

## KARAKTERISTIK TANAH DI BAWAH TEGAKAN HUTAN ALAM DAN AGROFORESTRI KAKAO DI TAMAN NASIONAL LORE LINDU (TNLL) SULAWESI TENGAH<sup>1)</sup>

Oleh : *Abdul Kadir Paloloang<sup>2)</sup>,  
Naik Sinukaban<sup>3)</sup>, Hendrayanto<sup>3)</sup>, Suria Darma Tarigan<sup>3)</sup> dan Uswah Hasanah<sup>4)</sup>*

- 1) Bagian dari disertasi pada PS Ilmu Pengelolaan DAS Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor
- 2) Mahasiswa Program S3 PS Ilmu Pengelolaan DAS Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor
- 3) Ketua dan Anggota Komisi Pembimbing
- 4) Staf pengajar pada PS Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu

### ABSTRACT

*Natural forest converted to other land use such as cacao agroforestry has modified a number of soil characteristics causing changes in soil hydraulic water flow behavior within soil profile, thus it is needed to study the soil characteristics in forest land converted into cacao agroforestry. The research aimed at identifying and analyzing various soil characteristics in natural forest and cacao agroforestry. Two factors were studied including: 1) land use consisting of natural forest and cacao agroforestry, and 2) soil depth including 0-20 cm, 20-40 cm, 40-65 cm and 65-95 cm. Soil variable observed were C-organic, bulk density, aggregate stability index, particle distribution, total porosity, very rapid drainage pores, rapid drainage pores, slow drainage pores, available water, penetration resistance, and saturated hydraulic conductivity. The research used a Randomized Block design in a Two Factorial experiment. Data were analyzed using Analysis of Variance and DMRT test. The results of the research showed that in the natural forest the C-organic content, aggregate stability index, very rapid drainage pores, rapid drainage pores, slow drainage pore, available water, penetration resistance, and saturated hydraulic conductivity were found highest in 0-20 cm soil depth. The weighed average value of the saturated hydraulic conductivity in the cacao agroforestry was 39.6 times higher than that in the natural forest, thus the amount of infiltration was highly larger in the former than the latter. To maintain large content of C-organic in the cacao agroforestry, it is important to keep cacao stems, branches and leaves in the cacao land and to add organic fertilizers in the form of animal manure and compost.*

*Key words:* Forest conversion, saturated hydraulic conductivity, and soil C-organic.

*Diterima tanggal 19 Mei 2011, disetujui tanggal 29 Mei 2011*

### I. PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Penduduk yang bermukim di sekitar hutan alam jumlah dan kebutuhan hidupnya semakin meningkat dari waktu ke waktu. Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya selalu mempunyai keinginan untuk mendapatkan manfaat langsung dari hutan berupa kayu dan nonkayu serta bahan pangan lainnya, sehingga aktivitas masyarakat mengambil hasil hutan berupa kayu dan nonkayu serta konversi hutan alam ke penggunaan lahan

yang lain seperti sistem agroforestri, perkebunan semakin meningkat.

Aktivitas yang dilakukan dalam pemanfaatan hasil hutan alam yang intensif atau konversi hutan alam dapat menyebabkan pemadatan permukaan tanah, berkurangnya ruang pori tanah dan berkurangnya atau hilangnya lantai hutan (Hamilton dan King, 1988; Brocks, et al., 1992; Black, 1991; Asdak, 1995 dan Purwanto dan Ruijter, 2004). Kondisi lahan yang demikian ini dapat mengakibatkan terhambatnya proses

pengaliran air ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam dan hal ini dapat menimbulkan dampak negatif yang lebih luas baik yang terjadi di wilayah tempat dilakukannya konversi hutan (in situ) maupun yang terjadi di luar wilayah hutan (ex situ). Gejala alam yang dapat terlihat sebagai dampak dari terhambatnya proses pengaliran air ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam adalah meningkatnya limpasan permukaan, erosi yang terjadi dapat melebihi dari besarnya erosi yang dapat diperkenankan dari suatu lahan, sedimentasi pada jaringan irigasi dan terjadinya banjir pada musim hujan serta kekeringan pada musim kemarau.

Tanah yang berkembang di bawah vegetasi hutan alam mempunyai kemampuan yang tinggi untuk mengalirkan air ke lapisan tanah yang lebih dalam dan mempunyai pori makro yang relatif banyak, sejalan dengan tingginya aktivitas biologi tanah dan dinamika perakaran. Kondisi ini mendukung air hujan yang jatuh ke permukaan tanah untuk mengalir ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam dan juga mengalir secara lateral (Susswein, *et al.* 2001).

Perkembangan perakaran tanaman hutan mampu menekan dan memperenggang agregat tanah yang berdekatan. Penyerapan air oleh akar tanaman hutan menyebabkan dehidrasi tanah, pengkerutan, dan terbukanya rekahan-rekahan kecil. Kedua proses tersebut dapat memicu terbentuknya pori yang lebih besar. Dengan kata lain pembentuk pori makro tanah ini selain disebabkan oleh adanya celah atau ruang yang terbentuk dari pepadatan matriks tanah juga adanya gangguan aktivitas perakaran, hewan tanah, pembengkakan, perekahan dan pengkerutan tanah (Marshall, *et al.*, 1999). Fenomena ini juga terjadi pada sistem agroforestri sebagaimana dinyatakan oleh Suprayogo, *et al.*

(2003) bahwa agroforestri dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk menyimpan air karena adanya pembentukan pori makro tanah akibat aktivitas akar dan biota tanah.

Konversi hutan alam menjadi agroforestri kakao diawali dengan penebangan vegetasi hutan yakni menyingkirkan hampir semua pohon dan tumbuhan lainnya yang pada mulanya menutup permukaan tanah dengan relatif rapat. Aktivitas yang dilakukan dalam konversi hutan alam ini akan menyebabkan perubahan karakter tanah baik yang terjadi pada permukaan tanah (soil surface) maupun pada lapisan yang lebih dalam (soil subsurface). Perubahan karakter tanah seperti struktur tanah dan sifat tanah lainnya akan semakin memacu terjadinya perubahan variabilitas spasial tanah dan dampak lebih jauh yang dapat ditimbulkan adalah adanya dinamika atau perubahan sifat hidrolik tanah.

