

## ESTIMASI BIOMASA DAN KARBON TERSIMPAN PADA *Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese DI HUTAN PINUS GN. BUNDER, TN. GN. HALIMUN SALAK [Biomass Estimation and Carbon Stock on *Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese In Pine Forest At Bunder Mount, Gunung Halimun Salak National Park]

Ruddy Polosakan<sup>✉</sup>, Laode Alhamd dan Joeni S. Rahajoe

<sup>✉</sup>Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi-LIPI

Laboratorium Ekologi, Tanah dan Serasah

email: ruddypolos@yahoo.co.id

### ABSTRACT

A study on the biomass and carbon stock estimation of *Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese plantation has been conducted on 17-years and 30-years old pine forest in Gunung Bunder, Halimun Salak National Park. The method used was the allometric with non destructive technique. The results showed that pine trees density of 30-years old pine was 542 trees ha<sup>-1</sup>; the basal area (BA) was 26.8 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>; trees density of 17-years old pine was 1,398 tree ha<sup>-1</sup> with BA was 36.2 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. The estimation of biomass, carbon sinks and CO<sub>2</sub> sequestration of 30-years old pine were 203.7, 96.5 and 354.2 ton ha<sup>-1</sup>, respectively. Meanwhile, the estimation of biomass, carbon sinks and CO<sub>2</sub> sequestration of 17-years old pine were 188.3, 86.8 and 318.5 ton ha<sup>-1</sup>, respectively. Value of the environmental services derived from the CO<sub>2</sub> absorption for the development of a pine forest ranged from US.\$ 1,847.09 to 2,054.22, at two ages of pine trees.

**Keywords:** carbon stock, biomass, pine, Gunung Bunder, Halimun Salak National Park.

### ABSTRAK

Penelitian tentang estimasi biomasa dan karbon tersimpan telah dilakukan pada tegakan pohon *Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese di hutan pinus Gunung Bunder, TN Gunung Halimun Salak. Penelitian dilakukan pada tegakan pinus yang berumur 17 dan 30 tahun. Metode yang digunakan adalah metode tanpa penebangan (non destruction) diikuti dengan persamaan allometrik. Hasil analisa menunjukkan bahwa kerapatan pohon pinus berumur 30 tahun adalah 542 pohon ha<sup>-1</sup> dengan luas bidang dasar (LBD) adalah 26,8 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Adapun pohon pinus yang berumur 17 tahun memiliki kerapatan 1.398 pohon ha<sup>-1</sup> dengan total LBD mencapai 36,2 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Estimasi biomasa, karbon tersimpan dan sekuestrasi CO<sub>2</sub> pada pinus berumur 30 tahun adalah 203,7; 96,5 dan 354,2 ton ha<sup>-1</sup>, secara berturut-turut. Adapun estimasi biomasa, stok karbon dan sekuestrasi CO<sub>2</sub> yang berumur 17 tahun secara berturut-turut adalah 188,3; 86,8 dan 318,5 ton ha<sup>-1</sup>. Nilai jasa lingkungan yang diperoleh dari penyerapan CO<sub>2</sub> untuk pengembangan kawasan hutan pinus adalah berkisar antara US.\$ 1.847,09 – 2.054,22 pada dua tingkatan umur pinus.

**Kata kunci:** stok karbon, biomasa, pinus, Gunung Bunder, TNGHS.

### PENDAHULUAN

Hutan saat ini dipandang sebagai faktor yang penting dalam isu perubahan iklim maupun peranannya dalam pengendalian pemanasan global yang terjadi saat ini. Hutan memainkan peran penting dalam keseimbangan karbon global, karena mampu menyerap sebagian besar karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan dari segala aktivitas manusia (Correia *et al.*, 2010), karena bila terjadi peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer akan meningkatkan suhu rata-rata di bumi ini (Tans dan Keeling, 2012).

Indonesia sebagai negara yang mempunyai hutan yang luas, memerlukan adanya data yang akurat tentang keanekaragaman flora serta fungsi ekosistemnya pada berbagai tipe ekosistem yang ada. Data fungsi ekosistem yang meliputi estimasi

produksi biomasa, stok karbon dan sekuestrasi CO<sub>2</sub> pada berbagai tipe ekosistem di Indonesia, sangat diperlukan dalam penghitungan insentif yang harus diterima negara bila perdagangan karbon dunia dilaksanakan.

Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS), meskipun dari luasannya merupakan kawasan konservasi terluas di Pulau Jawa, namun keberadaan TNGHS justru terancam kelestariannya berdasarkan data terakhir. Bahkan dalam kurun waktu 1989-2004 deforestasi di TNGHS mencapai 23 ribu hektar atau 19,6 % dari luas total kawasan, dengan laju deforestasi rata-rata 1,3 % atau 113.357 Ha pertahun. Dilain pihak data-data pengungkapan tentang fungsi ekosistemnya masih sangat terbatas. Padahal data-data tersebut sangat dibutuhkan dalam mengantisipasi perubahan iklim global serta

besaran perolehan insentif yang harus diterima oleh negara dalam sistem perdagangan karbon.

Pemanfaatan hasil dari hutan tanaman, dalam hal ini hutan pinus di TNGHS, merupakan upaya untuk menekan terjadinya kerusakan lingkungan secara umum pada kawasan hutan di Indonesia. Pengembangan hutan tanaman dapat berperan dalam merehabilitasi lahan secara lestari karena adanya kegiatan penanaman pada areal yang kosong maupun pada areal bekas pemanenan, dijadikan sebagai landasan dalam menentukan karbon budget pada berbagai ekosistem juga secara tidak langsung akan berdampak pada nilai jasa lingkungan melalui penyerapan salah satu gas rumah kaca, yakni karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

Oleh sebab itu pengamatan tentang peranan fungsi ekosistemnya dalam mengestimasi produksi biomasa, dekomposisi serasah serta stok karbon pada berbagai ekosistem di Gunung Salak masih sangat diperlukan. Selain itu data-data yang terkumpulkan diharapkan dapat dimanfaatkan oleh pengelola TNGHS sebagai data tambahan guna pengelolaan taman nasional secara berkelanjutan.

## BAHAN DAN CARA KERJA

### Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kawasan hutan pinus (*Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese) TNGHS di sekitar wilayah desa Gunung Bunder, Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor. Kawasan Gunung Bunder merupakan salah satu kawasan di Gunung Salak dan merupakan salah satu ekosistem pegunungan tropis yang terdapat di Jawa Barat dengan kisaran ketinggian antara 500-2.211 m dpl. Menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson (1951) kawasan ini memiliki iklim tipe A, dengan curah hujan tahunan sebesar 4.000-6.000 mm. Kelembaban udara rata-rata 88 % dengan suhu bulanan rata-rata 31,5 °C. Petak penelitian terletak pada ketinggian ± 950 m dpl dengan letak geografi 06°41'33,6" LS dan 106°41'38,4" BT. Penelitian berlangsung pada 29 Mei-5 Juni 2013.

### Cara Kerja

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Metoda Petak untuk pengambilan data lapangan berupa diameter batang dan tinggi total pohon. Selanjutnya berdasarkan kedua variabel pengamatan tersebut ditentukan biomasa dan karbon tersimpan atau lebih dikenal dengan metode tanpa penebangan (*non destructive method*). Petak penelitian terletak di kawasan hutan Pinus, yang terletak pada dua tipe umur pinus, yakni 0,5 hektar pada hutan pinus berumur 17 tahun, dan 0,5 hektar lainnya pada hutan Pinus yang berumur 30 tahun.

Parameter yang diukur adalah semua diameter batang dan tinggi total tegakan pinus yang tercacah dalam petak. Dari kedua parameter tersebut dapat dihitung biomasa setiap pohon dengan persamaan berikut ini (Yamada, 1975):

$$1/H = (A / D) + B \dots \dots \dots (1)$$

$$\log V = C \log D^2H - D \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

D adalah diameter pohon;

H adalah tinggi pohon;

V adalah volume pohon; dan

A, B, C dan D adalah koefisien yang diperoleh dari regresi linier.

Selain itu juga diambil contoh batang sebanyak lima sampel untuk tiap petak, untuk penentuan berat jenis kayu (*specific gravity*) pada kedua tipe umur dan untuk menganalisa kandungan karbon digunakan C/N Analyzer di Laboratorium Ekologi-Bidang Botani, Puslit Biologi-LIPI.

### HASIL

Berdasarkan inventarisasi di lapangan, kerapatan pohon di petak pohon pinus berumur 17 tahun adalah 1398 pohon ha<sup>-1</sup>, sedang di petak pinus berumur 30 tahun adalah 542 pohon ha<sup>-1</sup>. Hasil analisa data menunjukkan bahwa luas bidang dasar dari pinus berumur 30 tahun sebesar 26,8 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> dan volume batang 348,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, sedang untuk pinus berumur 17 tahun luas bidang dasarnya sebesar 36,2 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> dan volumenya 354,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabel 1).

