

Analisis Kandungan Karbon Tanah Organik Di Taman Botani Bukit Pelangi, Sangatta Kabupaten Kutai Timur

Mufti Perwira Putra¹, Muli Edwin¹, Charlie¹

¹Program Studi Kehutanan, STIPER Kutai Timur

ABSTRACT

The aim of this studied to knowthe stocks of SOCbased C-organics storage in the Botanical Garden, Sangatta Rainbow Hill. The research conducted within a period of approximately 4 months. The method used in research are field survey and analisys of soil samples. Sampling in two ways, namely the disturbed soil sampling (composite) and undisturbed soil samples. The results showed that based on soil characteristics of the physical and chemical, it's is know that level for soil fertility is lower in the Botanical Garden. Low soil fertility is generally owned by Ultisols, so that should be assumed, based on the soil characteristics in the Botanic Garden is a typical of soil with high leaching or old soil. SOC stocks has found at first location amount of 7.51ton ha⁻¹, third location of 6.90 ton/ha and second locationabout 6.38ton ha⁻¹. Total area Botanical Garden measuring 20.5 ha, it can be predicted that the total SOC stocks approximately 142.07 ton or 6.93 ton ha⁻¹. Based on the condition of vegetation in the field in mind that at the sealed vegetation indicated higher SOC stocks. The age and species of plants can affect the size of the plant, where the size and biomass plants is directly proportional to carbon stocks. Greater biomass declareSOC stocks capability increases. SOC stocks in the Botanical Garden categorized is low, it can be caused by conditions of land with steep slopes so that erosion is high enough, then the development of the forest is still relatively young secondary forests on tipycal of soil is old.

Keywords: Soil, Carbon, Area, Organic

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kandungan karbon tanah organik (SOC) di Taman Botani, Bukit Pelangi Sangatta. Penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu kurang lebih 4 bulan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei lapangan dan analisis laboratorium terhadap sampel tanah. Pengambilan sampel dengan dua cara, yaitu pengambilan sampel tanah terganggu (komposit) dan sampel tanah tidak terganggu. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa berdasarkan karakteristik tanah baik fisik dan kimia, diketahui Taman Botani memiliki tingkat kesuburan tanah rendah. Kesuburan tanah rendah umumnya dimiliki oleh Ultisols, sehingga dapat diasumsikan, berdasarkan karakteristik tanah tersebut telah mengalami pencucian tingkat lanjut (tinggi) atau termasuk jenis tanah tua. Kandungan SOC telah dihitung di tiga lokasi, lokasi pertama sebesar 7,51 ton/ha, lokasi ketiga 6,90 ton/ha dan yang terkecil pada lokasi kedua sekitar 6,38 ton/ha. Total luas Taman Botani 20,5 ha, sehingga dapat diprediksi bahwa kandungan SOC keseluruhan Taman Botani sekitar 142,07 ton atau 6,93 ton/ha. Berdasarkan kondisi vegetasi di lapangan diketahui bahwa pada vegetasi yang tertutup rapat menunjukkan kandungan SOC tinggi. Pada areal dengan biomassa yang lebih besar berpotensi menyumbang SOC yang tinggi di dalam tanah. Kandungan SOC di Taman Botani tergolong rendah disebabkan oleh kondisi lahan dengan lereng yang curam sehingga erosi juga cukup tinggi, kemudian perkembangan hutan masih tergolong hutan sekunder muda dengan jenis tanah tua.

Kata kunci: Tanah, Karbon, Areal, Organik

1 Pendahuluan

Hutan merupakan suatu kesatuan ekosistem yang erat kaitannya dengan proses alam yang memiliki peranan kompleks dalam menjaga stabilitas terhadap komponen-komponen penyusun ekosistemnya. Komponen ekosistem yang dimaksud terdiri atas komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik adalah komponen makhluk hidup, misalnya binatang, tumbuhan dan mikroba, sedangkan komponen abiotik adalah komponen benda mati atau fisik dan kimia yang terdiri atas tanah, air, udara, sinar matahari dan lain sebagainya yang berupa medium atau substrat untuk berlangsungnya kehidupan. Oleh karena daya dukung dari komponen-komponen tersebut terhadap hutan, maka hutan memiliki peranan dan fungsi dalam menjaga stabilitas baik mikro maupun global.

