STUDI PERAKARAN BERBAGAI JENIS POHON UNTUK MEMPERTAHANKAN STABILITAS TEBING

Oleh:

TSARWAH AS SAUSAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG

2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

STUDI PERAKARAN BERBAGAI JENIS POHON UNTUK MEMPERTAHANKAN STABILITAS TEBING

Oleh:

TSARWAH AS SAUSAN

155040207111029

MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

SKRIPSI

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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkaan ole orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Desember 2019

Tsarwah As Sausan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian	:	Studi Perakaran Berbagai Jenis Pohon untuk Mempertahankan Stabilitas Tebing
Nama Mahasiswa	:	Tsarwah As Sausan
NIM	:	155040207111029
Jurusan	:	Tanah
Program Studi	:	Agroekoteknologi

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,

Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph. D
NIP. 19560410 198303 2 001

Mengetahui
a.n Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Brawijaya
Ketua Jurusan Tanah

Syamsul Kamiawan, SP., MP., Ph. D
NIP.19791018 200501 1 002

Tanggal Persetujuan: 06 NOV 2019

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Syahrul Kurniawan, SP., MP., Ph. D
NIP.19791018 200501 1 002

Penguji II

Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph. D
NIP. 19560410 198303 2 001

Penguji III

Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D
NIP. 19730103 199802 1 002

Penguji IV

Danny Dwi Saptutra, SP., M.Si
NIP. 201106 860317 1 001

Tanggal Lulus: ...20 DEC 2019.....

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

SKRIPSI ini kupersembahkan untuk

Papa, Mama, Ce' Inez, Adek dan Abang tercinta 😊

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

RINGKASAN

Tsarwah As Sausan. 155040207111029. Studi Perakaran Berbagai Jenis Pohon untuk Mempertahankan Stabilitas Tebing. Di bawah bimbingan Kurniatun Hairiah sebagai Pembimbing Utama.

Menanam berbagai jenis pohon di lereng yang terjal merupakan cara mekanis dan hidrologis yang dapat mengurangi resiko terjadinya longsor. Secara mekanis akar dapat menpertahankan stabilitas lereng melalui dua mekanisme: mencengkeram tanah lapisan atas (0-5 cm) dan menopang tegaknya pohon dari gaya dorong massa tanah kearah bawah lereng (jangkar hidup). Fungsi akar pohon dipengaruhi oleh beberapa faktor: kualitas dan distribusi akar serta kekuatan geser tanah. Tujuan penelitian: (1) mengevaluasi nilai Indeks Cengkeram Akar (ICA) dan Indeks Jangkar Akar (IJA) beberapa pohon yang tumbuh di tempat-tempat berlereng di wilayah UB Forest dan (2) mempelajari sebaran akar berbagai jenis pohon yang tumbuh di tempat-tempat berlereng di wilayah UB Forest.

Survei sistem perakaran pohon dilakukan di UB Forest (Malang) dengan kelerengan 26-28° (sangat terjal) pada bulan April-Juli 2019. Pengukuran dilakukan pada 9 jenis pohon berumur sekitar 4-10 tahun yaitu kopi robusta (*Coffea canephora*), kopi arabika (*Coffea arabica*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*), dadap (*Erythrina subumbrans*), gamal (*Gliricidia sepium*), alpukat (*Persea americana*), petai (*Parkia speciosa*), waru (*Hibiscus tiliaceus*), dan suren (*Toona ciliata*) yang umum dijumpai disepanjang jalur survei, pengukuran setiap jenis pohon diulang 10x. Parameter yang diukur adalah Indeks Jangkar Akar (IJA) yaitu nisbah luas penampang akar vertikal dan batang, dimana akar vertikal dengan sudut >45° dari bidang horizontal; dan Indeks Cengkeram Akar (ICA) adalah nisbah luas penampang akar horisontal (sudut <45°) dan diameter batang. Pengambilan contoh akar untuk pengukuran Lrv (total panjang akar) dan Drv (berat akar) menggunakan metode *root trenching* dan pengukuran Drv dilakukan menggunakan metode intersepsi garis.

Pohon dengan nilai ICA tertinggi (>1,50) ditunjukkan oleh kopi arabika (*Coffea arabica*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan alpukat (*Parsea americana*), sedangkan pohon yang memiliki nilai IJA tinggi (>3,00) adalah lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan kopi arabika (*Coffea arabica*). Nilai Lrv, Drv dan Specrol (Lrv/Drv) semakin menurun dengan meningkatnya nilai kedalaman tanah. Pada lapisan 0 – 20 cm, rata-rata nilai Lrv tertinggi terdapat pada pohon kopi arabika sebesar 0,0941 cm cm^{-3}. Penanaman kombinasi berbagai jenis pohon berperakaran dalam dan rerumputan atau semak yang memiliki akar halus dan rapat akan meningkatkan potensi pohon menjaga stabilitas tebing.

repository.ub.ac.id

SUMMARY

Tsarwah As Sausan. 155040207111029. Study of the Roots of Various Tree Types to Maintain Slope Stability. Supervised by Kurniatun Hairiah.

Plant various types of tress on steep slope is a mechanical and hydrological way to reduce landslides. Mechanically, the roots can maintain slope through two mechanisms: holding the topsoil (0-5 cm) and support the upright of tree from the driving force due to soil mass movement (root anchoring). Tree root function is influenced by several factors: root quality, root distribution, and soil shear strength. This study aims to (1) evaluate the value of Index of Root Binding (IRB) and Index of Root Anchoring (IRA) of several trees that grow in sloped areas in UB Forest and (2) study the root distribution of various types of trees that grow in sloped areas in UB Forest.

The survey of tree root system was conducted at UB Forest (Malang) with a slope range 26-28° (very steep) in April - Juli 2019. Measurement was made on 9 trees species of trees aged around 4-10 years, such as robusta coffee (*Coffea canephora*), arabica coffee (*Coffea arabica*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*), dadap (*Erythrina subumbrans*), gamal (*Gliricidia sepium*), avocado (*Persea americana*), petai (*Parkia speciosa*), waru (*Hibiscus tiliaceus*), dan suren (*Toona ciliata*) that commonly found along the survey path, measurement of each tree type was repeated 10 times. The measured parameters were Index of Root Anchoring (IRA) which is the ratio of the cross-sectional area of the vertical root and the tree trunk, the vertical root is a root which has >45° from horizontal surface; and index of root binding (IRB) is the ratio of the horizontal root cross-sectional area (<45°) and the tree trunk. Sample of Lrv (total root length) and Drv (root weight) were taken using root trenching method and Drv was measured using line interception method.

The trees which have high value of IRB (>1,50) are arabica coffee (*Coffea arabica*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*), and avocado (*Persea americana*), whereas, trees species with high IRA (>3,00) are lamtoro (*Leucaena leucocephala*) and arabica coffee (*Coffea arabica*). Lrv, Drv and Specrol (Lrv/Drv) value will decrease with increasing soil depth value. In 0-20 cm of soil layer, the highest Lrv average value is found in arabica coffee (*Coffea arabica*) with a value of 0.0941 cm cm^{-3}. The combination of various trees species with deep root and grasses or bushes with fine root is potential to maintain slope stability. A combination of various types of deep-rooted trees and grasses or shrubs that have fine and dense roots will increase the potential of the tree to maintain slope stability.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, berkah dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Studi Perakaran Berbagai Jenis Pohon untuk Mempertahankan Stabilitas Tebing". Terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu saya menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph. D selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan masukan bimbingan untuk penulisan skripsi.
2. Ketua Jurusan Syahrul Kurniawan, SP., MP., Ph. D dan seluruh dosen telah memberikan arahan serta karyawan Jurusan Tanah, FP-UB yang telah memberikan bantuan dan fasilitas selama penelitian berjalan.
3. Danny Dwi Saputra, SP., M. Si dan Rika Ratna Sari SP., MP., Rizki Maulana Ishaq, SP., Eka Purnamasari, SP., dan Irma Ardi Kusuma, SP. yang telah membantu dilapangan dan memberikan masukan selama penelitian.
4. Teman-teman Tim UB Forest yang selalu membantu dan memberikan semangatnya sehingga terselesaikannya skripsi ini.

Malang, Desember 2019

Tsarwah As Sausan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada proses penulisan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak hingga terselesaikannya skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin memberikan ucapan terima kasih kepada semua pihak, terutama kepada:

1. Prof. Kurniatun Hairiah, Ph. D., Syahrul Kurniawan, SP., MP., Ph. D., Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph. D. dan Danny Dwi Saputra, SP., M. Si sebagai Dosen Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi dan membimbing dalam penulisan skripsi.
2. Rohmat Hidayat dan M. Yuda Prasetiawan yang telah menemani selama proses penelitian di lapangan dan di laboratorium.
3. Pak Sunari, Pak Saip dan Mas Riyadi yang telah membantu penulis untuk pengamatan selama di lapangan.
4. Pak Sarkam, Pak Ngadirin, Bu Ndari, Pak Wahyu dan Mas Mur yang telah mendampingi penulis selama di laboratorium.
5. Ersa Nur Trajeswan, Ummi Amalina Puteri, SP., Melati Julia Rahma, SP., Dhayu Kristanto, SP., Toni Rizki Tanto, SP dan M. Yussaq Noor, SP yang telah menemani, menyemangati dan mendampingi selama proses penyusunan hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Teman-teman Jurusan Tanah Angkatan 2015 “SOIL15T” yang telah memberikan bantuan dan dukungannya selama ini.
7. Kedua orangtua penulis Yang cik Husin, SE dan Ena Makalalag serta saudara penulis Nadiyah Salsabila, SE., Tsarwah Az Zahra, S. Kg dan Afif Dzulfiqar Al-Fajr yang selalu memberikan doa serta dukungan moril dan materiil hingga penulis dapat memperoleh gelar Sarjana.

Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi teman mahasiswa, pihak-pihak di lokasi penulis melaksanakan penelitian, masyarakat umum, dan berbagai pihak yang lain serta khususnya bagi penulis.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Balikpapan, 26 Juli 1997 sebagai putri kedua dari 4 bersaudara dari Bapak Yang cik Husin, SE dan Ibu Ena Makalalag.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 026 Balikpapan Selatan pada tahun 2003 hingga 2009, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 7 Balikpapan Kota pada tahun 2009 hingga 2012. Pada tahun 2012 hingga 2015 penulis melanjutkan studi di SMA Negeri 5 Balikpapan Selatan. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Strata-1 Progam Studi Agoekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur dengan minat Manajemen Sumberdaya Lahan melalui jalur SPMK.

