

PENILAIAN STOK KARBON TANAH ORGANIK PADA BEBERAPA TIPE PENGGUNAAN LAHAN DI KUTAI TIMUR, KALIMANTAN TIMUR

Muli Edwin¹

¹ Sekolah Tinggi Pertanian (STIPER) Kutai Timur, Program Studi Kehutanan.
Jl Sukarno-Hatta No 01. Sangatta, Kutai Timur, Kaltim Kode Pos 75387
Telp. 081347140335
E-Mail: edwin.kutim@gmail.com

ABSTRAK

Penilaian Stok Karbon Tanah Organik pada beberapa Tipe Penggunaan Lahan di Kutai Timur, Kalimantan Timur. Penilaian stok karbon tidak hanya pada vegetasi hutan, tetapi juga pada tanah termasuk tanah pertanian atau kebun, karena secara global stok SOC (soil organic carbon) ternyata merupakan teresterial terbesar cadangan karbon organik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui stok karbon tanah organik di kebun lada, kebun campuran, kebun karet, kebun jati dan lahan semak. Metode pengambilan sampel tanah ditentukan secara purposive sampling, kemudian untuk analisis stok karbon tanah organik berdasarkan kerapatan lindak, C-organik dan kedalaman tanah mengacu pada penilaian oleh Badan Standardisasi Nasional.

Total SOC di berbagai tempat tergantung dari karakteristik tanah, curah hujan, manajemen pengolahan tanah, topografi, organisme tanah, dan faktor lingkungan lainnya. Berdasarkan penilaian SOC di kebun campuran dan kebun karet lebih tinggi, yaitu 160 dan 121 ton/ha. Kedua lahan tersebut memiliki kelerengan datar, sehingga potensi kehilangan bahan organik di tanah permukaan akibat erosi tergolong rendah. Sedangkan di kebun lada, jati dan semak masing-masing 60. 25 dan 24 ton/ha. Penilaian total SOC berdasarkan kandungan C-organik, kerapatan lindak (Bulk Density) dan kedalaman tanah tertentu pada tiap satuan unit lahan dianggap cukup signifikan, sehingga penelitian seperti ini lebih banyak lagi dilakukan dalam rangka menguatkan informasi untuk estimasi total SOC untuk daerah yang lebih luas atau secara global.

Kata kunci : Karbon, organik, kebun, tanah.

ABSTRACT

Assessing of Soil Organic Carbon (SOC) Stock at the Different Land Use in East Kutai Regency, East Kalimantan. Carbon stock assessment was not only conducted in forest vegetation, but also on soil, including croplands, as global SOC stocks proved to be the biggest terrestrial for organic carbon stocks. The purpose of this research was to assess the soil organic carbon stock in the mixed farm, *Piper Albi*, *Hevea brasiliensis*, *Tectona grandis* farm and bush land. Soil sampling method was determined by purposive sampling, then to the analysis of soil organic carbon stocks based on bulk density, C-organic and soil depth referred to the assessing by National Standardization Agency.

Total SOC in various places depending on the soil characteristics, rainfall, soil management, topography, soil organisms, and other environmental factors. Based on the assessment, SOC in mixed farm and *Hevea brasiliensis* farm was higher, namely 160 and 121 tonnes ha⁻¹. Both the land has a flat slope, so the potential loss of organic matter on the soil surface due to erosion was low. While in the *Piper Albi*, *Tectona grandis* farm and bush land respectively 60. 25 and 24 tonnes ha⁻¹. Assessment of total SOC based on the content of C-organic, bulk density and soil depth specified on each unit of land was considered significant, so research like this should to be attempted more in order to strengthen information to estimate the total SOC in wider area or globally.

Key words : carbon, organic, farm, soil.

