

## KAJIAN KARAKTERISTIK DAN KONDUKTIVITAS HIDROLIK TANAH JENUH PADA LAHAN AGROFORESTRI KAKAO

### Study of Characteristics and Saturated Hydraulic Conductivity of Soil in Cacao Agroforestry

Abdul Kadir Paloloang<sup>1)</sup>, Naik Sinukaban<sup>2)</sup>, Suria Darma Tarigan<sup>2)</sup>, Hendrayanto<sup>2)</sup> dan Uswah Hasanah<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9 Palu 92118, Sulawesi Tengah Telp/Fax: 0451 – 429738 <sup>2)</sup> Staf Pengajar pada Program Studi DAS SPs IPB.

#### 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 land cacao agroforestry. The research aimed at identifying and analyzing various soil characteristics and developing the regression model of saturated hydraulic conductivity of soil in cacao agroforestry. Soil depth observed included 0-20 cm, 20-40 cm, 40-65 cm and 65-95 cm. Soil variables measured were C-organic, bulk density, aggregate stability index, particle distribution, total porosity, very rapid drainage pores, rapid drainage pores, slow drainage pores, penetration resistance, and saturated hydraulic conductivity. The research used a Randomized Block design. Data were analyzed using Analysis of Variance, Multiple Regressions Analysis and LSD test. The research results showed that changing the natural forest to the cacao agroforestry had significant effect on C-organic content, aggregate stability index and penetration resistance were significant. The weighted average value of the saturated hydraulic conductivity in the cacao agroforestry was categorized medium ( $3.09 \text{ cm jam}^{-1}$ ). Soil characteristics that gave significant influence on the saturated hydraulic conductivity of soil in the agroforestry cacao were C-organic, bulk density, sand particle and penetration resistance. 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 :** Agroforestry cacao, saturated hydraulic conductivity, soil depth and soil C-organic.

#### PENDAHULUAN

Konversi hutan alam ke penggunaan lahan agroforestri kakao akan menurunkan kemampuan pohon mengintersepsi jumlah curah hujan, meningkatkan curah hujan netto yang sampai ke permukaan tanah. Kejadian ini dapat menaikkan atau menurunkan jumlah curah hujan yang masuk dan mengalir ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam (Leuschner dan Holscher, 2003; Van Noordwijk, *et al.*, 2004). Aktivitas yang dilakukan dalam konversi hutan alam dapat menyebabkan pula perubahan karakter tanah baik yang terjadi pada permukaan tanah (soil surface) maupun pada lapisan yang lebih dalam (soil subsurface) yaitu terjadi pemadatan permukaan tanah, berkurangnya

ruang pori tanah dan hilangnya lantai hutan (Hamilton dan King, 1988; Brooks, *et al.*, 1992; Black, 1991; Asdak, 1995 dan Purwanto dan Ruijter, 2004). Kondisi lahan yang demikian ini berpengaruh terhadap sifat hidrolis tanah

- 1) Bagian dari disertasi penulis pada PS DAS SPs IPB, Bogor
- 2) M Mahasiswa Program S3 pada PS DAS SPs IPB, Bogor
- 3) Berturut-turut Ketua dan Anggota Komisi Pembimbing
- 4) Staf pengajar pada Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Tadulako.

sehingga 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).

Penentuan besarnya nilai konduktivitas hidrolik tanah baik jenuh maupun tidak jenuh adalah sangat penting dalam upaya pengelolaan daerah aliran sungai. Menganalisis nilai konduktivitas hidrolik tanah tidak jenuh sangat berguna untuk menentukan drainase di bawah zona perakaran dan keseimbangan air tanah, terutama kaitannya dengan isu pertanian dan lingkungan. Jumlah dan kecepatan air yang mengalir dalam profil tanah sangat tergantung pada sifat fisik tanah khususnya pada ukuran pori tanah itu sendiri (Kohnke, 1989 dan Baver, *et al.*, 1972).

Model untuk mengestimasi konduktivitas hidrolik tanah jenuh telah dibuat oleh beberapa peneliti seperti model yang dibuat oleh Mualem (1976); Van Genuchten (1980) dan Campbell (1985) tetapi model tersebut belum mempertimbangkan sejumlah sifat-sifat tanah yang mempengaruhi kuat konduktivitas hidrolik tanah. Pengukuran langsung konduktivitas hidrolik tanah di lapangan membutuhkan tenaga, biaya dan waktu yang relatif banyak sehingga perlu dikembangkan suatu metode estimasi konduktivitas hidrolik tanah yang praktis dengan hasil lebih akurat berupa model matematik dengan memasukkan sejumlah sifat-sifat fisik tanah dan c-organik tanah sebagai variabel bebas.

Berdasarkan uraian yang dikemukakan di atas, maka perlu dilakukan kajian karakteristik tanah dan pengembangan model konduktivitas hidrolik tanah pada lahan agroforestri kakao dengan menggunakan beberapa sifat fisik dan kandungan c-organik tanah. Penelitian bertujuan : (1) Mengidentifikasi dan menganalisis konduktivitas hidrolik tanah jenuh dan sifat-sifat tanah lainnya di berbagai kedalaman tanah pada lahan agroforestri kakao (2) mendapatkan model konduktivitas hidrolik tanah jenuh sebagai fungsi dari kandungan carbon-organik tanah, berat volume tanah, indeks stabilitas agregat tanah, distribusi ukuran partikel pasir, debu, liat, porositas total dan jenis pori tanah serta ketahanan penetrasi tanah. Hasil penelitian diharapkan antara lain: (1) Menambah khazanah

ilmu pengetahuan tentang konduktivitas hidrolik tanah jenuh pada lahan agroforestri kakao (2) Bahan pertimbangan dalam pengelolaan hutan alam dan sistem agroforestri berbasis tanaman kakao.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan agroforestri kakao di 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). 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.