Selama mejadi mahasiswa penulis pernah aktif sebagai Badan Pengurus Organisasi Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah FP-UB pada tahun 2018 pada Departemen Kerumatanggan dan Logistik sebagai anggota Divisi Kerumahtanggan. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti beberapa kepanitiaan seperti TEWARTA (Temu Warga Tanah), GATRAKSI (Galang Mitra dan Kenal Profesi), SLASH (Soil Launch Anniversary of HMIT), WSD (Wolrd Soil Day) pada tahun 2017 hingga 2018. Penulis memiliki pengalaman magang kerja di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (PUSLITKOKA), Jember pada tahun 2018.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ..... **i**
LEMBAR PERSETUJUAN ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**
RINGKASAN ..... **v**
SUMMARY ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
UCAPAN TERIMA KASIH ..... **viii**
RIWAYAT HIDUP ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiii**
I. PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Pertanyaan Penelitian 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Hipotesis 3
1.5 Manfaat 3
II. TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1 Penyebab Terjadinya dan Macam Longsoran 4
2.2 Peran Akar Pohon dalam Mengurangi Longsor 6
2.3 Kekuatan Akar: Ukuran dan Kualitas Akar 7
2.4 Agroforestri untuk Mengurangi Tanah Longsor 8
III. BAHAN DAN METODE **9**
3.1 Waktu dan Tempat 9
3.2 Alat dan Bahan 9
3.3 Metode Penelitian 9
3.4 Pelaksanaan Penelitian 10
3.5 Analisis Data 14
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN **15**
4.1 Karakteristik Lahan 15
4.2 Karakteristik Pohon 18
4.3 Pembahasan 24
V. KESIMPULAN DAN SARAN **28**
5.1 Kesimpulan 28
5.2 Saran 28
DAFTAR PUSTAKA **29**
LAMPIRAN **32**

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR GAMBAR

No. Halaman

Teks

1. Jenis-jenis tanah longsor 6
2. Skematis cara menentukan ketinggian pengukuran DBH batang pohon 11
3. Skematis sebaran akar Horizontal (H) dan akar Vertikal (V) 12
4. Data rata-rata curah hujan 5 tahun terakhir (2014-2018) 15
5. Rata-rata nilai ICA dan IJA pada semua jenis pohon 20
6. Rata-rata Lrv pada berbagai kedalaman tanah 21
7. Rata-rata Drv pada berbagai kedalaman tanah 22
8. Rata-rata Specrol pada berbagai kedalaman tanah 23
9. Klasifikasi potensi akar berdasarkan nilai ICA dan IJA 25
10. Biplot ICA IJA dengan sifat fisika tanah dan kualitas akar 27

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR TABEL

No. Halaman

Teks

1. Jenis-jenis pohon yang terdapat dilokasi pengamatan 9
2. Variabel yang diamati 10
3. Karakteristik fisika tanah pada masing-masing lokasi pengamatan 16
4 . Kandungan C-organik, N-total, pH tanah disekitar pohon yang diamati..... 18
5. Jenis pohon yang terdapat disepanjang jalur survei dan manfaatnya 19
6. Kualitas akar pada masing-masing tanaman 23

DAFTAR LAMPIRAN

No. Halaman

Teks

1. Data rata-rata curah hujan 2014-2018 32
2. Analisis sifat fisika tanah 33
3. Analisis sifat kimia dan biologi tanah 34
4. Data indeks cengkeram akar dan indeks jangkar akar 35
5. Data Lrv, Drv dan Specrol Akar 36
6. Dokumentasi penelitian 37

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada musim penghujan, umumnya air sungai berwarna coklat pekat seperti lumpur sebagai akibat kandungan sedimen yang meningkat sehingga berdampak pada pendangkalan sungai dan meningkatkan potensi terjadi banjir. Kondisi tersebut sangat merugikan berbagai kalangan masyarakat baik yang tinggal di pedesaan maupun di perkotaan, terutama berkenaan dengan meluasnya lahan pertanian terdegradasi, penyediaan air bersih, dan umur pakai waduk yang semakin pendek. Sedimen tanah yang masuk ke aliran sungai berasal dari banyak sumber, dapat berasal dari tanah pertanian yang tererosi, dari longsoran dinding tebing sungai, dari penggalian pasir di tebing-tebing sungai ataupun dari erosi jalan setapak di area pemukiman.

Longsor dapat terjadi karena satu atau beberapa faktor, antara lain secara geologi, morfologi, fisik dan kegiatan manusia (Schuster dan Wieczorek, 2002), sedangkan menurut Muntohar (2015), longsor dapat dipicu oleh faktor-faktor seperti kemiringan lereng, bentuk lereng, panjang lereng, tekstur, struktur, konsistensi, kekerasan batuan, kerapatan tutupan lahan dan jenis tutupan lahan. Upaya mengurangi resiko terjadinya longsor, dapat dilakukan dengan meningkatkan stabilitas tebing sungai/lahan dengan jalan menanam aneka pohon bernilai ekonomi dan konservasi yang tinggi (Hairiah *et al*., 2006).

Pohon mempunyai peran penting untuk menjaga kestabilan lereng secara hidrologis dan mekanis. Faktor hidrologis meliputi intersepsi hujan dan transpirasi sedangkan secara mekanis berasal dari sistem perakaran dengan tanah (Styczen dan Morgan, 1995). Abe dan Ziemer (1991), menyatakan bahwa akar pohon dapat mengurangi longsor melalui 2 mekanisme yaitu: (1) mencengkeram tanah di lapisan permukaan tanah (kedalaman 0-5 cm), sehingga dapat menghambat hanyutnya partikel tanah oleh limpasan permukaan; namun bila akar mudah putus maka peran akar di permukaanpun akan berkurang; (2) menopang tegaknya batang sehingga menghambat terjadinya longsor.

Setiap jenis tanaman akan mempunyai perbedaan distribusi perakaran. Tanaman dengan akar dangkal menunjukkan penurunan drastis terhadap jumlah massa, panjang dan kepadatan akar dengan bertambahnya kedalaman tanah

(Akinnifesi, *et al.*, 2004) sehingga diperlukan juga pohon dengan akar yang menyebar cukup dalam dan kuat (berdiameter besar) agar dapat berfungsi sebagai jangkar *(anchor)*. Hal tersebut memungkinkan pohon tidak tumbang oleh dorongan massa tanah yang bergerak ke bawah.

Kekuatan akar untuk menahan dorongan massa tanah dapat dipengaruhi oleh ukuran diameter akar dan kualitas akar. Menurut O'Loughlin dan Ziemer (2001), akar pohon dengan diameter akar >20 mm sangat penting untuk meningkatkan stabilitas tebing. Kualitas akar dapat ditunjukkan oleh konsentrasi lignin, selulosa dan polifenol menentukan kekuatan akar. Semakin tinggi kandungan ketiga substansi tersebut meningkatkan kekuatan akar pohon (Chen, Harmon dan Griffiths., 1999). Rasio C/N akar juga dapat menunjukkan kualitas akar dimana jika nilai C/N <25 maka dapat dikategorikan bahan organik kualitas tinggi. Hal tersebut dapat menyebabkan akar menjadi mudah putus (Hairiah *et al.*, 2000).

Lahan di wilayah UB Forest umumnya ditanami pohon penghasil kayu (pinus dan mahoni) yang dikombinasi dengan tanaman perkebunan (kopi) serta beberapa tanaman semusim seperti talas, cabai dan sayuran. Selain itu, terdapat pepohonan lain seperti waru, mindi, alpukat, suren, dadap, petai, gamal dan lamtoro. Agroforestri berbasis kopi yang telah diterapkan dan dikembangkan oleh petani di wilayah tersebut berpotensi besar dalam upaya konservasi lahan, air dan biodiversitas, penambahan cadangan karbon, menekan hama dan penyakit serta meningkatkan pendapatan petani (Supriadi dan Pranowo, 2015).

Susunan kanopi yang cukup kompleks di UB Forest, menghasilkan lapisan seresah yang cukup tebal dan kedalaman akar yang beragam. Pada saat musim hujan kondisi tanah mudah jenuh, pori tanah mudah hancur dan agregasi tanah akan sangat lemah sehingga ketahanan geser tanah akan menurun dan memicu terjadinya longsor (Abe dan Ziemer, 1991), terutama pada lahan-lahan dengan kemiringan lereng yang terjal. Perubahan jenis pohon yang ditanam dan manajemen pohon yang beragam pada lahan-lahan pertanian di UB Forest akan berakibat jaringan perakaran dalam tanah juga berubah, sehingga kekuatan menahan tebing sungai juga berubah. Namun demikian, informasi distribusi perakaran khususnya pada tanaman bernilai ekonomi tinggi dan berpotensi untuk penguat tebing masih sangat terbatas, untuk itu evaluasi akar dari jenis-jenis pohon yang ada perlu dilakukan.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut di atas, maka dapat diajukan dua pertanyaan penelitian untuk kondisi lahan berlereng di UB Forest sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik akar berbagai jenis pohon yang di tanam di tempat-tempat berlereng terjal?
2. Bagaimana potensi akar-akar pohon tersebut dalam mengurangi resiko longsor?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini, yaitu

1. Mengevaluasi nilai Indeks Cengkeram Akar dan Indeks Jangkar Akar beberapa pohon yang tumbuh di tempat-tempat berlereng di wilayah UB Forest.
2. Mempelajari sebaran akar berbagai jenis pohon yang tumbuh di tempat-tempat berlereng di wilayah UB Forest.

1.4 Hipotesis

1. Semakin tinggi nilai Indeks Jangkar Akar maka semakin rendah Indeks Cengkeram Akar.
2. Pohon yang berperakaran dalam tidak berhubungan dengan kerapatan akar di lapisan atas.

1.5 Manfaat

Hasil penelitian ini akan memberikan informasi yang bermanfaat bagi masyarakat sekitar UB Forest dalam menentukan pilihan jenis pohon yang cocok untuk ditanam di tempat-tempat berlereng, guna mengurangi resiko terjadinya longsor.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyebab Terjadinya dan Macam Longsoran

Tanah longsor (gerakan tanah) didefinisikan sebagai massa tanah atau dalam bentuk material campuran yang bergerak sepanjang lereng atau keluar lereng karena faktor gravitasi bumi (Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2005). Gerakan massa tanah atau tanah longsor merupakan bencana alam yang sering terjadi di daerah perbukitan dengan iklim tropis khususnya pulau Jawa (Soemarno, Wulansari dan Priyono (2009). Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya tanah longsor. Menurut Soemarno *et. al.*, (2009) tanah longsor dapat terjadi disebabkan oleh faktor-faktor berikut:

1. Intensitas hujan yang tinggi

   Penguapan air dari permukaan tanah dalam jumlah besar pada saat musim kering dapat mengakibatkan munculnya rongga tanah. Rongga tanah tersebut dapat menjadi retakan hingga mengakibatkan merekahnya permukaan tanah. Pada saat terjadi musim hujan dengan intensitas tinggi, air akan masuk melalui celah dari tanah yang merekah dan terakumulasi dibagian dasar lereng, sehingga tanah menjadi jenuh air. Hal tersebut dapat mengakibatkan gerakan lateral. Namun, bila terdapat pepohonan yang tumbuh di permukaan tanah maka tanah longsor dapat dicegah karena pepohonan mampu menyerap air yang ada. Selain itu, akar pepohonan juga mampu mengikat tanah.

2. Kemiringan lereng

   Gaya dorong massa tanah akan semakin besar ketika lereng atau tebing mempunyai kemiringan yang terjal. Lereng terjal dapat terbentuk dari pengikisan air sungai, mata air, air laut dan angin. Menurut Chasanah (2011), tanah dengan kemiringan antara 25° sampai 40° memiliki potensi longsor yang lebih tinggi.

3. Penggunaan lahan

   Pada daerah persawahan, perladangan serta daerah berlereng yang digenangi air mudah terjadi longsor. Tanaman yang tumbuh di lahan sawah memiliki akar yang kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan mengakibatkan tanah menjadi lembek sehingga mudah terjadi longsor. Pada daerah perladangan biasanya

terjadi longsor karena akar pohon yang tidak mampu menembus bidang longsoran yang lebih dalam.

4. Getaran

Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan akibat lalu lintas kendaraan. Dampak yang ditimbulkan adalah tanah, badan jalan, lantai, dinding rumah atau bangunan lain menjadi retak. Tanah-tanah yang retak tersebut yang akan mudah terkikis air ketika hujan dan menyebabkan terjadinya longsor (Chasanah, 2011).

