedalaman 0-10 cm ditebing sungai). Namun demikian penelitian masih terfokus pada perakaran di lapisan atas. Untuk itu, peran akar di lapisan bawah terutama sebaran akar, diameter dan kualitas perakaran perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.



Gambar 1 . Kerangka Pikir Penelitian

## 2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

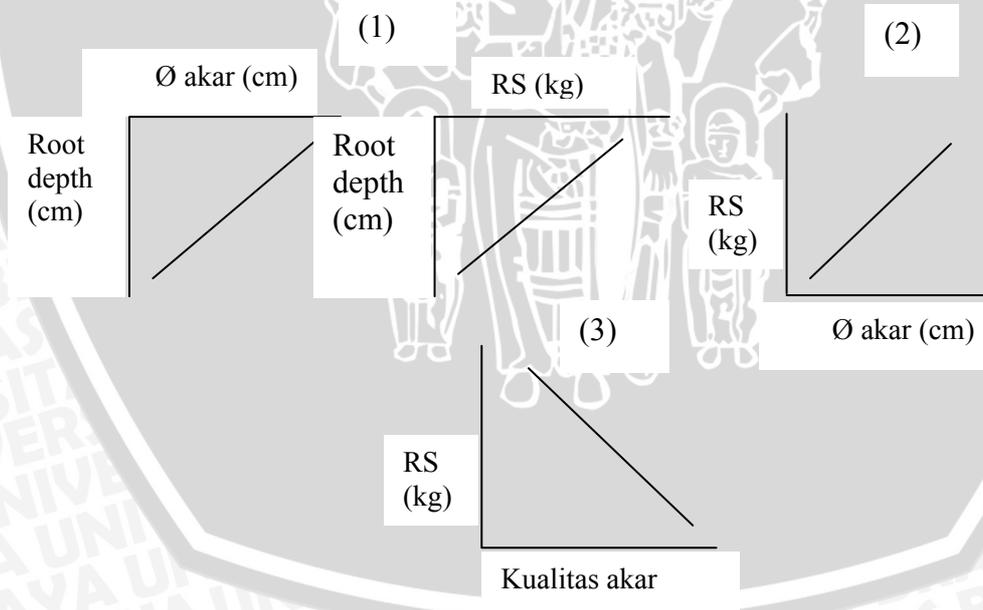
1. Mengukur diameter dan kekuatan akar pada beberapa pohon di berbagai kedalaman tanah.
2. Mengukur kualitas bahan organik perakaran.
3. Mempelajari hubungan antara diameter dan kualitas bahan organik perakaran terhadap kekuatan akar.

## 3. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah :

1. Semakin ke dalam, diameter dan kekuatan akar semakin kecil.
2. Semakin kecil diameter akar, kekuatan akar akan semakin kecil.
3. Semakin tinggi kualitas bahan organik perakaran, kekuatan akar akan semakin kecil.

Hipotesis tersebut secara skematis dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Skema hipotesis penelitian

#### 4. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai kekuatan akar (*Root Strength*) di berbagai kedalaman dan memberikan rekomendasi jenis pohon yang sesuai untuk meningkatkan stabilitas tebing sungai, sehingga potensi terjadinya longsor dapat dikurangi.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Kajian Tentang Longsor

Longsor (*landslides*) merupakan salah satu proses geologi yang dapat diartikan salah satu bentuk gerakan massa (*mass wasting*) yaitu perpindahan massa batuan regolit dan tanah termasuk tanaman dari tempat yang tinggi ketempat yang rendah karena pengaruh gaya gravitasi (Munir, 2003). Faktor yang mempengaruhi longsor antara lain vegetasi (tingkat penutupan dan perakaran), tanah (kedalaman dan kekuatan tanah) dan kelerengan (kemiringan dan stabilitas) disamping faktor luar seperti curah hujan.

#### 1. Kemiringan lereng.

Kondisi topografi yang berbukit dengan kemiringan lereng diatas 15 % menyebabkan lereng tersebut kurang stabil dan berpotensi besar mengalami bahaya longsor (Munir, 2003). Jika kemiringan lereng bertambah, tanah dan batuan akan menstabilkan kedudukannya dengan bergerak kearah lereng bawah sehingga potensi longsor semakin tinggi (Suprayogo *et al.*, 2005). Kemiringan lereng yang curam dengan penutupan vegetasi yang rendah dapat mengakibatkan kestabilan lereng berkurang. Jika arah pelapisan batuan searah dengan kemiringan lereng maka daerah-daerah ini sangat tinggi tingkat bahaya longsornya karena ada gaya gravitasi yang menarik pergeseran massa tanah yang lebih tinggi (Djamaludin, 2004).

#### 2. Vegetasi

Secara ekologi penutupan vegetasi pada lokasi longsor tebing sungai, memegang peranan penting dalam menghambat longsor terutama ditentukan oleh sistem perakaran pohon karena selain berperan dalam mencengkeram tanah permukaan juga berfungsi sebagai jangkar (*anchor*) yaitu mampu menahan tanah pada lereng agar tidak mudah longsor. Tanaman dengan perakaran dangkal hanya bisa mengikat tanah pada lapisan atas sehingga tidak mampu menahan gerakan tanah (Suseno, 2002). Berkurangnya vegetasi penutup tanah menyebabkan siklus hidrologi terhambat, dimana air hujan (presipitasi) lolos dari intersepsi kanopi dan aliran batang menjadi infiltrasi dan *run off*. Semakin banyak

air yang masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi tanpa diimbangi dengan evaporasi, semakin cepat pula tanah menjadi jenuh menyebabkan volume berat tanah meningkat dan beban penimbunan pada lereng tinggi, sehingga potensi terjadinya gerakan massa tanah/longsor meningkat (Asdak, 2002).

### 3. Sifat Tanah

Sifat tanah yang berbeda akan berpengaruh terhadap perbedaan ketahanan tanah terhadap longsor (Suprayogo *et al.*, 2005). Adanya lapisan tanah yang tebal diatas lapisan batuan kedap air menjadi bidang luncur membantu pemindahan lapisan tanah ke lereng bawah. Tanah yang didominasi pasir seperti pasir berlempung dan lempung berpasir umumnya bersifat lunak dan mudah dilalui air sehingga mudah terjadi longsor bila sudah mengalami jenuh air (Anonimous, 2005). Tanah yang jenuh dapat mengurangi daya ikat antar partikel tanah menjadi tidak stabil. Konsistensi tanah yang gembur struktur tanahnya kurang mantap, sehingga tanah menjadi tidak stabil, karena permukaan tanah akan mudah hancur akibat pukulan air hujan dan mudah terangkut oleh air (Suryolelono, 2001).

Permeabilitas tanah juga merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya longsor. Permeabilitas yang cepat dan terjadi pada daerah berlereng curam akan mempercepat terjadinya longsor. Hal ini karena permeabilitas yang cepat akan mempercepat terjadinya penjenahan pada tanah. Apabila kondisi demikian terdapat pada lahan berlereng curam dan bersolum dangkal, maka potensi longsor akan tinggi. Kedalaman solum berpengaruh terhadap kapasitas air yang masih dapat ditahan oleh tanah. Kedalaman solum yang tebal dapat menyimpan air dalam jumlah lebih banyak, sehingga potensi longsor akan diperlambat, demikian pula sebaliknya (Suryono *et al.*, 2000). Kondisi ini dapat menjadi pemicu longsor, karena meningkatnya beban akibat tambahan massa air pada tanah tersebut.

Bahan induk (penyusun tanah) yang berasal dari bahan volkan umumnya lebih rawan terhadap longsor. Gerakan tanah terjadi pada batuan breksi tuf, batuan gunung api muda dan gunung api tua (Kodoatie, 2006). Bahan induk yang relatif masih muda misalnya batuan tuf merupakan tipe batuan yang kurang stabil dan bersifat *impermiabile*. Kondisi ini akan mempercepat potensi longsor apabila terdapat pada lapisan bawah (Soewartojo, 2002).

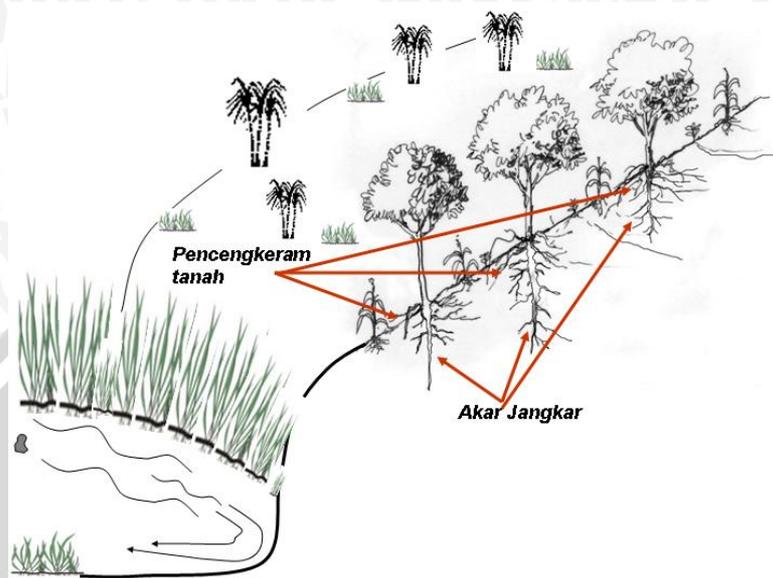
#### 4. Kejadian Hujan

Menurut Suprayogo *et al* (2005) dua tipe hujan pemicu longsor yaitu tipe hujan deras (sekitar 50-70 mm/hari) dan tipe hujan normal yang berlangsung lama. Frekuensi terjadinya longsor meningkat pada kondisi hujan dengan intensitas rendah namun berlangsung cukup lama yaitu intensitas 90 mm/hari atau lebih (Wahyono, 1997). Kejadian hujan menyebabkan ruang pori tanah terisi air, tanah menjadi jenuh dan gaya kohesi akan berkurang sehingga tanah mudah bergeser (Suprayogo *et al.*, 2005). Pada kondisi jenuh air, massa tanah menjadi semakin berat sehingga meningkatkan beban pada lereng (Paripurno, 2005) dan memberi energi yang cukup besar untuk meluncur kebawah (Suprayogo *et al.*, 2005).

### 2. Peran Vegetasi Terhadap Longsor

Tanaman berperan penting terhadap kestabilan lereng melalui dua mekanisme yaitu secara hidrologis dan secara mekanis. Faktor hidrologis meliputi intersepsi hujan dan transpirasi sedangkan faktor mekanis berasal dari sistem perakaran dengan tanah. Akar memperkuat tanah melalui cengkeramannya. Akar yang besar dan kuat mampu menembus lapisan kedap air hingga batuan induk dapat berperan sebagai jangkar (Anonymous, 2006). Akar mampu menyerap air kedalam tanah (infiltrasi). Kondisi ini dapat mengurangi atau memperlambat penjuhan tanah sehingga dapat mengurangi potensi terjadinya longsor (Asdak, 2002). Menurut Abe dan Ziemer (1991) bahwa akar pohon dapat menjaga kestabilan tebing melalui dua mekanisme yaitu : (1) Mencengkeram tanah di lapisan atas (0-5 cm), (2) Menopang tegaknya batang sehingga menghambat terjadinya longsor. Tanaman berperakaran dalam dan kuat (berdiameter besar) dapat berfungsi sebagai jangkar (*anchor*), memperkuat tegaknya batang sehingga pohon tidak mudah tumbang pada saat terjadi longsor sehingga tebing tetap stabil. Akar memperkuat tanah melalui transfer tegangan geser dalam tanah menjadi tahanan tarik dalam akar (Hardiyatmo, 2006). Hasil penelitian Bishop dan Steven (1964) dalam Swantson dan Ziemer (1977) menunjukkan bahwa berkurangnya

tingkat penutupan lahan dapat meningkatkan terjadinya longsor, mengurangi fungsi akar dalam menjaga stabilitas tebing.



Gambar 3. Sketsa posisi pohon di tepi tebing

Secara mekanik bagian terpenting dari vegetasi yang berperan dalam stabilitas lereng adalah kondisi perakarannya (Wilkinson, 2000). Peran tersebut adalah sebagai perekat atau pengikat partikel tanah yang tidak stabil menjadi lebih stabil, meningkatkan kohesi antar partikel tanah dan meningkatkan kekuatan akar lateral yang menutupi lapisan tanah di bawahnya. Pada kedalaman 50 cm dari permukaan tanah, kerapatan akar sangat berperan. Di hutan dengan tingkat kerapatan akar yang tinggi, longsor masih dapat terjadi karena solum yang dangkal. Semakin beragam akar dalam tanah baik jenis atau ukurannya maka semakin tinggi kekuatan tanah tersebut dan stabilitas tebing tetap stabil (Ziemer dan O'Loughlin, 2001). Perakaran pohon yang rapat, saling bersinggungan dan dalam hingga mampu menembus batuan induk dalam suatu sistem secara mekanis selain berperan mencengkeram tanah permukaan juga berperan dalam menjangkar tanah pada lereng agar tidak mudah longsor dan mampu menahan pergerakan tanah yang kurang stabil dibagian atasnya (Krogstad, Finn, 1995).

### 3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Akar

Kekuatan akar merupakan faktor penting untuk menjaga stabilitas tebing. Penelitian mengenai ukuran dan akar pohon yang mati pada daerah yang mengalami longsor menunjukkan bahwa akar dengan diameter  $<20$  mm sangat penting untuk meningkatkan stabilitas tebing terutama pada zone shear (Ziemer and O'Loughlin, 2001). Kenaikan kekuatan tanah akibat akar bergantung pada kekuatan akar dan interaksi antara tanah dan akar, karakteristik percabangan dan distribusi akar didalam tanah. Kekuatan akar sebagai jangkar (*anchor*) tergantung pada mudah putusnya akar, panjang akar, distribusi, pola percabangan dan sifat tanah itu sendiri. Selain itu fungsi akar sebagai jangkar bila akar menyebar cukup dalam dan luas serta berdiameter besar baik secara horisontal maupun vertikal sehingga dapat meningkatkan stabilitas tebing dengan menahan dorongan massa tanah pada saat longsor (Ennos dan Pellerin, 2000). Menurut Henderson *et al.*, (1983) dalam Hardiyatmo (2006) akar cenderung berkembang melebar dan ke dalam bila tanah mempunyai sifat mudah meloloskan air.

Akar tanaman akan dapat mencapai kedalaman yang relatif dalam jika ditunjang dengan kondisi tanah yang baik. Rendahnya kadar air tanah akan menurunkan perpanjangan akar, kedalaman penetrasi dan diameter akar. Pertumbuhan akar cenderung menggumpal pada lapisan permukaan (kedalaman 0-15 cm), akar yang terbentuk sedikit dan ukurannya kecil. Bobot volume semakin tinggi maka pertumbuhan akar akan terhambat (panjang total akar menurun) (Islami dan Utomo, 1995). Menurut Russel (1977) dalam Sarifudin (1986) akar tidak bisa menembus pori-pori yang sempit (tanah padat) bila diameter pori-pori kurang dari diameter ujung akar itu sendiri. Pertumbuhan akan berlangsung kearah samping yang menyebabkan pembesaran diameter akar. Berat Jenis (BJ) maksimum yang mampu ditembus akar adalah  $1,45 \text{ g/cm}^3$  pada tanah liat, dan  $1,75 \text{ g/cm}^3$  pada tanah pasir. Bila akar tidak mampu menembus tanah, maka bentuk akar menjadi pendek dan seluruh cabang-cabang akar dan akar utama akan ditumbuhi akar-akar rambut yang tebal.

