

PERUBAHAN PERSEDIAAN HARA DAN KARBON AKIBAT KONVERSI HUTAN ALAM MENJADI LAHAN PERKEBUNAN DI SEKITAR KAWASAN TAMAN NASIONAL LORE LINDU

The Changes of Nutrient Availability and Carbon Stock Due to Natural Forest Conversion to Plantation Land use in The Surrounding Areas of The National Lore Lindu Park

Muhardi¹⁾, Maman Sutisna²⁾, Muh. Basir¹⁾ dan Abubakar, M. Lahjie²⁾

¹⁾ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Tondo-Palu 94118, Sulawesi Tengah. Telp. 0451-429738. ²⁾ Staf pengajar Fak. Kehutanan Universitas Mulawarman

ABSTRACT

Land as a limited resource has been under much pressure due to increasing population which has lead to the conversion of natural forest to satisfy their need of land. The research aim was to study changes in nutrient availability and carbon stock caused by natural forest conversion to plantation in the surrounding area of the Lore Lindu National Park. The research results showed that natural forest converted to monoculture candle nut plantation decreased soil organic matter and total carbon by up to 20% and 45%, respectively, whereas changed to cacao plantation the total carbon declined by up to 44%. Available N, P, K, Mg declined by up to 23%, 30%, 43%, and 35%, respectively, in modest agroforestry. It is recommended that either complex agroforestry or forest plantation can be developed as these types of land use lead to only slightly changes in organic matter/carbon stock and nutrient availability compared to other land use types.

Key words : Agroforestry, biomass, carbon, nutrient availability.

PENDAHULUAN

Kebutuhan sumberdaya lahan menjadi tuntutan yang senantiasa harus terpenuhi mengingat makin bertambahnya jumlah penduduk yang berimplikasi kepada kebutuhan ruang untuk produksi pangan dan untuk beraktifitas. Sumberdaya hutan menjadi pilihan yang paling utama untuk dapat dialih fungsikan karena disana tersedia bahan primer yang dibutuhkan manusia serta faktor biofisiknya yang dapat mendukung produksi tanaman pertanian. Diperkirakan kehilangan hutan di Indonesia sekitar 30 persen diantaranya akibat pengembangan perkebunan sawit, 24 persen untuk industri kayu dan kertas serta 17 persen penggunaan lainnya (Safuan, 2008).

Dampak yang ditimbulkan akibat deforestasi tersebut cukup besar Menurut Novianto (2007) deforestasi di negara berkembang menyumbang emisi CO₂

sekitar 20% dari emisi global, sementara karbon yang saat ini tersimpan di ekosistem hutan (~ 4500 Gt CO₂) lebih besar dari yang tersimpan di atmosfer (3000 Gt CO₂). Emisi karbon inilah yang berdampak terhadap peningkatan gas rumah kaca (GRK) yang selanjutnya terjadi perubahan iklim global. Selain berdampak terhadap perubahan iklim global, alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian juga menimbulkan masalah seperti penurunan biodiversitas, kebakaran hutan, penurunan kesuburan tanah, banjir, kekeringan dan perubahan lingkungan lainnya. Masalah ini bertambah berat dari waktu ke waktu sejalan dengan meningkatnya luas areal hutan yang dialih-gunakan menjadi lahan usaha lain (Sarjono, *et al.*, 2003).

Taman Nasional Lore Lindu (TNLL) Sulawesi Tengah merupakan salah satu kawasan konservasi penting di Indonesia dan telah deklarasikan sebagai *Biosphere*

reserve sejak tahun 1977, sebagai tempat perlindungan keanekaragaman hayati di Sulawesi (Wardah, 2008). Kawasan yang luasnya mencapai 229.000 ha ini telah memberi manfaat dan berfungsi sebagai tempat penelitian, penyeledikan ekosistem dan konservasi keanekaragaman hayati. Di sepanjang kawasan pinggiran hutan TNLL ini berlangsung secara cepat konversi hutan menjadi lahan pertanian (Corre, *et al.*, 2006). Menurut Laturadja (2009) kerusakan hutan di TNLL diperkirakan 4,26 persen yang tergolong rusak berat, dan 1,78 persen atau sekitar 3.800 ha diantaranya adalah lahan pertanaman kakao.