Vegetasi yang tumbuh di atas suatu bentang lahan (landscape) adalah salah satu faktor yang berpengaruh terhadap terbentuknya suatu sifat tanah. Oleh karena itu tanah yang berkembang pada vegetasi yang berbeda seperti hutan alam dan agroforestri kakao akan menghasilkan sifat dan ciri tanah yang berbeda. Dinamika pergerakan air masuk kedalam tanah sangat ditentukan oleh sifat-sifat tanah.

Berdasarkan uraian yang dikemukakan di atas, maka perlu dilakukan kajian karakteristik tanah di bawah tegakan hutan alam dan agroforestri kakao. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik tanah di bawah tegakan hutan alam dan agroforestri kakao. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menambah khasanah ilmu tanah dan sebagai bahan pertimbangan apabila ingin mengkonversi hutan alam ke penggunaan lahan yang lain dalam bidang pertanian.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di areal hutan alam *Pono* yang jaraknya  $\pm$  2,5 km dari Dusun Toro dan di areal agroforestri kakao di Dusun *Marana*, Desa Toro; Kecamatan Kulawi;

Kabupaten Donggala; Propinsi Sulawesi Tengah yang jaraknya  $\pm$  95 km dari Kota Palu; Ibu kota Propinsi Sulawesi Tengah. Lokasi ini berada di sekitar Taman Nasional Lore Lindu (TNLL) dan merupakan lokasi proyek penelitian *Stability Of*

*Rain forest Margins (STORMA)* yaitu suatu kerjasama proyek penelitian antara Universitas Tadulako dan Institut Pertanian Bogor (IPB) dengan Gottingen University dan Kassel University Jerman. Pemilihan lokasi dilakukan secara purposive yaitu di areal hutan alam Pono yang kondisinya relatif belum terganggu oleh manusia dan di areal agroforestri kakao di Marana yang telah lama diusahakan oleh masyarakat setempat. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Tanah; Program Studi Ilmu Tanah; Fakultas Pertanian; Universitas Tadulako dan di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah; Departemen Ilmu Tanah dan Pengembangan Lahan; Fakultas Pertanian; Institut Pertanian Bogor. Waktu penelitian berlangsung dari bulan September 2007 sampai dengan September 2008.

## 2.2 Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa tahap secara berturut-turut yaitu: (1) orientasi lapangan (studi pendahuluan), (2) penentuan plot pengamatan yaitu di areal hutan alam Pono dan di areal agroforestri kakao di Marana, (3) persiapan bahan dan alat penelitian, (4) pembuatan pengamatan profil tanah, (5) pengambilan contoh yaitu : 1) contoh tanah utuh, 2) contoh tanah terganggu dan 3) contoh tanah agregat utuh, (6) analisis tanah di laboratorium, (7) pengukuran konduktivitas hidrolik tanah jenuh di lapangan.

## 2.3 Cara Pelaksanaan

### 2.3.1 Pembuatan Plot, Profil dan Pengambilan Contoh Tanah

Banyaknya plot yang dibuat adalah 12 (dua belas) plot yaitu 6 (enam) plot pada hutan alam Pono dan 6 (enam) plot pada agroforestri kakao di Marana dengan ukuran masing-masing plot adalah 40 m x 40 m. Pada plot inilah dilakukan pengamatan dan pengambilan contoh tanah, pengukuran konduktivitas hidrolik tanah jenuh. Pada setiap plot dibuat profil tanah berukuran besar 1,5 m x 0,8 m x 2,5 m. Profil yang dibuat ini digunakan untuk tempat pengambilan contoh tanah dan tempat pemasangan TDR Probe (time domain reflectometer) untuk mengukur kandungan air tanah. Untuk mencegah agar penampang profil tanah tidak longsor dan tidak

terganggu, maka setiap profil tanah dipasang penyanggah kayu dan kawat rang serta ditutup dengan seng

Titik pengambilan contoh tanah baik contoh tanah terganggu, contoh tanah utuh maupun contoh tanah agregat utuh pada penampang profil tanah disesuaikan dengan banyaknya horizon/lapisan tanah. Pengambilan contoh tanah terganggu dilakukan secara komposit, contoh tanah ini digunakan untuk analisis tekstur tanah dengan metode pipet dan kandungan carbon organik tanah dengan metode Wakley and Black. Pengambilan contoh tanah utuh dengan menggunakan ring contoh yang terbuat dari pipa stainless ukuran 100 cm<sup>3</sup> (diameter 5 cm dan tinggi 5 cm) sebanyak dua ulangan pada setiap kedalaman tanah. Contoh tanah utuh digunakan untuk analisis berat volume tanah, total ruang pori (porositas total), distribusi ukuran pori, kandungan air tanah pada berbagai tegangan air tanah yaitu 0 cm, 10 cm (pF 1), 100 cm (pF 2), 344 cm (pF 2,54) dan 15.000 cm (pF 4,2) dengan menggunakan seperangkat alat pengukur tegangan air tanah. Contoh tanah agregat utuh dengan cara mengambil gumpalan-gumpalan (bongkah) tanah yang masih utuh dengan sangat hati-hati pada kedalaman tanah yang sama dengan pengambilan contoh tanah utuh dan contoh tanah terganggu kemudian dimasukkan ke dalam tempat yang telah disediakan (ember). Contoh tanah agregat utuh ini digunakan untuk mengukur indeks stabilitas agregat tanah. Stabilitas agregat tanah diukur dengan menggunakan metode ayakan basah dengan metode pengayakan 70 rpm dalam waktu 5 (lima) menit.