**Tahapan Penelitian.** Tahapan penelitian secara berturut-turut yaitu: (1) orientasi lapangan, (2) penentuan plot pengamatan (3) persiapan bahan dan alat penelitian, (4) pembuatan profil tanah, (5) pengambilan contoh tanah terdiri atas: 1) tanah utuh, 2) tanah terganggu dan 3) tanah agregat utuh, (6) analisis tanah di laboratorium, (7) pengukuran konduktivitas hidrolik tanah jenuh.

**Pembuatan Plot, Profil dan Pengambilan Contoh Tanah.** Banyaknya plot yang dibuat adalah 6 (enam) plot dengan ukuran plot adalah 40 m x 40 m. Setiap plot dibuat profil tanah berukuran besar 1,5 m x 0,8 m x 2,5 m untuk tempat pengambilan contoh tanah. Titik pengambilan contoh tanah pada penampang profil tanah dan pengukuran konduktivitas hidrolik jenuh disesuaikan dengan banyaknya horizon/lapisan tanah yaitu kedalaman tanah 0-20 cm, 20-40 cm, 40-65 cm, 65-95 cm. Contoh tanah terganggu digunakan untuk analisis tekstur tanah, kandungan carbon organik. 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). Contoh tanah agregat utuh 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.

**Pengukuran Konduktivitas Hidrolik Tanah Jenuh.** Pengukuran konduktivitas hidrolik tanah dilakukan pada 4 (empat) kedalaman tanah yaitu tanah 0-20 cm, 20-40 cm, 40-65 cm dan 65-95 cm menggunakan permeameter. Jarak antara satu lubang dengan lubang lainnya 75–100 cm. Nilai konduktivitas hidrolik tanah dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

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 Jury and Horton. (2004) membuat persamaan sebagai berikut:

$$K_{seff} = \frac{\sum K_s L_i}{\sum L} \dots \dots \dots (2-2)$$

Dimana :

$L_i$  adalah ketebalan tiap lapisan (cm),  $K_{Si}$  (cm jam<sup>-1</sup>) adalah konduktivitas tiap lapisan tanah dan  $L$  adalah kebal profil tanah yang diukur  $K_{snya}$ .

**Pengukuran Penetrasi Tanah.** Pengukuran ketahanan penetrasi tanah pada berbagai kedalaman tanah yang diinginkan. Pengukuran penetrasi tanah dilakukan dengan menggunakan alat penetrometer saku (pocket penetrometer).

**Analisis Data.** Penelitian ini terdiri atas satu faktor yaitu kedalaman tanah yang terdiri atas 4 kedalaman tanah yaitu 0-20 cm, 20-40 cm, 40-65 cm dan 65-95 cm dan diulangi sebanyak 6 (enam) kali sehingga terdapat 12 (dua belas)

unit analisis. Untuk menganalisis pengaruh kedalaman tanah terhadap sifat-sifat tanah, maka data sifat tanah dianalisis dengan menggunakan rancangan kelompok. Setiap variabel (sifat tanah) dianalisis dengan analisis ragam (anova). Apabila pada analisis ragam menunjukkan bahwa kedalaman tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel data (sifat-sifat tanah) pada p-value sebesar  $< 0.05$ , maka dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf  $\alpha = 0.05$ . Untuk melihat pengaruh sifat tanah terhadap nilai konduktivitas hidrolik tanah jenuh dilakukan analisis regresi berganda metode back elimination. Sebelum dilakukan analisis regresi data tanah di transformasi ke dalam logaritma. Setelah menghasilkan model regresi yang terbaik yaitu nilai  $R^2$  paling besar, nilai VIF setiap variabel  $< 5$  dan semua variabel bebas yang menyusun model regresi berpengaruh nyata atau sangat nyata, maka sifat tanah yang menyusun model regresi diretransformasi dalam bentuk semula. Validasi data antara hasil pengukuran dengan hasil model menggunakan persamaan regresi sederhana. Program yang digunakan untuk menganalisis data adalah program minitab 14.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Kandungan c-organik tanah pada lahan agroforestri kakao Marena pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata kandungan c-organik pada p-value sebesar  $< 0,05$ . Kandungan c-organik tertinggi terdapat pada kedalaman tanah 0-20 cm dan berbeda nyata dengan kedalaman tanah lainnya menurut uji lanjut BNT  $\alpha = 0,05$ .

Tingginya kandungan c-organik pada kedalaman tanah 0-20 cm disebabkan karena adanya bagian-bagian pohon berupa cabang, ranting dan daun yang jatuh ke permukaan tanah secara kontinyu setiap saat. Bagian-bagian pohon ini mengalami dekomposisi yang pada akhirnya memperkaya kandungan c-organik di dalam tanah. Nilai rata-rata kandungan c-organik sebesar 1.88% termasuk dalam kategori *rendah*.

**Berat Volume Tanah.** Berat volume tanah pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai berat volume tanah pada p-value sebesar  $<$ . Walaupun demikian nampak bahwa berat volume tanah terendah terdapat pada kedalaman 0-20 cm. Hal ini disebabkan karena pada kedalaman tanah 0-20 cm mempunyai kandungan c-organik yang tinggi dibandingkan dengan kedalaman tanah lainnya.

**Indeks Stabilitas Agregat.** Hasil analisis statistik (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata indeks stabilitas agregat tanah pada p-value sebesar  $< 0,05$  sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Kedalaman tanah 0-20 cm mempunyai nilai rata-rata indeks stabilitas tanah tertinggi dan berbeda nyata dengan kedalaman tanah lainnya menurut hasil uji lanjut BNT  $\alpha = 0,05$ . 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.

