

Carbon Sequestration Potential of Traditional Agroforestry System in Rimbo Panjang Village, Kampar Based on Tree Biomass

Mayta Novaliza Isda¹, Siti Fatonah^{1*}, Nur Zarah Oktarina¹, Yulminarti¹, Dewi Indriyani Roslim¹

¹Departement of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Riau-Pekanbaru, Indonesia:

Article History

Received : July 17th, 2024

Revised : July 30th, 2024

Accepted : August 28th, 2024

*Corresponding Author:

Siti Fatonah, Departement of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Riau University-Pekanbaru;

Email:

fath0104@gmail.com

Abstract: The traditional agroforestry industry is part of the *Forestry and Other Land Use Net Sink 2030 (FOLU Net Sink 2030)* strategy for low carbon development and climate resilience in Indonesia. This study aims to estimate the value of biomass, carbon stock, and carbon sequestration in traditional agroforestry systems in Rimbo Panjang Village, Kampar. Six plots (each measuring 20 x 20 meters) are used; three of the plots are 15 years old and three are 9 years old, respectively, for the conventional agroforestry system. Biomass, carbon stock and carbon sequestration were estimated at the tree, pole and sapling levels. Biomass calculations used allometric equations based on diameter at breast height (DBH) data. The results showed that carbon sequestration in Dusun 2 (618.2 tons/ha) was greater than in Dusun 1 (399 tons/ha), with an average carbon sequestration in both dusun of 508.6 tons/ha. Trees contribute the highest value of biomass, carbon stock, and carbon sequestration, which is 74%. The difference in the value of biomass, carbon stock, and carbon sequestration in traditional agroforestry systems in Rimbo Panjang Village is significantly influenced by the average stem diameter. The various trees that make up traditional agroforestry in Rimbo Panjang Kampar, which is generally in the yard, should ideally be maintained and developed because of their high carbon sequestration potential.

Keywords: Carbon sequestration, FOLU Net Sink, Rimbo Panjang, traditional agroforestry.

Pendahuluan

Pemanasan global terjadi akibat emisi gas rumah kaca dalam jumlah besar yang menyebabkan energi panas matahari terperangkap di atmosfer. Pemanasan global yang terjadi secara terus-menerus dapat menyebabkan perubahan iklim (Sivaraman, 2015; Zhong, 2016; Insusanty *et al.*, 2017). Salah satu penyebab pemanasan global yang terjadi di Provinsi Riau yaitu adanya alih fungsi lahan dan hutan yang dalam prosesnya dilakukan dengan cara pembakaran, khususnya pada lahan gambut. Akibatnya, jumlah karbon meningkat serta pepohonan yang berperan sebagai penyerap karbon berkurang (Alongi *et al.*, 2016). Salah satu strategi pemerintah untuk menurunkan emisi

karbon yaitu melalui *Forestry and Other Land Use Net Sink 2030 (FOLU Net Sink 2030)* di sektor kehutanan termasuk agroforestri. Melimpahnya kekayaan sumber daya hutan di Provinsi Riau diharapkan mampu berkontribusi lebih dalam *Indonesian's FOLU Net Sink 2030*. Salah satu pilihan utama dalam mengurangi emisi adalah dengan peningkatan serapan karbon melalui sistem agroforestri (Abbas *et al.*, 2017; Tefera *et al.*, 2019; Ghale *et al.*, 2022).

Agroforestri adalah sistem penanaman tanaman berkayu bersamaan dengan tanaman pertanian atau tanaman pakan ternak dalam bentuk campuran. Sistem agroforestri yang banyak terdapat di masyarakat adalah agroforestri tradisional. Agroforestri tradisional merupakan sistem agroforestri yang tidak

memiliki praktek budidaya tanaman pertanian yang intensif dengan struktur, fungsi, atribut sosio-ekonomi yang beragam. Struktur tegakan pada sistem agroforestri tradisional cenderung lebih kompleks karena pola tanamnya tidak teratur, sedangkan agroforestri modern lebih sederhana dan teratur karena biasanya memiliki jarak tanam yang jelas (Viswanath & Lubina, 2017; Achmad et al., 2022; Hidayatullah et al., 2022; Kasi et al., 2024).