Distribusi perakaran berbeda pada setiap jenis tanah dan tanaman. Tanaman berperakaran dangkal mengalami penurunan yang drastis pada jumlah massa

panjang dan kepadatan akar dengan bertambahnya kedalaman tanah (Akinnifesi *et al.*, 2004). Menurut Hairiah *et al.* (2000) dangkalnya perakaran pada tanah masam disebabkan oleh dua macam hambatan yaitu : (1) Penghalang fisik dengan adanya lapisan keras yang sulit ditembus akar misalnya lapisan kerikil (*krokos*) dan air tanah sehingga secara fisik akar tidak bisa menembusnya; (2) Adanya lapisan beracun pada lapisan tanah bawah karena tanah mengandung unsur Al (Aluminium) sangat banyak. Sehingga akar akan menghindari lapisan ini dan perakarannya menjadi dangkal.

Selain faktor-faktor diatas kualitas bahan organik perakaran juga berpengaruh terhadap kekuatan akar. Kualitas bahan organik akar menunjukkan mudah tidaknya akar putus. Peran akar akan berkurang bila kekuatan akar rendah karena akar mudah putus. Komponen kualitas bahan organik akar dinyatakan dengan kandungan N, lignin dan polyfenol dan berat jenis akar. Secara umum berdasarkan fungsinya komponen bahan organik tersusun dari komponen labil dan stabil. Komponen labil atau kualitas bahan organik tinggi merupakan bahan yang mudah putus, terdiri dari bahan yang sangat mudah didekomposisi pada awal proses mineralisasi dan *recalcitrant residue* (residu yang tahan terhadap pelapukan) yang merupakan sisa dari proses mineralisasi yang terdahulu. Sedangkan komponen stabil atau kualitas bahan organik rendah adalah paling sulit dilapuk. Kualitas bahan organik tinggi (akar mudah putus) bila kandungan N lebih tinggi dibandingkan konsentrasi lignin dan polyfenol. Kualitas bahan organik rendah (akar tidak mudah putus) bila kandungan N lebih rendah dibandingkan konsentrasi lignin dan polyfenol (Hairiah *et al.*, 2000). Hal ini dikarenakan lignin merupakan senyawa polimer pada jaringan tanaman berkayu yang mengisi rongga antara sel-sel tanaman menjadi keras. Lignin juga merupakan konstituen penting dari jaringan kayu yang mengandung bagian terbesar dari kadar metoksil kayu (Tan, 1982). Semakin rendah kualitas bahan organik perakaran kekuatan akar semakin tinggi karena akar tidak mudah putus.

#### 4. Upaya Pencegahan Longsor Melalui Pemilihan Vegetasi

Salah satu usaha untuk mencegah longsor secara vegetatif adalah *Bio-Engineering* yaitu melalui upaya penutupan lahan oleh vegetasi (Karnawati *et al.*, 2005). Sehingga air hujan yang jatuh tertahan oleh vegetasi, kecepatan infiltrasi berkurang, tanah tidak cepat jenuh dan beban tanah terutama pada bagian lereng akan berkurang (Suryolelono, 2004). Tumbuh-tumbuhan kayu umumnya mempunyai pengaruh yang menguntungkan terhadap stabilitas lereng. Namun pada kondisi tertentu tumbuh-tumbuhan dapat berpengaruh buruk, misalnya penambah beban, menimbulkan beban dinamis bila tertiuap angin dan gerusan dari batang yang tumbuh pada lereng sungai.

Salah satu upaya untuk meningkatkan stabilitas lereng adalah pemilihan jenis vegetasi yang tepat, penempatan, pemangkasan dan prosedur pengelolaan yang baik. Vegetasi yang memiliki akar pohon yang dalam dapat memperkuat lereng terutama untuk mencegah longsor dangkal. Fiber-fiber akar memperkuat tanah dengan meningkatkan ketahanan tarik dan mengikat partikel tanah. Akar pohon lebih efektif bila akar mampu menembus tanah sampai ujungnya menembus rekahan atau *bed rock* dan kekuatan gesernya bertambah dengan kedalamannya (Hardiyatmo, 2006). Akar pohon tidak selamanya mampu menjaga stabilitas tebing. Akar mempunyai satu titik puncak dimana akar mampu menjaga kestabilan tebing. Selanjutnya akar akan melemah. Sebagai contoh adalah tanaman cemara (*Tsuga heterophylla*) dan *Picea sitchensis*. Kedua jenis spesies ini menunjukkan penurunan kekuatan akar yang drastis setelah berumur 10 tahun. Pada lahan yang memiliki kelerengan yang curam penurunan kekuatan akar memperkuat potensi terjadinya longsor (O'Loughlin dan Ziemer, 1991).

Adanya tambahan penutupan lahan yang sempurna oleh vegetasi hutan dan juga penutupan bawah kanopi seperti rerumputan pada kelerengan di atas 30<sup>o</sup> akan menambah kestabilan lereng dan mengurangi potensi terjadinya longsor (Suprayogo *et al.*, 2005). Pemilihan jenis vegetasi harus selain memperhatikan faktor ekonomi, juga harus memperhatikan syarat-syarat yang ideal untuk usaha konservasi yaitu cepat tumbuh, bertajuk lebat dan dapat memberikan seresah yang banyak, dapat hidup di tempat-tempat yang lahannya kritis (pionir), mempunyai

sistem perakaran yang dalam, melebar dan kuat sehingga mampu mengikat tanah, mudah ditanam dan tidak memerlukan pemeliharaan, mampu memperbaiki tanah, berkemampuan menghasilkan trubusan (tunas baru) bila dipangkas. Jenis-jenis vegetasi tersebut antara lain Trembesi (*Samanea saman*), Akasia (*Acacia auiculiformis*), Puspa (*Schima noranhae*), Asam (*Tamarindhus indica*), Turi (*Sasbania grandiflora*), Kaliandra (*Caliandra calothyrsus*) (Anonymous, 2005). Sedangkan menurut Kunkle (1978) dalam Alrasjid (2002) persyaratan dalam pemilihan vegetasi untuk konservasi selain memiliki sistem perakaran yang lebar, kuat, dalam juga memiliki akar serabut cukup banyak. Pada tanah-tanah yang curam dipilih akar yang berakar dalam misalnya kesambi (*Schleichera oleosa*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*), mahoni (*Switenia macrophylla*), asem (*Tamarindhus indicus*) dan sebagainya. Untuk areal alang-alang dapat dipergunakan antara lain jenis-jenis mahoni (*Switenia macrophylla*), keniri (*Aleurites moluccana*) dan *Eucalyptus platyphylla*.



### III. METODE PENELITIAN

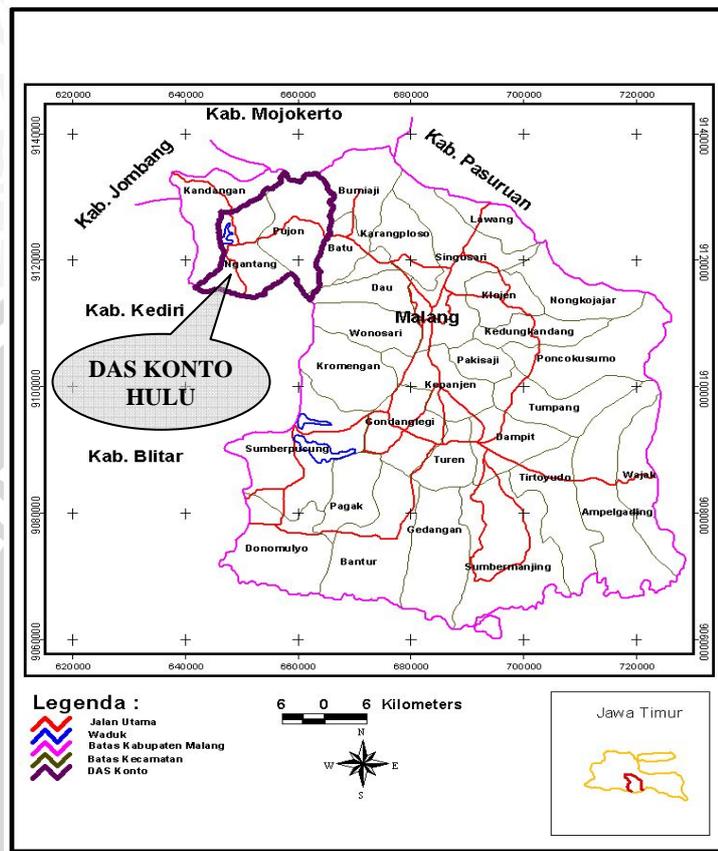
#### 1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Konto Hulu Kecamatan Pujon Kabupaten Malang. Analisis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Fisika, Kimia dan Biologi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan dimulai pada bulan Maret 2007 hingga Juni 2007.

#### 2. Kondisi Umum Wilayah Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Konto Hulu yang terletak di bagian barat laut Kabupaten Malang antara  $7^{\circ} 46' 03''$  -  $7^{\circ} 56' 54''$  LU dan  $112^{\circ} 19' 20''$  -  $112^{\circ} 29' 55''$  BT (Gambar 4). Daerah penelitian didominasi satuan geologi Qpat batuan Gunung api Anjasmara Tua, batuan Gunung api Kawi-Butak, dan batuan Gunung api Anjasmara Muda. Kondisi geologi sangat berpengaruh terhadap jenis dan sifat tanah.

Tanah di DAS Konto Hulu cukup bervariasi, namun tingkat perkembangan tanahnya masih relatif muda. Jenis tanah yang dominan terdapat di daerah penelitian adalah Inceptisol dan Entisol (Gambar 5). Menurut kriteria Oldeman, tipe iklim yang terdapat di wilayah Pujon termasuk dalam tipe C3, dengan ketentuan bulan basah ( $>200$  mm) selama 5 bulan (November – Maret) dan bulan kering ( $<100$  mm) selama 5 bulan (Mei – September), kemudian sisa dua bulan yang lain termasuk diantara bulan basah dan bulan kering ( bulan April dan Oktober). Sedangkan menurut klasifikasi Schmidt-Ferguson (Kartasapoetra, 2004), DAS Konto digolongkan dalam zone agroklimat D atau tipe iklim sedang. Penggunaan lahan di DAS Konto Hulu didominasi oleh hutan. Penggunaan lahan di daerah penelitian Desa Tawang Sari cukup bervariasi seperti pemukiman, lahan pertanian tanaman semusim, dan hutan. Kawasan hutan di DAS Konto Hulu telah mengalami penyempitan akibat pembukaan lahan hutan untuk pertanian atau tanaman semusim dan agroforestry.



Gambar 4. Posisi DAS Konto Hulu di Kabupaten Malang (sumber: peta administrasi Kabupaten Malang)

### 3. Alat dan Bahan

Alat- alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah soil survey set, grid kawat ukuran 20x20 cm, spidol OHP, jangka sorong, meteran, busur derajat, plastik, kertas grafik, cangkul, ring sampel, palu, pisau, alat *Direct Root Strength* serta alat-alat laboratorium sesuai dengan parameter yang diamati.

Bahan yang digunakan adalah sampel tanah, sampel akar pohon Alpukat, Eucalyptus, Kopi, Mahoni dan Surian yang berdiameter (<1; 2-3; 3-4; 4-5; 5-6; 6-7; 7-8; 8-9; 9-10) mm dengan panjang  $\pm 25$  cm serta bahan-bahan yang diperlukan dari Laboratorium sesuai dengan metode dan parameter yang diamati.

#### 4. Tahapan Penelitian

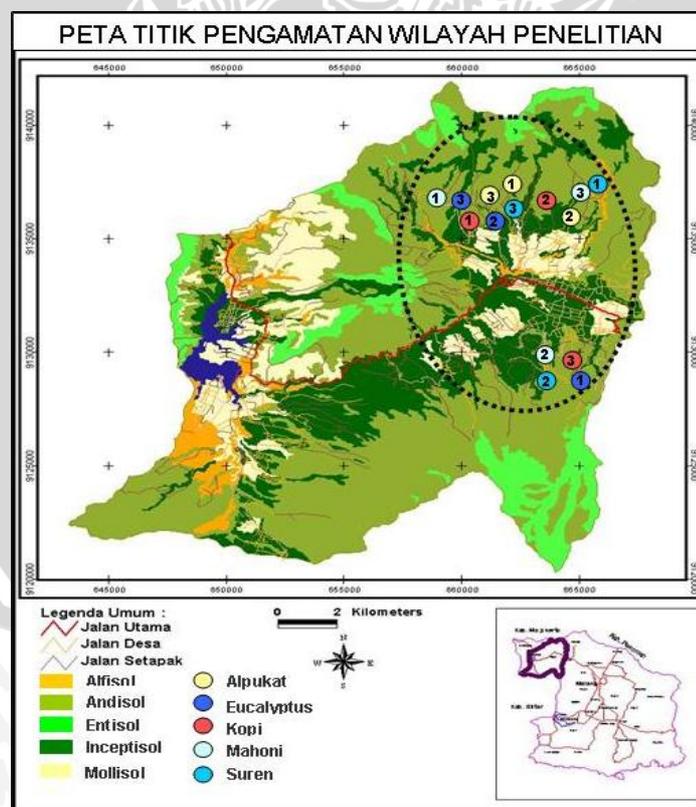
Tahapan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi: persiapan, survei dan pelaksanaan (pengamatan perakaran dan pengambilan contoh tanah dan akar di lapangan), analisis laboratorium serta analisis data.

##### 4.1. Tahap Persiapan

Persiapan yang dilakukan selama pra penelitian adalah pengumpulan dan evaluasi data sekunder berupa peta daerah berpotensi longsor. Data sekunder yang didapat berupa peta dari hasil penelitian sebelumnya oleh Mustikaningrum (2006). Peta tersebut digunakan sebagai peta dasar pengamatan dan di Lapangan.

##### 4.2. Tahap Survei dan Pelaksanaan

Penelitian lapangan diawali dengan survei lokasi pengamatan sesuai dengan peta daerah berpotensi longsor, dari setiap lokasi titik longsor dilakukan pengamatan dan tabulasi terhadap vegetasi atau pohon.



Gambar 5. Peta Sebaran Jenis Tanah (Mustikaningrum, 2006) dan Lokasi Pengamatan Wilayah Penelitian

Selanjutnya ditentukan titik pengamatan dan pohon perwakilan yang akan digunakan sebagai objek penelitian untuk pengamatan detail dengan kriteria : (a) bernilai ekonomi cukup tinggi bagi masyarakat, (b) berumur sama  $\pm 5$  tahun. Menurut Suprayogo *et al* (2005) akar pohon yang berumur antara 5-10 tahun, sudah cukup berkembang dan kuat mengikat tanah, sehingga dapat meminimalisir terjadinya longsor serta (c) dominan terdapat pada wilayah penelitian dan terletak dipinggir tebing sungai, bukit atau bekas longsor dan diusahakan pada pohon yang sistem perakarannya sudah tersingkap. 5 jenis pohon perwakilan tersebut diantaranya Alpukat, Eucalyptus, Kopi, Mahoni dan Suren.

#### 4.3. Analisa Laboratorium

Setiap contoh tanah dan akar dari lapangan diambil untuk dianalisis di laboratorium Jurusan Tanah Universitas Brawijaya. Parameter pengamatan beserta metode analisis dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Parameter Pengamatan dan Metode Analisa

Parameter Pengamatan	Metode Analisis
Kekuatan akar ( <i>Root Strength</i> )	Metode <i>Direct Root Strength</i>
Kualitas akar: - Lignin	Metode Goering dan Van Soest
- Polyfenol	Metode Anderson dan Ingram (1993)
- Kandungan N	Metode Kjeldhal
- Berat Jenis akar	Metode Piknometer
Lrv dan Drv	Intersepsi Akar (Tennat), Gravimetri
Tekstur	Metode Pipet
Berat Jenis	Metode Piknometer
Berat isi	Metode Silinder
Porositas	Metode Piknometer

#### 4.4. Analisa Data

Untuk mengetahui perbedaan kekuatan dan diameter akar antar pohon dilakukan uji sidik ragam (ANOVA) dan dilanjutkan uji BNT taraf 5 %. Sedangkan untuk mengetahui hubungan dan seberapa besar pengaruh diameter dan kualitas bahan organik akar terhadap kekuatan akar dilakukan uji regresi dan korelasi dengan menggunakan Genstat Discovery 5.0 dan MS Excel.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil

#### 1.1. Karakteristik Sifat Fisik Tanah pada Berbagai Kedalaman Tanah

Hasil analisis ragam (ANOVA) diketahui bahwa interaksi pohon dan kedalaman tanah tidak berpengaruh nyata terhadap rata-rata nilai Berat Isi, Berat Jenis dan porositas tanah (Lampiran 8a, 8b, 8c). Namun demikian apabila dilihat dari faktor pohon dan kedalaman tanah, berat isi tanah dari kelima pohon menunjukkan keragaman yang nyata, begitu pula antar kedalaman tanah. Nilai berat isi tanah pada lokasi pohon alpukat < eucalyptus, kopi, mahoni < suren (Tabel 2). Sedangkan dilihat dari kedalaman nilai berat isi tanah pada kedalaman 0-20 cm < 20-40 cm < 40-60 cm, 60-80 cm, 80-100 cm (Tabel 3).

