

Potensi Karbon dan Jasa Lingkungan: Studi Hutan Lindung Gunung Bondang Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia

Eldy Indra Purnawan^{1*}, Renhart Jemi², Antonius Triadi³, Petrisly Perkasa⁴

Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Program Pascasarjana,
Universitas Palangka Raya, Palangka Raya 73111
Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya 73111
Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya 73111
Program Studi Pendidikan teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Palangka Raya, Palangka Raya 73111

*Email : eldyindra.p@gmail.com

Abstract

This research was examine the potential for CO₂ absorption and the provision of other ecosystem services of the Dipterocarpaceae-dominated Gunung Bondang Protection Forest in Murung Raya Regency, Central Kalimantan. The study focuses on potential carbon and ecosystem services in the form of CO₂ sequestration, O₂ production and payments in the form of Carbon credits in the Gunung Bondang Protected Forest area. The study was conducted non-destructively using the parameters of the diameter and total height of the tree. The results showed the composition of the tree species was dominated by Dipterocarpaceae family, the potential biomass was 624.86 tons/ha, the potential C was 293.68 tons/ha and the potential of environmental services in the form of CO₂ absorbed was 1,077.83 tons/ha, the production O₂ was 786.81 tons/ha and the carbon credits was US\$ 41,788/ha. Moreover, these result show the strong relevance of the Gunung Bondang Protection Forest for climate change mitigation. The protection and restoration of degraded forest parts contribute to the climate mitigation goals set by the Indonesian government, and the issuance of Carbon credits will be an important financial incentive for sustainable forest management and conservation.

Keywords : *biomass, carbon and environmental services*

Abstrak

Penelitian ini menguji potensi penyerapan CO₂ dan penyediaan jasa ekosistem lainnya dari Hutan Lindung Gunung Bondang yang didominasi Dipterocarpaceae di Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah. Studi ini berfokus pada potensial karbon dan jasa ekosistem dalam bentuk penyerapan CO₂, produksi O₂ dan pembayaran dalam bentuk Kredit karbon di kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang. Penelitian dilakukan secara non-destruktif dengan menggunakan parameter diameter dan tinggi total pohon. Hasil penelitian menunjukkan komposisi jenis pohon didominasi oleh family Dipterocarpaceae, potensi biomassa sebesar 624,86 ton/ha, potensi karbon sebesar 293,68 ton/ha dan potensi jasa lingkungan berupa CO₂ Terserap sebesar 1.077,83 ton/ha, produksi O₂ sebesar 786,81 ton/ha serta kredit karbon sebesar US\$ 41,788/ha. Selain itu, hasil ini menunjukkan relevansi yang kuat dari Hutan Lindung Gunung Bondang untuk mitigasi perubahan iklim. Perlindungan dan pemulihan hutan yang terdegradasi berkontribusi pada tujuan mitigasi iklim yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia dan penerbitan kredit Karbon akan menjadi insentif keuangan penting untuk pengelolaan dan konservasi hutan berkelanjutan.

Kata Kunci : *Biomassa, Karbon dan Jasa Lingkungan*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global akibat kerusakan hutan saat ini merupakan suatu isu penting yang telah menjadi sorotan dunia. Kongres kehutanan dunia kesembilan di Meksiko tahun 1985 membenarkan bahwa terjadi kerusakan hutan tropis dan kerusakan lingkungan di seluruh dunia, pandangan politik menganggap hutan hanya sebagai aset ekonomi untuk mencapai kesejahteraan negara perlahan-lahan berubah menjadi pandangan yang lebih konservatif (Wibowo 2015). Perubahan iklim disebabkan oleh pemanasan global. Pemanasan global terjadi akibat adanya pengaruh gas rumah kaca (GRK) di atmosfer bumi, cahaya matahari yang masuk ke bumi tidak dapat sepenuhnya di pantulkan kembali keluar bumi sebab tingginya tingkat konsentrasi GRK pada atmosfer bumi. 75% penyusun GRK di atmosfer merupakan Karbondioksida (CO₂) dimana gas tersebut sebagian besar dihasilkan oleh aktivitas manusia dalam penggunaan bahan bakar fosil (Lestari 2019).

Pemerintah Indonesia berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P. 70/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017, berkomitmen menurunkan emisi GRK

nasional sebesar 29% melalui skenario *Business as Usual (BAU)* di tahun 2030 atau 41% jika ada bantuan internasional. Salah satu cara untuk menurunkan emisi GRK di atmosfer yaitu dengan menjaga bahkan meningkatkan eksistensi kawasan hutan. Peranan hutan sebagai penyerap CO₂ sangat penting dalam mengatasi efek GRK (Yuniawati et al. 2011) dan dapat menjaga kestabilan iklim global (Petsa 2019). Hutan Hujan tropis merupakan hutan yang dapat tumbuh sepanjang tahun karena berada didaerah khatulistiwa, sebab dapat tumbuh sepanjang tahun maka sangat berpotensi menurunkan emisi GRK melalui serapan CO₂.

Kalimantan Tengah merupakan bagian dari bentang hutan hujan tropis dunia (Marlina 2018), yang memiliki keragaman tipe hutan dari hutan pantai (hutan mangrove) sampai hutan dataran rendah atau (hutan lahan kering). Hutan lahan kering dikenal mampu menyimpan karbon relatif tinggi karena kemampuannya membangun tegakan yang tinggi dan berdiameter besar (Hardjana et al. 2012). Selain simpanan karbon, hutan juga memiliki jasa lingkungan dalam memproduksi oksigen (O₂) dan kredit karbon melalui perdagangan emisi.

