Pendugaan Cadangan Karbon A*bove Ground Biomass* (AGB) pada Tegakan Agroforestri di Kabupaten Langkat
(*The Estimate of Carbon Stocks Above Ground Biomass (AGB) on Agroforestry Stands in Langkat)*

Yusrani Dwi Paulina Malau[a*], Rahmawaty[b], Riswan[b]

[a]Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara 20155 (*Penulis Korespondensi: E-mail: sagyofpaul@yahoo.co.id)
[b]Staf Pengajar Program Studi Kehutanan Universitas Sumatera Utara

Abstract

Agroforestry system is estimate to have a high potential for carbon sequestration in the atmosphere. Agroforestry systems contributed to reducing the increase in atmospheric CO_2 and other green house gases by increasing carbon in the soil and reduce the pressure for forest clearing where the carbon comes from CO_2 is taken up by plants and stored in the form of biomass. This study aimed to quantify the carbon content. Calculation of carbon stocks was done with non-destructive by using allometric method. The results indicated that the types of vegetation in agroforestry in Langkat was are sengon, mindi, sungkai, coklat, mangga, mahoni, nangka, durian, karet, kemiri, jati, jengkol, petai, and duku. The amount of carbon stocks in agroforestry stands in Sei Bingai sub-district, Bahorok sub-district, and Wampu sub-district was 58,438 ton/ha, 63,005 ton/ha, and 56,76 ton/ha. Differences in carbon content acquisition was influenced by vegetation density, diversity of size, and distribution of vegetation density.
Keywords: Agroforestry, Carbon Stock, Above Ground Biomass

PENDAHULUAN

Perubahan tata guna lahan dan perubahan penutupan lahan melalui konversi hutan merupakan penyebab dalam pemanasan global. Pemanasan global akibat meningkatnya gas rumah kaca telah mempengaruhi ekosistem bumi yang terjadinya perubahan suhu, ketersediaan air, dan meningkatnya akumulasi karbon (C) yang disebabkan oleh konsentrasi CO_2 meningkat (Murdiyarso *et al*., 1994).

Dampak konversi hutan ini baru terasa apabila diikuti dengan degradasi tanah dan hilangnya vegetasi serta berkurangnya proses fotosintesis. Untuk menurunkan dampak dari pemanasan global ini adalah dengan upaya mitigasiyaitu berupa upaya untuk menstabilkan konsentrasi CO_2 di atmosfer yang salah satunya dengan cara melakukan penanaman jenis tanaman berkayu pada areal-areal hutan dan lahan yang terdegradasi.

Sehubungan dengan perubahan iklim, sistem agroforestri diperkirakan memiliki potensi yang tinggi dalam penyerapan karbon di atmosfer. Menurut Utami *et. al.* (2003) agroforestri adalah salah satu sistem pengelolaan lahan yang berfungsi produktif dan protektif. Sistem agroforestri berkontribusi mengurangi peningkatan CO_2 atmosfer dan gas rumah kaca lainnya dengan cara meningkatkan karbon dalam tanah dan mengurangi tekanan untuk pembukaan lahan hutan, dimana karbon yang berasal dari CO_2 tersebut diambil oleh tanaman dan disimpan dalam bentuk biomassa.

Sistem agroforestri lebih menguntungkan daripada sistem pertanian berbasis tanaman musiman bila ditinjau dari cadangan karbon. Hal ini disebabkan oleh adanya pepohonan yang memiliki biomassa tinggi dan masukan serasah yang bermacam-macam kualitasnya serta terjadi secara terus-menerus. Walaupun peran agroforestri dalam mempertahankan cadangan karbon di daratan masih lebih rendah dibandingkan dengan hutan alam, tetapi sistem ini dapat merupakan suatau tawaran yang dapat memberikan harapan besar dalam meningkatkan cadangan karbon pada lahan-lahan terdegradasi (Widianto *et al.,* 2003).