Hutan memiliki banyak peranan dan fungsi, diantaranya adalah menjaga stabilitas iklim global dan proteksi lapisan tanah. Berkaitan dengan stabilitas iklim global dan perubahan iklim, hutan dapat berperan sebagai sumber emisi karbon (*source*) dan penyerapan karbon serta menyimpannya (*sink*). Berkaitan dengan stabilitas dan proteksi lapisan tanah, hutan berperan dalam menjaga kesuburan tanah baik terhadap sifat fisik, kimia, maupun biologi tanahnya. Karbon tersimpan (*C-stock*) di setiap penggunaan lahan berbeda-beda. Hal ini dikarenakan faktor biotik yaitu vegetasi dan faktor abiotik yaitu tanah, suhu, curah hujan dan sebagainya. Sebagian besar karbon terserap atau tersimpan pada hutan, baik hutan alam maupun hutan sekunder. Berdasarkan perhitungan karbon dan laju kerusakan hutan yang terjadi, maka banyak peneliti baik dari luar maupun dalam negeri yang menelaah simpanan karbon baik hutan alam maupun hutan sekunder di Indonesia, akan tetapi tingkat keakurasian belum dapat dipastikan bahwa hutan tersebut penyimpan dan penyumbang emisi karbon terbesar. Berdasarkan data FWI/GFW (2002), laju kerusakan hutan kurun waktu 1980-1990 mencapai 1,7 ha per tahun yang kemudian meningkat menjadi 2 juta hektar per tahun setelah tahun 1996. Dari data tersebut, maka Indonesia dijadikan negara penyumbang emisi karbon terbesar di dunia. Hal ini merupakan hal buruk bagi Indonesia, akan tetapi, hal tersebut masih bisa diketahui dan diprediksi dengan salah satu cara yaitu perhitungan karbon sehingga dapat mengetahui potensi karbon baik karbon di atas permukaan maupun karbon di bawah permukaan (karbon tanah). Hal ini dikarenakan, bahwa tanah memiliki pengaruh terhadap besar kecilnya kemampuan tumbuhan baik tegakan pohon maupun tumbuhan bawah atau serasah dalam penyerapan gas-gas emisi seperti CO₂, NO₂ dan CH₄ di atmosfer. Setelah diketahui karakteristik atau parameter tanah, maka dapat dikorelasikan dengan perhitungan karbonnya. Oleh karena itu, diperlukan pengetahuan untuk mengetahui karakteristik tanah dominan yang mempengaruhi penyerapan karbon (Forest Watch Indonesia and Global Forest Watch, 2002).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan karbon tanah organik di areal Taman Botani Sangatta Kabupaten Kutai Timur. Manfaat penelitian ini adalah dapat memberikan gambaran dan bahan informasi terbaru mengenai karakteristik tanah dan khususnya kandungan karbon tanah organik di areal Taman Botani Sangatta Kabupaten Kutai Timur.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada areal Taman Botani, Bukit Pelangi Sangatta Kabupaten Kutai Timur dengan waktu penelitian selama ±5 bulan pada bulan Januari sampai Mei 2015.

Bahan penelitian yang digunakan adalah beberapa contoh tanah yaitu contoh tanah utuh (tidak terusik) dan contoh tanah terusik. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut: GPS (*Global Positioning System*) untuk mengetahui posisi koordinat geografik titik pengamatan di lokasi penelitian, bor tanah (*auger/core*) digunakan untuk mengebor tanah untuk mengetahui sifat dan penyebaran tanah di lapangan, cangkul, garpu tanah, linggis dan sekop untuk menggali lubang penampang/profil tanah *dantly sheet* untuk mencatat data di lapangan, meteran untuk mengukur kedalaman penampang, ketebalan dan batas lapisan (*horizon*), ukuran bahan kasar (kerikil, batu), struktur, karatandan perakaran, pisau atau cutter untuk menarik garis atau menandai batas lapisan, perbedaan warna, mengambil gumpalan tanah untuk melihat struktur, tekstur, gumpalan bahan kasar (konkresi), selaput liat, mengiris perakaran dan mengambil contoh tanah, penusuk (*pin*) berupa paku besar atau kayu untuk menahan pita meteran, buku *Munsell Soil Color Chart* sebagai pedoman untuk menetapkan warna tanah dan semua gejala karatan yang terdapat di dalam penampang. *Handboard* berupa papan alas untuk pencatatan, kompas untuk menentukan arah penampang terhadap lereng atau letak penampang terhadap sesuatu tanda tetap di lapangan, peta pendukung seperti sistem lahan, peta tanah dan peta topografi, *ring/tabung* untuk mengambil contoh tanah utuh dan kamera sebagai alat dokumentasi di lapangan.

