

## DINAMIKA KARBON (C) AKIBAT ALIH GUNA LAHAN HUTAN MENJADI LAHAN PERTANIAN

Oleh :

A. Monde<sup>1)</sup>, N. Sinukaban<sup>2)</sup>, K. Murtalaksono<sup>2)</sup>, dan N. Pandjaitan<sup>3)</sup>

### ABSTRACT

Land use changes from forest to agricultural farms have been incessantly occurring in Indonesia. This condition will have harmful effects on nature equilibrium if uncontrolled. Forest can effectively absorbed carbon, in contrast deforestation will result in the release of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) to the atmosphere. The research results indicated that significant carbon losses have taken place due to forest changes to agricultural farms. Agro-forestry system can lessen these losses from vegetation, litter, soil and due to soil erosion. Agricultural farm with maize and peanut produced lower carbon than forest and vanilla agro-forestry.

**Keyword :** Carbon dynamics, forest, agricultural farm.

### I. PENDAHULUAN

Hutan merupakan salah satu sistem penggunaan lahan berupa aneka pepohonan dan semak sehingga membentuk tajuk berlapis. Hutan yang demikian mampu menyerap/menyimpan karbon yang sangat besar sehingga dapat menekan polusi akibat banyaknya gas karbon dioksida di atmosfer. Sejumlah hasil penelitian telah mengungkapkan berbagai dampak dari alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian atau peruntukkan lainnya (Kang dan Juo, 1986; Lal dan Eliot, 1994; Juo *et al.*, 1995; Dariah *et al.*, 2004), namun bila kebutuhan akan lahan begitu mendesak, konversi lahan hutan sangat sulit untuk dihindari. Pertumbuhan penduduk yang tinggi menuntut penyediaan.

Lahan untuk perumahan dan lahan usaha/lapangan pekerjaan. Akibat kurang berkembangnya lapangan pekerjaan diluar pertanian, maka orientasi masyarakat di pedesaan untuk dapat memenuhi kebutuhannya tidak ada cara lain kecuali membuka lahan pertanian baru. Demikian pula halnya di Provinsi Sulawesi Tengah dimana kasus alih guna lahan hutan tergolong cukup tinggi dilakukan oleh masyarakat untuk budidaya pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian terhadap dinamika karbon.

<sup>1)</sup> Staf Pengajar pada Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu.

<sup>2)</sup> Staf Pengajar Fakultas Pertanian IPB, Bogor

<sup>3)</sup> Staf Pengajar Fakultas Teknik Pertanian IPB Bogor

### II. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juni hingga Oktober 2005, berlokasi di DAS Nopu. DAS ini merupakan salah satu sub DAS dari DAS Gumbasa yang berada dalam wilayah administrasi Kecamatan Palolo, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah.

Letak geografi lokasi penelitian sekitar 01° 11' 50,7" LS dan 120° 05' 10,5" BT. Kondisi topografi di areal penelitian sangat curam dengan kemiringan lereng bervariasi dari miring (9%) hingga sangat curam (>45%). Suhu rata-rata 25-26 °C, curah hujan rata-rata di atas 2500 mm/tahun dengan ketinggian antara 600 m hingga 1400 m dari permukaan laut. Hasil survei sebelumnya melaporkan bahwa jenis tanah daerah penelitian menurut klasifikasi USDA didominasi oleh *Humitropepts* dan *Eutropepts* pada bagian hulunya dan *Tropoqupts* dengan horizon gleyic atau *Tropofluvents* pada bagian hilirnya (Gerold dan Murtalaksono, 2003).

Dalam penelitian ini, dinamika karbon diartikan sebagai besarnya perubahan serapan karbon yang terjadi akibat alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian (jagung, kacang tanah, agroforestri vanili)

#### 2.1. Biomasa Karbon Vegetasi dan Penutup Tanah.

Pengukuran biomassa dilakukan pada tiga tempat yakni tegakan pohon (diatas permukaan tanah), serasah (di permukaan tanah)

dan akar yang ada di bawah permukaan tanah yang semuanya dilakukan dalam petak contoh.

