

Analisis Potensi Penyerapan Karbon Atmosferik di Stasiun Penelitian Hutan Bron, Desa Warembungan, Kabupaten Minahasa.

Caroline N. A. C. Tasirin¹, M. A. Langi², H. D. Walangitan³ dan J. I. Kalangi⁴

¹*Mahasiswa Ilmu Kehutanan, Fakultas Pertanian UNSRAT*

^{2,3,4}*Dosen Ilmu Kehutanan, Fakultas Pertanian UNSRAT*

c.tasirin@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis massa karbon yang disimpan oleh hutan di Stasiun Penelitian Hutan Bron, Desa Warembungan, Kabupaten Minahasa, serta untuk menganalisis potensi hutan di Stasiun Penelitian Hutan Bron dalam menyerap karbon dioksida atmosferik. Penelitian ini dilaksanakan di Stasiun Penelitian Hutan Bron, Desa Warembungan, Kabupaten Minahasa, selama 3 bulan. Pengukuran dalam penelitian ini dilakukan dalam 15 petak pengamatan yang diletakkan secara sistematis. Variabel yang diukur adalah diameter setinggi dada, tinggi bebas cabang, serta berat serasah dan tumbuhan bawah.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Stasiun Penelitian Hutan Bron menyimpan biomassa total sebesar 49.821,84 ton, atau 996,44 ton/ha. Biomassa ini menyimpan karbon sebesar 23.416,27 ton, atau 468,33 ton/ha. Hingga data diambil, Stasiun Penelitian Hutan Bron telah menarik 85.859,65 ton karbon dioksida dari atmosfer, atau 1.717,19 ton/ha. Dengan mengasumsikan kondisi hutan saat ini tidak berubah, Stasiun Penelitian Hutan Bron berpotensi mengalami penambahan biomassa sebesar 4,66 ton/ha/tahun, atau 232,90 ton/tahun untuk seluruh kawasan yang memiliki luas 50 ha. Biomassa ini berpotensi menyerap karbon sebesar 1,72 ton/ha/tahun, atau sebesar 86,17 ton/tahun untuk seluruh kawasan. Stasiun Penelitian Hutan Bron berpotensi menarik karbon dioksida sebesar 6,32 ton/ha/tahun dari atmosfer, atau sebesar 315,97 ton/tahun untuk seluruh kawasan.

Kata kunci : biomassa, penyerapan karbon, penarikan karbon dioksida.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Atmosfer Bumi terdiri dari berbagai macam gas dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Gas-gas tersebut antara lain nitrogen (78%), oksigen (21%), serta sejumlah gas lain (1%). Karbon atmosferik, dalam hal ini gas karbon dioksida (CO₂) merupakan salah satu dari gas berkonsentrasi kecil ini. Karbon dioksida merupakan gas rumah kaca paling dominan di atmosfer. Gas rumah kaca berfungsi menahan panas matahari agar suhu Bumi tetap stabil. Namun, bila konsentrasi gas rumah kaca sudah melebihi batas tertentu,

panas yang terperangkap pun akan semakin banyak dan suhu Bumi akan meningkat hingga mengganggu stabilitas ekosistem di Bumi. Menurut Dlugokencky *et al.*, dalam penelitian yang dipublikasi oleh National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) pada tahun 2009, konsentrasi gas karbon dioksida di atmosfer mencapai 387 ppmv. Akan tetapi, angka yang tampaknya kecil ini pun merupakan jumlah yang nyaris tidak mampu dinetralkan Bumi kita. Menurut data tahun 2013, konsentrasi karbon dioksida di atmosfer meningkat hingga mendekati 396 ppmv. Peningkatan ini menunjukkan bahwa Bumi tidak mampu

lagi mempertahankan konsentrasi karbon dioksida pada tingkat yang aman, sehingga konsentrasinya semakin lama semakin meningkat.

Secara alami, karbon dioksida atmosferik dinetralkan oleh tumbuhan hijau. Karbon dioksida diserap tumbuhan melalui proses fotosintesis untuk mendapatkan karbon, unsur hara yang penting bagi tumbuhan. Oksigen (O₂) yang merupakan hasil dari proses ini dilepas kembali ke atmosfer. Akan tetapi, *booming* penggunaan bahan bakar fosil telah menyebabkan jumlah karbon yang dilepas ke atmosfer terlalu besar untuk dinetralkan secara alami. Akibatnya, panas yang terperangkap gas rumah kaca semakin meningkatkan suhu Bumi dan menciptakan perubahan iklim global. Masyarakat dunia yang sudah mulai menyadari hal itu kini semakin aktif melaksanakan kegiatan-kegiatan reboisasi dan penghijauan untuk memperbanyak tumbuhan hijau, dengan harapan tindakan ini dapat memperbanyak penyerap karbon dioksida atmosferik dan memitigasi perubahan iklim.

