

Potensi cadangan karbon di Lembo Durian dan Hutan Sekunder di Kampung Intu Lingau Kecamatan Nyuatan Kabupaten Kutai Barat

Agatha Lastika Patmawati¹, Karyati^{1*}, Paulus Matius¹

¹Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman
Kampus Gunung Kelua, Jalan Penajam, Samarinda 75123

*E-mail: karyati@fahatan.unmul.ac.id; karyati.hanapi@yahoo.com

Artikel diterima : 26 April 2024 Revisi diterima 3 Juni 2024

ABSTRACT

The culture inherent in the Dayak Benuaq community, one of whom lives in Intu Lingau Village, is to plant lembo (fruit gardens) around settlements. The aim of this research is to estimate biomass potential, carbon reserves and uptake, as well as oxygen production in Lembo durian and secondary forests of different ages in Intu Lingau Village, Nyuatan District, West Kutai Regency, East Kalimantan Province. Three research plots each measuring 20 m × 20 m were created in four locations, namely old secondary forest, young secondary forest, old Lembo durian and young Lembo durian. Biomass and carbon stocks in old secondary forests (113.42 and 53.62 tonnes/ha), young secondary forests (49.57 and 23.30 tonnes/ha), old durian lembo (114.07 and 53.62 tonnes/ha), and young durian lembo (65.35 and 30.71 tonnes/ha). The potential for carbon dioxide absorption is 195.47; 85.43; 196.61; and 112.64 tonnes/ha in old secondary forest, young secondary forest, old lembo durian and young lembo durian. Old lembo durian and old secondary forest produce more oxygen (33%) than young lembo durian (19%) and young secondary forest (15%). Information about carbon stocks and oxygen uptake in lembo durian and secondary forest can be used in carbon trading calculation and forest land management in general.

Keyword: Biomass potential, carbon reserves, carbon uptake, lembo durian, secondary forest.

ABSTRAK

Kebudayaan yang melekat pada masyarakat Dayak Benuaq dan salah satunya yang tinggal di Kampung Intu Lingau yaitu kebiasaan membangun lembo (kebun buah) di sekitar pemukiman. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengestimasi potensi biomassa, cadangan dan serapan karbon, serta produksi oksigen di lembo durian dan hutan sekunder berbeda umur di Kampung Intu Lingau, Kecamatan Nyuatan, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur. Tiga plot penelitian masing-masing berukuran 20 m × 20 m dibuat pada empat lokasi yaitu hutan sekunder tua, hutan sekunder muda, lembo durian tua, dan lembo durian muda. Biomassa dan cadangan karbon di hutan sekunder tua (113,42 dan 53,62 ton/ha), hutan sekunder muda (49,57 dan 23,30 ton/ha), lembo durian tua (114,07 dan 53,62 ton/ha), dan lembo durian muda (65,35 dan 30,71 ton/ha). Potensi serapan karbondioksida masing-masing sebesar 195,47; 85,43; 196,61; dan 112,64 ton/ha di hutan sekunder tua, hutan sekunder muda, lembo durian tua dan lembo durian muda. Lembo durian tua dan hutan sekunder tua memproduksi oksigen lebih besar (33%) dibandingkan lembo durian muda (19%) dan hutan sekunder muda (15%). Informasi tentang cadangan karbon dan serapan oksigen di lembo durian dan hutan sekunder dapat digunakan dalam perhitungan perdagangan karbon dan pengelolaan lahan berhutan pada umumnya.

Kata kunci: Cadangan karbon, hutan sekunder, lembo durian, potensi biomassa, serapan karbon.

PENDAHULUAN

Hutan hujan tropis penting dalam konteks perubahan iklim karena mampu menyimpan cadangan karbon dalam biomassa dan tanah, serta keanekaragaman hayati yang tinggi (Duan dkk., 2020; Green dkk., 2022; Liu dkk., 2023; Moomaw dkk., 2020; Njana dkk., 2021; Titus dkk., 2021). Hutan sekunder, kebun tradisional, dan bentuk lahan terbiarkan lainnya memiliki peran penting dalam aspek ekologi dan ekonomi (Karmini dkk., 2020a; Karmini dkk., 2020b; Karmini dkk., 2021). Hutan sekunder yang pulih setelah gangguan saat ini meliputi separuh hutan tropis dunia (Aryal dkk.,

2024) berperan sebagai penyimpan dan penyerap karbon (Karyati dkk., 2019a; Karyati dkk., 2019b; Karyati dkk., 2021; Karyati dkk., 2023; Labrière dkk., 2023; Yang dkk., 2019). Hutan sekunder dapat dimanfaatkan untuk restorasi ekosistem dan konservasi keanekaragaman hayati (Poorter dkk., 2021), sehingga dapat meminimalisir kondisi perubahan global yang diperkirakan akan semakin parah (Trogisch dkk., 2021). Hutan yang hanya terdiri dari satu spesies pohon rentan terhadap kerusakan biotik (Huuskonen dkk., 2021). Ketika hutan kehilangan keanekaragaman ekologisnya maka akan terjadi penurunan potensi penyerapan

karbon dan mitigasi perubahan iklim yang secara signifikan akan mengakibatkan meningkatnya suhu global (Han dkk., 2023; Karyati, 2019; Karyati dkk., 2020; Rawal dan Dhar, 2001; Verma dkk., 2024; Zhang, 2023). Hampir sepertiga karbondioksida (CO₂) (2,6 miliar ton C) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil diserap oleh hutan setiap tahunnya (IUCN, 2021).

Beragam praktik adaptasi perubahan iklim dilakukan seperti penanaman kembali, mengubah komposisi spesies, dan mengadopsi atau mengubah teknologi (Fischer dkk., 2024; Kauppi dkk., 2022). Lembo atau munaan (*kalaangk/duyaant*) adalah kebun buah tradisional campuran, yang terdiri dari jenis-jenis buah lokal, dengan dimensi pohon yang berbeda-beda dan ditanam secara tidak teratur serta bercampur dengan jenis-jenis tumbuhan yang tumbuh secara alami memainkan peran penting dalam menyimpan karbon atmosfer dalam vegetasi sebagai biomassa di atas tanah (*Above Ground Biomass*, AGB) (Lowe dkk., 2022; Matius dkk., 2014). Keberadaan lembo bagi suku Dayak Benuaq dan Tunjung di Kalimantan mempunyai banyak fungsi dalam konteks lokal, dimana masyarakat lokal sebagian besar memanfaatkan sebagai sumber buah-buahan, kayu, tanaman obat, peralatan, dan legalitas kepemilikan lahan (Matius dkk., 2018). Pemanfaatan hutan sekunder, kebun tradisional, dan lahan terbiarkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan menunjang pelaksanaan program pembangunan (Karmini dkk., 2020a; Karmini dkk., 2020; Karmini dkk., 2021).