### 2.3.2 Pengukuran Konduktivitas Hidrolik Tanah Jenuh

Pengukuran konduktivitas hidrolik tanah jenuh di lapang pada setiap subplot dengan menggunakan permeameter. Pengukuran konduktivitas hidrolik tanah tersebut dilakukan pada 4 (empat) kedalaman tanah yaitu 12, 20, 40 dan 75 cm. Pengukuran pada setiap kedalaman tanah dilakukan pembuatan lubang yang baru. Pembuatan lubang disesuaikan dengan kedalaman tanah yang diukur konduktivitas

hidroliknya. Jarak antara satu lubang dengan lubang lainnya 75 cm – 100 cm.. Untuk menghitung besarnya nilai konduktivitas hidrolik tanah pada setiap kedalaman tanah digunakan rumus yang dibuat oleh Zangar (1953) sebagai berikut:

$$K_s = Q \{ \ln [ (H/r) + (H^2/r^2 + 1)^{0.5} ] - 1 \} / (2\pi H^2)$$

Dimana :

$K_s$  : Konduktivitas hidrolik Jenuh (cm/menit)  
 $Q$  : Penurunan air yang konstan (cm<sup>3</sup>/menit)  
 $r$  : radius lubang (cm)  
 $H$  : tinggi bidang resapan (cm)

Untuk menghitung rata-rata tertimbang konduktivitas hidrolik tanah jenuh ( $K_{seff}$ ) pada suatu profil tanah yang berlapis, maka Iwata *et al.* (1995) membuat persamaan sebagai berikut:

$$K_{seff} = \frac{\sum Li K_{si}}{\sum Li}$$

Dimana :

$Li$  adalah ketebalan tiap lapisan (cm)  
 $K_{si}$  (cm jam<sup>-1</sup>) adalah konduktivitas tiap lapisan tanah.

### 2.3.3 Pengukuran Penetrasi Tanah

Pengamatan penetrasi tanah digunakan untuk mengkuantifikasi ketahanan permukaan tanah atau kekerasan pembentukan kerak di permukaan tanah dan ketahanan penetrasi tanah pada berbagai kedalaman tanah yang diinginkan. Pengukuran penetrasi tanah dilakukan dengan

menggunakan alat penetrometer saku (pocket penetrometer).

### 2.4 Analisis Data

Penelitian ini terdiri dari dua faktor yaitu faktor penggunaan lahan dan faktor kedalaman tanah. Faktor penggunaan lahan terdiri dari dua jenis yaitu hutan alam dan agroforestri kakao sedangkan kedalaman tanah terdiri dari 4 (empat) taraf yaitu kedalaman tanah 0-20 cm, 20-40 cm, 40-65 cm dan 65-95 cm sehingga diperoleh 8 (delapan) kombinasi perlakuan untuk. Setiap kombinasi perlakuan diamati sebanyak 6 (enam) kali pengamatan/ulangan. Untuk menganalisis pengaruh penggunaan lahan, kedalaman tanah dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah terhadap sifat-sifat tanah, maka data sifat tanah yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan rancangan faktorial dalam kelompok. Setiap variabel (sifat tanah) dianalisis dengan analisis ragam (anova). Apabila pada analisis ragam menunjukkan bahwa penggunaan lahan, kedalaman tanah dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah memberikan pengaruh yang nyata pada p-value sebesar < 0.05, maka dilanjutkan dengan uji lanjut DMRT pada taraf  $\alpha = 0.05$  dengan maksud untuk melihat perlakuan mana yang berbeda nyata atau tidak nyata dengan perlakuan lainnya terhadap variabel sifat tanah. Analisis data dengan menggunakan program minitab 14.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Carbon Organik (C-organik) Tanah

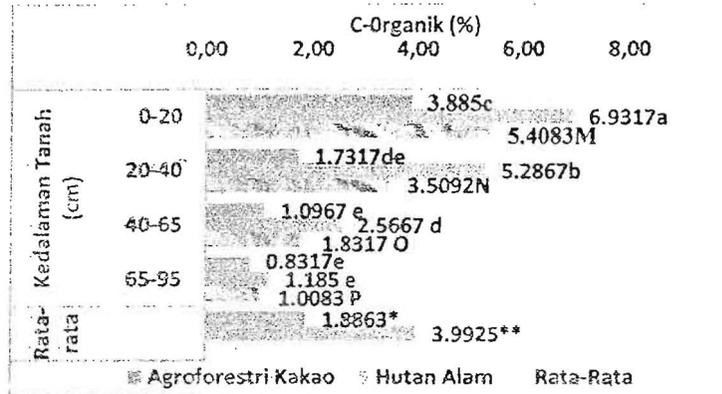
Kandungan c-organik tanah pada penggunaan lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan, kedalaman tanah dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata kandungan c-organik pada p-value sebesar < 0,05. Pengaruh interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah menunjukkan bahwa rata-rata kandungan c-organik tertinggi terdapat pada hutan alam pada

kedalaman tanah 0-20 cm, tidak berbeda nyata dengan kedalaman tanah 20-40cm tetapi berbeda nyata dengan kedalaman tanah lainnya baik di hutan alam maupun di lahan agroforestri kakao menurut uji lanjut DMRT  $\alpha = 0,05$ .

Tingginya kandungan c-organik pada kedalaman tanah 0-20 cm di hutan alam disebabkan karena adanya bagian-bagian pohon berupa cabang, ranting dan daun yang jatuh ke permukaan tanah secara kontinyu setiap saat serta tidak ada upaya manusia untuk mengambil bagian-bagian pohon tersebut dari lahan hutan. Bagian-bagian pohon ini mengalami dekomposisi yang pada akhirnya memperkaya kandungan c-

organik di dalam tanah. Sedangkan pada lahan agroforestri kakao yang nilai rata-rata kandungan c-organiknya lebih rendah disebabkan karena

sebagian bahan tanaman khususnya buah dan hasil pemangkasan cabang diangkut oleh petani keluar dari areal pertanian.



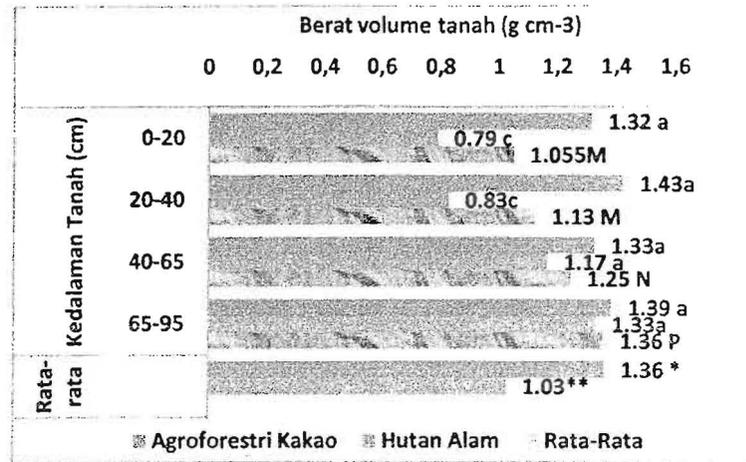
Gambar 2 Kandungan c-organik tanah pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada ujung histogram interaksi perlakuan (penggunaan lahan x kedalaman tanah), huruf kapital yang sama pada ujung histogram rata-rata kedalaman tanah dan jumlah bintang yang sama pada ujung histogram rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT  $\alpha = 0,05$