Menurut Juwarkar *et al.* (2011), tumbuhan hijau menyesuaikan pertumbuhannya dengan ketersediaan karbon dioksida di atmosfer. Oleh karena itu, penambahan dalam emisi karbon dioksida oleh kegiatan manusia maupun fenomena alam dapat dengan mudah diseimbangkan oleh mekanisme penarikan karbon alami. Hal ini mengindikasikan bahwa yang menjadi masalah bukanlah seberapa besar karbon dioksida yang kita lepas, melainkan seberapa cepat kita meniadakan komponen-komponen penarik karbon dioksida, dalam hal ini tumbuhan hijau.

Sulawesi Utara memiliki area hutan yang luas dengan keanekaragaman hayati yang unik. Akan tetapi, nilai hutan Sulawesi Utara tidak dapat dinilai dari sisi keanekaragaman hayati saja, namun juga

perlu memperhitungkan fungsi-fungsi ekologis hutan tersebut, salah satunya kemampuan menyerap karbon atmosferik. Bila kemampuan ini dapat dikuantifikasi, masyarakat pun dapat lebih memahami pentingnya peran hutan dalam kehidupan mereka, serta pentingnya hutan tersebut dalam menjaga iklim global.

Stasiun Penelitian Hutan Bron telah dikenal masyarakat lokal sebagai lokasi mata air yang penting bagi Kota Manado dan sekitarnya. Pemahaman yang lebih luas mengenai fungsi ekologis hutan di Stasiun Penelitian Hutan Bron, terutama mengenai kemampuannya menyerap karbon atmosferik, akan meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai perubahan iklim global, sekaligus menggerakkan mereka untuk memitigasi fenomena tersebut. Karena itu, perlu penelitian mengenai kemampuan hutan di Stasiun Penelitian Hutan Bron untuk menyerap karbon, berikut potensinya dalam mitigasi peningkatan konsentrasi karbon atmosferik.

1.2 Tujuan Penelitian

Untuk menganalisis massa karbon yang disimpan oleh hutan di Stasiun Penelitian Hutan Bron, Desa Warembungan, Kabupaten Minahasa, serta untuk menganalisis potensi hutan di Stasiun Penelitian Hutan Bron dalam menyerap karbon dioksida atmosferik.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan bermanfaat bagi pelajar, mahasiswa dan peneliti sebagai referensi mengenai struktur vegetasi di Stasiun Penelitian Hutan Bron, metodologi perhitungan biomassa, stok karbon, serta potensi penyerapan karbon dioksida atmosferik di hutan hujan tropis. Selain itu, penelitian ini juga akan bermanfaat bagi pemerintah dan pihak pengambil kebijakan sebagai bahan pertimbangan untuk kebijakan lingkungan, terutama mengenai

fungsi ekologis Stasiun Penelitian Hutan Bron bagi penyerapan karbon dioksida atmosferik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Stasiun Penelitian Hutan Bron di Desa Warembungan, Kabupaten Minahasa selama 3 (tiga) bulan, dari Mei – Juli 2013.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah: meteran, kompas, tali plastik, clinometer, gunting stek, timbangan lapangan, wadah sampel, alat tulis menulis, kamera, peta topografi kawasan penelitian, GPS receiver, label, oven, timbangan digital, software MS Excel, software Google Earth, software MapSource, software Global Mapper 11, software ArcGIS 3.3.

2.3. Metode Penelitian

Data untuk penelitian ini akan diambil dari individu pohon dan tiang serta tumbuhan bawah dan serasah. Adapun kriteria dari individu-individu ini adalah sebagai berikut.

- a. Pohon: Individu pohon dengan diameter lebih dari atau sama dengan 20 cm.
- b. Tiang: Individu pohon dengan diameter lebih dari 10 cm namun kurang dari 20 cm.
- c. Tumbuhan bawah: Semua individu tumbuhan dengan tinggi kurang dari 150 cm.