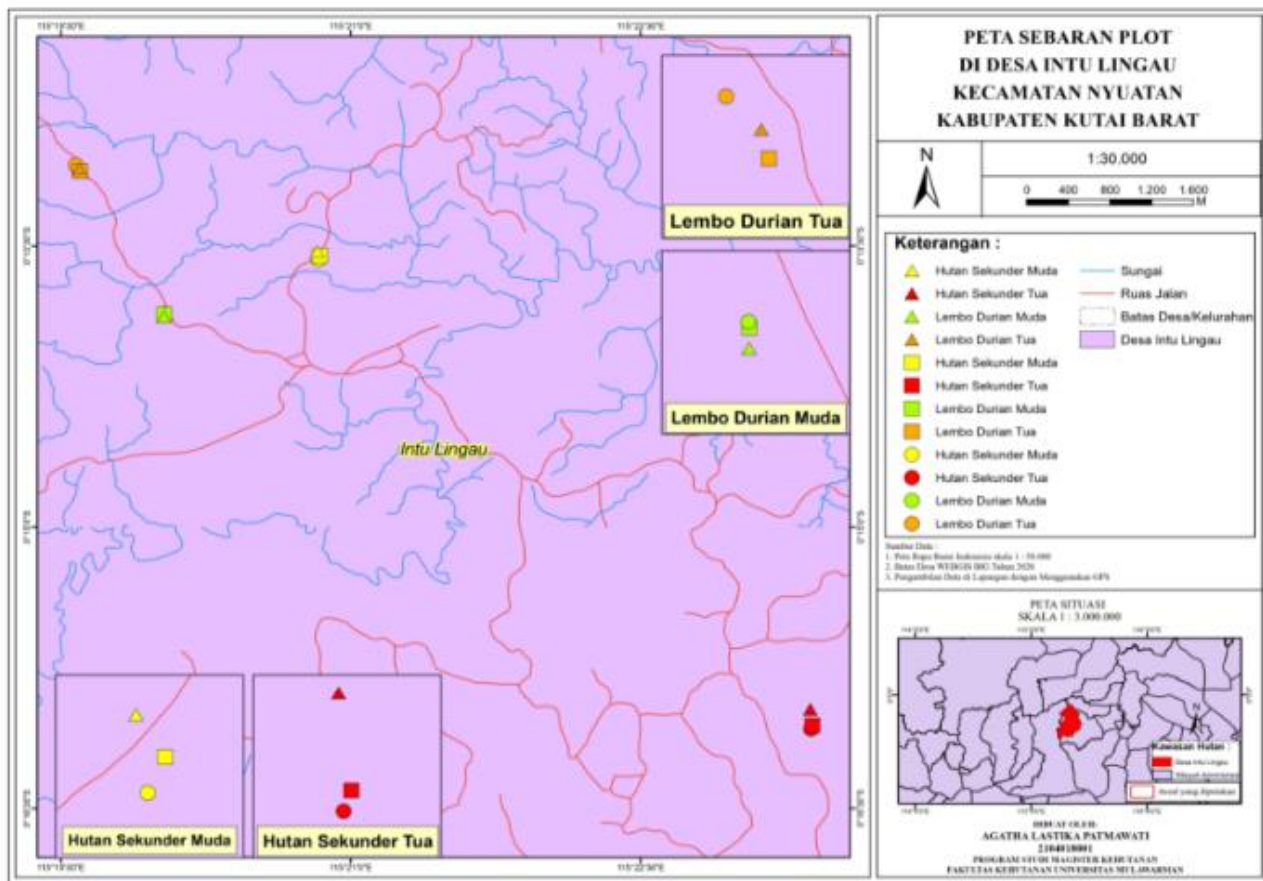
Interaksi antara besarnya perubahan iklim, ekosistem, dan keanekaragaman lanskap menentukan perubahan kawasan hutan, kelimpahan spesies, perubahan antar jenis atau jenis pohon baru, atau peralihan ke kawasan bioma non-hutan (Frelich, 2020). Optimalisasi kebun rumah dan

kebun pekarangan dalam hal penyimpanan karbon atmosfer sebagai AGB mempunyai dampak terhadap kesejahteraan dan kesehatan, nutrisi, pengurangan jejak karbon, keanekaragaman hayati dan konservasi alam, dan isu-isu mendasar untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), serta sebagai strategi dalam memitigasi dampak perubahan iklim dan membantu ketahanan pangan lokal (Lowe dkk., 2022; Santos dkk., 2020). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi biomassa, jumlah cadangan karbon, serapan karbon, dan produksi oksigen di lembo durian (kebun buah tradisional campuran yang didominasi pohon durian) dan hutan sekunder berbeda umur di Kampung Intu Lingau, Kecamatan Nyuatan, Kabupaten Kutai Barat. Informasi tentang potensi cadangan karbon dan produksi oksigen di lembo durian dan hutan sekunder dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pengelolaan kebun buah tradisional dan hutan sekunder.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kampung Intu Lingau, Kecamatan Nyuatan, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur. Plot penelitian terdiri dari empat lokasi penelitian yaitu di lembo durian muda, lembo durian tua, hutan alam muda, dan hutan alam tua masing-masing sebanyak 3 plot. Perkiraan umur lembo durian muda dan hutan alam muda adalah sekitar 30 tahun, sedangkan umur lembo durian tua dan hutan alam tua adalah sekitar 50 tahun. Informasi tentang umur pada masing-masing lokasi penelitian diperoleh dari kepala adat dan masyarakat setempat yang telah lama tinggal di kawasan tersebut. Peta lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Kampung Intu Lingau, Kecamatan Nyuatan, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur.