Sesuai dengan tujuan penelitian maka metode dalam penelitian ini adalah metode survei dan analisis laboratorium. Data hasil survei lapangan dan analisis kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Setelah mendapatkan nilai C-organik, maka nilai cadangan karbon tanah dapat diketahui dengan cara menggunakan rumus perhitungan karbon tanah organik mengacu pada persamaan yang telah dibuat oleh Badan Standardisasi Nasional sebagai berikut ini:

$$Ct = Kd \times \rho \times \%C \text{ organik (gram/cm}^2\text{)} \quad (1)$$

Keterangan:

- C_t = kandungan karbon tanah, dinyatakan dalam gram (gram/cm^2)
 K_d = kedalaman contoh tanah, dinyatakan dalam centimeter (cm)
 ρ = kerapatan lindak (*bulk density*), dinyatakan dalam gram per centimeter kubik (g/cm^3)
%C organic = nilai persentase kandungan karbon, menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium

Kemudian, untuk perhitungan kandungan karbon tanah organik per-hektar menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{\text{tanah}} = C_t \times 100 \text{ (ton/ha)} \quad (2)$$

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 dan Pembahasan

3.1 Kondisi Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Dari sampel tanah yang diambil di tiga lokasi penelitian, yaitu pada vegetasi tertutup rapat, sedang dan terbuka kemudian diuji di laboratorium, maka didapatkan hasil terhadap kondisi sifat-sifat tanah sebagai bahan rujukan dalam pembahasan yang ada kaitannya dengan cadangan karbon tanah organik dalam penelitian ini.

3.2 Kondisi Fisik Tanah

Di dalam tanah terdapat sejumlah ruang atau pori-pori. Ruang tersebut penting karena diisi oleh air dan udara yang diperlukan untuk pertumbuhan suatu vegetasi dan mengatur suhu tanah. Air dan udara (gas-gas) bergerak melalui ruang pori-pori ini. Jadi, penyediaan air untuk pertumbuhan tanaman dan jumlah air yang bergerak melalui tanah berkaitan sangat erat dengan jumlah dan ukuran pori-pori tanah. Kondisi fisik tanah sangat menentukan sistem drainase dan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Sifat fisik tanah juga dipengaruhi oleh sifat-sifat kimia dan biologi tanah, di mana sifat-sifat fisik tanah tergantung pada jumlah, ukuran, bentuk, susunan dan komposisi mineral dari partikel-partikel tanah, macam dan jumlah bahan organik, volume dan bentuk pori-pori pada waktu tertentu. Sifat fisik tanah yang diukur dalam penelitian ini adalah kerapatan lindak (*bulk density*), permeabilitas dan porositas tanah seperti disajikan pada Tabel 1.

Dari hasil pengamatan dan perhitungan terhadap kerapatan lindak, permeabilitas dan porositas tanah diketahui, bahwa pada tiga lokasi memiliki karakter fisik tanah yang hampir sama. Hal tersebut mengindikasikan tanah di Taman Botani merupakan tanah dari *great group* yang sama.