Sejauh ini praktek agroforestri telah banyak ditemukan di berbagai tempat di Indonesia terutama di Kabupaten Langkat. Sampai saat ini data dan potensi agroforestri khususnya di Kabupaten Langkat belum banyak diketahui dan belum dianggap sebagai salah satu sumber daya yang mampu mengatasi masalah yang timbul akibat adanya alih fungsi lahan. Melalui penelitian ini akan dilakukan pendugaan karbon tersimpan pada tegakan agroforestri (kebun campuran) dengan mengambil studi kasus pada Kecamatan Sei Bingei, Kecamatan Bahorok, dan Kecamatan Wampu yang ada di Kabupaten Langkat. Pada tahun 2009, Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Langkat mencatat luas kebun campuran sekitar 112.912,79 ha dan tiga kecamatan yang telah disebutkan memiliki potensi yang cukup besar. Untuk mengetahui seberapa besar karbon tersimpan maka digunakan metode yang sudah ada sebelumnya (allometrik) dan menggunakan informasi dari data penginderaan jarak jauh serta pengukuran di lapangan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menghitung cadangan karbon pada permukaan tegakan agroforestri di Kabupaten Langkat..

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli – Nopember 2012. Penelitian ini dilaksanakan di lahan

sebaran agroforestri yaitu di Kecamatan Sei Bingai, Kecamatan Bahorok, dan Kecamatan Wampu dan analisis data dilaksanakan di Laboratorium Manajemen Hutan, Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pita ukur, tali rafia, clinometer, kamera digital, alat tulis,. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu tegakan-tegakan yang ada pada lahan agroforestri yang tersebar di Kecamatan Sei Bingei, Kecamatan Bahorok, Kecamatan Wampu.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *non-destructive* dengan menggunakan metode allometrik. Metode *non-destructive* adalah metode perhitungan biomassa tanpa melakukan perusakan pada tegakan-tegakan yang ada dengan menggunakan rumus-rumus allometrik yang ada pada Tabel 1. Jika di lapangan dijumpai tanaman yang tidak memiliki rumus allometrik maka diklasifikasikan ke dalam pohon yang bercabang seperti duku, durian, jengkol, mangga, limus, cempedak, petai, mindi, nangka, kemiri, dan pohon tidak bercabang seperti sungkai dengan mengetahui berat jenis pohon tersebut.

Tabel 1. Rumus-rumus allometrik untuk menduga biomassa beberapa jenis tanaman yang umum ditanam pada lahan agroforestri

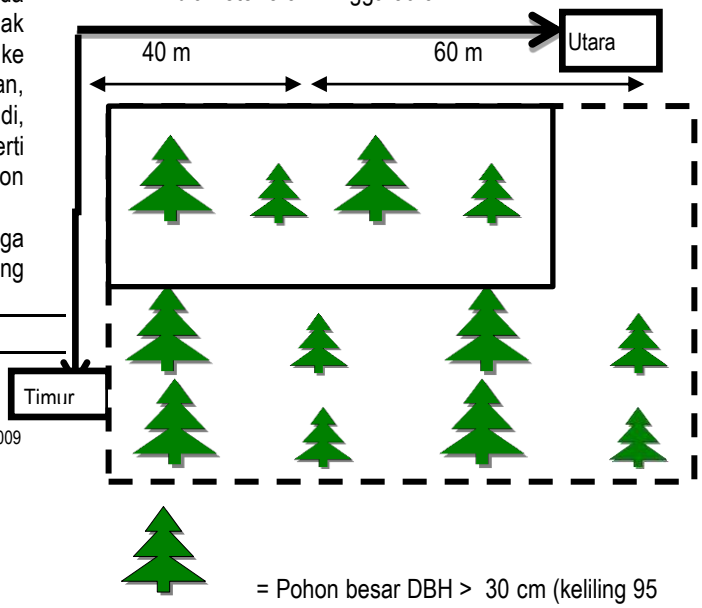
Jenis Tanaman	Rumus Allometrik	Sumber
Sengon	$AGB_{est} = 0.0272\ D^{2.831}$	Sugiharto, 2002
Kopi	$AGB_{est} = 0.281\ H\ D^{2.06}$	Arifin, 2001
Kakao	$AGB_{est} = 0.01208\ D^{1.98}$	Yuliasmara *et al.*, 2009
Mahoni	$AGB_{est} = 0.048\ D^{2.68}$	Adinugroho, 2001
Pohon bercabang	$AGB_{est} = 0.11\ \rho\ D^{2.62}$	Ketterings, 2001
Pohon tidak bercabang	$AGB_{est} = \pi\ \rho\ H\ D^2/4$	Hairiah *et al.*, 1999
Karet	$AGB_{est} = -3{,}84 + 0{,}528 \times BA + 0{,}001 \times BA^2$	ICRAF, 200
Jati	$AGB_{est} = 0.20091\ D^{2.30}$	Hendri, 2001