Untuk mengukur biomassa vegetasi di atas permukaan tanah dapat dilakukan dengan dua tahap yakni :

**Pertama**, metode pendugaan dengan menggunakan persamaan allometrik  $W = aD^b$  terutama pada pohon yang berdiameter  $> 5$  cm dengan petak contoh berukuran  $10 \times 10$  m. Total biomassa vegetasi dan karbon (C) dalam suatu areal agroforestri dapat dihitung melalui persamaan pendugaan biomassa dan karbon vegetasi (Brown, 1997) sebagai berikut:

$$W = 0,118D^{2,53}$$

$$C = 0,5 \times W$$

W = Total biomassa pohon (ton/ha)

D = Diameter batang (5 – 148 cm) setinggi dada orang dewasa

C = Kadar karbon (ton/ha)

**Kedua**, untuk pengukuran biomassa tumbuhan bawah atau rumput-rumputan/semak dilakukan dengan petak contoh ukuran  $2 \times 2$  m. Kemudian masing-masing jenis yang terdapat dalam petak contoh diambil dengan bobot yang sama misalnya 200 g. Contoh tersebut selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu  $70^\circ$  C selama 2 kali 24 jam lalu ditimbang bobot massa keringnya (Hairiah *et al.*, 2002).

Pengukuran biomassa serasah baik yang halus maupun yang kasar dilakukan dengan metode kuadrat berukuran  $0,5 \times 0,5$  m. Selain mengumpulkan semua serasah yang ada di atas tanah juga dikumpulkan serasah halus yang ada

pada kedalaman 5 cm di bawah permukaan tanah yang akar-akar halus yang telah lapuk yang lolos ayakan 2 mm, sedangkan yang dikategorikan dengan serasah kasar adalah semua sisa tanaman yang belum terdekomposisi termasuk pohon mati berdiameter  $< 5$  cm dan panjang  $< 5$  m, dan ranting serta daun yang tidak terbakar (Hairiah *et al.*, 2002). Selanjutnya contoh serasah yang telah dikumpulkan tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu  $70-80^\circ$ C selama 2 kali 24 jam kemudian ditimbang.

Estimasi biomassa akar untuk vegetasi hutan/pohon menggunakan persamaan (Hairiah *et al.*, 2001) :

$$WR = WS : (S/R \text{ rasio})$$

$$C = 0,5 \times WR$$

Dimana :

WR = Biomasa akar;

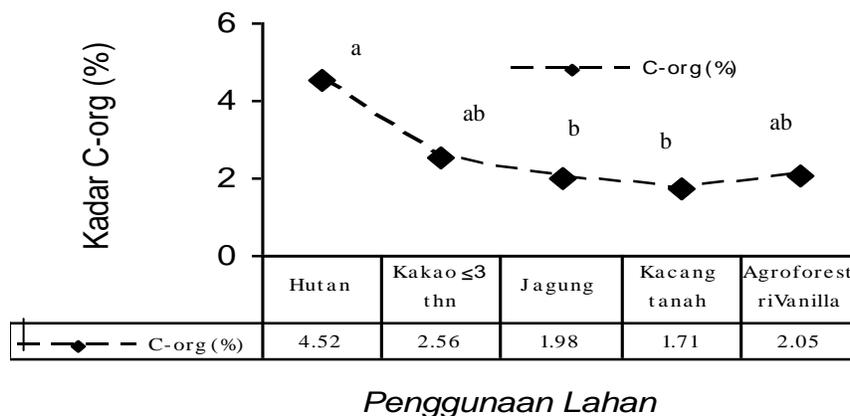
WS = Biomasa vegetasi di atas tanah;

S/R rasio = 4

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Dinamika Kandungan Karbon Tanah

Hasil analisis kandungan C tanah akibat alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian menurun dengan nyata (Gambar 1). Kandungan C organik berbagai lahan pertanian tidak berbeda nyata bila dibandingkan satu dengan lainnya.



Gambar 1. Dinamika Kandungan C-Organik Tanah Akibat Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian

Secara keseluruhan nampak bahwa alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian menunjukkan adanya penurunan kadar C organik tanah. Lahan hutan memiliki kandungan bahan organik tinggi karena adanya suplai bahan organik yang terus-menerus dari vegetasi hutan sehingga terjadi penumpukan. Kondisi stabil tersebut memungkinkan dekomposisi bahan organik berlangsung secara alami, sebaliknya pada lahan pertanian proses dekomposisi berlangsung dengan cepat karena adanya pengelolaan dari petani. Hal ini dapat dipahami karena dengan terbukanya lahan suhu meningkat sehingga laju dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat. Kondisi permukaan tanah yang relatif terbuka memungkinkan sebagian bahan organik tanah dibawa erosi ketika terjadi aliran permukaan. Selain itu pengangkutan hasil panen dan jerami keluar dari lahan menjadi faktor penyebab berkurangnya cadangan dan suplai bahan organik tanah. Pembakaran sisa-sisa tanaman atau jerami dan serasah juga menjadi kondisi yang mempercepat kehilangan karbon organik dari sistem tanah.