5. Aktivitas manusia

Penebangan pohon secara sembarangan, pembangunan didaearah berlereng (jalan, rel kereta dan bangunan) yang dapat meningkatkan beban pada kawasan perbukitan serta penambangan pasir dan batuan merupakan contoh aktivitas manusia yang dapat mengganggu kestabilan lereng.

Bentuk tanah dan penyebab longsor dapat menimbulkan berbagai jenis bentuk longsoran. Berikut berbagai jenis longsoran yang dapat terjadi di lereng secara alami (Chasanah, 2011).

1. Longsor translasi

Longsoran ini dapat terjadi ketika massa tanah dan batuan bergerak pada bidang gelincir yang berbentuk rata maupun bergelombang (Gambar 1a).

2. Longsor rotasi

Longsoran yang disebabkan kemiringan dari permukaan tanah. Longsoran ini terjadi saat batuan dan massa tanah pada bidang gelincir yang berbentuk cekung bergerak (Gambar 1b).

3. Longsor pergerakan blok

Longsoran pergerakan blok terjadi pada daerah lereng yang berbentuk rata sehingga mengakibatkan perpindahan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini juga disebut longsoran translasi blok batu (Gambar 1c).

4. Longsor runtuhan batu

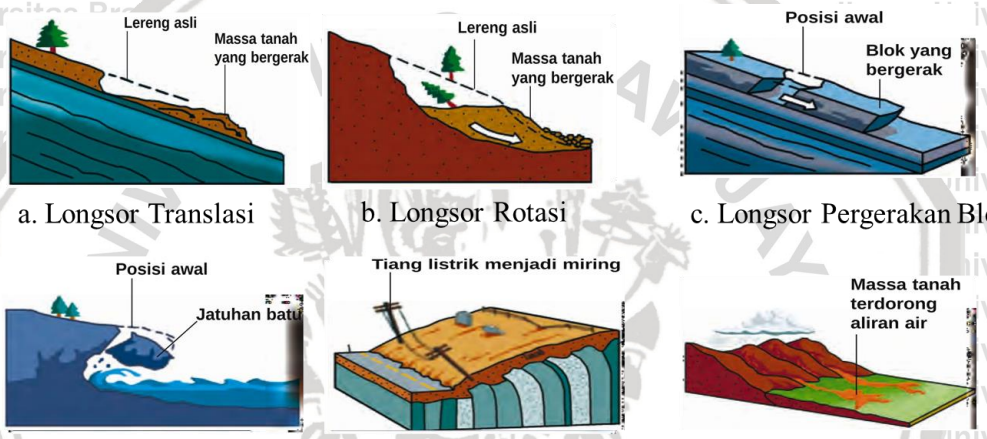
Longsor biasa terjadi di lereng terjal dan menggantung didaerah pantai. Longsor ini terjadi ketika sejumlah besar material atau batian bergerak jatuh kebawah secara bebas (Gambar 1d).

5. Longsor rayapan tanah

Longsor jenis ini selit dikenali karena bergerak lambat. Biasanya ditandai dengan tiang-tiang listrik atau rumah yang terletak pada daerah lereng bukit menjadi miring kebawah (Gambar 1e).

6. Longsor aliran bahan rombakan

Longsoran ini terjadi ketika massa tanah bergerak karena terdorong oleh aliran air. Kemiringan lereng, jenis material dan volume serta tekanan air dapat mempengaruhi kecepatan aliran longsor jenis ini dan biasanya mampu bergerak hingga ratusan meter dan dapat menelan korban jiwa. Longsoran ini dapat terjadi didaerah aliran sungau disekitar gunung berapi (Gambar 1f).



a. Longsor Translasi b. Longsor Rotasi c. Longsor Pergerakan Blok

d. Longsor Runtuhan Batu e. Longsor Rayapan Tanah f. Longsor Aliran Bahan Rombakan

Gambar 1. Jenis-jenis tanah longsor

2.2 Peran Akar Pohon dalam Mengurangi Longsor: Jangkar dan Cengkeram Akar

Penanaman tanaman dilereng yang curam merupakan cara mekanis dan hidrologis untuk dapat mengurangi tanah longsor pada lereng yang curam. Struktur dan komposisi vegetasi yang beragam diharapkan dapat membantu mengendalikan longsor yang terjadi di lahan. Peran vegetasi tersebut antara lain terhadap intersepsi, evapotranspirasi, infiltrasi, lengas tanah dan lain sebagainya.

Peran pertama vegetasi dimulai dari tajuk pohon yang mampu mengurangi jumlah air hujan yang sampai ke permukaan tanah sehingga dapat mengurangi air yang terinfiltrasi dan pemenuhan lengas tanah. Peran kedua adalah evapotrasnpirasi. Pada wilayah dengan intensitas hujan yang tinggi, proses

evapotranspirasi mampu mengurangi kejenuhan tanah sehingga dapat meminimalisir kejadian longsor dangkal. Peran ketiga adalah morfologi akar. Setiap vegetasi memiliki ciri khas sistem perakaran. Vegetasi dengan jenis akar yang dalam serta memiliki akar serabut yang banyak sangat baik untuk lahan-lahan miring. Tingginya jumlah akar serabut dapat meningkatkan daya cengkeram tanah oleh akar sehingga dapat meningkatkan ketahanan geser tanah (Riyanto, 2016).

Akar pepohonan berperan penting dalam menjaga kestabilan daerah yang berlereng terjal. Ragam karakteristik akar pepohonan yang ditanam pada daerah berlereng terjal akan berfungsi untuk mencegah terjadinya longsor dengan cara mecengkeram tanah pada lapisan permukaan dengan kedalaman sekitar 0-5 cm. Akar yang mencengkeram tanah pada lapisan permukaan adalah akar pohon yang menyebar secara horizontal sedangkan akar vertikal dapat menopang tegaknya batang sehingga tidak mudah tumbang oleh gaya dorongan massa tanah (Abe dan Ziemer, 1991).

2.3 Kekuatan Akar: Ukuran dan Kualitas Akar

Fungsi perakaran pohon juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, sebaran, kerapatan, diameter, berat jenis dan kekuatan akar (kandungan lignin, selulosa dan polifenol). Kandungan lignin, selulosa dan polifenol yang tinggi dapat meningkatkan kekuatan akar pohon (Chen *et al.*, 1999). Kekuatan akar berperan penting untuk menjaga stabilitas tebing.

Kekuatan akar dalam menjaga stabilitas tebing tergantung pada mudah putusnya akar, pola percabangan, panjang akar, distribusi dan sifat tanah. Akar menyebar secara luas dengan diameter besar baik secara vertikal maupun horizontal dapat meningkatkan stabilitas tebing dan menahan dorongan massa tanah saat longsor (Wati, 2007).

Lignin adalah senyawa polimer pada jaringan tanaman berkayu, yang mengisi rongga antar sel tanaman, sehingga menyebabkan jaringan tanaman menjadi keras (Atmojo, 2003). Kandungan lignin pada tanaman berkayu berkisar antara 20-40% yang dapat membantu tanaman untuk berdiri kokoh dan tegak. Hal tersebut terjadi karena jaringan polimer fenolik tiga dimensi merekatkan serat selulosa sehingga bagian tamanan menjadi kaku (Saleh, Pakpahan dan Angelina, 2009). Jika kandungan N (>2,5%), konsentrasi lignin (<20%), polifenol (≤2%) dan rasio C/N

(<20), bahan organik yang dapat dikategorikan sebagai bahan organik berkualitas tinggi. Kualitas bahan organik yang tinggi dapat menyebabkan akar mudah putus. Sebaliknya, semakin rendah kualitas bahan organik perakaran maka kekuatan akar semakin tinggi karena tidak mudah putus (Hairiah *et al.*,2000). Tidak hanya lignin, polifenol dan rasio C/N, namun kalsium (Ca) juga berpengaruh terhadap kualitas akar. Campbell, Reece dan Mitchell (2003) melaporkan bahwa, kegunaan kalsium bagi tumbuhan adalah berperan dalam pembentukkan dan stabilitas dinding sel dan dalam pemeliharaan struktur dan permeabilitas membran.

2.4 Agroforestri untuk Mengurangi Tanah Longsor

Sistem agroforestri memiliki kelebihan dalam mencegah terjadinya tanah longsor karena terdapat berbagai macam vegetasi yang tumbuh dalam sistem tersebut. Vegetasi yang tumbuh diatasnya memiliki susunan kanopi serta kedalaman akar yang beragam. Kondisi fisik agroforestri tersebut dapat menciptakan layanan lingkungan untuk mengurangi terjadinya limpasan permukaan dan erosi. Widianto, Suprayogo dan Lestari (2007), menyatakan bahwa hasil pengukuran limpasan permukaan dan erosi di daerah bergunung Sumberjaya (Lampung Barat) pada lahan hutan alami lebih rendah 3 kali dibandingkan agroforestri berbasis kopi, namun pada kopi monokultur memiliki nilai limpasan permukaan dan erosi lebih tinggi 4-5 kali dibandingkan dengan hutan alami.

Agroforestri berbasis kopi memiliki tajuk pepohonan yang bertingkat dan sistem perakaran yang beragam serta adanya penutup tanah berupa rerumputan sangat penting untuk menjaga tebing stabilitas tebing dan mencegah terjadinya tanah longsor (Michon *et al.*, 2000 dalam Rendra *et al.*, 2016). Pohon kopi memiliki akar tunggang untuk menopang tegaknya tanaman (Subandi, 2011) sehingga berpotensi sebagai penguat tebing karena akar kopi memiliki jangkar yang dalam sehingga dapat menopang pohon agar tidak mudah tumbang oleh gaya dorong massa tanah. Tidak hanya pohon kopi, keragaman umur dan jenis pohon penaung (seperti durian, petai dan sukun pohon) pada sistem agroforestri berbasis kopi juga membantu untuk mengurangi potensi tanah longsor (Hairiah, Suprayogo dan Widianto, 2008).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Juli 2019, di Hutan Pendidikan Universitas Brawijaya (UB Forest) dengan sistem agroforestri berbasis kopi. Pengamatan dilakukan di tempat yang berlereng yaitu di Dusun Sumberwangi dan Dusun Tumpangrejo (Buntoro), Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Analisis laboratorium dilakukan di laboratorium biologi, fisika dan kimia, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian antara lain, alat tulis, jangka sorong, busur, klinometer, *ring sample*, kamera digital dan alat untuk analisis laboratorium. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berbagai jenis pohon yang terdapat dalam jalur pengamatan, contoh tanah dan bahan untuk analisis laboratorium. Selain itu, untuk pengolahan data menggunakan *Software Genstat Edition 18th* dan *Software Microsoft Office*.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan survei lapangan pada beberapa lahan berlereng di UB *Forest*. Sumber keragaman berupa jenis pohon, umur pohon (berkisar 4-10 tahun) dan lereng dengan rentang 26-28° disekitar jalur pengamatan, berbagai jenis pohon yang ditemukan disepanjang jalur pengamatan (Tabel 1).

