

DEGRADASI SIFAT FISIK TANAH SEBAGAI AKIBAT ALIH GUNA LAHAN HUTAN MENJADI SISTEM KOPI MONOKULTUR: KAJIAN PERUBAHAN MAKROPOROSITAS TANAH

Didik Suprayogo¹⁾, Widiyanto¹⁾, Pratiknyo Purnomosidi³⁾, Rudy Harto Widodo³⁾, Fisa Rusiana²⁾, Zulva Zauhara Aini²⁾, Ni'matul Khasanah³⁾, dan Zaenal Kusuma¹⁾

¹⁾Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang

²⁾Alumni Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang

³⁾World Agroforestry Centre, ICRAF SE Asia, P.O.Box 161, Bogor 16001

ABSTRACT

Forest soils, which typically have a high surface infiltration rate and substantial macroporosity (due to soil biological activity and tree root turnover) facilitate deep infiltration. The past conversion of forest to coffee may have caused changes in the hydrology of the Way Besai watershed primarily through changes in the physical quality of the soil. Soil structure, at the soil surface, in topsoil and deeper layers determines the fate of water flows after rainfall, and degradation of soil structure provides an early warning for changes in hydrology. Therefore, this research was intended to derive a quantitative understanding of the main factors that affect macroporosity and infiltration. Field observations (with four replications) were conducted on remnant forest on the ridge top and coffee monoculture 1, 3, 7, and 10 years old on the upper and medium slopes, an established secondary forest and on land affected by a recent land slide with coffee monoculture. We measured soil texture, soil organic matter, crusting, root distribution and dye infiltration as indicator of macroporosity. Most indicators of soil quality were lower for the coffee gardens compared to the forest plots. Macroporosity was lowest in the 3 year old gardens (3.4 % of the total pore), and tended to be higher in the 7 and 10 year old gardens (5.3 % and 6.6 % of the total pore respectively). Macroporosity in forest was highest (18.2 % of the total pore). Strategies to speed up the improvement of macroporosity can be based on (1) elimination of soil crusting through deep soil tillage (short term effect), (2) increasing soil organic matter content by

planting cover crops (medium term) or (long term) by increasing tree diversity in forms of multistrata agroforestry, and (3) increasing root distribution in the soil profile with selecting tree with deep root under multistrata agroforestry development.

Keyword: landuse-change, soil-degradation, macroporosity, infiltration, soil-physics, forest-conversion

ABSTRAK

Tanah hutan, mempunyai laju infiltrasi permukaan yang tinggi dan makroporositas yang relatif banyak, sejalan dengan tingginya aktivitas biologi tanah dan *turnover* perakaran. Kondisi ini mempermudah air hujan yang jatuh mengalir ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam. Alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi diduga menjadi penyebab utama perubahan hidrologi DAS Way Besai. Perubahan fungsi hidrologi ini diduga disebabkan oleh menurunnya makroporositas dan laju infiltrasi sebagai akibat penurunan kualitas sifat fisik tanah. Penelitian ini ditujukan untuk memahami secara kuantitatif faktor utama yang menyebabkan perubahan makroporositas tanah pasca alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur dan dampaknya terhadap infiltrasi tanah.

Pengukuran makroporositas, ketahanan penetrasi, distribusi perakaran tanaman dan pengambilan contoh tanah untuk analisa bahan organik, tekstur dan kemantapan agregat tanah dilakukan di lahan hutan sekunder dan sistem kopi monokultur di desa Bodong, Sumberjaya, Lampung

Barat. Pengukuran dilakukan pada enam kondisi dengan empat ulangan yaitu (1) hutan sekunder (2) kopi monokultur umur 1 tahun, (3) kopi monokultur umur 3 tahun, (4) kopi monokultur umur 7 tahun, (5) kopi monokultur umur 10 tahun, dan (6) Tanah longsor dengan tanaman kopi monokultur.

Hasil penelitian ini mengindikasikan sistem kopi monokultur hingga tanaman kopi berumur 10 tahun, masih belum mampu menyamai fungsi hutan dalam mempertahankan fungsi hidrologi tanah. Makroporositas terendah di kopi monokultur umur 3 tahun (3.4% dari total pori), dan meningkat pada kopi monokultur umur 7 tahun (5.3% dari total pori) dan 10 tahun (6.6 % dari total pori). Makroporositas di lahan hutan adalah tertinggi (18.2 % dari total pori)

Perbaikan makroporositas pada sistem kopi monokultur masih diperlukan. Diperlukan strategi untuk mempercepat perbaikan makroporositas yaitu dengan (1) menghilangkan pengkerakan tanah atas dengan pengolahan dalam secara berkala, (2) peningkatan kandungan bahan organik melalui peningkatan masukan seresah dengan cara penanaman tanaman penutup tanah dan atau peningkatan diversivitas tanaman pohon dalam bentuk agroforestri multistrata. Peningkatan diversivitas tanaman pohon dalam bentuk agroforestri multistrata juga merupakan strategi ke (3) dalam rangka meningkatkan jumlah dan penyebaran sistem perakaran.