1. PENDAHULUAN

Konversi lahan hutan dalam skala luas menjadi lahan pertanian dan perkebunan dapat berperan menurunkan cadangan karbon tanah. Pemanfaatan lahan oleh masyarakat harus dievaluasi salah satunya dengan sebuah riset untuk mengetahui kondisi tanah dan cadangan karbon tanah organik. Karbon tanah organik (SOC=soil organic carbon) menurut Nishina, *et al.* (2013) merupakan stok karbon terbesar di ekosistem darat dan memainkan peran kunci dalam umpan balik biosfir untuk peningkatan karbon dioksida atmosfer di dunia, sehingga atmosfer bumi akan menjadi lebih hangat. Menurut Stockmann, *et al.* (2012), menyatakan tanah mengandung kurang lebih 2.344 Gt (1 Gigaton = 1 Milyar ton) dari karbon organik secara global dan merupakan teresterial terbesar cadangan karbon organik. Perubahan kecil dalam stok karbon organik tanah bisa berdampak signifikan terhadap konsentrasi karbon di atmosfer.

Van Noordwijk *et al.* (1997) dalam Yassir (2011) melaporkan bahwa stok karbon tanah menurun akibat adanya degradasi dan deforestasi hutan. Sedangkan menurut Ohta *et al.* (2000) menyebutkan bahwa stok karbon tanah keseluruhan tidak menurun akibat degradasi hutan bahkan meningkat pada setiap lapisan selama konversi hutan menjadi padang rumput. Dari berbagai hasil penelitian perlu dikuatkan dengan berbagai informasi terutama pada lahan pertanian atau lahan konversi dari hutan ke lahan budidaya. Hal tersebut dibutuhkan untuk mengetahui apakah alih fungsi lahan hutan menjadi berbagai lahan budidaya atau pertanian dapat menurunkan stok karbon tanah organik. Stok karbon tanah di Kalimantan Timur pada kedalaman tanah 40 cm ditemukan sebesar 36,2 ton/ha di lahan alang-alang dan sebesar 38,9 ton/ha di hutan sekunder kemudian sekitar 33,2 ton/ha di hutan

primer, yang jauh lebih rendah dibandingkan di Sumatera (Yassir, 2012).

Tanah merupakan salah satu dari tiga penyimpan karbon (*carbon pool*) di darat. Penyimpan lainnya adalah pada biomasa tanaman hidup dan tanaman yang mati atau nekromasa dan serasah. (IPCC, 2006). Berdasarkan penelitian Usmadi dkk, Tahun 2015 telah menjelaskan di Kebun Raya Balikpapan diketahui rata-rata cadangan karbon sebesar 141,6 ton/ha. Komponen terbesar penyumbang cadangan karbon dari lima komponen pool karbon ditemukan pada komponen vegetasi hidup sebesar 48,50% dan tanah menyumbang 28,15% atau sebesar 39,84 ton/ha dan sisanya pada komponen nekromasa dan lainnya. Nilai cadangan karbon tanah di Kebun Raya Balikpapan hampir sama Hutan sekunder bekas kebakaran di lokasi PT. Inhutani I Batu Ampar Provinsi Kalimantan Timur pada kedalaman lapisan tanah 0–30 cm. Berdasarkan laporan Forest Watch Indonesia, (2009) telah menjelaskan rata-rata cadangan karbon pada lahan semak belukar adalah 9,54 ton/ha. Kemudian Charlie (2015) juga telah menemukan cadangan karbon yang rendah untuk karbon tanah organik pada kedalaman tanah sampai 30 cm di Taman Botani Bukit Pelangi, yaitu rata-rata sebesar 6,90 ton/ha.

Diperkirakan bahwa setidaknya 1,7 milyar ton karbon dilepaskan per tahunnya akibat alih-guna lahan. Bagian terbesar adalah deforestasi di kawasan hutan tropis. Deforestasi mewakili sekitar 20 persen emisi karbon dunia saat ini, yang persentasenya lebih besar dari emisi yang dikeluarkan oleh sektor transportasi global dengan penggunaan bahan bakar fosil yang intensif. Deforestasi dan degradasi hutan di Indonesia merupakan penyumbang terbesar emisi nasional. Sumber penting dalam periode 10-15 tahun terakhir berasal dari kebakaran dan drainase lahan gambut dengan emisi

tahunannya tidak kurang dari 0,5 milyar ton karbon (CIFOR, 2010). Mengetahui stok karbon pada berbagai tipe lahan sangat penting, menurut Usmadi dkk, (2015) bahwa cadangan karbon dapat digunakan untuk menduga besarnya penyerapan karbon dioksida (CO₂) oleh tumbuhan termasuk di tanah.