### 3.2 Berat Volume Tanah

Berat volume tanah pada penggunaan lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan, Pengaruh interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah

menunjukkan bahwa berat volume tanah terendah terdapat pada hutan alam pada kedalaman tanah 0-20 cm dan tidak berbeda nyata dengan kedalaman tanah 20-40 cm tetapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya baik di lahan agroforestri kakao maupun di hutan alam menurut hasil uji lanjut DMRT  $\alpha = 0,05$ .



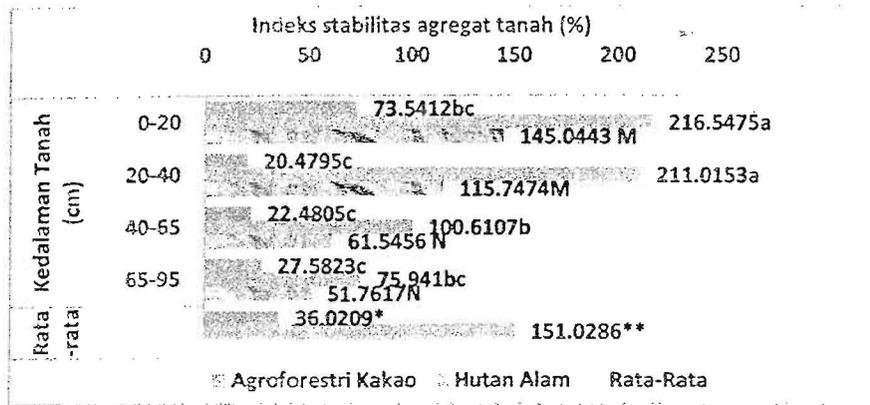
Gambar 3. Berat volume tanah pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada ujung histogram interaksi perlakuan (penggunaan lahan x kedalaman tanah), huruf kapital yang sama pada ujung histogram rata-rata kedalaman tanah dan jumlah bintang yang sama pada ujung histogram rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT  $\alpha = 0,05$

### 3.3 Indeks stabilitas agregat tanah

Indeks stabilitas agregat tanah pada penggunaan lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono pada berbagai kedalaman tanah nilainya sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil analisis statistik (anova) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan, kedalaman tanah dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata indeks stabilitas agregat tanah pada p-value sebesar  $< 0,05$ . Pengaruh interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah menunjukkan

bahwa rata-rata indeks stabilitas tanah tertinggi terdapat pada hutan alam pada kedalaman tanah 0-20 cm dan tidak berbeda nyata dengan kedalaman tanah 20-40 cm tetapi berbeda nyata dengan kedalaman tanah lainnya baik di hutan alam maupun di lahan agroforestri kakao menurut uji lanjut DMRT  $\alpha = 0,05$ . Tingginya nilai indeks stabilitas agregat tanah ini disebabkan oleh tingginya kandungan c-organik sebagaimana dikemukakan oleh Kohnke (1989) bahwa bahan organik menyediakan zat-zat yang dibutuhkan untuk pembentukan dan pematangan agregat tanah.



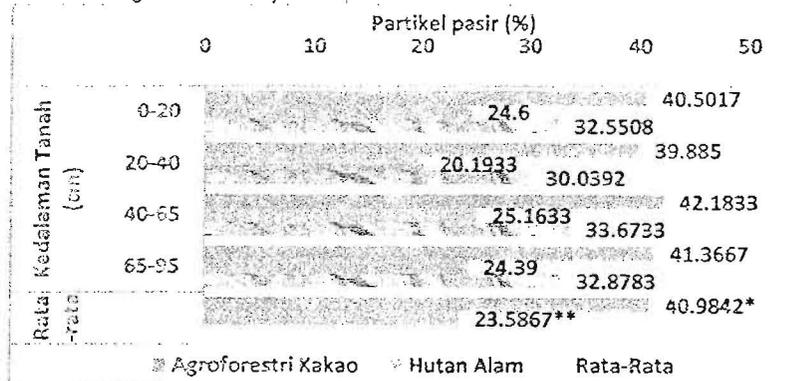
Gambar 4. Indeks stabilitas agregat tanah pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah

Keterangan: Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada ujung histogram interaksi perlakuan (penggunaan lahan x kedalaman tanah), huruf kapital yang sama pada ujung histogram rata-rata kedalaman tanah dan jumlah bintang yang sama pada ujung histogram rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT  $\alpha = 0,05$

### 3.4 Distribusi Partikel Tanah pada Berbagai Kedalaman Tanah

Partikel pasir pada berbagai kedalaman tanah pada lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono sebagaimana ditunjukkan pada

Gambar 5. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata partikel pasir.



Gambar 5. Partikel pasir pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah  
Keterangan: Jumlah bintang yang sama pada ujung histogram nilai rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata pada p-value sebesar  $< 0,05$

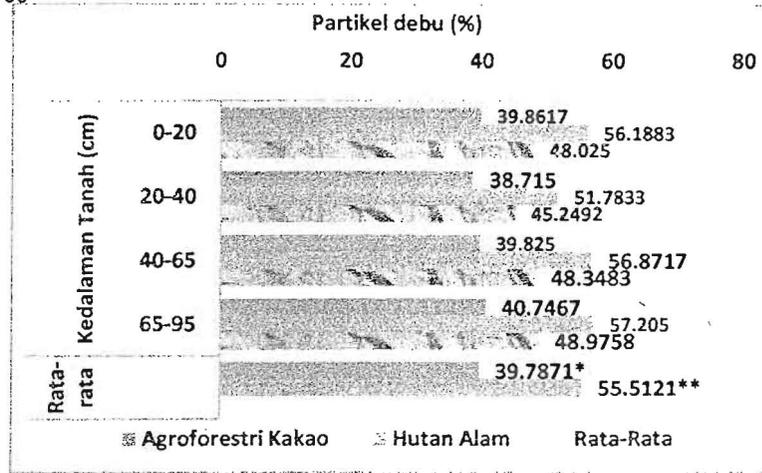
Kedalaman tanah dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata partikel pasir pada p-value sebesar  $< 0,05$ . Rata-rata kandungan pasir pada

penggunaan lahan agroforestri kakao adalah tinggi dan berbeda nyata dengan hutan alam Pono pada p-value sebesar p-value sebesar  $< 0,05$