Tabel 1. Jenis-jenis pohon yang terdapat dilokasi pengamatan

No.	Spesies	Nama latin	Umur (tahun)
1	Kopi robusta	*Coffea canephora*	4
2	Kopi arabika	*Coffea arabica*	4
3	Lamtoro	*Leucaena leucocephala*	5
4	Dadap	*Erythrina subumbrans*	5
5	Gamal	*Gliricidia sepium*	6
6	Alpukat	*Persea americana*	6
7	Petai	*Parkia speciosa*	8
8	Waru	*Hibiscus tiliaceus*	8
9	Suren	*Toona ciliata*	8

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3.3.2 Parameter pengamatan

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi nilai karakteristik wilayah dan tanah didaerah penelitian, karakteristik pohon dan akar yang diamari serta informasi manajemen pohon yang dilakukan oleh petani. Metode pengukuran parameter disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Parameter yang diamati

Aspek	Parameter	Metode
Karakteristik wilayah	- Curah hujan	
Karakteristik tanah	- Tekstur tanah	Pipet
	- Berat jenis tanah	Piknometer
	- Berat isi tanah	Silinder
	- pH tanah	pH meter
	- Total C-organik	Walkey and Black
Karakteristik Akar	- Lignin akar	Goering and Van Soest
	- Polifenol akar	Folin Denis
	- C-Organik akar	Walkey and Black
	- N Total akar	Kjeldahl
	- Ca akar	Penetapan basa dari filtrat KTK
	- Diameter akar horizontal	Jangka sorong
	- Diameter akar vertikal	Jangka sorong
	- Lrv dan Drv	Intersepsi garis
Karakteristik Pohon	- Diameter batang (DBH)	Pita ukur
Informasi manajemen pohon	- Pemupukan (jenis dan dosis)	Wawancara
	- Pemangkasan (ada tidaknya pemangkasan, intensitas pemangkasan? Berapa tinggi pemangkasan dari permukaan tanah?	

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Tahap awal yang dilakukan adalah survei pada beberapa titik dengan lereng terjal yang berpotensi longsor di UB *Forest*. Berdasarkan hasil survei terdapat 4 lereng berbeda yang dapat digunakan sebagai lokasi penelitian, daerah yang berpotensi longsor memiliki kemiringan sekitar 26° - 28°.

3.4.1 Pemilihan contoh pohon

a. Kriteria pohon

Pohon yang digunakan sebagai contoh penelitian dicatat dan diklasifikasikan berdasarkan manfaatnya. Beberapa kriteria pohon yang diamati sistem perakarannya adalah (a) diusahakan pohon yang memiliki nilai ekonomi tinggi, (b) berumur sekitar 4-10 tahun, (c) letaknya dipinggir tebing yang terjal, terutama pohon yang sistem perakarannya telah nampak

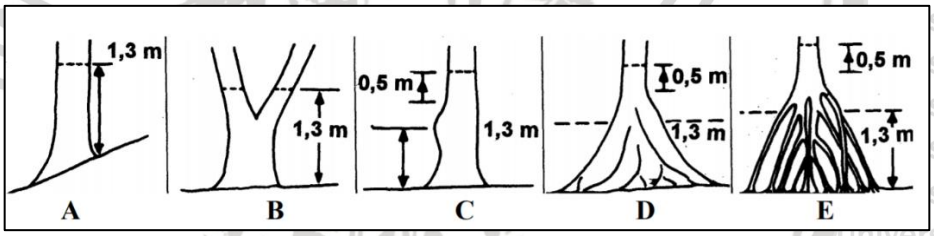
dipermukaan profil tanah (akibat erosi), sehingga perusakan tanah milik petani dapat diminimalkan. Pengukuran pada masing-masing jenis pohon diulang sebanyak 10 kali.

b. Diameter Batang (DBH)

Perhitungan DBH (*Diameter at Breast Height*) dilakukan pada semua tanaman contoh pada jalur pengamatan. Diameter batang pohon dihitung pada jarak 1,3 m dari permukaan tanah dan dilakukan pada pohon berdiameter > 5 cm hingga 30 cm. Lilitkan pita pengukur pada batang pohon, dengan posisi pita harus sejajar untuk semua arah, sehingga data yang diperoleh adalah lingkar/lilit batang (keliling batang = 2 π r) bukan diameter. Selanjutnya lakukan perhitungan diameter dengan rumus:

$$\textbf{DBH} = \frac{\textit{keliling batang}}{\pi} \textbf{ atau } \frac{\textit{keliling batang}}{3{,}14}$$

Pada batang pohon bergelombang atau bercabang rendah maka dapat dilakukan pengukuran dengan cara berikut.

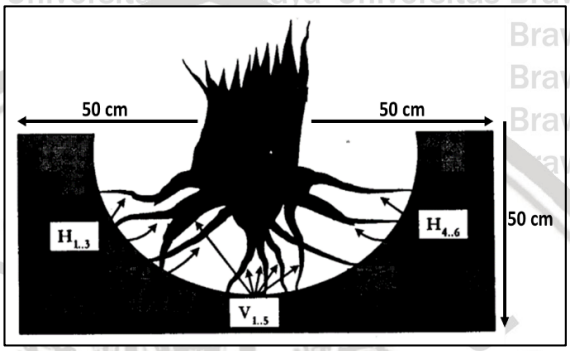


A. Pohon pada lahan berlereng, letakkan ujung tongkat 1.3 m pada lereng bagian atas.
B. Pohon bercabang sebelum ketinggian 1,3 m, maka ukurlah dbh semua cabang yang ada.
C. Bila pada ketinggian 1,3 m terdapat benjolan, maka lakukanlah pengukuran dbh pada 0,5 m setelah benjolan.
D. Bila pada ketinggian 1,3 m terdapat banir (batas akar papan) maka lakukan pengukuran dbh pada 0,5 m setelah banir
E. Bila pada ketinggian 1,3 terdapat akar-akar tunjang, maka lakukan pengukuran pada 0,5 m setelah perakaran.

Gambar 2. Skematis cara menentukan ketinggian pengukuran DBH batang pohon yang tidak beraturan bentuknya (Weyerhaeuser dan Tennigkeit, 2000)

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

Tanaman contoh yang ada dijalur pengamatan masing-masing digali pada daerah perakarannya serta diamati dan diukur dimensinya sesuai parameter yang digunakan. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah karakteristik perakaran yang terdiri dari Indeks Jangkar Akar (IJA) dan Indeks Cengkeram Akar (ICA).



Gambar 3. Skematis sebaran akar Horizontal (H) dan akar Vertikal (V) (Hairiah *et al.*, 1999)

Setiap contoh tanaman diukur diameter akar horizontal (untuk menghitung ICA), akar vertikal (untuk IJA) dan diameter batang. Suatu akar diklasifikasikan sebagai akar horizontal apabila sudut antara akar dan bidang horizontal kurang dari atau sama dengan 45°, sedangkan apabila lebih dari 45° diklasifikasikan sebagai akar vertikal. Adapun formula yang digunakan untuk menghitung ICA dan IJA adalah:

$$IJA : \frac{\sum dv^2}{\sum db^2} \text{ dan } ICA : \frac{\sum dh^2}{\sum db^2}$$

IJA : Indeks Jangkar Akar

ICA : Indeks Cengkram Akar

dv : Diameter akar vertikal

dh : Diameter akar horizontal

db : Diameter batang

3.4.2 Lrv (*Root Lenght per volume*) dan Drv (*Dry root per volume*)

Pengukuran diameter akar dilakukan pada 3 jenis pohon yang ada di UB Forest dan diulang sebanyak 3 kali. Pohon yang diamati adalah pohon yang memiliki nilai ICA dan IJA tertinggi. Metode pengamatan sebaran

perakaran yang digunakan adalah metode penggalian tanah (*profile root trenching*). Lubang profil tanah digali dengan ukuran 50 x 50 x 10 cm. Contoh tanah dan akar di sepanjang dinding profil dipotong-potong dengan ukuran 10 x 10 x 10 cm sehingga diperoleh beberapa potong contoh tanah. Contoh tanah dan akar dipisahkan dengan jalan pengayakan basah, menggunakan 2 lapisan ayakan berukuran lubang 2 mm dan 250 µm. Contoh akar yang diperoleh ditentukan total panjang akar (Lrv, cm cm^{-3}) berdasarkan metoda intersepsi garis dari Tennant dan berat keringnya (Drv, g cm^{-3}). Total panjang akar ditetapkan dengan metode intersepsi garis. Contoh akar selanjutnya dioven pada suhu 80° C selama ± 48 jam, dan ditimbang berat keringnya.

$$Lrv = \frac{\pi\langle(H+V)D\rangle}{4}$$

π = 3,14

Lrv = Total panjang akar (cm.cm³)

H = Jumlah perpotongan akar horizontal

V = Jumlah perpotongan akar vertikal

D = Ukuran grafik yang dipakai

3.4.3 Pengambilan Contoh Tanah dan Analisa Laboratorium

a. Pengambilan contoh tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan dua metode, yaitu contoh tanah komposit dan contoh tanah utuh. Contoh tanah komposit digunakan untuk analisa tekstur, sedangkan contoh tanah utuh digunakan untuk analisa berat isi (BI), berat jenis (BJ), C-organik tanah, N-total tanah dan pH. Pengambilan contoh tanah utuh dilakukan dengan menggunakan box besi berukuran 20 x 20 x 10 cm.

3.4.4 Analisis Laboratorium

a. Analisis Fisika

Analisis fisika tanah yang dilakukan, yaitu tekstur tanah, BI/BI_{ref}, berat jenis dan porositas tanah.

b. Analisis Kimia

Analisis kimia tanah yang dilakukan, yaitu C-organik/C_{ref}, N total dan pH tanah. Selain itu, dilakukan analisis yaitu C-organik, N total pada setiap jenis akar pohon.

c. Analisis Biologi

Analisis biologi yang dilakukan untuk mendukung data penelitian yaitu kadar polifenol dan lignin pada setiap jenis akar pohon.

3.5 Analisis Data

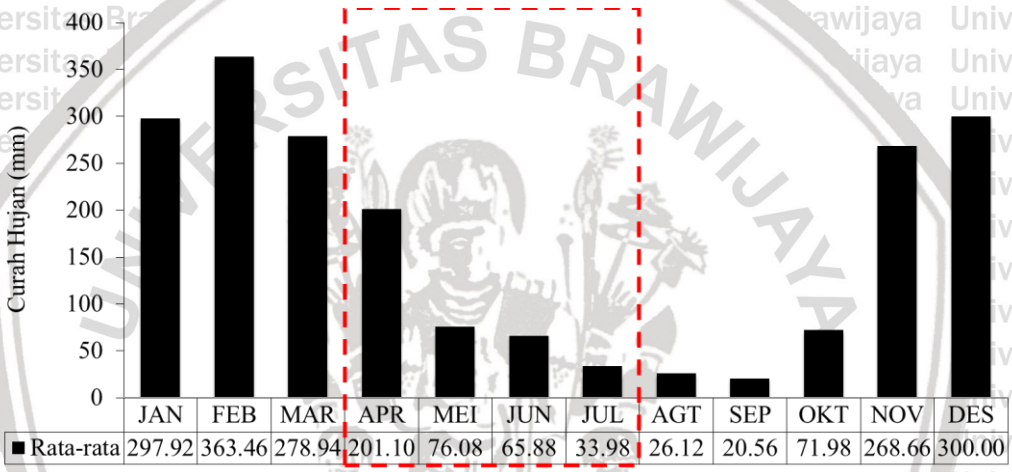
Tabulasi data yang diperoleh dilakukan menggunakan software Microsoft Office Excel. Guna mengetahui keeratan hubungan antara parameter IJA dan ICA dengan beberapa faktor (tekstur, total C-organik, DBH, manajemen pohon) maka dilakukan analisis Biplot menggunakan program pengolah data *GenStat Edition 18th* untuk mengetahui korelasi antar-variabel yang diamati. Bila ada data yang berhubungan erat dengan IJA dan ICA, maka dilanjutkan dengan analisis regresi ($p<0.05$).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Lahan

4.1.1 Kondisi Iklim

Curah hujan merupakan salah satu faktor penting dalam bidang pertanian. Curah hujan yang tinggi pada lahan yang cenderung terbuka dapat meningkatkan potensi terjadinya longsor. Berdasarkan data rata-rata curah hujan selama 5 tahun terakhir, iklim di UB *Forest* menurut Schmidt dan Ferguson termasuk dalam kategori C (agak basah) karena memiliki 3 bulan kering (instensitas hujan <60 mm bulan^{-1}) dan 9 bulan basah (intensitas hujan >100 mm bulan^{-1}).