Berdasarkan penelitian Hobley dan Willgoose (2010) telah menjelaskan pada tahun 2005, sekitar 10 - 12% dari GRK (Gas Rumah Kaca) antropogenik berasal dari kegiatan pertanian. Upaya manipulasi stok karbon tanah organik melalui pola penggunaan lahan dan perubahan pengelolaan lahan telah banyak dibahas sebagai bagian dalam rangka solusi untuk mengurangi kadar CO₂ di atmosfer (Lal 1997; Lorenz *et al.* 2007.). Laporan IPCC tahun 2007 memperkirakan bahwa sekitar 5 ton CO₂ per tahun yang bisa dijerap oleh tanah (Smith *et al.* 2007). Dalam rangka memberikan masukan kepada pemerintah dan kelompok-kelompok kepentingan lainnya sebagai dasar bagi pengambilan kebijakan yang efektif berkaitan dengan pemanfaatan lahan, maka para ilmuwan tanah dihadapkan dengan tantangan mengidentifikasi dan mengukur efek GRK termasuk memantau stok SOC. Stok karbon tanah hutan tanah pertanian atau kebun sangat penting untuk dikaji lebih jauh terkait upaya mitigasi terhadap perubahan iklim.

2. METODA PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini bersifat studi eksplorasi untuk beberapa tipe pemanfaatan lahan pada wilayah berbeda di Kabupaten Kutai Timur. Terdapat 5 lokasi yaitu kebun lada di Kecamatan Batu Ampar, kebun campuran di Rantau Pulung, kebun karet di Kecamatan Long Masangat dan kebun jati serta lahan semak di

Kecamatan Sangatta Utara. Pada bulan Desember 2015-April 2016.

2.2. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data disesuaikan dengan tujuan dari penelitian, dimana sifat penelitian ini adalah studi eksplorasi terhadap stok karbon tanah organik pada beberapa tipe penggunaan lahan. Sehingga dalam pengumpulan data menggunakan non-probability sampling. Menurut Teddlie dan Yu (2009), menjelaskan teknik non-probability sampling disebut juga purposive sampling atau tujuan pengambilan sampel secara sengaja terutama untuk penelitian kualitatif. Dijelaskan lebih lanjut oleh Etikan *et al.* (2016) non-probability sampling memiliki keterbatasan karena sifatnya subjektif dan dengan demikian belum tentu dapat mewakili seluruh populasi secara umum.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu data primer merupakan data yang dikumpulkan dari hasil survey lapangan yang meliputi: data tentang kondisi tanah seperti morfologi, sifat fisik tanah tanah dan hasil analisis laboratorium. Kemudian data sekunder yang meliputi peta administrasi kabupaten/kecamatan, peta tanah, peta iklim, peta curah hujan, peta system lahan dan hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini. Dalam penelitian ini melakukan pengukuran kandungan karbon organik tanah pada tanah mineral kering. Pengambilan contoh tanah dilakukan tahapan yang mengacu atau mengadopsi standar dari BSN (2011) sebagai berikut:

- a. Contoh tanah dari 5 titik, yaitu pada keempat arah mata angin dan di tengah tengah plot untuk plot lingkaran atau pada keempat sudut plot dan di tengah-tengah plot untuk plot persegi panjang;
- b. Melakukan pengambilan contoh tanah dengan metode komposit, yaitu mencampurkan contoh tanah dari

kelima titik contoh tanah pada tiga kedalaman tertentu (kedalaman 0 cm sampai 10 cm, 10 cm sampai 20 cm, dan 20 cm sampai 30 cm), untuk mengetahui kandungan Corganik dan beberapa sifat kimia tanah lainnya;

- c. Mengambil contoh tanah utuh dengan *ring soil sampler* pada tiga kedalaman tertentu (kedalaman 0 cm sampai 10 cm, 10 cm sampai 20 cm, dan 20 cm sampai 30 cm), untuk mengetahui kerapatan lindak;
- d. Sampel tanah dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman.