Pembuatan Plot pada Areal Sebaran

Pengambilan plot contoh dibuat agar dapat mewakili tipe penggunaaan lahan yang terdapat di lokasi penelitian. Plot pengukuran dibuat berdasarkan pertimbangan keterwakilan penutupan lahan dan kualitas citra serta aksesibilitas di lapangan. Plot dibuat sebanyak 12 dengan 4 plot pada setiap kecamatan.

Menurut Hairiah *et al.* (2011) pengukuran cadangan karbon menggunakan petak contoh (plot) dibuat dengan ukuran 100m × 20m jika dalam plot tersebut terdapat pohon dengan diameter ≥ 30 cm. Selain itu dibuat petak contoh (sub plot utama) dengan ukuran 40m × 5m untuk pengukuran pohon dengan diameter 5 cm hingga 30 cm. Metode ini merupakan *Rapid Carbon Stock Appraisal* (RaCSA) telah mencakup cara untuk mengekstrapolasi cadangan karbon dari tingkat lahan ke tingkat bentang alam. RaCSA telah diuji pada berbagai jenis penggunaan lahan di berbagai daerah dengan kondisi iklim yang berbeda melalui kegiatan *Trees in multi-Use Landscapes in Southeast Asia* (TUL-SEA) dan *The Accountability and Local Level Initiative to Reduce Emission from Deforestation and Degradation in Indonesia* (ALLREDDI) yang dikoordinir oleh *World Agroforestry Centre* (ICRAF *Southeast Asia*). Pemilihan plot contoh juga didasarkan pada keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada. Adapun prosedur pembuatan plot di lapangan sebagai berikut:

a. Dibuat plot dengan ukuran 20m × 100m bila dalam lahan yang diamati terdapat pohon besar (diameter batang lebih dari 30cm atau lingkar batang lebih dari 95cm)
b. Dibuat sub plot utama dengan ukuran 40m × 5m untuk pengukuran cadangan karbon pada lahan agroforestri dengan tingkat kerapatan pohon tinggi. Pohon yang diukur adalah pohon dengan diameter 5 cm hingga 30 cm



= Pohon besar DBH > 30 cm (keliling 95 cm) di dalam atau di luar sub-plot utama

= Pohon dengan DBH antara 5 – 30 cm di dalam atau di luar sub-plot utama

Gambar 1. Pembuatan plot

d. Dicatat nama lokal dan/atau nama latin (jika dapat diketahui) dari tanaman yang akan diukur
e. Diukur tinggi tegakan-tegakan dan diameter yang ada di dalam plot dan sub plot utama
f. Dihitung biomassa pohon dengan rumus-rumus yang ada pada Tabel 1 sehingga diperoleh biomasa per pohon (kg/tanaman).
g. Dijumlahkan data biomassa semua pohon yang diperoleh pada satu lahan, baik yang ukuran besar maupun yang kecil sehingga diperoleh total biomasa tanaman per lahan (kg/luasan lahan)
h. Biomassa per hektar dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{Wpi}{A} \times 10.000$$

.....(1)

Keterangan :

W : Total biomassa (ton/ha)
Wpi : Biomassa pohon (ton)
A : Luas plot (m2)
n : Jumlah pohon

i. Kandungan karbon dalam vegetasi dapat diduga dari biomassa dengan persamaan:

Y = W × 0,5.....(2)

Keterangan :

Y: Kandungan karbon diatas permukaan tanah (ton/ha)

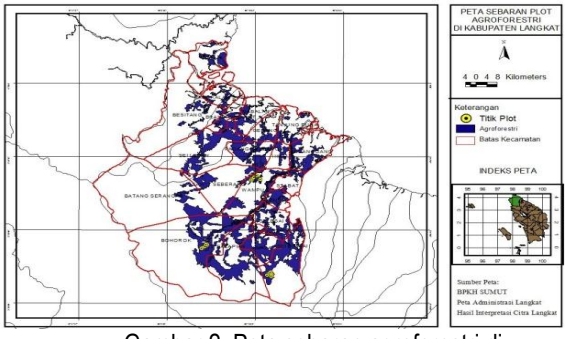
W: Total biomassa per hektar (ton/ha)

