

## **Dugaan Cadangan Karbon Biomassa Tumbuhan Bawah dan Serasah di Kawasan Suksesi Alami Pada Area Pengendapan Tailing Pt Freeport Indonesia**

**(Estimation of carbon biomass from the understorey and litter vegetation at tailings deposition area of PT Freeport Indonesia)**

**Yuanita WINDUSARI<sup>1</sup>, Nur A.P. SARI<sup>1</sup>, Indra YUSTIAN<sup>1</sup>, Hilda ZULKIFLI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya Palembang Sumatera Selatan Jl. Palembang-Prabumulih Km 32 Ogan Ilir Kode Pos 30662 Sumatera Selatan  
Email/telepon : [ywindusari@yahoo.com](mailto:ywindusari@yahoo.com)/081373633662

**Abstract.** Natural succession area at Double Levee of tailing deposition area is highly potential as source of carbon stock. Estimation of vegetation biomass carbon stock of natural succession forest of Double Levee has been done during February until May 2010. Samples of understorey and litter were taken from 7 blocks consisted of 6 sub plots. The analysis result shows that carbon stock at block B4BL and B5BL of natural succession area is 38.84 ton/ha comes out from 23.87 ton/ha understorey and 5.9 ton/ha litter. Carbon stock at block B1BB, B4BB, B9BB, B10BB, and B12BB is 112.4 ton/ha comes out from 98.6 ton/ha understorey and 13.81 ton/ha litter. The lower biomass value and carbon stock of litter than that of understorey is predicted to relate to the rate of decomposition process of material organics. Each vegetation type yields different biomass quality the rest of biomass becomes source of organic material which can be used to improve the soil quality of soil.

**Key words :** estimation of carbon biomass, double levee

**Abstrak.** Kawasan suksesi alami pada area pengendapan tailing Tanggul Ganda berpotensi besar sebagai sumber cadangan karbon. Estimasi stok karbon biomassa vegetasi hutan suksesi alami Tanggul Ganda telah dilakukan selama Februari-Mei 2010. Sampel tumbuhan bawah dan serasah diambil dari 7 blok yang masing-masing terdiri atas 6 sub plot. Hasil analisis memperlihatkan bahwa stok karbon di kawasan suksesi alami blok B4BL dan B5BL adalah 38,84 ton/ha berasal dari 23,87 ton/ha tumbuhan bawah dan 5,9 ton/ha serasah. Stok karbon di blok B1BB, B4BB, B9BB, B10BB, dan B12BB adalah 112,4 ton/ha berasal dari 98,6 ton/ha tumbuhan bawah 13,81 ton/ha serasah. Nilai biomassa dan stok karbon serasah yang lebih rendah dari tumbuhan bawah diduga berkaitan dengan proses dekomposisi bahan organik yang berlangsung lebih cepat pada serasah. Setiap vegetasi menghasilkan kualitas biomassa yang berbeda. dan sisa biomassa menjadi sumber bahan organik yang dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kualitas tanah.

**Kata kunci :** cadangan karbon biomassa, Tanggul Ganda

### **PENDAHULUAN**

Lingkungan tumbuhan merupakan sistem kompleks yang berinteraksi berbagai faktor yang saling mempengaruhi. Vegetasi adalah suatu sistem dinamik yang selalu mengalami pergantian dan dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, sehingga kondisi ekstrim suatu habitat yang tidak menguntungkan dapat berubah menjadi habitat optimum bagi pertumbuhan.

Proses suksesi alami yang terjadi di dalam kawasan Tanggul Ganda memperlihatkan bahwa setelah proses pengendapan aktif terhenti, maka

pasokan oksigen cenderung berjalan normal sehingga berbagai tumbuhan akan tumbuh kembali di daerah pengendapan tailing. Proses suksesi biasanya mengarah pada terbentuknya suatu keadaan stabil dan permanen (klimaks). Proses suksesi alami yang terjadi di dalam kawasan Tanggul Ganda memperlihatkan bahwa setelah proses pengendapan aktif terhenti, maka pasokan oksigen cenderung berjalan normal sehingga berbagai tumbuhan akan tumbuh kembali di daerah pengendapan tailing.