Kata kunci : Alih guna lahan, degradasi tanah, makroporositas, infiltrasi, sifat fisik tanah, konversi hutan

PENDAHULUAN

Tanah hutan mempunyai laju infiltrasi permukaan yang tinggi dan makroporositas yang relatif banyak, sejalan dengan tingginya aktivitas biologi tanah dan *turnover* perakaran. Kondisi ini mendukung air hujan yang jatuh dapat 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 (makroporositas). Dengan kata lain, pembentukan makroporositas ini selain disebabkan oleh adanya celah atau ruang yang terbentuk dari pemadatan matrik tanah juga adanya gangguan aktivitas perakaran, hewan tanah, pembengkaan, perekahan dan pengkerutan tanah (Marshall *et al.*, 1999). Lebih jauh, exudant akar dan akar yang mati khususnya akar rambut akan memicu aktivitas mikroorganisme yang akan menghasilkan bahan humik yang berfungsi sebagai semen. Bahan humik tanah mempunyai peranan yang besar terhadap agregasi liat tanah yang berukuran relatif kecil, sedang peranannya

terhadap agregasi agregat kecil atau partikel debu dan pasir relatif kecil (Marshall *et al.*, 1999).

Di Sumberjaya, pembukaan lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur umumnya dilakukan dengan cara tebang bakar dan pembersihan permukaan tanah. Kegiatan ini diduga sebagai penyebab rusaknya struktur tanah baik di lapisan atas maupun lapisan bawah. Kerusakan struktur tanah akan berdampak terhadap penurunan jumlah makroporositas tanah dan lebih lanjut akan diikuti penurunan laju infiltrasi permukaan tanah dan peningkatan limpasan permukaan. Kerusakan struktur tanah yang demikian akan menyebabkan berubahnya pola aliran air di dalam sistem tata guna lahan.

Kerusakan struktur tanah diawali dengan penurunan kestabilan agregat tanah sebagai akibat dari pukulan air hujan dan kekuatan limpasan permukaan. Penurunan kestabilan agregat tanah berkaitan dengan penurunan kandungan bahan organik tanah, aktivitas perakaran tanaman dan mikroorganisme tanah. Penurunan ketiga agen pengikat agregat tanah tersebut selain menyebabkan agregat tanah relatif mudah pecah sehingga menjadi agregat atau partikel yang lebih kecil juga menyebabkan terbentuknya kerak di permukaan tanah (*soil crusting*) yang mempunyai sifat padat dan keras bila kering. Agregat atau partikel-partikel yang halus akan terbawa aliran air ke dalam tanah sehingga menyebabkan penyumbatan pori tanah. Pada saat hujan turun kerak yang terbentuk di permukaan tanah juga menyebabkan penyumbatan pori tanah. Akibat proses penyumbatan pori tanah ini porositas tanah, distribusi pori tanah, dan kemampuan tanah untuk mengalirkan air mengalami penurunan dan limpasan permukaan akan meningkat. Untuk itu kuantifikasi faktor-faktor pengendali makroporositas sangat diperlukan.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk memahami secara kuantitatif faktor utama yang menyebabkan perubahan makroporositas tanah sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi sistem kopi monokultur dan dampaknya terhadap infiltrasi tanah. Hasil kajian ini diharapkan dapat digunakan sebagai landasan strategi pengelolaan tanah terdegradasi di kawasan DAS Way Besai dan tempat lain yang serupa.

BAHAN DAN METODA

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari - Desember 2001. Pengambilan contoh tanah dilakukan di lahan milik petani dan kawasan hutan Desa Bodong (5° 1.5' LS, 104°26' BT), Kecamatan Sumber Jaya, Lampung Barat. Lokasi ini terletak pada ketinggian 800 - 1000 m dpl. Desa ini dikelilingi oleh kawasan hutan TGHK (Tata Guna Hutan Kesepakatan) No register 45B.

Pengamatan dan pengambilan contoh tanah dilakukan di enam macam penggunaan lahan yang berbeda yaitu lahan hutan sekunder dan kopi monokultur umur 1, 3, 7, 10 tahun dan tanah longsor dengan kopi monokultur. Pengamatan dilakukan pada lahan dengan kisaran kemiringan 22 - 38° dengan empat ulangan.

Pengambilan dan analisa contoh tanah

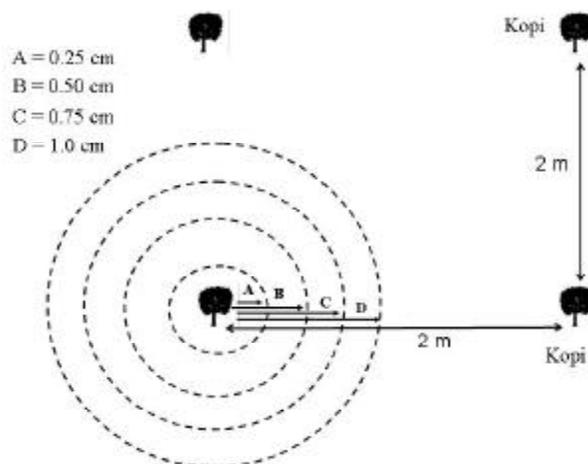
Pengambilan contoh tanah dilakukan pada kedalaman 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60 dan 60 - 100 cm di enam macam penggunaan lahan yang berbeda seperti yang telah disebutkan diatas. Pengambilan contoh tanah berupa contoh tanah terganggu dan agregat utuh. Contoh tanah terganggu digunakan untuk analisis sebaran partikel tanah (tekstur tanah) dan kandungan bahan organik tanah, sedang agregat utuh digunakan untuk analisis kemantapan agregat tanah. Bahan organik dianalisa dengan metode Walkey and Black. Tekstur tanah dianalisa dengan metode Pipet. Kemantapan agregat diukur dengan menggunakan metode ayakan basah dengan kecepatan pengocokan 70 rpm dalam waktu 5 menit.