Hutan Lindung Gunung Bondang di Kabupaten Murung Raya Kalimantan

Tengah memiliki potensi besar dalam menyimpan karbon dan penyedia jasa lingkungan karena merupakan bagian dari ekosistem hutan hujan tropis dengan tipe hutan lahan kering primer. Luas Hutan Lindung Gunung Bondang berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor SK.964/Menhut-II/2013 memiliki luasan ±5.957 ha. Namun kenyataan menunjukkan bahwa sampai saat ini belum diketahui besarnya potensi karbon dan jasa lingkungannya, sehingga untuk menjawab masalah tersebut perlu dilakukan suatu penelitian.

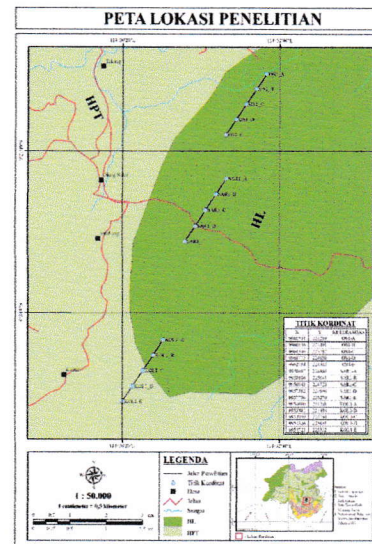
Fokus penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi jenis pohon, potensi biomasa, potensi karbon dan potensi jasa lingkungan berupa CO₂ Terserap, produksi O₂ serta kredit karbon pada kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang di Kabupaten Murung Raya Kalimantan Tengah. Informasi ini dapat dijadikan dasar untuk pengambil kebijakan dalam pengelolaan untuk kelestarian kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Hutan Lindung Gunung Bondang Kabupaten Murung Raya Kalimantan Tengah. Peta

lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan :

HL= hutan lindung,

HPT=Hutan produksi terbatas

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Hutan Lindung Gunung Bondang

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah GPSmap 62s (*global positioning system*), *laser distance meter krisbow* 10014513 (alat bantu ukur tinggi pohon), *phiband* (meteran diameter), *ribon* (pita), *tagging* (plat nomor), *tally sheet* tabel pengukuran, alat tulis, kamera digital, meteran rol, kompas, peta lokasi, komputer dan buku identifikasi pengenalan jenis pohon. Bahan yang digunakan yaitu spesimen tumbuhan yang digunakan untuk identifikasi dan alkohol 95%.

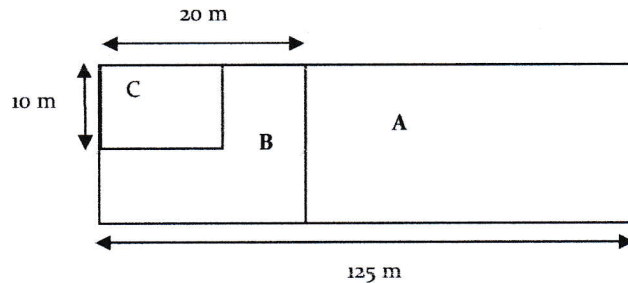
Pengumpulan dan Analisis Data

Pembuatan Petak Contoh Pengamatan (PCP)

Lokasi penelitian di Hutan Lindung Gunung Bondang Kabupaten Murung Raya Kalimantan Tengah ditentukan

menggunakan metode *purposive sampling*.

Desain petak contoh pengamatan (PCP) berbentuk persegi panjang mengacu pada metoda P.33/Menhut-II/2009 yang dimodifikasi.



Gambar 2. Desain Petak Contoh Pengamatan

Keterangan :

Sub PCP 20 m x 125 m (A) untuk pengukuran DBH > 30 cm

Sub PCP 20 m x 20 m (B) untuk pengukuran DBH > 15 - ≤ 30 cm

Sub PCP 10 m x 10 m (C) untuk pengukuran DBH cm ≥ 5 - ≤ 15 cm

Data yang dikumpulkan dalam penelitian yaitu:

1. Data Primer: Observasi langsung di lapangan yaitu mengukur *Diameter at Breast Height* (DBH), tinggi dan menentukan jenis pohon.
2. Data Sekunder: Studi literatur mengenai lokasi penelitian meliputi luas dan lokasi administratif.

mengidentifikasi jenis pohon yang masuk ke dalam Petak Contoh Pengamatan (PCP) dan merupakan pohon yang terukur sebagai sampling.

Potensi Biomassa di Atas Permukaan Tanah

Potensi biomassa di atas permukaan tanah diestimasi berdasarkan *Biomass Expansion Factor* (BEF), dimana terlebih dahulu dihitung volume kayu dengan rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{4} \pi DBH^2 \cdot H \cdot f.....(1)$$

Keterangan :

V = Volume pohon (m³)

Analisis Data

Komposisi Jenis Pohon

Komposisi jenis pohon dalam penelitian ini di ketahui dengan cara

DBH = Diameter pohon setinggi dada
(m) $\pi = 3,14$

H = Tinggi total pohon (m)

f = Faktor bentuk (0,6)

Angka bentuk (f) merupakan faktor bentuk atau koreksi, yang digunakan untuk menghitung pohon berdiri, merupakan perbandingan antara volume batang sebenarnya dengan volume silinder pada diameter dan tinggi yang sama. Nilai angka bentuk batang yang umum digunakan yaitu 0,6 (Krisnawati et al. 2012).