Data untuk penelitian ini akan diambil dengan metode garis berpetak, dengan posisi petak berselang-seling di sisi kiri dan kanan jalur petak. Luas petak untuk setiap kriteria adalah sebagai berikut.

- a. Pohon: $20 \times 20 \text{ m}^2$
- b. Tiang: $10 \times 10 \text{ m}^2$
- c. Tumbuhan bawah dan serasah: $1 \times 1 \text{ m}^2$

Penentuan jumlah petak dilakukan dengan mengambil 1% dari kawasan Stasiun Penelitian Hutan Bron sebagai sampel, yaitu seluas 0,5 ha. Dengan ukuran luas petak pengamatan pohon dan tiang sebesar 400 m^2 , maka untuk memenuhi kebutuhan pengambilan sampel sebesar 1% dibutuhkan 12,5 petak pengamatan. Nilai ini dibulatkan ke atas menjadi 15 petak pengamatan untuk mempermudah penentuan posisi petak. Posisi petak pengamatan ditentukan secara sistematis. Stasiun Penelitian Hutan Bron dibagi menjadi empat bagian dengan lebar yang sama oleh tiga garis petak yang memanjang memotong garis kontur, dengan panjang garis petak 1 kilometer. Tiap garis petak akan memiliki lima petak pengamatan dengan jarak antar petak yang sama, sehingga dengan demikian diperoleh 15 petak pengamatan. Setiap garis petak akan mengarah ke sudut azimuth 197° .

2.5. Variabel Pengamatan

Variabel untuk data primer yang akan diambil di lapangan antara lain:

- Diameter batang individu pohon yang diukur pada ketinggian 130 cm dari permukaan tanah, dengan satuan centimeter (cm).
- Tinggi batang bebas cabang dengan satuan meter (m).
- Berat basah total dan berat basah sampel serasah dan tumbuhan bawah dengan satuan gram (g).

Variabel untuk data primer yang akan diambil di laboratorium antara lain:

- Berat kering sampel serasah dan tumbuhan bawah dengan satuan gram (g).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Struktur Vegetasi

Dalam 15 petak sampel penelitian, terhitung 154 individu pohon dan tiang, dengan total 103 individu pohon dan 51 individu tiang. Meski dari jumlah ini terlihat

bahwa individu pohon mendominasi, namun bila jumlah ini diekstrapolasi sesuai dengan luas petak pengamatan untuk pohon dan tiang, diketahui bahwa jumlah individu tiang per hektar lebih banyak daripada jumlah individu pohon per hektar, dengan rata-rata nilai masing-masing 340 individu/ha dan 171,67 individu/ha.

Sesuai hasil pengukuran, diameter pohon di Stasiun Penelitian Hutan Bron berkisar antara 20,05-271,20 cm, sementara diameter tiang berkisar antara 10,03-19,74 cm. Rata-rata diameter pohon di petak-petak pengamatan adalah 31,33-43,13 cm (*confidence interval* 5,90 cm dengan $\alpha=5\%$), sedangkan rata-rata diameter tiang adalah 13,30-15,00 cm (*confidence interval* 0,85 cm dengan $\alpha=5\%$). Lebih dari setengah individu pohon dan tiang yang diamati (140 individu dari total 154 individu) memiliki diameter di antara 10-40 cm. Akan tetapi terdapat tiga individu dengan diameter mencolok, yaitu diameter lebih dari 100 cm.

Sesuai hasil pengukuran, tinggi bebas cabang individu tegakan di Stasiun Penelitian Hutan Bron berkisar antara 1,81-53,12 m. Rata-rata tinggi bebas cabang pada pohon di petak-petak pengamatan adalah 11,30-15,72 m (*confidence interval* 2,21 m dengan $\alpha=5\%$), sedangkan rata-rata tinggi bebas cabang pada tiang adalah 6,65-11,18 m (*confidence interval* 2,26 dengan $\alpha=5\%$). Lebih dari setengah individu pohon dan tiang yang diamati memiliki tinggi bebas cabang hingga 30 m. Akan tetapi, terdapat satu individu dengan tinggi bebas cabang yang mencolok, yaitu lebih dari 50 m.

Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh di lapangan, total volume biomassa tegakan adalah sebesar 392,62 m³ dalam 15 petak pengamatan. Bila diekstrapolasi dengan luas total petak pengamatan, yaitu 0,6 ha, maka diperoleh nilai volume biomassa sebesar 654,37 m³/ha. Volume biomassa per petak pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Volume Biomassa per Petak Pengamatan.