Pengukuran penetrasi tanah

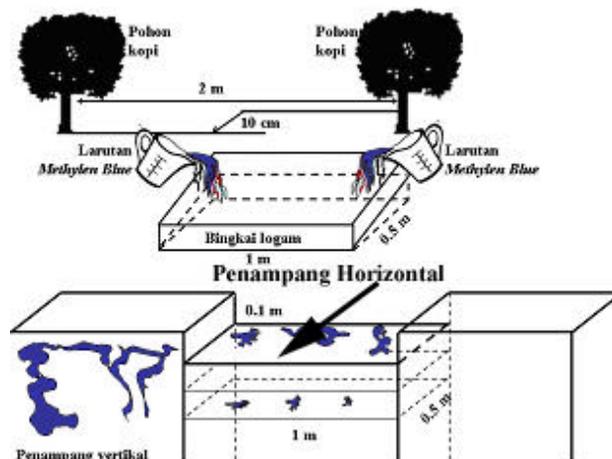
Pengamatan penetrasi tanah digunakan untuk mengkuantifikasi kekerasan pembentukan kerak di permukaan tanah. Pengamatan ini menggunakan asumsi bahwa pada tanah yang telah mengalami pengkerakan secara intensif memiliki ketahanan penetrasi yang tinggi. Pengukuran penetrasi tanah dilakukan dengan menggunakan alat penetrometer. Pengamatan dilakukan dengan cara memasukkan jarum penetrometer perlahan-lahan ke dalam tanah hingga kedalaman 5 cm, besarnya penetrasi tanah diperoleh dengan membaca besarnya gaya yang dihasilkan pada alat. Pengamatan ini dilakukan 10 kali di setiap zone di lokasi pengamatan (Gambar 1).

Pengukuran makroporositas

Jumlah pori makro diukur menggunakan metode *Methylene Blue*, dengan melihat pola sebaran warna biru dari larutan *methylene blue* dalam profil tanah. Larutan methylen blue (70 g methylen blue per 200 liter air) dituangkan secara bertahap ke dalam tanah yang telah dibatasi oleh bingkai logam berukuran 100 cm x 50 cm x 30 cm (Gambar 2), dibiarkan selama 3-6 jam hingga larutan *methylene blue* meresap ke dalam tanah. *Methylene blue* akan melewati pori makro tanah sehingga tanah berwarna biru, tetapi jika melewati pori mikro tanah tidak akan berwarna biru karena *methylene blue* terserap oleh matrik tanah melalui pori makro tanah. Setelah permukaan tanah terlihat kering, tanah di bagian depan dan belakang dari bingkai logam digali sedalam 100 cm. Dengan demikian terlihat sebaran warna biru dari cairan



Gambar 1. Zonasi pengukuran penetrasi tanah berdasarkan jarak terhadap pohon kopi



Gambar 2. Skema proses pengukuran jumlah pori makro menggunakan metoda pewarnaan methylen blue.

methylene blue, yang menggambarkan sebaran pori makro pada irisan vertikal. Selanjutnya, tanah seluas 100 cm x 100 cm digali pada kedalaman 5, 15, 35, 55, 75 dan 95 cm. Bercak-bercak biru yang terlihat pada setiap kedalaman merupakan sebaran pori makro pada bidang horizontal. Sel lembar plastik transparan diletakkan pada permukaan bidang yang diamati, semua bercak biru yang terlihat dipetakan. Pola sebaran warna biru, digambar ulang pada kertas kalkir dan difotocopi. Dengan demikian warna biru yang nampak dari *methylene blue* tergambar hanya dalam warna hitam. Selanjutnya luas bercak hitam dari peta pori makro dihitung luasnya menggunakan komputer program IDRISI.

Pengukuran laju infiltrasi tanah

Infiltrasi tanah diukur dengan dua pendekatan yaitu menggunakan curah hujan buatan dan curah hujan alami. Infiltrasi tanah dengan curah hujan buatan diukur

dengan menggunakan alat rainfall simulator pada luasan tanah 0.2 m x 0.3 m, intensitas hujan 60 mm jam⁻¹ selama 5 menit dan diulang 3 kali secara berturut-turut. Limpasan permukaan diukur setiap 30 detik. Laju infiltrasi tanah diperoleh dengan cara menghitung selisih curah hujan dengan limpasan permukaan yang dinyatakan dalam cm jam⁻¹. Laju infiltrasi yang disajikan adalah laju infiltrasi konstan saat kondisi tanah telah jenuh.

Pengukuran infiltrasi dengan curah hujan alami diukur pada luasan lahan 4 m x 10 m. Dari luasan lahan tersebut setiap kejadian hujan diukur besarnya limpasan permukaan dengan menggunakan alat penampung "Chin-ong-meter". Laju infiltrasi tanah diperoleh dengan cara menghitung selisih curah hujan dengan limpasan permukaan dan dinyatakan dalam % curah hujan (Widiyanto et al., 2004). Intersepsi kanopi tanaman diasumsikan tidak ada.

Pengukuran biomassa akar

Pengambilan contoh akar dilakukan dengan menggunakan metode *root trenching* pada profil yang sama pada saat pengambilan contoh tanah. Metode ini dilakukan dengan cara meratakan permukaan profil tanah. Tanah dalam penampang profil tanah dipotong-potong dalam blok tanah dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 20 cm dan tebal 10 cm. Contoh akar dalam blok tanah dipisahkan dari tanah dengan cara disiram dengan air di atas dua lapis saringan 2 dan 0.5 mm, sehingga tanah bisa lolos saringan dan akar tertinggal dalam saringan. Akar tanaman yang tertinggal dalam

saringan dipisahkan dari seresah lainnya. Contoh akar ini kemudian dikering-ovenkan pada suhu 80°C selama 48 jam, ditimbang untuk menetapkan biomasanya.