Tabel 1. Beberapa Sifat Fisik Tanah di Lokasi Penelitian, Taman Botani

No.	Lokasi sampel	Kedalaman (cm)	Bulk density	Porositas	Permeabilitas
			g/cm ³	%	cm/jam
1	Lokasi I (kondisi tegakan rapat)	0-30	1,52	36,42	0,009
2	Lokasi II (kondisi tegakan sedang)	0-30	1,34	40,20	0,009
3	Lokasi III (terbuka)	0-30	1,45	33,32	0,008

Porositas tanah atau kemampuan tanah dalam menyerap dan melewatkan air erat kaitannya dengan tingkat kepadatan tanah (*bulk density*). Semakin padat tanah berarti semakin sulit untuk menyerap air, maka porositas tanah semakin kecil. Sebaliknya semakin mudah tanah menyerap air, maka tanah tersebut memiliki porositas yang besar. Bila suatu tanah dengan porositas rendah dalam arti sulit menyerap air, maka pada vegetasi yang membutuhkan banyak air, akan sangat terhambat bahkan sulit untuk tumbuh. Selain itu, partikel *bulk density* juga sangat mempengaruhi porositas tanah, karena dipengaruhi dengan adanya keberadaan mineral tanah.

3.3..... **Kondisi Kimia Tanah**

Berdasarkan analisis sifat kimia tanah yang telah dilakukan di laboratorium terhadap tanah komposit pada tiga lokasi pengambilan sampel menunjukkan perbandingan yang tidak jauh berbeda seperti disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Sifat-sifat Kimia dan Status Kesuburan Kimiawi Tanah di Lokasi Penelitian

No.	Sampel	C-Organik	N Total	C/N Rasio	KTK	Kej. Basa	Kej. Asam
			%		meq/100gr		%
1	Lokasi I	2,36	0,13	18	7,6	21	45
2	Lokasi II	3,98	0,12	32	11,5	34	22
3	Lokasi III	3,16	0,14	23	8,5	38	6
	Jumlah	9,50	0,39	73	27,6	93	73
	Rata-rata	3,17	0,13	24	9,2	31	24
	Status Kesuburan	Tinggi	Rendah	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi

Dari Tabel 2, diketahui bahwa status kesuburan tanah pada lokasi penelitian adalah memiliki status kesuburan tanah yang rendah. Hal tersebut tergambar pada Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Semakin besar nilai KTK, maka semakin besar pula kemampuan tanah dalam menyediakan nutrisi terutama unsur hara makro bagi tanaman. Tanah pada lokasi I, II dan III sama-sama memiliki KTK rendah yang menggambarkan rendahnya kemampuan tanah menyimpan dan menyediakan unsur

hara di Taman Botani. Hal ini menunjukkan bahwa tanah hutan secara umum memiliki kesuburan rendah dan ketersediaan hara bagi pertumbuhan tanaman sebagian besar berasal dari pelapukan bahan organik yang cepat habis diserap oleh tanaman dengan pola konsumsi berbeda-beda. Hutan tropis pada umumnya merupakan hutan dengan kumpulan vegetasi yang luas dengan pola konsumsi hara yang berbeda-beda.

Kejenuhan basa berhubungan erat dengan pH tanah, yang mana tanah dengan pH rendah umumnya mempunyai kejenuhan basa rendah dan KTK yang rendah pula, sedangkan tanah dengan pH yang tinggi mempunyai kejenuhan basa yang tinggi pula. Kejenuhan basa pada lokasi penelitian tergolong rendah, berarti kompleks jerapan lebih banyak diisi oleh kation-kation asam yaitu Al^{3+} dan H^+ . Hal ini menunjukkan bahwa tanah tersebut telah banyak mengalami pencucian dan merupakan tanah yang kurang subur (Hardjowigeno, 2007). Pada tanah yang kurang subur khususnya di daerah tropis memiliki kandungan Al yang tinggi. Al merupakan unsur yang bersifat asam atau bereaksi asam, sehingga meningkatkan keasaman tanah, bahkan dapat bersifat racun bagi tanaman bila kandungan Al dalam tanah terlalu tinggi.

3.4 Kandungan Karbon Tanah Organik (SOC)

Soil Organic Carbon (SOC) merupakan karbon yang berasal dari hasil pelapukan bahan-bahan organik di dalam tanah, terutama tanah permukaan atau top soil. Tanah lapisan permukaan di hutan tropis umumnya sangat tipis berkisar 0-40 cm. Karena pada kawasan tropis memiliki curah hujan tinggi sehingga potensi erosi dan terkikisnya lapisan tanah permukaan baik secara horizontal maupun vertikal lebih tinggi dibanding daerah sub tropis. Selanjutnya Van der Kamp et al. (2009) melaporkan, bahwa stok karbon di tanah hutan primer pada kedalaman kurang lebih 45 cm adalah 37,2 ton per ha, sedangkan pada lahan alang-alang lebih besar, yaitu sekitar 39,8 ton per hektar.

