

BIOMASSA DAN KARBON TUMBUHAN BAWAH SEKITAR DANAU TAMBING PADA KAWASAN TAMAN NASIONAL LORE LINDU

Ariani¹⁾, Arief Sudhartono²⁾, Abdul Wahid²⁾

Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Tadulako

Jl. Soekarno-Hatta Km. 9 Palu, Sulawesi Tengah 94111

1. Mahasiswa Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako

2. Staf Pengajar Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako

Abstrac

Generally, at the growth phase of the forest, plants, for example ground plant can absorb CO₂ more higher than climax forest. This study was aimed to determine biomass and ground plants carbon around Taming lake. Research was carried out in Taming lake, Lore Lindu National Park area, from August through October 2013. Quantifying biomass was done by destructive method by collecting all ground plant samples in plots. Ten plots (1m x 1m) were established in south, east, north, and west part of the lake with distance between the plot is 10 m. The results showed that the biomass average were 0.26 ton ha⁻¹, 0.48 ton ha⁻¹, 1.12 ton ha⁻¹ and 0.93 ton ha⁻¹ in south, east, north and west part of the Taming lake, respectively. Hence, the average number of carbon were 0.12 ton ha⁻¹, 0.22 ton ha⁻¹, 0.52 ton ha⁻¹ and 0.44 ton ha⁻¹ in south, east, north and west part of the Taming lake, respectively.

Keywords: Biomass, Carbon, Ground plants, Taming lake, Lore Lindu National Park.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perubahan iklim adalah fenomena global yang telah menjadi perhatian berbagai pihak baik di tingkat global, nasional, maupun lokal. Dampak yang ditimbulkan oleh fenomena ini mendorong komunitas internasional untuk mengatasi penyebabnya dan mengantisipasi akibatnya. Penyebab perubahan iklim adalah meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO₂) yang terjadi karena alih guna lahan dengan pembakaran bahan bakar fosil (Suprihatno dkk, 2012).

Peningkatan konsentrasi GRK saat ini berada pada laju yang mengkhawatirkan sehingga GRK harus segera dikendalikan. Upaya mengatasi pemanasan global dapat dilakukan dengan cara mengurangi emisi karbon di atmosfer. Di permukaan bumi, karbon disimpan pada setiap organisme, misalnya pohon. Karbon dioksida pada tanaman terkumpul sebagai karbon pada jaringan tubuh tanaman,

maka dapat dikatakan jika tanaman mati maka jumlah karbondioksida di atmosfer akan semakin banyak, dan efek rumah kaca akan semakin nyata, tetapi jika pohon kembali ditanami, maka karbondioksida akan kembali terurai dengan fotosintesis sehingga karbondioksida di atmosfer berkurang (Darussalam, 2011).

Salah satu faktor yang dapat menurunkan akumulasi karbondioksida (CO₂) di atmosfer adalah penyerapan oleh vegetasi. CO₂ di atmosfer dapat diserap oleh pohon melalui proses fotosintesis. Tanaman atau pohon di hutan berfungsi sebagai tempat penimbunan dan pengendapan karbon dan istilah ini disebut rosot karbon. Proses penyimpanan karbon di dalam tanaman yang sedang tumbuh disebut sebagai sekuestrasi karbon (*carbon sequestration*). Jumlah karbon yang ditimbun dalam tanaman sangat bergantung pada jenis dan sifat tanaman itu sendiri (Pamudji, 2011).

Kemampuan hutan dalam menyerap dan menyimpan karbon tidak sama baik di hutan

alam, hutan tanaman, hutan payau, hutan rawa maupun di hutan rakyat tergantung pada jenis pohon, tipe tanah dan topografi. Oleh karena itu, informasi mengenai cadangan karbon dari berbagai tipe hutan, jenis pohon, jenis tanah dan topografi di Indonesia sangat penting. Cadangan karbon pada berbagai kelas penutupan lahan di hutan alam berkisar antara 7,5 – 264,70 ton C/ha (Masripatin dkk, 2010).

Penelitian tentang biomassa dan karbon tumbuhan bawah telah banyak dilakukan, diantaranya yaitu penelitian Chanan (2011) di blok perlindungan taman wisata alam didapatkan hasil rata-rata karbon 4.02 Mg ha⁻¹.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah berapa besarkah jumlah biomassa dan karbon tumbuhan bawah sekitar Danau Tambing pada Kawasan Taman Nasional Lore Lindu?