**Tabel 1.** Luas bidang dasar, volume tegakan dan rerata per pohon pinus di kawasan hutan pinus Gunung Bunder, TNGHS. (*Basal area, stand volume and mean of each pine tree in pine forest of Gunung Bunder, Gunung Halimun Salak National Park, GHSNP*).

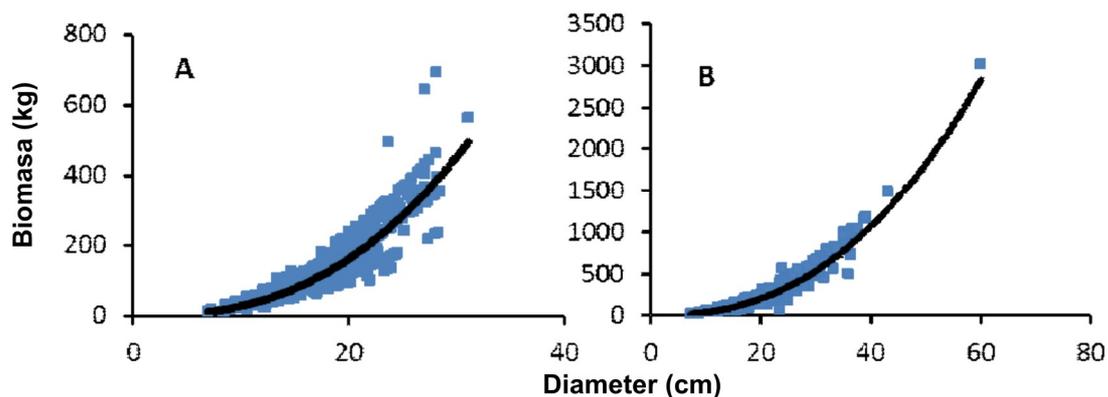
No	Umur Pinus ( <i>Pine Tree Age</i> )	Luas Bidang Dasar ( <i>Basal Area</i> )		Volume	
		m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> pohon <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> tree <sup>-1</sup> )	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> pohon <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> tree <sup>-1</sup> )
1	17 tahun	36,2	0,052	354,0	0,51
2	30 tahun	26,8	0,099	348,5	1,29

**Tabel 2.** Estimasi biomasa, karbon tersimpan dan sekuestrasi CO<sub>2</sub> pada tegakan pohon di hutan pinus pada kawasan Gn Bunder-TNGHS. (*Biomass estimation, carbon stock and CO<sub>2</sub> sequestration of tree in pine forest area, Gunung Bunder, GHSNP*).

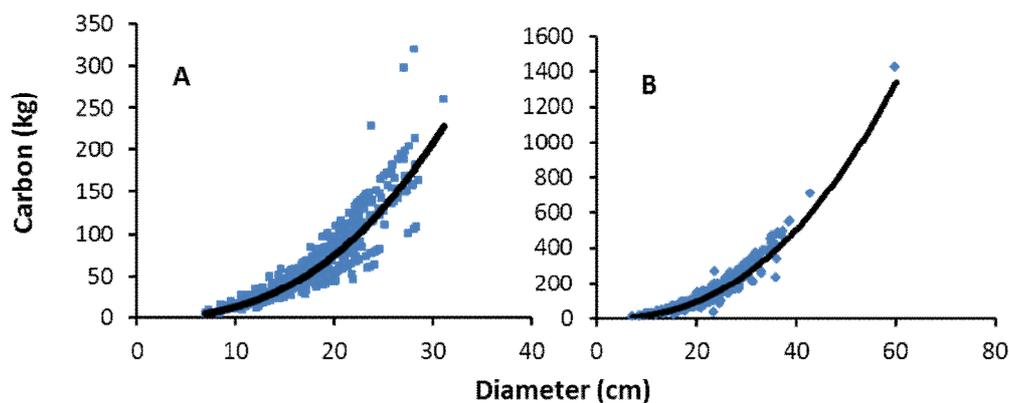
No	Umur Pinus ( <i>Pine Tree Age</i> )	Biomasa ( <i>Biomass</i> )		C-tersimpan ( <i>C-stock</i> )		Sekuestrasi CO <sub>2</sub> ( <i>CO<sub>2</sub> sequestration</i> )	
		ton ha <sup>-1</sup>	ton pohon <sup>-1</sup> (ton tree <sup>-1</sup> )	ton ha <sup>-1</sup>	ton pohon <sup>-1</sup> (ton tree <sup>-1</sup> )	tonha <sup>-1</sup>	ton pohon <sup>-1</sup> (ton tree <sup>-1</sup> )
1	17 tahun	188,35	0,27	86,8	0,12	318,5	0,45
2	30 tahun	203,7	0,75	96,5	0,36	354,2	1,31