Analisis statistika

Data yang diperoleh dianalisis keragamannya (Uji F taraf 5% dan 1%), parameter yang berbeda nyata selanjutnya dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) menggunakan program GENSTAT 6.0. *edition*. Uji korelasi parsial sifat fisik tanah dan perakaran tanaman dengan makroporositas dilakukan dengan menggunakan program SPSS 10.0.

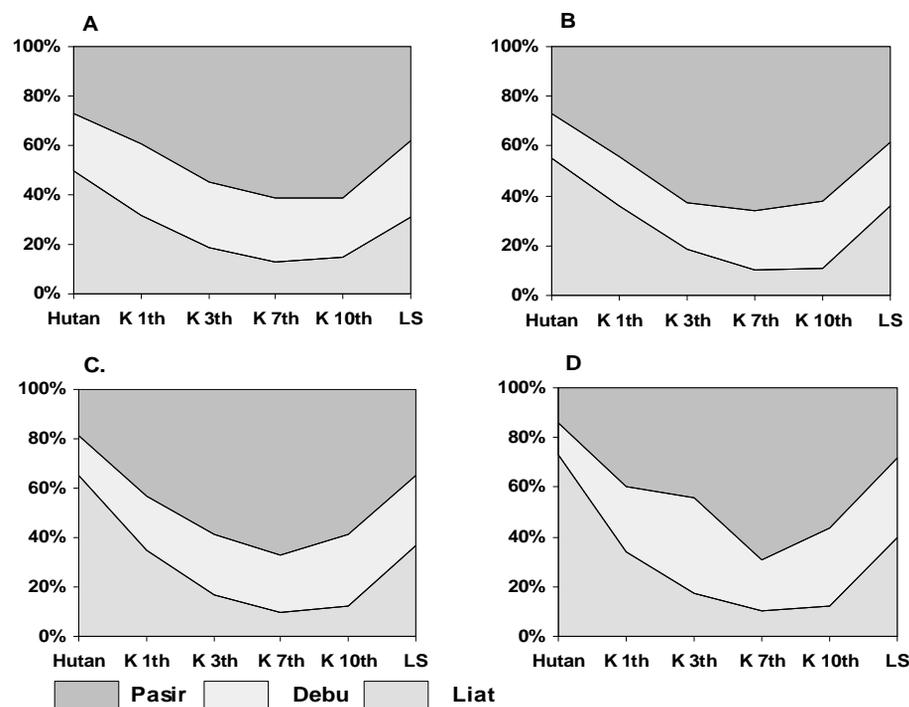
HASIL

Tekstur tanah

Tekstur tanah di lahan hutan lebih kasar dibandingkan dengan tanah di lahan kopi monokultur (Gambar 3). Kelas tekstur tanah di lahan hutan berkisar dari lempung liat berpasir hingga lempung berpasir, sedang di lahan kopi monokultur semuanya termasuk dalam kelas tekstur liat.

Bahan Organik Tanah

Akibat alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur terjadi degradasi bahan organik tanah secara drastis setelah satu tahun pembukaan lahan. Pada kedalaman 0 - 20 dan 20 - 40 cm perbaikan bahan organik tanah secara bertahap terus berlangsung sampai tanaman kopi berumur 10 tahun (Tabel 1). Perbaikan bahan organik setelah kopi umur sepuluh



Gambar 3. Distribusi partikel tanah pada daerah survei pada berbagai kedalaman a. 0 - 20 cm, 20 - 40 cm, 40 - 60 cm, dan 60 - 100 cm

tahun masih belum setinggi kandungan bahan organik di lahan hutan untuk tanah lapisan atas (0 - 20 cm).

Kemantapan agregat tanah

Alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur sampai umur kopi 40 tahun tidak berbeda nyata terhadap kemantapan agregat tanah (Tabel 2). Perbedaan nyata akibat alih guna lahan tersebut hanya dijumpai di kedalaman 0 – 20 cm pada lahan kopi yang telah mengalami longsor (*land slide*).

Ketahanan penetrasi tanah

Alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur secara nyata menyebabkan pembentukan kerak di permukaan tanah (*soil crusting*) sebagai akibat penyumbatan pori-pori tanah oleh partikel liat. Kerak di permukaan tanah ini keras dan relatif padat dibanding tanah tidak berkerak. Pengkerakan lapisan tanah atas ini ditunjukkan dengan meningkatnya ketahanan penetrasi tanah di kebun kopi monokultur (Tabel 3). Proses lain sebagai akibat *land slide* adalah terjadinya kerusakan ikatan partikel tanah. Kerusakan ikatan antar partikel yang terjadi terjadi di lahan yang

mengalami *land slide* menyebabkan tanah relatif gembur sehingga ketahanan penetrasi relatif rendah.

Perakaran tanaman

Alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur sangat nyata menurunkan biomassa akar (Gambar 4). Perbaikan sistem perakaran pada kedalaman lebih besar dari 40 cm baru dicapai pada saat tanaman kopi telah berumur 10 tahun, sedang pada kedalaman 0-40 cm perakaran hutan masih lebih banyak dibanding dengan kopi umur 10 tahun

Distribusi makroporositas

Alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur sangat nyata ($p < 0.01$) menurunkan makroporositas tanah, sedang pemulihan kembali sejalan dengan perkembangan umur tanaman kopi berjalan lambat (Gambar 5).