2.3. Analisis Data

Sesuai dengan tujuan penelitian maka metode dalam penelitian ini adalah metode survey dan analisis laboratorium. Data hasil survey lapangan dan analisis kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Perhitungan karbon tanah organik berdasarkan perkalian dari persentase C-organik, kerapatan lindak dan kedalaman tanah yang mengacu pada persamaan (BSN, 2011). Perhitungan tersebut juga pernah diterapkan oleh Olsson *et al.* (2009), dan Abera dan Meskel (2013) sebagai berikut ini:

$$C_t = Kd \times \rho \times \% C_{\text{organik}} \dots\dots\dots (\text{gram/cm}^2)$$

Keterangan:

- C_t = kandungan karbon tanah, dinyatakan dalam gram (gram/cm^2)
- Kd = kedalaman contoh tanah, dinyatakan dalam sentimeter (cm)
- ρ = kerapatan lindak (*bulk density*), dinyatakan dalam gram per centimeter kubik (g/cm^3)
- $\%C_{\text{organik}}$ = nilai persentase kandungan karbon, menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

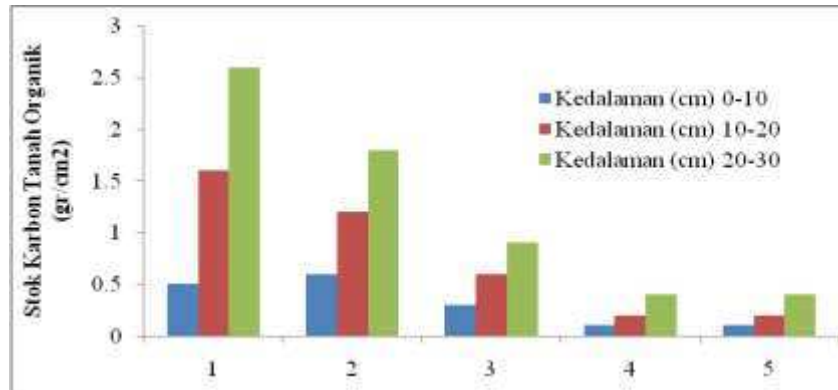
$$C_{\text{tanah}} = C_t \times 100 \dots\dots\dots (\text{ton/ha})$$

Keterangan :

- C_{tanah} = kandungan organik tanah per hektar, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha)
- C_t = kandungan karbon tanah (g/cm^2)
- 100 = faktor konversi dari g/cm^2 ke ton/ha.
- .

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

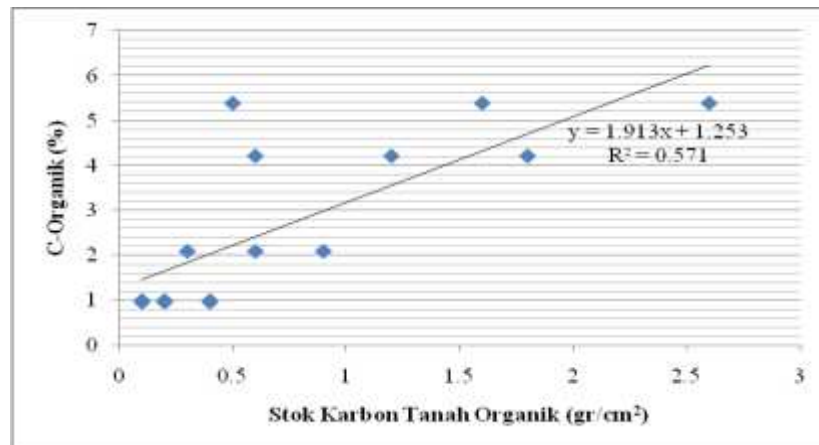
Perhitungan stok karbon tanah organik (SOC=Soil Organic Carbon) dilakukan pada empat tipe penggunaan lahan, yaitu kebun lada, kebun karet, kebun jati, dan kebun campuran serta satu tutupan lahan berupa semak atau bekas kebun. Berdasarkan perhitungan stok SOC di lima lokasi tersebut, pada kedalaman tanah 0 sampai 10 cm SOC berkisar 0,1-0,5 gr/cm^2 , kedalaman tanah 10 sampai 20 cm SOC berkisar 0,2-1,6 gr/cm^2 , kedalaman tanah 20 sampai 30 cm SOC berkisar 0,4-2,6 gr/cm^2 (Gambar 1).