Sistem agroforestri tradisional penting karena berperan dalam menyangga variabilitas iklim dengan baik akibat tutupan yang terdiri dari komponen pepohonan yang mampu menyerap karbon cukup tinggi (Meragiaw & Misganaw 2017). Kemampuan menyerap karbon dari agroforestri tradisional Register 39 Datar Setuju KPHL Batutegei, Tanggamus sebesar 534,73 ton/ha (Aprianto et al. 2016). Kemampuan menyimpan karbon dari agroforestri sederhana di Batutegei sebesar sebesar 765,61 ton/ha. (Wulandari et al. 2021).

Desa Rimbo Panjang, Kampar merupakan salah satu desa di Provinsi Riau yang mengembangkan agroforestri tradisional. Rimbo Panjang merupakan desa di Kecamatan Tambang yang berdekatan dengan Kota Pekanbaru. Luas wilayah Desa Rimbo Panjang sekitar 7.292,21 ha, sebagian besar berupa lahan gambut dan mayoritas penduduknya bekerja pada sektor pertanian. Agroforestri tradisional di Desa Rimbo Panjang umumnya berupa pekarangan rumah yang luasnya lebih dari 500 m², terdiri dari beberapa jenis tanaman antara lain tanaman karet, nanas, pinang, pisang, jambu, dan kakao (Wirawan 2019). Lahan gambut di Rimbo Panjang telah banyak dialihfungsikan menjadi pemukiman. Oleh karena itu keberadaan agroforestri tradisional yang ada di Desa Rimbo Panjang perlu dipertahankan. Upaya untuk mempertahankan agroforestri tradisional dapat dilakukan melalui pemahaman pentingnya agroforestri tradisional dalam mitigasi perubahan iklim. Peran tersebut dapat dipahami melalui potensi penyerapan karbon dari sistem agroforestri. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan nilai biomassa, stok karbon, dan serapan karbon pada sistem agroforestri tradisional di Desa Rimbo Panjang, Tambang, Kabupaten Kampar.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juni 2024 di Dusun 1 dan Dusun 2, Desa Rimbo Panjang, Tambang, Kampar, Riau.

Alat dan objek

Penelitian ini menggunakan alat meliputi meteran, tali rafia, kayu pancang, kamera *handphone*, timbangan, parang, dan alat tulis. Objek penelitian ini adalah lahan agroforestri tradisional yang terdapat di Dusun 1 dan Dusun 2, Desa Rimbo Panjang, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.

Metode pengambilan data

Pengambilan data dilakukan secara *purposive sampling* di Dusun 1 dan Dusun 2, Desa Rimbo Panjang. Jumlah plot yang dibuat adalah sebanyak 6 plot, terdiri dari 3 plot pada sistem agroforestri tradisional berumur 9 tahun di Dusun 1, dan 3 plot pada sistem agroforestri tradisional berumur ±15 tahun di Dusun 2. Plot dibuat dengan ukuran 20 m x 20 m atau dengan luas 400 m². Nama sampel dicatat dan dilakukan pengukuran terhadap keliling batang pada tingkatan pohon, tiang dan pancang. Nilai berat jenis kayu setiap pohon mengacu pada *Global Wood Density Database* (Siarudin et al. 2021).

Parameter pengamatan

Parameter yang diamatai yaitu : struktur tegakan, serta biomassa, stok karbon, dan serapan karbon. Parameter komposisi dan struktur tegakan meliputi kerapatan, rata-rata diameter batang dan basal area. Kerapatan total dihitung menggunakan rumus pada persamaan 1 (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974).

$$K \text{ Total} = \frac{\text{Jumlah individu}}{\text{Luas seluruh petak contoh}} \quad (1)$$

Keterangan:

K= Kerapatan (ind/ha)

Basal area dihitung menggunakan rumus persamaan 2 (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974).