Tanah merupakan salah satu dari tiga tempat penyimpanan karbon (*carbon pool*) di darat. Penyimpanan lainnya adalah biomassa tanaman (tanaman hidup) dan tanaman yang mati (nekromasa) (IPCC, 2006). Dalam penelitian ini kandungan karbon (C) tanah organik pada ketiga lokasi di Taman Botani disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Kandungan Karbon Tanah Organik di Taman Botani

No.	Lokasi sampel dan kelerengan	Kedalaman (cm)	Ct gr/cm ²	Ct ton/ha
1	Lokasi I (15-25%)	0-30	75,13	7,51
2	Lokasi II (25-45%)	0-30	63,80	6,38
3	Lokasi III (> 45%)	0-30	68,99	6,90
Jumlah				20,80

Berdasarkan data dari Tabel 3, diketahui bahwa kandungan karbon tanah organik terbesar terdapat pada lokasi I (kelerengan 15-25% dan vegetasi tertutup)

dengan rata-rata besar Ct (karbon tanah) adalah 75,13 gr/cm² sehingga Ct/ha sebesar 7,513 ton/ha. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan karbon cukup besar dan keberadaannya di areal tersebut relatif baik dibanding dua lokasi lainnya. Selanjutnya pada lokasi III kelerengan 25-45% dengan vegetasi sedikit tertutup rata-rata besar Ct adalah 68,99 gr/cm²C tanah/ha sebesar 6,899 ton/ha, kemudian lokasi II kelerengan >45% rata-rata besar Ct adalah 63,80 gr/cm² dan Ct ton/ha sebesar 6,39 ton/ha. Total luas Taman Botani adalah sebesar 20,5 ha. Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka C tanah organik keseluruhan Taman Botani adalah sebesar 142,07 ton.

Perbedaan simpanan karbon di masing-masing lokasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kelerengan, kerapatan vegetasi, usia serta jenis tumbuhan dan perubahan tutupan tajuk atau vegetasi. Semakin rapat vegetasi mengindikasikan jumlah cadangan karbon yang semakin tinggi, begitu pula kelerengan, di mana semakin curam suatu lahan maka semakin kecil cadangan karbon tanah. Hal tersebut terjadi karena tingkat erosi pasti lebih tinggi pada tanah terbuka atau tanah dengan kelerengan curam dibanding tanah yang tertutup vegetasi dan tanah datar.

Berdasarkan peta tanah Kalimantan Timur, di areal Taman Botani merupakan gugusan tanah podsolik merah kuning (Ultisols: USDA). Tanah tersebut merupakan tanah tua yang banyak ditemukan di Kalimantan Timur dan memiliki kesuburan tanah yang rendah. Selain kesuburan rendah, tanah ultisols banyak menempati kawasan perbukitan di Kalimantan Timur, sehingga potensi bahaya erosi cukup tinggi termasuk potensi kehilangan unsur hara dan cadangan karbon juga tinggi, karena adanya proses pencucian dan *run off* (aliran permukaan).

Kandungan karbon tanah organik di Taman Botani memang relatif rendah jika dibandingkan dengan kandungan karbon tanah di tempat lain, seperti di hutan tropis alami ditemukan sebesar 37,2 ton/ha (Van der Kamp et al., 2009), di alang-alang 39,8 ton/ha dan di hutan sekunder pernah terbakar 43 ton/ha (Yassir, 2011). Di areal Taman Botani hampir sama dengan yang pernah dilaporkan oleh FWI (2009) di lahan semak belukar, di mana C stok tanah adalah sebesar 9,5 ton/ha. Kandungan karbon tersimpan baik itu pada permukaan tanah sebagai biomassa tanaman, sisa tanaman yang sudah mati (nekromossa), maupun dalam tanah sebagai bahan organik tanah sangat penting untuk diketahui sehingga penelitian tentang C stok di Taman Botani perlu dilakukan juga pada vegetasi dan nekromossa.