**Partikel Pasir.** Partikel pasir pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap partikel pasir pada p-value sebesar  $< 0.05$ . Walaupun demikian nampak bahwa kandungan partikel pasir pada kedalaman 0-40 cm lebih rendah dibandingkan kedalaman tanah  $> 40$  cm.

**Partikel Debu.** Partikel debu pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap partikel debu pada p-value sebesar 0.05. Walaupun demikian nampak bahwa kandungan partikel debu pada kedalaman 0-20 cm lebih tinggi dibandingkan kedalaman tanah  $> 20$  cm.

**Partikel Liat.** Partikel liat pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan

pada Gambar 6. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap partikel liat pada p-value sebesar 0.05. Walaupun demikian nampak bahwa kandungan partikel liat pada kedalaman 0-40 cm lebih tinggi dibandingkan kedalaman tanah  $> 40$  cm.

**Pori Total Tanah.** Nilai pori total pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai ruang pori total pada p-value sebesar 0.05. Walaupun demikian nampak bahwa ruang pori total pada kedalaman 0-20 cm dan 40-65 cm lebih tinggi dibandingkan dengan kedalaman tanah lainnya. Hal ini mungkin disebabkan oleh kandungan c-organik pada kedalaman tanah tersebut cukup tinggi dibandingkan dengan kedalaman tanah lainnya.

**Pori Drainase Sangat Cepat.** Nilai pori drainase sangat cepat pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai pori drainase sangat cepat pada p-value sebesar  $< 0.05$ . Walaupun demikian nampak bahwa pori drainase sangat cepat pada kedalaman 40-95 cm lebih tinggi dibandingkan kedalaman tanah 0-40 cm.

**Pori Drainase Cepat.** Nilai pori drainase cepat pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai pori drainase cepat pada p-value sebesar 0.05. Walaupun demikian nampak bahwa semakin bertambah kedalaman tanah sampai pada kedalaman 65 cm pori drainase cepat semakin meningkat dan pada kedalaman berikutnya nilainya menurun.

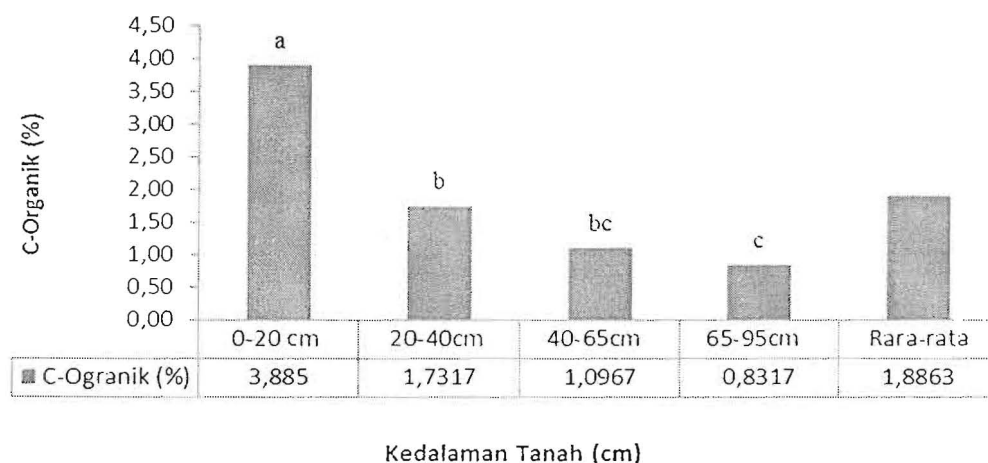
**Pori Drainase Lambat.** Nilai pori drainase lambat pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai pori drainase lambat pada p-value sebesar 0.05.

Walaupun demikian nampak bahwa semakin bertambah kedalaman tanah sampai pada kedalaman 65 cm pori drainase lambat semakin menurun dan pada kedalaman tanah berikutnya nilainya meningkat lagi.

**Ketahanan Penetrasi.** Nilai ketahanan penetrasi tanah pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11. Hasil analisis statistik (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai rata-rata ketahanan penetrasi tanah pada p-value sebesar  $< 0,05$ . Kedalaman tanah 65-95 cm mempunyai nilai rata-rata ketahanan penetrasi tanah tertinggi dan berbeda nyata dengan kedalaman tanah lainnya menurut hasil uji lanjut BNT  $\alpha = 0,05$ . Tingginya nilai ketahanan penetrasi tanah

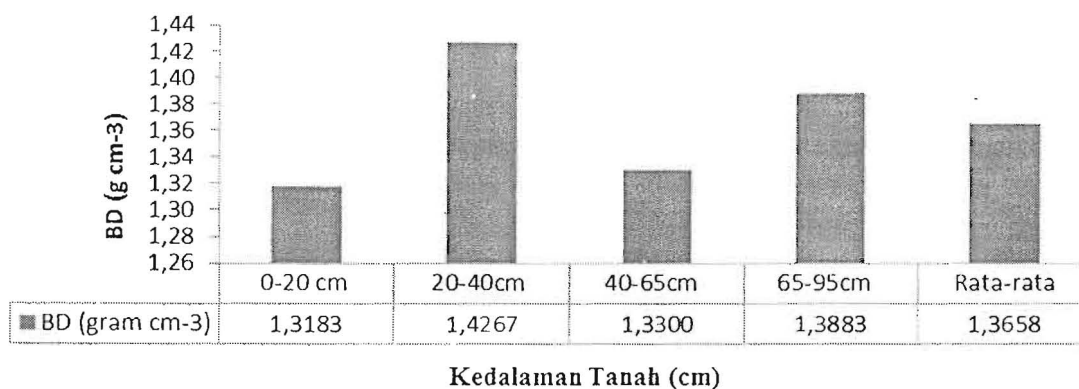
ini disebabkan oleh adanya pragmen kasar (batu) pada kedalaman tanah tersebut  $> 65$  cm.