Partikel debu pada berbagai kedalaman tanah pada lahan agroforestri kakao Marena dan

hutan alam Pono sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil analisis ragam (Anova) menunjukkan bahwa penggunaan lahan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kandungan partikel debu. Kedalaman tanah dan interaksi penggunaan lahan dan kedalaman tidak

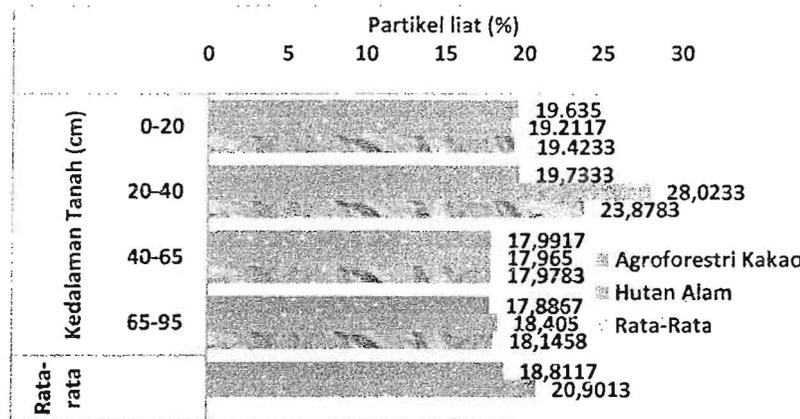
memberikan pengaruh yang nyata pada p-value sebesar  $< 0.05$ . Rata-rata kandungan partikel debu pada penggunaan lahan hutan alam adalah tinggi dan berbeda nyata dengan agroforestri kakao pada p-value sebesar  $< 0,05$ .



Gambar 6. Partikel debu pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah  
Keterangan: Jumlah bintang yang sama pada ujung histogram nilai rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata pada p-value sebesar  $< 0,05$

Kandungan partikel liat pada berbagai kedalaman tanah pada lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil analisis ragam (Anova) menunjukkan bahwa penggunaan lahan,

kedalaman tanah dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap banyaknya kandungan partikel liat di dalam tanah pada p-value sebesar  $< 0,05$ .

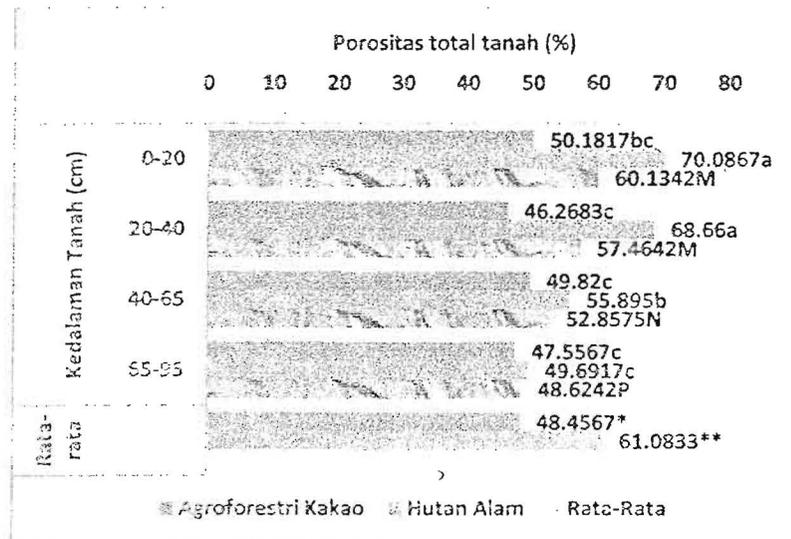


Gambar 7. Partikel liat pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah

Dengan memperhatikan distribusi partikel-partikel tanah pada agroforestri kakao dan hutan alam, maka nampak bahwa pada hutan alam kandungan partikel pasir lebih tinggi dibandingkan dengan pada lahan agroforestri kakao pada kedalaman tanah yang sama. Pada lahan agroforestri kakao kandungan partikel debu lebih tinggi dibandingkan dengan pada lahan hutan alam pada semua kedalaman tanah. Adapun kandungan partikel liat pada lahan agroforestri kakao dan hutan alam adalah prosentasenya relatif sama.

### 3.5 Porositas Total Tanah

Porositas total (%) tanah pada penggunaan lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil analisis ragam (Anova) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan, kedalaman tanah dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap porositas total tanah pada p-value sebesar < 0,05.



Gambar 8. Porositas total tanah pada berbagai kedalaman tanah

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada ujung histogram interaksi perlakuan (penggunaan lahan x kedalaman tanah), huruf kapital yang sama pada ujung histogram rata-rata kedalaman tanah dan jumlah bintang yang sama pada ujung histogram rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT  $\alpha = 0,05$

Nilai porositas total tanah pada hutan alam kedalaman tanah 0-20 cm mempunyai nilai tertinggi tetapi tidak berbeda nyata dengan kedalaman tanah 20-40 cm dan berbeda nyata dengan kedalaman tanah lainnya baik di hutan alam maupun di agroforestri kakao. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan c-organik yang juga tinggi pada kedua kedalaman tanah tersebut. Kandungan c-organik yang tinggi pada suatu tanah menyebabkan tanah mempunyai

