

Andy Arsalan, Evi Gravitiani, dan Heru Irianto. (2020). Biomasa di Atas Tanah dan Penghitungan Simpanan Karbon Hutan Kalibiru Kabupaten Kulon Progo. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 1-8 . Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

BIOMASA DI ATAS TANAH DAN PENGHITUNGAN SIMPANAN KARBON HUTAN KALIBIRU KABUPATEN KULON PROGO

Andy Arsalan¹⁾, Evi Gravitiani²⁾, dan Heru Irianto³⁾

Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta, 57126 ¹⁾

Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Sebelas Maret ²⁾

Fakultas Pertanian, Jurusan Agribisnis, Universitas Sebelas Maret ³⁾

E-mail korespondensi: andy.arsalan@gmail.com

Paper submit : 21 Agustus 2017, Paper publish : Maret 2020

Abstract - Above Ground Biomass (AGB) forest ecosystem is one of the fundamental parameters to describe each of its functions. Carbon in the forest ecosystem accumulates through absorption of CO₂ in the atmosphere and is assimilated into biomass. The study of forest vegetation biomass is important for determining carbon storage in dominant tree components and calculating carbon cycles at regional and global levels. Kalibiru Forest carbon storage information is not yet available, so it is necessary to calculate carbon potential. This study aims to calculate aboveground biomass and estimate carbon stocks in the Kalibiru Forest. The study was conducted in Kalibiru Hamlet, Hargowilis Village, Kokap District, Kulon Progo Regency. The research conducted the indirect method (non-destructed) to calculate biomass and carbon by using the allometric equation. Base on the calculation, Kalibiru Forest has 5.086,52 tons of biomass or 175,40 tons per hectare in average. The potential for carbon storage in the Kalibiru Forest is 2.543,26 tons of carbon or 87,7 tons per hectare in average. This figure means that preserving 1 hectare of Kalibiru Forest can avoid the impact of atmospheric damage due to the greenhouse gas effect as many as 87,70 tons per year. Results of this study provide an insight for the surrounding community about the importance of the existence of the Kalibiru Forest as an absorber of CO₂ gas in the atmosphere. As another benefit, it provides motivation for the surrounding community to continue in preserving the forest.

Keywords: biomass, Kalibiru, carbon cycle, carbon storage

Pendahuluan

Perhatian tentang perubahan iklim dan pemanasan global terfokus pada penumpukan gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Karbon merupakan gas rumah kaca yang bertanggung jawab mempengaruhi pemanasan global. Sistem biologi, termasuk hutan, dapat menyimpan, menangkap, dan melepaskan karbon (Sedjo & Sohngen, 2012). Konsentrasi karbon dioksida di atmosfer telah meningkat 30% sejak revolusi industri dimulai sampai dengan tahun 1992, karena pembakaran bahan bakar fosil dan perubahan penggunaan lahan (Heil & Selden, 2001 dalam Terakunpisut, Gajaseni, & Ruankawe, 2007). Hutan tropis merupakan tempat penyimpanan karbon yang penting,

sekitar 47% dari total karbon global (Malhi et al., 2002).

Biomasa diatas tanah (*Above Ground Biomass/AGB*) ekosistem hutan adalah salah satu parameter fundamental untuk menggambarkan masing-masing fungsinya (Behera et al., 2017). Karbon dalam ekosistem hutan terakumulasi melalui penyerapan CO₂ di atmosfer dan terasimilasi menjadi biomassa (Malhi et al., 2002). Biomassa dapat menjadi bagian dari jaringan pohon hidup atau mati, misalnya batang, cabang, daun, dan akar. Karbon disimpan di dalam sel tanaman. Sel tumbuhan, tidak seperti sel hewan, memiliki dinding sel yang memberikan struktur dan dukungan bagi organisme. Karbon diperlukan untuk membangun senyawa selulosa dan lignin oleh

karena itu akan terkumpul di dalam jaringan tanaman (Sedjo & Sohngen, 2012). Kurang lebih 50% dari biomassa kering pohon adalah karbon (Brown, 1997; Malhi et al., 2002; Sedjo & Sohngen, 2012).