No. Petak	Volume Biomassa (m ³)
1	12,05
2	8,72
3	15,84
4	38,27
5	6,09
6	163,95
7	8,61
8	1,27
9	17,89
10	2,98
11	8,02
12	55,04
13	27,58
14	23,46
15	2,85
TOTAL	392,62

3.2. Massa Karbon Tersimpan

3.2.1. Biomassa Atas Permukaan Tanah

Biomassa atas permukaan tanah (BAP) untuk seluruh petak pengamatan adalah sebesar 431,88 ton. Bila diekstrapolasi dengan luas total petak pengamatan, diperoleh nilai BAP sebesar 719,81 ton/ha. BAP ini menyimpan massa karbon sebesar 202,99 ton untuk 15 petak pengamatan, atau 338,31 ton/ha. Hingga data diambil, individu tiang dan pohon di petak-petak pengamatan telah menarik 744,28 ton karbon dioksida dari atmosfer, atau 1.240,47 ton/ha, dan menyimpannya dalam bentuk BAP. Bila nilai-nilai ini diproyeksikan ke seluruh kawasan yang memiliki luas 50 ha, maka diperoleh nilai BAP total 35.990,39 ton dengan massa karbon sebesar 16.915,48 ton. Hingga data diambil, Stasiun Penelitian Hutan Bron telah menarik 62.023,44 ton karbon dioksida dari atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk BAP. Nilai-nilai BAP dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Biomassa, Kandungan Karbon, dan Massa Karbon Dioksida Untuk Biomassa di Atas Tanah.

Uraian	A	B	C
Total Biomassa	431,88	719,81	35.990,39
Kandungan Karbon	202,99	338,31	16.915,48
Massa Karbon Dioksida	744,28	1.240,47	62.023,44

Keterangan: A = Nilai dalam 15 petak pengamatan (ton). B = Nilai per satuan luas (ton/ha). C = Nilai dalam Stasiun Penelitian Hutan Bron (ton). Luas total petak pengamatan tegakan = 0,6 ha.

3.2.2. Biomassa Bawah Permukaan Tanah

Biomassa bawah permukaan tanah (BBP) untuk seluruh petak pengamatan adalah sebesar 159,80 ton. Bila diekstrapolasi dengan luas total petak pengamatan, diperoleh nilai BBP sebesar 266,33 ton/ha. BBP ini menyimpan massa karbon sebesar 75,10 ton untuk 15 petak pengamatan, atau 125,17 ton/ha. Hingga data diambil, individu tiang dan pohon di petak-petak pengamatan telah menarik 275,38 ton karbon dioksida dari atmosfer, atau 458,97 ton/ha, dan menyimpannya dalam bentuk BBP. Kawasan ini memiliki nilai BBP total 13.316,45 ton dengan massa karbon sebesar 6.258,73 ton. Hingga data diambil, Stasiun Penelitian Hutan Bron telah menarik 22.948,67 ton karbon dioksida dari atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk BBP. Nilai-nilai BBP dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Biomassa, Kandungan Karbon, dan Massa Karbon Dioksida Untuk Biomassa di Bawah Tanah.

Uraian	A	B	C
Total Biomassa	159,80	266,33	13.316,45
Kandungan Karbon	75,10	125,17	6.258,73
Massa Karbon Dioksida	275,38	458,97	22.948,67

Keterangan: A = Nilai dalam 15 petak pengamatan (ton). B = Nilai per satuan luas (ton/ha). C = Nilai dalam Stasiun Penelitian Hutan Bron (ton). Luas total petak pengamatan tegakan = 0,6 ha.

3.2.3. Berat Bahan Organik Serasah dan Tumbuhan Bawah

Berat bahan organik serasah dan tumbuhan bawah (B_O) untuk seluruh petak pengamatan adalah sebesar 0,0155 ton. Bila diekstrapolasi dengan luas total petak pengamatan (15 m^2 untuk serasah dan tumbuhan bawah), diperoleh nilai B_O sebesar 10,30 ton/ha. B_O ini menyimpan massa karbon sebesar 0,0073 ton untuk 15 petak pengamatan, atau 4,84 ton/ha. Hingga data diambil, tegakan di petak-petak pengamatan telah menarik 0,0266 ton karbon dioksida dari atmosfer, atau 17,75 ton/ha, dan menyimpannya dalam bentuk B_O . Bila nilai-nilai ini diproyeksikan ke seluruh kawasan Stasiun Penelitian Hutan Bron, maka diperoleh nilai B_O total 515,01 ton dengan massa karbon sebesar 242,05 ton. Hingga data diambil, Stasiun Penelitian Hutan Bron telah menarik 887,53 ton karbon dioksida dari atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk B_O . Nilai-nilai untuk B_O dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Berat Bahan Organik, Kandungan Karbon, dan Massa Karbon Dioksida Untuk Serasah dan Tumbuhan Bawah.