Korelasi makroporositas dengan sifat fisik tanah dan perakaran tanaman

Perubahan makroporositas tanah secara nyata dipengaruhi oleh sebaran partikel tanah, kandungan bahan organik tanah terutama di lapisan atas,

Tabel 1. Perubahan kandungan bahan organik tanah (BOT) sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur.

| Perlakuan | BOT (%) pada kedalaman tanah : | | | |
|---------------|--------------------------------|---------|-------|--------|
| | 0-20 | 20-40 | 40-60 | 60-100 |
| | (cm) | | | |
| Hutan | 4.09 d | 1.32 b | 0.89 | 0.46 |
| Kopi 1 tahun | 1.87 b | 1.19 ab | 0.91 | 0.31 |
| Kopi 3 tahun | 2.00 b | 1.10 ab | 0.71 | 0.77 |
| Kopi 7 tahun | 2.18 b | 1.20 ab | 1.14 | 1.00 |
| Kopi 10 tahun | 3.27 c | 1.81 c | 1.58 | 0.98 |
| Land slide | 1.03 a | 0.76 a | 0.89 | 0.52 |
| BNT | 0.52 | 0.46 | tn | tn |

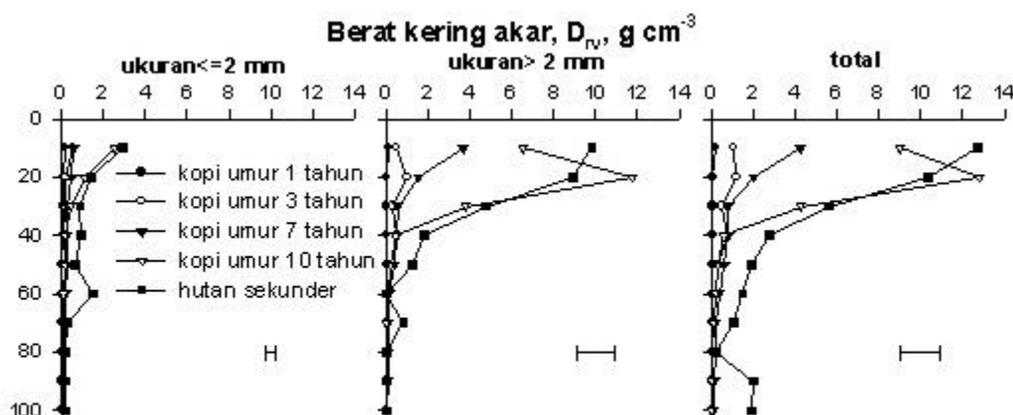
Tabel 2. Perubahan kemantapan agregat tanah sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur.

| Perlakuan | Rasio Diameter Massa Rata (DMR) di kedalaman tanah (cm) | | | |
|-------------------|---|-------|-------|--------|
| | 0-20 | 20-40 | 40-60 | 60-100 |
| Hutan | 4.13 b | 2.38 | 1.91 | 2.62 |
| Kopi 1 tahun | 4.29 b | 2.36 | 0.87 | 1.20 |
| Kopi 3 tahun | 3.47 ab | 2.18 | 1.24 | 0.75 |
| Kopi 7 tahun | 4.12 b | 1.41 | 0.58 | 1.28 |
| Kopi 10 tahun | 3.96 b | 1.46 | 0.82 | 0.70 |
| Land slide | 2.13 a | 2.53 | 2.00 | 1.64 |
| BNT | 1.289 | tn | tn | tn |

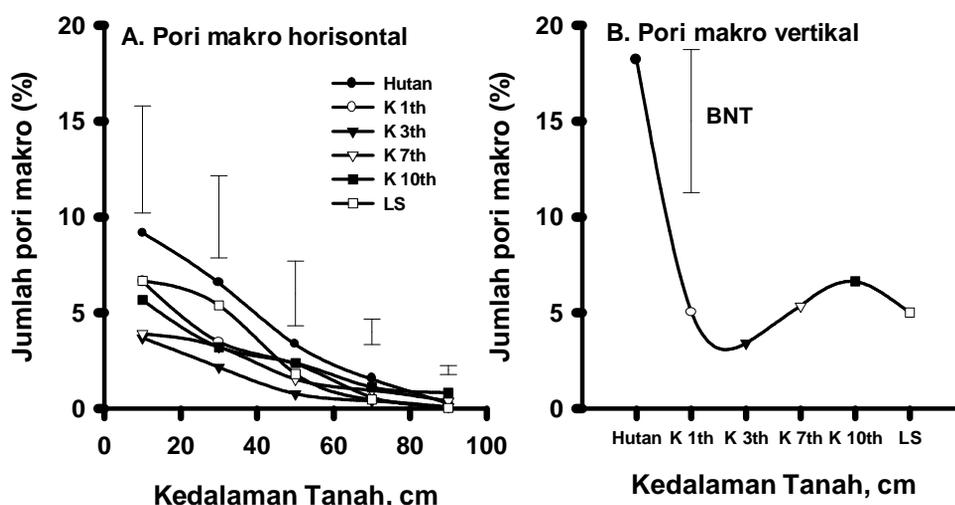
Tabel 3. Perubahan ketahanan penetrasi tanah sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur.