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (2)$$

Keterangan:

BA = Basal area (m²/ha)

π = konstanta matematika (3,14)

D = Diameter (cm)

Biomassa pohon dilakukan dengan mengukur diameter pada pohon melalui keliling batang pohon tersebut. Kemudian data diameter pohon yang diperoleh diintegrasikan ke dalam persamaan allometrik Chave *et al.*, (2005).

$$AGB = p \times \exp(-0,667 + 1,784 \ln(D) + 0,207 (\ln(D))^2 - 0,0281 (\ln(D))^3) \quad (3)$$

Jenis palem-paleman (kelapa, pinang, sawit) data dianalisa dengan mengacu persamaan allometrik Brown (1997).

$$AGB = \exp(-2,134 + 2,530 \times \ln(D)) \quad (4)$$

Beberapa jenis tanaman yang sudah diketahui rumus allometriknya mengacu pada pada Tabel 1.

Tabel 1. Rumus allometrik beberapa jenis tanaman

No	Nama Ilmiah	Nama Lokal	Rumus Allometrik	Sumber
1	<i>Theobroma cacao</i>	Kakao	$AGB = 0.1208 \times D^{1.98}$	Hairiah <i>et al.</i> 2011
2	<i>Manilkara zapota</i>	Sawo	$AGB = \exp[-1,996 + 2,32 \times \ln(D)]$	Brown 1997
3	<i>Musa paradisiaca</i>	Pisang	$AGB = 0.030 \times D^{2.13}$	Arifin 2001
4	<i>Garcinia mangostana</i>	Manggis	$AGB = \exp[-1,996 + 2,32 \times \ln(D)]$	Brown 1997
5	<i>Citrus aurantiifolia</i>	Jeruk Nipis	$AGB = \exp[-1,996 + 2,32 \times \ln(D)]$	Brown 1997
6	<i>Hevea brasiliensis</i>	Karet	$AGB = 0,11 \times p \times D$	Stevannus & Sahuri 2014
7	<i>Dimocarpus longan</i>	Kelengkeng	$AGB = \exp[-1,996 + 2,32 \times \ln(D)]$	Brown 1997

Keterangan:

AGB = Above Ground Biomass (ton)

exp = eksponensial

p = Berat jenis kayu (g/cm³)

D = Diameter pohon (cm)

Penghitungan stok karbon menggunakan rumus pada persamaan 5.

$$\text{Stok karbon} = B \times \% \text{ C organik} \quad (5)$$

Keterangan:

B = Biomassa (ton)

% C organik = Persentase kandungan karbon (0,47) (BSN 2011)

Penghitungan serapan karbon menggunakan rumus pada persamaan 6.

$$\text{Serapan Karbon} = \text{Stok Karbon} \times 3,67 \quad (6)$$

Keterangan:

0,47 = Faktor koreksi

3,67 = Konversi dari C ke CO₂

Analisis data

Data dianalisis menggunakan uji T untuk menentukan perbedaan antara struktur tegakan, biomassa, stok karbon, dan serapan karbon pada

Dusun 1 dan Dusun 2. Hubungan antara struktur tegakan dengan biomassa, stok karbon, dan serapan karbon ditentukan menggunakan analisis regresi dan korelasi. Analisis data ini menggunakan *software Microsoft Excel*.

Hasil dan Pembahasan

Struktur tegakan pada sistem agroforestri tradisional di Desa Rimbo Panjang

Struktur tegakan yang diamati meliputi kerapatan, rerata diameter batang dan basal area pada tingkatan pohon, tiang dan pancang (Tabel 2). Kerapatan, rerata diameter batang dan basal area dari kedua dusun tidak berbeda secara signifikan, namun Dusun 2 menunjukkan kecenderungan yang lebih tinggi. Kerapatan paling tinggi pada golongan pancang, sedangkan rerata diameter batang dan basal area tertinggi pada golongan pohon.

Tabel 2. Struktur tegakan di Dusun 1 dan Dusun 2 Desa Rimbo Panjang

Struktur Tegakan	Tingkatan Tegakan	Dusun 1	Dusun 2	p	Rerata	%
Kerapatan (ind/ha)	Pohon	108±104,1	141±38,1	ns	125	24
	Tiang	117±94,6	200±156,1	ns	159	31
	Pancang	200±175	267±38,1	ns	234	45
Total		425	608		517	100

Rata-rata Diameter (cm)	Pohon	26±5,5	30±6,1	ns	28	56
	Tiang	14±2	15±2,3	ns	15	29
	Pancang	8±1,7	7±1,2	ns	8	15
Total		16	17,3		17	100
Basal Area (m²/ha)	Pohon	6±5,6	11±6,6	ns	8,5	73
	Tiang	1,6±0,9	3±2,0	ns	2,3	20
	Pancang	0,8±0,4	1±0,3	ns	0,9	8
Total		8,4	15		11,7	100