Potensi biomassa di atas permukaan tanah diestimasi menggunakan rumus Badan Standardisasi Nasional Indonesia nomor 7724 (2011):

$$B_{ap} = V \times BJ \times BEF \dots (2)$$

Keterangan :

B_{ap} = Biomassa di atas permukaan tanah
(kg)

V = Volume kayu (m^3)

BJ = Berat jenis kayu (kg/m^3)

BEF = *Biomass expansion factor*

Biomassa dalam penelitian ini dihitung menggunakan berat jenis kayu rata-rata yaitu sebesar 680 kg/m^3 . Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Rahayu et al. (2004) bahwa untuk penghitungan biomassa di hutan alam menggunakan rata-rata berat jenis kayu sebesar $0,68 \text{ g/cm}^3$ atau 680 kg/m^3 . Nilai BEF mengacu pada

hasil penelitian Adinugroho (2009) dimana untuk hutan jenis campuran (Hutan lahan kering) nilai BEF 1,49.

Hasil nilai perhitungan B_{ap} diakumulasi ke dalam luasan per hektar menggunakan rumus Badan Standardisasi Nasional Indonesia nomor 7724 (2011):

$$B_{ap} = B_x / 1.000 \times 10.00 / L \dots (3)$$

Keterangan :

B_{ap} = Biomassa persatuan luas (ton/ha)

B_x = Nilai simpanan biomassa (kg)

L = Luas petak contoh pengamatan
(m^2)

Potensi Biomassa di Bawah Permukaan Tanah

Potensi biomassa di bawah permukaan tanah merupakan biomassa yang terkandung pada akar, biomassa ini dapat diestimasi dengan menggunakan rumus Badan Standardisasi Nasional Indonesia nomor 7724 (2011) dengan rumus sebagai berikut.

$$B_{bp} = NAP \times B_{ap} \dots (4)$$

Keterangan : = Biomassa di bawah permukaan (kg)

NAP = Nilai nisbah akar pucuk

B_{ap} = Nilai biomassa di atas permukaan
(kg)

Nilai NAP pada penelitian ini mengacu pada NAP hutan tropis lahan

kering di berbagai ketinggian dengan nilai 0,29 (Moser 2011; Krisnawati et al. 2014).

Hasil nilai perhitungan B_{bp} diakumulasi ke dalam luasan per hektar menggunakan rumus Badan Standardisasi Nasional Indonesia nomor 7724 (2011):

$$B_{bp} = B_x / 1.000 \times 10.00 / L \dots (5)$$

Keterangan :

B_{bp} = Biomassa persatuan luas (ton/ha)

B_x = Nilai simpanan biomassa (kg)

L = Luas petak contoh pengamatan (m^2)

Potensi Karbon di Atas Permukaan Tanah

Potensi karbon di atas permukaan tanah diestimasi menggunakan rumus Badan Standardisasi Nasional Indonesia nomor 7724 (2011) :

$$C_{ap} = B_{ap} \times \% C \text{ organik} \dots (6)$$

Keterangan :

C_{ap} = Karbon di atas permukaan tanah (ton/ha)

B_{ap} = Biomassa di atas permukaan tanah (ton/ha)

% C organik = Nilai persentase simpanan karbon, sebesar 0,47

Potensi Karbon di Bawah Permukaan Tanah

Potensi karbon di bawah permukaan tanah diestimasi menggunakan rumus Badan Standardisasi Nasional Indonesia nomor 7724 (2011) :

$$C_{bp} = B_{bp} \times \% C \text{ organik} \dots (7)$$

Keterangan :

C_{bp} = Karbon di bawah permukaan tanah (ton/ha)

B_{bp} = Biomassa di bawah permukaan tanah (ton/ha)

% C organik = Nilai persentase simpanan karbon, sebesar 0,47

Potensi Karbon Total

Potensi cadangan karbon total di estimasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_t = C_{ap} + C_{bp} \dots (8)$$

Keterangan:

C_t = Karbon total (ton/ha)

C_{ap} = Karbon dari biomassa di atas permukaan tanah (ton/ha)

C_{bp} = Karbon dari biomassa di bawah permukaan tanah atau akar (ton/ha)

Potensi Jasa Lingkungan

Jasa lingkungan dalam penelitian ada tiga yaitu karbondioksida terserap (CO_2 Terserap), oksigen terproduksi (Produksi O_2) dan kredit karbon.