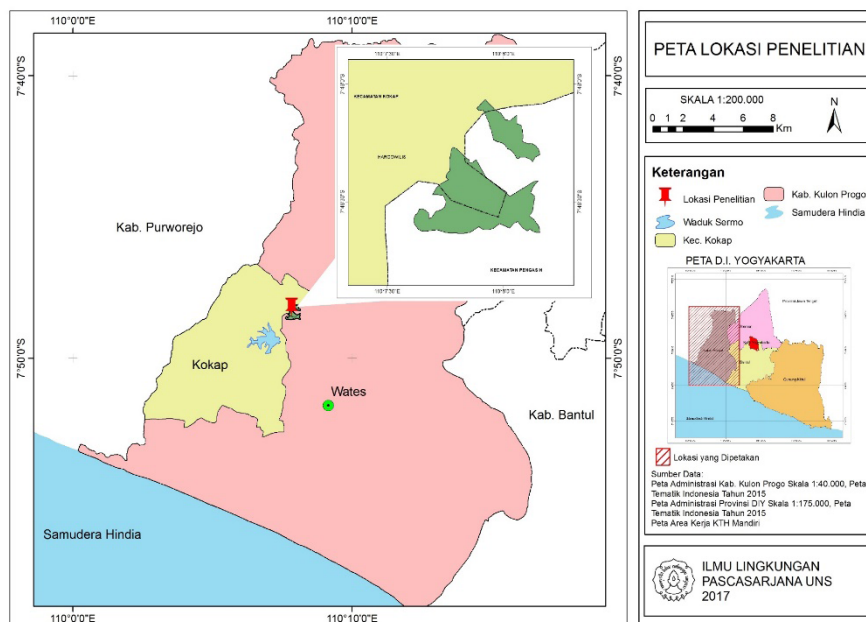
Studi tentang biomassa vegetasi hutan sangat penting untuk menentukan penyimpanan karbon dalam komponen pohon yang dominan dan menghitung siklus karbon di tingkat regional maupun global (Behera et al., 2017). Perkiraan simpanan karbon dan distribusinya pada ekosistem yang berbeda penting untuk memahami tingkat C yang teralokasi pada komponen labil dan stabil (Sierra et al., 2007). Hutan Kalibiru mempunyai peran penting bagi masyarakat sekitar khususnya dan Kabupaten Kulon Progo secara umum. Informasi simpanan karbon Hutan Kalibiru yang belum tersedia, sehingga perlu untuk dilakukan penghitungan potensi karbon. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung biomassa diatas tanah dan memperkirakan simpanan karbon Hutan Kalibiru.

Manfaat penelitian ini dapat menjadi sumber informasi bagi pembuat kebijakan untuk pengelolaan Hutan Kalibiru yang lestari. Hasil penelitian dapat memberikan gambaran bagi masyarakat sekitar, arti penting keberadaan Hutan Kalibiru sebagai penyerap gas CO₂ di atmosfer. Manfaat lainnya, dapat memberikan motivasi bagi masyarakat sekitar agar tetap menjaga kelestarian hutan.

METODE PENELITIAN

1. Subjek Penelitian

Penelitian dilakukan di Hutan Kalibiru, Dusun Kalibiru, Desa Hargowilis, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo. Kabupaten Kulon Progo terletak di bagian barta-laut Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Wilayahnya mempunyai topografi berbukit yang sebagian besar merupakan Perbukitan Menoreh. Luas hutan di wilayah Kabupaten Kulon Progo sekitar 856,5 ha (1,5%) dari luas wilayah kabupaten (58.627,54 ha).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian penelitian

Sumber: (Peta Tematik Indonesia, 2013; Tentang Hutan Kemasyarakatan, 2001)

Hutan Kalibiru merupakan bagian dari Hutan di Perbukitan Menoreh yang berada di sebelah utara Kabupaten Kulon Progo. Hutan Kalibiru yang dijadikan lokasi penelitian

terletak pada petak 28 dan 29 dengan luas 29 ha. Penelitian dilakukan selama tiga bulan, yaitu Januari – Maret 2017.

2 - Biomasa di Atas Tanah dan Penghitungan...

2. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pohon *sample* di kawasan Hutan Kalibiru. Peralatan yang digunakan adalah pita ukur/meteran, GPS, kompas, peta, patok, palu, laptop, dan software *Excel*.