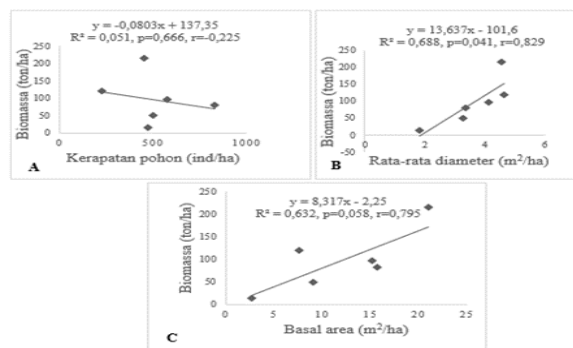
Keterangan:
 p: signifikansi (p>0,05)

Biomassa, stok karbon dan serapan karbon

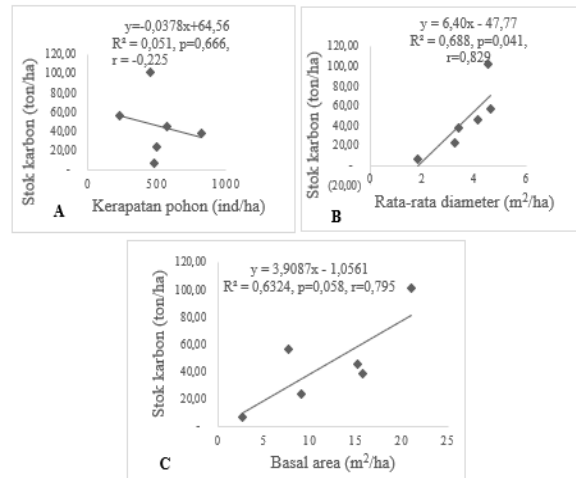
Biomassa, stok karbon dan serapan karbon berdasarkan uji T di kedua Dusun tidak berbeda nyata, namun dari angka menunjukkan Dusun 2 lebih tinggi dibandingkan dusun 1, untuk tingkatan pohon dan nilai total (Tabel 3). Secara umum pohon menyumbang nilai biomassa, stok karbon dan serapan karbon tertinggi (masing-masing 73,7%, 74,4% dan 74,4%), sedangkan pancang menyumbang biomassa, stok karbon dan serapan karbon paling rendah.

Hubungan antara biomassa, stok karbon, dan serapan karbon dengan struktur tegakan

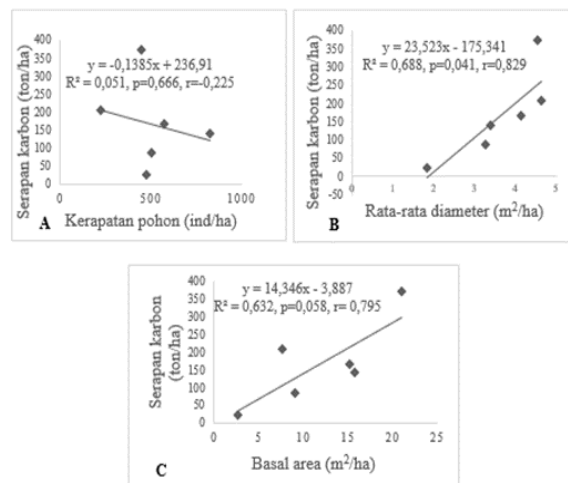
Hasil analisis regresi dan korelasi menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan antara nilai biomassa, stok karbon, dan serapan karbon dengan rerata diameter batang (dengan korelasi tinggi dengan nilai r=0,829), namun tidak terdapat hubungan signifikan dengan kerapatan dan basal area (Gambar 1, 2 dan 3).