(Brown *et al.*, 1996).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Agroforestri

Sistem pemanfaatan lahan agroforestri banyak diterapkan pada desa yang ada pada tiga kecamatan. Pada Gambar 2 dapat dilihat sebaran agroforestri yang ada di kabupaten Langkat. Kondisi agroforestri yang ada pada tiga kecamatan memiliki tegakan dengan variasi umur dan jenis yang cukup beragam. Komponen penyusun agroforestri dapat dikelompokkan ke dalam komoditi tanaman perkebunan, tanaman kehutanan, dan tanaman buah-buahan. Tanaman perkebunan yang dominan dibudidayakan yaitu karet yang umumya berumur 15 – 20 tahun, tanaman buah-buahan berumur sekitar 10 – 25 tahun. Adapun jenis-jenis tanamannya yaitu sengon, mindi, sungkai, coklat, mangga, mahoni, nangka, durian, karet, kemiri, jati, jengkol, petai, dan duku. Tanaman-tanaman ini dipilih karena tanaman ini tidak hanya menghasilkan kayu namun juga menghasilkan getah dan buah. Martial (2010) menyatakan dengan luas lahan kering hampir 3000 ha, Lau Damak (di Kecamatan Bahorok) didominasi oleh agroforestri karet dibanding dengan sistem pemanfaatan lahan lainnya. Kecamatan Wampu didominasi oleh pohon karet dan jati.



Gambar 2. Peta sebaran agroforestri di Kabupaten Langkat

Tanaman pertanian yang dipilih ditanam yaitu kopi karena tahan terhadap naungan, mudah dipelihara, dan berbuah setiap saat. Selain buahnya, kayu pada tanaman kopi juga dapat dimanfaatkan terutama jika produksi tanaman kopi mengalami penurunan sehingga kayu tanaman kopi dapat dijual per kubik atau dimanfaatkan untuk kayu bakar. Jenis tanaman yang ditanam oleh petani didasarkan pada tujuan untuk menghasilkan buah dan kayu. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suryanto *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis untuk ditanam yaitu tujuan penanaman, jenis potensi, dan jenis yang bisa tumbuh di lokasi yang bersangkutan.

Pemilihan tanaman seperti sengon, mahoni, karet, durian, coklat, kopi, mindi, dan sungkai dinilai merupakan pilihan yang tepat karena nilai ekonominya yang cukup tinggi. Berkaitan dengan jenis tanaman yang dapat tumbuh di lokasi bersangkutan, menurut Dirjen Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam (1995) menyatakan bahwa komoditi tanaman hutan asli di daerah kawasan Taman Nasional Gunung Leuser yaitu sungkai dan jenis yang banyak diintroduksikan yaitu mahoni, sengon, mindi, dan jati.

Biomassa Tegakan

Salah satu cara untuk mengendalikan perubahan iklim adalah dengan mengurangi emisi gas rumah kaca yaitu dengan mempertahankan keutuhan hutan alami dan meningkatkan kerapatan populasi pepohonan di luar hutan. Tumbuhan baik di dalam maupun di luar kawasan hutan menyerap gas asam arang (CO_2) dari udara melalui proses fotosintesis yang selanjutnya diubah menjadi karbohidrat kemudian disebarkan ke seluruh tubuh tanaman dan akhirnya ditimbun dalam tubuh tanaman berupa daun, batang, bunga, dan buah. Dengan demikian mengukur jumlah karbon yang disimpan dalam tubuh tanaman hidup (biomassa) pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO_2 di atmosfer yang diserap oleh tanaman. Pengukuran biomassa pada tegakan agroforestri mempertimbangkan diameter batang dan tinggi batang yang datanya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan biomassa berdasarkan kelas diameter (ton/ha)