Tujuan Dan Kegunaan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah biomassa dan karbon tumbuhan bawah sekitar Danau Tambing pada Kawasan Taman Nasional Lore Lindu.

Penelitian ini diharapkan dapat berguna sebagai bahan informasi mengenai biomassa dan karbon tumbuhan bawah sekitar Danau Tambing pada Kawasan Taman Nasional Lore Lindu.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan yakni bulan Agustus sampai Oktober 2013. Penelitian ini dilaksanakan di sekitar Danau Tambing pada Kawasan Taman Nasional Lore Lindu, Desa Sedoa Kecamatan Lore Utara Kabupaten Poso.

Bahan dan Alat

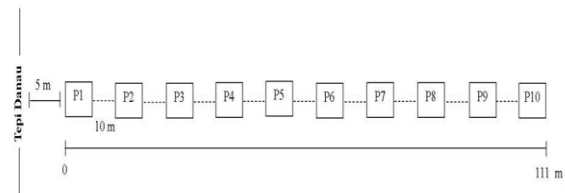
Bahanyang digunakan dalam penelitian ini antara lain: tali rafia, tumbuhan bawah yang berdiameter < 5 cm, plastik sampah untuk menyimpan tumbuhan yang sudah dicukur, kantong plastik untuk menyimpan sampel 200 g dan kertas label.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: gunting stek untuk mengumpulkan specimen, parang, GPS, kompas, timbangan digital, oven elektrik, kalkulator, kamera untuk dokumentasi, alat tulis menulis.

Metode Penelitian

Pembuatan Petak Ukur

Pembuatan petak ukur dalam penelitian ini dilakukan dengan membuat 4 jalur yakni arah selatan, timur, utara dan barat. Dari tiap-tiap jalur dibuat 10 petak sampel dengan ukuran 1 m x 1 m dan jarak antara petak yang satu kepetak yang lain sepanjang 10 m. Pembuatan petak sampel ini dimulai dari titik nol yang diukur dari pinggir danau dengan jarak 5 m.



Keterangan :

□ = Plot berukuran 1 m x 1 m untuk pengambilan sampel tumbuhan bawah

Gambar 1. Petak Ukur Untuk Pengambilan Sampel Tumbuhan Bawah

Pengambilan Data

Jenis-jenis data yang diambil untuk penelitian ini dibagi 2, yaitu :

1. Data primer

Data primer adalah data secara langsung dari lapangan yang meliputi berat basah dan berat kering vegetasi yang berada di atas permukaan tanah yaitu tumbuhan bawah yang berdiameter < 5 cm pada setiap petak penelitian.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data penunjang penelitian berupa buku dan data lain yang diperlukan.

Analisis Data

Pendugaan Biomassa Tumbuhan Bawah

Biomassa tumbuhan bawah, dan pohon yang berdiameter < 5 cm dilakukan dengan metode destruktif, yaitu dengan memanen seluruh tumbuhan yang ada dalam petak contoh berukuran 1 m x 1 m (Gambar 1), kemudian ditimbang bobot basahnya di lapangan, lalu diambil contoh biomassa basah dengan bobot maksimal 200 g. Contoh biomassa ini kemudian dibawa ke laboratorium untuk dikeringkan

dalam oven listrik pada suhu 80°C selama 48 jam, lalu ditimbang bobot keringnya (Hairiah dkk, 1999 dalam Wardah et. al, 2011).

Untuk menentukan biomassa kering total tumbuhan bawah digunakan rumus *Japan International Cooperation Agency/JICA* (2002) dalam Siregar et. Al (2010):

$$BKt = \frac{BKc}{BBC} \times BBt$$

Dimana :

BKt = Berat Kering total (kg)

BBt = Berat Basah total (kg)

BBc = Basah contoh (kg)

BKc = Berat Kering contoh (kg)

Perhitungan Karbon dari Biomassa Tumbuhan Bawah

Penghitungan karbon dari biomassa tumbuhan bawah menggunakan rumus Standar Nasional Indonesia (2011) sebagai berikut:

$$Cb = B \times \% C \text{ organik}$$

Keterangan:

Cb = Kandungan karbon dari biomassa, dinyatakan dalam kilogram(kg)

B = Total biomassa, dinyatakan dalam (kg)

%C = Organik adalah nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tumbuhan Bawah

Komponen cadangan karbon daratan terdiri dari cadangan karbon di atas permukaan tanah, cadangan karbon di bawah permukaan tanah dan cadangan karbon lainnya. Cadangan karbon di atas permukaan tanah terdiri dari tanaman hidup. Salah satu komponen karbon daratan adalah tumbuhan bawah.