CO_2 Terserap

Nilai jasa lingkungan CO_2 Terserap diestimasi dengan menggunakan rumus Hardjana (2010) sebagai berikut:

$$CO_2 \text{ Terserap} = C \times 3,67 \dots (9)$$

Keterangan :

CO_2 Terserap = Karbondioksida terserap (ton/ha)

C_t = impanan karbon total (ton/ha)
 3,67 = Angka ekivalen atau konversi unsur C ke CO₂

Produksi O₂

Nilai jasa lingkungan dari produksi O₂ diestimasi dengan menggunakan rumus pengembangan serapan CO₂ sebagai berikut :

Produksi O₂ = CO₂ x 0,73.....(10)

Keterangan :

Produksi O₂ = Produksi oksigen (ton/ha)

CO₂ Terserap = Karbondioksida terserap (ton/ha)

0,73 = Angka ekivalen atau konversi unsur CO₂ ke O₂

Kredit Karbon

Kredit karbon diperoleh dengan mengalikan nilai CO₂ Terserap dengan harga Kredit karbon yang berlaku dikurangi dengan biaya transaksi. Harga kredit karbon yang digunakan mengacu pada *The World Bank* (2019) sebesar US\$40/ton. Biaya transaksi merupakan biaya proses administrasi, monitoring dan verifikasi jasa pengurangan emisi melalui CO₂ Terserap. Biaya transaksi

pengurangan emisi CO₂ Terserap pada sektor kehutanan adalah US\$1,23 (Antinori & Sathaye 2007), sehingga harga jual kredit karbon sebesar US\$ 38,77/ton. Maka rumus dari nilai jasa lingkungan kredit karbon adalah sebagai berikut:

Kredit Karbon = HJ CO₂ x CO₂ Terserap.....(11)

Keterangan :

Kredit Karbon = Kompensasi karbondioksida (ton/ha)

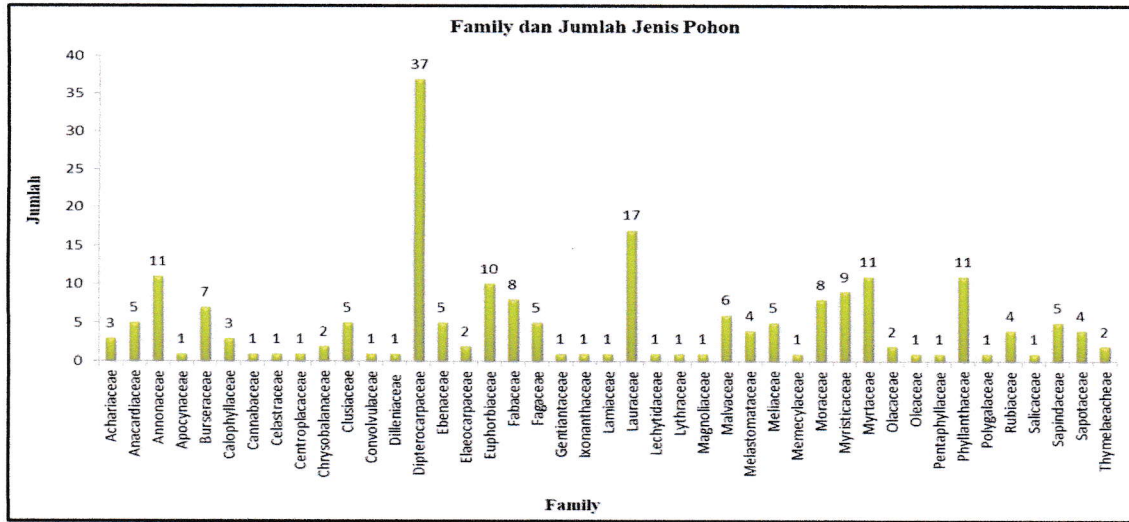
HJ CO₂ = Harga jual kredit karbon (US\$ 38,77/ton)

CO₂ Terserap = Karbondioksida terserap (ton/ha)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Jenis Pohon

Komposisi jenis pohon pada lokasi penelitian dicirikan oleh 43 family, 208 jenis dan total 555 individu dalam 3,75 ha (148 individu/ha). Data vegetasi lebih spesifik dapat dilihat pada Lampiran 4. Family dan jumlah jenis pohon yang ditemukan di lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Family dan jumlah jenis pohon yang terdapat di lokasi

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang dicirikan dengan 43 family yang didominasi oleh family Dipterocarpaceae dengan jumlah 37 jenis. Banyaknya suatu jenis pohon menunjukkan tingkat penyebaran dan kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kondisi fisik lingkungan hutan tersebut. Bakri (2009), mengungkapkan bahwa kondisi fisik lingkungan seperti kelembaban dan kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan penyebaran biji.

Potensi Biomassa

Simpanan karbon dalam vegetasi dapat dilihat melalui biomassa pohon. Potensi biomassa tegakan diestimasi menggunakan metode pengukuran secara tidak merusak (*non-destructive measures*) dengan menjumlahkan nilai estimasi

biomassa di atas permukaan tanah (B_{ap}) dan biomassa dibawah permukaan atau akar (B_{bp}).

Dalam estimasi potensi biomassa rumus alometrik BSNI nomor 7724 tahun 2011 melibatkan parameter DBH, tinggi pohon, faktor bentuk, berat jenis kayu, BEF (B_{ap}) dan NAP (B_{bp}) sehingga tingkat akurasi sangat baik digunakan untuk mengestimasi biomassa pohon. Pangabean *et.al.* (2013), menerangkan bahwa rumus alometrik biomassa Brown tahun 1997 dengan hanya menggunakan parameter DBH mempunyai tingkat akurasi sebesar 84%.