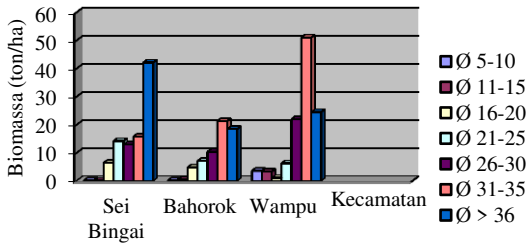
Lokasi	Kelas Diameter (cm)						
	5–10	11–15	16–20	21–25	26–30	31–35	>36
Sei Bingai	0,140	0,043	6,397	14,191	12,954	15,722	42,104
Bahorok	0,131	0,422	4,796	7,076	10,312	21,247	50,974
Wampu	3,572	3,310	1,089	6,231	21,949	18,430	24,483

Struktur tegakan adalah sebaran individu tumbuhan dalam lapisan tajuk dapat diartikan sebagai sebaran pohon per satuan luas dalam berbagai kelas diameternya. Secara keseluruhan struktur tegakan pohon adalah hubungan antara banyaknya pohon dengan kelas diameter dalam plot penelitian. Pada penelitian ini, pohon-pohon dengan diameter lebih kecil dari 5 cm tidak didata karena pertumbuhan tersebut masih belum stabil dan masih termasuk dalam kategori tumbuhan bawah. Keberadaan pohon dengan diameter > 30 cm pada suatu penggunaan lahan memberikan sumbangan yang cukup berarti terhadap total cadangan karbon. Dari Tabel 2 dapat dinyatakan bahwa pada tegakan agroforestri yang ada di Kecamatan Sei Bingai, Kecamatan Bahorok, Kecamatan Wampu memberikan sumbangan biomassa secara berurutan sekitar 63,16%, 76,04%, 54,27% dari

total biomassa berasal dari pohon yang berdiameter >30 cm. Pada penelitian Rahayu *et al.* (2007) di Kabupaten Nunukan menyatakan bahwa keragaman ukuran diameter, keberadaan pohon dengan diameter >30 cm pada suatu sistem penggunaan lahan, memberikan sumbangan biomassa yang cukup berarti terhadap total cadangan karbon seperti pada hutan primer, sekitar 70% dari total biomassa berasal dari pohon yang berdiameter > 30 cm sedangkan pohon yang berdiameter antara 5 – 30 cm hanya sekitar 30%. Biomassa pohon terbesar pada pohon yang memiliki diameter paling tinggi. Hal ini disebabkan biomassa berkaitan erat dengan fotosintesis, biomassa bertambah karena tumbuhan menyerap CO_2 dari udara dan mengubahnya menjadi senyawa organik dari proses fotosintesis. Biomassa pada tiap bagian pohon tersebut meningkat secara proporsional dengan semakin besarnya diameter pohon sehingga biomassa pada tiap bagian pohon mempunyai hubungan dengan diameter pohon.

Pertambahan diameter akan menentukan jumlah karbon yang dikandung suatu vegetasi. Pertambahan diameter merupakan dari hasil fotosintesis untuk pertumbuhan ke arah horisontal. Haygreen dan Bowyer (1996) menyatakan bahwa seiring bertambahnya umur melalui pembentukan dan pembesaran sel-sel yang membelah berulang-ulang membentuk sel-sel baru yang meristematik. Selama pohon tumbuh, pohon menambah kayu baru sehingga memperbesar diameter batang, cabang serta memperbanyak jumlah bagian-bagian pohon lainnya dimana karbon yang berasal dari CO_2 tersebut diambil oleh tanaman dan disimpan dalam bentuk biomassa. Dengan bertambahnya diameter pohon maka kemampuan pohon menyimpan karbon bebas dari udara semakin tinggi.

Pohon dengan diameter yang masih kecil terjadi peningkatan karbon biomassa yang relatif lambat yang selanjutnya akan semakin cepat seiring bertambahnya diameter seperti yang disajikan pada Gambar 3. Namun pada gambar juga terlihat penurunan kandungan biomassa pada kelas diameter 16 – 20 cm di Kecamatan Wampu, hal ini terjadi karena jumlah pohon pada kelas diameter tersebut sedikit yang mengakibatkan akumulasi kandungan karbon menurut diameter menurun.