Tabel 2. Rata-rata Nilai Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah di Masing-masing Lokasi Pohon

Pohon	Berat Isi ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Berat Jenis ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Porositas (%)
Alpukat	0,639 a	2,527 b	74,721 c
Eucalyptus	0,735 b	2,434 a	69,857 b
Kopi	0,699 b	2,441 a	71,306 b
Mahoni	0,733 b	2,548 b	69,751 b
Suren	0,824 c	2,393 a	65,465 a
BNT 5 %	0,048	0,086	1,945

Keterangan : Angka diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5 %

Nilai berat isi pada kelima lokasi pohon dan kedalaman yang berbeda termasuk ringan ( $<1 \text{ g cm}^{-3}$ ). Hal ini disebabkan pada lima lokasi pohon memiliki konsistensi rendah (gembur) dengan kandungan pasir (42,78 %) dan debu (43,71 %) lebih besar dibanding kandungan liat (13,51 %), serta memiliki tekstur lempung, lempung berpasir dan lempung berdebu. Menurut Russel (1977), berat isi maksimum pada tanah liat sebesar  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$  dan untuk tanah pasir sebesar  $1,75 \text{ g cm}^{-3}$  masih memungkinkan akar tanaman untuk tumbuh. Meningkatnya kandungan liat dalam tanah akan meningkatkan berat isi tanah, sehingga menghambat pertumbuhan akar tanaman.

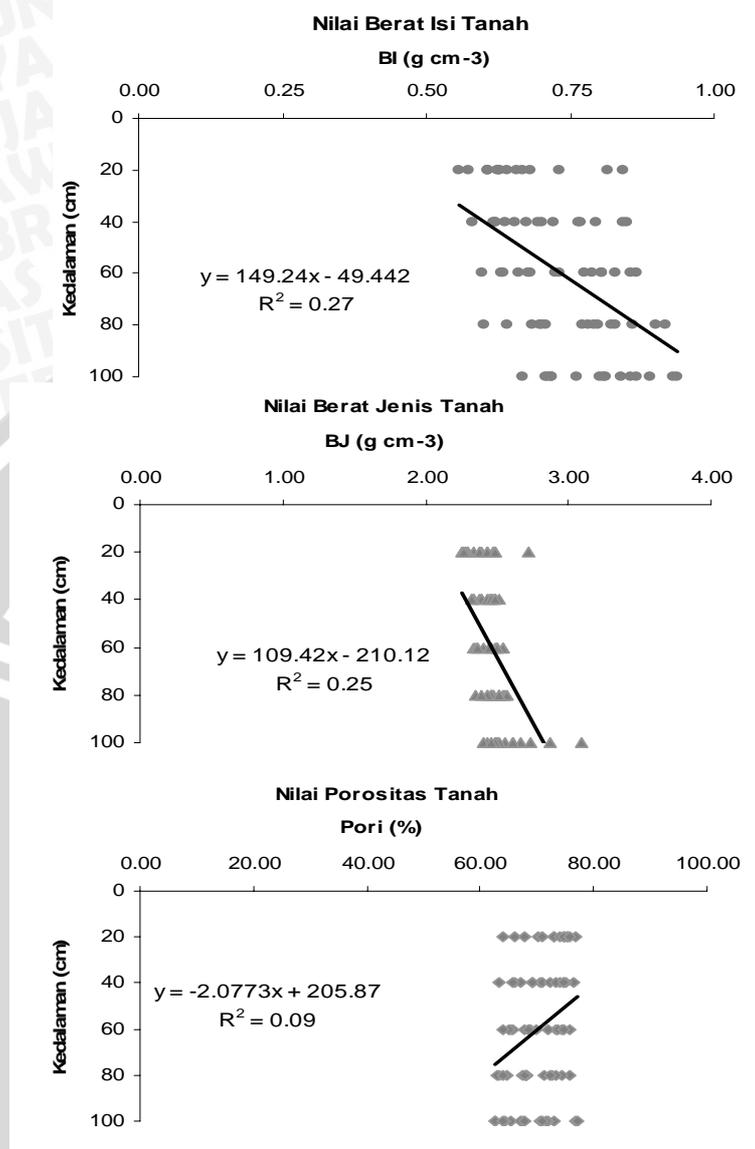
Berat jenis tanah pada lokasi pohon eucalyptus sama dengan kopi dan suren, tetapi lebih rendah dibandingkan alpukat dan mahoni (Tabel 2). Sedangkan berat jenis pada berbagai kedalaman menunjukkan bahwa berat jenis tanah pada kedalaman 0-20 cm sama dengan 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm dan lebih rendah dari kedalaman 80-100 cm (Tabel 3). Hal ini mengakibatkan kepadatan tanah semakin tinggi dengan bertambahnya kedalaman tanah, sehingga berpotensi untuk menghambat pergerakan dan pertumbuhan akar kebawah.

Tabel 3. Rata-rata Nilai Berat Isi (BI), Berat Jenis (BJ) dan Porositas Tanah pada Lima Kedalaman Tanah di Lokasi Pengamatan

Kedalaman (cm)	Berat Isi ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Berat Jenis ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Porositas (%)
0-20	0,658 a	2,400 a	72,505 b
20-40	0,701 ab	2,419 a	70,898 ab
40-60	0,734 bc	2,448 a	69,815 ab
60-80	0,757 bc	2,477 a	68,985 a
80-100	0,781 c	2,598 b	68,896 a
BNT 5 %	0,058	0,0812	2,813

Keterangan : Angka diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5 %

Porositas tanah pada lokasi pohon suren < eucalyptus, kopi dan mahoni, tetapi lebih rendah dibandingkan alpukat. Sedangkan porositas tanah pada berbagai kedalaman menunjukkan bahwa porositas tanah pada kedalaman 80-100 cm sama dengan 60-80 cm < 40-60 cm dan 20-40 cm < 0-20 cm. Hasil pengukuran berat isi dan berat jenis tanah menunjukkan nilai berat isi dan berat jenis tanah semakin meningkat dengan bertambahnya kedalaman tanah. Sedangkan nilai porositas semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah (Gambar 6). Menurut Widiyanto *et al.* (2005) sifat porositas dipengaruhi oleh besar kecilnya berat isi dan berat jenis, karena nilai berat isi dan berat jenis tanah cukup stabil untuk jangka waktu yang lama. Sedangkan menurut Russel (1997) dalam Hairiah *et al.* (2002) meningkatnya kepadatan tanah menyebabkan jumlah ruang pori makro tanah berkurang dan hingga tingkat kepadatan tertentu akan diikuti oleh mengecilnya diameter akar tanaman agar dapat menembus pori tanah.



Gambar 6. Nilai Berat Isi, Berat Jenis, dan Porositas Tanah di Sekitar Pohon Alpukat, Eucalyptus, Kopi, Mahoni dan Suren pada Berbagai Kedalaman Tanah

Peningkatan nilai berat isi dan berat jenis tanah akan menghambat perkembangan akar. Menurut Islami dan Utomo (1995) akar tanaman akan mencapai kedalaman yang relatif dalam jika ditunjang dengan kondisi tanah yang baik. Peningkatan bobot volume tanah akan menghambat pertumbuhan akar dan total panjang akar menurun. Sedangkan menurut Russel (1977) dalam Sarifudin (1986) akar tidak bisa menembus pori-pori yang sempit (tanah padat) bila diameter pori-pori kurang dari diameter ujung akar itu sendiri, sehingga data-data

pengukuran berat isi, berat jenis dan porositas tanah digunakan sebagai faktor koreksi dalam pengukuran akar secara kuantitatif dan kualitatif untuk pengamatan distribusi akar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Risnadony (2007) yang menyatakan bahwa nilai berat isi dan berat jenis meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah dan nilai porositas semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah.

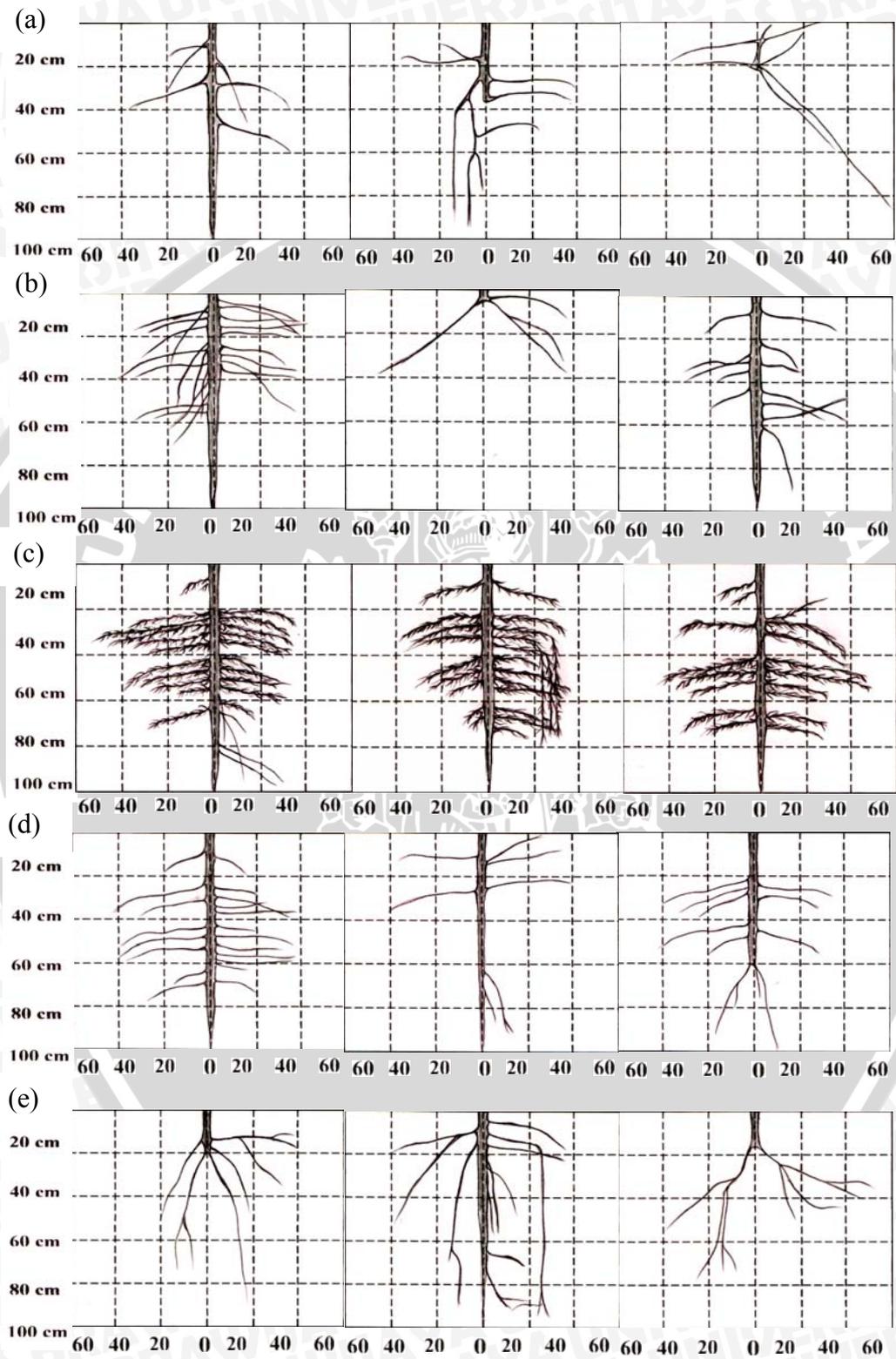
## 1.2 Distribusi Perakaran Pohon pada Berbagai Kedalaman Tanah

### 1.2.1 Total Panjang Akar (Lrv) dan Berat Kering Akar (Drv)

Distribusi kepadatan perakaran pohon dapat diukur dari besarnya total panjang akar (*length root per volume/ Lrv*, cm cm<sup>-3</sup>) dan total berat kering akar (*dry root per volume/ Drv*, g cm<sup>-3</sup>) pohon serta nisbah antara nilai Lrv dan Drv yang disebut panjang akar spesifik (*specific root length/ specrol*, cm g<sup>-1</sup>).

Berdasarkan data kualitatif distribusi akar di lapang, kopi memiliki distribusi paling rapat dibanding dengan distribusi akar pohon yang lain. Sedangkan dilihat dari karakter kedalaman akar, lima pohon yang diteliti relatif memiliki kedalaman akar >100 cm. Percabangan akar sebagian besar tumbuh pada lapisan atas dan yang terdekat dengan pangkal batang. Distribusi akar semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Hal ini dapat dilihat juga dari kenampakan visual akar (Gambar 7), dan ditunjang dengan data kuantitatif hasil analisis ragam yang menunjukkan bahwa interaksi pohon dan kedalaman tanah berpengaruh nyata terhadap total panjang akar (Lrv) (Lampiran 8d). Menurut Risnadony (2007) besarnya total panjang akar tanaman (Lrv) tergantung pada banyaknya jumlah akar.

Nilai Lrv kelima jenis pohon pada berbagai kedalaman menunjukkan keragaman yang nyata. Nilai rata-rata Lrv tertinggi terdapat pada pohon kopi (0,0648 mm cm<sup>-3</sup>) diikuti mahoni (0,0449 mm cm<sup>-3</sup>), eucalyptus (0,0369 mm cm<sup>3</sup>), suren (0,0310 mm cm<sup>-3</sup>) dan alpukat (0,0262 mm cm<sup>-3</sup>) (Tabel 4).



Gambar 7 Distribusi Perakaran Tanaman Alpukat (a), Eucalyptus (b), Kopi (c), Mahoni (d) dan Suren (e) pada Berbagai Kedalaman

Kerapatan akar pada pohon kopi paling tinggi dibanding alpukat, eucalyptus, mahoni dan suren. Perakaran pohon kopi mempunyai nilai Lrv tertinggi dan nilai Drv terendah dibanding akar pohon alpukat, eucalyptus, mahoni dan suren. Hal ini menunjukkan pohon kopi memiliki tingkat kerapatan akar tertinggi, namun diameter akarnya kecil atau halus. Hasil penelitian Nur dan Zaenudin (1986) dalam Nurhada (2006) menunjukkan bahwa kopi memiliki akar tunggang dengan pola sebaran akar serabut (*feeder root*) sekitar 60 % pada lapisan 0-20 cm dari permukaan tanah. Tingkat kerapatan akar yang tinggi atau akar serabut berdiameter kecil yang banyak jumlahnya, lebih efektif menambah kekuatan lereng daripada akar berdiameter besar tetapi jarang (Hardiyatmo, 2006).