berat volume tanah yang rendah dan porositas totalnya akan tinggi

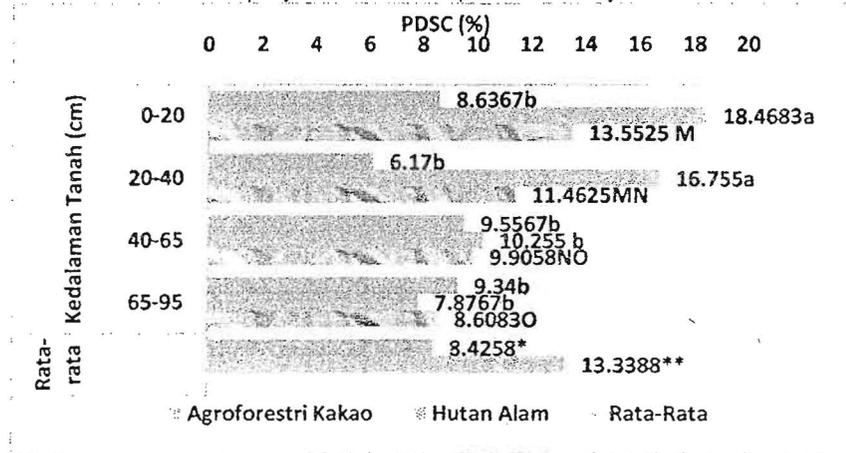
### 3.6 Pori Drainase

#### 3.6.1 Pori drainase sangat cepat

Pori drainase sangat cepat tanah pada penggunaan lahan agroforestri dan hutan alam Pono pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan, kedalaman tanah dan interaksi

antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata pori drainase sangat cepat pada p-value < 0,05. Penggunaan lahan hutan dengan kedalaman tanah 0-20 cm mempunyai nilai rata-

rata pori drainase sangat cepat tertinggi tetapi berdasarkan hasil uji lanjut DMRT  $\alpha = 0,05$  tidak berbeda nyata dengan kedalaman tanah 20-40 cm pada hutan alam dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.



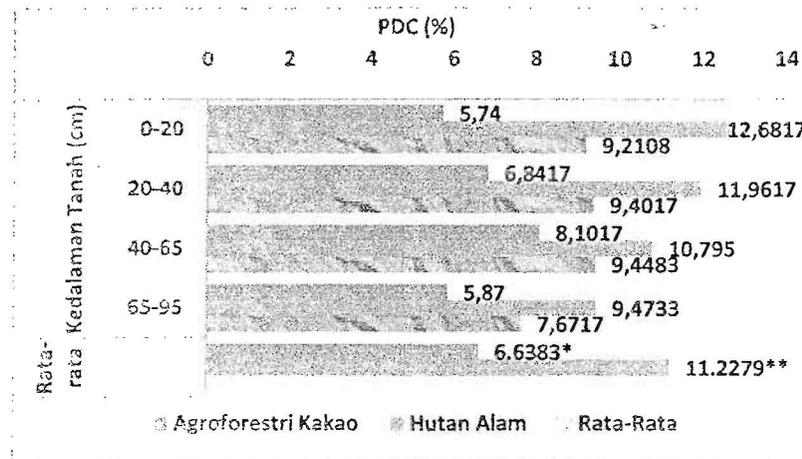
Gambar 9. Pori drainase sangat cepat pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada ujung histogram interaksi perlakuan (penggunaan lahan x kedalaman tanah), huruf kapital yang sama pada ujung histogram rata-rata kedalaman tanah dan jumlah bintang yang sama pada ujung histogram rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT  $\alpha = 0,05$

### 3.6.2 Pori drainase cepat

Pori drainase cepat pada berbagai kedalaman tanah pada lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono sebagaimana ditunjukkan pada ditunjukkan pada Gambar 10. Hasil analisis statistik (anova) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata pori drainase cepat. Adapun kedalaman tanah dan

interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata pori drainase cepat pada p-value sebesar < 0,05. Pori drainase cepat tertinggi pada penggunaan lahan agroforestri kakao dan berbeda nyata dengan pada lahan hutan alam Pono menurut uji DMRT  $\alpha = 0,05$



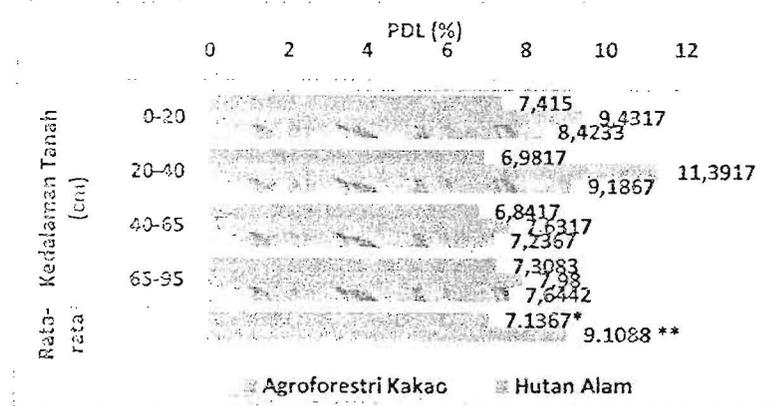
Gambar 10. Pori drainase cepat pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah

Keterangan: Jumlah bintang yang sama pada ujung histogram nilai rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata pada p-value sebesar < 0,05

### 3.3.3 Pori drainase Lambat

Pori drainase lambat pada berbagai kedalaman tanah pada lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata pori drainase lambat.

Sedangkan kedalaman tanah dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata pada p-value sebesar < 0,05. Rata-rata pori drainase lambat tertinggi yaitu pada penggunaan lahan hutan alam Pono dan berbeda nyata dengan agroforestri kakao pada p-value sebesar < 0,05.