3. Metode dan Desain Penelitian

Perkiraan simpanan karbon Hutan Kalibiru dapat diketahui dengan terlebih dahulu menghitung berat biomassa diatas permukaan tanah (AGB). Biomassa pohon dalam satuan kilogram. Metode yang digunakan untuk menghitung AGB dengan metode tidak langsung (*non-destruktif*), yaitu dengan menggunakan persamaan allometrik. Metode tersebut digunakan karena Hutan Kalibiru berstatus hutan lindung, sehingga tidak memungkinkan menggunakan metode destruktif.

Sampel diambil dengan cara *simple random sampling*, dengan pertimbangan belum ada data awal perkiraan sebaran cadangan karbon. Jumlah plot sampel ditentukan dengan menggunakan rumus yang umum digunakan dalam inventarisasi hutan (Manuri et al., 2011) yakni dengan pendekatan dari Indriyanto (2012):

$$n = \frac{i \cdot N}{A} \quad (1)$$

n adalah jumlah plot sampel, i adalah intensitas sampling, N adalah luas hutan yang disurvei (m^2), dan A adalah luas plot sampel utama (m^2). Intensitas sampling menurut Indriyanto (2012) sebesar 2%-10%, dengan mengambil intensitas sampling 5% dan luas Hutan Kalibiru 29 ha maka jumlah plot sample adalah:

$$n = \frac{5\% \cdot 290.000 m^2}{2.000 m^2} = 7,25 \text{ plot sampel} \sim 8 \text{ plot sampel}$$

Delapan plot sampel tersebut ditempatkan secara random pada Hutan Kalibiru. Plot sampel ditempatkan dengan pertimbangan rata-rata tutupan vegetasi dan dapat mewakili kawasan Hutan Kalibiru. Ukuran plot sampel utama adalah 20 m x 100 m dan sub plot ukuran 10 m x 50 m.

4. Teknik Pengumpulan Data

Data untuk keperluan penelitian berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa nama lokal pohon, jumlah pohon, dan diameter setinggi dada orang dewasa (dbh). Data sekunder berupa nama latin pohon dan berat jenis kayu.

Biomassa pancang berdiameter 5-30 cm dihitung dengan menginventarisasi jenis pohon, diameter (dbh), jumlah pohon yang terdapat dalam sub plot berukuran 10mx50m ($500m^2$). Biomassa pohon berdiameter >30 cm dihitung dengan menginventarisasi jenis pohon, jumlah pohon, dan diameter (dbh) yang terdapat dalam plot utama berukuran 20mx100m ($2.000m^2$). hasil inventarisasi dicatat dalam lembar hasil pengukuran lapangan (*tally sheet*) (Lugina et al., 2011).

5. Analisis dan Interpretasi Data

Biomassa pada pohon berdaun lebar dihitung dengan persamaan allometrik yang dikembangkan oleh Chave *et al.* (2005):

$$Y = \rho \exp(-1.499 + 2.148 \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3) \quad (2)$$

Pohon berdaun jarum (*conifer*) menggunakan persamaan dari Brown (1997):

$$Y = \exp\{-1.170 + 2.119 \ln(D)\} \quad (3)$$

Pohon tidak bercabang menggunakan persamaan dari Hairiah *et al.* (1999):

$$Y = \pi D^2 h s / 40 \quad (4)$$

Pohon Pisang menggunakan persamaan dari Noordwijk *et al.* (2002):

$$Y = 0.030 D^{2.13} \quad (5)$$

Y adalah biomassa pohon (kg), D adalah diameter setinggi dada (dbh)/atau diameter setinggi 1,3 m (cm), h adalah tinggi pohon (m), ρ adalah berat jenis kayu (kg/cm^3).

Biomasa total seluruh jenis pohon (Aliansi Relawan untuk Penyelamatan Alam, 2014; Lugina et al., 2011):

$$Y_{Tp} = \sum Y_i \quad (6)$$

Y_{Tp} adalah biomasa total seluruh jenis pohon pada semua plot (ton), dan Y_i adalah jumlah biomasa tiap jenis pohon (ton).

Biomasa per ha (Aliansi Relawan untuk Penyelamatan Alam, 2014; Lugina et al., 2011):

$$Y_{total} = \frac{Y_{Tp}}{n} \times \frac{10.000m^2}{L_{plot}} \quad (7)$$

Y_{total} adalah biomasa per ha (ton/ha), n adalah jumlah plot, L_{plot} adalah luas plot (m^2).