Tabel 4. Rata-rata Nilai Berat Kering Akar (Drv) dan Total Panjang Akar (Lrv) di Masing-masing Lokasi Pohon

Pohon	Drv (mg cm <sup>-3</sup> )	Lrv (mm cm <sup>-3</sup> )
Alpukat	0,0353	0,0262 a
Eucalyptus	0,0365	0,0369 a
Kopi	0,0300	0,0648 b
Mahoni	0,0450	0,0449 ab
Suren	0,0431	0,0310 a
BNT 5 %	0,0231	0,0240

Keterangan : Angka diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5 %

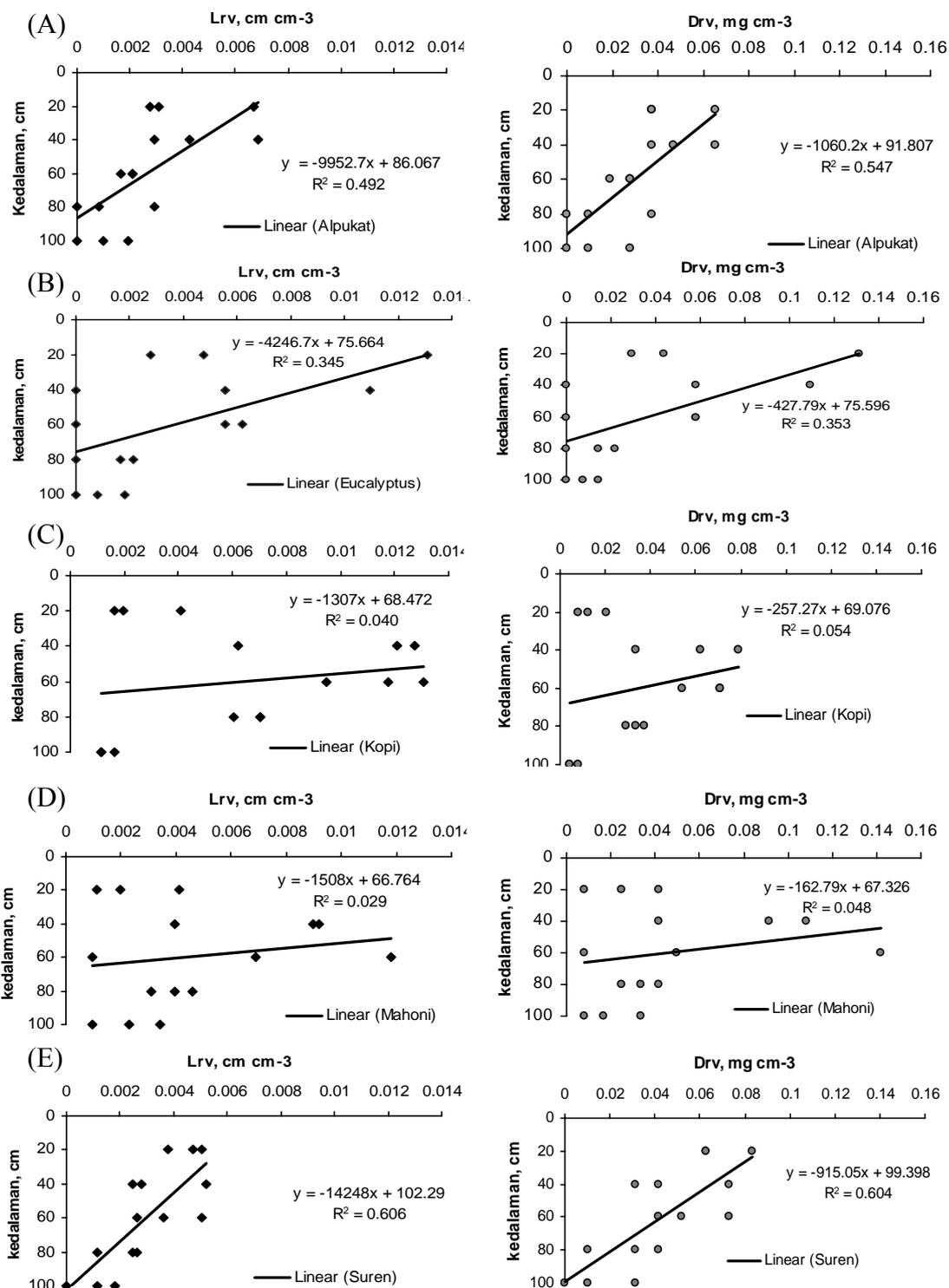
Tabel 5. Rata-rata Nilai Berat Kering Akar (Drv) dan Total Panjang Akar (Lrv) pada Lima Kedalaman Tanah di Lokasi Pengamatan

Kedalaman (cm)	Drv (mg cm <sup>-3</sup> )	Lrv (mm cm <sup>-3</sup> )
20	0,0583 b	0,0629 c
40	0,0393 ab	0,0553 c
60	0,0391 ab	0,0415 bc
80	0,0347 a	0,0303 ab
100	0,0183 a	0,0137 a
BNT 5 %	0,0213	0,0224

Keterangan : Angka diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5 %

Nilai rata-rata Lrv akan semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah (Gambar 8). Nilai total panjang akar (Lrv) pada berbagai kedalaman menunjukkan bahwa bahwa Lrv pada kedalaman 0-20 cm sama dengan 20-40 cm > 40-60 cm > 60-80 cm dan 80-100 cm (Tabel 5). Hasil analisis ragam berat kering akar (Drv) interaksi pohon dan kedalaman tanah tidak berpengaruh nyata terhadap rata-rata nilai berat kering akar (Drv) (Lampiran 8e). Apabila dilihat dari faktor pohon, nilai Drv pada lima spesies pohon tidak menunjukkan keragaman yang nyata. Hal ini menunjukkan bahwa antara spesies pohon yang diamati memiliki Drv relatif sama. Besarnya Drv tergantung dari besarnya diameter akar atau kepadatan masing-masing akar pohon. Semakin besar diameter dan kepadatan akar maka nilai berat kering akar (Drv) juga semakin besar.

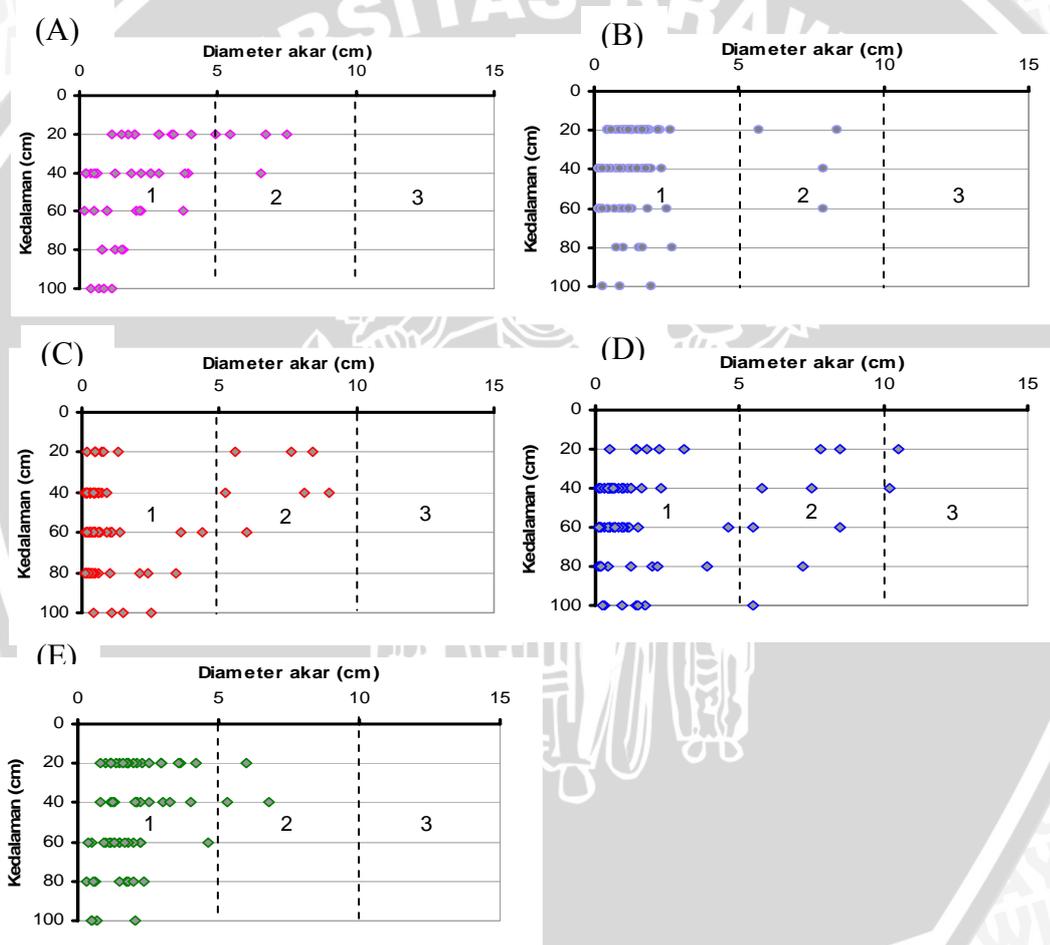




Gambar 8. Total Panjang Akar (Lrv) dan Berat Kering Akar (Drv) Pohon Alpkat (A), Eucalyptus (B), Kopi (C), Mahoni (D) dan Suren (E) pada Berbagai Kedalaman Tanah

### 1.2.2. Diameter Akar dan Kekuatan Akar pada Berbagai Kedalaman Tanah

Besarnya diameter akar lima spesies pohon yaitu Alpukat, Eucalyptus, Kopi, Mahoni dan Suren yang berkisar pada umur 5-10 tahun pada berbagai kedalaman tanah cukup bervariasi mulai dari 0 hingga 15 cm (Gambar 9). Besarnya diameter akar diklasifikasikan dalam 3 klas yaitu kecil (<5 cm), sedang (5-10 cm) dan besar (>10 cm). Perbedaan besarnya diameter akar pada berbagai kedalaman selain dipengaruhi oleh karakter jenis vegetasi, tingkat pengelolaan juga dipengaruhi oleh kondisi sifat tanah masing-masing lokasi pohon tersebut.

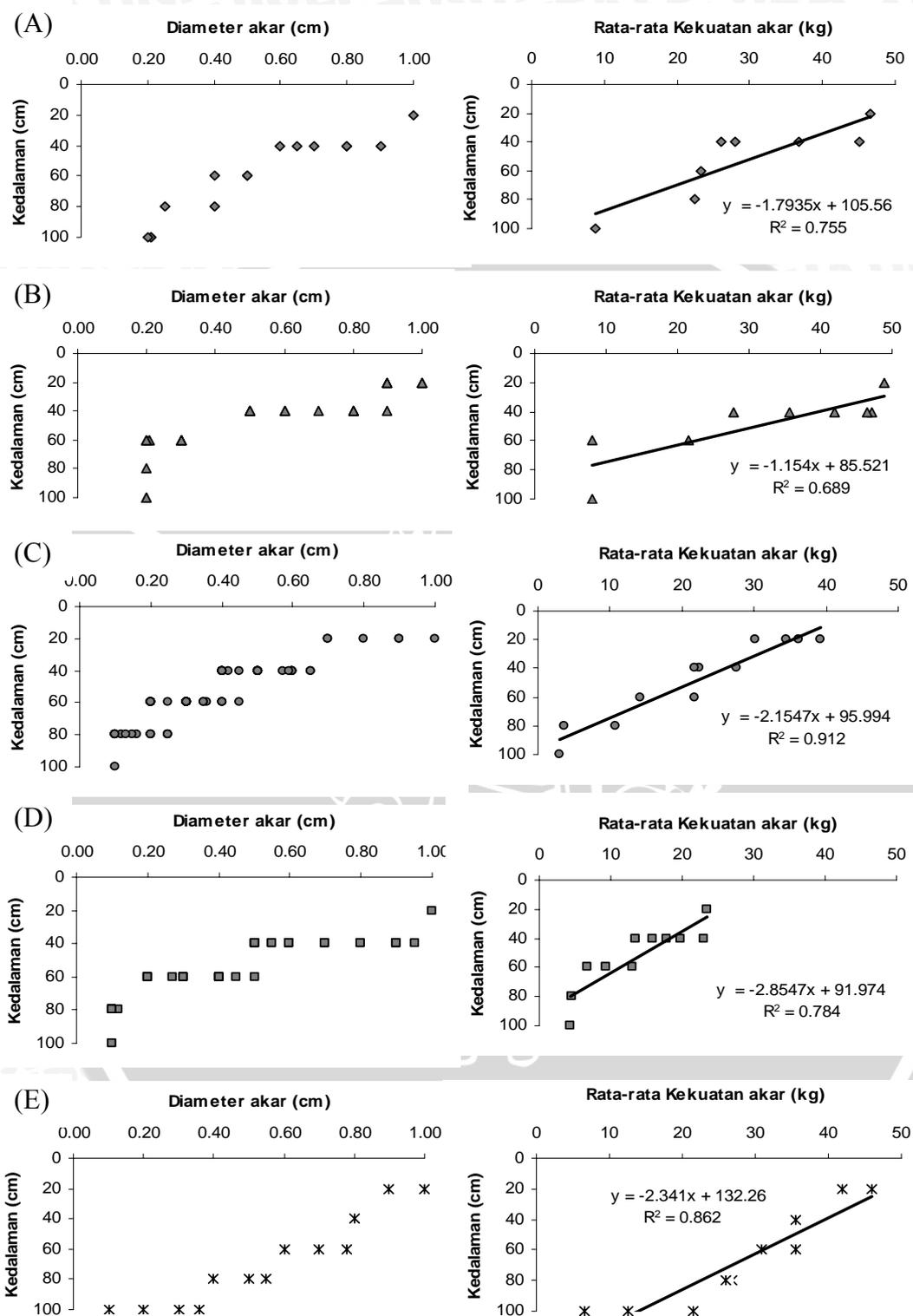


Gambar 9. Sebaran Diameter Akar Pohon Alpukat (A), Eucalyptus (B), Kopi (C), Mahoni (D) dan Suren (E) pada Berbagai Kedalaman Tanah

Sebaran distribusi besarnya diameter akar pohon pada umur yang berkisar 5-10 tahun menurun dengan semakin bertambahnya kedalaman tanah (Gambar 9). Besarnya diameter akar pada pohon alpukat, eucalyptus, kopi, mahoni dan suren pada umur 5-10 tahun didominasi  $<5$  cm. Perakaran pohon mahoni memiliki diameter akar 5-10 cm yang paling banyak dibandingkan dengan 4 jenis pohon yang lain yaitu alpukat, eucalyptus, kopi dan suren. Selain itu hanya perakaran pohon mahoni yang memiliki diameter  $>10$  cm. Diameter akar diduga menentukan kekuatan akar secara individu. Menurut Ziemer dan Swanston (1977) pada diameter akar ukuran 2 hingga 5 mm sekitar 40 % kekuatan akarnya lebih rendah dibanding diameter akar sebesar 10 mm. Hal ini mengandung arti bahwa diameter kecil akan memiliki kekuatan akar lebih rendah dibanding diameter akar yang besar.

Pengukuran kekuatan akar dilakukan pada akar yang berdiameter  $<10$  mm. Hal ini karena keterbatasan kemampuan alat *Direct Root Strength* yang tersedia hanya mampu mengukur kekuatan akar berdiameter  $<10$  mm. Selain itu, distribusi akar pada pohon umur 5-10 tahun relatif tinggi pada diameter akar  $<10$  mm. Perbedaan besarnya diameter akar selain tergantung dari umur pohon juga tergantung dari karakteristik pohon yaitu tingkat perkembangan, pengelolaan dan kondisi tanah sendiri. Sebaran klas diameter akar  $<10$  mm dan kekuatan akar akan menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah. Peningkatan kedalaman tanah diikuti penurunan besarnya diameter akar yang menyebabkan kekuatan akar semakin rendah (Gambar 10).

Nilai berat isi dan berat jenis masing-masing lokasi menunjukkan semakin tinggi dengan bertambahnya kedalaman tanah. Sedangkan nilai porositas semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan penurunan atau terhambatnya pertumbuhan akar dan besarnya diameter akar pada lapisan tanah yang lebih dalam.