Biomassa hutan berperan penting dalam siklus biogeokimia terutama dalam siklus karbon

(Sutaryo, 2009). Tanaman atau pohon di hutan dianggap berfungsi sebagai tempat penimbunan atau pengendapan karbon (rosot karbon atau *carbon sink*) (CIFOR, 2003). Besarnya kandungan karbon dan biomasa pohon bervariasi berdasarkan bagian tumbuhan yang diukur, *growth stage*, tingkatan tumbuhan dan kondisi lingkungannya. Kandungan karbon dan biomasa tumbuhan bawah dipengaruhi oleh jenis-jenis tumbuhan penyusun (Asril, 2008). Lapisan serasah atau lantai hutan merupakan seluruh bahan organik mati yang berada di atas permukaan tanah. Beberapa material organik ini masih dapat dikenali atau masih sedikit terdekomposisi (Pearson dkk., 2005). Mikroorganisme tanah sangat berperan terhadap dekomposisi bahan organik tanah dan sebagai produk akhir dari proses ini adalah pelepasan CO<sub>2</sub> (Barchia, 2009). Oleh karena itu mengukur jumlah karbon dalam biomassa pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO<sub>2</sub> di atmosfer yang diserap oleh tanaman, dan pengukuran karbon dalam bagian tanaman yang telah mati (nekromassa) dapat menggambarkan CO<sub>2</sub> yang tidak dilepaskan ke udara melalui pembakaran.

Siklus biogeokimia karbon mencakup pertukaran/perpindahan karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer bumi (Sutaryo, 2009), sedangkan respirasi organisme akan mengembalikan CO<sub>2</sub> ke atmosfer (Campbell, 2004). Meningkatnya kandungan CO<sub>2</sub> di udara menyebabkan panas yang dilepaskan akan diserap oleh CO<sub>2</sub> dan dipancarkan kembali ke permukaan bumi, sehingga proses tersebut akan memanaskan bumi (Indriyanto, 2006). Aliran karbon dari atmosfer ke vegetasi merupakan aliran yang bersifat dua arah, yaitu pengikatan CO<sub>2</sub> ke dalam biomassa melalui fotosintesis dan pelepasan CO<sub>2</sub> ke atmosfer melalui proses dekomposisi dan pembakaran (Rahayu dkk., 2005). Melalui fotosintesis, CO<sub>2</sub> diserap dan diubah oleh tumbuhan menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa. Kandungan karbon absolut dalam biomassa pada waktu tertentu dikenal dengan istilah cadangan karbon (*carbon stock*) (Ulumuddin dkk., 2005). Proses penimbunan karbon dalam tubuh tanaman hidup dikenal sebagai sekuestrasi (*C-sequestration*) (Hairiah & Rahayu, 2007).

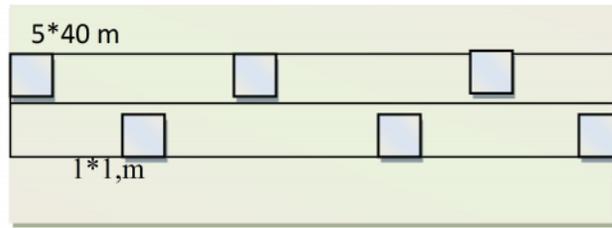
Tumbuhan bawah merupakan tumbuhan dengan lingkaran batang (dbh) < 6,3 cm yang berperan penting dalam ekosistem hutan dan menentukan iklim mikro. Sedangkan serasah berfungsi sebagai penyimpan air sementara, memperbaiki struktur tanah, dan menaikkan kapasitas penyerapan.

Berkembangnya kawasan suksesi alami pada area pengendapan tailing Tanggul Ganda berpotensi besar sebagai sumber cadangan karbon hutan alami. Oleh karena itu, penelitian untuk mengestimasi cadangan stok karbon biomassa vegetasi di kawasan tersebut menjadi penting untuk dilakukan, dan menjadi dasar perusahaan dalam mengelola dan memanfaatkan area pengendapan tailing.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan Pebruari hingga Mei 2010, di kawasan suksesi alami dalam area Tanggul Ganda PT. Freeport Indonesia Kabupaten Mimika, Papua mencakup 2 blok di Tanggul Barat Lama (B4BL dan B5BL), dan 5 blok di Tanggul Barat Baru (B1BB, B4BB, B9BB, B10BB, dan B12BB). Penelitian ini menggunakan data citra Q-Bird skala 1:600 untuk menggambarkan lokasi sampling di area seluas 108 ha untuk kawasan Tanggul Barat Lama dan 160 ha untuk kawasan Tanggul Barat Baru. Penentuan titik lokasi sampling berdasarkan data GPS. Penentuan plot penelitian didasarkan pada kondisi vegetasi terwakili dalam kawasan. Terdapat 6 plot berukuran 1 m x 1 m dalam setiap plot besar berukuran 5 x 40 m yang digunakan untuk pengambilan contoh tumbuhan bawah dan serasah. Parameter yang diamati meliputi berat basah dan berat kering contoh tumbuhan bawah terdiri dari akar, batang dan daun, serta berat basah dan berat kering contoh serasah.