Alih fungsi hutan menguras persediaan hara dalam tanah karena banyak terangkut keluar bersama penebangan kayu (panen), pembakaran dan erosi yang dipercepat. Kehilangan hara N, K, Ca dan Mg dari konversi hutan alam menjadi hutan tanaman masing-masing sebesar 2019, 468, 695 dan 88 kg.ha⁻¹ atau secara persentase yaitu : 28%; 43%; 47% dan 27% (Ruhayat, 1993). Selain kandungan hara mineral, selama ini kadar karbon tanah menjadi indikator penting dalam menilai kesuburan tanah secara biologis. Bahkan beberapa dasawarsa terakhir, kadar karbon lahan menjadi indikator lingkungan penting, dan sejak KTT Bumi 1992, jasa penyerapan karbon dioksida oleh hutan sering dihitung nilai ekonominya (Kim, 2001).

Konversi hutan menjadi agroekosistem menurunkan kandungan bahan organik tanah melalui proses peningkatan laju dekomposisi yang pada akhirnya akan meningkatkan laju pelepasan karbondioksida (CO₂) ke atmosfer (Barchia, *et al.*, 2007). Perubahan penutupan lahan yang lebih banyak menghasilkan karbon dari pada menyimpan memberikan andil penting terhadap perubahan iklim karena meningkatnya pemanasan global. Menurut Rahayu, *et al.*, (2005) bahwa masalah utama alihguna hutan menjadi lahan pertanian adalah perubahan jumlah persediaan karbon. Faktanya bahwa pelepasan karbon ke atmosfer akibat konversi hutan sangat cepat dan dapat mencapai 250 ton/ha selama penebangan dan pembakaran,

sedangkan penyerapan kembali menjadi pohon relatif lambat yaitu hanya sekitar 5 ton/ha. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan persediaan hara dan karbon akibat konversi hutan alam menjadi lahan perkebunan rakyat yang terdapat di sekitar kawasan TNLL.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di wilayah Desa Rahmat dan Desa Sintuwu Kecamatan Palolo, Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah, pada posisi koordinat 01° 10' 50,7'' sampai 01° 13' 12,3''LS dan 120° 03' 10,5'' sampai 120° 09' 56''BT., dengan ketinggian 750-900 meter di atas permukaan laut. Terdapat 5 (lima) model atau tipe lahan yang diteliti yaitu hutan alam (HA), agroforestri kompleks (AFK), agroforestri sederhana kemiri dan kakao (AFS), kakao monokultur (KoM) dan kemiri monokultur (KeM). Masing-masing tipe lahan diulang sebanyak 3 kali pada area yang berbeda dengan mempertimbangkan faktor lingkungan terutama kondisi kemiringan lereng/lahan sehingga memenuhi prosedur statistik. Dengan demikian pengamatan di lapang disusun menggunakan rancangan acak kelompok, dimana pengelompokan sebagai ulangan berdasarkan pada tingkat kemiringan lereng tersebut yakni : 0-15%, 15-30% dan > 30%. Umur tanaman kakao yang dijadikan plot pengamatan baik yang monokultur maupun dengan pola agroforestri adalah 18-20 tahun, demikian pula umur tanaman kemiri mengikuti umur tanaman kakao yang ditanam dalam plot agroforestri sederhana.

Penentuan Petak Contoh. Teknik penetapan plot dilakukan dengan metode petak ganda (Indriyanto, 2006), yaitu pada setiap tipe lahan dibuat plot berukuran 100 x 100 m. Pada plot besar ini dibuat sub-sub plot dengan ukuran 20 m x 20 m sebanyak 25 petak. Setiap subplot untuk pengamatan pohon (dbh > 20 cm) langsung dilakukan secara sensus, selanjutnya subplot dibagi dalam tiga ukuran yaitu 10 m x 10 m tingkat tiang (dbh 10-20 cm), 5 m x 5 m untuk tingkat pancang (dbh < 10 cm dan

tinggi > 1,5 m), dan 2 m x 2 m untuk tingkat semai dan tumbuhan bawah. Keseluruhan pengambilan data tersebut untuk estimasi biomassa vegetasi yang selanjutnya digunakan untuk estimasi kandungan karbonnya.

Estimasi biomassa. Biomassa setiap pohon yang terdapat pada petak contoh dan memiliki dbh ≥ 5 cm diestimasi dengan pendekatan secara alometrik. Penaksiran biomassa dalam penelitian ini merujuk pada persamaan alometrik yang dibuat oleh beberapa peneliti terdahulu : Wardah (2008) untuk pepohonan dalam hutan alam pada kawasan TNLL :

$$Y = 0,0439 D^{2,7587} \dots\dots\dots (1)$$

Sedangkan estimasi biomassa untuk tanaman kakao digunakan persamaan yang ditemukan oleh Smiley dan Kroschel (2008) di daerah yang sama yaitu :

$$Y = 0,202 D^{2,112} \dots\dots\dots (2)$$

dimana nilai D pada tanaman kakao diperoleh dari diameter batang kakao pada ketinggian 50 cm di bawah percabangan pertama (jorquete).