Sebaran tumbuhan bawah sangat dipengaruhi oleh jenis tanah dan juga kriteria seresah yang ada di lokasi tersebut. Tanah yang subur dan ketersediaan airnya cukup akan

membuat tumbuhan bawah dapat hidup dengan subur sehingga jumlahnya menjadi banyak. Kesuburan tanah dan ketersediaan air ini pun berkaitan pula dengan kondisi iklim, di musim penghujan ketersediaan air sangat mencukupi kebutuhan tanah dalam menyuplai air untuk tumbuhan yang hidup di atasnya sehingga tumbuhan pun dapat hidup dengan subur. Namun jika musim kemarau, ketersediaan air cenderung terbatas sehingga tanah pun menjadi kering dan gersang. Hal ini pun berakibat pada terbatasnya ketersediaan air untuk menunjang kebutuhan tumbuhan. Sehingga tumbuhan pada saat musim kemarau cenderung agak layu dan kurang subur. Dua kondisi yang berbeda ini pun dapat mempengaruhi kemampuan tumbuhan dalam menyerap biomassa dan karbon (Fathonah dkk, 2013).

Jumlah biomassa tumbuhan bawah di dalam hutan adalah hasil dari selisih antara produksi melalui fotosintesis dengan konsumsi melalui proses respirasi dan pemanenan. Dengan demikian, pengukuran biomassa tumbuhan bawah bermanfaat untuk menilai perubahan struktur hutan sekitar Danau Taming pada kawasan Taman Nasional Lore Lindu. Biomassa hutan berkaitan dengan isu perubahan iklim, seperti peranan hutan tropis dalam siklus *biogeochemical* global, khususnya siklus karbon dan hubungannya dengan efek rumah kaca. Biomassa hutan memberikan estimasi penyimpanan karbon dalam vegetasi hutan karena sekitar 50% biomassa adalah karbon.

Besar karbon tersimpan sangat berkaitan dengan simpanan biomassa. Kemampuan vegetasi dalam menyimpan biomassa ini secara langsung dapat menggambarkan kondisi simpanan karbon dalam suatu kawasan hutan. Hal ini dikarenakan karbon merupakan pecahan dari CO₂ yang diserap oleh vegetasi hijau yang kemudian dipecah menjadi biomassa dan disimpan dalam bentuk karbon. Kuantitas simpanan karbon berbanding lurus dengan kuantitas simpanan biomassa.

Pengukuran biomassa tumbuhan bawah yang meliputi semak belukar, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma dilakukan dengan cara destruktif. Pendugaan karbon diawali dengan pengukuran biomassa

dilapangan dengan membuat 4 jalur yakni arah selatan, timur, utara dan barat, masing-masing arah dibuat 10 plot yang berukuran 1 m x 1 m, jarak antara plot 1 dengan tepi danau adalah 5 m, selanjutnya antara plot 1 ke plot 2 dan seterusnya adalah 10 meter.

Pengukuran biomassa dapat memberikan informasi tentang nutrisi dan persediaan karbon dalam vegetasi dan lahan secara keseluruhan. Pada penelitian ini, penentuan biomassa dilakukan dengan mengukur berat kering oven yang dinyatakan dalam ton/ha. Menurut Yuniawati (2011) massa karbon tersebut berasal dari unsur karbon yang diserap oleh vegetasi/pohon dari CO₂ di udara melalui proses reaksi biokimia yang dikenal dengan proses fotosintesis.