Besarnya kehilangan karbon organik pada lahan kakao umur  $\leq 3$  tahun, lahan jagung dan kacang tanah mengingat pada ketiga lahan tersebut tingkat pelapukan bahan organik dapat dipastikan berlangsung lebih cepat karena kondisi lahan relatif terbuka. Sistem pertanian tanaman semusim yang relatif terbuka memungkinkan terjadinya erosi sangat besar, ketika terjadi aliran permukaan sebagian besarkarbon organik terbawa erosi. Sebaliknya proses pelapukan pada lahan hutan ataupun lahan agroforestri vanili relatif lambat. Kondisi ini menyebabkan penumpukan bahan organik pada lantai hutan lebih banyak (Hairiah *et al.*, 2006).

Kemudian kehilangan C organik melalui aliran permukaan relatif tidak berbeda nyata satu dengan lainnya akibat alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian (Tabel 1).

Hal ini terjadi karena bahan organik yang terangkut aliran permukaan umumnya dalam bentuk koloid sehingga yang berbeda diduga adalah konsentrasi. Meskipun total aliran permukaan pada lahan hutan kecil namun konsentrasi C-organiknya relatif tinggi (Sinukaban, 2007) Dilihat dari kehilangan C,

nampaknya kehilangan melalui erosi jauh lebih besar dibanding dengan aliran permukaan. Unsur yang paling besar terbawa erosi dan aliran permukaan adalah C organik. Kehilangan unsur ini berkaitan erat dengan besarnya erosi yang terjadi pada masing-masing penggunaan lahan. Semakin besar erosi maka karbon yang terangkut semakin banyak pula.

Tabel 1. Pengaruh Alih Guna Lahan Hutan menjadi Lahan Pertanian Terhadap Kehilangan C-organik dalam Erosi dan Aliran Permukaan

Penggunaan Lahan	Erosi Kg/ha	Aliran Permukaan Kg/ha
Hutan	24,31 a	11.32a
Kakao $\leq 3$ thn	353,30 b	27.44a
Jagung	282,82 b	25.45a
Kacang Tanah	257,41 b	18.96 a
Agroforestri Vanili	18,15 a	18.45 a

Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom, tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan  $\alpha 0.05$

### 3.2. Dinamika Serapan Karbon

#### a. Karbon Tegakan

Hasil pengamatan dinamika total karbon akibat alih guna lahan menjadi lahan pertanian disajikan pada Gambar 2. Sesuai dengan hasil uji jarak berganda Duncan diketahui bahwa hutan memiliki total serapan karbon lebih tinggi dan berbeda nyata dibanding total serapan karbon pada penggunaan lahan untuk jagung, kacang tanah, agroforestri vanili dan kakao umur  $\leq 3$  tahun. Serapan karbon pada lahan agroforestri vanili dan kakao umur  $\leq 3$  tahun bila dibandingkan dengan tanaman jagung dan kacang tanah berbeda nyata. Total karbon tanaman jagung dan tanaman kacang tanah bila dibandingkan tidak berbeda nyata.

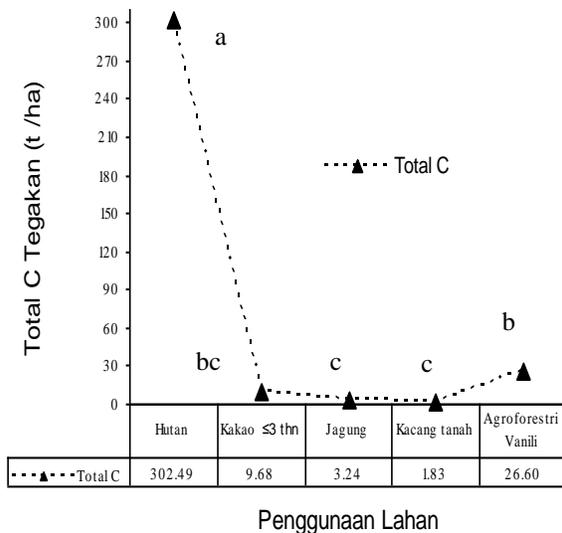
Dapat dipastikan bahwa hutan memiliki kapasitas serapan karbon yang jauh lebih besar ( $302,49 \text{ t ha}^{-1}$ ) dibandingkan dengan sistem pertanian, mengingat kerapatan pohon/vegetasinya sangat tinggi. Hasil penelitian Tomich *et al.* (1998) menunjukkan bahwa lahan hutan alami dapat menyimpan karbon  $497 \text{ t ha}^{-1}$ . Setelah dikonversi menjadi lahan agroforestri vanili dan tanaman kakao yang biasanya dibarengi dengan tanaman pelindung terjadi penurunan serapan