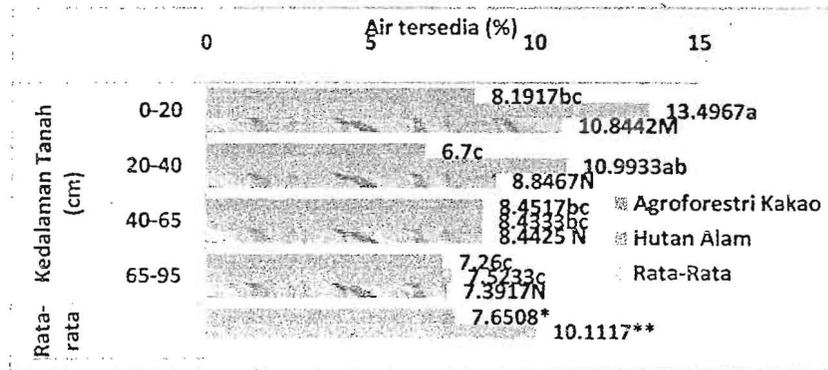
Gambar 11. Pori drainase lambat pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah

Keterangan: Jumlah bintang yang sama pada ujung histogram nilai rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata pada p-value sebesar < 0,05

3.7 Air Tersedia

Kandungan air tersedia pada penggunaan lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 12. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan, kedalaman tanah dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata kandungan air tersedia pada p-value < 0,05. Nilai rata-rata kandungan air tersedia pada hutan alam lebih tinggi dibandingkan dengan lahan agroforestri

kakao. Hasil uji lanjut DMRT taraf  $\alpha = 0,05$  menunjukkan bahwa kedalaman tanah 0-20 cm pada hutan alam mempunyai mempunyai nilai rata-rata kandungan air tersedia tertinggi tetapi tidak berbeda nyata dengan kedalaman tanah 20-40 cm pada hutan alam dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan karena kandungan c-organik pada kedalaman tanah 0-20 cm dan 20-40 cm adalah juga yang tertinggi. Kandungan c-organik yang tinggi pada suatu tanah akan menyebabkan tanah tersebut mempunyai kandungan air tersedia yang tinggi (Rawls et al, 2004)).



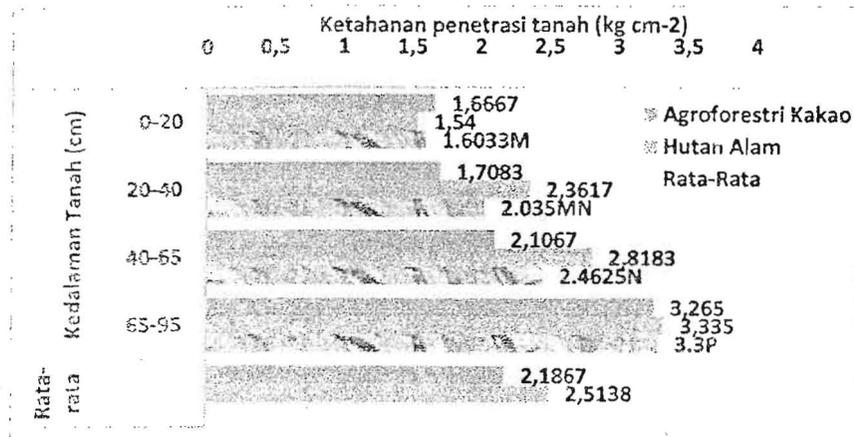
Gambar 12. Air tersedia pada lahan agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah. Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada ujung histogram interaksi perlakuan (penggunaan lahan x kedalaman tanah), huruf kapital yang sama pada ujung histogram rata-rata kedalaman tanah dan jumlah bintang yang sama pada ujung histogram, rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT  $\alpha = 0,05$

3.8. Ketahanan Penetrasi tanah

Nilai ketahanan penetrasi tanah pada penggunaan lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 13. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa faktor kedalaman tanah menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata ketahanan penetrasi tanah pada p-value < 0,05. Sedangkan penggunaan lahan dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang kedalaman tanah

menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT  $\alpha = 0,05$  nyata terhadap nilai rata-rata kandungan air tersedia pada p-value < 0,05. Berdasarkan hasil uji lanjut menurut DMRT taraf  $\alpha = 0,05$  menunjukkan bahwa ketahanan penetrasi tanah pada kedalaman tanah 65-95 cm yang mempunyai nilai rata-rata tertinggi berbeda nyata dengan kedalaman tanah 0-20 cm, 20-40 cm dan 40-65 cm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambah kedalaman tanah, maka nilai ketahanan penetrasi tanah juga bertambah. Hal ini berkaitan dengan dengan karakter tanah yang lain

seperti berat volume tanah, kandungan bahan organik dan kandungan pragmen kasar.



Gambar 13. Ketahanan penetrasi tanah pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kapital yang sama pada ujung histogram perlakuan kedalaman tanah menunjukkan tidak berbeda nyata pada p-value sebesar < 0,05

### 3.9 Konduktivitas Hidrolik Tanah Jenuh (Ks)

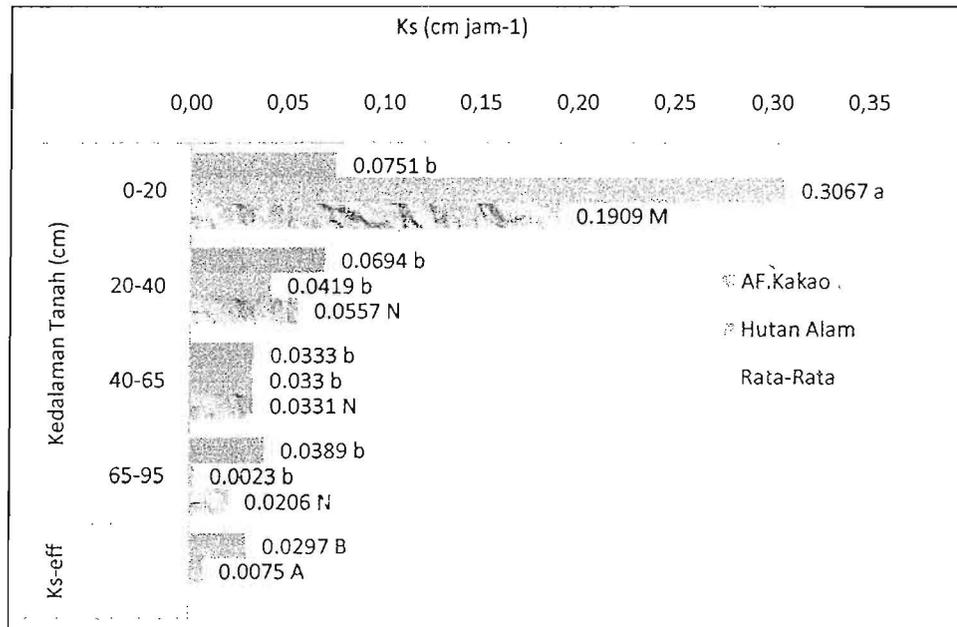
Nilai koduktivitas hidrolik tanah jenuh pada penggunaan lahan agroforestri kakao Marena dan hutan alam Pono pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 14. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan, kedalaman tanah dan interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata koduktivitas hidrolik tanah jenuh pada p-value sebesar < 0,05. Koduktivitas hidrolik tanah jenuh efektif (rata-rata terimbang) pada hutan alam nilainya sangat rendah dan berbeda nyata dengan nilai koduktivitas hidrolik tanah jenuh efektif pada lahan agroforestri kakao. Hasil uji lanjut DMRT taraf  $\alpha = 0,05$  menunjukkan bahwa kedalaman tanah 0-20 cm yang mempunyai nilai rata-rata koduktivitas hidrolik tanah jenuh tertinggi dan berbeda nyata dengan nilai rata-rata koduktivitas hidrolik tanah pada kedalaman tanah lainnya. Pengaruh interaksi antara penggunaan lahan dengan kedalaman tanah menunjukkan