| Perlakuan | Ketahanan penetrasi (kg cm^{-3}) di zona (jarak dari pohon kopi, cm) | | | |
|---------------|---|--------|---------|---------|
| | 0-25 | 25-50 | 50-75 | 75-100 |
| Hutan | 1.50 ab | 1.36 b | 1.23 ab | 1.21 ab |
| Kopi 1 tahun | 2.29 b | 2.45 b | 2.48 b | 2.46 bc |
| Kopi 3 tahun | 2.53 b | 2.66 b | 2.48 b | 2.40 b |
| Kopi 7 tahun | 3.29 b | 3.30 b | 3.39 c | 3.08 c |
| Kopi 10 tahun | 2.61 b | 2.49 b | 2.51 bc | 2.11 b |
| Land slide | 0.92 a | 0.93 a | 0.85 a | 0.78 a |
| BNT | 1,319 | 1,167 | 0,21 | 0,769 |

Keterangan (Tabel 1-3): huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0.05$), tn= tidak nyata



Gambar 4. Berat kering akar, D_{rv} , $g\ cm^{-3}$ di lahan hutan dan kopi monokultur pada umur 1,3,7 dan 10 tahun



Gambar 5. Distribusi makroporositas secara horisontal dan vertikal di lahan hutan dan tanaman kopi monokultur pada umur 1, 3, 7 dan 10 tahun dan *land slide*.

pembentukan kerak di lapisan atas dan distribusi perakaran tanaman, sedang kemantapan agregat kurang berpengaruh langsung terhadap makroporositas (Tabel 4). Meningkatnya kandungan liat dan debu dan menurunnya kandungan pasir akan berdampak terhadap penurunan makroporositas tanah. Kandungan bahan organik tanah hingga kedalaman 60 cm masih berperan dalam memperbaiki makroporositas tanah. Perkembangan perakaran yang menyebar kedalam lapisan tanah baik secara vertikal maupun horisontal berdampak terhadap peningkatan makroporositas tanah. Hancuran agregat tanah yang masuk kedalam lapisan tanah bersamaan dengan aliran air menyebabkan penyumbatan pori tanah sehingga ketahanan penetrasi tanah meningkat dan makroporositas menurun.

Dampak makroporositas terhadap infiltrasi tanah

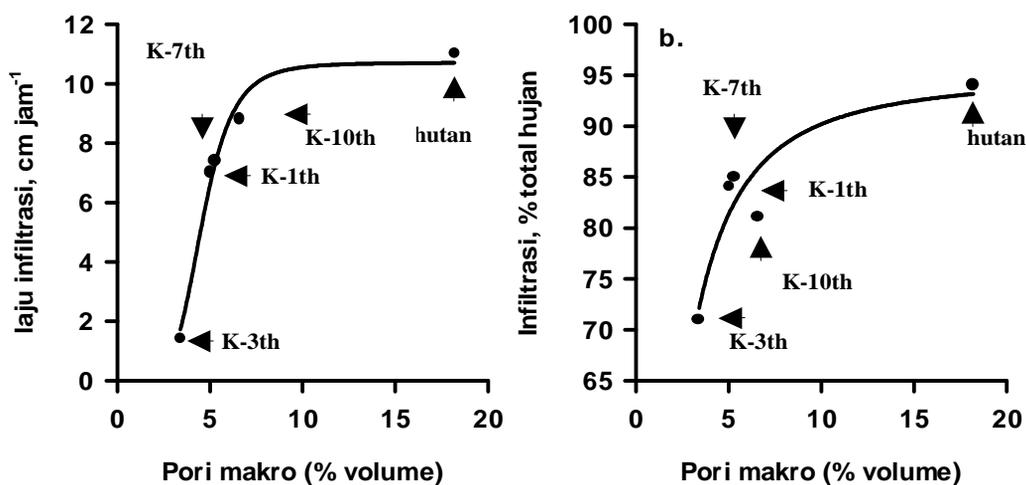
Dampak makroporositas terhadap infiltrasi tanah mencapai optimal pada saat makroporositas mencapai 10% volume (Gambar 6). Peningkatan makroporositas di atas 10% volume, tidak diikuti oleh peningkatan infiltrasi yang nyata. Namun, terjadi peningkatan infiltrasi secara nyata pada makroporositas diantara 0-10%. Akibatnya juga terjadi penurunan limpasan permukaan secara nyata.

PEMBAHASAN

Penelitian ini membuktikan bahwa tanah hutan mempunyai makropori relatif lebih banyak dan laju infiltrasi permukaan yang lebih tinggi dibanding kebun kopi monokultur (Gambar 5 dan Gambar 6). Hutan telah terbukti mampu menurunkan limpasan permukaan dan erosi (Widiyanto et al., 2004). Hal ini

Tabel 4. Korelasi makroporositas dengan sifat fisik tanah dan perakaran tanaman di lahan hutan dan tanaman kopi monokultur pada umur 1, 3, 7 dan 10 tahun.