Biomassa tingkat semai dan, tumbuhan bawah diestimasi dengan metode destruktif, yaitu memotong semua tumbuhan yang terdapat di atas permukaan tanah dan masuk dalam petak contoh berukuran 1 x 1 m, dipisahkan antara batang dan daun lalu ditimbang bobot segar seluruhnya. Setelah itu, diambil masing-masing bagian (batang dan daun) sekitar 200 gr. Contoh biomassa dikeringkan dalam oven listrik pada suhu 80⁰ C selama 48 jam.

Perhitungan biomassa dari nekromassa berkayu dan bercabang dengan menggunakan rumus alometrik seperti pohon hidup, sedang untuk pohon yang tidak bercabang dihitung berdasarkan volume silinder (Hairiah dan Rahayu, 2007) yaitu :

$$BK \text{ (kg/nekromas)} = \pi\rho HD^2/40 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana,

ρ = berat jenis kayu (g.cm⁻³),

H = tinggi/panjang nekromassa (cm),

D = diameter nekromassa (cm).

Biomassa akar diestimasi secara praktis untuk pohon di hutan tropika basah digunakan nisbah tajuk akar 4 : 1 (Hairiah dan Rahayu, 2007). Khusus untuk tanaman kakao oleh Smiley dan Kroschel (2008) mendapatkan persamaan biomassa akar masing-masing:

$$Y = 0,142 D_{\text{prox}}^{2,064} \dots\dots\dots (4)$$

Pengambilan Contoh Tanah dan analisisnya. Pengambilan contoh tanah dengan menggunakan *soil ring sampel* berukuran garis tengah 5,5 cm dan tinggi 6,5 cm untuk tanah utuh dan mengambil secara komposit (campur) untuk contoh tanah tidak utuh. Contoh tanah diambil pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, 20-50 cm, dan 50-100 cm (Meckensen, 2000). Setiap lapisan tanah diambil sebanyak 4 buah *soil ring sampel* yang secara merata mewakili setiap kedalaman lapisan (Adinugroho, *et al.*, 2006).

Keseluruhan contoh tanah yang diambil dari lokasi penelitian selain untuk perhitungan berat jenis dan kandungan karbon, juga sekaligus untuk analisis sifat kimia (kandungan hara) dan sifat-sifat tanah lainnya seperti permeabilitas, tekstur, pH, KTK, Al-dd dan H-dd. Metode analisis yang digunakan dalam contoh tanah masing-masing adalah : kandungan hara N total diukur dengan metode Kjeldahl, Persediaan hara Fosfor dan kalium ditetapkan dengan menggunakan pengekstrak HCl 25%, diukur dengan spektrofotometer untuk P dan flamefotometer untuk K. Persediaan Ca dan Mg dalam tanah menggunakan pelarut asam pekat HNO₃ dan HClO₄ dan diukur dengan Atomic absorbtion spectrofotometric (AAS), permeabilitas dengan metode Darcy, tekstur tanah dengan metode pipet, pH diukur dengan elektroda kaca, KTK diekstraksi dengan NH₄Ac kemudian dititrasi, Al-dd dan H-dd diekstraksi 1 N KCl (Anonim, 2005).

Persediaan hara setiap luas petak tipe lahan dihitung berdasarkan kandungan hara dalam tanah masing-masing untuk nitrogen (N), posfor (P), kalium (K), masing-masing diukur kandungan totalnya.

Sedangkan kandungan dapat ditukar hanya untuk hara K, Ca dan Mg. Perhitungan pendugaan kandungan hara (N,P,K, Ca, dan Mg) menggunakan persamaan Chen dan Li (2003) :

$$Ct = BD \times Cc \times D \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

Ct adalah total persediaan hara tanah (t/ha), BD adalah berat jenis tanah ($g.cm^{-3}$), Cc adalah konsentrasi hara (ppm atau %) dan D adalah kedalaman lapisan tanah (m). Karena konsentrasi hara berbeda untuk setiap lapisan tanah, maka total hara dijumlahkan dari kandungan hara setiap lapisan tanah.