Uraian	A	B	C
Total Berat Bahan Organik	0,0155	10,30	515,01
Kandungan Karbon	0,0073	4,84	242,05
Massa Karbon Dioksida	0,0266	17,75	887,53

Keterangan: A = Nilai dalam 15 petak pengamatan (ton). B = Nilai per satuan luas (ton/ha). C = Nilai dalam Stasiun Penelitian Hutan Bron (ton). Luas total petak pengamatan serasah dan tumbuhan bawah = 0,0015 ha.

3.2.4. Massa Karbon Total

Sesuai penjumlahan hasil perhitungan biomassa, massa karbon dan penyerapan karbon di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah serta serasah dan tumbuhan bawah, maka diperoleh nilai biomassa sebesar 591,70 ton untuk 15 petak

pengamatan, atau 996,44 ton/ha. Biomassa ini menyimpan massa karbon sebesar 278,10 ton untuk 15 petak pengamatan, atau 468,33 ton/ha. Hingga data diambil, individu-individu di petak-petak pengamatan telah menarik 1.019,69 ton karbon dioksida dari atmosfer, atau 1.717,19 ton/ha. Bila data perhitungan diproyeksikan sesuai luas kawasan (50 ha), maka Stasiun Penelitian Hutan Bron memiliki biomassa sebesar 49.821,84 ton dan massa karbon sebesar 23.416,27 ton. Hingga data diambil, Stasiun Penelitian Hutan Bron telah menarik 85.859,65 ton karbon dioksida dari atmosfer. Nilai-nilai untuk massa karbon total dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Biomassa, Kandungan Karbon, dan Massa Karbon Dioksida Keseluruhan.

Uraian	A	B	C
Total Biomassa	591,70	996,44	49.821,84
Kandungan Karbon	278,10	468,33	23.416,27
Massa Karbon Dioksida	1.019,69	1.717,19	85.859,65

Keterangan: A = Nilai dalam 15 petak pengamatan (ton). B = Nilai per satuan luas (ton/ha). C = Nilai dalam Stasiun Penelitian Hutan Bron (ton).

3.3. Potensi Penyerapan Karbon

Dengan mengasumsikan kondisi hutan saat ini tidak berubah, Stasiun Penelitian Hutan Bron akan mengalami penambahan biomassa sebesar 4,66 ton/ha/tahun, atau 232,90 ton/tahun untuk seluruh kawasan. Hal ini berarti dalam setahun ke depan, biomassa di kawasan ini berpotensi bertambah menjadi 1.001,09 ton/ha, atau sebesar 50.054,74 ton untuk keseluruhan kawasan.

Hal ini berarti Stasiun Penelitian Hutan Bron memiliki kemampuan menyerap karbon sebesar 1,72 ton/ha/tahun. Bila memperhitungkan luas Stasiun Penelitian Hutan Bron, maka setiap tahunnya kawasan ini berpotensi menyerap karbon sebesar 86,17 ton.

Stasiun Penelitian Hutan Bron memiliki kemampuan menarik 6,32 ton/ha/tahun karbon dioksida dari atmosfer, atau 315,97 ton untuk seluruh kawasan Stasiun Penelitian Hutan Bron. Nilai-nilai pertambahan biomassa, kandungan karbon, dan massa karbon dioksida per tahun dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pertambahan Biomassa, Kandungan Karbon, dan Massa Karbon Dioksida per Tahun.

Uraian	D	E
Pertambahan Biomassa per Tahun	4,66	232,90
Pertambahan Kandungan Karbon per Tahun	1,72	86,17
Pertambahan Massa Karbon Dioksida Tersimpan per Tahun	6,32	315,97

Keterangan: D = Nilai per hektar (ton/ha/tahun). E = Nilai dalam Stasiun Penelitian Hutan Bron (ton/tahun).