Gambar 4. Data rata-rata curah hujan 5 tahun terakhir (2014-2018)
(Sumber: bmkg.go.id)

4.1.2 Karakteristik Fisikokimia Tanah

a. Fisika Tanah

Sifat fisika tanah merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman karena menentukan penetrasi akar (Holilullah, 2015). Kondisi tanah yang gembur dapat membantu perkembangan akar tanaman untuk dapat mencari air dan unsur hara. Sifat fisika tanah yang diamati meliputi tekstur tanah, berat isi (BI), berat jenis (BJ) dan porositas tanah (Tabel 3).

Tabel 3. Karakteristik fisika tanah pada masing-masing lokasi pengamatan

Lokasi	Pohon	Kedalaman (cm)	Berat Isi (g cm^{-1})	Berat Jenis (g cm^{-1})	Porositas (%)	%Pasir	%Debu	%Liat
Tumpangrejo	Kopi arabika	0-10	1,05	2,18	52			
		10-20	1,04	2,10	50	14	58	29
		20-30	1,01	2,14	53			
	Kopi robusta	0-10	1,05	2,18	52			
		10-20	1,04	2,10	50	14	58	29
		20-30	1,01	2,14	53			
	Lamtoro	0-10	1,05	2,26	53			
		10-20	1,20	2,28	47	15	55	30
		20-30	1,05	2,13	51			
	Dadap	0-10	1,05	2,26	53			
		10-20	1,20	2,28	47	16	53	31
		20-30	1,05	2,13	51			
	Suren	0-10	0,97	2,10	54			
		10-20	0,99	2,07	52	16	52	32
		20-30	1,00	2,18	54			
	Alpukat	0-10	0,97	2,10	54			
		10-20	0,99	2,07	52	16	52	32
		20-30	1,00	2,18	54			
	Waru	0-10	0,97	2,10	54			
		10-20	0,99	2,07	52	15	53	32
		20-30	1,00	2,18	54			
	Petai	0-10	0,97	2,10	54			
		10-20	0,99	2,07	52	17	49	34
		20-30	1,00	2,18	54			
Sumberwangi	Gamal	0-10	1,03	2,18	53			
		10-20	0,90	2,41	63	31	43	26
		20-30	1,01	2,09	52			
Average ($\bar{x}$)			1,02	2,16	52,59	17,1	52,6	30,6
STDEV			0,06	0,08	2,83	5,3	4,6	2,4
SEM			0,01	0,02	0,55	1,8	1,5	0,8

Sumber: Hasil analisis laboratorium fisika tanah FP-UB 2019

Tanah di sekitar pohon yang ada disepanjang jalur pengamatan memiliki 2 tekstur yang berbeda. Titik pengamatan di Dusun Sumberwangi memiliki tekstur lempung berliat dengan persentase pasir 31%, debu 43% dan liat 26%. Pada daerah Dusun Tumpangrejo (Buntoro) memiliki tekstur lempung liat berdebu dengan rata-rata pasir 15%, debu 54% dan liat 31%. Menurut Tracy *et al.* (2013), tekstur tanah merupakan karakteristik tanah yang dapat mempengaruhi kemampuan tanah untuk dapat menyimpan dan melepaskan air dan hara serta mempengaruhi pertumbuhan akar. Pada kedua lokasi penelitian rata-rata tekstur tanah berkisar pada kelas lempung, sehingga memiliki komposisi pasir, liat dan debu yang relatif seimbang sehingga tanah mempunyai konsistensi gembur. Tanah yang gembur dapat memudahkan akar untuk penetrasi ke dalam tanah dan mengekstrak air dan hara.

Nilai BI (berat isi) dan BJ (berat jenis) tanah diambil pada 4 titik berbeda yang mewakili setiap tanaman. Titik 1 mewakili tanaman kopi arabika dan kopi robusta, titik 2 mewakili tanaman dadap dan lamtoro, titik 3 mewakili tanaman suren, waru, petai dan alpukat dan titik 4 mewakili tanaman gamal. Contoh tanah untuk BI dan BJ tanah diambil dengan box besi pada 3 kedalaman, yaitu 0-10 cm, 10-20 cm dan 20-30 cm.

Nilai BI tanah dapat menjadi petunjuk kepadatan tanah, semakin padat tanah maka nilai BI semakin tinggi. Nilai BI tanah pada daerah penelitian berkisar antara 0.90-1.20 g cm^{-3} (Tabel 3) yang tergolong rendah hingga sedang (Haryati, 2014). Menurut Sumono, Loka dan Nasution (2018), nilai BI yang rendah dapat dipengaruhi oleh tingginya bahan organik dalam tanah. BI tanah yang cenderung rendah akan memudahkan akar untuk berpenetrasi ke dalam tanah dan mendapatkan air di dalam tanah (Yeboah, *et al*. 2017).

Nilai berat jenis tanah (BJ) adalah berat partikel tanah (kering oven) per satuan volume. Nilai BJ tanah pada daerah penelitian berkisar antara 2,07-2,41 g cm^{-3}. Nilai BJ tanah yang didukung dengan BI dan porositas dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan retensi air tanah dan ketersediaan air dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman (Putinella, 2011). Porositas tanah pada lahan penelitian berkisar antara 47-63 % (Tabel 3). Menurut Sumono *et al.* (2018), tanah yang memiliki porositas tinggi akan memudahkan akar untuk dapat berpenetrasi dan memudahkan sirkulasi air dan udara.

b. Kimia Tanah

Tanah pada daerah penelitian memiliki nilai C-organik yang beragam seperti yang ditampilkan pada Tabel 4. Kandungan C-organik tanah yang tinggi didapati pada tanah disekitar tanaman petai, kopi robusta, dan suren dengan kisaran 4 – 5%, sedangkan pada tanah disekitar tanaman kopi arabika, alpukat, waru, lamtoro, gamal, dan dadap tergolong sangat tinggi dengan kisaran 5,1 – 6,8%. Kandungan C-organik yang tinggi pada masing-masing titik pengamatan dapat dikarenakan tanah yang diambil dalam contoh tanah utuh merupakan zona penumpukan bahan organik baik dari seresah ataupun sumber bahan organik lainnya.

Nilai N-total tanah pada daerah penelitian berkisar antara 0,2 – 0,3 % dengan kategori rendah hingga sedang (Tabel 4). Nilai N-total terendah terdapat pada tanah disekitar tanaman petai. Nilai C/N rasio berkisar antara 18,1 - 22,3 yang termasuk dalam kategori tinggi. Reaksi kemasaman tanah dinyatakan dengan nilai pH. Nilai pH tanah menunjukkan tingginya konsentrasi ion hidrogen dalam tanah. Semakin tinggi kadar ion hidrogen dalam tanah maka nilai pH tanah semakin rendah (masam). Berdasarkan kategori pH dari Pusat Penelitian Tanah (1983), nilai pH yang diperoleh pada daerah penelitian berkisar antara 4,87 – 5.59 yang termasuk kategori masam hingga agak masam.

Tabel 4 . Kandungan C-organik, N-total, pH tanah disekitar pohon yang diamati

Tanaman	Total C-org (%)	Total N-total (%)	C/N	pH
Arabika	5,1	0,2	20,7	5,59
Lamtoro	6,1	0,3	19,4	5,12
Gamal	6,4	0,3	19,4	5,40
Robusta	4,4	0,2	18,0	5,32
Alpukat	5,7	0,3	21,0	4,87
Waru	5,8	0,3	18,6	5,09
Suren	5,0	0,3	19,6	4,95
Petai	4,0	0,2	21,9	5,07
Dadap	6,8	0,3	22,3	5,22
Average ($\bar{x}$)	5,48	0,27	20,10	5,18
STDEV	0,93	0,05	1,46	0,23
SEM	0,31	0,02	0,49	0,08

Sumber: Hasil analisa laboratorium kimia tanah FP-UB 2019

4.2 Karakteristik Pohon

Berdasarkan hasil survei lapangan pada 4 titik penelitian di lahan agroferestri UB *Forest*, terdapat 9 jenis pohon yang umum dijumpai disepanjang jalur survei (Tabel 5). Pohon yang ditanam oleh petani di UB *Forest* umumnya memiliki nilai ekonomi yang dianggap menguntungkan oleh masyarakat. Tanaman yang ditanam

juga bermanfaat buahnya untuk dijual, daunnya sebagai pakan ternak maupun sebagai tanaman penaung untuk kopi. Pohon yang dihitung nilai indeks cengkeram dan indeks jangkar akarnya dipilih dengan rentang umur 4-10 tahun. Pohon dipilih yang belum terlalu tua untuk memudahkan pengamatan distribusi akar. Jika pohon yang diamati terlalu muda, maka akar yang terbentuk masih sedikit dan memiliki batang yang cenderung rapuh sehingga ketika diamati akarnya dapat menyebabkan kematian pada pohon.

Pengukuran DBH (*Diameter at Breast Height*) dilakukan pada semua jenis pohon di 4 lokasi pengamatan. Lokasi penelitian yang berada didaerah yang berlereng, maka diameter batang diukur dari 1,3 m dari permukaan tanah pada lereng bagian atas. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa, nilai diameter batang berkisar antara 0,77 cm hingga 35,35 cm. Perbedaan diameter pohon di UB *Forest* dapat disebabkan oleh perbedaan jenis pohon, umur pohon, kondisi lahan serta manajemen lahan yang dilakukan oleh masyarakat atau petani disekitarnya.

Tabel 5. Jenis pohon yang terdapat disepanjang jalur survei dan manfaatnya

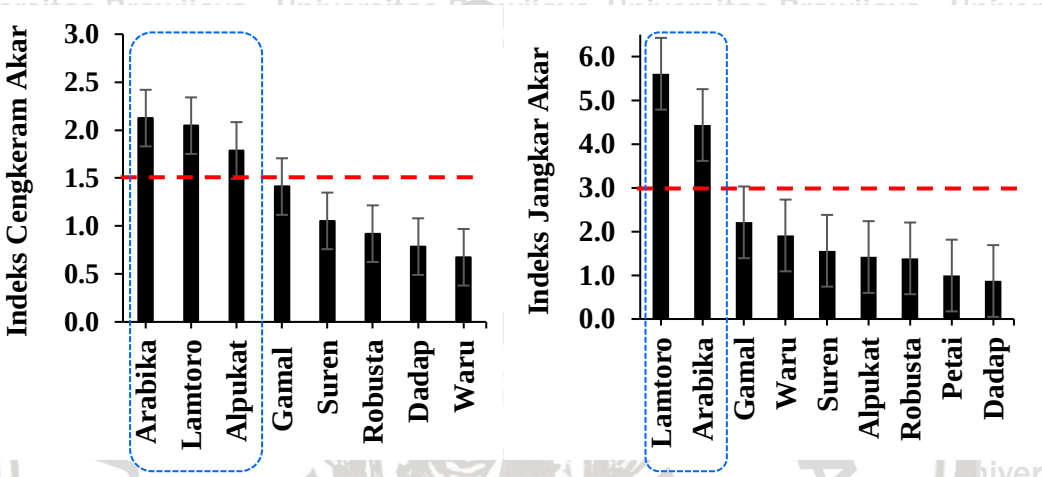
Spesies	Nama latin	$\bar{x}$ DBH (cm)	$\bar{x}$ ICA	$\bar{x}$ IJA	Manfaat
Kopi arabika	*Coffea arabica*	1,50	2,13	4.44	Buah untuk minuman
Lamtoro	*Leucaena leucocephala*	4,22	2,05	5.61	Buah, daun, penaung kopi
Gamal	*Gliricidia sepium*	4,09	1,41	2.21	Daun, penaung kopi
Kopi robusta	*Coffea canephora*	1,43	0,92	1.39	Buah
Alpukat	*Persea americana*	8,63	1,79	1.42	Buah
Waru	*Hibiscus tiliaceus*	17,66	0,67	1.91	Penaung kopi, kayu
Suren	*Toona ciliata*	26,18	1,05	1.56	Penaung kopi, kayu
Petai	*Parkia speciosa*	4,09	0,67	0.99	Buah
Dadap	*Erythrina subumbrans*	7,95	0,79	0.87	Daun, penaung kopi
	Average ($\bar{x}$)	9.63	1,27	2,27	
	STDEV	8.37	0,59	1,64	
	SEM	2.79	0,20	0,55	