| Sifat fisik tanah dan perakaran | Kedalaman (cm) | Korelasi dengan makroporositas (%) | | | | | |
|---|----------------|------------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | Vertikal | Horisotal pada kedalaman (cm) | | | | |
| | | | 10 | 30 | 50 | 70 | 90 |
| Kandungan liat tanah (%) | 0-20 | -0.98 | -0.80 | -0.92 | -0.76 | -0.93 | -0.93 |
| | 20-40 | -0.92 | -0.71 | -0.81 | -0.64 | -0.83 | -0.87 |
| | 40-60 | -0.93 | -0.85 | -0.88 | -0.80 | -0.88 | -0.96 |
| | 60-100 | -0.71 | -0.57 | -0.55 | -0.44 | -0.57 | -0.73 |
| Kandungan debu tanah (%) | 0-20 | -0.89 | -0.60 | -0.77 | -0.53 | -0.80 | -0.79 |
| | 20-40 | -0.40 | -0.59 | -0.62 | -0.72 | -0.57 | -0.46 |
| | 40-60 | -0.69 | -0.86 | -0.58 | -0.11 | -0.64 | -0.31 |
| | 60-100 | -0.76 | -0.55 | -0.86 | -0.67 | -0.86 | -0.59 |
| Kandungan pasir tanah (%) | 0-20 | 0.96 | 0.85 | 0.88 | 0.70 | 0.90 | 0.90 |
| | 20-40 | 0.97 | 0.82 | 0.92 | 0.78 | 0.92 | 0.94 |
| | 40-60 | 0.97 | 0.75 | 0.90 | 0.71 | 0.91 | 0.90 |
| | 60-100 | 0.98 | 0.75 | 0.90 | 0.71 | 0.92 | 0.89 |
| Bahan organik Tanah (%) | 0-20 | 0.97 | 0.83 | 0.91 | 0.78 | 0.92 | 0.94 |
| | 20-40 | 0.73 | 0.96 | 0.74 | 0.90 | 0.71 | 0.95 |
| | 40-60 | 0.73 | 0.98 | 0.84 | 0.99 | 0.79 | 0.90 |
| | 60-100 | 0.43 | -0.22 | 0.30 | -0.21 | 0.37 | 0.01 |
| Kemantapan agregat (DMR) | 0-20 | 0.25 | 0.54 | 0.48 | 0.67 | 0.42 | 0.37 |
| | 20-40 | 0.58 | 0.25 | 0.66 | 0.38 | 0.68 | 0.30 |
| | 40-60 | 0.68 | 0.38 | 0.48 | 0.26 | 0.52 | 0.59 |
| | 60-100 | 0.91 | 0.60 | 0.93 | 0.67 | 0.95 | 0.71 |
| Ketahanan penetrasi (kg cm ⁻³) | | -0.72 | -0.77 | -0.63 | -0.65 | -0.62 | -0.86 |
| Bobot kering akar tanaman (g cm ⁻³) | | 0.98 | 0.81 | 0.92 | 0.76 | 0.93 | 0.93 |

**Gambar 6.** Hubungan makroporositas secara vertikal dengan infiltrasi tanah yang diukur dengan (a) rainfall simulator dan (b) hujan alami di plot 4 x 10 m² di lahan hutan dan kopi monokultur (K) pada umur 1 (1 th), 3 (3th), 7 (7 th) dan 10 (10 th) tahun.

dapat dijelaskan sebagai berikut: *pertama*, (a) hutan memiliki lapisan seresah yang tebal, (b) penutupan permukaan tanah oleh kanopi tanaman dan (c) cacing tanah yang hidup pada tanah hutan ukuran tubuhnya lebih besar dibandingkan dengan kebun kopi monokultur (Hairiah *et al.*, 2004). Kondisi ini menyebabkan tingginya kandungan bahan organik tanah (Tabel 1) dan rendahnya tingkat pembentukan kerak di permukaan tanah (Tabel 3), sehingga makroporositas tanah di lahan hutan lebih terjaga dibanding di lahan kebun kopi monokultur. *Kedua*, hutan dapat menurunkan ketersediaan air bawah tanah sehingga limpasan permukaan akan berkurang. Hal ini karena hutan memiliki sistem perakaran yang panjang dan berkembang dengan sangat baik dalam sistem tanah (Gambar 4). Kondisi ini memicu tingginya aktivitas biologi tanah dan *turnover* perakaran, sehingga mendukung air hujan yang jatuh dapat mengalir ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam dan juga mengalir secara lateral. Lebih lanjut, pada musim kemarau akar pohon cenderung tumbuh lebih dalam di lapisan tanah untuk menyerap air. *Ketiga*, dibandingkan dengan kebun kopi, evapotranspirasi hutan cenderung lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan tajuk tanaman di hutan yang relatif lebih tinggi dibandingkan kopi monokultur. Selain itu, pohon di hutan berperakaran lebih dalam sehingga mampu menyerap air lebih banyak dan hilang melalui proses transpirasi. Kondisi ini mampu mengurangi limpasan permukaan di DAS (Bosch dan Hewlett, 1982 dalam Calder, 1999).

Hasil penelitian Dariah *et al.* (2004) menunjukkan bahwa limpasan permukaan dan erosi relatif rendah di lahan kopi monokultur dan mendekati dengan kondisi hutan. Hasil tersebut berbeda dengan hasil penelitian Widiyanto *et al.* (2004) dimana erosi di lahan kopi monokultur tingkat limpasan permukaan dan erosinya sangat nyata lebih besar dibanding lahan hutan. Perbedaan besarnya erosi tersebut mungkin dipengaruhi oleh faktor lain yaitu kondisi bahan induk tanah dan proses geologis. Survei identifikasi bahan induk tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Sumber Jaya ini masih sedang berlangsung, sehingga masih belum tersedia data pendukungnya.