Tegakan yang dihitung potensi biomasnya dalam penelitian ini dibagi menjadi 3 kelas diameter, yaitu kelas (C), kelas (B) dan kelas (A). Besarnya potensi biomassa tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1. Potensi biomassa

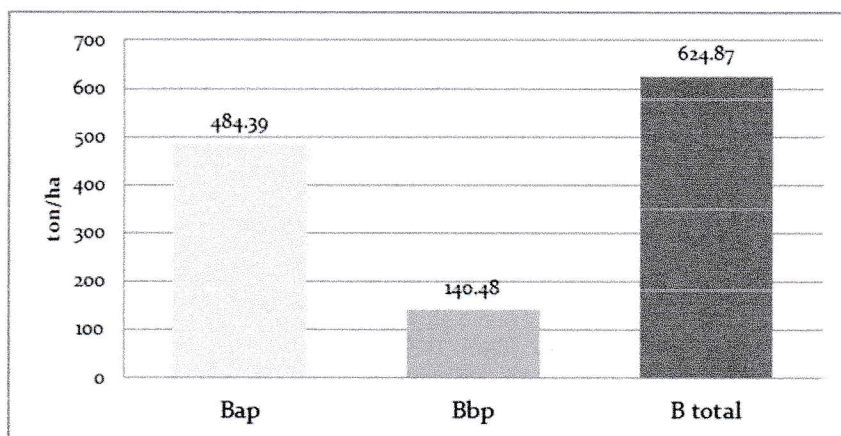
Table 1. Potential biomass

Kelas Diameter	Potensi Biomassa (ton/ha)		
	B _{ap}	B _{bp}	B _{total}
C	31,66	9,18	40,84
B	72,22	20,95	93,17
A	380,51	110,35	490,86

Keterangan: B (DBH > 15 - ≤ 30 cm) B_{ap} = biomassa di atas permukaan tanah
 C (DBH ≥ 5 - ≤ 15 cm) B_{bp} = biomassa di bawah permukaan tanah(akar)
 A (DBH > 30 cm) B_{total} = Biomassa Total

Tabel 1 menunjukkan bahwa potensi B_{ap} tertinggi terdapat pada kelas diameter A dengan nilai biomassa 380,51 ton/ha. Sama halnya dengan potensi B_{ap}, potensi B_{bp} tertinggi terdapat pada kelas diameter A dengan nilai biomassa 110,51 ton/ha. Total biomassa tertinggi sampai biomassa terendah secara berurutan yaitu terdapat pada kelas diameter A dengan nilai biomassa 490,86 ton/ha, kelas B dengan nilai biomassa 93,18 ton/ha dan kelas C dengan

nilai biomassa 40,84 ton/ha. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan diameter pohon berkorelasi positif terhadap peningkatan biomasanya. Hasil penelitian Zulkifli et.al. (2011) membuktikan bahwa biomassa pohon berkorelasi positif terhadap diameter dan tinggi total pohon. Potensi biomassa pada seluruh kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang tersaji dalam Gambar 4.



Gambar 4. Grafik potensi biomassa

Pada Gambar 4 terlihat bahwa nilai B_{ap} mempunyai nilai lebih tinggi dan dibandingkan dengan B_{bp}, hal ini

dikarenakan oleh biomassa di atas permukaan tanah merupakan bagian berkayu dan tempat penyimpanan

cadangan hasil fotosintesis untuk pertumbuhan. Hasil penelitian Pebriandi et.al. (2013) bahwa besarnya biomassa pada tegakan di Hutan Lindung Setajo yaitu sebesar 446,34 ton/ha dan hasil penelitain Efrinaldi (2014), menyatakan bahwa biomassa tegakan di Taman Nasional Siberut diesitimasi sebesar 273,92 ton/ha. Hal ini menunjukkan bahwa biomassa pada Hutan Lindung Gunung Bondang lebih tinggi apabila dibandingkan Hutan Lindung Setajo dan Taman Nasional Siberut dengan total biomassa 624,87 ton/ha. Adanya perbedaan nilai biomassa ini disebabkan karena struktur, komponen penyusun, dan kerapatan pohon yang berbeda. Populasi pohon-pohon dengan diameter > 30 cm pada suatu kawasan juga memberikan sumbangan berarti terhadap besar kecilnya biomassa pohon. Semakin banyak pohon penyusun suatu lahan

berdiameter >30 cm maka biomassa pada lahan tersebut semakin tinggi. Selain itu metode dan teknik penafsiran atau pendugaan yang digunakan juga dapat menyebabkan terjadinya perbedaan hasil yang didapatkan.

Potensi Karbon

Potensi karbon dapat diartikan banyaknya karbon yang mampu diserap oleh tumbuhan dalam bentuk biomassa, semakin tinggi nilai biomassa tumbuhan maka semakin tinggi pula simpanan karbonnya. Simpanan karbon dapat diestimasi menggunakan nilai simpanan biomassa yang diperoleh dari persamaan alometrik dimana 47% dari biomassa merupakan karbon tersimpan (Badan Standarisasi Nasional Indonesia 2011). Potensi karbon tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Potensi karbon
Table 2. Potential carbon

Kelas Diameter	Potensi Karbon (ton/ha)		
	C _{ap} (ton/ha)	C _{bp} (ton/ha)	C _{total}
C	14,88	4,31	19,19
B	33,94	9,85	43,79
A	178,84	51,86	230,70