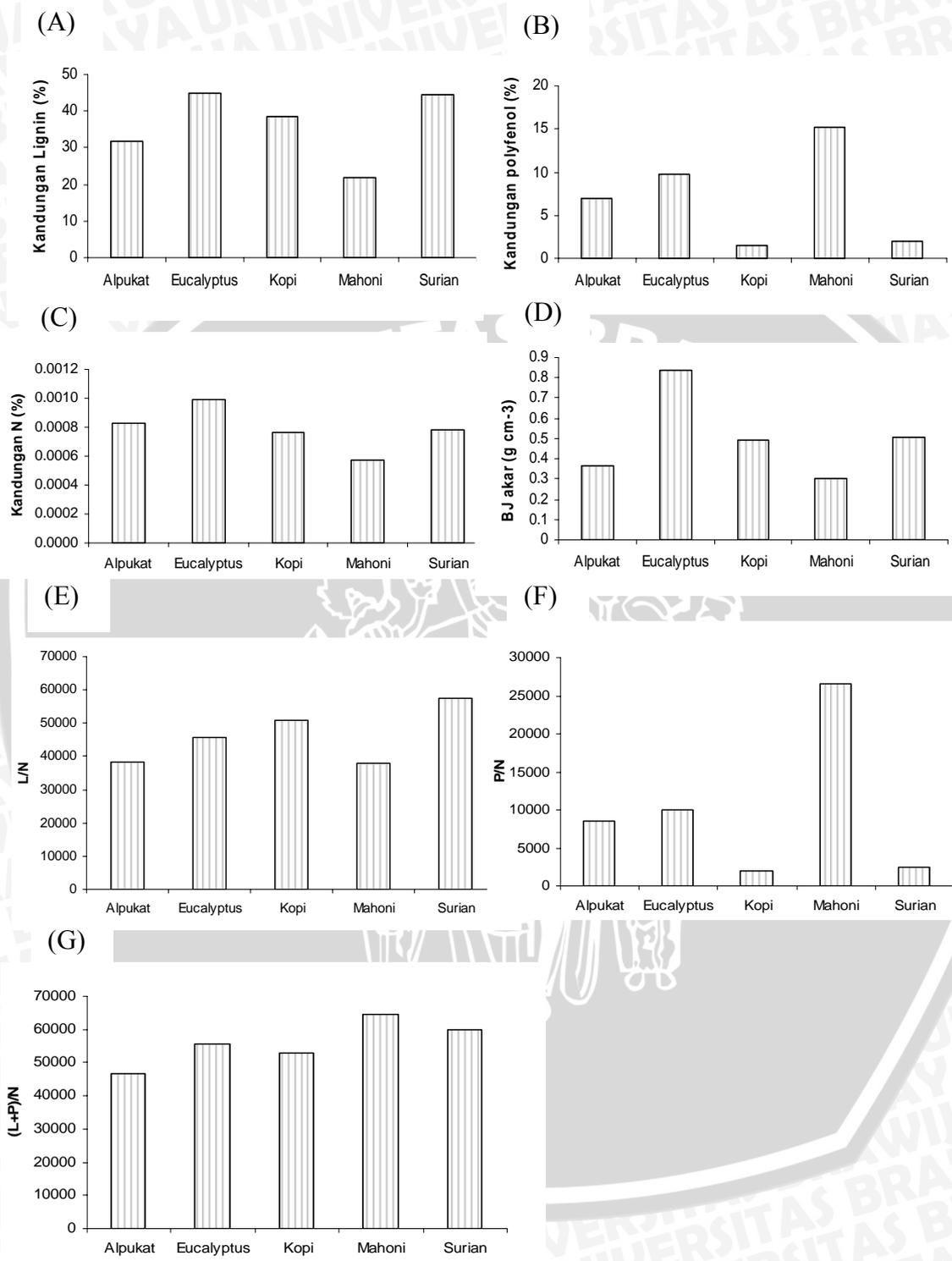


Gambar 10. Sebaran Diameter Akar <1 cm dan Kekuatan Akar Pohon Alpukat (A), Eucalyptus (B), Kopi (C), Mahoni (D) dan Suren (E) pada Berbagai Kedalaman Tanah

### 1.3 Kualitas Akar Pohon

Kekuatan akar untuk bertahan putus selain dipengaruhi oleh besarnya diameter akar juga dipengaruhi oleh kualitas bahan organik akar. Komponen kualitas bahan organik akar terdiri dari lignin, polyfenol, kandungan N, lignin:N, polyfenol:N, (L+P)/N serta berat jenis akar. Hasil analisa laboratorium terhadap kualitas akar yaitu meliputi kandungan lignin, polyfenol, kandungan N, berat jenis (BJ), nisbah Lignin:N (Lg:N), Polyfenol:N (Pp:N) dan (Lg + Pp)/ N akar pada lima pohon yaitu Alpukat, Eucalyptus, Kopi, Mahoni dan Suren menunjukkan adanya keragaman yang nyata. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kandungan lignin perakaran pohon eucalyptus > suren > kopi > alpukat dan mahoni. Kandungan polyfenol mahoni > eucalyptus > alpukat > suren dan kopi. Kandungan N eucalyptus > alpukat > suren > kopi dan mahoni. Sedangkan nilai berat jenis akar eucalyptus > suren > kopi > alpukat dan mahoni (Gambar 11). Menurut Hairiah *et al.* (2000) tingkat dekomposisi (pelapukan) bahan organik akar ditentukan oleh kualitasnya. Semakin rendah kualitasnya maka laju dekomposisinya (pelapukannya) semakin sulit.

Berdasarkan analisis korelasi, komponen kualitas perakaran yang paling berpengaruh terhadap kekuatan akar secara individu adalah lignin dengan nilai  $r = 0,957^{**}$ . Camire *et al.* (1991) dalam Handayanto (1996) menyatakan bahwa jika suatu bahan organik mempunyai kandungan lignin yang tinggi kemudian kandungan N-nya rendah maka lignin akan lebih berperan dibandingkan kandungan N.



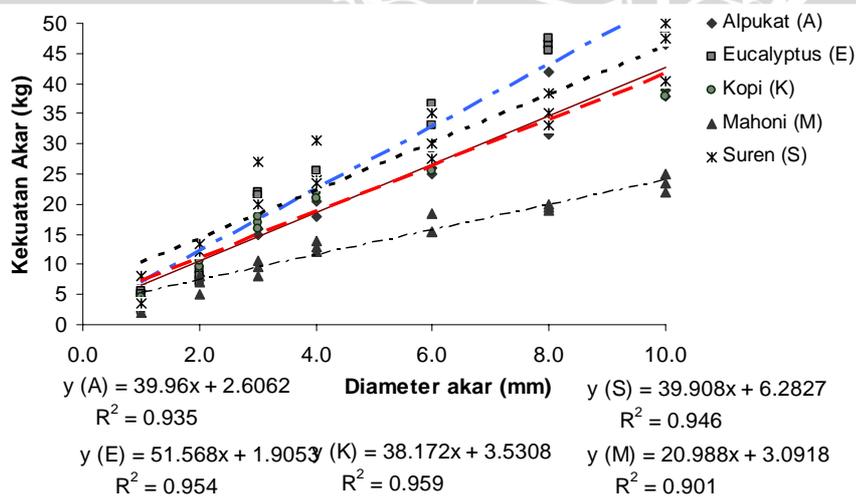
Gambar 11. Kandungan Lignin (A), Polyfenol (B), Kandungan N (C), Berat Jenis (BJ) Akar (D), Lg/N (E), Pp/N (F) dan (Lg+Pp)/N (G) pada Lima Lokasi Pohon

## 2. Pembahasan

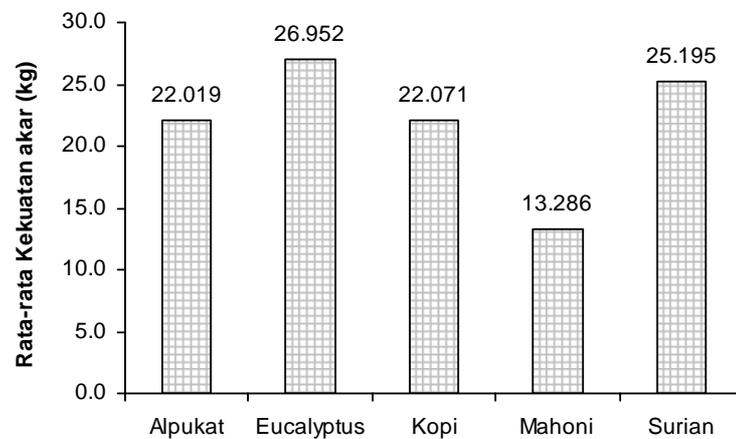
### 2.1. Peran Akar Pohon Terhadap Stabilitas Tebing

#### 2.1.1. Hubungan Diameter Akar Terhadap Kekuatan Akar

Berdasarkan hasil pengukuran kekuatan akar (*root strength*) pohon masing-masing klas diameter akar <10 mm menunjukkan adanya keragaman yang nyata pada lima spesies pohon yaitu alpukat, eucalyptus, kopi, mahoni dan suren. Hasil pengukuran kekuatan individu akar pada diameter <10 mm menunjukkan kekuatan akar tertinggi terdapat pada klas diameter akar tertinggi yaitu 10 mm. Gambar 12 menunjukkan bahwa hubungan diantara lima spesies pohon yang diukur kekuatannya memiliki pengaruh yang positif untuk masing-masing klas atau ukuran besarnya diameter akar. Nilai rata-rata kekuatan akar pohon berdiameter < 10 mm tertinggi pada pohon eucalyptus dengan nilai  $R^2 = 0,95$  sedangkan nilai rata-rata kekuatan akar terendah mahoni dengan nilai  $R^2 = 0,94$ . Dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tersebut dapat diketahui bahwa besarnya diameter akar berpengaruh sangat nyata terhadap kekuatan akar.



Gambar 12. Hubungan Besarnya Diameter Akar terhadap Kekuatan Akar



Gambar 13. Nilai Rata-rata Kekuatan Akar (*Root Strength*) pada Lima Spesies Pohon

Hasil pengukuran kekuatan akar (*Root Strength*) rata-rata pada klas diameter akar yang sama  $< 1$  cm, menunjukkan akar pohon eucalyptus memiliki kekuatan akar rata-rata tertinggi daripada akar pohon yang lain yaitu sebesar 26,952 kg diikuti kekuatan akar pohon suren (25,195 kg), kopi (22,071 kg), alpukat (22,019 kg) dan yang terendah kekuatan akar mahoni (13,286 kg) (Gambar 13). Perbedaan hasil pengukuran kekuatan akar selain dipengaruhi besarnya diameter akar juga dipengaruhi oleh kualitas bahan organik akar yang meliputi kandungan lignin, polyfenol, kandungan N, berat jenis (BJ) akar serta rasio lignin:N (Lg:N), Polyfenol:N (Pp:N) dan (Lg+Pp)/N.

### 2.1.2. Nilai Indeks Cengkeram Akar (ICA) dan Indeks Jangkar Akar (IJA) pada Berbagai Kedalaman Tanah

Peran akar sebagai cengkeram dan jangkar dapat dinyatakan dengan Indeks Cengkeram Akar (ICA) dan Indeks Jangkar Akar (IJA). Indeks cengkeram digambarkan dengan akar horizontal dan indeks jangkar akar digambarkan dengan akar vertikal. Akar dikatakan horizontal jika memiliki sudut  $< 45^{\circ}$  dari bidang horizontal dan akar vertikal relatif tegak kedalam tanah, sudut  $> 45^{\circ}$  dari bidang horizontal (Hairiah *et al*; 2002).

Hasil analisis ragam (ANOVA) diketahui bahwa interaksi pohon dan kedalaman tanah tidak berpengaruh nyata terhadap nilai Indek Cengkeram Akar (ICA) dan IJA (Lampiran 8g). Namun apabila dilihat dari faktor kedalaman ICA menunjukkan adanya pengaruh yang nyata. Nilai Indek Cengkeram Akar (ICA) pada kedalaman 0-20 cm > 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm dan 80-100 cm (Tabel 6). ICA tertinggi pada lapisan atas 0-20 cm dan terendah pada lapisan bawah 80-100 cm. Nilai ICA akan semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan akar horizontal akan menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah.

Tabel 6. Rata-rata Nilai Indek Cengkeram Akar (ICA) dan Indek Jangkar Akar (IJA) pada 5 Kedalaman Tanah di Lokasi Pengamatan

Kedalaman (cm)	ICA	IJA
20	0,717 b	3,39 b
40	0,272 a	3,17 b
60	0,263 a	1,64 a
80	0,029 a	0,54 a
100	0 a	0,21 a
BNT 5 %	0,3078	2,181

Keterangan : Angka diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5 %

Tabel 7. Rata-rata Nilai Indek Jangkar Akar (Lrv) di Masing-masing Lokasi Pohon

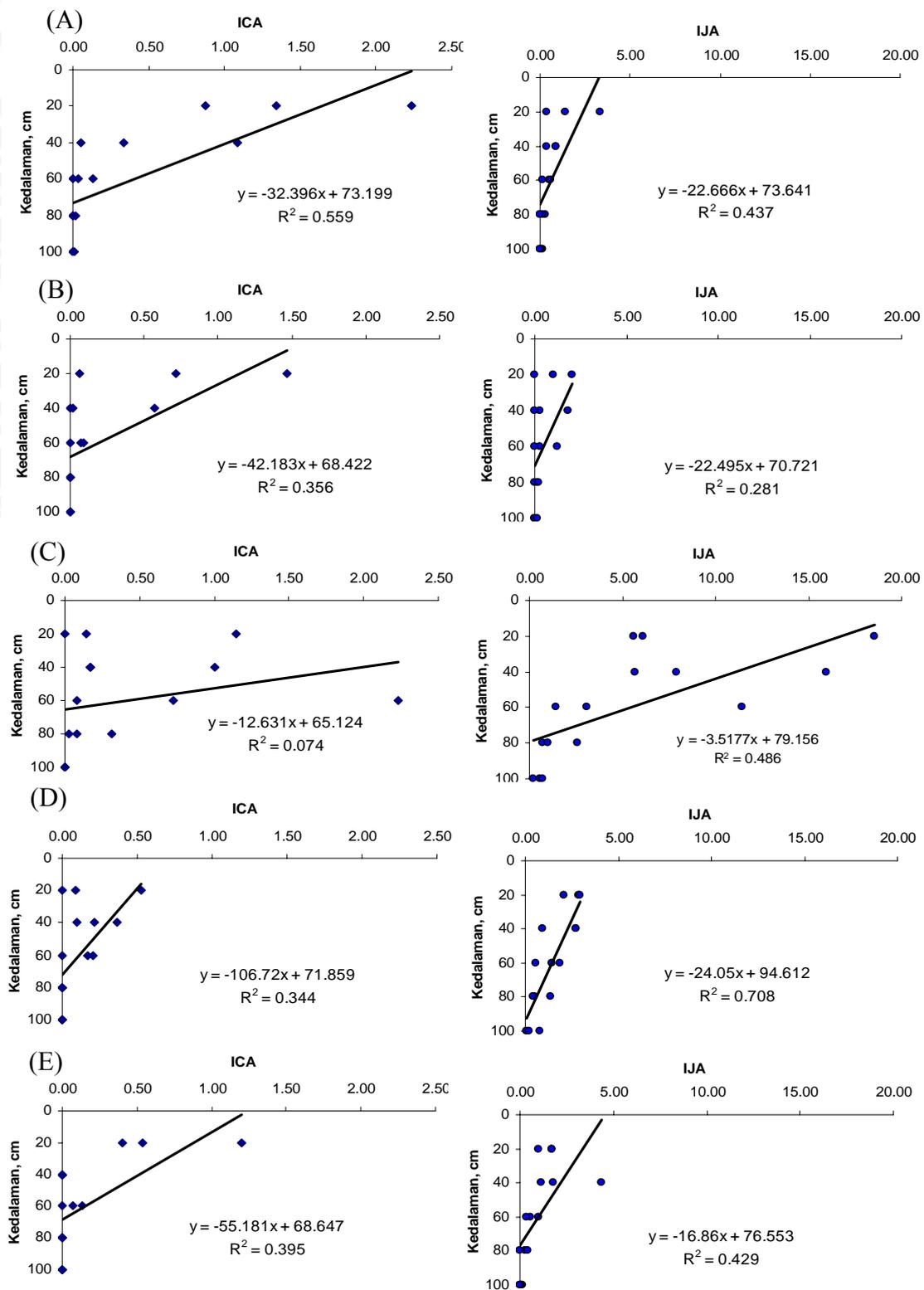
Pohon	ICA	IJA
Alpukat	0,406	0,60 a
Eucalyptus	0,200	0,48 a
Kopi	0,407	5,45 b
Mahoni	0,111	1,44 a
Suren	0,157	0,98 a
BNT 5 %	0,352	1,932

Keterangan : Angka diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5 %

Dari Gambar 14 dapat dikemukakan bahwa indeks cengkeram (ICA) dan indeks jangkar akar mengalami penurunan dengan bertambahnya kedalaman tanah. Hal ini juga dibuktikan dengan hasil analisa korelasi antara indeks cengkeram dan indeks jangkar akar terhadap kedalaman tanah. Nilai korelasi

indeks cengkeram  $r = -0,491^*$ , sedangkan nilai korelasi indeks jangkar akar  $r = -0,394^*$ . Hasil analisa korelasi tersebut menunjukkan bahwa indeks cengkeram dan indeks jangkar akar menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Perbedaan hasil pengukuran indeks cengkeram (ICA) dan indeks jangkar akar (IJA) didasarkan atas kerapatan akar, besarnya diameter akar horizontal dan vertikal serta besarnya nilai Dbh (*Diameter at breast height*) masing-masing spesies pohon. Menurut Kurniasari (2005) peningkatan akar horizontal tidak selalu diikuti penurunan akar vertikal. Hal ini menyebabkan kenaikan ICA tidak selalu diikuti penurunan IJA.