Prosedur Penelitian

Pembuatan plot sampel, analisis biomassa, dan perhitungan stok karbon pada penelitian ini mengacu pada SNI 7724:2019. Plot penelitian dibuat pada empat (4) lokasi yaitu di lembo durian muda, lembo durian tua, hutan alam muda, dan hutan alam tua masing-masing sebanyak 3 plot. Penentuan dan pembuatan masing-masing plot penelitian tersebut berdasarkan kondisi lapangan dan mewakili tiap-tiap tutupan vegetasi yang diteliti. Ukuran plot yang dibuat adalah 20 m × 20 m untuk pengukuran tingkat pohon, di dalam plot tersebut dibuat sub plot masing-masing untuk tingkat tiang berukuran 10 m × 10 m, tingkat pancang berukuran 5 m × 5 m, dan tingkat semai (tumbuhan bawah dan serasah) berukuran 2 m × 2 m. Untuk pengukuran biomassa dilakukan pengukuran diameter setinggi dada (*Diameter at Breast Height, DBH*) seluruh pohon, tiang, dan pancang pada ketinggian 1,3 meter dari atas permukaan tanah dalam plot penelitian. Sedangkan pengukuran biomassa tumbuhan bawah dilakukan dengan metode 'destructive' (merusak

bagian tanaman) dan menimbang berat basah sampel dan total secara langsung di lapangan. Tumbuhan bawah yang diambil sebagai contoh adalah semua tumbuhan hidup berupa tanaman tidak berkayu, baik yang merambat maupun tidak merambat (herba dan rerumputan). Sampel tumbuhan bawah dari lapangan kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven di laboratorium dengan kisaran suhu 70°C sampai dengan 105°C hingga mencapai berat konstan untuk mendapatkan berat kering sampel sesuai SNI 7724:2019 (BSN, 2019). Pengukuran biomassa pohon mati rebah dilakukan dengan mengukur diameter batang pada pangkal dan ujung batang, serta panjang pohon yang rebah.

Analisis Data

Perhitungan Biomassa dan Cadangan Karbon

Perhitungan biomassa di atas permukaan tanah pada masing-masing lokasi penelitian menggunakan rumus sebagai berikut (Karyati dkk., 2021):

$$\ln AGB = 1,492 \times \ln (DBH) + 0,117 (P < 0,001; \text{Adj } R^2 = 0,748; \text{RMSE} = 1,963)$$

di mana: AGB adalah *above ground biomass* (biomassa di atas permukaan tanah dan DBH adalah *Diameter at Breast Height* (diameter setinggi dada). Penggunaan persamaan allometrik tersebut berdasarkan beberapa pertimbangan antara lain terdapatnya kesamaan sejarah dan tipe penggunaan lahan serta wilayah penelitian.

Biomassa tumbuhan bawah dalam petak ukur dihitung menggunakan rumus SNI 7724:2019 (BSN, 2019):

$$B_{otb} = \frac{(Bk_s \times Bb_t)}{Bb_s}$$

di mana: B_{otb} adalah total biomassa/bahan organik tumbuhan bawah (kg), Bk_s adalah berat kering contoh (kg), Bb_t adalah berat basah total (kg), dan Bb_s adalah berat basah contoh (kg).

Pengukuran karbon semai, tumbuhan bawah, pancang, tiang, dan pohon, serta bahan organik pohon mati mengikuti SNI 7724:2019 (BSN, 2019). Pengukuran biomassa pohon mati dilakukan dengan mengukur semua pohon mati yang ada di dalam plot. Jika ada sebagian kayu berada di luar plot, panjang kayu yang diukur adalah yang berada di dalam plot. Rumus untuk menghitung biomassa pohon mati berdasarkan metode geometrik berdasarkan SNI 7724:2019 (BSN, 2019):

$$B_{opm} = V_{pm} \times BJ_{pm}$$

di mana: B_{opm} adalah total bahan organik pohon mati (kg), V_{pm} adalah volume pohon mati (m^3), dan BJ_{pm} adalah berat jenis kayu pohon mati (kg/m^3).

Perhitungan Kemampuan Vegetasi Menyerap Karbondioksida

Untuk mengetahui besarnya karbondioksida yang diserap oleh vegetasi digunakan perbandingan massa atom relatif C (12) dengan massa molekul CO_2 (44) (Pal dkk., 2019; Schöngart dkk., 2011):

$$CO_2 Ekuivalen = \left(\frac{44}{12}\right) \times Stok Karbon$$

Perhitungan Kemampuan Vegetasi Memproduksi Oksigen

Kemampuan memproduksi oksigen ke udara oleh vegetasi diperoleh dengan mengkonversi massa atom relatif O_2 dan membagi dengan massa molekul CO_2 (Pal dkk., 2019; Schöngart dkk., 2011):

$$O_2 Ekuivalen = \left(\frac{32}{44}\right) \times CO_2 Ekuivalen$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Jenis Vegetasi di Lembo Durian dan Hutan Sekunder

Komposisi jenis vegetasi di lembo durian sebagian besar tentunya didominasi oleh durian, pemeliharaan dan pemanfaatan durian oleh warga setempat dinilai cukup baik sehingga memiliki hasil yang menjanjikan untuk meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar. Komposisi jenis vegetasi di lembo durian muda dan tua ditumbuhi jenis-jenis yang termasuk famili non-Dipterocarpaceae. Jumlah pohon durian yang ditemui pada plot lembo durian muda adalah 13 pohon, 1 tiang, 1 pancang, dan 12 semai. Jumlah individu dan jumlah jenis di lembo durian muda adalah 22 dan 6 untuk tingkat pohon, 16 dan 5 untuk tingkat tiang, 2 dan 2 untuk tingkat pancang, dan 19 dan 4 untuk tingkat semai. Sebanyak 18 pohon durian ditemui di lembo durian tua, sedangkan durian tingkat tiang, pancang, dan semai tidak dijumpai. Jumlah individu yang ditemui di lembo durian tua masing-masing 25, 1, dan 15 untuk tingkat pohon, tiang, dan semai. Sedangkan sebanyak 5, 1, dan 9 jenis dijumpai berturut-turut untuk tingkat pohon, tiang, dan semai. Komposisi jenis vegetasi pada lembo durian muda dan tua disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Jenis pohon dan non pohon yang ditanam di lembo baik jenis buah maupun non buah diklasifikasi menurut besarnya perawakan pohon yang bertujuan untuk pengaturan jarak tanam dan ruang tumbuh, sehingga nantinya terbangun lembo yang mempunyai keanekaragaman jenis buah yang tinggi dan yang struktur vertikalnya berlapis (Matius dkk., 2014). Jenis-jenis pohon buah yang biasa ditemukan di munaan lou Mencimai adalah *Lansium domesticum*, *Durio zibethinus*, *Nephelium* sp., *Artocarpus integer*, *Nephelium lappaceum*, *Baccaurea macrocarpa*, dan *Baccaurea edulis*. Sedangkan *D. zibethinus*, *L. domesticum*, *Artocarpus anisophyllus*, *A. integer*, *Nephelium uncinatum*, dan *B. macrocarpa* adalah jenis buah dominan di munaan luuq Sekolaq Darat (Matius dkk., 2018). Jenis-jenis yang paling dominan pada plot penelitian pada kebun tradisional terbiarkan lebih dari 44 tahun di Kalimantan Timur adalah *Macaranga triloba* (INP=46,16), *Macaranga tanarius* (INP=22,97), dan *Nephelium lappaceum* (INP=20,94) (Karmini dkk., 2020).