Keterangan: B (DBH > 15 - ≤ 30 cm)
C (DBH ≥ 5 - ≤ 15 cm)
A (DBH > 30 cm)

C_{ap} = carbon di atas permukaan tanah
C_{bp} = carbon di bawah permukaan tanah (akar)
C_{total} = carbon Total

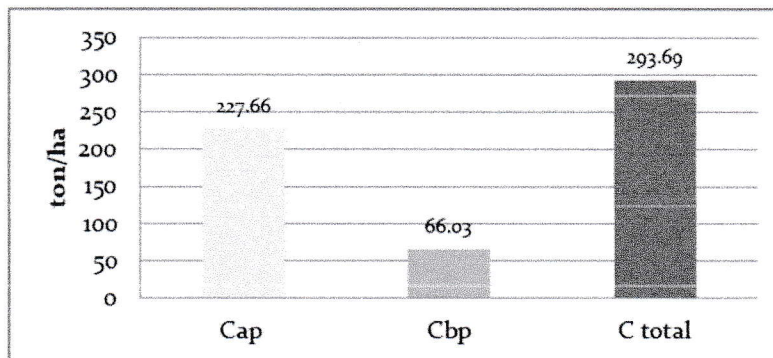
Tabel 2 menunjukkan bahwa potensi simpanan C_{ap} tertinggi terdapat pada kelas diameter A dengan nilai karbon 178,84

ton/ha. Sama halnya dengan potensi simpanan C_{ap}, potensi simpanan C_{bp}

tertinggi terdapat pada kelas diameter A dengan nilai karbon 51,86 ton/ha.

Total simpanan karbon tertinggi sampai simpanan karbon terendah secara berurutan yaitu terdapat pada kelas diameter A dengan simpanan karbon 230,70 ton/ha, kelas B dengan simpanan karbon 43,79 ton/ha dan kelas C dengan simpanan

karbon 19,19 ton/ha. Hasil ini mencirikan bahwa cadangan karbon pohon mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan besar diameter batang. Potensi simpanan karbon diatas dan dibawah permukaan Hutan Lindung Gunung Bondang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Potensi Karbon

Gambar 5 menunjukkan bahwa potensi C_{ap} mempunyai nilai lebih tinggi yaitu 227,66 ton/ha, di bandingkan C_{bp} dengan nilai sebesar 66,03 ton/ha. Hasil penelitian Pebriandi et.al. (2013) menunjukkan bahwa besarnya karbon pada Hutan Lindung Sentajo sebesar 223,17 ton/ha dan hasil penelitian Efrinaldi (2014), menyatakan bahwa simpanan karbon tegakan di Taman Nasional Siberut diestimasi sebesar 126,00 ton/ha. Hal ini menunjukkan bahwa potensi karbon pada Hutan Lindung Gunung Bondang lebih tinggi apabila dibandingkan pada tegakan hutan alam di Hutan Lindung Sentajo dan

Taman Nasional Siberut dengan total potensi karbon 293,69 ton/ha.

Total potensi simpanan karbon di Hutan Lindung Gunung Bondang sebesar 293,68 ton/ha, sejalan dengan hasil penelitian Rochmayanto et.al. (2014), bahwa besarnya simpanan karbon di hutan lahan kering primer tingkat nasional berkisar 64,21 ton/ha sampai dengan 323,171 ton/ha. Simpanan karbon Hutan Lindung Gunung Bondang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Krisnawati et.al. (2014) bahwa besarnya simpanan karbon di tipe hutan lahan kering primer Kalimantan Tengah adalah 222 ton/ha. Perbedaan simpanan

karbon ini disebabkan karena struktur, komponen penyusun, dan kerapatan pohon yang berbeda serta populasi pohon-pohon dengan diameter > 30 cm pada suatu kawasan juga memberikan sumbangan berarti terhadap besar kecilnya simpanan karbon. Pangabean et.al. (2013) menerangkan bahwa pada setiap ekosistem jumlah karbon yang terkandung di dalamnya berbeda-beda, hutan alami dengan keanekaragaman jenis pohon yang berdiameter besar dan berumur panjang

merupakan tempat penyimpanan karbon terbesar.

Potensi Jasa Lingkungan CO₂ Terserap, Produksi O₂ dan Kredit Karbon

Potensi jasa lingkungan CO₂ Terserap diartikan banyaknya CO₂ yang telah diserap oleh pohon, produksi O₂ merupakan banyaknya O₂ di produksi oleh pohon dan kredit karbon merupakan potensi yang di dapat dari perdagangan emisi. Data CO₂ Terserap, produksi O₂ dan kredit karbon di kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 3. Potensi jasa lingkungan

Kelas Diameter	Potensi Nilai Jasa Lingkungan		
	CO ₂ Terserap (ton/ha)	Produksi O ₂ (ton/ha)	Kredit Karbon (US\$/ha)
C	70,44	51,42	2,731
B	160,71	117,32	6,231
A	846,68	618,08	32,826
Jumlah	1077,83	786,82	41,788

Hasil penelitian ini diperoleh potensi CO₂ Terserap di Hutan Lindung Gunung Bondang yaitu sebesar 1.077,83 ton/ha. Data ini menunjukkan hasil yang sangat baik dalam peranannya sebagai penyerap CO₂ di atmosfer, telah di ketahui bahwa penyusun Gas Rumah Kaca (GRK) terbesar yang merupakan penyebab terjadinya pemanasan global adalah CO₂. Jumlah populasi pohon-pohon dengan diameter > 30 cm pada suatu kawasan juga memberikan sumbangan berarti terhadap besar kecilnya potensi CO₂ Terserap. Jika

di kondisi kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang secara keseluruhan menyerupai lokasi penelitian maka dengan luasan ±5,957 ha, potensi CO₂ Terserap akan sebesar 6,420. 682.53 ton.