4. KESIMPULAN

Stasiun Penelitian Hutan Bron menyimpan biomassa total sebesar 49.821,84 ton, atau 996,44 ton/ha. Biomassa ini menyimpan karbon sebesar 23.416,27 ton, atau 468,33 ton/ha. Hingga data diambil, Stasiun Penelitian Hutan Bron telah menarik 85.859,65 ton karbon dioksida dari atmosfer, atau 1.717,19 ton/ha.

Dengan mengasumsikan kondisi hutan saat ini tidak berubah, Stasiun Penelitian Hutan Bron berpotensi mengalami penambahan biomassa sebesar 4,66 ton/ha/tahun, atau 232,90 ton/tahun untuk seluruh kawasan yang memiliki luas 50 ha. Biomassa ini berpotensi menyerap karbon sebesar 1,72 ton/ha/tahun, atau sebesar 86,17 ton/tahun untuk seluruh kawasan. Stasiun Penelitian Hutan Bron berpotensi menarik karbon dioksida sebesar 6,32 ton/ha/tahun dari atmosfer, atau sebesar 315,97 ton/tahun untuk seluruh kawasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aylward, G., T. Findlay, J. Wiley. 2013. SI Chemical Data Book (4th ed.). http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide. Diakses 20 Agustus 2013.
- Brown, S., A. E. Lugo. 1992. Aboveground Biomass Estimates for Tropical Moist Forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia*, 17(1): 9-18
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change In Tropical Rainforests. Forestry Paper no. 134. Rome: FAO.
- BSN. 2011. SNI 7724-2011: Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon –Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, dan L. G. Mitchell. 2002. Biologi, Edisi Kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Dharmawan, I. W. S., dan C. A. Siregar. 2008. Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(4):317-328.
- Dlugokencky, E., P. Tans. 2013. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/. Diakses 20 Agustus 2013.
- Eggleston, H. S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES.
- FAO. 2012. State of the World's Forests. Rome: FAO.
- Ginoga, K, Y. C. Wulan dan D. Djaennudin. 2005. Karbon dan Perannya dalam Meningkatkan Kelayakan Usaha Hutan Tanaman Jati (*Tectona grandis*) di KPH Saradan, Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Sosial & Ekonomi*, 2(2):183-202.
- Grace, J. 2004. Understanding and Managing the Global Carbon Cycle. *Journal of Ecology*, 92:189-202.
- GTOS. 2009. Assessment of the Status of the Development of the Standards for the Terrestrial Essential Climate Variables: Biomass. Rome: FAO.
- Hairiah, K., S. M. Sitompul, M. van Noordwijk, C. Palm. 2001. Methods for Sampling Carbon Stocks Above and Below Ground. Bogor: ICRAF.
- Hendriani, Y., T. S. S. Subahar, A. Sjarmidi, dan D. N. Choesin. 2008. Estimasi Stok Karbon di Ekosistem Hutan Gunung Tangkuban Parahu, Jawa Barat. *Jurnal Pendidikan IPA*, 4(7):9-18.
- Indriyanto. 2006. Ekologi Hutan. Jakarta: Penerbit Bumi Aksara.
- Jansson, C., S. D. Wullschleger, U. C. Kalluri, dan G. A. Tuskan. 2010. Phytosequestration: Carbon Biosequestration by Plants and the Prospects of Genetic Engineering. *BioScience*, 60(9):685-696.
- Junaedi, A. 2008. Kontribusi Hutan sebagai Rosot Karbon Dioksida. *Info Hutan*, 5(1):1-17.
- Juwarkar, A. A., A. O. Varghese, S. K. Singh, V. V. Aher, dan P. R. Thawale. 2011. Carbon Sequestration Potential in Above Ground Biomass of Natural Reserve Forest of Central India. *International Journal of Agriculture: Research and Review*, 1(2):80-86.
- Ketterings, Q. M., R. Koe, M. van Noordwijk, Y. Ambagau, dan C. A. Palm. 2001. Reducing Uncertainty in the Use of Allometric Biomass Equations for Predicting Above-ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forests. Elsevier Science:

- Forest Ecology and Management, 146:199-209.
- Pearson, T. R. H., S. L. Brown, R. A. Birdsey. 2007. Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon. Delaware: USDA.
- Tasirin, J.S.. 2011. Kisi-kisi Penelitian. Modul. Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. 2011. Glossary of Climate Change Acronyms. http://unfccc.int/essential_background/glossary/items/3666.php#C. Diakses 20 Agustus 2013.