Dari setiap sub plot diambil contoh tumbuhan bawah menggunakan metode *destructive sampling* (Hairiah dkk 2001) dengan memisahkan akar, batang dan daun, serta dilakukan pengambilan contoh serasah. Setiap ± 100 g sampel ditandai dan ditimbang berat basah dan berat kering setelah pemanasan 2 x 24 jam pada suhu 80°C.



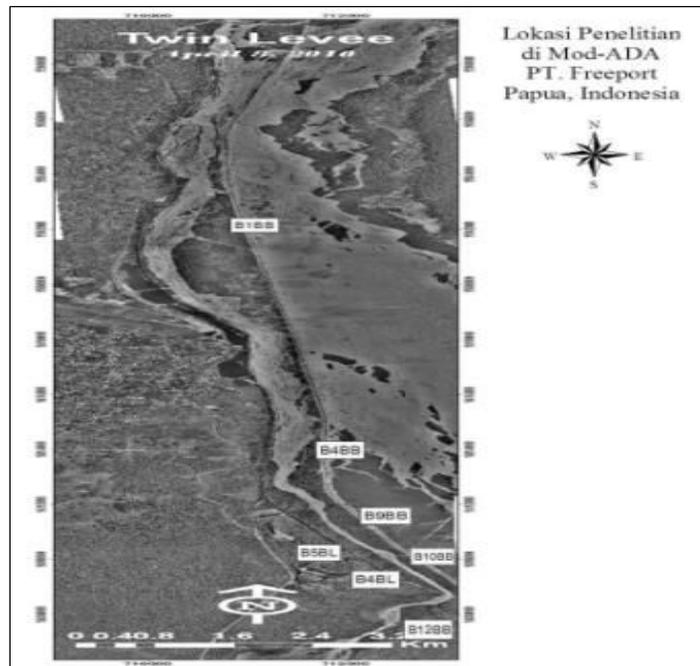
Gambar 1. Penempatan sub plot untuk pengambilan contoh

Data berat kering tiap komponen tumbuhan bawah dan serasah per plot dihitung dengan rumus Hairiah & Rahayu (2007)

$$Total\ BK(g) = \frac{BK\ subcontoh(g)}{BB\ subcontoh(g)} \times Total\ BB(g)$$

(BK = berat kering dan BB = berat basah)

Kandungan karbon (*Carbon Stock*) dihitung dengan menggunakan pendekatan biomassa dengan asumsi 50% dari biomassa adalah karbon yang tersimpan (Brown, 1997).



Gambar 2. Sebaran titik sampling dalam kawasan pengendapan tailing Tanggul Ganda (Sumber: Koordinat GPS yang ditempatkan dalam potongan citra Q-bird, 2007)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik vegetasi yang tumbuh dan menempati kawasan pengendapan tailing Tanggul Ganda sangat dipengaruhi oleh variasi faktor kimia dan fisika tanah endapan. Secara umum wilayah penelitian, baik pada Tanggul Barat Lama maupun

Tanggul Barat Baru, memiliki kandungan unsur hara yang rendah (miskin hara) dengan reaksi tanah agak alkalis (Sinaga dan Puradyatmika, 2006). Kondisi tersebut berpengaruh terhadap ketersediaan P dan sebagian unsur mikro, serta mempengaruhi KTK yang merupakan komponen kesuburan utama. Selain itu, kondisi ini juga

berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme untuk melakukan proses dekomposisi bahan organik.

Barchia (2009) menyatakan bahwa beberapa faktor yang mempengaruhi laju dekomposisi adalah pengolahan tanah, temperatur, kelembaban tanah, pH, kedalaman dan aerasi tanah. Mikroorganisme tanah berperan besar dalam dekomposisi bahan organik tanah dan pelepasan CO<sub>2</sub>. Kehilangan bahan organik akibat dekomposisi diimbangi oleh adanya suplai bahan organik dari vegetasi penutup yang terbentuk dari resintesis akar, serasah, dan bagian lain tumbuhan yang mengalami pelapukan.