**Konduktivitas Hidrolik Tanah Jenuh (Ks).** Nilai konduktivitas hidrolik jenuh (Ks) dan Ks efektif (nilai rata-rata tertimbang) pada berbagai kedalaman tanah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 12. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa kedalaman tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai konduktivitas hidrolik jenuh pada p-value sebesar  $< 0.05$ . Pada Gambar 12 nampak bahwa nilai konduktivitas hidrolik jenuh pada kedalaman tanah 0-40 cm lebih tinggi dibandingkan dengan kedalaman tanah lainnya. Nilai Ks efektif sebesar  $0.0515 \text{ cm menit}^{-1}$  ( $3.09 \text{ cm jam}^{-1}$ ) termasuk dalam kategori sedang.



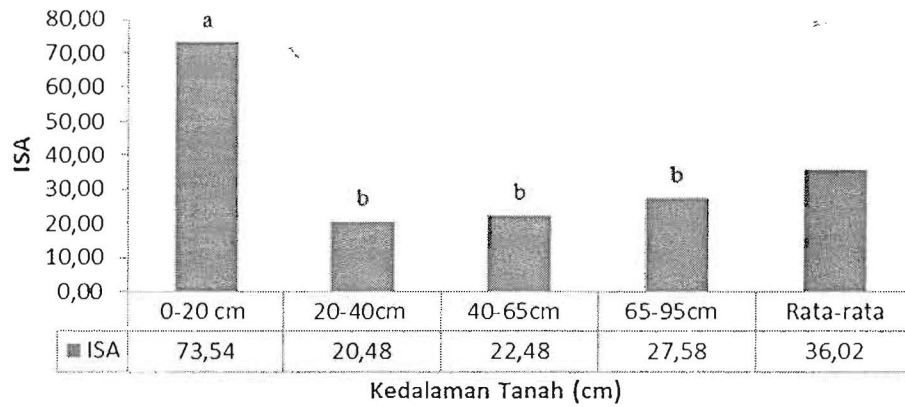
Gambar 1. Nilai C-Organik pada Berbagai Kedalaman Tanah

Ket : Huruf kecil yang sama pada ujung histogram menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT 0.05



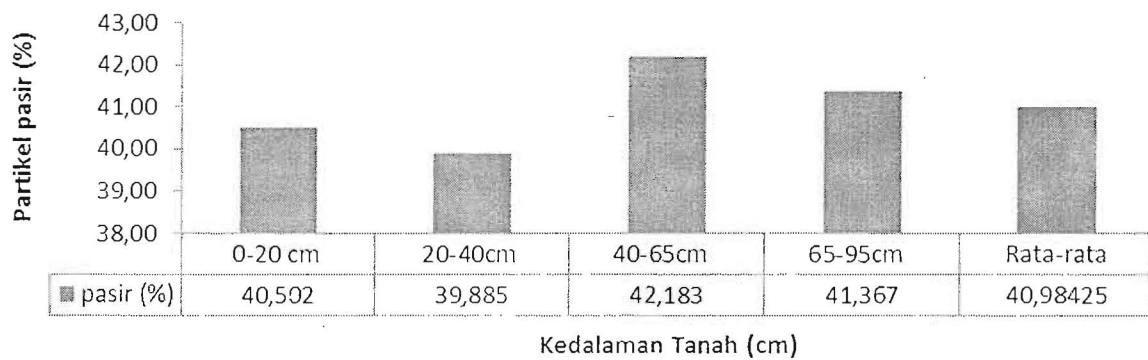
Gambar 2. Nilai Berat Volume Tanah pada Berbagai Kedalaman Tanah 0.05



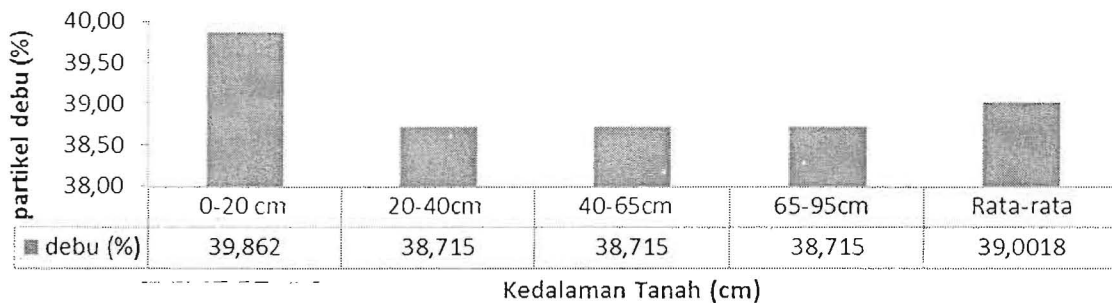


ambar 3. Nilai Indeks Stabilitas Agregat pada Berbagai Kedalaman Tanah

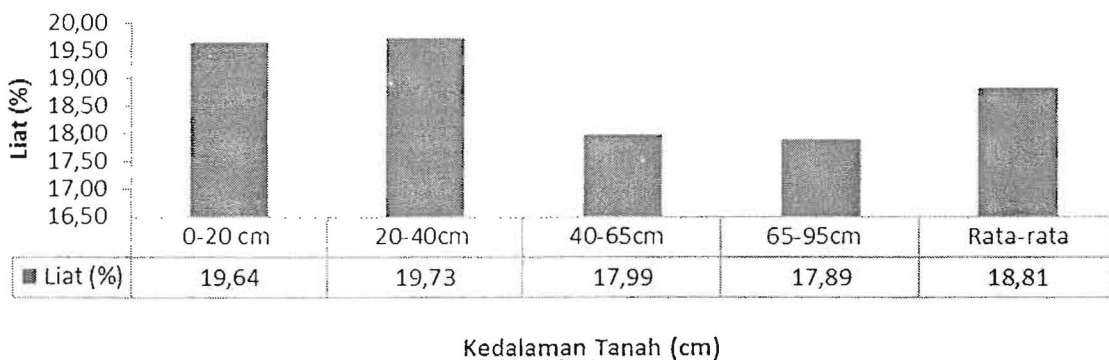
Ket : Huruf kecil yang sama pada ujung histogram menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT 0.05