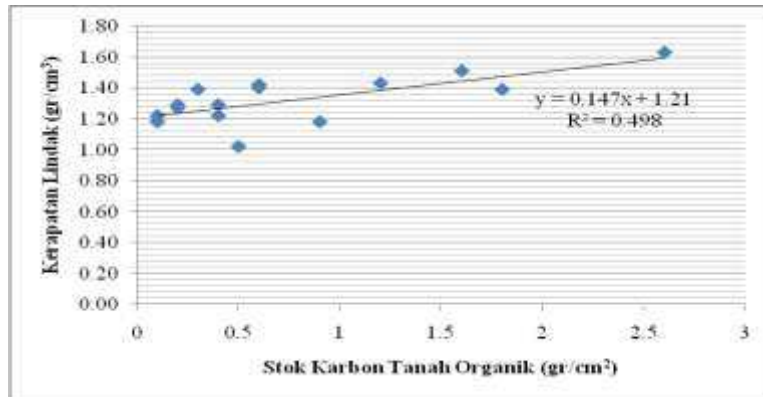
Gambar 1. Perbandingan Stok Karbon Tanah Organik pada Kedalaman Tanah Berbeda

Kedalaman tanah mempengaruhi secara linier terhadap stok SOC, begitu juga kandungan C-organik dan kerapatan lindak berpengaruh cukup signifikan terhadap SOC seperti diperlihatkan pada Gambar 2 dan 3. Kandungan C-organik yang tinggi ditemukan pada kebun campuran, kebun karet kemudian kebun lada, sedangkan yang terendah pada lahan semak, yaitu 0,94%. Untuk kerapatan

lindak tertinggi ditemukan pada kebun karet, lada kemudian kebun campuran, dan yang terendah pada lahan semak, yaitu sekitar 1,26 gr/cm³. Berdasarkan Gambar 2 dan 3 kandungan C-organik lebih signifikan pengaruhnya dibanding kerapatan lindak, hal tersebut nantinya akan mempengaruhi total stok SOC pada tiap kedalaman tanah tertentu.



Gambar 2. Grafik Hubungan Stok SOC dan C-Organik di Lokasi Penelitian



Gambar 2. Grafik Hubungan Stok SOC dan Kerapatan Lindak di Lokasi Penelitian

Nilai C-organik, kerapatan lindak dan kedalaman tanah dalam penelitian ini digunakan untuk menduga stok SOC. Dari hasil perhitungan telah diketahui kebun campuran memiliki SOC yang paling tinggi yaitu 160 ton/ha, sedangkan yang terendah ditemukan pada lahan kebun jati dan semak atau bekas kebun, yaitu masing-masing 24,7 dan 24, 0 ton/ha. Nilai stok karbon tanah pada kebun karet juga relatif tinggi kebun lada, jati dan semak (Tabel 1). Stok karbon tanah selain dipengaruhi

oleh C-organik dan kerapatan lindak juga dipengaruhi oleh jenis tanah dan faktor lingkungan lainnya, seperti curah hujan harian, kelerengan dan pengolahan tanah pada lahan budidaya. Lokasi di kebun lada dan kebun yang memiliki stok karbon tanah rendah, salah satunya disebabkan kondisi lahan yang dimilikinya, yaitu agak curam sampai curam. Sedangkan pada kebun campuran dan kebun karet memiliki kelerengan datar atau landai.

Tabel 1. Stok Karbon Tanah Organik (ton/ha) pada Lima Penggunaan Lahan Berbeda

No.	Lokasi	Penggunaan lahan	C-organik	Karbon Stok (ton/ha)
1	Rantau Pulung (Desa Margomulyo)	Kebun Campuran	5,39	160,4
2	Long Masangat (Desa Mukti Utama)	Kebun Karet	4,21	120,7
3	Batu Ampar (Desa Beno Harapan)	Kebun Lada	2,08	60,3
4	Sangatta Utara (Dusun Kabo Jaya)	Kebun Jati	0,98	24,7
5	Sangatta Utara (Dusun Kabo Jaya)	Semak	0,94	24,0