Persediaan karbon total (*total carbon stock, TCS*) setiap tipe lahan dihitung berdasarkan persamaan yang telah digunakan oleh Sierra, *et al.* (2007) sebagai berikut :

$$TCS = \text{karbon pohon} + \text{karbon tumbuhan bawah} + \text{karbon nekromassa} + \text{karbon biomassa bawah tanah} + \text{karbon organik tanah} \dots\dots\dots (6)$$

Semua karbon dari biomassa diduga berdasarkan Hairiah dan Rahayu (2007) yaitu dihitung dengan persamaan :

$$\text{Karbon biomassa (t/ha)} = \text{biomassa total (t/ha)} \times 0,46 \dots\dots\dots(7)$$

Sedangkan karbon organik tanah diestimasi berdasarkan analisis kandungan karbon organik contoh tanah dengan metode Walkley-Black. Adapun perhitungan kandungan karbon tanah berdasarkan persamaan yang telah digunakan oleh *dalam* Chen dan Li (2003) yaitu :

$$SOC = BD \times C \times D \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

SOC adalah karbon tanah (t/ha), BD adalah berat jenis tanah ($g.cm^{-3}$), C adalah kadar karbon (%) dan D adalah kedalaman lapisan tanah (m).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persediaan Bahan Organik Tanah. Bahan organik tanah (BOT) adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus (Stevenson, 1994). Peran BOT terhadap ketersediaan hara dalam tanah tidak terlepas dengan proses mineralisasi yang merupakan tahap akhir dari proses perombakan bahan organik. Proses mineralisasi melepaskan mineral-mineral hara lengkap (N, P, K, Ca, Mg dan S, serta hara mikro) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil. Hara N, P dan S merupakan hara yang relatif lebih banyak untuk dilepas dan dapat digunakan tanaman (Tisdale dan Nelson, 1975).

BOT dihitung berdasarkan kandungan C-organik dalam tanah sesuai dengan konsentrasinya pada setiap kedalaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan hutan alam menjadi lahan agroforestri kompleks, agroforestri sederhana dan lahan kakao serta kemiri monokultur menurunkan secara nyata persediaan BOT total (0-50 cm), yang masing-masing berkurang 16%; 18%; 21% dan 22% (Tabel 1).

Tabel 1. Persediaan Bahan Organik Tanah (t/ha) pada Berbagai Tipe Lahan

| Kedalaman Tanah (cm) | Tipe Lahan | | | | | BNJ 0,05 |
|----------------------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | HA | AFK | AFS | KoM | KeM | |
| 0 - 10 | 71,33 | 57,09 | 51,23 | 48,41 | 49,89 | |
| 10- 20 | 50,14 | 43,97 | 42,30 | 42,87 | 41,70 | |
| 20- 50 | 94,27 | 80,81 | 83,46 | 79,90 | 76,93 | |
| 0 - 50 | 215,7 a | 181,9 b | 177,0 b | 171,2 b | 168,5 b | 23,84 |

Ket : Angka yang Diikuti Huruf Sama pada Baris yang Sama, tidak Berbeda Nyata pada Uji BNJ

Tabel 2. Persediaan Hara Nitrogen Tanah (t/ha) pada Berbagai Tipe Lahan

| Kedalaman Tanah (cm) | Tipe Lahan | | | | | BNJ 0,05 |
|-------------------------|------------|---------|--------|--------|--------|----------|
| | HA | AFK | AFS | KoM | KeM | |
| 0 - 10 | 4,13 | 3,26 | 3,20 | 2,23 | 2,75 | |
| 10- 20 | 2,53 | 2,30 | 2,38 | 1,50 | 2,00 | |
| 20- 50 | 4,26 | 4,66 | 3,32 | 3,17 | 3,60 | |
| 0 - 50 | 10,92 a | 10,22 a | 8,91 b | 6,90 c | 8,35 b | 1,23 |

Ket : Angka yang Diikuti Huruf Sama pada Baris yang Sama, tidak Berbeda Nyata pada Uji BNJ

Tabel 3. Persediaan Hara Fosfor (t/ha) Pada Berbagai Tipe Lahan

| Kedalaman Tanah (cm) | Tipe Lahan | | | | | BNJ 0,05 |
|-------------------------|------------|--------|--------|---------|---------|----------|
| | HA | AFK | AFS | KoM | KeM | |
| 0-10 | 0,152 | 0,148 | 0,122 | 0,158 | 0,147 | |
| 10-20 | 0,161 | 0,157 | 0,113 | 0,134 | 0,139 | |
| 20-50 | 0,505 | 0,491 | 0,335 | 0,318 | 0,380 | |
| 0 - 50 | 0,818a | 0,795a | 0,570d | 0,610cd | 0,666bc | 0,095 |

Ket : Angka yang Diikuti Huruf Sama pada Baris yang Sama, tidak Berbeda Nyata pada Uji BNJ