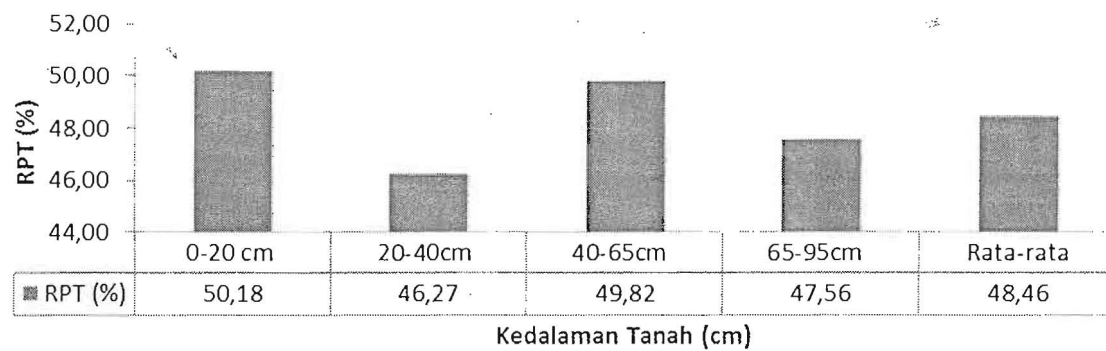
Gambar 4. Nilai Partikel Pasir pada Berbagai Kedalaman Tanah



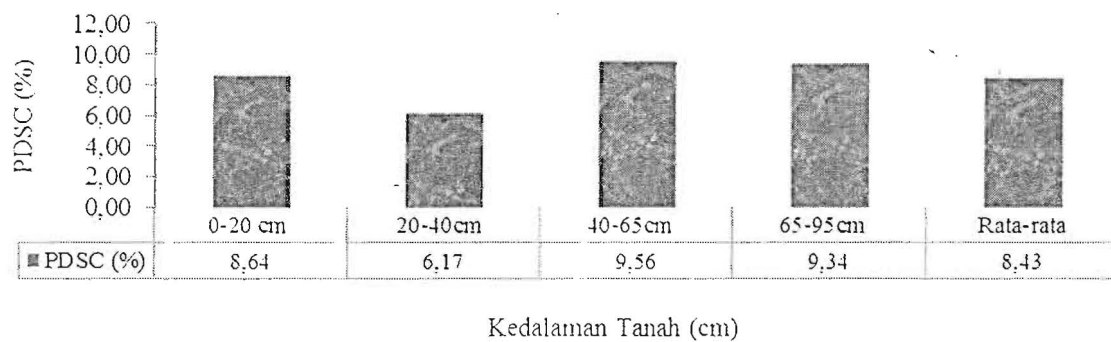
Gambar 5. Nilai Partikel Debu pada Berbagai Kedalaman Tanah



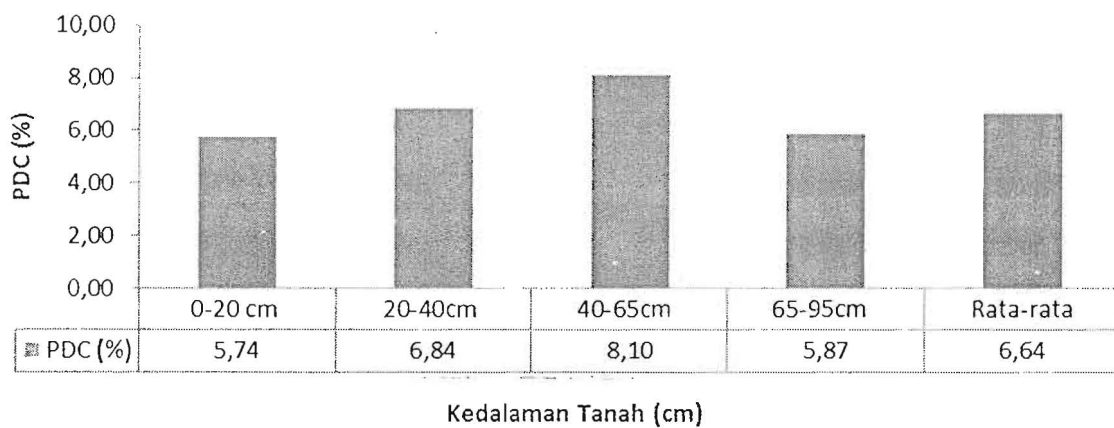
Gambar 6. Nilai Partikel Liat pada Berbagai Kedalaman Tanah