Gambar 14. Hubungan Indeks Cengkeram (ICA) dan Indeks Jangkar (IJA) Pohon Alpukat (A), Eucalyptus (B), Kopi (C), Mahoni (D) dan Suren (E) pada Berbagai Kedalaman Tanah

## 2.2. Pengaruh Kualitas Akar Terhadap Kekuatan Akar

Berdasarkan nilai kualitas bahan organik akar pada lima akar pohon yang diteliti menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan akar (*root strength*). Berdasarkan analisa korelasi kekuatan akar mengalami peningkatan dengan menurunnya kualitas bahan organik akar yaitu ditunjukkan dengan meningkatnya kandungan lignin, polyfenol, BJ akar, rasio lignin:N, polyfenol:N rasio (Lg+Pp)/N serta menurunnya kandungan N (Tabel 8).

Tabel 8. Tabel Korelasi Hubungan Parameter Kualitas Bahan Organik Akar dengan Kekuatan Akar

No	Parameter kualitas akar	Koefisien Korelasi (r)
1.	Lignin	0,957 **
2.	Polyfenol	0,615 **
3.	Kandungan N	- 0,907 **
4.	L/N	0,601 **
5.	P/N	0,807 **
6.	(L+P)/N	0,448 *
7.	Berat jenis akar	0,781 **

Keterangan : \*\* = Berbeda sangat nyata pada taraf signifikansi 1 % (0,01)

\* = Berbeda nyata pada taraf signifikansi 5 % (0,05)

Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Nurhada (2006) yang menyatakan bahwa peningkatan kandungan lignin dan polyfenol serta penurunan kandungan N mampu meningkatkan kekuatan akar. Schubert dalam Handayanto (1996) juga mengemukakan bahwa semakin tinggi kandungan lignin dan polyfenol di dalam bahan organik akar maka kekuatan akar untuk bertahan putus semakin sukar.

## 2.3. Pengaruh Distribusi Akar Terhadap Kekuatan Akar

Kepadatan distribusi akar dapat diukur dari nisbah antara Lrv dan Drv (*specific root length / specrol*). Kepadatan akar dilihat dari specrol menunjukkan kisaran diameter akar dimana semakin tinggi nilainya, kerapatan akar semakin tinggi dan diameter akar semakin kecil (akar semakin halus). Nilai rata-rata specrol pada berbagai kedalaman tertinggi terdapat pada pohon kopi (991,79 cm g<sup>-1</sup>), mahoni (863,33 cm g<sup>-1</sup>), alpukat (612,00 cm g<sup>-1</sup>), suren (528,42 cm g<sup>-1</sup>)

dan pohon eucalyptus ( $328,34 \text{ cm g}^{-1}$ ). Dari hasil pengukuran specrol tersebut dapat diketahui kisaran kerapatan akar tertinggi dan diameter akar pohon yang paling kecil adalah pohon kopi. Peningkatan Lrv dan penurunan Drv menyebabkan nilai specrol tinggi, kisaran diameter akar yang kecil sehingga kekuatan akar juga semakin kecil.

#### **2.4. Pemilihan Vegetasi Untuk Rekomendasi.**

Secara mekanis bagian terpenting dari vegetasi yang dapat mengurangi longsor adalah sistem perakarannya. Akar dapat berfungsi sebagai jangkar dan pencengkram tanah untuk meningkatkan kekuatan tanah pada lokasi longsor sehingga menjadi stabil atau tidak mudah longsor. Karakter vegetasi dilihat dari perakarannya yang mampu berperan dalam mengurangi longsor adalah memiliki karakter perakaran yang dalam, kuat (tidak mudah putus), memiliki distribusi yang rapat serta mampu menembus batuan induk akan berperan sebagai jangkar yaitu mampu menahan tanah pada lereng agar tidak mudah longsor dan meningkatkan kekuatan tanah. Perakaran vegetasi tidak mampu berperan dalam menahan terjadinya longsor bahkan dapat menjadi pemicu terjadinya longsor jika memiliki perakaran yang dangkal, kekuatan akar rendah atau mudah patah, serta distribusi kerapatan akar yang rendah tidak saling berikatan. Kekuatan akar pohon dapat ditentukan dari kualitas bahan organik akar yang meliputi kandungan lignin, polyfenol, kandungan N, Nisbah Lg:N, Pp:N, (Lg+Pp)/N dan Berat Jenis (BJ) akar.

Berdasarkan hasil pengukuran pengaruh diameter dan kualitas perakaran lima akar pohon Alpukat, Eucalyptus, Kopi, Mahoni dan Suren terhadap kekuatan akar, dapat dipilih beberapa pohon yang memenuhi kriteria untuk konservasi tanah dalam upaya meningkatkan stabilitas tebing. Dilihat dari segi distribusi akar, pohon kopi memiliki kepadatan perakaran yang tinggi sesuai dengan kriteria. Hal ini juga dibuktikan dengan hasil pengukuran total panjang akar (Lrv), bahwa kopi memiliki kepadatan perakaran paling tinggi, hal ini ditunjukkan dengan nilai total panjang akar (Lrv) dan nilai specrol tertinggi dibanding pohon yang lain yaitu alpukat, eucalyptus, mahoni dan suren. Sedangkan kekuatan akar dilihat dari

kualitas akar yang meliputi kandungan lignin, polyfenol, kandungan N dan berat jenis akar, pohon eucalyptus memiliki karakter perakaran yang kuat.

Berdasarkan hasil penelitian ini maka vegetasi dilihat dari kondisi perakarannya selain memiliki diameter akar yang besar, kepadatan akar yang tinggi (ditunjukkan dengan nilai total panjang akar dan nilai specrol yang tinggi), karakter perakaran yang dalam dan luas juga harus memiliki kekuatan akar yang tinggi yaitu memiliki kualitas akar yang rendah. Sehingga akar tidak mudah patah bila tertimpa masa tanah dari tempat yang lebih atas. Berdasarkan data kualitatif dan kuantitatif akar pohon yang sesuai kriteria untuk rekomendasi dalam usaha meningkatkan stabilitas tebing adalah pohon kopi. Hal ini karena akar pohon kopi memiliki distribusi akar pohon yang paling rapat dibanding akar pohon yang lain yaitu alpukat, eucalyptus, mahoni dan suren. Distribusi akar merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap peran akar sebagai jangkar dalam usaha meningkatkan stabilitas tebing. Akar pohon berdiameter besar dengan distribusi yang jarang dapat menjadi beban pada lereng bahkan bisa penyebab tebing semakin tidak stabil. Hal ini karena kemampuan akar untuk mengikat tanah akan semakin rendah.

Menurut Wrigley (1988) *dalam* Anonymous (2006) kopi mempunyai akar tunggang yang kuat sampai kedalaman hingga 3 meter dan akar lateral sepanjang 2 m dengan ketebalan 0,5 meter dari permukaan tanah. Sifat ini dapat melindungi dan menjadikan tanah lebih stabil. Meskipun kopi memiliki akar tunggang tidak mudah patah, tetapi umumnya kopi mempunyai perakaran yang dangkal bila dilakukan pemangkasan. Hal ini mengakibatkan kopi mudah mengalami kekeringan pada kemarau panjang bila didaerah perakarannya tidak diberi mulsa. Adanya kombinasi pemilihan vegetasi yang memiliki indeks cengkeram (ICA) dan indeks jangkar akar (IJA) yang tinggi serta adanya mulsa atau vegetasi penutup tanah yang rapat diantara pohon pada kelerengan yang curam sangat menunjang dalam usaha konservasi secara vegetasi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

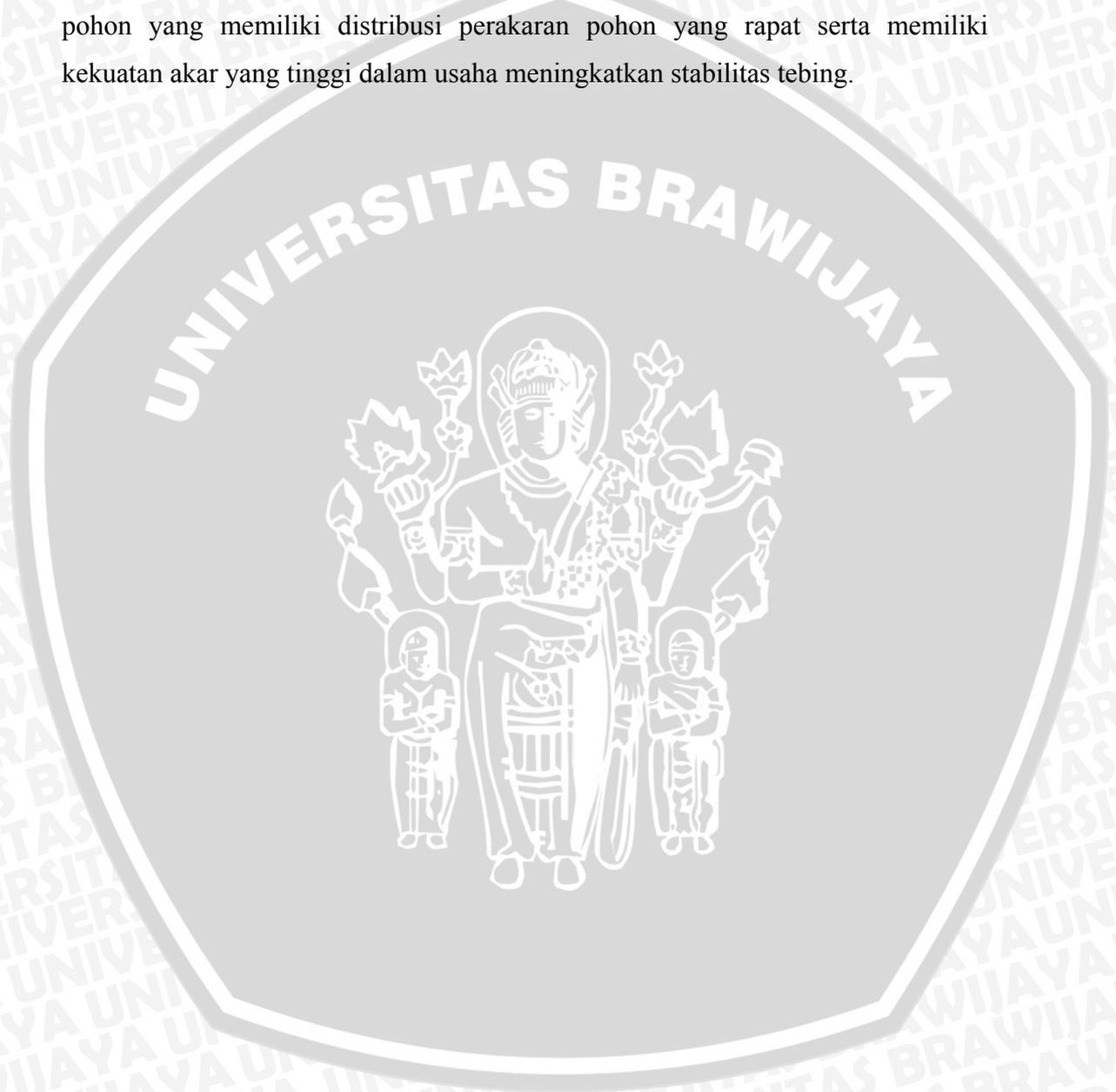
### 1. Kesimpulan

Dari uraian sebelumnya, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan :

4. Besarnya diameter akar, Indeks Jangkar Akar (IJA) dan Indeks Cengkeram Akar (ICA) akan semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah.
5. Semakin kecil ukuran diameter akar, kekuatan akar (*Root Strength*) semakin kecil dan semakin rendah kualitas akar (Kandungan Lignin, Polyfenol, Berat Jenis (BJ), Lg:N, Pp:N, (Lg+Pp)/N akar tinggi serta kandungan N rendah) maka kekuatan akar semakin besar (akar semakin sulit putus). Hal ini mengakibatkan peran akar terhadap stabilitas tebing semakin tinggi.
6. Distribusi akar semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah, diikuti oleh menurunnya total panjang akar (Lrv) dan berat kering akar (Drv).
7. Peningkatan kedalaman tanah diikuti penurunan sebaran besarnya diameter akar yang menyebabkan kekuatan akar juga semakin rendah
8. Tanaman kopi memiliki kriteria yang paling sesuai untuk meningkatkan stabilitas tebing jika tidak dilakukan pemangkasan. Hal ini dikarenakan kopi memiliki distribusi akar yang paling tinggi ( $0,0648 \text{ mm cm}^{-3}$ ) dibanding akar pohon yang lain yaitu mahoni ( $0,0449 \text{ mm cm}^{-3}$ ), eucalyptus ( $0,0369 \text{ mm cm}^{-3}$ ), suren ( $0,0310 \text{ mm cm}^{-3}$ ) dan nilai Lrv paling rendah adalah tanaman alpukat ( $0,0262 \text{ mm cm}^{-3}$ ).
9. Kriteria yang dapat digunakan sebagai rekomendasi pemilihan jenis vegetasi untuk meningkatkan stabilitas tebing secara vegetasi dilihat dari kondisi perakaran yaitu perakaran yang memiliki kualitas yang rendah dan diameter yang besar (kekuatan akar tinggi), distribusi rapat, serta adanya kombinasi dari vegetasi yang memiliki Indeks Jangkar Akar (IJA) dan Indeks Cengkeram Akar (ICA) yang tinggi serta adanya mulsa atau vegetasi penutup tanah yang rapat diantara pohon pada kelerengan yang curam sangat menunjang dalam usaha konservasi secara vegetasi.