Estimasi biomasa di atas permukaan tanah pinus pada umur 30 tahun (1983) sebesar 203,7 ton ha<sup>-1</sup> atau sebesar 0,75 ton pohon<sup>-1</sup>, sedang umur 17 tahun sebesar 188,3 ton ha<sup>-1</sup> atau sebesar 0,27 ton pohon<sup>-1</sup> (Tabel 2).

Adapun estimasi biomasa tegakan secara keseluruhan di kawasan TNGHS, dapat diperoleh dengan persamaan alometrik dengan menggunakan dua variabel, yakni diameter batang dan biomasa ditunjukkan pada gambar 1a dan 1b.



**Gambar 1.** Estimasi biomasa tegakan pinus dengan persamaan alometrik berdasarkan diameter,  $Biomasa = 0,086 \text{ Diameter}^{0,2583}$ ;  $R^2 = 0,887$  pada umur pinus 17 tahun (A), dan  $Biomasa = 0,1522 \text{ Diameter}^{0,4005}$ ;  $R^2 = 0,895$  pada umur pinus 30 tahun (B). (*Biomass estimation of pine tree and allometric equation based on diameter,  $Biomass = 0,086 \text{ Diameter}^{0,2583}$ ;  $R^2 = 0,887$  of 17-yr-old (A), and*



**Gambar 2.** Estimasi biomasa tegakan pinus dengan persamaan alometrik berdasarkan diameter,  $Carbon = 0,0371 Diameter^{0,2583}$ ;  $R^2 = 0,887$  pada umur pinus 17 tahun (A), dan  $Carbon = 0,0721 Diameter^{0,4005}$ ;  $R^2 = 0,895$  pada umur pinus 30 tahun (B). (*Biomass estimation of pine tree and allometric equation based on tree diameter,  $Carbon = 0,0371 Diameter^{0,2583}$ ,  $R^2 = 0,887$  of 17-yrs-old (A), and  $Carbon = 0,0721 Diameter^{0,4005}$ ,  $R^2 = 0,895$  of 30-yrs-old pine tree (B).*)

$$Biomass = 0,1522 Diameter^{0,4005}; R^2 = 0,895 \text{ of 30-yrs-old pine tree (B).}$$

Adapun estimasi karbon pinus usia 30 tahun dan 17 tahun dengan persamaan alometrik yang diperoleh dari dua variabel, yakni biomasa dan stok karbon (Gambar 2a dan 2b).

## PEMBAHASAN

Areal hutan Pinus di kawasan Gunung Bunder merupakan kawasan konsesi dari PT Perhutani sebelum diakuisisi dan dijadikan sebagai perluasan kawasan konservasi oleh TNGHS (informasi petugas Taman Nasional). Tegakan pohon pinus di daerah ini sangat bervariasi, baik umur, diameter maupun tinggi pohonnya. Hal ini dikarenakan adanya usaha penyulaman dan penanaman kembali oleh pihak TNGHS guna mengganti pohon pinus yang mati dan tumbang.

Perbedaan tersebut karena adanya jarak tanam yang berbeda ketika saat penanaman (umur 17 tahun lebih rapat), selain adanya beberapa individu yang tumbang akibat usia tua maupun penyebab lainnya. Kerapatan pohon pinus berumur 30 tahun tersebut sebanding dengan kerapatan di hutan *Pinus roxburghii* yang diteliti oleh Kumar *et al.* (2013) di India, namun untuk pinus yang berumur 17 tahun

memiliki kerapatan yang lebih tinggi. Hal ini karena pada saat penanaman pinus yang berumur 30 tahun, kawasan masih menjadi daerah konsesi PT. Perhutani, sehingga jarak tanam diatur sedemikian rupa agar produktivitasnya tinggi. Namun ketika penanaman pinus umur 17 tahun, kawasan tersebut sudah masuk kawasan konservasi TNGHS, sehingga penanamannya diprioritaskan untuk tujuan konservasi tanpa memperhitungkan produktivitasnya.