Tabel 1. Komposisi jenis vegetasi di lembo durian muda

Nama Latin		Nama Lokal	Jumlah	Nama Latin	Nama Lokal	Jumlah
Pohon			Tiang			
Non Dipterocarpaceae						
<i>Durio zibethinus</i> Murr		Durian	13	<i>Artocarpus lanceifolius</i>	Keledang	1
<i>Artocarpus lanceifolius</i>		Keledang	1	<i>Durio zibethinus</i> Murr	Durian	1
<i>Mangifera odorata</i> Griffith		Asam Kuwini	1		Melenaon	1
<i>Niphelium lappaceum</i> L.		Rambutan	3		Semeneo	1
<i>Theobroma cacao</i> L.		Kakao	4	<i>Theobroma cacao</i> L.	Kakao	12
Jumlah individu			22			16
Jumlah jenis			5			5
Diameter Rataan (cm)			36,45			14
Tinggi Rataan (m)			25,81			8,81
Pancang			Semai			
Non Dipterocarpaceae						
<i>Baccaurea macrocarpa</i>		Kapul	1	<i>Archidendron jiringa</i> (Jack) Nielsen	Jengkol	1
<i>Durio zibethinus</i> Murr		Durian	1	<i>Durio zibethinus</i> Murr	Durian	12
				<i>Strombosia javanica</i> Blume	Kelaer	4
					Semeneo	2
Jumlah individu			2			19
Jumlah jenis			2			4
Diameter Rataan (cm)			6,85			2,91
Tinggi Rataan (m)			54,5			4,44

Keterangan: Data diperoleh dari 3 plot masing-masing berukuran 20 m × 20 m untuk tingkat pohon, 10 m × 10 m untuk tingkat tiang, 5 m × 5 m untuk tingkat pancang, dan 2 m × 2 m untuk tingkat semai.

Tabel 2. Komposisi jenis vegetasi di lembo durian tua

Nama Latin		Nama Lokal	Jumlah	Nama Latin	Nama Lokal	Jumlah
Pohon			Tiang			
Non Dipterocarpaceae						
<i>Artocarpus lanceifolius</i>		Keledang	3		Rosok	1
<i>Baccauraea pyriformis</i> Gage		Keliwant	1			
<i>Durio kutejensis</i> Hassk. & Becc.		Lai	1			
<i>Durio zibethinus</i> Murr		Durian	18			
<i>Niphelium lappaceum</i> L.		Rambutan	1			
<i>Mangifera indica</i> L.		Asam Empelamp	1			
<i>Niphelium lappaceum</i> L.		Rambutan	1			
Jumlah individu			25			1
Jumlah jenis			5			1
Diameter Rataan (cm)			47,2			12
Tinggi Rataan (m)			36,08			30
Pancang			Semai			
Non Dipterocarpaceae						
				<i>Arenga pinata</i> Merr.	Aren	1
				<i>Artocarpus dadah</i> Miq	Darak	1
				<i>Fordia splendissima</i> (Blume ex Miq)	Keranyiiq	1
				<i>Niphelium lappaceum</i> L.	Rambutan	3
				<i>Strombosia javanica</i> Blume	Kelaer	2
				<i>Willughbeia sarawacensis</i>	Gintan	1
					Semeneo	1
					Siwo	1
					Beleknng	1
Tidak Teridentifikasi						
				Sp. 1		4
Jumlah individu						15
Jumlah jenis						9
Diameter Rataan (cm)						4,76
Tinggi Rataan (m)						48,8

Keterangan: Data diperoleh dari 3 plot masing-masing berukuran 20 m × 20 m untuk tingkat pohon, 10 m × 10 m untuk tingkat tiang, 5 m × 5 m untuk tingkat pancang, dan 2 m × 2 m untuk tingkat semai.

Komposisi jenis vgetasi di hutan sekunder muda masih didominasi oleh jenis-jenis famili non Dipterocarpaceae sepertihalnya lembo durian muda dan tua. Jumlah individu dan jumlah jenis yang dijumpai sebanyak 23 dan 12; 18 dan 12; 9 dan 5; serta 10 dan 3 masing-masing untuk tingkat pohon, tiang, pancang, dan semai. Jenis pohon buah juga ditemui di hutan sekunder muda seperti cempedak dan durian (Tabel 3). Hutan sekunder tua didominasi jenis-jenis meranti dari famili Dipterocarpaceae dan resek (*Vatica* spp) dari famili non-Dipterocarpaceae. Jenis-jenis dari famili Dipterocarpaceae yang dijumpai adalah meranti (*Shorea* spp), bengkirai (*Shorea laevis*), keruing (*Dipterocarpus* spp), dan tengkawang (*Shorea* spp). Jenis resek (*Vatica* sp.) ditemui dominan untuk jenis non Dipterocarpaceae masing-masing sebanyak 6 pohon, 5 tiang, 6 pancang, dan 1 semai. Tingkat pohon di hutan sekunder tua ditemui 35 individu dan 9 jenis, sedangkan tingkat tiang 27 individu dan 10 jenis. Sebanyak 30 individu yang termasuk dalam 7 jenis pancang dan 32 individu yang termasuk 5 jenis dijumpai di hutan sekunder tua (Tabel 4). Beberapa aktivitas yang dapat menyebabkan deforestasi di hutan sekunder tua diantaranya adalah penebangan hutan secara ilegal oleh penduduk setempat.