Dari 17 blok penelitian di sepanjang kawasan Tanggul Ganda, diambil 7 lokasi yang dianggap mewakili kondisi setiap area berdasarkan tipe vegetasi yang ada untuk pengambilan contoh karbon biomassa. Kawasan Tanggul Barat Lama diwakili oleh 2 blok yaitu B4BL dan B5BL, sedangkan kawasan Tanggul Barat Baru diwakili oleh 5 blok yaitu B1BB, B4BB, B9BB, B10BB. Untuk mewakili area suksesi alami pada kawasan tergenang sementara, maka diambil 1 blok di kawasan MP 19 yaitu B12BB.

Tabel 1. Kondisi setiap blok pada kawasan suksesi alami Tanggul Ganda berdasarkan pada tipe vegetasi yang menempatinnya

Nama Blok	Status Area	Tipe Vegetasi
B1BB	Suksesi alami	Hutan sekunder tanah kering
B4BL	Suksesi alami	Vegetasi peralihan
B5BL	Suksesi alami	Vegetasi peralihan
B4BB	Suksesi alami	Vegetasi peralihan
B9BB	Suksesi alami	Vegetasi peralihan
B10BB	Suksesi alami	Vegetasi peralihan
B12BB	Suksesi alami	Dominansi <i>Phragmites karka</i> dengan lahan ctergenang sementara

Hasil analisis karbon biomassa menunjukkan bahwa nilai biomassa 54,69 ton/ha dan stok karbon 27,35 ton/ha terbesar di kawasan suksesi alami ditemukan pada blok B4BB. Diikuti nilai biomassa 45,47 ton/ha dan stok karbon 22,74 ton/ha pada blok B12BB, sedangkan nilai biomassa terkecil 23,86 ton/ha dan stok karbon 11,93 ton/ha terdapat pada blok B5BL.

Area blok B4BB merupakan area suksesi alami dengan vegetasi peralihan dengan vegetasi penutup tingkatan semai dan tumbuhan bawah (tumbuhan pionir) yang memiliki perakaran dangkal. Diduga kondisi ini menyebabkan tingginya nilai biomassa dan stok karbon pada blok B4BB dan B12BB. Novita & Aini (2007 dalam Barchia, 2009) menyatakan bahwa laju pelepasan karbon di bawah beberapa tegakan hutan sekunder dan area padang alang-alang cenderung tinggi.

Menurut Brown (1997: 10), 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.

Selain tersimpan pada pohon dan tumbuhan bawah, biomassa di atas permukaan (*above ground*) juga terdapat dalam bentuk serasah. Serasah merupakan salah satu komponen di dalam hutan yang juga dapat menyimpan karbon. Serasah didefinisikan sebagai bahan organik mati yang berada di atas tanah/lantai hutan (Sutaryo, 2009).

B4BB merupakan blok penelitian dengan nilai biomassa dan stok karbon serasah yang paling tinggi, dimana biomasanya 6,29 ton/ha dan stok karbonnya 3,14 ton/ha, diikuti oleh B4BL dengan biomassa 6,16 ton/ha dan stok karbon 3,08 ton/ha.

Pada tumbuhan bawah, kandungan karbon dan biomasanya dipengaruhi oleh komposisi vegetasi tumbuhan bawah penyusunnya. Demikian juga halnya dengan kandungan karbon dan biomassa pada serasah yang dipengaruhi oleh komponen-komponen penyusunnya, misalnya kayu busuk, daun, dan ranting (Asril, 2009).

Bahan organik berupa serasah tanaman yang jatuh ke tanah akan cepat mengalami dekomposisi

dan melepaskan unsur anorganik yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman, tererosi, tercuci maupun terlepas ke udara. Sekitar setengah dari bahan kering serasah termineralisasi dalam waktu 8-10 minggu sebelum akhirnya laju dekomposisi menurun. Bahan organik dari sisa rumput-ruputan, 70% dari berat kering akan terdekomposisi dalam waktu lebih lama, dan sisanya sukar lapuk (Barchia, 2009).