Berdasarkan laporan *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2000), telah menjelaskan secara global untuk hutan tropis stok karbon tanah sekitar 123 ton/ha yang lebih besar dibanding stok karbon pada vegetasi, yaitu 120 ton/ha. Kemudian pada

lahan basah (*wetlands*) stok karbon tanah sangat tinggi sekitar 643 ton/ha, dan pada lahan pertanian (*croplands*) stok karbon tanah sekitar 80 ton/ha. Masripatin dkk. (2010) telah menyimpulkan dari berbagai hasil penelitian di Indonesia, yaitu menjelaskan bahwa cadangan karbon

pada berbagai kelas penutupan lahan di hutan alam berkisar antara 7,5-264,70 ton C/ha. Kemudian cadangan karbon tanah pada berbagai tipe jenis tanah dan kedalaman tertentu berkisar antara 5,70-6.394 ton/ha dan potensi penyimpanan karbon yang paling besar terdapat pada lahan gambut.

Van der Kamp *et al.* 2009, telah melaporkan pada kedalaman tanah 0-45 cm di hutan Bukit Suharto Kalimantan Timur stok karbon sebesar 37 ton/ha dan hutan sekunder 43 ton/ha, kemudian untuk lahan alang-alang stok karbon tanah sekitar 40 ton/ha yang sedikit lebih besar dibanding hutan sekunder dan hutan bekas ladang. Penelitian Usmadi dkk. (2015) di hutan Kebun Raya Balikpapan, Kalimantan Timur menemukan total stok karbon sekitar 142 ton/ha dan pada tanah sekitar 40 ton/ha dengan menerapkan metode perhitungan yang sama dengan penelitian ini. Abera dan Meskel (2013) melakukan penelitian di wilayah tropis Ethiopia telah menghitung rata-rata stok karbon tanah Andosol pada beberapa penggunaan lahan berkisar 2,1-4,2 ton/ha.

Total kandungan atau stok SOC pada berbagai tipe penggunaan lahan selain dipengaruhi oleh faktor alami, yaitu curah hujan, topografi, kondisi vegetasi juga dipengaruhi oleh intensitas pengolahan tanah dan pemupukan. Dari berbagai faktor tersebut baik secara langsung dan tidak langsung akan mempengaruhi sifat-sifat tanah termasuk kandungan C-organik dan kerapatan lindak. Olsson *et al.* (2009) menjelaskan selain kondisi tapak, kondisi hidroorologi juga sangat mempengaruhi stok karbon tanah. Abera dan Meskel (2013) juga telah

menjelaskan perbedaan tipe penggunaan lahan, intensitas budidaya dan pemupukan merupakan sumber utama yang menyebabkan terjadinya perubahan pada sifat-sifat tanah.

Köchy *et al.* (2015) menyatakan dalam skala global tanah paling rentan terhadap kehilangan carbon akibat adanya berbagai penggunaan lahan yang juga memiliki peran penting dalam mitigasi konsentrasi GRK (gas rumah kaca). Stok SOC dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, sehingga perbedaan kecil dalam pengukuran SOC di daerah yang luas dapat menghasilkan perbedaan signifikan secara global. Sehingga dibutuhkan kemitraan secara global yang dikoordinasi oleh FAO dalam metode dan teknis pengukuran SOC. Lebih lanjut dijelaskan oleh Köchy *et al.* (2015) pengukuran stok SOC secara tidak langsung melalui analisis spasial atau penginderaan jauh memang diperlukan akan tetapi tetap membutuhkan data hasil pengamatan langsung lapangan. Sehingga untuk mengurangi ketidakpastian stok SOC para peneliti tanah perlu diarahkan untuk mendata kandungan C-organik, kerapatan lindak (Bulk Density) dan kedalaman tanah pada tiap satuan unit lahan. Wang *et al.* (2015) telah menjelaskan dinamika karbon tanah organik (SOC) di lahan pertanian merupakan komponen penting dari siklus karbon (C) secara global. Masukan (input) C umumnya diperlukan untuk mengurangi kerugian C di tanah pertanian. Sehingga dibutuhkan pengembangan

strategi manajemen untuk mengurangi kehilangan C di lahan pertanian dalam skala regional. Jha *et al.* (2014), total SOC tergantung dari jenis tanah, iklim, manajemen pengolahan tanah, komposisi mineral, topografi, organisme tanah, dan faktor-faktor lain yang tidak diketahui mengatur kandungan C dalam profil tanah.