Tabel 3. Komposisi jenis vegetasi di hutan sekunder muda

Nama Latin	Nama Lokal	Jumlah	Nama Latin	Nama Lokal	Jumlah
Pohon			Tiang		
Non Dipterocarpaceae			Non Dipterocarpaceae		
<i>Artocarpus integer</i> (Thunb.) Merr	Cempedak	2	<i>Artocarpus integer</i> (Thunb.) Merr	Cempedak	1
<i>Bridelia glauca</i> Bl.	Belenyaoon	3	<i>Baccaurea macrocarpa</i>	Kapul	1
<i>Calicaptra pentandra</i> Roxb	Ampaaq	1	<i>Bridelia glauca</i> Bl	Belenyaoon	3
<i>Durio zibethinus</i> Murr	Durian	2	<i>Ficus aurata</i> (Miq.) Miq	Empaar	1
<i>Gluta renghas</i> L.	Rengas	1	<i>Glochidion obscurum</i> (Roxb. ex Willd.) Bl.	Mentawango	1
<i>Macaranga gigantean</i> (Rhcb.f. & Zoll) Muell. Arg.	Bengkuukng	2	<i>Horstfieldia grandis</i> (Hk. F.) Warb	Deraya Sepatukng	1
<i>Parkia speciosa</i>	Petai	1	<i>Parkia speciosa</i>	Petai	1
<i>Vitex pinnata</i> L	Kelepapaaq	6	<i>Vitex pinnata</i> L	Kelepapaaq	3
	Berempanak	1		Berempanak	2
	Potungk	1		Pengo	1
	Temias	1		Potung	1
	Tino Papuluk	1		Wangun	2
Jumlah individu		23			18
Jumlah jenis		12			12
Diameter Rataan (cm)		25,13			12,67
Tinggi Rataan (m)		12,39			8,27
Pancang			Semai		
Non Dipterocarpaceae			Non Dipterocarpaceae		
<i>Artocarpus integer</i> (Thunb.) Merr	Cempedak	1	<i>Artocarpus integer</i> (Thunb.) Merr	Cempedak	1
<i>Ficus aurata</i> (Miq.) Miq	Empaar	1	<i>Ficus uncinata</i> (King) Becc	Laliq	2
<i>Ficus uncinata</i> (King) Becc	Laliq	5			
<i>Fordia splendissima</i> (Blume ex Miq)	Keranyiiq	1			
	Pengo	1			
			Tidak Teridentifikasi		
			Sp 1		7
Jumlah individu		9			10
Jumlah jenis		5			3
Diameter Rataan (cm)		3,5			3,13
Tinggi Rataan (m)		6,3			4,2

Keterangan: Data diperoleh dari 3 plot masing-masing berukuran 20 m × 20 m untuk tingkat pohon, 10 m × 10 m untuk tingkat tiang, 5 m × 5 m untuk tingkat pancang, dan 2 m × 2 m untuk tingkat semai.

Jenis yang paling banyak dijumpai berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada lahan-lahan terbiarkan di wilayah tropis antara lain *Macaranga tanarius* (50,60%), *Bridelia glauca* (49,13%), dan *Pterospermum javanicum* (29,05%) (Karmini dkk., 2020a). Karmini dkk. (2021) melaporkan hutan sekunder umur 50 tahun dengan sejarah

penggunaan lahan perladangan berpindah, kebakaran hutan, kebun karet dan buah yang ditinggalkan di Kalimantan Timur didominasi oleh *Macaranga motleyana* (INP sebesar 50,95), *Artocarpus elasticus* (INP sebesar 34,41), dan *Symplocos fasciculata* (INP sebesar 31,46).

Tabel 4. Komposisi jenis vegetasi di hutan sekunder tua

Nama Latin	Nama Lokal	Jumlah	Nama Latin	Nama Lokal	Jumlah
Pohon			Tiang		
Dipterocarpaceae					
<i>Dipterocarpus</i> sp.	Keruing	2	<i>Dipterocarpus</i> sp.	Keruing	1
<i>Shorea leavis</i>	Bengkirai	5	<i>Shorea leavis</i>	Bengkirai	4
<i>Shorea leprosula</i>	Meranti	17	<i>Shorea leprosula</i>	Meranti	8
<i>Vatica</i> sp.	Resak	6	<i>Shorea stenoptera</i>	Tengkawang	1
			<i>Vatica</i> sp.	Resak	5
			<i>Polyanthia Rumphil</i> (Bl.) Merr.	Meliwe	1
Non Dipterocarpaceae					
<i>Artocarpus integer</i> (Thumb.) Merr	Cempedak	1	<i>Horstfieldia grandis</i> (Hk. F.) Warb	Deraya Sepatukng	2
<i>Horstfieldia grandis</i> (Hk. F.) Warb	Deraya Sepatukng	1	<i>Psidium guajava</i>	Jambu Biji	1
<i>Psidium guajava</i>	Jambu Biji	1		Paleq	1
	Pelapi	1		Bencoruq	1
	Peleleq	1			
Jumlah individu		35			25
Jumlah jenis		9			11
Diameter Rataan (cm)		36,54			14,8
Tinggi Rataan (m)		31,51			18,29
Pancang			Semai		
Dipterocarpaceae					
<i>Dipterocarpus</i>	Keruing	1	<i>Shorea leavis</i>	Bengkirai	5
<i>Shorea leprosula</i>	Meranti	16	<i>Shorea leprosula</i>	Meranti	17
<i>Vatica</i>	Resak	6	<i>Vatica</i>	Resak	1
Non Dipterocarpaceae					
<i>Horstfiel diagrandsis</i> (Hk.F.) Warb	Deraya	4	<i>Ficus Benyamin</i>	Beringin	3
<i>Psidium guajava</i>	Jambu Biji	1			
	Bencoruq	1			
Tidak Teridentifikasi					
	Sp.1	3		Sp.1	6
Jumlah individu		30			32
Jumlah jenis		7			5
Diameter Rataan (cm)		5,77			3,7
Tinggi Rataan (m)		6,2			4,95

Keterangan: Data diperoleh dari 3 plot masing-masing berukuran 20 m × 20 m untuk tingkat pohon, 10 m × 10 m untuk tingkat tiang, 5 m × 5 m untuk tingkat pancang, dan 2 m × 2 m untuk tingkat semai.

Biomassa dan Cadangan Karbon di Lembo Durian dan Hutan Sekunder

Biomassa di lembo durian muda, lembo durian tua, hutan sekunder muda, dan hutan sekunder tua masing-masing sebesar 65,35 ton/ha; 114,07 ton/ha; 49,57 ton/ha, dan 113,41 ton/ha. Sedangkan cadangan karbon sebesar 30,71 di lembo durian

muda, 53,62 ton/ha di lembo durian tua, 23,30 ton/ha di hutan sekunder muda, dan 53,31 ton/ha di hutan sekunder tua. Kandungan biomassa dan cadangan karbon di atas permukaan tanah di lembo durian muda, lembo durian tua, hutan sekunder muda, dan hutan sekunder tua disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kandungan biomassa dan cadangan karbon di atas permukaan tanah pada tipe tutupan lahan berbeda