Total luas bidang dasar pinus usia 17 tahun cenderung lebih besar dibandingkan dengan pinus 30 tahun. Hal ini dikarenakan sistem jarak tanam pinus yang berusia lebih muda memiliki kerapatan tinggi dan juga belum mengalami penjarangan seperti pada pinus 30 tahun, sehingga berpengaruh terhadap kerapatan persatuan luas. Namun bila diamati secara individu pohonnya, luas bidang dasar pinus 30 tahun cenderung lebih besar, karena memiliki interval diameter batang yang juga besar, dengan kisaran 7-60 cm. Dimana diameter pohon yang lebih dari 20 cm sangat mendominasi, yakni sekitar 76,01% pada pinus 30 tahun, sementara pada pinus 17 tahun pohon yang berdiameter besar sangat sedikit (28,7%).

Perbedaan besarnya biomasa di atas permukaan tanah menunjukkan bahwa biomasa pinus di atas permukaan tanah yang berumur 30 tahun lebih besar dibanding pinus berumur 17 tahun. Kondisi tersebut lebih dikarenakan oleh volume batang dan berat jenis pinus berumur 30 tahun lebih besar, dengan rata-rata berat jenis  $0,584 \text{ g cm}^{-3}$ , yang sedikit lebih tinggi dibandingkan pinus 17 tahun ( $0,531 \text{ g cm}^{-3}$ ). Sementara secara umum besaran berat jenis kayu pada pinus mencapai  $0,55 \text{ g cm}^{-3}$ .

Perbedaan dari hasil biomasa yang diperoleh sesuai dengan pernyataan Iswanto (2008) yang mengatakan bahwa biomasa di atas permukaan tanah batang pohon sangat dipengaruhi berat jenis kayu, sementara berat jenis sangat tergantung pada umur, laju pertumbuhan, lokasi tempat tumbuh dan posisi kayu di batang tersebut. Namun produk biomasa tersebut jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan produk biomasa di hutan alam maupun hutan agathis di Cidahu-Gunung Salak (data tidak terpublikasi). Dari dua parameter yang digunakan dalam penelitian ini, tinggi tanaman tidak berkorelasi nyata dengan biomasa pinus, hal ini dilihat dari nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang mencapai 0,4982 untuk pinus 30 tahun dan 0,2608 untuk pinus 17 tahun.

Dari estimasi biomasa pinus dibandingkan dengan penelitian lainnya di daerah Jawa Barat, dengan menggunakan one-way ANOVA dan uji Waller-Duncan (SPSS 16;  $P < 0,05$ ), menunjukkan bahwa tegakan pinus 17 tahun memiliki estimasi biomasa serupa dengan pengamatan biomasa pinus di kawasan TN Gunung Gede Pangrango (Alhamd dan Rahajoe, 2013) dan sedikit lebih rendah dari estimasi biomasa pinus oleh Hendra (2002) dan lebih tinggi dari Siregar (2007). Hal yang berbeda ditunjukkan pada pinus usia 30 tahun, dimana penelitian estimasi biomasa serupa dengan estimasi oleh Hendra (2002) dan berbeda/lebih tinggi dari Alhamd dan Rahajoe (2013) serta Siregar (2007). Perbedaan dan kesamaan yang nampak dapat dipengaruhi oleh interval diameter pinus di setiap lokasi yang diamati.

Estimasi kandungan karbon pada tegakan pohon pinus usia 30 tahun dan tingkat sekuestrasi  $\text{CO}_2$  lebih rendah dari tegakan pohon pinus usia 17 tahun, meski dengan kerapatan pohon yang lebih sedikit. Hal ini karena diameter batang pohon pinus 30 tahun umumnya lebih besar dan tinggi pohon yang lebih dari 20 m lebih banyak, yakni sekitar 26,2% (dengan kisaran tinggi 4-31 m). Pada pinus 17 tahun yang memiliki kisaran total tinggi pohon yang cenderung sama, namun hanya terdapat dua pohon yang bertajuk tinggi ( $> 20 \text{ m}$ ).