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa hutan alam menjadi produsen bahan organik tertinggi dibanding tipe lahan lainnya yang disebabkan oleh tingginya produksi seresah yang ditunjang dengan proses dekomposisinya yang relatif lambat karena sifat kimia seresah yang diduga lebih resisten dari seresah yang dihasilkan oleh kakao dan kemiri. Sementara itu, perubahan hutan alam menjadi lahan agroforestri kompleks telah menghilangkan 34 t/ha, lahan agroforestri sederhana 39 t/ha, kakao monokultur 44 t/ha dan kemiri monokultur sebanyak 47 t/ha, atau setara dengan kehilangan C-organik masing-masing 20; 23; 26 dan 27 t/ha selama sekurang-kurangnya 20-25 tahun. Penurunan ini masih lebih rendah dari beberapa tanah olah di Kenya yang kehilangan persediaan karbon organiknya sebanyak 50-75 t/ha dalam 30 tahun (Lal, 2006 dalam Supriyadi, 2008). Secara umum, sistem pertanian telah menyebabkan penurunan kandungan bahan organik tanah sampai 50% selama 50 sampai 100 tahun (Rice, 2002 cit. Nurmi, 2005, dalam Arifin, 2011), yang disebabkan jumlah masukan bahan organik lebih kecil dari jumlah yang keluar lewat produksi dan biomasa tanaman sehingga kandungan bahan organik terus mengalami penurunan setiap tahun.

Persediaan Nitrogen Total. Kandungan N total umumnya berkisar antara 2000-4000 kg/ha pada lapisan 0-20 cm tetapi yang tersedia bagi tanaman hanya kurang 3% dari jumlah tersebut (Hardjowigeno, 1996). Persediaan N total tanah mengalami perubahan akibat perubahan pola penggunaan lahan atau tipe lahan. Hasil peneliti ini membuktikan perubahan tersebut sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Persediaan hara N total pada hutan alam dan lahan agroforestri kompleks nyata lebih tinggi, namun perubahan tipe lahan menurunkan persediaan N masing-masing sebesar 18; 37 dan 23% pada tipe lahan agroforestri sederhana, kakao monokultur serta kemiri monokultur. Hal ini mudah dipahami sebab ketiga jenis lahan terakhir banyak mengalami kehilangan N akibat pengangkutan hasil panen yang dilakukan secara periodik.

Persediaan Fosfor. Perubahan hutan alam menjadi lahan agroforestri relatif tidak merubah persediaan P tanah, namun bila dirubah menjadi lahan agroforestri sederhana, kakao monokultur serta kemiri monokultur secara nyata merubah persediaan fosfor tanah masing-masing sebesar : 30; 25 dan 19% dari P total yang ada dalam tanah hutan (Tabel 3).

Tabel 4. Persediaan Hara Kalium (t/ha) Pada Berbagai Tipe Lahan

| Kedalaman Tanah (cm) | Tipe Lahan | | | | | BNJ 0,05 |
|-------------------------|------------|---------|---------|----------|----------|----------|
| | HA | AFK | AFS | KoM | KeM | |
| 0-10 | 0,314 | 0,312 | 0,272 | 0,257 | 0,266 | |
| 10-20 | 0,279 | 0,254 | 0,135 | 0,208 | 0,203 | |
| 20-50 | 0,574 | 0,569 | 0,252 | 0,398 | 0,394 | |
| 0 - 50 | 1,168 a | 1,135 a | 0,660 b | 0,863 ab | 0,863 ab | 0,410 |

Ket : Angka yang Diikuti Huruf Sama pada Baris yang Sama, Tidak Berbeda Nyata pada Uji BNJ

Tabel 5. Persediaan Hara Magnesium menurut Kedalaman Tanah pada Berbagai Tipe Lahan (t/ha)

| Kedalaman Tanah (cm) | Tipe Lahan | | | | | BNJ 0,05 |
|-------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | HA | AFK | AFS | KoM | KeM | |
| 0-10 cm | 0,445 | 0,317 | 0,312 | 0,294 | 0,309 | |
| 10-20 cm | 0,441 | 0,313 | 0,295 | 0,304 | 0,293 | |
| 20-50 cm | 1,330 | 0,920 | 0,863 | 0,834 | 0,844 | |
| 0 - 50 cm | 2,217a | 1,550b | 1,471b | 1,431b | 1,446b | 0,180 |

Ket : Angka yang Diikuti Huruf sama Pada Baris yang Sama, Tidak Berbeda Nyata pada Uji BNJ

Selain itu, adanya perbedaan kandungan bahan organik juga mempengaruhi persediaan posfor bagi tanaman. Menurut Stevenson (1982), BOT mempengaruhi ketersediaan fosfat melalui dekomposisi yang menghasilkan asam-asam organik dan CO₂.