Tingkat Pertumbuhan	Lembo Durian Muda		Lembo Durian Tua		Hutan Sekunder Muda		Hutan Sekunder Tua	
	Biomassa (ton/ha)	Karbon (ton/ha)	Biomassa (ton/ha)	Karbon (ton/ha)	Biomassa (ton/ha)	Karbon (ton/ha)	Biomassa (ton/ha)	Karbon (ton/ha)
Pohon	45,32	21,30	78,58	39,94	26,99	12,69	74,76	35,14
Tiang	7,74	3,64	0,38	0,18	7,49	3,52	14,25	6,70
Pancang	0,35	0,17	-	-	0,57	0,27	4,06	1,91
Semai	0,98	0,46	1,57	0,74	0,53	0,25	0,23	0,11
Serasah	9,25	4,35	21,78	10,24	10,79	5,07	16,66	7,83
Tumbuhan Bawah	1,70	0,80	11,75	5,52	3,19	1,50	3,45	1,62
Total	65,35	30,71	114,07	53,62	49,57	23,30	113,41	53,31

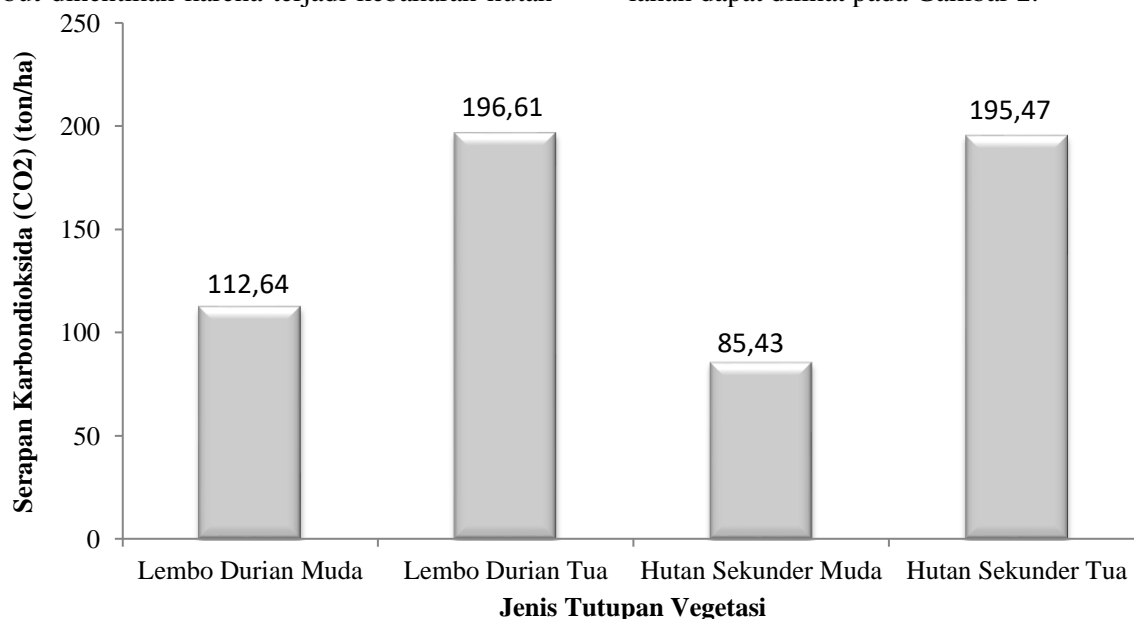
Biomassa dan cadangan karbon di lembo durian muda dan hutan sekunder muda umur 30 tahun di lokasi penelitian lebih besar dibandingkan biomassa dan cadangan karbon di kebun campuran tradisional. Estimasi biomassa dan cadangan karbon di kebun tradisional yang dibiarkan lebih dari 44 tahun di Kalimantan Timur masing-masing sebesar 29,98 ton/ha dan 14,09 ton/ha (Karyati dkk., 2021). Pohon buah-buahan dengan diameter dan tinggi rata-rata yang relatif besar menyumbang biomassa dan cadangan karbon yang besar di lembo durian baik muda maupun tua. Matius dkk. (2014) menyebutkan beberapa pohon besar jenis buah-buahan dipilih sebagai penyusun utama lembo adalah *Durio zibethinus*, *Durio oxleyanus*, *Durio graveolens*, *Mangifera pajang*, *Mangifera torquenda*, *Mangifera decandra*, *Mangifera kasturi*, dan *Dacryodes sp.*

Biomassa dan cadangan karbon di hutan sekunder tua umur 50 tahun di plot penelitian lebih besar jika dibandingkan dengan biomassa (32,87 ton/ha) dan cadangan karbon (16,43 ton/ha) hutan sekunder yang juga berumur 50 tahun di kawasan Kota Samarinda, Kalimantan Timur sebagaimana dilaporkan Karyati dkk. (2023). Hal ini dapat dipengaruhi karena hutan tersebut mengalami beberapa gangguan diantaranya pernah dilakukan kegiatan pembukaan hutan untuk perladangan berpindah pada tahun 1969, kemudian kegiatan tersebut dihentikan karena terjadi kebakaran hutan

pada tahun 1983 dan memusnahkan seluruh vegetasi yang ada pada kawasan tersebut. Jumlah biomassa (79,14 ton/ha) di hutan sekunder muda di Kampung Intu Lingau lebih besar dibandingkan hutan sekunder umur 20 tahun (71,75 ton/ha) di Sarawak, Malaysia (Karyati dkk., 2019a). Hal ini diduga dipengaruhi perbedaan karakteristik hutan sekunder pada masing-masing lokasi penelitian. Karyati dkk. (2019b) melaporkan biomassa di hutan sekunder yang merupakan lahan terbiarkan 30 tahun setelah perladangan berpindah di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur diestimasi sebesar 33,31 ton/ha.

Potensi Serapan Karbondioksida dan Produksi Oksigen di Lembo Durian dan Hutan Sekunder

Kemampuan vegetasi menyerap karbondioksida (CO₂) di lembo durian muda sebesar 112,64 ton/ha, lembo durian tua sebesar 196,61 ton/ha, hutan sekunder muda sebesar 85,43 ton/ha, dan hutan sekunder tua sebesar 195,47 ton/ha. Heriyanto dkk. (2020) melaporkan biomassa dan serapan karbon tegakan pohon di hutan sekunder tua di Kawasan Lindung Gambut, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan adalah 181,61 ton/ha dan 90,79 ton C/ha, di hutan sekunder muda sebesar 117,04 ton/ha dan 58,51 ton C/ha, dan di hutan belukar tua sebesar 1,33 ton/ha dan 0,66 ton C/ha. Kemampuan vegetasi menyerap CO₂ pada masing-masing tipe tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kemampuan vegetasi menyerap CO₂ pada tipe tutupan lahan berbeda