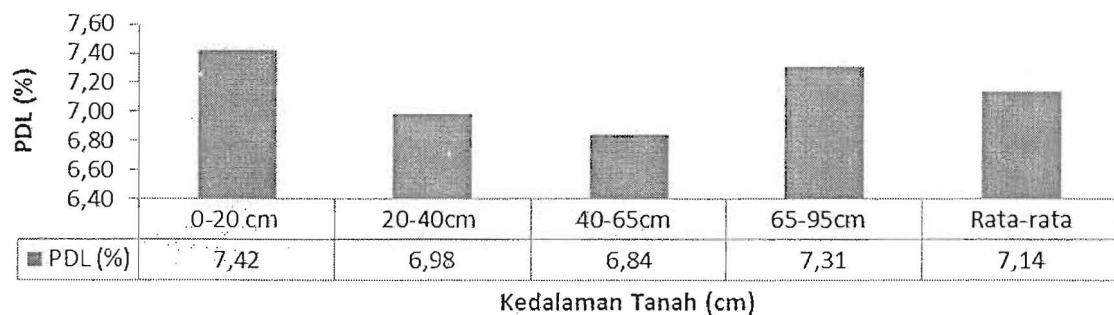
Gambar 7. Nilai Ruang Pori Total pada Berbagai Kedalaman Tanah



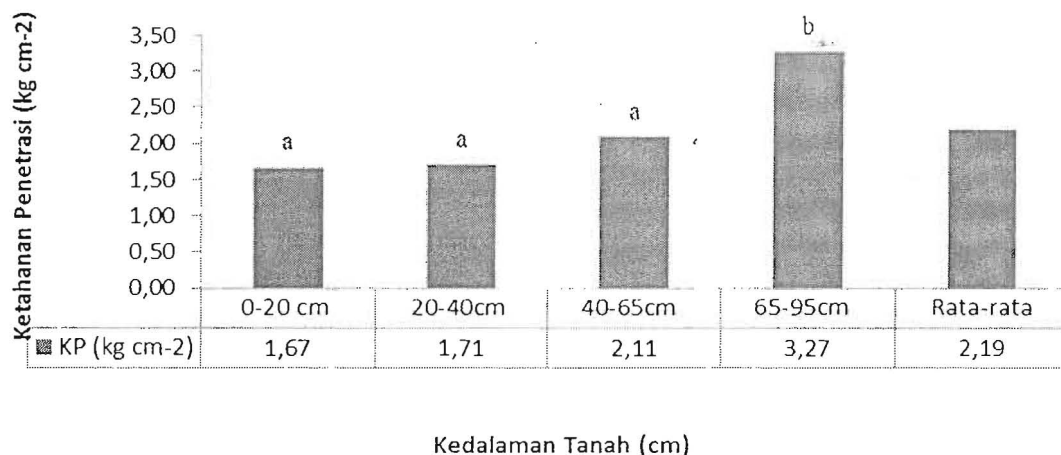
Gambar 8. Nilai Pori Drainase Sangat Cepat pada Berbagai Kedalaman Tanah



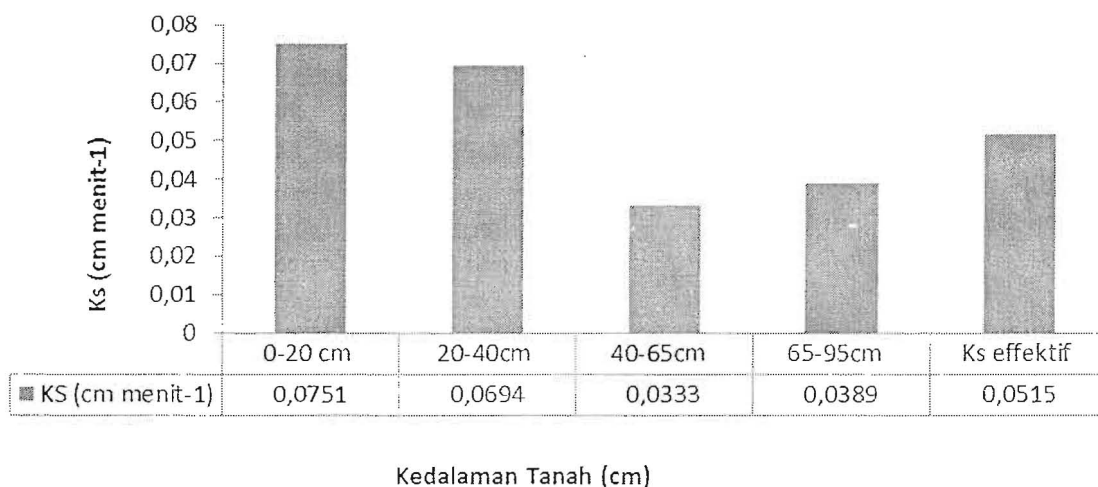
Gambar 9. Nilai Pori Drainase Cepat pada Berbagai Kedalaman Tanah



Gambar 10. Nilai Pori Drainase Lambat pada Berbagai Kedalaman Tanah



Gambar 11. Nilai Ketahanan Penetrasi pada Berbagai Kedalaman Tanah  
Ket : Huruf kecil yang sama pada ujung histogram menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT 0.05



Gambar 12. Nilai Ks pada Berbagai Kedalaman Tanah

Laju infiltrasi air ke dalam tanah berbanding lurus dengan konduktivitas hidrolis tanah jenuh sehingga pada lahan agroforestri kakao (perkebunan kakao) akan mempunyai laju infiltrasi cukup tinggi. Tingginya nilai *Kseffektif* pada agroforestri kakao 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. Faktor lain yang menyebabkan tingginya nilai *Kseffektif* adalah tingginya partikel pasir pada profil tanah. Konduktivitas hidrolis jenuh efektif (nilai rata-rata tertimbang) pada lahan agroforestri kakao yang nilainya termasuk dalam kategori kecepatan sedang. Kondisi ini belum menjamin tidak terjadinya