Itulah sebabnya ketika satu hektar hutan menghilang (pohon-pohonnya mati), maka biomassa pohon-pohon tersebut cepat atau lambat akan terurai dan unsur karbonnya terikat ke udara menjadi emisi dan ketika satu lahan kosong ditanami

tumbuhan, maka akan terjadi proses pengikatan unsur C dari udara kembali menjadi biomassa tanaman secara bertahap ketika tanaman tersebut tumbuh besar (sekuestrasi).

Ukuran volume tanaman penyusun areal kemudian menjadi ukuran jumlah karbon yang tersimpan sebagai biomassa (cadangan karbon), sehingga efek rumah kaca karena pengaruh unsur CO₂ dapat dikurangi, karena kandungan CO₂ di udara otomatis menjadi berkurang, namun sebaliknya efek rumah kaca akan bertambah jika tanaman-tanaman tersebut mati (Kauffman, 2012). Meningkatnya kandungan karbon dioksida (CO₂) di udara akan menyebabkan kenaikan suhu bumi yang terjadi karena efek rumah kaca. Panas yang dilepaskan dari bumi diserap oleh karbon dioksida di udara dan dipancarkan kembali ke permukaan bumi, sehingga proses tersebut akan memanaskan bumi (Indriyanto, 2006).

4 Kesimpulan

Simpanan karbon tanah organik (SOC) terbesar di lokasi penelitian adalah yang memiliki kerapatan lindak tinggi atau memiliki massa tanah tinggi. Pada areal Taman Botani simpanan karbon tanah organik terbesar pada lokasi pertama sebesar 7,51 ton/ha dengan kondisi vegetasi tertutup rapat dan kelerengan 15-25% serta memiliki nilai kerapatan lindak lebih besar dibanding lokasi kedua dan ketiga. Pada lokasi III ditemukan SOC sebesar 6,90 ton/ha dan lokasi II sebesar 6,38 ton/ha. Berdasarkan luas total Taman Botani, yaitu 20,5 ha, maka secara keseluruhan SOC *stocks* sekitar 142,07 ton atau 6,93 ton/ha.

Adanya perbedaan SOC *stocks* berdasarkan C-organik tanah di masing-masing lokasi penelitian dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama kelerengan, kerapatan vegetasi, tutupan tajuk, sifat fisik dan kimia tanah. Untuk menduga secara keseluruhan kandungan karbon di Taman Botani perlu dilakukan pendugaan biomassa dan karbon untuk vegetasi, nekromassa dan karbon tanah mineral, sehingga dapat diketahui kemampuan serapan karbon di Taman Botani sebagai langkah awal untuk mitigasi perubahan iklim yang ada kaitannya dengan cadangan karbon di Taman Botani. Selain itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui korelasi antara karbon tersimpan dengan komponen ekosistem lainnya, seperti kondisi vegetasi dan pengaruhnya terhadap perubahan iklim terutama iklim mikro di Taman Botani dan sekitarnya.

Daftar Pustaka

Forest Watch Indonesia & Global Forest Watch.(2002). The State of The Forest : Indonesia. Bogor: FWI and GFW.

- Hardjowigeno, S. (2007). Ilmu Tanah. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Indriyanto. 2006. Ekologi Hutan. Jakarta: Bumi Aksara.
- IPCC. (2006). Global Assessment of Growing Stock, Biomass and Carbon Stock. In: Marklund, L.R. and Shcoene D. A Working Paper of the Forest Resources Assessment Programme. Forestry Department at FAO, Rome.
- Kauffman, D. (2012). Ecosystem C Pool of Micronesian Mangrove Forests: Implications of Land Use and Climate Change. *Wetlands* 31 : 343-352.
- Van der Kamp, J., Yassir, I., Buurman, P., (2009). Soil Carbon changes upon secondary succession in Imperata grasslands (East Kalimantan, Indonesia). *Geoderma*.
- Yassir, I. (2011). Kajian Beberapa Penelitian Stok Karbon di Kalimantan Timur. Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumber Daya Alam Samboja.rumahmasindo.com/www.ipcc.indonesia.org/media/.../06kaji.pdf.