Gambar 1. Hubungan antara biomassa dengan: (A) kerapatan pohon; (B) rata-rata diameter batang; (C) basal area



Gambar 2. Hubungan antara stok karbon dengan: (A) kerapatan pohon; (B) rata-rata diameter batang; (C) basal area



Gambar 3. Hubungan antara serapan karbon dengan: (A) kerapatan pohon; (B) rata-rata diameter batang; (C) basal area

Tabel 1. Nilai biomassa, stok karbon, dan serapan karbon pada sistem agroforestri tradisional Dusun 1 dan Dusun 2, Desa Rimbo Panjang

Variabel	Tingkat Tegakan	Dusun 1 (%)	Dusun 2 (%)	p	Rerata	%
Biomassa (ton/ha)	Pohon	138,1 (60%)	296,3 (83%)	ns	217,2	73,7
	Tiang	60,7 (26%)	46,3 (13%)	ns	53,5	18,1
	Pancang	32,6 (14%)	15,8 (4%)	ns	24,2	8,2
Total		231,4	358,4		294,9	100
Stok Karbon (tC/ha)	Pohon	64,9 (60%)	139,2 (84%)	ns	102	74,4
	Tiang	28,5 (26%)	21,7 (12%)	ns	25,1	17,8
	Pancang	15,3 (14%)	7,4 (4%)	ns	11,3	7,8
Total		108,7	168,4		138,5	100
Serapan Karbon (tC/ha)	Pohon	238,1 (60%)	511 (84%)	ns	374,5	74,4
	Tiang	104,6 (26%)	79,8 (12%)	ns	92,2	17,8
	Pancang	56,2 (14%)	27,2 (4%)	ns	41,7	7,8
Total		399	618,2		508,6	100

Keterangan:
 p: signifikansi ($p > 0,05$)

Pembahasan

Struktur tegakan pada sistem agroforestri tradisional di Desa Rimbo Panjang

Persentase kerapatan tertinggi terdapat pada tegakan tingkat pancang sebanyak 45%. Rata-rata kerapatan total pada Dusun 1 yaitu sebanyak 425 ind/ha, sedangkan pada Dusun 2 sebanyak 608 ind/ha. Nilai ini sedikit lebih rendah dari sistem agroforestri tradisional berbasis kacang mede di sekitar DAS Balangtieng, Kabupaten Bulukumba (Siarudin *et al.* 2021), dengan kerapatan pohon 642,5 ind/ha.

Kerapatan paling tinggi pada golongan pancang, sedangkan rerata diameter batang dan basal area tertinggi pada golongan pohon. Walaupun pohon menunjukkan kerapatan paling rendah namun nilai rerata diameter batang dan basal area paling tinggi. Ini karena pohon memiliki ukuran diameter batang yang lebih tinggi yaitu sekitar 1,93 kali lebih besar dari tiang dan 3,73 kali lebih besar dari pancang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Dusun 2 memiliki kerapatan, rata-rata diameter, dan basal area yang lebih tinggi dibandingkan dengan Dusun 1. Dusun 2 memiliki struktur tegakan yang lebih rapat dan lebih besar diameter pohonnya dibandingkan dengan Dusun 1. Nilai total basal area Dusun 2 (15 m²/ha) lebih tinggi dari Dusun 1 (8,4 m²/ha). Ini berhubungan perbedaan umur kedua agrorestri tersebut, yang mana Dusun 1 memiliki umur tanaman yang lebih muda (sekitar 9 tahun) dibandingkan Dusun 2 (sekitar 15 tahun). Dusun 2 dengan umur yang

lebih tua menunjukkan nilai kerapatan dan diameter pohon yang lebih tinggi.

Nilai basal area di kedua dusun adalah 11,7 m²/ha. Nilai basal area ini lebih rendah dibandingkan nilai basal area di lokasi lainnya. Nilai basal area pada lahan agroforestri di Lampung adalah sebesar 29,44 m²/ha (Minarningsih, 2022). Nilai basal area pada sistem agroforestri sederhana (berumur 5-10 tahun) sekitar 40 m²/ha dan agroforestri kompleks (berumur 10-20 tahun) di Desa Bambang, Wajak, Kabupaten Malang sekitar lebih dari 60 m²/ha (Prayogo *et al.*, 2021). Terdapat perbedaan basal area tiga sistem agroforestri tradisional yaitu agroforestri bertingkat (Multistory), agroforestri taman (Parkland) dan penebangan kayu (Woodlot) di Gozamen, masing-masing dengan nilai basal area 23,1 m²/ha; 5,91 m²/ha dan 43,29 m²/ha. Ketiga sistem tersebut berbeda berdasarkan komposisi tumbuhan penyusun, kerapatan dan umur tanaman (Getnet *et al.* 2023). Perbedaan nilai basal area pada berbagai sistem agroforestri berhubungan dengan umur pohon penyusun dan pengelolaannya.