aliran permukaan dan erosi karena hasil penelitian yang dilakukan oleh Anwar (2003) di lokasi penelitian STORMA pada 3 penggunaan lahan yaitu hutan alam, hutan sekunder dan perkebunan kakao yang pohon pelindungnya sengaja ditanam menunjukkan bahwa curah hujan netto yang sampai ke permukaan tanah pada perkebunan kakao masih sangat tinggi dibandingkan dengan pada hutan alam dan hutan sekunder. Untuk menampung jumlah curah hujan netto yang sampai ke permukaan tanah dan memperbanyak jumlah air infiltrasi, menekan aliran permukaan dan erosi, maka upaya yang dapat ditempuh pada perkebunan kakao adalah membuat rorak pada areal pertanaman kakao dan pemberian mulsa. Jenis mulsa yang dapat digunakan adalah berasal



dari pertanaman kakao itu sendiri yaitu kulit buah kakao dan hasil pemangkasan cabang kakao serta pohon pelindung. Upaya lain yang dapat ditempuh agar intersepsi air hujan meningkat adalah mengelola sedemikian rupa pohon pelindung kakao sehingga terbentuk strata pohon yang mendekati kondisi hutan alam.

**Pengaruh Sifat Tanah Terhadap Konduktivitas Hidrolik Tanah Jenuh (Ks).** Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa model persamaan regresi berganda pada lahan agroforestri kakao adalah nyata pada p-value sebesar  $< 0,05$ , Persamaan regresi yang diperoleh untuk lahan agroforestri kakao sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (4-1) dengan  $R^2 = 0.63$ .

$$Ks = 10^{(-5.28 + 2.10 \log C-O - 6.63 \log BD - 1.51 \log ISA + 3.81 \log fP + 1.22 \log KP)};$$

$$R^2 = 0.63 \text{ (Agroforestri kakao)..... (3-1)}$$

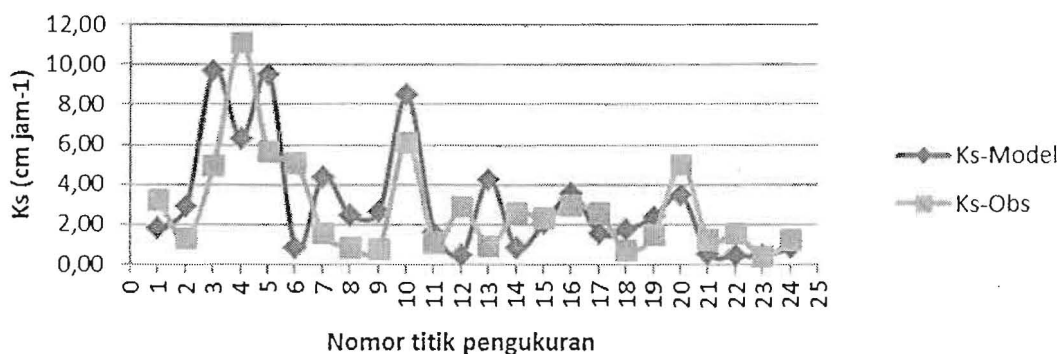
Dimana :

c-o = c-organik  
BD = berat volume tanah  
ISA = indeks stabilitas agregat  
fP = partikel pasir  
KP = ketahanan penetrasi tanah

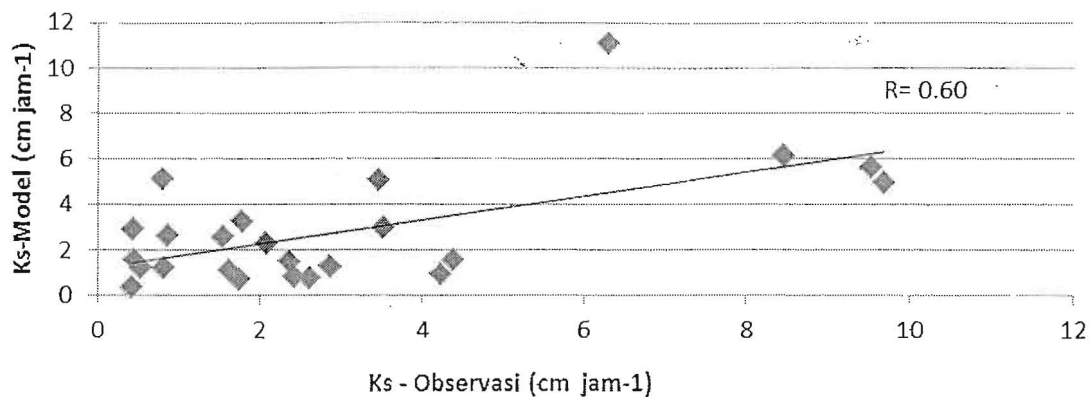
Dari model persamaan regresi menunjukkan bahwa semua variabel bebasnya yaitu : (1) c-organik tanah, (2) berat volume tanah, (3) indeks stabilitas agregat, (4) partikel pasir, (5) ketahanan penetrasi tanah, berpengaruh nyata terhadap nilai konduktivitas hidrolik tanah jenuh pada p-value sebesar  $< 0,05$ . Model persamaan regresi yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai Ks dengan menggunakan data sifat-sifat tanah yang ada

sehingga diperoleh data Ks hasil perhitungan. Data hasil perhitungan yang diperoleh bersama dengan data Ks hasil pengukuran digambarkan dalam satu kurva sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 13.