Laju dekomposisi sisa tanaman sangat dipengaruhi oleh kandungan nitrogen dalam

jaringan tanaman. Lingkungan mempengaruhi aktivitas mikroorganisme heterotrop seiring dengan laju evolusi karbon dalam tanah. Aktivitas mikroorganisme heterotrop sangat tinggi pada wilayah hutan tropis basah sehingga laju pelepasan karbon di wilayah ini cenderung tinggi. Semua karakteristik tanah seperti pH, Eh, temperatur, potensial air, struktur tanah dan aerasi akan mempengaruhi dekomposisi bahan organik (Barchia, 2009)

Tabel 3. Nilai Biomasa dan *Carbon stock* Tumbuhan Bawah di Kawasan Suksesi

Blok Penelitian	Biomasa (ton/ha)	<i>Carbon Stock</i> (ton/ha)
B4BL	23,89	11,94
B5BL	23,86	11,93
B1BB	26,30	13,15
B4BB	54,69	27,35
B9BB	31,63	15,81
B10BB	39,11	19,55
B12BB	45,47	22,74

Tabel 4. Nilai Biomasa dan *Carbon stock* Serasah di Kawasan Suksesi Alami

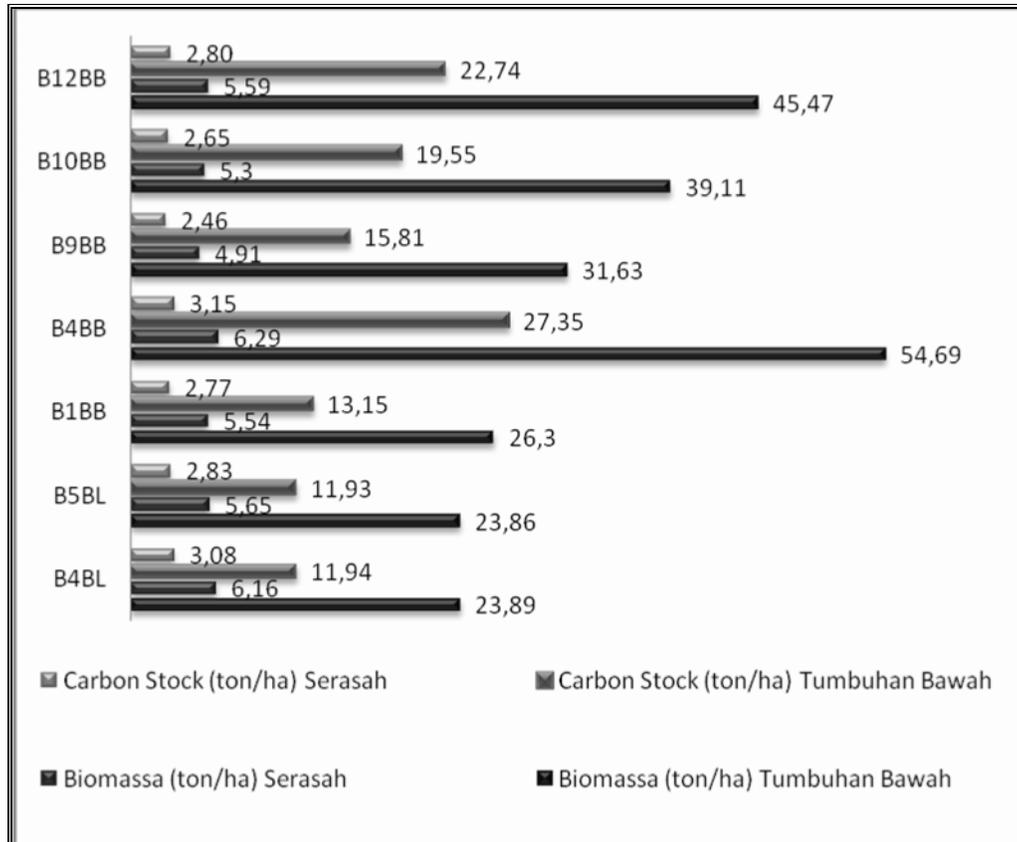
Blok Penelitian	Biomasa (ton/ha)	<i>Carbon Stock</i> (ton/ha)
B4BL	6,16	3,08
B5BL	5,65	2,82
B1BB	5,54	2,77
B4BB	6,29	3,14
B9BB	4,91	2,45
B10BB	5,30	2,65
B12BB	5,59	2,80

Tipe vegetasi mengandung keragaman struktur senyawa penyusunnya, sehingga kualitas sisa tanamannya akan mempengaruhi tingkat stabilitas dari bahan organik dan berkaitan dengan rasio CN. Perbandingan CN sangat menentukan mineralisasi atau immobilisasi nitrogen dalam sel mikroorganisme. Rasio CN pada hutan lebih tinggi daripada lahan hutan yang diubah menjadi agroekosistem, dan mencerminkan kualitas substrat.