## 2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan pada pohon yang berbeda untuk mengetahui distribusi perakaran, kualitas akar (kekuatan akar) dan indeks jangkar (*anchor index*) sehingga dapat menambah kumpulan informasi jenis beberapa pohon yang memiliki distribusi perakaran pohon yang rapat serta memiliki kekuatan akar yang tinggi dalam usaha meningkatkan stabilitas tebing.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abe, K. Dan Ziemer R.R. (1991). Effect of tree roots on shallow- seated landslide. USDA forest service. Arcata. California.
- Alrasjid, H dan Heryati, Y. 2002. Pemecahan masalah kerusakan sumber daya tanah dan air di Daerah Aliran Sungai dipandang dari segi ekologi. Buletin Penelitian dan Pengembangan Kehutanan 3(2) : 157-169
- Anonymous. 2005. Pemilihan jenis tanaman. ([http://www.dinashut\\_Jateng.go.id](http://www.dinashut_Jateng.go.id)) (verified 29 November 2006).
- \_\_\_\_\_. 2006. Root. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Root>) (verified 23 Juli 2006).
- \_\_\_\_\_. 2005. Tanah Longsor. Artikel. (Available online at [www.libugm.com](http://www.libugm.com)).
- \_\_\_\_\_. 2006. Tanaman Kopi Bisa Menahan Lahan dari Air Seperti Hutan. Sinar Tani Edisi 5-11 April 2006
- Asdak, C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University. Yogyakarta.
- Djamaluddin, 2004. Ciri-Ciri Longsor Pada Citra Satelit 3D. Available online at ([http:// www. kompas. com/ kompas-cetak/0302/19/ipitek/137620.htm.](http://www.kompas.com/kompas-cetak/0302/19/ipitek/137620.htm)) (verified 16 Maret 2007).
- Hairiah, K. Widiyanto, S.R., Utami. D., Suprayogo. Sunaryo. S. M., Sitompul. B., Lusiana. R., Mulia. M., Van Noordwijk dan G., Cadish. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi, Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. ICRAF. Bogor.
- Handayanto, E. 1996. Dekomposisi dan Mineralisasi Nitrogen Bahan Organik. Habitat 7 : 26-29
- Hardiyatmo, H.C. 2006. Penanganan Tanah longsor dan Erosi. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Islami, T dan W.H, Utomo. 1995. Hubungan Tanah Air dan Tanaman. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Karnawati, D., 2000. Assessment on mechanism of rain-induced landslide by slope hydrodynamic simulation, GeoEng 2000, An International Conference

on Case Histories in Geotechnical and Geological Engineering. Canberra, Australia.

Kodoatie, J Robert. 2006. Pengelolaan Bencana Terpadu (Banjir, longsor dan kekeringan). Prosiding seminar nasional "Kebijakan dan Program terpadu Sumber Daya Air dalam Rangka Penanganan Kekeringan dan Banjir Nasional" 4 April 2006

Krogstad, Finn. 1995. A Physiology and Ecology Based Model of Lateral Root Reinforcement of Unstable Hillslope. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of master of science. University of Washington. (Available online at [http://www. Root Reinforcement.com.](http://www.RootReinforcement.com)) (verified 29 Juni 2007).

Kurniasari, Veronika, 2005. Karakteristik Sebaran Perakaran Pohon dan Potensinya dalam Mempertahankan Kekuatan Geser (Shear Strength). S.P. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.

Lee, W. A Bronson, Thomas S., Lee Sunil Shauma and Geien M. Boyce, 2001. Slope Stability and Stabilization. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Munir, M. 2003. Geologi Lingkungan, Pustaka Jaya. Jakarta.

Mustikaningrum, Dhina. 2006. Kajian Bahaya Longsor di Das Konto Hulu. Skripsi S-1 Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. 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'Loghlin, C. dan Ziemer, RR. 2001. The Importance of Root Strength and Detioration Rates Upon Edaphic Stability in Steepland Forest. Journal. Available online at. Forest Research Institute. New Zealand.

Paripurno, Eko Teguh. 2001. Modul Manajemen Bencana Pengenalan Longsor Untuk Penanggulangan Bencana. Available online at [http://www Peduli bencana.com](http://www.Pedulibencana.com).

Risnadony, Ary Asrurun. 2007. Perkembangan Perakaran Pohon pada Berbagai Kelas Tekstur Tanah. Skripsi S-1 Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.

Rusell, R.S. 1977. Plant Root System. Their function and interaction with the soil. McGraw-Hill Book Company, UK. 298 pp.

Sarief, Sarifudin. 1986. Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian. Pustaka Buana. Bandung.

Soewartojo. 2002. Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik. ([http://lib.ugm.ac.id/data/download/1079402588\\_bencana.doc](http://lib.ugm.ac.id/data/download/1079402588_bencana.doc)) (verified 2 Juli 2007).

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. ([http://ugm.ac.id/data/download/1079102588\\_bencana.doc](http://ugm.ac.id/data/download/1079102588_bencana.doc)) (verified 02 Juli 2007).

Suryono. Mahmubin, DPGD. Istiati, YA. Supriyatna. Yulaila, U. Petrus, R. Dan Subiono. 2000. Penelitian Longsor Wilayah Cirebon-Bandung. Balai Penelitian Geomatika. Proyek Penelitian dan Pengkajian Teknologi Survei dan Pemetaan. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal).

Suseno, K. 2002. Untuk Menghindari Kerugian Lebih Besar Antisipasi Bencana Longsor Sejak Dini. ([http://www.peduli\\_bencana.com](http://www.peduli_bencana.com)) (verified 02 Juli 2007).

Swanston dan Ziemer. 1977. Root strength changes after logging in Southeast Alaska. USDA Rorest Service Research Note.

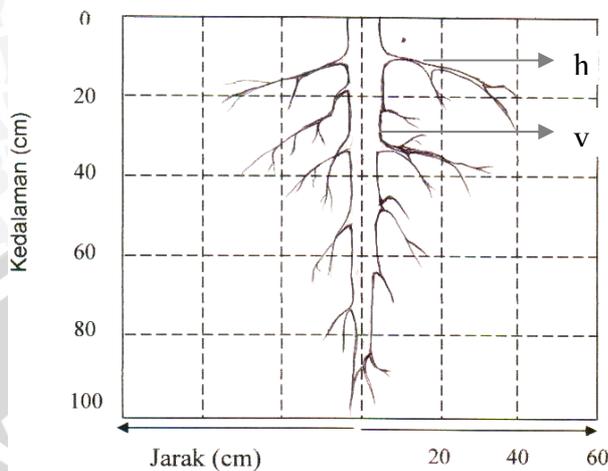
Tan, Kim. 1982. Dasar-Dasar Kimia Tanah. Gajah Mada Universitas Press. Yogyakarta

Wahyono. 1997. Pemantauan Gerakan Tanah di Daerah Ciloto, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Bulletin Geologi Tata Lingkungan No. 19, Juni 1997. hlm. 21-37

### Lampiran 1. Prosedur Pengukuran Akar

1. Tanah disekitar pangkal batang dibersihkan sampai akar utama dan percabangan pertamanya nampak jelas, pengukuran Dbh (Lampiran 2a).
2. Singkapan tanah diratakan dan akar dibersihkan secara hati-hati dengan jarak sekitar 0-60 cm terhadap batang pohon dan kedalaman 0-100 cm (d disesuaikan dengan persebaran akar di lapang) (Lampiran 2b)
3. Peletakan grid kawat ukuran 20x20 cm pada singkapan dengan kedalaman (0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100) cm dan jarak (0-20; 20-40; 40-60) cm (Lampiran 2c)
4. Secara visual distribusi dan pola percabangan akar yang telah nampak digambar pada kertas grafik dengan skala 3:20 cm.
5. Pengukuran diameter akar (vertikal dan horizontal) dilakukan pada berbagai kedalaman (0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100) cm dan dilakukan 2x dengan arah berbeda untuk menghindari kesalahan pengukuran pada akar yang pipih. Akar dikatakan horizontal jika memiliki sudut  $<45^{\circ}$  dari bidang horizontal dan akar vertikal relatif tegak kedalam tanah, sudut  $>45^{\circ}$  dari bidang horizontal (Hairiah *et al*; 2002) (Lampiran 2d dan e).
6. Pengambilan sampel akar dilakukan pada berbagai kedalaman (berdasarkan sebaran perakaran pohon diLapangan) dengan panjang akar  $\pm 25$  cm dan sesuai dengan klas diameter akar ( $<0,1$ ; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,6; 0,6-0,7; 0,7-0,8; 0-8-1,0) cm.
7. Pengambilan sampel tanah pada berbagai kedalaman dengan menggunakan ring sampel.

Lampiran 2. Foto Tahapan Pengamatan Akar



Dimana : D = Diameter akar; H = Akar horizontal; V = Akar vertikal



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Lampiran 3. Pengukuran Total Panjang Akar Lrv ( $\text{cm cm}^{-3}$ ), Bobot Kering Akar Drv ( $\text{g cm}^{-3}$ ) dan Pengukuran Indeks Jangkar Akar (IJA) dan Indeks Cenkeram Akar (ICA)

Total Panjang Akar Lrv ( $\text{cm cm}^{-3}$ ) ditetapkan dengan metode intersepsi garis (Tennat, 1975 dalam Hairiah, 1996) dengan prosedur sebagai berikut :

1. Akar dengan ukuran 0,25 mm-2 mm disebar secara acak diatas nampan yang telah diberi kertas milimeter, diberi sedikit air agar rambut-rambut akar dapat menyebar dengan sempurna.
2. Dihitung jumlah perpotongan akar dengan garis horisontal maupun vertikal dari kertas grafik dengan menggunakan *hand counter*. Total panjang akar (Lrv,  $\text{cm cm}^{-3}$ ) ditetapkan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Lrv, cm cm}^{-3} = \frac{\pi[(H + V) * D]}{4} / \text{Vol tanah}$$

Dimana :  $\pi = 3,14$

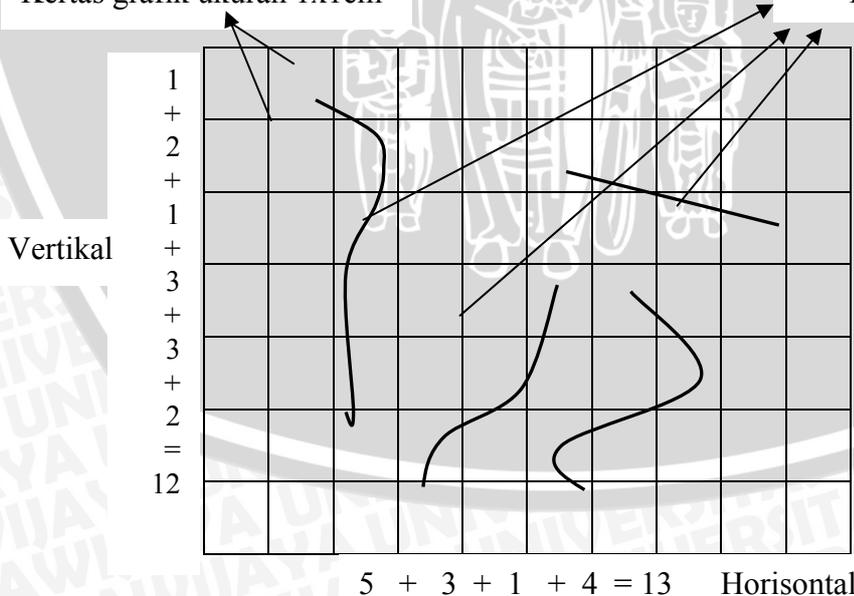
D = ukuran grafik yang dipakai (cm)

H = jumlah perpotongan akar dengan garis horisontal

V = jumlah perpotongan akar dengan garis vertikal.

Kertas grafik ukuran 1x1cm

Sampel akar



## Lampiran 3 (lanjutan)

Bobot Kering Akar Drv ( $\text{gcm}^{-3}$ ) ditetapkan dengan metode gravimetri. contoh akar dikeringkan dalam oven pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam dan ditimbang berat keringnya menggunakan timbangan analitik dengan tingkat ketelitian 3 desimal. Hasil yang diperoleh merupakan satuan per unit volume tanah.

Akar kearah vertikal pada berbagai kedalaman berfungsi sebagai jangkar yaitu untuk menahan tegakan pohon dan gerakan masa tanah. Sedangkan akar kearah horizontal dapat berfungsi sebagai cengkeram akar dapat ditetapkan dengan persamaan :

$$\text{IJA} = \sum Dv^2 / dbh^2$$

$$\text{ICA} = \sum Dh^2 / dbh^2$$

Dimana : IJA = Indek Jangkar Akar

ICA = Indek Cenkeram Akar

Dbh = Diameter batang setinggi 1,3 m

$\sum Dv$  = Diameter akar vertikal (cm)

$\sum Dh$  = Diameter akar horizontal (cm)

#### Lampiran 4. Metode Analisa Parameter Tanah

##### a. Berat Isi Metode Silinder/ Ring Blok

Tanah didalam ring blok atau silinder dikeluarkan ditimbang sebagai massa tanah. Kemudian menentukan kadar air dengan cara mengambil sub sampel contoh tanah dari ring blok/ silinder. Ring blok ditimbang sebagai berat basah dan kaleng. Tanah yang telah ditimbang dioven pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam dan ditimbang sebagai massa kalengnya. Massa padatan diperoleh dari massa tanah setelah dioven dikurangi massa kaleng. Volume ring silinder =  $\pi r^2$  x tinggi ring silinder. BI dihitung dengan rumus

$$\text{BI} = \frac{\text{massa padatan}(\text{gr})}{\text{volume ring silinder}(\text{cm}^3)}$$

##### b. Berat Jenis Metode Piknometer

Contoh tanah dari lapangan dihaluskan dan dioven pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$ . Tanah yang sudah dioven ditimbang sebesar 20-50 gr. Dimasukkan kedalam labu dan ditimbang lagi sebagai massa tanah dan labu. Langkah selanjutnya adalah menambahkan air kedalam labu dan dikocok-kocok agar udara yang

terjerat dalam tanah bisa keluar. Labu yang telah dikocok-kocok dipanaskan diatas *hotplate* sampai mendidih. Tambahkan air yang telah direbus pada labu sampai garis miniskus. Kemudian ditimbang. BJ dihitung dengan rumus :

$$BJ = \frac{\text{massa padatan}(gr)}{\text{volume padatan}(cm^3)}$$

c. Porositas

Nilai porositas dihitung dengan rumus :

$$\text{Porositas} = \left[ 1 - \frac{BI}{BJ} \right] \times 100\%$$

Lampiran 5. Metode Analisa Kualitas Akar

a. Lignin

Bahan Pereaksi

i. Acid detergent solution

8 gr CTAB (cetyltrimethyl- ammonium bromida) dilarutkan dalam 400 ml  $H_2SO_4$ , 0.5 M (larutkan 28 ml  $H_2SO_4$  pekat p.a kedalam 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 p.a kedalam aquadest sampai mencapai volume 1000 ml.

Cara Kerja :

- i. Timbang 0.5 g contoh akar tanaman (W1) dan ditambahkan 25 ml acid detergent solution dan 1 ml antifoam solution kedalam 250 ml botol volumetric.
- ii. Panaskan sampai  $T = 150^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam, setelah mendidih ( turunkan suhu pada awal terjadinya pembuihan dan goyang- goyang untuk beberapa waktu).
- iii. Kemudian disaring dalam filter- glass crucible (W2) dan cuci dengan acetone (1 kali saja) dan disusul dengan air panas sampai tidak berwarna.
- iv. Crucible dan isinya dioven pada  $T= 105^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam dan dinginkan dalam desikator dan timbang (W3)
- v. Crucible dan isinya ditempatkan dalam beaker glass dan tambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  72 % secukupnya sampai setengah dari volume crucible dan didiamkan selam 3-4 jam.
- vi. Gunakan vacuum pump untuk membilas/ menyedot dan setelah dibilas dengan air panas sampai tidak ada asam (tidak berwarna dan tidak berbuih).

Lampiran 5 (lanjutan)

- vii. Crucible dan isi oven pada  $T= 105^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam, dinginkan dan timbang (W4), sedangkan isinya diabukan pada  $T= 500^{\circ}\text{C}$  untuk waku 4-5 jam, dinginkan dan timbang (W5).