Sifat-sifat tanah yang menyusun model persamaan regresi terdapat sifat tanah yang dapat dikelola yaitu kandungan c-organik, berat volume, ketahanan penetrasi pada permukaan tanah. Indeks stabilitas agregat tanah dan kandungan partikel pasir tidak bisa dikelola atau diperbaiki. Upaya yang dapat dilakukan agar kandungan c-organik tanah tetap tinggi di dalam tanah pada pertanaman agroforestri kakao adalah memberikan pupuk organik berupa pupuk kandang dan kompos ke areal pertanaman kakao. Sumber bahan organik dapat diperoleh dari perkebunan kakao itu sendiri yaitu hasil pemangkasan cabang pohon pelindung dan cabang atau ranting, gulma, guguran daun dan kulit buah kakao agar tetap dipertahankan di dalam areal pertanaman. Kulit buah kakao yang selama ini tidak dikembalikan ke areal pertanaman merupakan sumber pupuk organik yang potensial untuk perkebunan kakao itu sendiri. Kulit kakao yang diperoleh setiap satu sampai dua minggu hendaknya dipotong-potong kemudian disebar ke areal pertanaman kakao secara merata. Kulit buah kakao ini disamping sebagai sumber c-organik juga berfungsi sebagai mulsa sehingga energi kinetik hujan yang jatuh ke permukaan tanah dapat dikurangi dan berdampak positif terhadap kestabilan struktur tanah.



Gambar 13. Perbandingan Nilai Ks Hasil Pengukuran dengan Hasil Perhitungan Model Regresi



Gambar 14. Hubungan Antara Nilai Ks Hasil Pengukuran dengan Hasil Perhitungan Model Regresi

Data Ks hasil perhitungan model dengan data hasil pengukuran di validasi dengan menggunakan persamaan regresi dan ternyata diperoleh nilai korelasi sebesar 0.60 ( $R=0.60$ ) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 14. Nilai korelasi yang diperoleh termasuk dalam kategori kuat.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kedalaman tanah pada lahan agroforestri kakao berpengaruh nyata pada beberapa karakter tanah, yaitu: c-organik tanah, indeks stabilitas agregat tanah dan ketahanan penetrasi tanah. Kedalaman tanah 0-20 cm (topsoil) mempunyai kandungan c-organik tanah dan indeks stabilitas agregat tanah tinggi dan semakin bertambah kedalaman tanah nilainya semakin rendah. Sedangkan ketahanan penetrasi tanah terjadi nilai yang sebaliknya. Nilai konduktivitas hidrolik tanah jenuh rata-rata tertimbang pada agroforestri kakao adalah sebesar  $0.0515 \text{ cm menit}^{-1}$  ( $3.09 \text{ cm jam}^{-1}$ ) termasuk dalam kategori kecepatan sedang.

Hasil analisis regresi berganda diperoleh model persamaan regresi konduktivitas hidrolik jenuh pada lahan agroforestri kakao sebagai berikut:

$$Ks = 10^{(-5.28 + 2.10 \log C-O - 6.63 \log BD - 1.51 \log ISA + 3.81 \log fP + 1.22 \log KP)}; R^2 = 0.63 \text{ (Agroforestri kakao)}$$

Dimana:

- c-o = carbon-organik
- BD = berat volume tanah
- ISA = indeks bilitas agregat,
- fP = partikel pasir,
- KP = ketahanan penetrasi tanah

Varibel sifat tanah yang menyusun model regresi semuanya berpengaruh nyata terhadap konduktivitas hidrolik tanah jenuh pada p-value sebesar  $< 0.05$ . Sifat tanah yang dapat dikelola adalah kandungan c-organik dan berat volume tanah sedangkan sifat tanah lainnya tidak dapat diperbaiki.

### Saran

Untuk lebih meningkatkan nilai konduktivitas hidrolik tanah jenuh pada lahan agroforestri kakao, maka upaya yang dapat dilakukan adalah menjaga atau menambah bahan organik ke dalam tanah. Sumber bahan organik pada areal perkebunan kakao dapat berasal dari hasil pemangkasan cabang kakao dan pohon pelindung serta kulit buah kakao. Kulit buah kakao yang ada di potong-potong kemudian disebar merata ke permukaan tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar M. 2003. *Intersepsi Hujan oleh Hutan Alam dan Kebun Coklat di Kawasan Batas Hutan Taman Nasional Lore Lindu Sulawesi Tengah*. Tesis (tidak dipublikasi), Bogor : Sekolah Pasca Sarjana IPB.
- 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.
- Baver LD, WH Gardner, WR Gardner. 1972. *Soil Physics*. Ed ke-4, New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Brooks, KN, PF Ffolliott, HM Gregessen, JL Thames. 1992. *Hydrology and The Management of Watersheds*. Iowa: Iowa State University Press.
- Cambell GS. 1985. *Soil Physics With Basic Transport Models For Soil-Plant Systems*. ELSEVIER-Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
- 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*.
- Jury W, R Horton. 2004. *Soil Physics*. Ed ke-6, New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Kohnke H. 1989. *Fisika Tanah*. Kertonegoro BD, Penerjemah ; Yogyakarta : Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UGM, Terjemahan dari : *Soil Physics*.
- Leuschner C, D Holscher. 2003. *Proposal Penelitian di STORMA bidang B4 dengan topik "Changes in the hydrological cycle along a gradient of forest use"*. Jerman : Universitat Gottingen.
- Mualem Y. 1976. *A New Model for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Porous Media*. Di dalam : Anderson MG, TP Burt, 1990. *Process Studies In Hillslope Hydrology*. New York : John Wiley and Sons, Chichester.
- 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 Pebruari 2004.
- Van Genuchten MTh. 1980. *A Closed-Form Equation For Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soil*. Di dalam : Anderson MG, TP Burt, editor, *Process Studies In Hillslope Hydrology*. New York : John Wiley and Sons, Chichester.
- Van Noordwijk, M., Cadisch, G., Ong, C.K. 2004. *Below-Ground Interactions in Tropical Agroecosystems: Concepts and Models with Multiple Plant Components*. CABI, Cambridge, USA.