Pendugaan Biomassa dan Karbon Tumbuhan Bawah Sekitar Danau Tambing

Hasil Analisis biomassa dan karbon tumbuhan bawah sekitar Danau Tambing disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Biomassa dan Karbon Tumbuhan Bawah Sekitar Danau Tambing

No	Arah Plot	Biomassa (ton/ha)	%C organic	Cb (ton/ha)
1	Selatan	0.3019	0.47	0.1418
		1.4733	0.47	0.6924
		0.9084	0.47	0.4269
		0	0	0
		0	0	0
		0	0	0
		0	0	0
		0	0	0
2	Timur	0.4218	0.47	0.1982
		0.5138	0.47	0.2414
		0	0	0
		0.3809	0.47	0.1790
		0.4768	0.47	0.2240
		0.4426	0.47	0.2080
		0.4983	0.47	0.2342
		0.5029	0.47	0.2363
3	Utara	0.6613	0.47	0.3108
		0.9437	0.47	0.4435
3	Utara	1.095	0.47	0.5146
		1.1954	0.47	0.5618

4	Barat	1.5978	0.47	0.7509
		1.3041	0.47	0.6129
		0.5523	0.47	0.2595
		0.6227	0.47	0.2926
		0.5122	0.47	0.2407
		1.7607	0.47	0.8275
		1.6468	0.47	0.7739
		0.9735	0.47	0.4575
		0	0	0
		0	0	0
4	Barat	1.3564	0.47	0.6375
		1.9461	0.47	0.9146
		0.6797	0.47	0.3194
		1.4282	0.47	0.6715
		1.1283	0.47	0.5303
		1.0912	0.47	0.5128
		0	0	0
		1.7537	0.47	0.8242

Berdasarkan hasil analisis biomassa dan karbon tumbuhan bawah pada Tabel 1, pada arah selatan sangat sedikit ditemukan tumbuhan bawah, karena pada arah selatan dipengaruhi oleh kondisi lokasi yang merupakan areal jurang dan di bawahnya terdapat sungai sehingga tumbuhan bawah tidak dapat tumbuh. Seperti yang telah dikemukakan oleh Hairiah dan Rahayu (2007) Jumlah karbon tersimpan antar lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman dan kepadatan tumbuhan yang ada, jenis tanah serta cara pengelolaannya. Lebih lanjut dijelaskan Brown (1997) dalam Windusari (2012) jumlah biomassa yang dihasilkan oleh tumbuhan bawah seperti semak-semak, tumbuhan merambat, dan herba dapat bervariasi, tetapi umumnya pada kebanyakan hutan persentasenya sekitar 3% dari total keseluruhan biomasa di atas permukaan. Pengambilan sampel hanya pada 3 plot yaitu plot 1, 2, dan 3. Sehingga diperoleh rata-rata biomassa tumbuhan bawah sebesar 0.2684 ton/ha pada Tabel 2.

Tabel 1 pada arah timur dapat dilihat bahwa tumbuhan bawah sangat kurang ditemukan, sedangkan pada plot ke 3 sama sekali tidak ditemukan tumbuhan bawah. Salah satu faktor yang menyebabkan kurang ditemukan tumbuhan bawah pada arah timur

adalah tingginya kerapatan vegetasi. Kerapatan tersebut merupakan salah satu faktor tingginya potensi massa karbon. Dengan kerapatan tinggi maka massa karbon tumbuhan bawah menjadi rendah karena sinar matahari tidak sampai menyentuh lantai hutan akibatnya pertumbuhan tumbuhan bawah tidak dapat tumbuh dengan baik, sehingga serasah dari tumbuhan bawah juga menjadi sedikit. Seperti yang telah dikemukakan oleh Hanafi (2012) Semakin rapat tajuk pohon penyusun suatu lahan maka biomassa tumbuhan bawah akan semakin berkurang karena kurangnya cahaya matahari yang mencapai lantai hutan, sehingga menyebabkan pertumbuhan vegetasi bawah menjadi tertekan. Hal ini akan berpengaruh pada besarnya cadangan karbon pada biomassa tumbuhan bawah. Dengan kata lain kualitas tempat tumbuh berpengaruh terhadap pertumbuhan tumbuhan bawah seperti halnya dengan pertumbuhan pohon pada tegakan, dimana tegakan yang memiliki kualitas tempat tumbuh yang baik akan menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dengan lebih baik pula bagi tumbuhan bawah sehingga pertumbuhan tumbuhan bawah akan semakin baik. Sehingga diperoleh jumlah rata-rata biomassa tumbuhan bawah pada arah timur sebesar 0.4842 ton/ha dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 1 di atas, pada arah utara penyangga danau banyak ditemukan tumbuhan bawah. Hal ini dikarenakan pada arah utara memiliki kerapatan vegetasi yang kurang. Sehingga diperoleh rata-rata biomassa tumbuhan bawah pada arah utara sebesar 1.262 ton/ha dapat dilihat pada Tabel 2.