Iklim sangat berperan dalam laju dekomposisi bahan organik, meningkatnya temperatur dan kelembaban menyebabkan proses dekomposisi berlangsung cepat. Hal ini menyebabkan akumulasi bahan organik di tanah tropis sangat jarang akibat iklim optimum bagi aktivitas mikroorganisme untuk melakukan dekomposisi bahan organik. Yuniar (2002 dalam Brachia, 2009) menyatakan bahwa faktor-faktor yang

mempengaruhi dekomposisi adalah curah hujan, temperatur, pH dan kandungan liat tanah, sedangkan faktor pembentuk tanah yang mempengaruhi laju dekomposisi bahan organik adalah iklim, vegetasi, topografi, bahan induk dan umur tanaman.

Vegetasi akan memproduksi biomassa dan sisa biomassa menjadi sumber bahan organik yang dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kualitas tanah. Setiap vegetasi akan menghasilkan kualitas biomassa yang berbeda. Kualitas bahan organik tanah berupa susunan senyawa penyusun bahan organik akan menentukan kecepatan pelapukan bahan organik mengalami pelapukan. Unsur hara yang tersedia akan diimmobilisasi oleh mikroorganisme, dan hanya unsur hara yang tidak terimmobilisasi yang dapat diambil oleh tanaman untuk pertumbuhannya.



Gambar 3. Biomassa dan stok karbon tumbuhan bawah dan serasah di kawasan suksesi alami.

## KESIMPULAN

Stok karbon di kawasan suksesi alami blok B4BL dan B5BL adalah 38,84 ton/ha berasal dari 23,87 ton/ha tumbuhan bawah dan 5,9 ton/ha serasah. Stok karbon di blok B1BB, B4BB, B9BB, B10BB, dan B12BB adalah 112,4 ton/ha berasal dari 98,6 ton/ha tumbuhan bawah dan 13,81 ton/ha serasah. Setiap vegetasi menghasilkan kualitas biomassa yang berbeda. dan sisa biomassa menjadi sumber bahan organik yang dapat dimanfaatkan memperbaiki kualitas tanah

## DAFTAR PUSTAKA

- Asril.** 2009. *Pendugaan Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Rawa Gambut Di Stasiun Penelitian Suaq balimbing Kabupaten Aceh Selatan Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam*. Program Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Barchia, M.F.** 2009. *Evolusi Karbon Tanah*. Artikel Surat Kabar Kompas Sabtu 13 Juni 2009
- Brown, S.** 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. *Forestry Paper No. 134*. (Online version), (<http://www.fao.org>, diakses 11 Februari 2010).
- Campbell, N.A., Reece, J.B., dan Mitchell, L.G.** 2004. *Biologi*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

- CIFOR.** 2003. *Perdagangan Karbon*. Warta Kebijakan No. 8 Februari 2003.
- Hairiah, K. dan Rahayu, A.** 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan Di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre. Bogor.
- Hairiah, K., Sitompul, SM., Van Noordwijk, M, dan Palm, C.** 2001. *Methods for Sampling Carbon Stocks Above and Below Ground*. International Centre for Research in Agroforestry. Southeast Asian Regional Research Programme. Bogor.
- Indriyanto.** 2006. *Ekologi Hutan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Pearson, T.R.H., Brown, S., Ravindranath N.H.** 2005. *Integrating Carbon Benefit Estimates into GEF Projects*. UNDP Global Environment Facility.
- Rahayu, S., Lusiana, B., dan van Noordwijk, M.** 2005. *Cadangan Karbon Di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur: Monitoring Secara Spasial dan Pemodelan*. (Online version), ([www.worldagroforestrycentre.org](http://www.worldagroforestrycentre.org), diakses 29 November 2009).
- Sinaga, N. I dan Puradyatmika, P.** 2006. *Keragaman Flora Di Area Pengendapan Pasir Sisa Tambang Tanggul Ganda*. PT. Freeport Indonesia. Papua.
- Suprpto, S.J.** 2008. *Tinjauan Reklamasi Lahan Bekas Tambang dan Aspek Konservasi Bahan Galian*. Kelompok Program Penelitian Konservasi – Pusat Sumber Daya Geologi.
- Sutaryo, D.** 2009. *Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- Ulumuddin, Y.I., Sulistyawati, E., Hakim, D.M., dan Harto, A.B.** 2005. Korelasi Stok Karbon dengan Karakteristik Spektral Citra Landsat: Studi Kasus Gunung Papandayan. *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV “Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa”*. Surabaya 14 – 15 September 2005.