karbon masing sebesar 275,89 kg ha<sup>-1</sup> dan 292,81 kg ha<sup>-1</sup>, sedangkan hasil penelitian konversi hutan alami menjadi lahan agroforestri karet menyebabkan kehilangan karbon sebesar 290 kg ha<sup>-1</sup> dan bila dikonversi menjadi HTI sengon sekitar 370 kg ha<sup>-1</sup> (Tomich *et al.*, 1998) Tanaman semusim seperti jagung dan kacang tanah yang merupakan jenis tanaman berbatang bukan kayu dan berbentuk herba tentunya memiliki kapasitas yang terbatas dalam mengikat karbon.

Hasil pengamatan total karbon tegakan akibat alih guna lahan hutan menjadi lahan kakao disajikan pada Gambar 2. Sesuai dengan hasil uji jarak berganda Duncan diketahui bahwa lahan hutan memiliki total karbon lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan total karbon pada semua penggunaan lahan untuk lahan kakao. Sistem pertanaman agroforestri vanili juga memiliki total karbon lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan lahan kakao kakao umur ≤3 tahun, jagung dan kacang tanah, nampaknya dalam hal serapan karbon belum dapat mendekati serapan karbon hutan, terlebih lagi bila pohon pelindung yang digunakan adalah pohon dadap (gamal), glisideae (gamal) ataupun pohon buah-buahan.

### b. Karbon Serasah/Vegetasi dipermukaan Tanah

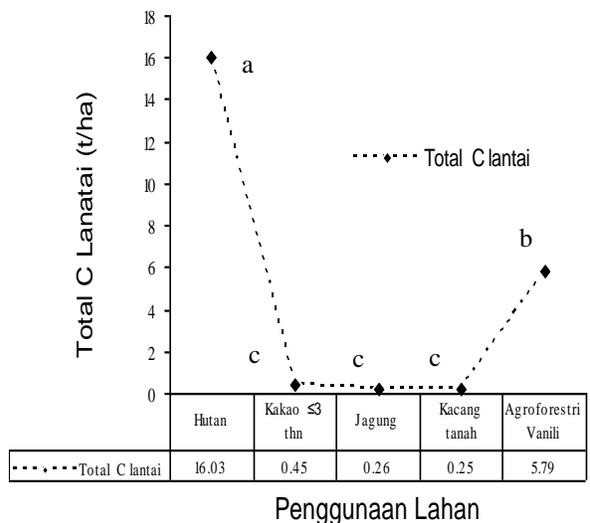
Hasil pengamatan karbon serasah /vegetasi penutup tanah pada masing-masing



Gambar 2. Dinamika Serapan Karbon Tegakan Akibat Alih Guna Lahan Hutan menjadi Lahan Pertanian dan Lahan Kakao.

penggunaan lahan disajikan pada Gambar 3. Sesuai dengan hasil uji jarak berganda Duncan diketahui bahwa lahan hutan memiliki karbon serasah penutup tanah jauh lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan serasah pada penggunaan lahan lainnya. Kemudian diikuti oleh lahan agroforestri vanili, dimana jumlah karbon serasah penutup lahannya berbeda nyata dibanding dengan lahan kacang tanah, jagung dan kakao umur ≤3 tahun. Lahan kacang tanah, jagung dan kakao umur ≤3 tahun memiliki total karbon serasah/vegetasi permukaan (gulma) tidak berbeda nyata.

Pada pertanaman semusim seperti tanaman jagung dan kacang tanah serasah sangat sedikit dan biasanya ditumbuhi rerumputan, tergantung pada tingkat pengelolaan tanaman oleh petani. Apabila sering dibersihkan maka sebagian besar lahan akan terbuka. Sebaliknya pada lahan hutan dan agroforestri vanili memiliki tumpukan serasah yang cukup banyak yang berasal dari guguran daun yang tua dan batang/ranting yang mati. Selain itu kedua penggunaan lahan tersebut memiliki tanaman bawah. Kemudian laju dekomposisi bahan organik/serasah pada lahan terbuka relatif lebih tinggi dibanding dengan laju dekomposisi bahan organik dibawah tegakan hutan ataupun agroforestri vanili yang relatif terlindung (Stevenson, 1994).