Potensi karbon dihitung dengan menggunakan faktor konversi 0,5 dari potensi biomassa, dengan asumsi bahwa 50 % biomassa pohon adalah karbon (Brown, 1997; Malhi et al., 2002; Sedjo & Sohngen, 2012)

$$C = 0,5.Y_{total} \quad (8)$$

C adalah jumlah karbon yang tersimpan pada pohon (ton/ha).

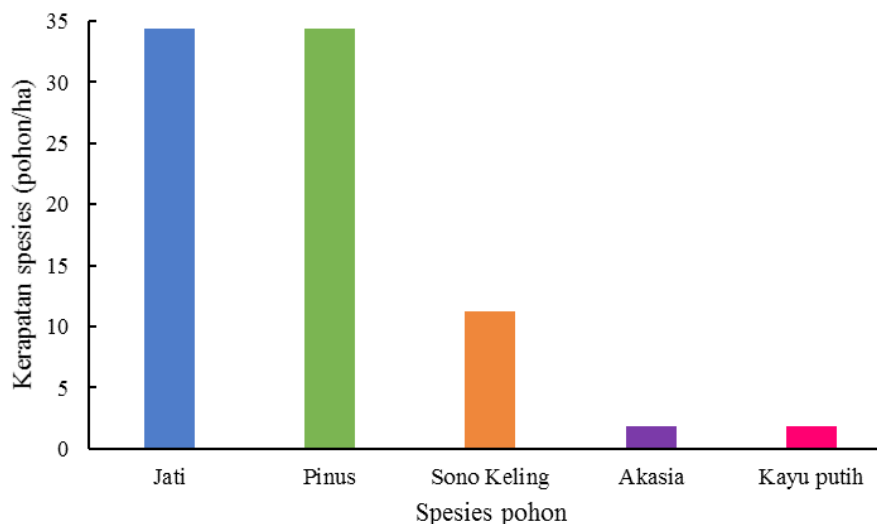
Kerapatan spesies pohon merupakan jumlah pohon per satuan ruang (Indriyanto, 2012):

$$K = \frac{\text{jumlah pohon}}{\text{luas seluruh plot sampel}} \quad (9)$$

K merupakan kerapatan spesies pohon (pohon/ha), luas plot sampel dalam hektar.

Hasil dan Pembahasan

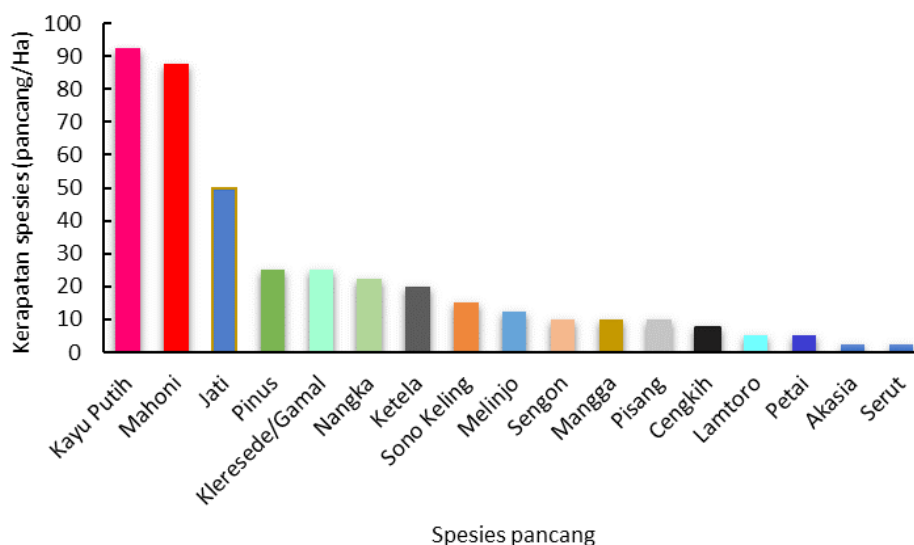
Jenis pohon dominan dengan diameter diatas 30 cm ada tiga yaitu: Jati, Sonokeling, dan Pinus seperti ditampilkan pada Gambar 1. Pohon Jati terdapat hampir disetiap plot *sample*. Pohon Pinus hanya terdapat di plot *sample* 6,7, dan 8. Pohon Sonokeling terdapat di plot *sample* 1, 2, 3, dan 6, namun jumlahnya tidak banyak.