Nilai biomassa, stok karbon dan serapan karbon

Pohon berkontribusi paling tinggi menyumbang nilai biomassa, stok karbon, dan serapan karbon, yaitu sebesar 74%, tiang berkontribusi sebesar 18% dan pancang memberikan kontribusi paling rendah yaitu sebesar 8%. Pohon menyumbang biomasa, stok karbon serapan paling tinggi berhubungan dengan

nilai rerata diameter pohon yang paling tinggi walaupun kerapatan pohon paling rendah. Hasil ini juga diperkuat dengan nilai basal area pohon yang paling tinggi yang merupakan nilai gabungan diameter dari semua pohon penyusun sistem agroforestri tersebut.

Dusun 1 mampu menyimpan karbon sebanyak 108,7 ton/ha, sedangkan Dusun 2 menyimpan karbon hingga 168,4 ton/ha, dengan nilai rerata 138,5 ton/ha. Terdapat perbedaan nilai stok karbon di beberapa sistem agroforestri pada beberapa lokasi. Stok karbon pada berbagai sistem agroforestri di Jawa Barat berkisar 36,8 sampai 108.6 ton/ha, dengan nilai tertinggi pada sistem agroforestri dengan campuran banyak pohon (Siarudin *et al.* 2021). Terdapat perbedaan stok karbon agroforestri tradisional di Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNMHS), Kampung Birang dan Kampung Merabu Jawa Barat, masing-masing 108,55 ton/ha; 202,25 ton/ha dan 178,63 ton/ha (Hartoyo *et al.*, 2022).

Hubungan antara biomassa, stok karbon, dan serapan karbon dengan struktur tegakan

Hubungan signifikan terjadi antara nilai biomassa, stok karbon, dan serapan karbon dengan rerata diameter batang, namun tidak ada hubungan signifikan dengan kerapatan dan basal area. Ini menunjukkan adanya hubungan yang cukup tinggi antara biomassa, stok karbon, serapan karbon dengan rata-rata diameter batang (masing-masing dengan nilai korelasi (r) yang sama yaitu 0,829). Namun demikian, nilai r cukup tinggi pada basal area ($r=0,795$), sedangkan pada kerapatan pohon lebih rendah ($r=-0,225$).

Nilai korelasi yang cukup tinggi antara biomassa, stok karbon, dan serapan karbon dengan rerata diameter batang dan nilai korelasi yang rendah dengan kerapatan ini berhubungan dengan lebih tingginya proporsi pohon dalam menyumbang biomassa, stok karbon dan serapan karbon (sekitar 73,7 sampai 74,4%, Tabel 3), jauh lebih tinggi dibandingkan tiang dan pancang. Oleh karena itu hubungan antara biomassa, stok karbon dan serapan karbon lebih terkait dengan kondisi struktur tegakan golongan pohon (Tabel 2), yang mana pohon menunjukkan rerata diameter batang paling tinggi. Walaupun pohon dengan kerapatan paling rendah, namun biomassa, stok karbon dan serapan karbon paling tinggi karena diameter batang paling tinggi.

Tingginya proporsi pohon dalam menyumbang stok karbon menunjukkan bahwa pohon berperan penting dalam penyerapan karbon (Afzal & Akhtar, 2013). Oleh karena itu keberadaan pohon pada sistem agroforestri tradisional yang umumnya di pekarangan rumah perlu dipertahankan.