Gambar 3. Dinamika Total Karbon Lantai Lahan pada Alih Guna Lahan Hutan menjadi Lahan Pertanian.

#### IV. KESIMPULAN

1. Tegakan hutan penyerap karbon yang sangat tinggi (302,49 kg ha<sup>-1</sup>). Selain itu juga menghasilkan karbon serasah dan karbon organik tanah yang tinggi serta memiliki daya konservasi karbon yang efektif akibat aliran permukaan ataupun erosi.
2. Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian menyebabkan degradasi serapan karbon tegakan, serasah, karbon organik tanah dan meningkatkan kehilangan karbon dalam erosi

#### DAFTAR PUSTAKA

- Brady MA. 1996. *Effect of vegetation changes on organic matter dynamics in three control peat deposits in Sumatera, Indonesia*. In: Rirely JO and SE Page (eds). Proceedings of the international Symposium on Biodiversity Environmental Importance and Sustainability of Tropical Peat and Peatland Held in Palangkaraya, Central Kalimantan, 4-8 September 1995.
- Brown S. 1997. *Estimating biomass change of tropical forest*. A Forest Resources Assesment Publication. FAO Forestry Paper 134. Roma.
- Dariah A, F Agus, S Arsyad, Sudarsono, and Maswar. 2004. *Erosi dan limpasan permukaan pada agroforestri berbasis kopi di sumberjaya*, Lampung Barat. Agrivita 26: 52 – 60. Faperta UNIBRAW, Malang.
- Gerold G and K Murtlaksono. 2003. *The influence of pedo-hydrological changes on the water and nutrient cycle in catchment area. Project B2. Stability of Rainforest Margins (STORMA)*. Georg-August-Universitat Gottingen.. Gottingen
- Hairiah K, SM Sitompul, M Van Noordwijk and C Palm. 2001. *Carbon stock of tropical landuse syatem as part of the global c balance: effects of forest coverstion and option for clean development activities*. ASB Lecture Note 4A. ICRAF, Bogor. 49pp
- Hairiah K, Widiyanto, SR Utami dan B Lusiana. 2002. *Wanulcas model simulasi untuk sistem agroforestri*. ICRAF. Southeast Asia Regional Research Program, Bogor.
- Hairiah K, H Sulistyani, D Suprayogo, Widiyanto, P Purnomosidi, RH Widodo and M Van Noordwijk. 2006. *Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung*. Forest Ecology and Management 224:45-57
- Juo ASR, K Frannzuebbers, A Dabiri and Ikhile. 1995. *Changes in soil properties during long-term fallow and continuous cultivation after forest clearing in Nigeria*. Agr. Eco and Env. 56: 9-18. New York
- Kang BT and ASR Juo. 1986. *Effect of forest clearing on soil chemical properties and crop performance*. In: R Lal, PA Sanchez, RW Cummings, (Eds.). Land Clearing and Development in The Tropics. AA Balkema/Rotterdam/Boston. p. 383-394.
- Lal R and W Elliot. 1994. *Erodibility and erosivity*. In: R Lal, (Ed.). Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society. Florida. p. 181-210.
- Sinukaban N, Sudarmo dan K Murtlaksono. 2007. *Pengaruh pemberian mulsa dan pengolahan tanah terhadap erosi, aliran permukaan dan selektivitas erosi pada latosol colakt kemerahan Darmaga*. Dalam : N Sinukanban. Konservasi Tanah dan Air Kunci Pembangunan Berkelanjutan. Direktorat Jenderal RLPS, Jakarta.
- Stevenson FJ. 1994. *Humus Chemistry*. Genesis, Composition, Reaction. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley and Sons. New York
- Tomich TP, M Van Noordwijk, S Budidarsono, A Gillison, T Kusumanto, Dmudiyarso, F Stolle and AM Fagi. 1998. *Alternatives to slash and burn in Indonesia*. Summary Report & Synthesis of Phase II. ASB-Indonesia and ICRAF-S.E. Asia

agroforestri, 22, 23, 24, 25, 26

karbon, 22, 23, 24, 25, 26