Persediaan Kalium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konversi hutan alam menjadi lahan-lahan perkebunan baik dengan pola agroforestri maupun pola monokultur merubah persediaan K total yang terdapat dalam tanah sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Persediaan K total tanah menurun sebesar 43%, akibat konversi hutan alam menjadi agroforestri sederhana, sementara konversi menjadi lahan lainnya tidak menunjukkan adanya perbedaan. Hal ini diduga karena tingginya konsumsi K oleh tanaman kakao dan kemiri dalam satu areal lahan yang sama. Meskipun dari segi kerapatan tanaman, lahan monokultur lebih tinggi dibanding agroforestri sederhana, namun dari aspek biomassa total lahan ini jauh lebih tinggi dibanding monokultur. Hal ini berarti lahan agroforestri sederhana menyimpan K dalam biomassa yang lebih banyak sehingga menurunkan persediaan kalium tanah.

Persediaan Kalsium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persediaan Ca di daerah penelitian tidak berbeda nyata antara hutan alam dengan tipe lahan lainnya. Hal ini diduga karena pasokan Ca dapat berasal dari berbagai sumber, terutama dari bahan induk tanah yang secara kuantitatif relatif sama. Demikian juga sifat fisik terstruktur tanah, dimana kemampuan pertukaran kalsium dalam tanah sangat tergantung kepada kandungan liat pada tanah. Semakin tinggi KTK tanah, semakin tinggi kandungan liat dan semakin tinggi kadar kalsiumnya.

Persediaan Magnesium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan hutan alam menjadi berbagai pola penggunaan lahan baik pola agroforestri (kompleks dan sederhana) maupun pola monokultur (kakao atau kemiri) menurunkan persediaan Mg dalam tanah. Penurunan tersebut masing-masing mencapai 30; 33; 35 dan 35% dari persediaan unsur Mg yang ada pada hutan alam (Tabel 5). Hal ini disebabkan karena lahan-lahan pertanian baik pola agroforestri (kompleks dan sederhana) maupun pola monokultur (kakao dan kemiri) selalu terjadi ekspor Mg melalui panen yang dilakukan oleh petani. Panen dilakukan secara periodik dari tanaman

kakao, kemiri dan buah-buahan yang terdapat pada lahan-lahan tersebut.

Perubahan Persediaan Karbon Lahan.

Persediaan karbon yang dihitung adalah karbon lahan yaitu akumulasi dari karbon biomassa vegetasi (tajuk dan akar), karbon nekromassa, karbon seresah serta karbon tanah.

Hasil penelitian ini memperlihatkan adanya perubahan yang nyata total kandungan karbon lahan dari hutan alam bila dikonversi menjadi lahan-lahan pertanian dengan pola agroforestri sederhana dan pola monokultur (kakao dan kemiri) sebagaimana data yang disajikan pada Tabel 6. Hal ini berarti sistem pertanian dengan pola agroforestri kompleks masih menyerupai hutan alam dari aspek simpanan karbon karena pola ini secara statistik tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata dibanding hutan alam. Hutan alam merupakan penyimpan karbon tertinggi bila dibandingkan dengan sistem penggunaan lahan pertanian, dikarenakan keragaman pohon yang tinggi (Hairiah dan Rahayu, 2007). Sistem pertanian berupa penggunaan lahan pola agroforestri kompleks dalam penelitian ini ternyata belum menurunkan total karbon lahan yang disebabkan biomassa vegetasi pohon dan nekromassa yang relatif sama dengan yang ada dalam hutan alam, meskipun karbon seresah dan karbon tanah berbeda nyata dengan hutan alam. Perubahan hutan alam menjadi lahan pertanian pola agroforestri sederhana menurunkan karbon total sebesar 55%, dan bila dijadikan lahan kakao dan kemiri monokultur menurunkan

karbon total masing-masing sebesar 44% dan 45%.

Data pada Tabel 6 juga menunjukkan bahwa hutan alam dan lahan agroforestri kompleks merupakan penyimpan karbon yang jauh lebih besar dibanding lahan agroforestri sederhana, kakao serta kemiri monokultur. Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), tanaman atau pohon berumur panjang yang tumbuh di hutan maupun di kebun campuran (agroforestri) merupakan tempat penimbunan atau penyimpanan C yang jauh lebih besar daripada tanaman semusim. Monde (2008) yang melakukan penelitian dekat dengan lokasi penelitian ini melaporkan bahwa di lahan yang ditanami jagung dan kacang tanah masing-masing hanya menyimpan karbon atas tanah sebanyak 5,07 dan 3,59 t/ha.