Perhitungan :

$$\text{ACD (\%)} = \frac{(W3 - W2)}{W1} \times 100$$

$$\text{ADL (\%)} = \frac{(W4 - W5)}{W1} \times 100$$

b. Polyfhenol

Bahan pereaksi

- i. Methanol 50 %

ii. Sodium carbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  17 %)

25,5 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam 124,5 ml aquadest dalam beaker glass.

iii. Sodium tungstate ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ )

iv. Asam orthophosphoric

v. Asam phosphomolybdic

vi. Asam tannic

vii. Reagent folin- Denis :

25 g sodium tungstate +5 g asam phosphomolybdic dan 12,5 ml samorthophosphoric dimasukkan kedalam 250 ml botol volumetrik yang berisi 187,5 ml aquadest, kemudian direflux selama 2 jam dan diencerkan untuk 250 ml dengan menggunakan aquadest.

Membuat standart

i. 0,1 mg/ ml asam tannic

Larutkan 0,01 g asam tannic dalam 100 ml botol volumetrik 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  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  17 % dan kemudian dibaca dengan spectrophotometer, absorbance 760 nm.

Lampiran 5 (*lanjutan*)

Cara kerja

i. Timbang 0,75 g contoh akar tanaman dan dieksrak dengan 20 ml methanol, 50 % dalam beaker glass, 100 ml dan tutup dengan para film atau aluminium foil.

ii. Didihkan dalam water bath pada  $T= 70-80^\circ\text{C}$  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 kedalam cuvet, 50 ml dan tambahkan 20 ml aquadest, 2,5 ml reagent Folin Dennis dan 10 ml  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (sodium carbonat) 17 % kemudian encerkan sampai 50 ml dengan menggunakan aquadest dan diamkan selama 20 menit.

iv. Baca dengan menggunakan spectrophotometer, absorbance 760 nm.

Perhitungan :

- i. Carilah persamaan regresi dari larutan standart
- ii. Tentukan TAE sample dan TAE blanko (X) berdasarkan persamaan regresi diatas

$$\% \text{ TEP} = \frac{(TAE \text{ sample} - TAE \text{ blanko}) \times 50}{10 \times W(\text{berat} - \text{akar} - \text{tanaman}) \text{ g}}$$

c. Total kandungan N(%)

1. Bahan pereaksi

i. Borat penunjuk

Penetapan sama seperti  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$

ii. Garam campuran

Timbang 50 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ , 250 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dan 5 g selenium. Ketiga bahan ini dicampur dan kemudian digerus.

iii.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat p.a

iv. NaOH 40 %

400 g NaOH (sodium hidroksida) dilarutkan dalam aquadest sampai 1000 ml.

Lampiran 5 (lanjutan)

v.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,01 N

$\text{H}_2\text{SO}_4$  0,01 N (2,8 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat p.a dalam 11 aquadest) dalam aquadest sampai volume 1000 ml.

2. Standarisasi asam- asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HCl}$ )

i. Timbang 100 mg  $\text{NaB}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  dan larutkan dalam 40 ml aquadest bebas  $\text{CO}_2$  (dipanaskan kemudian didinginkan)

ii. Tambahkan 3 tetes indicator Conway kemudian dititrasi dengan asam tersebut (misal  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,01 N) sampai perubahan warna dari hijau kemerah muda)

$$N_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{\text{Mg} - \text{borax}}{90 \times \text{ml} - \text{asam}}$$

Catatan : Standarisasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,01 N bias juga menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

### 3. Indikator Conway

- i. Larutkan 0,2 g Methyl Red dalam 100 ml alcohol (etanol)
- ii. Larutkan 0,1 Bromocresol Green dalam 100 ml alcohol (etanol)
- iii. Campurkan kedua larutan tersebut.
- iv. Atau larutkan 0,075 g Bromocresol Green dan 0,05 g Methyl Red dalam 100 ml alcohol (etanol)

#### Cara kerja :

- i. Timbang 0,25 g tanah kering udara yang lolos ayakan 0,05 mm (0,05 g akar tanaman kering oven 70<sup>0</sup> C yang lolos ayakan 40 mesh). Kemudian masukkan pada tabung distalasi.
- ii. Tambahkan ± 2 gr campuran dan 5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat p.a
- iii. Kemudian dibakar pada temperatur 360<sup>0</sup> C sampai berwarna hijau agak keputih-putihan, angkat dan dinginkan.
- iv. Encerkan dengan aquadest sampai 50 ml dalam labu takar.
- v. Pipet 10 ml aliquot tersebut dan masukkan dalam labu distilasi 5 ml, tambahkan 5 ml NaOH 40 % kemudian didistilasi.
- vi. Hasil distilasi ditampung dalam erlenmeyer yang berisi 5 ml borat penunjuk sampai mencapai volume 50 ml.

#### Lampiran 5 (lanjutan)

- vii. Hasil distilasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 N sampai terjadi warna dari hijau kemerah muda
- viii. Blanko : langkah 2 s/d 7

#### Perhitungan :

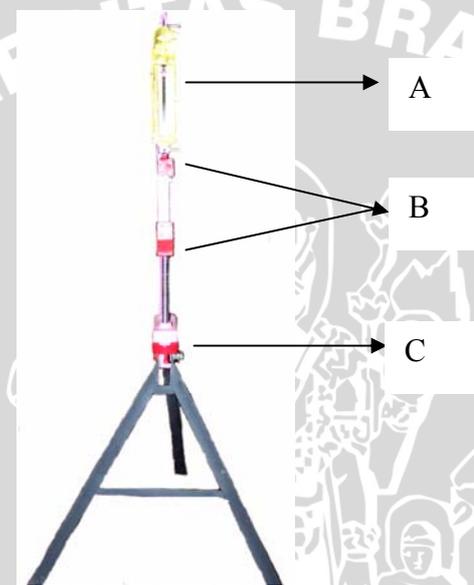
$$(\text{ml sample} - \text{ml blanko}) \times 14 \times N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times \frac{(KA + 100)}{100}$$



### Lampiran 6. Metode Pengukuran Kekuatan Akar (*Root Strength*)

Dengan alat *direct root strength* yang dimodifikasi :

1. Ambil sample akar dengan diameter (<0,1; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,6; 0,6-0,7; 0,7-0,8; 0,8-1,0) cm sepanjang kurang lebih 20 cm
2. Sample akar tersebut dimasukkan kedalam alat uji *Direct Root Strength*



Cara kerja :

1. Letakkan ring akar yang berdiameter 2 mm di dua bidang penjepit (B). Kunci ujung masing-masing akar yang ada sampai akar tidak lolos dari saat dilakukan penarikan.
2. Bila sudah cukup kuat, maka putar batang pemutar (C) yang ada dengan pelan-pelan dan perhatikan penurunan skala yang ada pada skala pembacaan akar (A). Hentikan pemutaran jika akar yang diukur telah mengalami pemutusan. Pemutusan yang benar bisa berada di atas, tengah dan bawah. Pemutusan tidak dianggap benar jika akar putus pada salah satu bidang penjepit akar.
3. Setelah terjadi pemutusan akar, lihat batas skala pembacaan yang berwarna merah, catat sebagai kekuatan akar dengan satuan kg.

Lampiran 7 . Tabel Data Sifat Fisik Tanah dan Distribusi Perakaran Tanaman  
Rata-Rata Per Kedalaman Tanah

Pohon	Kedalaman (cm)	BI (g cm <sup>-3</sup> )	BI (g cm <sup>-3</sup> )	Porositas (%)	Lrv (cm cm <sup>-3</sup> )	Drv (g cm <sup>-3</sup> )	Specrol (cm g <sup>-1</sup> )
Alpukat	0 - 20	0.59515	2.44844	75.70423	0.00420	0.00003	131.9224
Alpukat	20 - 40	0.61307	2.47966	75.28273	0.00469	0.00002	387.037
Alpukat	40 - 60	0.63756	2.49491	74.45876	0.00196	0.00004	50.57949
Alpukat	60 - 80	0.64690	2.50982	74.24220	0.00125	0.00005	24.66616
Alpukat	80 - 100	0.70180	2.70088	73.91481	0.00098	0.00001	17.46032
Eucalyptus	0 - 20	0.62130	2.29425	72.90421	0.00688	0.00010	63.62623
Eucalyptus	20 - 40	0.67188	2.38875	71.87682	0.00551	0.00002	209.5238
Eucalyptus	40 - 60	0.76178	2.43713	68.75035	0.00393	0.00000	0
Eucalyptus	60 - 80	0.79198	2.47127	67.95281	0.00125	0.00003	9.353741
Eucalyptus	80 - 100	0.82852	2.57989	67.80145	0.00087	0.00003	45.83333
Kopi	0 - 20	0.64624	2.36551	72.64690	0.00256	0.00001	183.3333
Kopi	20 - 40	0.68328	2.41375	71.65293	0.01037	0.00006	180.565
Kopi	40 - 60	0.69230	2.43268	71.48674	0.01146	0.00007	175.5117
Kopi	60 - 80	0.72131	2.48278	70.90401	0.00671	0.00003	203.5738
Kopi	80 - 100	0.75650	2.51136	69.83834	0.00131	0.00001	248.8095
Mahoni	0 - 20	0.69129	2.46805	72.00878	0.00240	0.00009	41.47813
Mahoni	20 - 40	0.73518	2.48156	70.15634	0.00737	0.00003	302.5
Mahoni	40 - 60	0.74774	2.51731	69.50547	0.00655	0.00003	225.2381
Mahoni	60 - 80	0.76271	2.53192	67.84458	0.00387	0.00004	180.3571
Mahoni	80 - 100	0.72557	2.74192	69.23996	0.00224	0.00003	86.75595
Suren	0 - 20	0.73575	2.42597	69.26108	0.00469	0.00005	94.37302
Suren	20 - 40	0.80383	2.33162	65.52022	0.00349	0.00004	207.123
Suren	40 - 60	0.82915	2.36025	64.87311	0.00376	0.00006	60.61224
Suren	60 - 80	0.86120	2.39045	63.98322	0.00207	0.00004	52.38095
Suren	80 - 100	0.89144	2.45428	63.68741	0.00147	0.00002	113.9286



Lampiran 8. Hasil Analisis Ragam

(a) Berat Isi Tanah (BI)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	0,0873	0,0436	17,9253 **	3,19	5,08
Perlakuan	24	0,5022	0,0209	8,5973 **	1,74	2,20
- pohon (p)	4	0,2932	0,0733	30,1173 **	2,56	3,74
- kedalaman (k)	4	0,1863	0,0466	19,1304 **	2,56	3,74
- p*k	16	0,0227	0,0014	0,5840 tn	1,86	2,40
Galat	48	0,1168	0,0024			
total	74	0,7063				

Keterangan : \*\* = sangat berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

\* = berbeda nyata pada peluang 5 %

tn = tidak berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

(b) Berat Jenis Tanah (BJ)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	0,0337	0,0169	1,7021 tn	3,19	5,08
Perlakuan	24	0,7316	0,0305	3,0767 **	1,74	2,20
- pohon	4	0,2614	0,0654	6,5960 **	2,56	3,74
- kedalaman	4	0,3636	0,0909	9,1732**	2,56	3,74
- p*k	16	0,1067	0,0067	0,6728 tn	1,86	2,40
Galat	48	0,4756	0,0099			
total	74	1,2409				

Keterangan : \*\* = sangat berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

\* = berbeda nyata pada peluang 5 %

tn = tidak berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

(c) Porositas Tanah

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	167,9204	83,9602	13,0089 **	3,19	5,08
Perlakuan	24	840,7554	35,0315	5,4278 **	1,74	2,20
- pohon	4	665,9308	166,4827	25,7951 **	2,56	3,74
- kedalaman	4	136,8183	34,2046	5,2997 **	2,56	3,74
- p*k	16	38,0063	2,3754	0,3680 tn	1,86	2,40
Galat	48	309,7941	6,4540			
total	74	1318,4699				

Keterangan : \*\* = sangat berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

\* = berbeda nyata pada peluang 5 %

tn = tidak berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

(d) Lrv

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	0,0023	0,0012	1,9236 tn	3,19	5,08
Perlakuan	24	0,0589	0,0025	4,0992 **	1,74	2,20
- pohon (p)	4	0,0138	0,0034	5,7551 **	2,56	3,74
- kedalaman (k)	4	0,0231	0,0058	9,6452 **	2,56	3,74
- p*k	16	0,0220	0,0014	2,2987 *	1,86	2,40
Galat	48	0,0287	0,0006			
Total	74	0,0899				

Keterangan : \*\* = sangat berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %  
 \* = berbeda nyata pada peluang 5 %  
 tn = tidak berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

(e) Drv

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	0,0005	0,0003	0,3901 tn	3,19	5,08
Perlakuan	24	0,0380	0,0016	2,3353 **	1,74	2,20
- pohon (p)	4	0,0022	0,0006	0,8200 tn	2,56	3,74
- kedalaman (k)	4	0,0165	0,0041	6,0631 **	2,56	3,74
- p*k	16	0,0193	0,0012	1,7822 tn	1,86	2,40
Galat	48	0,0326	0,0007			
total	74	0,0711				

Keterangan : \*\* = sangat berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %  
 \* = berbeda nyata pada peluang 5 %  
 tn = tidak berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

(f) Indeks Jangkar Akar (IJA)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	43,0789	21,5394	5,0888 **	3,19	5,08
Perlakuan	24	534,1311	22,2555	5,2580 **	1,74	2,20
- pohon (p)	4	259,1391	64,7848	15,3057 **	2,56	3,74
- kedalaman (k)	4	128,3173	32,0793	7,5789 **	2,56	3,74
- p*k	16	146,6748	9,1672	2,1658 *	1,86	2,40
Galat	48	203,1708	4,2327			
Total	74	780,3808				

Keterangan : \*\* = sangat berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %  
 \* = berbeda nyata pada peluang 5 %  
 tn = tidak berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

(g) Indeks Cengkeram Akar (ICA)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	0,3769	0,1885	1,3521 tn	3,19	5,08
Perlakuan	24	10,3804	0,4325	3,1032 **	1,74	2,20
- pohon (p)	4	1,1905	0,2976	2,1353 tn	2,56	3,74
- kedalaman (k)	4	4,9380	1,2345	8,8572 **	2,56	3,74
- p*k	16	4,2519	0,2657	1,9066 tn	1,86	2,40
Galat	48	6,6902	0,1394			
Total	74	17,4475				

Keterangan : \*\* = sangat berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

\* = berbeda nyata pada peluang 5 %

tn = tidak berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

(h) Specrol

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	52071	26035	1,92 tn	3,19	5,08
Perlakuan	24	725121	131305	9,69 **	1,74	2,20
- pohon (p)	4	162496	40624	3,00 *	2,56	3,74
- kedalaman (k)	4	296089	74022	5,46 **	2,56	3,74
- p*k	16	266536	16659	1,23 tn	1,86	2,40
Galat	48	650178	13545			
Total	74	1427370				

Keterangan : \*\* = sangat berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

\* = berbeda nyata pada peluang 5 %

tn = tidak berbeda nyata pada peluang 5 % dan 1 %

### Lampiran 9. Korelasi Parameter Pengamatan

	BI (g cm <sup>-3</sup> )	BJ (g cm <sup>-3</sup> )	Drv (g cm <sup>-3</sup> )	ICA	IJA	Lrv (cm cm <sup>-3</sup> )	Porositas (%)
BI	1,000						
BJ	-0,025	1,000					
Drv	-0,092	-0,199	1,000				
ICA	-0,335**	-0,198*	0,234*	1,000			
IJA	-0,175*	-0,293*	0,099*	0,416	1,000		
Lrv	-0,309	-0,203	0,343	0,370**	0,298**	1,000	
Porositas	-0,872	0,333	0,002	0,257*	0,078*	0,217	1,000
Specrol	-0,156	-0,053	-0,271	0,099*	0,120*	0,431	0,129

Keterangan :

\*\* = berbeda sangat nyata pada taraf signifikansi 1 % (0,01)

\* = berbeda nyata pada taraf signifikansi 5 % (0,05)



Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian



A. Alpukat



B. Eucaly



C. Kopi



D. Mahoni