Vegetasi yang memiliki kemampuan paling besar dalam memproduksi O₂ ialah di lembo durian tua (142,99 ton/ha) dan hutan sekunder tua (142,16 ton/ha) dibandingkan dengan lembo durian muda yang mampu memproduksi oksigen sebesar 81,91

ton/ha dan hutan sekunder muda sebesar 62,13 ton/ha (Tabel 6). Berdasarkan hasil perhitungan ini, lembo durian tua telah membantu mengurangi CO₂ di atmosfer. Ini sejalan dengan target pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi gas rumah kaca

sebesar 29% dengan usaha sendiri hingga 2030 (Damassa dkk., 2015). Jumlah stok karbon, penyerapan CO₂, dan pelepasan oksigen masing-masing pada tutupan lahan hutan sekunder sebesar 265,86 ton/ha, 974,82 ton/ha, dan 708,96 ton/ha, sedangkan pada kelapa sawit sebesar 100,89 ton/ha, 369,93 ton/ha, dan 269,04 ton/ha (Karuru dkk., 2020). Besarnya potensi serapan karbondioksida dan produksi oksigen di lembo durian menunjukkan bahwa keberadaan lembo durian berperan penting seperti halnya peran hutan sekunder dalam menyimpan karbon dan penghasil oksigen. Informasi terkait hal ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah Kabupaten Kutai Barat dan pemerindah daerah lainnya dalam rencana pengelolaan lembo durian dan hutan sekunder.

Tabel 6. Kemampuan vegetasi memproduksi oksigen pada tipe tutupan lahan berbeda

No.	Tipe Hutan	Kemampuan Produksi O ₂ (ton/ha)
1	Hutan Sekunder Tua	142,16
2	Lembo Durian Tua	142,99
3	Hutan Sekunder Muda	62,13
4	Lembo Durian Muda	81,91

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Camat, Kepala Desa, Lembaga Adat dan Badan Permusyawaratan Kampung (BPK) Kampung Intu Lingau, Kecamatan Nyuatan, Kabupaten Kutai Barat atas ijin dan bantuan, serta pendampingan selama penelitian dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

Aryal DR, De Jong BHJ, Sánchez-Silva S, Haas-Ek A, Esparza-Olguin L, Ochoa-Gaona S, Ghimire R, & Morales-Ruiz DE. (2024). Biomass Recovery Along A Tropical Forest Succession: Trends on Tree Diversity, Wood Traits and Stand Structure. *Forest Ecology and Management*. 555(121709). DOI: 10.1016/j.foreco.2024.121709.

BSN. (2019). SNI 7724:2019 Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon – Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Berbasis Lahan (Land-Based Carbon Accounting). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Damassa TT, Fransen B, Haya M, Ge K, Pjeczka, & Ross K. (2015). Interpreting INDCs: Assessing Transparency of Post-2020 Greengouse Gas

Emissions Targets for 8 Top-Emitting Economies. Working Paper. Washington, DC: Word Resources Institute.

Duan B, Man X, Cai T, Xiao R, & Ge Z. (2020). Increasing Soil Organic Carbon and Nitrogen Stocks Along with Secondary Forest Succession in Permafrost Region of the Daxing'an Mountains, Northeast China. *Global Ecology and Conservation*. 24 (e01258): 1-13. DOI: 10.1016/j.gecco.2020.e01258.

Fischer AP, Shah MAR, Segnon AC, Matavel C, Antwi-Agyei P, Shang Y, Muir Y, & Kaufmann R. (2024). Human Adaptation to Climate Change in the Context of Forests: A Systematic Review. *Climate Risk Management* 43(100573): 1-17.

Frelich LE, Jögiste K, Stanturf J, Jansons A, & Vodde F. (2020). Are Secondary Forests Ready for Climate Change? It Depends on Magnitude of Climate Change, Landscape Diversity and Ecosystem Legacies. 1-15. *Forests*. 11(965): 1-15. DOI: 10.3390/f11090965.

Green JK & Keenan TF. (2022). The Limits of Forest Carbon Sequestration Current Models May Be Overestimating the Sequestration Potential of Forests. *Science*. 376(6594): 692-693. DOI: 10.1126/science.abo6547.

Han Y, Gao S, & Liu C. (2023). Evaluation and Analysis of Forest Carbon Sequestration and Oxygen Release Value Under Cloud Computing Framework. *Procedia Computer Science*. 228(4): 519-525.

Heriyanto. (2020). Struktur Tegakan dan Serapan Karbon pada Hutan Sekunder Kelompok Hutan Muara Merang, Sumatera Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*. (8(2): 230-240.

Huuskonen S, Domisch T, Finér L, Hantula J, Hynynen J, Matala J, Miina J, Neuvonen S, Nevalainen S, Niemistö P, Nikula A, Piri T, Siitonen J, Smolander A, Tonteri T, Uotila K, & Viiri H. (2021). What is the Potential for Replacing Monocultures with Mixed-Species Stands to Enhance Ecosystem Services in Boreal Forests in Fennoscandia?. *Forest Ecology and Management*. 479(118558): 1-12.

IUCN. (2021). Forest and Climate Change. IUCN Issues Briefs. Hal. 1-2.

Karmini, Karyati, & Widiati KY. (2020a). The Role of Tropical Abandoned Land Relative to Ecological and Economic Aspects. *Forest and Society*. 4(1): 181-194. DOI: 10.24259/fs.v4i1.8939.

Karmini, Karyati, & Widiati KY. (2020b). The Ecological and Economic Values of Secondary Forest on Abandoned Land in Samarinda, East