4. KESIMPULAN

Dari lima tipe penggunaan lahan, stok karbon tanah organik di kebun campuran lebih tinggi dibandingkan empat lainnya. Penerapan budidaya secara multi kultur dapat meningkatkan kandungan C dalam tanah dibanding budidaya secara monokultur. Kandungan C yang tinggi di dalam tanah pada kebun campuran dan kebun karet dipengaruhi oleh faktor kelerengan yang datar dan intensitas pengolahan tanah yang relatif rendah. Lahan pertanian atau perkebunan sangat rentan mengalami pengurangan kandungan C di dalam tanah, karena adanya perlakuan pengolahan tanah, sehingga dibutuhkan strategi manajemen pengolahan tanah untuk meminimalisasi kehilangan C stok karena penurunan karbon tanah organik bisa berdampak signifikan terhadap peningkatan konsentrasi karbon di atmosfer dan berperan penting dalam mitigasi gas rumah kaca.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada institusi tempat bekerja (STIPER Kutai Timur) yang telah memberikan kesempatan kepada penulis selaku dosen untuk melakukan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pemilik kebun lokasi penelitian yang telah memberikan

kesempatan dan membantu di lapangan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa kehutanan STIPER Kutai Timur yang ikut terlibat langsung dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abera, G dan E.W. Meskel. 2013. Soil Properties, and Soil Organic Carbon Stocks of Tropical Andosol under Different Land Uses. <http://dx.doi.org/10.4236/ojss.2013.3301>. Journal of Soil Science, 2013, 3, 153-162.
- [2] BSN, 2011. Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon –Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting). SNI (Standar Nasional Indonesia), Badan Standadisasi Nasional, Jakarta.
- [3] Putra. M.P., M.Edwin, dan Charlie. 2016. Analisis Kandungan Karbon Tanah Organik di Areal Taman Botani Sangatta Kabupaten Kutai Timur. Jurnal Pertanian Terpadu. STIPER Kutai Timur, Sangatta. 165: 1-9.
- [4] CIFOR, 2010. REDD: Apakah itu? Pedoman CIFOR tentang Hutan, Perubahan Iklim dan REDD. CIFOR, Bogor, Indonesia. http://www.cifor.org/publications/pdf_files/media/MediaGuide_REDD_Indonesian.pdf.
- [5] Etikan, I. S. A. Musa, R.S. Alkassim. 2016. Comparison of

- Convenience Sampling and Purposive Sampling. doi: 10.11648/j.ajtas.20160501.11. American Journal of Theoretical and Applied Statistics. Vol. 5, No. 1, 2016, pp. 1-4.
- [6] FWI. 2009. Perhitungan Potensi Karbon di Kawasan Hutan: FWI (Forest Watch Indonesia). Bogor.
- [7] Hobley, E. and G. Willgoose. 2010. Measuring soil organic carbon stocks-issues and considerations. World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1-6 August 2010, Brisbane, Australia.
- [8] Jha, P., A. K. Biswas., B. L. Lakaria., R. Saha., M. Singh, and A. S. Rau. 2014. Predicting Total Organic Carbon Content of Soils from Walkley and Black Analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, DOI: 10.1080/00103624.2013.874023. 45:713–725.
- [9] Köchy, K. R. Hiederer, and A. Freibauer. 2015. Global distribution of soil organic carbon – Part 1: Masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world. www.soil-journal.net/1/351/2015/; doi:10.5194/soil-1-351-2015. SOIL, 1, 351–365, 2015.
- [10] IPCC., 2000. Land use, land-use change and forestry. In: Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D., Dokken, D. (Eds.), A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- [11] Masripatin N, K. Ginoga, G. Pari, W. S. Dharmawan, C. A. Siregar, A. Wibowo, D. Puspasari, A. S. Utomo, N. Sakuntaladewi, M. Lugina, Indartik, W. Wulandari, S. Darmawan, I. Heryansah, N.M. Heriyanto, H. Haris Siringoringo, Ratih Damayanti, D. Anggraeni, H. Krisnawati, R. Maryani, D. Apriyanto, B. Subekti. 2010. C Karbon pada berbagai Tipe Hutadan Jenis Tanamadi Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Balitbang Kehutanan, Bogor.
- [12] Nishina, K., et al. 2013. Umpan balik biosfir untuk peningkatan karbon dioksida atmosfer di dunia masa depan yang lebih hangat. <http://www.earth-syst-dynam-discuss.net/4/1035/2013/esdd-4-1035-2013.html>.
- [13] Ohta, S., Morisada, K., Tanaka, N., Kiyono, Y., Effendi, S., 2000. Are soil in degraded Dipterocarp forest ecosystem deteriorated? A comparison Imperata grasslands, degraded secondary forests, and primary forests. https://www.researchgate.net/publication/251373697_Are_Soils_in_Degraded_Dipterocarp_Forest_Ecosystems_Deteriorated_A_Comparison_of_Imperata_Grasslands_Degraded_Secondary_Forests_and_Primary_Forests.