Jumlah persediaan karbon hutan alam hasil penelitian ini sebesar 337,59 t/ha relatif lebih rendah dari hutan primer di Kolumbia seperti yang dilaporkan Sierra, *et al.*, (2007) yang mencapai 383,7 t/ha, namun perhitungan karbon tanahnya sampai pada kedalaman 4 meter sehingga secara komulatif sesungguhnya karbon lahan penelitian ini akan menjadi lebih tinggi. Hasil penelitian ini juga ternyata masih lebih rendah dari hasil penelitian yang dilaporkan oleh Tomich *et al.*, (1998) pada hutan alami di Riau yang memiliki persediaan karbon sebesar 497 t/ha. Sedangkan hasil penelitian di Xishuangbanna, China sebagaimana yang dilaporkan Xiou (2010) mendapatkan persediaan karbon di hutan alam sebesar 377,4 t.C/ha.

Tabel 6. Persediaan Karbon Lahan Menurut Sumbernya pada berbagai tipe lahan (t/ha)

| Sumber Karbon | Tipe Lahan | | | | | BNJ 0,05 |
|---------------|------------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| | HA | AFK | AFS | KoM | KeM | |
| Biomassa veg. | 200,17 a | 191,99 a | 77,70 B | 43,09 b | 49,76 b | 82,67 |
| Seresah | 11,15 a | 8,18 b | 6,23 C | 6,31 c | 3,91 d | 1,36 |
| Nekromassa | 1,13 a | 1,22 ab | 0,62 Abc | 0,07 c | 0,08 bc | 0,96 |
| Tanah | 125,14 a | 105,49 b | 102,66 B | 99,29 b | 97,75 b | 13,83 |
| Karbon Lahan | 337,59 a | 306,89 a | 187,22 B | 148,76 b | 151,50 b | 92,51 |

Ket : Angka yang Diikuti Huruf Sama pada Baris yang Sama, Tidak Berbeda Nyata pada Uji BNJ

KESIMPULAN DAN SARAN

Terjadi perubahan persediaan bahan organik tanah akibat konversi hutan alam menjadi lahan perkebunan, dimana kandungan bahan organik tanah berkurang hingga 22% pada tipe lahan kemiri monokultur.

Konversi hutan alam menjadi lahan perkebunan menurunkan persediaan hara N, P, K dan Mg, sedangkan hara Ca tidak menunjukkan adanya perubahan. Penurunan tersebut dapat mencapai hingga 23%; 30%;

43% dan 35% masing-masing untuk hara N, P, K dan Mg.

Perubahan hutan alam menjadi lahan pertanian pola agroforestri sederhana menurunkan karbon total sebesar 55%, dan bila dijadikan lahan kakao dan kemiri monokultur menurunkan karbon total masing-masing sebesar 44% dan 45%.