- Kalimantan Province, Indonesia. *Biodiversitas*. 21(11): 5550-5558. DOI: 10.13057/biodiv/d211164.
- Karmini, Karyati, & Widiati KY. (2021). The Ecological and Economic Values of a 50 Years Old Secondary Forest in East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*. 22(10): 4597-4607. DOI: 10.13057/biodiv/d221053.
- Karuru SS, Rasyid B, & Millang S. (2020). Analisis Keterkaitan Cadangan Karbon dengan Penyerapan CO₂ dan Pelepasan O₂ pada Tutupan Lahan Hutan Sekunder dan Kelapa Sawit di Kabupaten Luwu Timur. *Jurnal Ecosolum*. 9(2): 51-60.
- Karyati. (2019). *Mikroklimatologi Hutan*. Samarinda: Mulawarman University Press. 95 hal.
- Karyati, Ipor IB, Jusoh I, & Wasli ME. (2019a). Allometric Equations to Estimate the Above-Ground Biomass of Trees in the Tropical Secondary Forests of Different Ages. *Biodiversitas*. 20(9): 2427-2436. DOI: 10.13057/biodiv/d200901.
- Karyati, Widiati KY, Karmini, & Mulyadi R. (2019b). Development of Allometric Relationships for Estimate Above Ground Biomass of Trees in the Tropical Abandoned Land. *Biodiversitas*. 20(12): 3508-3516. DOI: 10.13057/biodiv/d201207.
- Karyati, Syahrudin, & Diana R. (2020). *Emisi Gas Rumah Kaca Kota Samarinda: Tantangan dan Peluang Mitigasi*. Samarinda: Mulawarman University Press. 134 hal.
- Karyati, Widiati KY, Karmini, & Mulyadi R. (2021). The Allometric Relationships for Estimating Above-Ground Biomass and Carbon Stock in An Abandoned Traditional Garden in East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*. 22(2): 751-762. DOI: 10.13057/biodiv/d220228.
- Karyati, Karmini, & Widiati KY. (2023). The Allometric Equations for Estimating Above-Ground Biomass in a 50 Years-Old Secondary Forest in East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*. 24(3): 1482-1492. DOI: 10.13057/biodiv/d240318.
- Kauppi PE, Stål G, Arnesson-Ceder L, Sramek IH, Hoen HF, Svensson A, Wernick IK, Hogberg P, Lundmark T, & Nordin A. (2022). Managing Existing Forests Can Mitigate Climate Change. *Forest Ecology and Management*. 513(120186): 1-9. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120186.
- Labrière N, Davies SJ, Disney MI, Duncanson LI, Herold M, Lewis SL, Phillips OL, Quegan S, Saatchi SS, Schepaschenko DG, Scipal K, Sist P, & Chave J. (2023). Toward a Forest Biomass Reference Measurement System for Remote Sensing Applications: Global Change Biology. 29: 827-840. DOI: 10.1111/gcb.16497.
- Liu C, Han Y, & Gao S. (2023). Modeling Analysis of Carbon Sequestration in Visual Forests. *Procedia Computer Science*. 228: 543-550.
- Lowe WAM, Silva GLLP, & Pushpakumara DKNG. (2022). Homegardens as a Modern Carbon Storage: Assessment of Tree Diversity and Above-Ground Biomass of Homegardens in Matale District, Sri Lanka. *Urban Forestry & Urban Greening*. 74(127671). DOI: 10.1016/j.ufug.2022.127671.
- Matius P, Setiawati, & Pambudhi F. (2014). *Petunjuk Teknis Pembangunan Kebun Buah - Buah (Lembo) oleh Kepala Adat*. Samarinda: Dinas Perkebunan Tanaman Pangan Peternakan dan Perikanan Kabupaten Kutai Barat dan UPT. Perhutanan Sosial (Center for Social Forestry) Universitas Mulawarman.
- Matius P, Tjwa SJM, Raharja M, Sapruddin, Noor S, & Ruslim Y. (2018). Plant Diversity in Traditional Fruit Gardens (Munaans) of Benuaq and Tunjung Dayaks Tribes of West Kutai, East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*. 19(4): 1280-1288.
- Monografi Desa. (2023). *Monografi Kampung Intu Lingau, Kecamatan Nyuatan, Kabupaten Kutai Barat*.
- Moomaw WR, Law BE, & Goetz SJ. (2020). Focus on the Role of Forests and Soils in Meeting Climate Change Mitigation Goals: Summary. *Environmental Research Letters*. 15(045009): 1-8.
- Njana MA, Mbilinyi B, & Eliakimu Z. (2021). The Role of Forests in the Mitigation of Global Climate Change: Empirical Evidence from Tanzania. *Environmental Challenges*. 4(100170): 1-9. DOI: 10.1016/j.envc.2021.100170.
- Pal N, Mitra A, Gobato R, & Zaman S. (2019). Natural Oxygen Counters in Indian Sundarbans, the Mangrove Dominated World Heritage Site. *Parana Journal of Science and Education*. 5(2): 6-13.
- Poorter L, Craven D, Jakovac CC, van der Sande MT, Amisshah L, Bongers F, Chazdon RL, Farrior CE, Kambach S, Meave JA, Muñoz R, Norden N, Rüger N, van Breugel M, Zambrano AMA, Amani B, Andrade JL, Brancallan PHS, Broadbent EN, et al. (2021). Multidimensional Tropical Forest Recovery. *Science*. 374: 1370-1376.

- Rawal RS & Dhar U. (2001). Protected Area Network in Indian Himalayan Region: Need for Recognizing Values of Low Profile Protected Areas. *Current Science*. 81(2): 175-184.
- Santos M, Moreira H, Cabral JA, Gabriel R, Teixeira A, Bastos R, & Aires A. (2020). Contribution of Home Gardens to Sustainable Development: Perspectives from A Supported Opinion Essay. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(13715): 1-26.
- Schöngart J, Arieira J, Felfili Fortes C, Cezarine De Arruda E, & Nunes da Cunha C. (2011). Agerelated and Stand-Wise Estimates of Carbon Stocks and Sequestration in the Aboveground Coarse Wood Biomass of Wetland Forests in The Northern Pantanal, Brazil. *Biogeosciences*. 8(11): 3407–3421. DOI: 10.5194/bg-8-3407-2011.
- Titus BD, Brown K, Helmisaari HS, Vanguelova E, Stupak I, Evans A, Clarke N, Guidi C, Bruckman VJ, Varnagiryte-Kabasinskiene I, Armolaitis K, de Vries W, Hirai K, Kaarakka L, Hogg K, & Reece P. (2021). Sustainable Forest Biomass: A Review of Current Residue Harvesting Guidelines. *Energy, Sustainability and Society*, 11(10): 1–32.
- Trogisch S, Liu X, Rutten G, Xue K, Bauhus J, Brose U, Bu W, Cesarz S, Chesters D, Connolly J, Cui X, Eisenhauer N, Guo L, Haider S, Härdtle W, Kunz M, Liu L, Ma Z, Neumann S, Sang W, Bruelheide H. (2021). The Significance of Tree-Tree Interactions for Forest Ecosystem Functioning. *Basic and Applied Ecology*. 55: 33-52.
- Verma P, Siddiqui AR, Mourya NK, & Devi AR. (2024). Forest Carbon Sequestration Mapping and Economic Quantification Infusing MLPnn-Markov chain and InVEST Carbon Model in Askot Wildlife Sanctuary, Western Himalaya. *Ecological Informatics*. 79(102428): 1-22.
- Yang B, Zhang W, Lu Y, Zhang W, & Wang Y. (2019). Carbon Storage Dynamics of Secondary Forest Succession in the Central Loess Plateau of China. *Forests*. 10(342): 1-15. DOI:10.3390/f10040342.
- Zhang L. (2023). Bamboo Expansion and Forest Carbon Sequestration. *Bamboo Expansion: Processes, Impacts, and Management*. Berlin: Springer. 220 hal.