4.2.1 Karakteristik Akar

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

Potensi akar pohon sebagai jangkar tanaman dan mencengkeram tanah dapat diestimasi dengan nilai indeks jangkar akar (diameter akar vertikal) dan

nilai indeks cengkeram akar (diameter akar horizontal). Berdasarkan pengamatan pada yang telah dilakukan, rata-rata nilai ICA berkisar antara 0,67 – 2,13. Terdapat 3 tanaman dengan nilai ICA tertinggi yaitu pohon kopi arabika, lamtoro dan alpukat (Gambar 5). Menurut Hardiyatmo (2012), pohon dengan nilai ICA tinggi mempunyai potensi untuk mencengkeram tanah dan mengurangi potensi terjadinya potensi erosi dangkal pada daerah dengan lereng terjal.



Gambar 5. Rata-rata nilai ICA (n= 90, sed= 0,59) dan IJA (n= 90, sed= 0,164) pada semua jenis pohon

Akar vertikal pada pohon yang menjangkar kedalam tanah dapat bekerja sebagai penguat tebing. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan pada 9 pohon, terdapat 2 pohon yang memiliki nilai IJA tertinggi, yaitu lamtoro dan kopi arabika (Gambar 5). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ferera (2009) menunjukkan bahwa, semakin tinggi nilai IJA dan ICA maka kemampuan pohon tersebut untuk menjaga stabilitas tebing semakin tinggi.

Kopi arabika yang ada pada agroforestri di UB *Forest* memiliki nilai indeks jangkar akar yang tinggi dibandingkan dengan kopi robusta. Berdasarkan hasil wawancara diketahui bahwa, kopi arabika diperbanyak secara generatif (biji), sedangkan kopi robusta diperbanyak dengan cara stek. Perbedaan cara perbanyakan dan adanya manajemen pemangkasan dapat mempengaruhi indeks akar. Menurut Masson dan Monteuuis (2017), perbanyakan menggunakan biji akan membentuk akar tunggang (*tap root*) yang kuat dibanding perbanyakan melalui stek. Selain itu, Hairiah *et al.*,

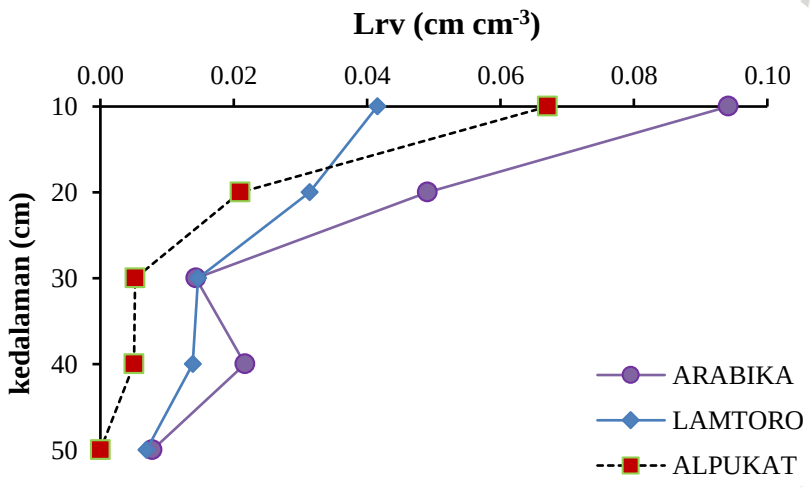
(2006) juga menyatakan bahwa, pohon kopi yang tidak dilakukan pemangkasan memiliki nilai IJA yang tinggi sehingga dapat membantu meningkatkan stabilitas tebing.

b. Distribusi Akar

Distribusi akar tanaman dapat diukur dengan nilai Lrv (*root length per volume*, cm cm^{-3}) dan Drv (*dry root per volume*, g cm^{-3}). Terdapat 3 pohon terbaik yang dipilih berdasarkan tingginya nilai ICA dan IJA serta manfaatnya, yaitu pohon kopi arabika, lamtoro dan alpukat yang diamati untuk mengetahui distribusi akarnya.

Total Panjang Akar (Lrv)

Nilai panjang akar (Lrv) berbeda antar pohon, rata-rata nilai Lrv tertinggi terdapat pada lapisan atas tanah (0-20 cm dari permukaan tanah). Nilai Lrv akan semakin menurun dengan meningkatnya nilai kedalaman tanah. Pada lapisan 0 – 20 cm, rata-rata nilai tertinggi terdapat pada tanaman arabika dengan nilai 0,0941 cm cm^{-3} (Gambar 6). Nilai Lrv pada pohon kopi arabika ini juga didukung dengan tingginya nilai ICA (Tabel 5) yang menggambarkan indeks akar yang berada pada lapisan atas tanah yang dapat mencengkeram tanah.

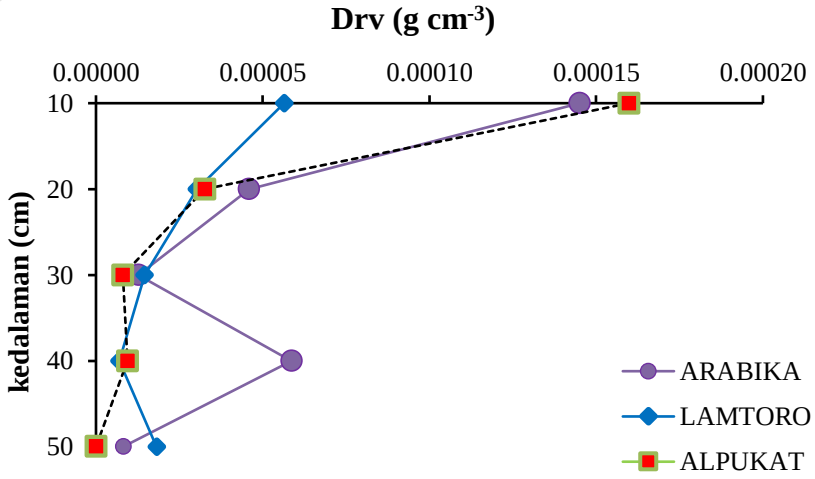


Gambar 6. Rata-rata Lrv pada berbagai kedalaman tanah dibawah pohon kopi arabika, lamtoro dan alpukat

Berat Kering Akar (Drv)

Nilai berat kering akar (Drv) berbeda antar pohon dengan rata-rata nilai tertinggi terdapat pada kedalaman 0-20 cm. Nilai Drv juga semakin menurun

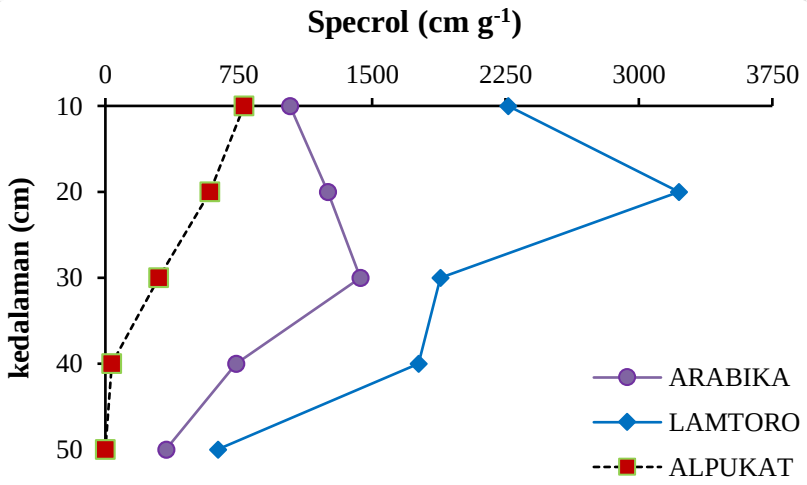
sejalan dengan bertambahnya kedalaman tanah. Hal tersebut karena jumlah akar yang ditemukan semakin kecil dan sedikit. Drv tertinggi terdapat pada lapisan 0-20 cm sebesar 0,00016 g cm^{-3} pada pohon alpukat (Gambar 7). Tingginya nilai Drv pada bagian lapisan atas tanah karena terdapat banyak kandungan air dan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, sehingga pertumbuhan akar tanaman terkonsentrasi pada lapisan atas tanah (Tamod, Kumolontang dan Kaunang, 2016).



Gambar 7. Rata-rata Drv pada berbagai kedalaman tanah dibawah pohon kopi arabika, lamtoro dan alpukat

Ukuran Akar Spesifik (Specrol)

Ukuran akar spesifik (Specrol) didapatkan dari nisbah Lrv dan Drv dan secara tidak langsung dapat menunjukkan ukuran akar dengan satuan cm g^{-1}. Nilai specrol yang tinggi menunjukkan bahwa akar tersebut memiliki ukuran yang kecil dan panjang. Nilai specrol juga semakin menurun dengan meningkatnya kedalaman tanah. Hal tersebut juga terjadi pada pohon kopi arabika pada kedalaman 30 cm. Meningkatnya nilai specrol menunjukkan ukuran akar semakin halus, sebaliknya jika nilai specrol kecil maka akar semakin tebal. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan (Gambar 8), diketahui bahwa semakin meningkat kedalaman tanah maka akar yang diperoleh semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Tarigan (2018), akar pada lapisan atas tanah lebih halus dan seiring dengan meningkatnya kedalaman tanah maka akar yang ditemukan akan semakin besar.



Gambar 8. Rata-rata Specrol pada berbagai kedalaman tanah dibawah pohon kopi arabika, lamtoro dan alpukat

4.2.2 Kualitas akar

Kualitas akar dapat menunjukkan mudah atau tidaknya akar putus. Komponen yang dapat mempengaruhi kualitas bahan organik akar yang terdiri dari kandungan N-total, C-organik, C/N rasio, Ca, polifenol dan lignin akar (Tabel 6).