Gambar 3. Biomassa tegakan agroforestri berdasarkan diameter

Rahayu *et al.* (2007) menyatakan bahwa perbedaan perolehan biomassa dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi, keragaman ukuran diameternya dan sebaran berat jenis vegetasinya, dimana penggunaan lahan yang terdiri dari pohon dengan spesies yang mempunyai nilai kerapatan kayu tinggi, biomassanya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan lahan yang mempunyai spesies dengan nilai kerapatan kayu rendah. Tipe hutan dengan komposisi jenis pohon dengan berat jenis yang tinggi akan mempunyai potensi simpanan yang cenderung lebih tinggi daripada tipe hutan dengan kerapatan tinggi tetapi jenis pohon dengan berat jenis yang rendah.

Potensi Agroforestri dalam Menyerap Karbon

Dalam kaitan dengan upaya menekan efek gas rumah kaca yaitu mengurangi kadar gas CO_2 di atmosfer, meningkatkan kerapatan populasi pepohonan di luar hutan merupakan salah satu peluang yang perlu mendapat perhatian. Agroforestri merupakan suatu sistem pemanfaatan lahan yang dapat menghasilkan karbon yang cukup tinggi. Roshetko *et al*. (2002) menyatakan bahwa kandungan biomassa pada agroforestri tinggi sehingga pembangunan sistem agroforestri pada lahan-lahan kritis dan terlantar selain dapat memperlambat terjadinya pemanasan global juga memberikan dampak yang positif terhadap lingkungan dan sosio-ekonomi masyarakat.

Tabel 5 menjelaskan jumlah kandungan karbon total pada tiga kecamatan. Kandungan karbon di Kecamatan Bahorok lebih tinggi dibandingkan di Kecamatan Sei Bingai dan Kecamatan Wampu. Hal ini terjadi karena keadaan agroforestri di kecamatan Bahorok lebih rapat dan kondisi pohon dengan diameter yang besar dibandingkan dengan dua kecamatan lainnya.

Widianto *et al.* (2003) menyatakan bahwa bila ditinjau dari cadangan karbon, sistem agroforestri lebih menguntungkan daripada sistem pertanian berbasis tanaman musiman maupun hutan tanaman karena adanya pepohonan yang memiliki biomassa tinggi dan masukan serasah yang bermacam-macam kualitasnya serta terjadi secara terus-menerus. Walaupun peran agroforestri dalam mempertahankan cadangan karbon di daratan masih lebih rendah bila dibandingkan dengan hutan alam. Tabel 6 menjelaskan hasil penelitian yang dilakukan mengenai pendugaan cadangan karbon pada berbagai sistem penggunaan lahan di Kabupaten Nunukan oleh Rahayu *et al*. (2007). Dari tabel tersebut dikatakan jumlah cadangan karbon pada lahan agroforestri di kabupaten Nunukan berkisar 37,7 – 72,6 Mg/ha sedangkan pada hutan > 184. Selain itu, Yuli (2003) menyebutkan hasil penelitiannya di Desa Kracak, Kabupaten Bogor, penyimpanan karbon pada lahan agroforestri yang terdiri oleh jenis buah-buahan dan tanaman berkayu berkisar antara 21,31 – 80,78 ton/ha dan penelitian yang dilakukan di hutan jati Madiun pada kelas umur 5 – 40 tahun berkisar 24,48 – 64,39 ton/ha. Dari hasil penelitian yang sudah ada

sebelumnya mengenai pendugaan cadangan karbon pada lahan agroforestri, hasil penelitian yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan hasil yang diperoleh pada penelitian yang sudah ada. Cadangan karbon pada agroforestri lebih tinggi bila dibandingkan dengan hutan tanaman dan juga dapat dikatakan kemampuan menyimpan karbon total meningkat sejalan dengan pertambahan umur tegakan.

Tabel 5. Kandungan karbon total agroforestri

No.	Nama Plot	Karbon (ton/ha)		
		Sei Bingai	Bahorok	Wampu
1.	Plot 1	55,031	57,334	48,217
2.	Plot 2	58,549	63,221	53,004
3.	Plot 3	59,272	64,799	66,43
4.	Plot 4	60,899	66,666	59,388
Total		233,751	252,02	227,039
Rata-rata		58,438	63,005	56,76

Tabel 6. Rata-rata cadangan karbon di atas permukaan tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Kabupaten Nunukan.