- [14] Olsson M. T., M. Erlandsson, L. Ludin, T. Nilsson, Å. Nilsson and J. Stendah. 2009. "Organic Carbon Stocks in Swe-dish Podzol Soils in Relation to Soil Hydrology and Other Site Characteristics," *Silva Fennica*, Vol. 43, No. 2, 2009, pp. 209-222.
- [15] Sanchez, P.S. 1976. *Properties and Management of Soil in the Tropics*. John Willey and Sons, New York.
- [16] Usmadi, D. S. Hidayat, Yuzammi, dan D. Asikin, 2015. *Potensi Biomassa dan Cadangan Karbon Kebun Raya Balikpapan, Kalimantan Timur*. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya-LIPI. *Buletin Kebun Raya* Vol. 18 No. 1.
- [17] Stockmann, U., M. A. Adams, J. W. Crawford, D. J. Field, N. Henakaarchchi, M. Jenkins, B. Minasny, A. B. McBratney, V. de R. de Courcelles, K. Singh, I. Wheeler, L. Abbott, D. A. Angers, J. Baldock, M. Bird, P. C. Brookesf, C. Chenu, J. D. Jastrow, R. Lal, J. Lehmann, A. G. O'Donnell, W. J. Partonl, D. Whitehead, M, Zimmermann.. 2012. *The Knowns, Known Unknowns and Unknowns of Sequestration of Soil Organic Carbon*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Elsevier, 164; 80-99.
- [18] Teddlie, C dan F. Yu. 2009. *Mixed Methods Sampling: A Typology With Examples*. *Journal of Mixed Methods Research*. DOI: 10.1177/2345678906292430. 2007; 1; 77.
- [19] Van der Kamp, J., Yassir, I., Buurman, P., 2009. *Soil Carbon changes upon secondary succession in Imperata grasslands (East Kalimantan, Indonesia)*. *Geoderma Journal*, 149: 76-83.
- [20] Van Noordwijk M; C. Cerri; PL. Woomer; K. Nugroho; and M. Bernoux. 1997. *Soil Carbon Dynamics in the Humid Tropical Forest*. Elsevier. *Geoderma Journal*, 79: 187-225.
- [21] Yassir, I. 2011. *Kajian Beberapa Penelitian Stok Karbon di Kalimantan Timur*. Simposium Nasional Mitigasi, adaptasi dan Pendanaan Perubahan Iklim. Kementerian Lingkungan Hidup dan Universitas Mulawarma, Samarinda.. [rumahmasindo.com /www.ipcc.indonesia.org/medi a/.../06kaji.pdf](http://rumahmasindo.com/www.ipcc.indonesia.org/media/.../06kaji.pdf).
- [22] Yassir. I. 2012. *Soil Organic Carbon Stocks and Changes Upon Forest Regeneration in East Kalimantan-Indonesia*. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- [23] Wang, G., Z Luo., P Han., H. Chen and J. Xu. 2015. *Critical carbon input to maintain current soil organic carbon stocks in global wheat systems*. www.nature.com/scientificreports/; DOI: 10.1038/srep19327.