Gambar 2. Kerapatan spesies pohon berdiameter diatas 30 cm

Pohon berdiameter 5-30 cm didominasi oleh empat jenis yaitu Kayu putih, Jati, Pinus, dan Mahoni seperti pada Gambar 2. Kayu putih banyak terdapat di sub plot *sample* 3, selain itu terdapat juga di sub plot *sample* 4, 5,

dan 8. Pohon Mahoni tersebar merata hampir diseluruh sub plot *sample*. Pohon Jati terdapat di sub plot *sample* 1, 2, 4, dan 5, namun jumlahnya sedikit.



Gambar 3. Kerapatan spesies pohon berdiameter 5-30 cm

Biomassa pohon berdiameter diatas 30 cm didominasi oleh Jati yaitu sebesar 51,11 ton/ha dengan kandungan karbon sebesar 25,55 ton/ha. Biomassa total dari pohon berdiameter diatas 30 cm adalah 115,37 ton/ha atau 57,68 ton/ha karbon, selengkapnya seperti Tabel 1.

Tabel 1. Biomassa dan serapan karbon pohon berdiameter diatas 30 cm

Nama pohon		AGB (ton/ha)	Karbon (ton/ha)
Lokal	Latin		
Jati	<i>Tectona grandis</i>	51,11	25,55
Sono Keling	<i>Dalbergia latifolia</i>	30,58	15,29
Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	25,38	12,69
Akasia	<i>Acacia longifolia</i>	5,37	2,69
Kayu putih	<i>Melaleuca leucadendra</i>	2,93	1,46
Total		115,37	57,68

Biomassa pohon berdiameter 5-30 cm didominasi oleh Kayu putih yaitu sebesar 23,17 ton/ha atau 11,58 ton/ha karbon. Biomassa total pohon berdiameter 5-30 cm adalah 60,03 ton/ha atau 30,01 ton/ha karbon, selengkapnya seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Biomassa dan serapan karbon pohon berdiameter 5-30 cm

Nama pohon		AGB (ton/ha)	Karbon (ton/ha)
Lokal	Latin		
Kayu Putih	<i>Melaleuca leucadendra</i>	23,17	11,58
Jati	<i>Tectona grandis</i>	13,26	6,63
Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	8,96	4,48
Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	7,52	3,76
lainnya	-	7	4
Total		60,03	30,01

Pohon berdiameter diatas 30 cm mempunyai rata-rata biomassa 115,37 ton/ha atau menyimpan karbon sebanyak 57,68 ton/ha. Pohon berdiameter 5-30 cm mempunyai rata-rata biomassa 60,03 ton/ha atau menyimpan karbon sebanyak 30,01 ton/ha. Biomassa total (Y_{tp}) Hutan Kalibiru sebesar 5.086,52 ton atau rata-rata 175,40 ton/ha. Malau *et al.* (2013); S., Sinukaban, Purwanto, Sanim, & Tarigan (2011); Fauzi (2012) menyatakan pohon berdiameter diatas 30 cm pada suatu penggunaan lahan memberikan sumbangan yang cukup berarti terhadap total cadangan karbon. Hasil penelitian La Baco. *et al.* (2011) di Sub DAS Konawe Hulu mendapatkan potensi karbon pohon sebanyak 125,65 ton/ha dan tiang sebanyak 12,64 ton/ha.

Total potensi karbon (Y_{total}) yang diserap oleh Hutan Kalibiru adalah 2.543,26 ton atau rata-rata 87,70 ton/ha. Angka tersebut bermakna bahwa melestarikan 1 Ha Hutan Kalibiru dapat menghindari dampak kerusakan atmosfer akibat efek gas rumah kaca (CO_2) sebanyak 87,70 ton per tahun. Potensi karbon rata-rata Hutan Kalibiru lebih kecil dari Hutan Gayo Lues sebesar 216,85 ton/ha (Fauzi, 2012). Hasil yang hampir sama dengan Hutan Kalibiru dikemukakan oleh Bhattarai *et al.* (2012) bahwa rata-rata potensi karbon hutan di Nepal Tengah adalah 73,2 ton/ha. Potensi penyerapan karbon hutan Kalibiru masih lebih tinggi dibanding penyerapan karbon hutan di Kabupaten Langkat yang berkisar 56,76-63 ton/ha (Malau *et al.*, 2013).