Jenis Penggunaan Lahan	Cadangan Karbon (Mg/ha)	Persentase (%)
Hutan primer	230,1	100
Hutan bekas tebangan 0 – 10 tahun	206,8	90
Hutan bekas tebangan 11 – 30 tahun	212,9	92
Hutan bekas tebangan 31 – 50 tahun	184,2	80
Jakaw 0 – 10 tahun	19,4	8
Jakaw >10 tahun	58	25
Agroforestri 0 – 10 tahun	37,7	16
Agroforestri 11 – 30 tahun	72,6	31

Kandungan karbon yang ada di hutan alam berada pada posisi paling tinggi dari biomassa di atas permukaan tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan yang dikarenakan keragaman jenis yang tinggi dan kerapatan kayu yang cukup beragam. Perkiraan cadangan karbon pada agroforestri berbasis buah dan kayu lebih rendah bila dibandingkan dengan sistem agroforestri lainnya, seperti agroforestri berbasis kopi dan karet. Hal ini terjadi karena jenis pohon yang ada pada agroforestri berbasis buah dan kayu merupakan jenis-jenis dengan nilai kerapatan kayu yang rendah. Dibandingkan dengan sistem jakaw, kandungan cadangan karbon pada agroforestri lebih tinggi. Hal ini terjadi karena pada agroforestri masih terdapat sisa-sisa pohon bekas tebangan sedangkan pada jakaw petani melakukan menebang dan membakar semua vegetasi yang ada.

KESIMPULAN

Besarnya kandungan karbon di atas permukaan tanah pada tegakan agroforestri di Kecamatan Sei Bingai, Kecamatan Bahorok dan Kecamatan Wampu tergolong baik yaitu 58,438 ton/ha, 63,005 ton/ha, 56,76 ton/ha

DAFTAR PUSTAKA

Adinugroho, W. Catur dan K. Sidiyasa. 2001. Model Pendugaan Biomassa Pohon Mahoni (*Swietenia macrophyla* King) diatas Permukaan Tanah. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam vol III (1): 103-117p.

Arifin J. 2001. Estimasi Penyimpanan C Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan diKecamatan Ngantang, Malang, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, UniversitasBrawijaya, Malang, 61pp.

Dirjen Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam. 1995. Rencanan Pengelolaan Taman Nasional Gunung Leuser 1995-2020. Buku I dan Buku II.

Hairiah, K., A. Ekadinata, R. Ratna Sari, dan S. Rahayu. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan. Edisi ke-2. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, Brawijaya University, Malang, Indonesia xx p.

Haygreen, J.G. dan Bowyer. 1997. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu Suatu Pengantar. Hadikusumo SA, penerjemah; Prawirohatmodjo S, editor. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari: Forest Product and Science Wood Introduction.

Martial, T. 2010. Kajian Penguasaan Lahan pada Sistem Agroforestri : Studi Kasus Di Bahorok, Kabupaten Langkat. Jurnal Kultura Volume: 11 No. 1.

Murdiyarso, D., M. Widodo, dan Suyanto, D. 2002. *Fire Risks in Forest Carbon Projects in Indonesia*. Science in China (Series C). Vol 45 Supp: 65–74

Rahayu, S., B. Lusiana dan M. Van Noordwijk. 2007. Sistem Penggunaan Lahan di Kabupeten Nunukan, Kalimantan Timur.

Roshetko. M. J., M. Dealaney, K. Hairiah, dan P. Purnomosidhi. 2002. *Carbon Stock in Indonesia Homegarden Systems: Can Smallholder Systems be Targeted for Increased Carbon Stroage.* American Journal of Alternative Agroculture. International Centre for Research Agroforestry. Nairobi, Kenya.

Sugiharto C. 2002. Kajian Aluminium sebagai Faktor Pembatas Pertumbuhan Akar Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nelson). Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang. 64pp.

Utami, S. R., V. Bruno, M. Noordwijk, H. Kurniatun, dan A. S. Mustofa. 2003. Bahan Ajaran Agroforestri 9: Prospek Penelitian dan Pengembangan Agroforestri di Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF).

Widianto, H. Kurniatun, S. Didik, A. S. Mustofa. 2003. Fungsi dan Peran Agroforestri. World Agroforestry Centre (ICRAF).

Yuliasmara, A. Wibawa , A.A. Prawoto. 2009. Karbon Tersimpan pada Berbagai Umur dan Sistem Pertanaman Kakao: Pendekatan Allometrik. Pelita Perkebunan 25(2): 86-100.