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai stok karbon berhubungan dengan kondisi struktur tegakan. Terdapat korelasi yang tinggi antara stok karbon dengan basal area, namun korelasi yang rendah dengan kerapatan pohon (Siarudin *et al.*, 2021; Hartoyo *et al.*, 2022). Diameter terbukti merupakan faktor paling signifikan yang mempengaruhi penyerapan karbon pada pohon, sedangkan kerapatan tanaman tidak berpengaruh secara signifikan (Afzal & Akhtar, 2013). Biomassa berkorelasi positif dengan diameter pohon (Nuranisa *et al.*, (2020). Terdapat korelasi signifikan antara biomassa, stok karbon dan serapan karbon dengan basal area dan diameter batang, namun tidak terdapat korelasi signifikan dengan kerapatan pohon (Fatonah *et al.*, 2023). Ini menunjukkan bahwa perbedaan nilai stok karbon di berbagai sistem dan lokasi lebih dipengaruhi oleh rerata diameter batang dan basal area dibandingkan dengan kerapatan pohon. Diameter batang berhubungan dengan umur pohon. Semakin tinggi umur pohon maka kemampuan pohon dalam menyerap karbon semakin tinggi (Köhl *et al.*, 2017; Oktan & Atar, 2023).

Kesimpulan

Serapan karbon di Dusun 2 (618,2 ton/ha) lebih besar dibandingkan Dusun 1 (399 ton/ha), rerata serapan karbon dikedua dusun yaitu 508,6 ton/ha. Pohon berkontribusi paling tinggi menyumbang nilai biomassa, stok karbon, dan serapan karbon, yaitu sebesar 74%. Perbedaan nilai biomassa, stok karbon, dan serapan karbon pada sistem agroforestri tradisional di Desa Rimbo Panjang dipengaruhi secara signifikan oleh rata-rata diameter batang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Riau

melalui dana DIPA LPPM. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang banyak berkontribusi menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Abbas, F., Hammad, H. M., Fahad, S., Cerdà, A., Rizwan, M., Farhad, W., ... & Bakhat, H. F. (2017). Agroforestry: a Sustainable Environmental Practice for Carbon Sequestration Under the Climate Change Scenarios—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24: 11177-11191. DOI 10.1007/s11356-017-8687-0
- Alongi, D. M., Murdiyarso, D., Fourqurean, J. W., Kauffman, J. B., Hutahaean, A., Crooks, S., ... & Wagey, T. (2016). Indonesia's Blue Carbon: A Globally Significant and Vulnerable Sink for Seagrass and Mangrove Carbon. *Wetlands ecology and management*, 24: 3-13. DOI 10.1007/s11273-015-9446-y
- Afzal, M., & Akhtar, A. M. (2013). Factors Affecting Carbon Sequestration in Trees. *Journal of Agricultural Research* (03681157), 51(1).
- Aprianto D, Wulandari C, Masruri N.W. (2016). Karbon Tersimpan pada Kawasan Sistem Agroforestri di Register 39 Datar Setuju KPHL Batutegei Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari*, 4: 21-30.
- Brown S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. Rome: FAO Forestry Paper.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2011. SNI 7724: Pengukuran Dan Penghitungan Cadangan Karbon—Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Chave J, Andalo C, Brown S, Cairns MA, Chambers JQ, Eamus D, Fölster H, Fromard F, Higuchi N, Kira T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145:87–99. DOI 10.1007/s00442-005-0100-x
- Fatonah, S., Hamidy, R., Mulyadi, A., & Efriyeldi, E. (2023). Biomass, Carbon Stock and Sequestration in Various Conditions of Mangrove Forests in Sungai Apit, Siak, Riau, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(11): 5837-5846. DOI <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241101>
- Ghale, B., Mitra, E., Sodhi, H. S., Verma, A. K., & Kumar, S. (2022). Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems and Its Potential In Climate Change Mitigation. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7): 228.
- Getnet, D., Mekonnen, Z., & Anjulo, A. (2023). The potential of traditional agroforestry practices as nature-based carbon sinks in Ethiopia. *Nature-Based Solutions*, 4(100079): 2772-4115. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100079>
- Hartoyo, A. P. P., Prasetyo, L. B., Siregar, I. Z., Theilade, I., & Siregar, U. J. (2019). Carbon Stock Assessment Using Forest Canopy Density Mapper in Agroforestry Land in Berau, East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(9): 2661-2676.
- Hidayatullah, M., Susila, I. W. W., & Maring, A. J. (2022). Sistem Agroforestri Tradisional di Sumbawa: Karakteristik, Komoditas Utama dan Kontribusinya terhadap Kehidupan Masyarakat. *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, 8(2): 249-261. DOI: <https://doi.org/10.46703/jurnalpapuasia.Vol8.Iss2.357>
- Kasi, N., Ohorella, S., & Irnawati, I. (2024). Struktur dan Komposisi serta Profil Agroforestri Tradisional di Kampung Teluk Dore Kabupaten Sorong. *Agriva Journal (Journal of Agriculture and Sylva)*, 2(1): 11-20. DOI: <https://doi.org/10.33506/agriva.v2i1.3139>
- Köhl, M., Neupane, P. R., & Lotfiomran, N. (2017). The Impact of Tree Age on Biomass Growth and Carbon Accumulation Capacity: A Retrospective Analysis Using Tree Ring Data of Three Tropical Tree Species Grown in Natural Forests of Suriname. *Plos one*, 12(8): 1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181187>
- Lin, T., Catacutan, D., van Noordwijk, M., Mulia, R., Simelton, E., Nguyen, Q. T., &