Potensi simpanan karbon yang berbeda tersebut disebabkan antara lain 1) usia hutan/pohon yang berpengaruh pada diameter pohon (Bhattarai *et al.*, 2012); 2) tipe hutan; 3) iklim; dan 4) tingkat akurasi metode yang digunakan dalam analisis vegetasi (LaBaco *et al.*, 2011). Tipe hutan primer mempunyai potensi karbon lebih besar daripada hutan sekunder (Fauzi, 2012). Menurut Brown (1997) pohon pada hutan zona iklim lembab mempunyai biomassa lebih besar dibandingkan zona iklim kering.

Hairiah, Ekadinata, Sari, & Rahayu (2011) menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata pada cadangan karbon untuk pohon-pohon berdiameter <60 cm, tetapi untuk dbh >60 cm penaksiran menggunakan rumus Ketterings, Coe, van Noordwijk, Ambagau', & Palm, (2001) menunjukkan hasil yang jauh lebih besar dari rumus Basuki, Van Laake, Skidmore, & Hussin (2009), Brown, Gillespie, & Lugo (1989), Chave *et al.* (2005).

Hasil perhitungan simpanan karbon Hutan Kalibiru lebih kecil dari estimasi Brown *and* Pearce (1994) dalam Yulian, Syaufina, & Putri (2011) untuk hutan sekunder sebesar 194 ton/ha. Namun, masyarakat sekitar Hutan Kalibiru telah ikut berkontribusi dalam menghindari dampak pemasanan global akibat gas (CO_2) di atmosfer, karena dengan langkah konservasi yang dilakukan. Masyarakat sekitar Hutan Kalibiru telah ikut andil dalam menghindari kerusakan atmosfer akibat efek gas rumah kaca (CO_2) sebanyak 87,70 ton per hektar per tahun.

Simpulan

Biomassa total Hutan Kalibiru sebesar 5.086,52 ton atau rata-rata 175,40 ton/ha. Total simpanan karbon Hutan Kalibiru adalah 2.543,26 ton atau rata-rata 87,70 ton/ha. Angka tersebut bermakna bahwa melestarikan 1 Ha Hutan Kalibiru dapat menghindari dampak kerusakan atmosfer akibat efek gas rumah kaca (CO_2) sebanyak 87,70 ton per tahun.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pertanian yang telah memberikan pendaan untuk penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada ketua dan anggota Kelompok Tani Hutan Kemasyarakatan (KTH) Mandiri, Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Kulon Progo, dan Kantor Lingkungan Hidup Kabupaten Kulon Progo yang telah membantu penelitian.

Daftar Pustaka

- Aliansi Relawan untuk Penyelamatan Alam. (2014). *Menghitung Cadangan Karbon di Hutan Rakyat Panduan bagi Para Pendamping Petani Hutan Rakyat (Pertama)*. Biro Penerbit ARuPA. <http://arupa.or.id/sources/uploads/2014/08/Panduan-Praktis-Menghitung-Cadangan-Karbon-Hutan-Rakyat.pdf>
- Basuki, T. M., Van Laake, P. E., Skidmore, A. K., & Hussin, Y. A. (2009). Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management*, 257(8), 1684–1694.
- Behera, S. K., Sahu, N., Mishra, A. K., Bargali, S. S., Behera, M. D., & Tuli, R. (2017). Aboveground biomass and carbon stock assessment in Indian tropical deciduous forest and relationship with stand structural attributes. *Ecological Engineering*, 99, 513–524. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.046>
- Bhattarai, T., Skutsch, M., Midmore, D., & Rana, E. B. (2012). The carbon sequestration potential of community based forest management in Nepal. *International Journal of Climate Change*, 3(2), 233–254.
- Brown, S. (1997). *Estimating Biomassa and Biomassa Change of Tropical Forests: a Primer* (No. 134). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e06.htm#3.1.1> general equation
- Brown, S., Gillespie, A. J. R., & Lugo, A. E. (1989). Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35(4), 881–902.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., & others. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87–99.
- Fauzi. (2012). *Strategi Pengelolaan Sumberdaya Hutan Kabupaten Gayo Lues, Provinsi Aceh*. (Tesis Pascasarjana). Institut Pertanian Bogor.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., & Rahayu, S. (2011). *Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang alam* (Edisi Kedua). World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia.
- Hairiah, K., van Noordwijk, M., Palm, C., Murdiyarsa, D., & Suyamto, D. A. (1999). Methods for sampling above and below ground organic pools. *IC-SEA Report*, 6.
- Heil, M. T., & Selden, T. M. (2001). Carbon emissions and economic development: future trajectories based on historical experience. *Environment and Development Economics*, 6(1), 63–83.
- Indriyanto. (2012). *Ekologi Hutan* (Cetakan ke). PT. Bumi Aksara.
- Ketterings, Q. M., Coe, R., van Noordwijk, M., Ambagau, Y., & Palm, C. A. (2001). Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 146(1–3), 199–209. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00460-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00460-6)
- LaBaco, S., Sinukaban, N., Purwanto, Y. J., Sanim, B., & Tarigan, S. D. (2011). *Valuasi ekonomi hutan di Sub DAS Konaweha Hulu Provinsi Sulawesi Tenggara*. 21(2), 143–151. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/63555>
- Lugina, M., Ginoga, K. L., Wibowo, A., Bainnaura, A., & Partiani, T. (2011). *Prosedur Operasi Standar untuk Pengukuran dan Perhitungan Stok Karbon di Kawasan Konservasi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kementerian Kehutanan. <http://www.forda-mof>