Dari estimasi karbon tersimpan di dua umur pinus tersebut jauh lebih sedikit bila dibandingkan dengan C-tersimpan pada hutan alam, dimana menurut Yuliasmara dan Wibawa (2007) karbon tersimpan hutan alam di Jambi mencapai  $500 \text{ ton ha}^{-1}$ . Selain itu juga lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil penelitian Watzlawick, *et al* (2013) terhadap *Pinus taeda* L. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis, luas bidang dasar, tinggi pohon dan berat jenis serta kerapatan pohon per satuan luas yang berbeda.

Sebagai salah satu hutan tanaman yang memiliki nilai ekonomi dan memiliki distribusi yang cukup luas, pohon pinus sebagai penghasil hutan non kayu melalui produksi getahnya. Dimana nilai ekonomi yang cukup rendah bila dihasilkan dari kayu maupun getahnya, maka penentuan nilai jasa lingkungan berupa penyerap karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dapat memberi nilai yang lebih tinggi, seperti pada pohon pinus di TNGHS, yang apabila harga karbon yang digunakan berdasarkan The World Bank (2011) dalam Effendi (2012) sebesar US\$ 5,8 ( $\text{ton CO}_2$ )<sup>-1</sup>, maka besarnya biaya yang dapat diperoleh untuk pengembangan kawasan hutan pinus adalah berkisar antara US\$ 1.847,09 – 2.054,22, pada dua tingkatan umur pinus.

## KESIMPULAN

Di kawasan hutan pinus Gunung Bunder-TNGHS, dimana kerapatan dan total luas bidang dasar pohon pinus berumur 17 tahun lebih besar dibandingkan dengan yang berumur 30 tahun.

Estimasi biomasa dan karbon tersimpan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan alometrik, dan biomasa, C-tersimpan dan sekuestrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada tegakan pinus berumur 30 tahun lebih besar dibandingkan dengan yang berumur 17 tahun, baik per satuan luas maupun per individu pohon. Penyerapan CO<sub>2</sub> untuk jasa lingkungannya mencapai US\$ 1.847,09 – 2.054,22.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alhamd L dan JS Rahajoe. 2013.** Species composition and above ground biomass of a pine forest at Bodogol Gunung Gede Pangrango NP, West Java. *Journal of Tropical Biology and Conservation* **10**, 43-49.
- Correia AC, M Tomé, CA Pacheco, S Faias, AC Dias, J Freire, PO Carvalho and JS Pereira. 2010.** Biomass allometry and carbon factors for a Mediterranean pine (*Pinus pinea* L.) in Portugal. *Forest Systems* **19** (3), 418-433.
- Effendi K. 2012.** Potensi karbon tersimpan dan penyerapan karbon dioksida hutan tanaman *Eucalyptus* sp. Universitas Sumatera Utara. [Tesis].
- Iswanto AH. 2008.** *Sifat fisis kayu : berat jenis dan kadar air pada beberapa jenis kayu*, 11 Univ. Sumatera Utara e-Repository @2008.
- Kumar S, M Kumar and MA Sheikh. 2013.** Carbon stock variation of *Pinus roxburghii* Sarg. Forest along altitudes of Garhwal Himalaya, India. *Russian Journal of Ecology* **44** (2), 131-136.
- Schmidt and JHA Ferguson. 1951.** *Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia with Western New Guinea*. Kementrian Perhubungan. Djawatan Meteorologi dan Geofisik, Jakarta. Verhandelingen, No. 42.
- Siregar CA. 2007.** Pendugaan biomasa pada hutan tanaman pinus (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) dan konservasi karbon tanah di Cianten, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* **4** (3), 251-266.
- Tans P and R Keeling. 2012.** Trends in atmospheric carbon dioxide. Disponivel em: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends>. (Diunduh 5 Januari 2014).
- Yamada I. 1975.** Forest ecological studies of the Montane Forest of Mt. Pangrango, West Java I. Stratification and floristic composition of the Mountain Rain Forest. *The Southeast Asian Studies*. **13**, 402-426.
- Yuliasmara F dan A Wibawa. 2007.** Pengukuran karbon tersimpan pada perkebunan Kakao dengan pendekatan biomasa tanaman. *Warta Puslit. Kopi dan Kakao Indonesia* **23** (3), 149-158.
- Watzlawick LF, MVW Caldeira, T de Oliveira Godinho, R Balbinot and JW Trautenmüller. 2013.** Aboveground stock of biomass and organic carbon in stands of *Pinus taeda* L. *CERNE* **19** (3), 509-515.