Tabel 6. Kualitas akar pada masing-masing tanaman

Pohon	Total C	Total N	Ca	Lignin	Polifenol	Nisbah		
	----------	----------	%	----------	----------	C/N	L/N	(L+P)/N
Arabika	48,0	1,3	0,9	25,5	3,3	37,5	19,9	22,5
Robusta	49,0	1,8	0,8	25,0	3,8	27,9	14,2	16,4
Lamtoro	60,9	1,3	0,6	13,3	5,5	48,7	10,5	14,8
Dadap	51,7	1,5	0,7	23,3	5,5	35,3	15,9	19,6
Suren	52,3	1,3	1,5	28,0	13,3	39,9	21,2	31,3
Alpukat	47,9	0,8	0,5	33,9	7,9	64,3	45,2	55,7
Waru	48,3	1,2	0,6	17,5	1,4	42,0	15,2	16,4
Petai	49,7	1,1	0,6	19,6	6,5	46,2	18,1	24,2
Gamal	54,5	2,1	0,7	15,43	1,9	26,4	7,5	8,4
Average ($\bar{x}$)	51,37	1,38	0,77	22,39	5,46	40,91	18,63	23,26
STDEV	4,23	0,38	0,30	6,56	3,62	11,52	10,86	13,78
SEM	1,41	0,13	0,10	2,19	1,21	3,84	3,62	4,59

Sumber: Hasil analisis laboratorium kimia dan biologi tanah FP-UB 2019

Kekuatan akar untuk tidak mudah putus dapat dipengaruhi oleh kualitas bahan organik akar. Menurut Hairiah, *et al.* (2000), akar yang kuat atau sulit terputus memiliki kualitas bahan organik yang rendah sehingga sulit untuk terdekomposisi. Sebaliknya, jika bahan organik memiliki kualitas yang tinggi maka akan mudah terdekomposisi. Kriteria kualitas bahan organik yang tinggi menurut

Palm and Sanchez (1991), yaitu apabila memiliki kandungan C/N <25, lignin <15 %, polifenol <3%, dan kandungan (lignin+polifenol)/N <10. Kandungan lignin yang tinggi atau >20 % dalam akar akan menyebabkan kayu semakin sulit untuk lapuk (Hairiah *et al*., 2008; Chen *et al*., 1999). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa, rata-rata pohon memiliki kualitas bahan organik yang rendah, sehingga sulit terdekomposisi dan tidak mudah putus.

4.3 Pembahasan

Sistem penggunaan lahan UB *Forest* tergolong dalam agroforestri multistrata dengan berbagai macam tegakan yang tumbuh diatasnya. Berbagai macam pohon yang tumbuh dalam sistem agroforestri memiliki distibusi perakaran yang berbeda sehingga dapat mempertahankan stabilitas lereng. Manfaat utama yang diberikan oleh vegetasi yang tumbuh di lereng yang terjal adalah untuk menjaga stabilitas tebing. Menurut Hardiyatmo (2012), secara mekanis akar-akar dari vegetasi yang tumbuh dalam sistem agroforestri mampu memperkuat stabilitas lereng.

4.3.1 Peran Akar Terhadap Stabilitas Tebing

Pengamatan peran akar pohon berdasarkan ICA dan IJA telah dilakukan pada 90 pohon dengan kemiringan tebing yang sangat curam (26 – 28°). Nilai ICA dan IJA diklasifikasikan menjadi 3 kelas, yaitu rendah, sedang dan tinggi (Gambar 9). Nilai ICA tertinggi terdapat pada tanaman kopi arabika (2,13), lamtoro (2,05) dan alpukat (1,79), sedangkan nilai IJA tertinggi terdapat pada tanaman lamtoro (5,61) dan kopi arabika (4,44). Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, diketahui bahwa nilai ICA yang tinggi tidak selalu diikuti oleh nilai IJA yang rendah. Terdapat 2 pohon yang memiliki nilai ICA dan IJA yang tinggi, yaitu kopi arabika dan lamtoro. Pohon dengan nilai ICA yang tinggi mempunyai potensi untuk dapat mencengkeram tanah lapisan atas sehingga dapat mengurangi potensi longsoran dangkal, sedangkan pohon dengan nilai IJA tinggi mempunyai potensi untuk menjangkar tanah dan menahan gerakan lereng kebawah.

Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa, kopi arabika memiliki nilai ICA dan IJA lebih tinggi dibandingkan kopi robusta. Menurut Hairiah *et al*., (2006) pohon kopi yang tidak dipangkas mempunyai nilai IJA yang tinggi, sedangkan pohon yang mempunyai intensitas pemangkasan yang lebih sering memiliki bentuk akar yang menyebar dilapisan permukaan tanah. Namun, pada penelitian yang telah

dilakukan disepanjang Sub-DAS Way Ringkih oleh Kurniasari (2006), kopi robusta termasuk pohon yang memiliki nilai ICA dan IJA yang tinggi. Perkembangan akar setiap pohon sangat bergantung dari genetik, lingkungan dan manajemen pohon tersebut.

		INDEKS CENGKERAM AKAR		
		Rendah (<0,75)	Sedang (0,75-1,5)	Tinggi (>1,5)
INDEKS JANGKAR AKAR	Rendah (<1,5)		Dadap Petai	
	Sedang (1,5-3,0)		Robusta Waru	Alpukat Gamal Suren
	Tinggi (>3,0)			Arabika Lamtoro

Gambar 9. Klasifikasi potensi akar berdasarkan nilai ICA dan IJA

Berdasarkan hasil pengamatan, pohon lamtoro dan kopi arabika memiliki nilai Specrol yang tinggi, namun nilai specrol semakin rendah seiring dengan meningkatnya kedalaman tanah. Hal tersebut menunjukkan bahwa pohon tersebut memiliki akar yang halus dan panjang (kopi 5,4 mm; lamtoro 9 mm) pada lapisan atas tanah dan akar pohon menjadi tebal dan pendek (kopi 15 mm; lamtoro 55mm) ketika semakin jauh dari permukaan tanah. Menurut Hardiyatmo (2012), akar dengan diameter akar berkisar 1 – 20 mm lebih efektif untuk menjaga stabilitas tebing dibandingkan dengan diameter akar yang lebih besar. Kedua pohon tersebut cocok untuk ditanam didaerah dengan lereng yang terjal karena memiliki nilai ICA dan IJA yang tinggi.

Peningkatan stabilitas tebing tidak hanya menggunakan pohon dengan nilai ICA dan IJA yang tinggi, namun harus dikombinasikan dengan tanaman rumput dan semak-semak yang dapat melindungi permukaan tanah dari longsoran dangkal (Hardiyatmo, 2012). Pohon berkayu yang tumbuh pada tebing/lereng yang curam tidak hanya menguntungkan bagi stabilitas lereng. Pada kondisi tertentu, pohon yang ditumbuh pada daerah yang terjal dapat menjadi beban tamabahan bagi lereng. Namun, hal tersebut tidak berlaku pada rerumputan atau semak karena memiliki beban yang tidak terlalu berat bagi lereng. Rerumputan yang dapat digunakan

biasanya adalah akar wangi atau vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) dan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*).

Akar wangi atau vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) digolongkan sebagai rumput, namun dapat berperilaku seperti sifat pohon karena akarnya dapat menembus hingga kedalaman 3 m (Hardiyatmo, 2012). Akar wangi memiliki akar serabut yang dapat mencegah terjadinya longsoran dangkal dengan cara menahan *run off* dan melindungi tanah dari percikan langsung air hujan (Sittadewi, 2017); mudah beradaptasi dengan berbagai kondisi tanah, mampu menembus hingga kedalaman 15 cm pada lapisan tanah (Susilawati dan Veronika, 2016); serta dapat menghasilkan minyak atsiri (Mulyono, Sumangat dan Hidayat, 2012). Tidak hanya akar wangi, rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) juga dapat membantu untuk menjaga stabilitas tebing. Akar tanaman rumput gajah dapat meningkatkan tahan geser tanah sehingga dapat menjaga stabilitas lereng, mudah beradaptasi, mudah dipelihara dan dapat dijadikan sebagai pakan ternak (Santiawan, Wardana dan Redana, 2007).

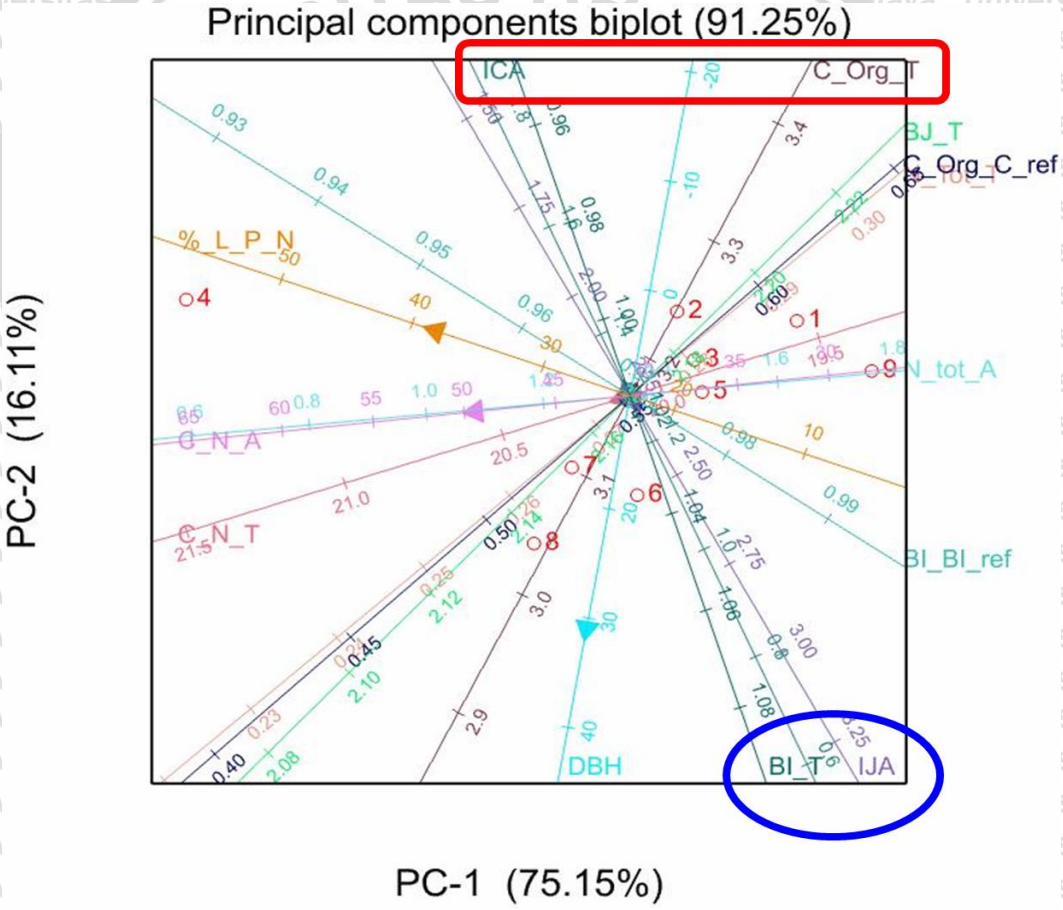
4.3.2 Analisa Multivarian ICA IJA dengan Sifat Fisika Tanah dan Kualitas Akar

Variabel yang diamati selanjutnya dianalisis menggunakan analisis multivarian, biplot. Analisis biplot dipilih untuk mengetahui kedekatan atau keeratan antar parameter yang diamati. Parameter yang diamati memiliki korelasi yang cukup kuat diikuti dengan kedekatan garis anatar parameter. Parameter yang diamati antara lain ICA, IJA dan DBH, sifat fisika tanah dan kualitas akar. Hasil analisis biplot (Gambar 10) menunjukkan bahwa nilai ICA (garis merah) memiliki garis yang dekat dengan persentase C-organik tanah, sedangkan nilai IJA (garis biru) memiliki garis yang dekat dengan BI tanah. Berdasarkan hasil korelasi didapatkan hasil bahwa ICA dan C-organik memiliki nilai r= 0,0848, sedangkan IJA dan BI tanah memiliki nilai r= 0,1914. Perkembangan perakaran pohon berhubungan erat dengan kondisi fisik dan kimia tanah (Gumilar, 2014).