bahwa rata-rata koduktivitas hidrolik tanah jenuh tertinggi terdapat pada hutan alam pada kedalaman tanah 0-20 cm dan berbeda nyata dengan kedalaman tanah lainnya baik di lahan hutan alam maupun di lahan agroforestri kakao menurut uji lanjut DMRT  $\alpha = 0,05$ . Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada kedalaman tanah 0-20 cm pada hutan alam kandungan c-organik, pori drainase sangat cepat, pori drainase cepat mempunyai nilai yang tertinggi sedangkan berat volume tanah dan pori drainase lambat nilainya rendah/kecil.

Laju infiltrasi air ke dalam tanah berbanding lurus dengan koduktivitas hidrolik tanah sehingga konversi hutan alam ke dalam agroforestri kakao (perkebunan kakao) akan meningkatkan jumlah air hujan yang terinfiltrasi masuk ke dalam tanah. Hal ini terlihat pada nilai  $K_{seff}$  di lahan agroforestri kakao jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai  $K_{seff}$  di lahan hutan alam (besarnya  $K_{seff}$  pada lahan agroforestri kakao 4 (empat) kali lebih besar daripada  $K_{seff}$  pada hutan alam). Tingginya nilai  $K_{seff}$  pada agroforestri disebabkan karena pada saat

pembukaan lahan untuk penanaman kakao, maka akar-akar pohon hutan yang ditebang mengalami pelapukan sehingga memungkinkan terbentuknya pori-pori makro di dalam profil tanah. Nilai konduktivitas hidrolis tanah jenuh pada semua kedalaman tanah di lahan agroforestri kakao

adalah tidak berbeda nyata. Sedangkan pada hutan alam nilai konduktivitas hidrolis jenuh hanya sampai pada kedalaman tanah 20 cm saja yang tertinggi. Semakin bertambah kedalaman tanah pada hutan alam nilai konduktivitas hidrolis jenuhnya semakin rendah



Gambar 14. Konduktivitas hidrolis tanah jenuh pada agroforestri kakao dan hutan alam pada berbagai kedalaman tanah

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada ujung histogram interaksi perlakuan (penggunaan lahan x kedalaman tanah), huruf kapital yang sama pada ujung histogram rata-rata kedalaman tanah dan jumlah bintang yang sama pada ujung histogram rata-rata penggunaan lahan menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT  $\alpha = 0,05$

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. Kesimpulan

Sifat tanah seperti kandungan c-organik, indeks stabilitas agregat, pori drainase sangat cepat, pori darainase cepat, air tersedia dan konduktivitas hidrolis jenuh tanah mempunyai nilai tertinggi pada kedalaman tanah 0-20 cm di hutan alam dan berbeda nyata dengan kedalaman tanah lainnya. Nilai rata-rata tertimbang konduktivitas

hidrolis jenuh pada tanah agroforestri kakao 4 kali lebih tinggi daripada tanah hutan alam. Laju infiltrasi berbanding lurus dengan nilai konduktivitas hidrolis tanah jenuh sehingga jumlah air infiltrasi pada agroforestri kakao akan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pada hutan alam.

##### 4.2. Saran

Untuk mempertahankan kandungan c-

organik agar tetap tinggi pada lahan agroforestri kakao, maka hasil pemangkasan cabang, ranting dan daun serta kulit buah kakao yang telah dipotong-potong perlu dipertahankan agar tetap

berada di dalam areal pertanaman. Pupuk yang perlu diberikan adalah pupuk organik yaitu pupuk kandang dan kompos.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asdak C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Black PE. 1991. *Watershed Hydrology*. England: Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Brooks, KN, PF Ffolliott, HM Gregessen, JL Thames. 1992. *Hydrology and The Management of Watersheds*. Iowa: Iowa State University Press.
- Hamilton LS, PN King. 1988. *Daerah Aliran Sungai Hutan Tropika*. Suryanata K, Penerjemah; Tjitrosoepomo G, editor. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari: *Tropical Forested Watersheds*.
- Kohnke H. 1989. *Fisika Tanah*. Kertonegoro BD, Penerjemah; Yogyakarta: Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UGM, Terjemahan dari: *Soil Physics*.
- Marshall TJ, Holmes JW and CW Rose. 1999. *Soil Physics*. Cambridge University Press pp 453
- Purwanto E and J Ruijter. 2004. *Basic relationships between forests and watershed functions*. Ed. F Agus, Farida and M van Noordwijk. *Hydrological impacts of forest, agroforestry and upland cropping as a basis for rewarding environmental service providers in Indonesia*. Proceeding of a workshop in Padang/Singkarak west sumatera Indonesia, 25-28 Pebruan 2004.
- Rawls WJ, A Names and Ya Pachepsky. 2004. *Effect of Organic Carbon on Soil Hydraulic Properties*. Di Dalam : Pachepsky Y and WJ Rawls, Editor, *Development of Pedotransfer Functions in Soil Hydrology*, Amsterdam: ELSEVIER.
- Suprayogo D., K Hairiah, N Wijayanto, Sunaryo dan M van Noordwijk. 2003. *Peran Agroforestri pada Skala Plot: Analisis kemampuan Agroforestri sebagai kunci keberhasilan atau kegagalan pemanfaatan lahan*. Bogor : ICRAF
- Susswein et al. 2001. *Forest Watershed Functions and Tropical Land Use Change*. Bogor: ICRAF.