Lahan perkebunan rakyat yang dapat dikembangkan yaitu dengan pola agroforestri kompleks atau kebun hutan karena perubahan persediaan bahan organik, hara dan karbonnya relatif lebih kecil dibanding tipe lahan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W.C., I. Syahbani., M.T. Rengku., Z. Arifin dan Mukhaidil, 2006. *Teknik Estimasi Kandungan Karbon Hutan Sekunder Bekas Kebakaran 1997/1998 di PT. Inhutani I, Batu Ampar, Kaltim*. Loka Penelitian dan Pengembangan Satwa Primata, Samboja.
- Anonim, 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Pusat Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Arifin Z, 2011. *Analisis Nilai Indeks Kualitas Tanah Entisol Pada Penggunaan Lahan Yang Berbeda*. J. Agroteksos, 21(1) : 54.
- Barchia, F., N. Aini dan P. Prawito, 2007. *Bahan Organik dan Respirasi di Bawah Beberapa Tegakan pada Das Musi Bagian Hulu*. J. Akta Agrosia Edisi Khusus No. 2 hlm 172 – 175.
- Chen, X., and B.L. Li, 2003. *Change in Soil Carbon and Nutrient Storage After Human Disturbance of a Primary Korean Pine Forest in Northeast China*. Forest Ecology and Management J. 186 : 197-206.
- Corre, M.D., G. Dechert, and E. Veldkamp, 2006. *Soil Nitrogen Cycling Following Montane Forest Conversion in Central Sulawesi, Indonesia*. Published in Soil Sci. Soc. Am. J. 70:359–366.
- Hairiah, K., dan S. Rahayu, 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan Di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia. 77 h.
- Hardjowigeno, S. 1996. *Ilmu Tanah*. Penerbit Akademi Pressindo, Jakarta.
- Indriyanto, 2006. *Ekologi Hutan*. Penerbit : PT. Bumi Aksara, Jakarta.
- Kim, Y.C., 2001. *Pola Pengelolaan Hutan Tropika Berdasar Pada Konsep Nilai Ekonomi Total*. Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Laturadja, H., 2009. 96,65 Persen Hutan Taman Lore Lindu dalam Kondisi Baik. <http://www.d-forin.com/HTML/>. Diakses tanggal 4 Juli 2010.
- Mackensen, J., 2000. *Pengelolaan Unsur Hara pada Hutan Tanaman Industri (HTI) di Indonesia*. Badan Kerjasama Teknis Jerman – Deutsche. Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Postfach 5180. D-65726 Eschborn, Jerman.
- Monde, A. 2008. *Dinamika Kualitas Tanah, Erosi dan Pendapatan Petani Akibat Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian dan Agroforestri Kakao Di DAS Nopu Sulawesi Tengah*. Disertasi, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Novianto, A. 2007. *Pengurangan Emisi Dari Deforestasi Dan Degradasi Di Indonesia*. <http://www.indonesia.go.id/id> - Asisten Deputi Urusan Kehutanan, Departemen Kehutanan, Jakarta. (Tanggal 30 Juni 2010).
- Rahayu, S., B. Lusiana and M. Van Noorwijk, 2005. *Aboveground Carbon Stock Assesment for Various Land use System in Nunukan. East Kalimantan*. In Lusiana, B., M. Van Noorwijk and S. Rahayu (eds). *Carbon Stock in Nunukan East Kalimantan: a Spatial Monitoring and Modelling Approach*. Report from the Carbon Monitoring Team of the Forest Resource Management for Carbon Sequestration (FORMACS) Project. World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor.
- Ruhiyat, D., 1993. *Dinamika Unsur Hara dalam Pengusahaan Hutan Alam dan Hutan Tanaman; Siklus Biogeokimia Hutan*. Rimba Indonesia, Vol.XVIII, No.1-2.
- Safuan, S. 2008. *Deforestasi Di Indonesia: Analisa Biaya Manfaat Dan Identifikasi Penyebabnya*. Organisasi Presentase.<http://www.xa.yimg.com/kq/groups/>.(tgl : 30 Juni 2010).
- Sarjono, M.A., T. Djogo., H.S. Arifin dan N. Wijayanto, 2003. *Klasifikasi dan Pola Kombinasi Komponen Agroforestri*. Bahan Ajaran Agroforestri 2 World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia.
- Sierra, C.A., J.I. del Valle., S.A. Orrego., F.H. Moreno., M.E. Harmon., M. Zapata., G.J. Colorado., M.A. Herrera., W. Lara., D.E. Restrepo., L.M. Loaiza and J.F. Benjumea, 2007. *Total Carbon Stock in a Tropical Forest Landscape of the Porce Region, Colombia*. *Forest Ecology and Management*, 243 : 299-309.
- Smiley, G.L., and J. Kroschel, 2008. *Temporal Change in Carbon Stocks of Cocoa-Gliricida Agroforest in Central Sulawesi, Indonesia*. *Agroforest Syst.* 73 : 219-231.
- Stevenson, F.J, 1994. *Humus Chemistry, Genesis-Composition-Reaction*. John Wiley and Sons. New York.
- Supriyadi, S. 2008. *Kandungan Bahan Organik sebagai Dasar Pengelolaan Tanah di Lahan Kering Madura*. *Embryo*, Vol. 5, No. 2 :176-183.
- Tisdale, S.L., and W.L. Nelson, 1975. *Soil Fertility and Fertilizer*. Mc. Milian Publishing Co. New York.
- Tomich, T.P., M. van Noordwijk., S. Budisudarsono, A. Gillison, T. Kusumanto, D. Murdyarso, F. Stolle and A.M. Fagi, 1998. *Alternative to slash and burn in Indonesia : Summery Report and Synthesis of Phase II*. ICRAF South East Asia, Bogor.
- Wardah, 2008. *Keragaan Ekosistem Kebun Hutan (Forest Garden) Di Sekitar Kawasan Konservasi : Studi Kasus di Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi Tengah*. Disertasi, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Xiao, T'L., X.Y. Jiang, M.R. Jepsen and W.T. Jian, 2010. *Ecosystem Carbon Storage and Partitioning in a Tropical Seasonal Forest in Southwestern China*. *Forest Ecology and Management* 260 (2010) 1798–1803