Pohon dapat memberikan masukan bahan organik baik dari atas maupun bawah tanah. Bahan organik dari atas tanah dapat berasal dari daun, ranting dan cabang yang gugur, sedangkan dari bawah tanah bahan oganik dapat berasal dari akar pohon. Tingginya sebaran akar pada lapisan atas tanah dapat menyumbang c-

organik tanah karena C-organik tanah dapat berasal dari akar tanaman yang melakukan repirasi, eksudasi akar dan dekomposisi akar tanaman (Hairiah, 2002).

Nilai BI tanah berguna untuk mengevaluasi kemungkinan akar untuk dapat menembus tanah. Jika nilai BI berkisar antara 1,3 – 1,8 g cm^{-3} maka tanah tegorolong padat dan sulit untuk ditembus oleh akar (Fuady dan Mustaqim, 2015). Hal tersebut diakibatkan ruang pori yang sedikit dan menghambat penetrasi akar ke dalam tanah sehingga daerah pemanjangan akar menjadi semakin pendek. Nilai BI pada daerah penelitan berkisar antara 0,90 – 1,20 g cm^{-3} dan tergolong tanah yang cukup gembur. Nilai BI yang ideal dapat memudahkan akar untuk berpenetrasi ke dalam tanah. Akar vertikal yang tumbuh masuk kedalam tanah dapat membantu menjangkar tanah dan meningkatkan stabilitas lereng.



Gambar 10. Biplot ICA IJA dengan sifat fisika tanah dan kualitas akar

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan:

1. Terdapat 3 pohon dengan nilai ICA tertinggi (>1,50) antara lain kopi arabika (*Coffea arabica*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan alpukat (*Parsea americana*), sedangkan pohon yang memiliki nilai IJA tinggi (>3,00) antara lain lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan kopi arabika (*Coffea arabica*). Pohon yang memiliki nilai ICA tinggi (>1,50) dan IJA tinggi (>3,00) memiliki potensi untuk dapat mempertahankan stabilitas tebing.
2. Akar pohon memiliki jumlah yang lebih banyak dan halus pada lapisan atas tanah. Seiring dengan meningkatnya kedalaman tanah maka akar semakin sedikit dan menjadi lebih tebal.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lanjutan mengenai uji kekuatan akar (*tensile strength of root*).
2. Pohon-pohon yang disarankan untuk ditanam oleh petani didaerah penelitian dengan kemiringan lereng yang curam antara lain, kopi arabika, lamtoro dan alpukat.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR PUSTAKA

Abe, K. dan R. R. Ziemer. 1991. Effect of Tree Roots on a Shear Zone: Modelling Reinforced Shear Stress. Can. J. For. Res. 21: 1012-1019

Akinnifesi, F. K., E. C. Rowe, Livesley, F. R. Kwesiga, B. van Lauwe dan J. C. Alegre. 2004. Tree root architecture. In: Van Noordwijk, Cadisch G and Ong CK (eds.) Below-ground interactions in tropical agroecosystems. Concepts and models with multiple plant components. CABI publishing, p 61-82.

Atmojo, S. W. 2003. Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Pidato Pengukuhan Guru Besar. Sidang Senat Terbuka Universitas Sebelas Maret. 4 Januari 2003. Surakarta.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2018. Data Curah Hujan Bulanan Satuan Milimeter (mm) Periode 2014-2018 Kabupaten Malang. Malang: Stasiun Klimatologi Malang.

Campbell, A., B. Reece., dan G. Mitchell. 2003. Biologi. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Chen, H., M. E. Harmon dan R. P. Griffiths. 1999. Decomposition and Nitrogen Release from Decomposing Woody Roots in Coniferous Forests of The Pasific Northwest: A Chronosequence Approach. Can. J. For. Res. 31: 246-260.

Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2005. Manajemen Bencana Tanah Longsor. Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral, Bandung

Ferera, A. 2009. Inventarisasi dan Karakterisasi Akar Pepohonan yang Berpotensi Mengurangi Longsor. SP. Skripsi. Universitas Brawijaya, Malang.

Fuady, Z. dan Mustaqim. 2015. Pengaruh Olah Tanah Terhadap Sifat Fisika Tanah Pada Lahan Kering Berpasir. Lentera 15(15): 1-7

Gumilar, R. A. 2014. Dimensi dan Sistem Perakaran Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen di Desa Cikarawang, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor. SP. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor

Hairiah, K., D. Suprayogo, dan Widianto. 2008. ADAPTASI DAN MITIGASI PEMANASAN GLOBAL: Bisakah Agroforestri mengurangi resiko longsor dan emisi gas rumah kaca ?. Kumpulan makalah (bunga rampai) INAFE. Pendidikan Agroforestri sebagai Strategi Menghadapi Perubahan Iklim Global. UNS, Surakarta, 3-5 Maret 2008. Hal 42-62.

_____, M. van Noordwijk dan C. Palm. 1999. Methods for Sampling Above and Belowground Organic Pools. Modelling Global Change Impacts on the Soil Enviroments. Hal 64

_____, S. R. Utami, B. Lusiana, M. van Noordwijk. 2002. Neraca hara dan karbon dalam sistem agroforestri. WaNuLCAS Model Simulasi Untuk Sistem Agroforestri Bogor, Indonesia: International Centre for Research in Agroforestry, SEA Regional Research Programme.

_____, Widianto, D. Suprayogo, N. D. Lestari., V. Kurniasari., A. Santosa., B. Verbist dan M. van Noordwijk. 2006. Root effects on slope stability in Sumberjaya, Lampung (Indonesia). International Symposium Towards Sustainable Livelihoods and Ecosystems in Mountainous Regions 7-9 March 2006, Chiang Mai, Thailand

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

_____, Widianto, 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. Bogor: ICRAF

Hardiyatmo, H. C. 2012. Tanah Longsor dan Erosi: Kejadian dan Penanganan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Haryati, U. 2014. Karakteristik Fisik Tanah Kawasan Budidaya Sayuran Dataran Tinggi, Hubungannya dengan Strategi Pengelolaan Lahan. J. Sumberdaya Lahan (8): 125-138

Holilullah, Afandi dan H. Hovpriansyah. 2015. Karakteristik Sifat Fisik Tanah Pada Lahan Produksi Rendah dan Tinggi di PT Great Giant Pineapple. J. Agrotek Tropika (3): 278-282

Kurniasari, V. 2006. Karakterisasi Sebaran Perakaran Pohon dan Potensinya dalam Mempertahankan Kekuatan Geser Tanah (*Shear Strength*). SP. Skripsi. Universitas Brawijaya, Malang.

Masson, A. dan O. Monteuuis. 2017. Rubber Tree Clonal Plantations: Grafted vs Self-Rooted Plant Material. Bois et Forêts des Tropiques (2): 57-68

Mulyono, E., D. Sumangat dan T. Hidayat. 2012. Peningkatan Mutu dan Efisiensi produksi Minyak Akar Wangi Melalui Teknologi Penyulingan dengan Tekanan Uap Bertahap. Buletin Teknologi Pascapanen pertanian 8(1): 35-47

Muntohar, A. S. 2015. Tanah Longsor: Analisis - Prediksi - Mitigasi. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. p 11-23

O'Loughlin dan R.R. Ziemer. 2001. The Importance of Root Strength and Deterioration Rates Upon Edaphic Stability in Steepland Forest. Proceedings of an International Union of Forest Research Organization Workshop.

Palm, C. A., dan P. A. Schanchez. 1991. Nitrogen Release from Some Tropical Legumes as Affected by Lignin and Polifenol Contents. Soil Biology Biochem. 23(1): 83-88

Pusat Penelitian Tanah. 1983. Kriteria Penilaian Data Sifat Analisis Kimia Tanah. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian, Bogor.

Putinella, J. A. 2011. The Improvement of Physical Characteristics of Regosols and the Response of Mustard Crop (*Brassica juncea* L.) Due to the Application of Sago Pith Waste Compost and Urea Fertilizer. Jurnal Budidaya Pertanian 7: 35-40.

Rendra, P. P. R., N. Sulaksana, dan B.Y.C.S.S.S. Alam, 2016. Optimalisasi Pemanfaatan Sistem Agroforestri Sebagai Bentuk Adaptasi dan Mitigasi Tanah Longsor. Bouletin of Scientific Contribution. 14(2): p 117-126.

Riyanto, H. D. 2016. Rekayasa Vegetatif untuk Mengurangi Longsor. Surakarta: Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Saleh, A., M. M. D. Pakpahan dan N. Angelina., 2009. Pengaruh Konsentrasi Pelarut, Temperatur dan Waktu Pemasakan pada Pembuatan Pulp dari Sabut Kelapa Muda. Jurnal Teknik Kimia (3):16 p. 35-44

Santiawan, I N. G., I G. N. Wardana dan I W. Redana. 2007. The Support of Vegetation (Rumput Gajah) in Slope Stability. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil 11(1): 11-24

Schuster, R. L. dan G. F. Wieczorek. 2002. Landslide Triggers and Types. Prague: Proceedings of The First European Conference on Landslides.

Sittadewi, E. H. 2017. Role of Vegetation in The Application of Soil Bioengineering. Jurnal Sains dan teknologi Mitigasi Bencana 12 (2): 29-36

Soemarno, D. N. Wulansari dan S. Priyono. 2009. Tanah Longsor: Faktor Penyebab & Problematikanya. Malang: PPSUB p. 7-15

Styczen, M. E. dan R. P. C. Morgan. 1995. Engineering Properties of Vegetation. Silsoe College, Cranfield University

Subandi. 2011. Budidaya Tanaman Perkebunan. Bandung: Gunung Djati Press

Sumono, S.P. Loka dan D. L. S. Nasution. 2018. Revamping of Entisol Soil Physical Characteristics with Compost Treatment. International Conference on Agriculture, Environment, and Food Security 122: 1-6

Supriadi, H. dan D. Pranowo. 2015. Prospects of Agroforestry Development Based on Coffee in Indonesia. PERSFEKTIF 14 (2): 135 – 150

Susilawati dan Veronika. 2016. Kajian rumput Vetiver sebagai Pengaman Lereng Secara Berkelanjutan. Jurnla Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil 22 (2): 99-108.

Tamod, Z. E., W. Kumolontang dan D. Kaunang. 2016. Diagnosing Soil and Coconut Root Existence in Lontang Plantation of Manado City. J. Trop Soil 21 (2): 99-108

Tarigan, E. J. 2018. Studi Kerapatan Akar Pohon Kopi dengan Berbagai Jenis Penaung dalam Sistem Agroforestri. SP. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.

Tracy, R S., C. R. Black, J. A. Roberts dan S, J. Mooney. 2013. Exploring the interacting effect of soil texture and bulk density on root system development in tomato (Solanum lycopersicum L.). Environmental and Experimental Botany 91: 38–47

Wati, R. 2007. Akar Sebagai Jangkar: Hubungan Antara Diameter dan Kualitas Perakaran Terhadap Kekuatan Akarpada Berbagai Kedalaman di DAS Konto Hulu. SP. Skripsi. Universitas Brawijaya, Malang.

Weyerhaeuser, H. dan T. Tennigkeit. 2000. Forest inventory and monitoring manual. HBS-ICRAF-CMU, Chaiang Mai, 30p.

Widianto, D. Suprayogo dan N. D. Lestari, 2007. Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian: Apakah fungsi hidrologis hutan dapat digantikan sistem kopi monokultur? Prosiding Seminar sehari: "Penanganan Bencana Sumber Daya Pertanian", 1 Februari 2007, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Yeboah, S., S. Lamptey, R. Zhang, L. L. Li. 2017. Conservation Tillage Practices Optimizes Root Distribution and Straw Yield of Spring Wheat and Field Pea in Dry Areas. Journal of Agricultural Crience 9 (6): 37-48