- Finlayson, R. F. (2021). World Agroforestry (ICRAF); CGIAR Research Program on Forests, Trees and Agroforestry. Los Baños, Philippines: Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture.
- Insusanty, E., Ikhwan, M., & Sadjati, E. (2017). Kontribusi Agroforestri dalam Mitigasi Gas Rumah Kaca Melalui Penyerapan Karbon. *Jurnal Hutan Tropis*, 5(3): 181-187. DOI: <http://dx.doi.org/10.20527/jht.v5i3.4784>
- Meragiaw, M. (2017). Role of Agroforestry and Plantation on Climate Change Mitigation and Carbon Sequestration in Ethiopia. *Journal of Tree Sciences*, 36: 1-15. DOI: 10.5958/2455-7129.2017.00001.2
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H. (1974). Aims and Methods of Vegetation Ecology. Canada (CA): J Wiley.
- Minarningsih, M. (2022). Komposisi, Keragaman dan Profil Tanaman Agroforestri di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Composition, Diversity, and Profile of Agroforestry Plants in Wan Abdul Rachman Grand Forest Park). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 19(2): 91-110.
- Nuranisa S. (2020). Hubungan umur dengan stok karbon pohon duku (*Lansium parasiticum*) di Desa Kalikajar Kecamatan Kaligondang Kabupaten Purbalingga. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2: 146 – 151. DOI: <https://doi.org/10.20884/1.bioe.2020.2.1.1866>
- Oktan, E., & Atar, N. (2023). The Role of Monumental Trees in Carbon Storage. International Congress on Engineering and Life Science. 20-22 September 2023.
- Prayogo, C., Waskitho, A. H., & Muthahar, C. (2021). The consequence of increasing Tree Diversity was Reducing Tree Basal Area at Across Different Management of Agroforestry System of Bangsri Watershed. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 743(1): p. 012050. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/743/1/012050
- Siarudin, M., Rahman, S. A., Artati, Y., Indrajaya, Y., Narulita, S., Ardha, M. J., & Larjavaara, M. (2021). Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems in Degraded Landscapes in West Java, Indonesia. *Forests*, 12(6), 714. <https://doi.org/10.3390/f12060714>
- Sivaramanan, S. (2015). Global Warming and Climate Change, Causes, Impacts and mitigation. *Central environmental authority*, 2(4): 1-27. DOI: 10.13140/RG.2.1.4889.7128
- Tefera, Y., Hailu, Y., & Siraj, Z. (2019). Potential of Agroforestry for Climate Change Mitigation through Carbon Sequestration: Review Paper. *Agriculture Research & Technology Open Access Journal*, 22(3):63-68. DOI: 10.19080/ARTOAJ.2019.22.556196
- Viswanath, S., & Lubina, P. A. (2017). Traditional Agroforestry Systems. *Agroforestry: Anecdotal to Modern Science*, 91-119. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7650-3_3
- Wirawan R. (2019). Alih fungsi lahan dan petani nenas di Desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar. *JOM FISIP*. 6: 1-13.
- Wulandari C, Harianto SP, Novasari D. (2021). Pendugaan stok karbon pada pola tanam agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks di KPH Batutegi, Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Belantara*, 4:1-10.
- Zhong, C. X. (2016). Causes of Global Climate Change. *International Journal of Global Warming*, 10(4): 482-495. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2016.079784>