Nilai jasa lingkungan produksi O₂ di Hutan Lindung Gunung Bondang yaitu 786,82 ton/ha. Konsumsi O₂ rata-rata penduduk adalah sebesar 0,864 kg/jiwa/hari (Herliani 2007 dalam Sesanti et.al. 2011). Sehingga jasa lingkungan dari produksi O₂ di Hutan Lindung gunung Bondang dalam luasan 1 ha mampu

mensuplai O₂ untuk kebutuhan 910.671 jiwa/hari. Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan kemampuan hutan kota sebagai pensuplai O₂, menurut Afrizal et.al. (2010) kemampuan hutan kota dalam memproduksi oksigen secara ideal yaitu hanya sebesar 45,56 ton/ha atau setara untuk kebutuhan 52,731 Jiwa/hari. Hal ini menunjukkan bahwa produksi O₂ di Hutan Lindung Gunung Bondang jauh lebih besar di bandingkan kemampuan hutan kota dalam memproduksi oksigen secara ideal. Jika kondisi kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang secara keseluruhan menyerupai lokasi penelitian maka dengan luasan ±5,957 ha, produksi O₂ akan sebesar 4,687,098.25 ton.

Kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang seluas ±5,957 ha, dengan adanya perdagangan karbon tentunya merupakan peluang besar dalam meningkatkan ekonomi. Pemanfaatan jasa lingkungan di atur dalam pasal 26 undang-undang kehutanan nomor 41 tahun 1999 bahwa pemanfaatan hutan lindung dapat berupa pemanfaatan jasa lingkungan, dapat dilaksanakan melalui izin pengelolaan yang diberikan kepada Badan Usaha Milik Negara (BUMN), kepada Badan Usaha Milik Swasta (BUMS), Badan Usaha Milik Daerah (BUMD), koperasi bahkan perorangan. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa potensi jasa lingkungan dari kredit karbon adalah US\$ 41,788/ha. Jika kondisi kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang secara keseluruhan menyerupai lokasi penelitian maka dengan luasan ±5,957 ha, potensi jasa lingkungan dari kredit karbon mencapai US\$ 248,929,862. Hasil penelitian Mantung et.al. (2014) menunjukkan bahwa nilai jasa lingkungan dari CO₂ Terserap hanya 11% dari nilai jual kayunya. Menunjukkan bahwa nilai jual kredit karbon jauh lebih rendah dibandingkan nilai jual kayu. Namun lebih bijak ketika jasa lingkungan tidak hanya dilihat dari nilai jasa lingkungan kredit karbon saja, ada jasa lingkungan lain yang dihasilkan hutan seperti simpanan air, pencegah erosi, keanekaragaman flora dan fauna, berbagai kepentingan riset, serta hutan sebagai alat produksi O₂ yang penting bagi kelangsungan hidup.

KESIMPULAN

Komposisi jenis pohon didominasi oleh family Dipterocarpaceae, potensi biomassa sebesar 624,86 ton/ha, potensi karbon sebesar 293,68 ton/ha dan potensi jasa lingkungan berupa CO₂ Terserap sebesar 1.077,83 ton/ha, produksi O₂ sebesar 786,81 ton/ha serta kredit karbon sebesar US\$ 41,788/ha.

Peningkatan kelas diameter pohon berkolerasi positif terhadap peningkatan potensi biomassa, potensi karbon dan potensi jasa lingkungan berupa CO₂ Terserap, produksi O₂ serta besarnya kredit karbon.

SARAN

Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengetahui besarnya nilai nekromassa (serasah dan kayu mati) yang berpotensi menjadi emisi karbon karena dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme pengurai dan penilaian potensi karbon serta jasa lingkungan menggunakan teknologi pemetaan pada seluruh kawasan Hutan Lindung Gunung Bondang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Flora Fauna International. Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim Fauna Flora Internasional (Arief Hamidi, Arliansyah Nahan, Yani Kriswati, Osjerlim Saragih, Mahendra Primajati, Joseph Hutabarat, Andhy Priyo Sayogo dan Ady Kristanto) atas bantuan selama melaksanakan kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Adinugroho WC. 2009. Persamaan alometrik biomassa dan faktor

ekspansi biomassa vegetasi hutan sekunder bekas kebakaran di PT. Inhutani I Batu Ampar, Kalimantan Timur. *Info Hutan* 6 (2): 125-132.

Afrizal EI, Fatimah IS, Sulistyantara B. 2010. Studi potensi produksi oksigen hutan kota di kampus Universitas Indonesia, Depok. *Jurnal Lanskap Indonesia* 2(1): 23-29.

Antinori C., Sathaye J. 2007. Assessing transaction costs of project-based greenhouse gas emissions trading. Paper No. LBNL-57315. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Supported by Collaboration Climate Protection Division, Office of Air and Radiation, U.S. Environmental Protection Agency through the U.S. Department of Energy, United States.

Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSNI). 2011. Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon-pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting). Standar Nasional Indonesia: 7724.

Bakri. 2009. Analisis vegetasi dan pendugaan cadangan karbon tersimpan pada pohon di hutan

- Taman Wisata Alam Taman Eden Desa Sionggang Utara Kecamatan Lumban Julu Kabupaten Toba Samosir. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Departemen Kehutanan Republik Indonesia. 2009. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.33/Menhut-II/2009 tentang pedoman Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala (IHMB) pada usaha pemanfaatan hasil hutan kayu pada hutan produksi, Jakarta.
- Efrinaldi. 2014. Dinamika cadangan biomasa dan karbon di Taman Nasional Siberut. Jurnal Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Padang.
- Hardjana, AK. 2010. Potensi biomassa dan karbon pada Hutan Tanaman *Acacia mangium* di HTI PT. Surya Hutani Jaya, Kalimantan Timur. Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan. 7(4): 237-249.
- Hardjana AK, Rahimahyuni FN, Iwan ST, Ahmad R. 2012. Pendugaan stok karbon kelompok jenis tegakan berdasarkan tipe potensi hutan di Kawasan Hutan Lindung Sungai Wain. Jurnal Penelitian Dipterokarpa. 6(2): 85-96.
- Krisnawati H, Adinugroho WC, Imanuddin R, Hutabarat S. 2014. Pendugaan Biomassa hutan untuk perhitungan emisi CO₂ di Kalimantan Tengah: pendekatan komprehensif dalam penentuan faktor emisi karbon hutan. Pusat. Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Krisnawati H, Adinugroho WC dan Imanuddin R. 2012. Monograf: model-model alometrik untuk pendugaan biomassa pohon pada berbagai tipe ekosistem hutan di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Lestari EAP. (2019). Efektivitas ruang terbuka hijau dalam mereduksi emisi gas karbon di Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan. Seminar Nasional Geomatika: 397-404.
- Mantung L, Muin M, Suhasman. 2014. Potensi karbon tersimpan dan penyerapan karbondioksida hutan *Pinus merkusii* di HPT Batualu. Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanudin, Makasar.

- Marlina S. 2018. Rehabilitasi dan pengelolaan hutan rawa dan hutan rawa gambut di Provinsi Kalimantan Tengah. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan* 3(2): 16–20.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. 2013. Nomor SK.964/Menhut-II/2013 tentang Penetapan Wilayah Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi Model Murung Raya (Unit II) yang Terletak di Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah Seluas ± 908.255 (Sembilan Ratus Delapan Ribu Dua Ratus Lima Puluh Lima) Hektar, Jakarta.
- Menteri Lingkungan dan Kehutanan Republik Indonesia. 2017. Nomor P. 70/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017 tentang Tata Cara Pelaksanaan Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation, Role of Conservation, Sustainable Management of Forest and Enhancement of Forest Carbon Stocks, Jakarta.
- Pangabean MLE, Rahmawaty, Riswan. 2013. Pendugaan cadangan karbon Above Ground Biomass (AGB) pada tegakan hutan alam di Kabupaten Langkat. *Peronema Forestry Science Journal* 2(1): 99-105.
- Pebriandi E, Sribudiani, Mukhamadun. 2013. Estimation of the carbon potential in the above ground at the stand level poles and trees in Sentajo Protected Forest. Departement of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Riau, Pekanbaru.
- Petsa NP. 2019. Potensi cadangan karbon pada permukaan tanah di areal Pengelolaan Hutan Berbasis Masyarakat (PHBM) di Nagari Kot0baru, Kabupaten Solok Selatan. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.
- Rahayu S, Lusiana B, Noordwijk MV. 2004. Pendugaan cadangan karbon di atas permukaan tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. *World Agroforestry (ICRAF)*. <https://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/B14042.pdf>. Diakses 24 Juli 2020.
- Rochmayanto Y, Wibowo A, Lugina M, Tigor B, Mulyadin RM, Wicaksono D. 2014. Cadangan karbon pada berbagai tipe hutan dan jenis tanaman di Indonesia (Seri 2). Hlm. 108. Rusulono T, editor PT Kanisius, Yogyakarta.

- Sesanti N, Kurniawan EB, Anggraeni M. 2011. Optimalisasi hutan sebagai penghasil oksigen Kota Malang. Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- The World Bank. 2019. The First International Research Conference on Carbon Pricing. The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA.
- Wibowo A. (2015). International forest policies in Indonesia : international influences, power changes and domestic responses in REDD +, One Map and Forest Certification Politics. Disertasi. Faculty Of Forest Sciences and Forest Ecology, Georg-August-Universität Göttingen, Germany.
- Yuniawati A, Budiawan dan Elias. 2011. Estimasi potensi biomassa dan massa karbon hutan tanaman *Acacia crassicarpa* di lahan gambut. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 29(4): 343-355.
- Zulkifli H, Windusari Y, Yustian I, Herlinawati D. 2011. Simpanan karbon pada area suksesi industri pertambangan di Papua. Hlm. 1124-1131. Proceedings Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan, Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri (BKS-PTN) Wilayah Barat Volume III. Peran Iptek untuk Mengatasi Perubahan Iklim dalam Perspektif Pertanian Berkelanjutan. 23-25 Mei 2011, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Palembang.