- org/files/SOP Pengukuran Stok Karbon.pdf
- Malau, Y. D. P., Rahmawaty, R., & Riswan, R. (2013). Pendugaan Cadangan Karbon Above Ground Biomass (AGB) pada Tegakan Agroforestri di Kabupaten Langkat (The Estimate of Carbon Stocks Above Ground Biomass (AGB) on Agroforestry Stands in Langkat). *Peronema Forestry Science Journal*, 2(1), 106–110. <http://jurnal.usu.ac.id/index.php/PFSJ/article/view/2687>
- Malhi, Y., Meir, P., & Brown, S. (2002). Forests, carbon and global climate. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360(1797), 1567–1591.
- Manuri, S., Putra, C. A. S., & Saputra, A. D. (2011). Teknik pendugaan cadangan karbon hutan. *Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation--GIZ. Palembang.*
- Noordwijk, M. Van, Farida, A., Rahayu, S., Verbist, B., Wulan, Y. C., & Hairiah, K. (2002). Carbon stock assessment for a forest-to-coffee conversion landscape in Sumber-Jaya (Lampung, Indonesia): from allometric equations to land use change analysis. *Science in China*, 45, 75–86. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/30099>
- Peta Tematik Indonesia. (2013). *administrasi-kulonprogo.jpg (1488x1053)*. <https://petatematikindo.files.wordpress.com/2013/06/administrasi-kulonprogo.jpg>
- Sedjo, R., & Sohngen, B. (2012). Carbon Sequestration in Forests and Soils. *Annual Review of Resource Economics*, 4(1), 127–144. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-083110-115941>
- Sierra, C. A., del Valle, J. I., Orrego, S. A., Moreno, F. H., Harmon, M. E., Zapata, M., Colorado, G. J., Herrera, M. A., Lara, W., Restrepo, D. E., Berrouet, L. M., Loaiza, L. M., & Benjumea, J. F. (2007). Total carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porc region, Colombia. *Forest Ecology and Management*, 243(2–3), 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.026>
- Tentang Hutan Kemasyarakatan, (2001). [http://storage.jak-stik.ac.id/ProdukHukum/kehutanan/KEPUTUSAN MENTERI KEHUTANAN Nomor 31Kpts-II2001.pdf](http://storage.jak-stik.ac.id/ProdukHukum/kehutanan/KEPUTUSAN%20MENTERI%20KEHUTANAN%20Nomor%2031Kpts-II2001.pdf)
- Terakunpisut, J., Gajaseni, N., & Ruankawe, N. (2007). Carbon sequestration potential in aboveground biomass of Thong Pha Phum national forest, Thailand. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5(2), 93–102.
- Yulian, E. N., Syaufina, L., & Putri, E. I. K. (2011). Valuasi Ekonomi Sumberdaya Alam Taman Hutan Raya Bukit Soeharto Di Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 1(1), 38.