Komponen tumbuhan bawah pada arah barat terbilang cukup banyak, sehingga rata-rata biomassa tumbuhan bawah yang diperoleh sebesar 0.9384 ton/ha pada Tabel 2. Pada Tabel 1, terdapat 3 plot yang tidak memiliki tumbuhan bawah. Yang pertama pada plot 1 dan 2 karena faktor pembuatan jalan yang disemen sehingga tumbuhan bawah yang ada tertutupi. Komunitas tumbuhan hutan memiliki dinamika atau perubahan, baik yang disebabkan oleh adanya aktivitas alam maupun manusia. Aktivitas manusia yang berkaitan dengan upaya memanfaatkan hutan sebagai salah satu faktor

penyebab terjadinya perubahan kondisi komunitas tumbuhan yang ada di dalamnya. Sedangkan pada plot 8 terdapat anak sungai.

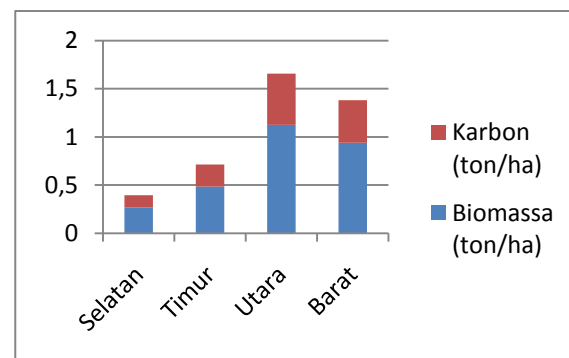
Berdasarkan hasil pengukuran berat kering, berat basah, dan berat basah total tumbuhan bawah, maka diperoleh rata-rata biomassa dan karbon sekitar Danau Tambing pada Kawasan Taman Nasional Lore Lindu yang di sajikan pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Jumlah Rata-Rata Biomassa dan Karbon Tumbuhan Bawah Sekitar Danau Tambing

Arah	Biomassa (ton/ha)	Karbon (ton/ha)
Selatan	0.2684	0.1261
Timur	0.4842	0.2275
Utara	1.1262	0.5292
Barat	0.9384	0.4411

Dari hasil analisis Tabel 2 dapat dilihat bahwa jumlah karbon tumbuhan bawah yang paling banyak terdapat pada arah utara sebesar 0.5292 ton/ha. Sedangkan jumlah karbon tumbuhan bawah yang paling sedikit terdapat pada arah selatan yaitu 0.1261 ton/ha. Jika dibandingkan dengan penelitian Adinugroho dkk (2006) kandungan karbon tumbuhan bawah pada hutan sekunder sebesar 1.2119 ton/ha, dan pada penelitian Zulkifli *et al* (2010) kandungan karbon tumbuhan bawah pada hutan rawa sebesar 1.282 ton/ha.

Selanjutnya dari hasil perhitungan di atas, digunakan sebagai dasar pembuatan diagram. Jumlah rata-rata biomassa dan karbon tumbuhan bawah dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rata-rata Biomassa dan Karbon Tumbuhan Bawah Sekitar Danau Tambing

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa biomassa dan karbon memiliki korelasi yang positif sehingga apapun yang menyebabkan peningkatan atau penurunan biomassa maka dapat menyebabkan peningkatan atau penurunan massa karbon.