Pada sistem kopi monokultur, pada saat umur tanaman mencapai 10 tahun, masih belum mampu menyamai fungsi hutan dalam memulihkan kondisi makroporositas dan laju infiltrasi tanah (Gambar 5 dan Gambar 6). Pengelolaan lahan sistem kopi monokultur sangat diperlukan guna mempercepat pemulihan fungsi hidrologi DAS. Strategi dasar yang dapat dilakukan berdasarkan penelitian ini adalah: (1) eliminasi pengkerakan tanah atas (Tabel 3) melalui “pengolahan dalam” secara berkala, (2) peningkatan kandungan bahan organik (Tabel 1) melalui peningkatan jumlah

masukannya yang bervariasi kualitasnya. Upaya ini dapat dilakukan melalui penanaman tanaman penutup tanah dan atau peningkatan diversivitas tanaman pohon seperti yang dijumpai dalam agroforestri multistrata, (3) Peningkatan diversivitas pola sebaran perakaran. Sistem agroforestri multistrata memperbaiki keragaman kondisi perakaran di lahan kopi monokultur yang relatif sangat rendah (Gambar 4).

Ketiga strategi dasar tersebut merupakan upaya yang dapat ditawarkan untuk mengembalikan fungsi tanah dalam pengendalian fungsi hidrologi DAS. Pengelolaan kebun kopi monokultur melalui pengelolaan vegetasi perlu dikombinasikan dengan pengelolaan pada skala bentang lahan. Pengelolaan vegetasi dapat dilakukan melalui pengaturan jarak tanam pohon dan macam pohon yang ditanam untuk mengoptimalkan peranan pohon dalam meningkatkan intersepsi air hujan dan transpirasi oleh tajuk daun. Pengelolaan bentang lahan dapat dilakukan melalui peningkatan kekasaran permukaan lahan, membuat cekungan-cekungan setempat untuk menyediakan penyimpanan air sementara selain berfungsi sebagai filter sedimen dan memperpanjang “saluran” aliran limpasan permukaan. Dengan demikian jalur untuk terjadinya limpasan permukaan yang cepat dapat dikurangi.

KESIMPULAN

Pada saat kopi berumur 10 tahun, sistem kopi monokultur masih belum mampu menyamai fungsi hutan dalam memulihkan gangguan hidrologi tanah. Perbaikan makroporositas tanah pada sistem kopi monokultur masih diperlukan. Untuk pengelolaan tanah, tiga strategi dasar yang dapat disarankan yaitu (1) eliminasi pengkerakan tanah atas melalui “pengolahan dalam” secara berkala, (2) peningkatan kandungan bahan organik tanah melalui peningkatan jumlah masukan seresah yang bervariasi kualitasnya, dengan cara menanam tanaman penutup tanah atau dengan menanam berbagai jenis pohon seperti yang dijumpai dalam sistem agroforestri multistrata. Peningkatan diversivitas tanaman pohon dalam sistem agroforestri multistrata juga merupakan strategi ke (3) dalam rangka meningkatkan jumlah dan penyebaran sistem perakaran di lahan kopi monokultur.

Ucapan Terimakasih

Tulisan ini disusun berdasarkan pada sebagian hasil penelitian yang diperoleh dari Proyek Sumberjaya (2001-2002) yang didanai ICRAF-SEA, Bogor. Terimakasih disampaikan kepada Dr. Meine Van Noordwijk dan Dr. Fahmudin Agus atas diskusi-diskusi yang intensif selama penelitian, Dr. Sri Rahayu Utami dan Prof. Dr. Kurniatun Hairiah atas kritik dan saran

dalam penulisan ini. Terimakasih juga disampaikan kepada petani di desa Bodong atas fasilitas yang diberikan selama penelitian lapangan berlangsung. Juga pada Ketua Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang yang memberikan kebebasan peneliti untuk menggunakan fasilitas yang ada di laboratorium Jurusan Tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Calder, I.R. 1999. *The Blue Revolution: Land Use and Integrated Water Resources Management*. Earthscan Publications, London. 192 pp.
- Dariah, A.; Agus, F.; Arsyad, S.; Sudarsono dan Maswar. 2004. Erosi dan aliran permukaan pada lahan pertanian berbasis tanaman kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. *Agrivita* 26 (1): 52-60.
- Hairiah, K.; Suprayogo, D.; Widiyanto; Berlian; Suhara, E.; Mardiasuning, A.; Prayogo, C.; Widodo, R.H. dan S. Rahayu. 2004. Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi: Ketebalan seresah, populasi cacing tanah dan makroporositas tanah. *Agrivita* 26 (1): 75-88
- Marshall, T.J.; Holmes, J.W. and C.W. Rose. 1999. *Soil Physics*. Cambridge University Press. Pp 453.
- Syam, T.H.; Mshide; Salam, A.K.; Utomo, M.; Mahi, A.K.; Lumbanraja, J.; Nugroho, S.G. and M. Kimura. 1977. Land Use and Cover Changes in a Hilly Area of South Sumatra, Indonesia (from 1970 to 1990). *Soil Sci. Plant Nutr.* 43 (3): 587-599.
- Susswein, P.M.; Van Noordwijk, M. dan B. Verbist. 2001. Forest Watershed Functions and Tropical Land Use Change. *Dalam* van Noordwijk, M.; Williams, S. dan B. Verbist (Eds.), *Towards integrated natural resource management in forest margins of the humid tropics: local action and global concerns*. International Centre for Research in Agroforestry. Bogor. 28 pp.
- Widiyanto; Noveras, H.; Suprayogo, D.; Widodo, R.H.; Purnomosidhi, P. dan M. van Noordwijk. 2004. Konversi Hutan Menjadi Lahan Pertanian : Apakah fungsi hidrologis hutan dapat digantikan sistem kopi monokultur? *Agrivita* 26 (1): 47-52.