Nilai karbon tersimpan menyatakan banyaknya karbon yang mampu diserap oleh tumbuhan dalam bentuk biomassa. Jumlah karbon yang semakin meningkat pada saat ini harus diimbangi dengan jumlah serapannya oleh tumbuhan guna menghindari pemanasan global. Dengan demikian dapat diramalkan berapa banyak tumbuhan yang harus ditanam pada suatu lahan untuk mengimbangi jumlah karbon yang terbebas di udara.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai biomassa dan karbon tumbuhan bawah sekitar Danau Tambing pada Kawasan Taman Nasional Lore Lindu, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jumlah rata-rata biomassa dan karbon tumbuhan bawah sekitar Danau Tambing terbesar berada pada arah utara sebesar 0.5292 ton/ha, kemudian arah sebesar 0.4411 ton/ha, selanjutnya arah timur sebesar 0.1377 ton/ha dan terkecil berada pada arah selatan sebesar 0.1261 ton/ha
2. Jumlah rata-rata biomassa tumbuhan bawah yang paling banyak tersimpan pada arah utara yaitu 1.1262 ton/ha, sedangkan jumlah rata-rata biomassa tumbuhan bawah yang paling sedikit terdapat pada arah selatan yaitu sebesar 0.2684 ton/ha
3. Jumlah karbon tumbuhan bawah yang paling banyak tersimpan pada arah utara yaitu sebesar 0.5292 ton/ha, sedangkan jumlah karbon yang paling sedikit terdapat pada arah selatan sebesar 0.1261 ton/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho CW, Syahbani I, Rengku TM, Arifin Z, Mukhaidil, 2006. *Teknik Estimasi Kandungan Karbon Hutan Sekunder Bekas Kebakaran 1997/1998 di PT. Inhutani I, Batu Ampar, Kaltim*. Penelitian dan Pengembangan Satwa Primata.
- Chanan M, 2011. *Potensi karbon di atas permukaan tanah di blok Perlindungan taman wisata alam gunung baung Pasuruan – jawa timur*. Gamma 6 (2) : 101-112.
- Darussalam D, 2011. *Pendugaan Potensi Serapan Karbon Pada Tegakan Pinus Di KPH Cianjur Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten*. Skripsi. Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Fathonah SD, Nurjani E, 2013. *Carbon Depositon Component of Forestry Vegetation Biomassin Plipir Village, District Purworejo, Central Java Province*. 2 (2)
- Hairiah K dan Rahayu S. 2007. *Pengukuran "Karbon Tersimpan". Di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor: World Agroforestry Centre.
- Hanafi N, Bernardianto BR, 2012. *Pendugaan Cadangan Karbon pada Sistem Penggunaan Lahan Di Areal PT. Sikatan Wana Raya*. Media Sains 4 (2).
- Masripatin N, Ginoga K, Pari G, Dharmawan SW, Siregar AC, Wibowo A, Puspasari D, Utomo SA, Sakuntaladewi N, Lugina M, Indartik, Wulandari W, Darmawan S, Heryansah I, Heriyanto NM, Siringoringo HH, Damayanti R, Anggraeni D, Krisnawati H, Maryani R, Apriyanto D, Subekti B, 2010. *Cadangan Karbon pada berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia*. Penerbit Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Bogor.
- Pamudji HW, 2011. *Potensi Serapan Karbon pada Tegakan Akasia*. Skripsi. Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Siregar AC, Heriyanto MN, 2010. *Akumulasi Biomassa Karbon Pada Skenario Hutan*

- Sekunder Di Maribaya, Bogor, Jawa Barat.*
- Standar Nasional Indonesia, 2011. *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon – Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan*. SNI : 7724. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Suprihatno B, Hamidy R, Amin B, 2012. *Analisis Biomassa dan Cadangan Karbon Tanaman Bambu Balangke (Gigantochioa pruriens)*. Journal of Environmental Science 6 (1)
- Wardah, Toknok B, 2011. Carbon stock of agroforestry system at adjacent buffer zone of lore lindu national park, central Sulawesi. *Jurnal of tropical soils* 16 (2) : 123-128.
- Windusari Y, Sari PAN, Yustian I, zulkifli H, 2012. *Dugaan Cadangan Karbon Biomassa Tumbuhan Bawah dan Serasah di Kawasan Suksesi Alami Pada Area Pengendapan Tailing Pt Freeport Indonesia*. Biospecies 5 (1) : 22-28.
- Yuniawati, Ahmad Budiaman, Elias, 2011. *Estimasi Potensi Biomassa Dan Massa Karbon Hutan Tanaman Acacia crassicarpa Di Lahan Gambut (Studi Kasus di Areal HTI Kayu Serat di Pelalawan, Propinsi Riau)*. *Jurnal Hasil Hutan* 29 (4) : 343 - 355.
- Zulkifli H, Yustian SI, Donni, 2010. *Prediction Of Carbon Stock In Palembang Pulokerto Swamp Forest : The Impact Of Urban Climate Change Mitigattion*. Agriteg 19 (6)