



KEANEKARAGAMAN SPESIES DAN PENDUGAAN CADANGAN KARBON ATAS PERMUKAAN PADA TIPE PENGELOLAAN LAHAN DUSUNG NEGERI RUTONG, AMBON

Species Diversity and Estimation of Aboveground Carbon Stocks on Dusung Land Management Types in Rutong Village, Ambon

Irwanto Irwanto^{1*}, Andjela Sahupala¹, Herman Siruru¹

¹Program Studi Kehutanan, Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura, Indonesia, 97233

Informasi Artikel:

Submission : 17 Oktober 2023
Accepted : 25 Oktober 2023
Publish : 7 November 2023

*Penulis Korespondensi:

Irwanto Irwanto
Program Studi Kehutanan, Jurusan
Kehutanan, Fakultas Pertanian,
Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Desa Poka, Ambon,
Indonesia, 97233
e-mail: irwantoshut@gmail.com
Telp: 0852-4300-6446

Makila 17 (2) 2023: 115-131

DOI:
10.30598/makila.v17i2.10881

ABSTRACT

*Dusung is traditional land management in Maluku by planting various plant species in the same area. Factors such as intensive land management, selection and combination of plant species, vegetation structure, topography, soil, and others influence the economic and ecological productivity of dusung. Ecological productivity affects the biomass content, which indicates the potential for carbon absorption in the land. The method used in this research is direct measurements in the field of several carbon pools specifically for aboveground biomass. Data collection was guided by Indonesian National Standards (SNI) 7724-2019 concerning field measurements for estimating forest carbon stocks. The research result showed that the diversity of vegetation species in Dusung Rutong Village at all growth levels in the moderate category tends to be low, dominated by fruit plants such as Durian (*Durio zibethinus*). Tree-level species diversity is moderate because the community controls the species that grow on Dusung land. The total aboveground carbon stocks in Dusung Rutong Village are 106.424 tonnes/ha, consisting of trees 100.673 tonnes/ha, undergrowth 1.708 tonnes/ha, litter 1.124 tonnes/ha, necromass 0.042 tonnes/ha and bamboo (*Schizostachyum brachycladum*) 2.877 tonnes/ha while the potential for equivalent carbon dioxide (CO₂) absorption of 390.221 tonnes/ha.*

Keywords: *Dusung, Species Diversity, Aboveground Biomass, Carbon Stocks*

ABSTRAK

Dusung adalah sistem pengelolaan lahan secara tradisional di Maluku dengan menanam berbagai spesies tanaman di area yang sama. Faktor-faktor seperti intensif pengelolaan lahan, pemilihan dan kombinasi spesies tanaman, struktur vegetasi, topografi, tanah, dan lainnya memengaruhi produktivitas dusung secara ekonomi dan ekologi. Produktivitas secara ekologis memengaruhi kandungan biomassa yang menjadi indikator potensi serapan karbon dalam dusung tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran langsung di lapangan pada beberapa pool karbon khusus untuk biomassa di atas permukaan tanah. Pengambilan

data berpedoman pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7724-2019 tentang Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan. Hasil penelitian menunjukkan keanekaragaman spesies vegetasi Dusung Negeri Rutong pada semua tingkat pertumbuhan berada pada kategori sedang cenderung menjadi rendah didominasi tanaman buah-buahan seperti Durian (*Durio zibethinus*). Keanekaragaman spesies tingkat pohon yang sedang karena masyarakat mengontrol spesies yang tumbuh di lahan dusung. Total cadangan karbon atas permukaan di dusun Rutong sebesar 106,424 ton/ha yang terdiri atas pohon 100,673 ton/ha, tumbuhan bawah 1,708 ton/ha, serasah 1,124 ton/ha, nekromas 0,042 ton/ha dan bambu (*Schizostachyum brachycladum*) 2,877 ton/ha sedangkan potensi serapan karbondioksida (CO₂) equivalen sebesar 390,221 ton/ha.

Kata Kunci : Dusung, Keanekaragaman Spesies, Biomassa Atas Permukaan, Cadangan Karbon

PENDAHULUAN

Di Indonesia, faktor yang paling berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca adalah konversi hutan dan pemanfaatan lahan (Anwar et al., 2021). Berdasarkan IPCC Guidelines 2006, jenis gas rumah kaca yang utama dari konversi hutan dan pemanfaatan lahan lainnya adalah karbondioksida (CO₂), metan (CH₄) dan nitrogen oksida (N₂O). Dari ketiga senyawa tersebut, gas karbondioksida merupakan gas yang sangat dominan memerangkap panas di atmosfer sehingga terjadi pemanasan global yang mengakibatkan perubahan iklim (Schädel et al., 2016).

Perubahan iklim memiliki efek negatif terhadap makhluk hidup di bumi, seperti peningkatan suhu bumi, suhu air laut yang lebih tinggi, pencairan es di kutub dan peningkatan kuantitas curah hujan. Pola dan kuantitas curah hujan berubah menyebabkan berbagai dampak ekologi lainnya mengancam eksistensi spesies-spesies yang rentan, terutama spesies-spesies yang memiliki area distribusi yang terbatas atau yang sudah dalam risiko kepunahan (Malhi et al., 2020). Jika spesies tidak mampu beradaptasi dengan perubahan iklim, mereka dapat punah. Perubahan suhu dan cuaca yang ekstrim dapat memengaruhi pola reproduksi dan perkembangan spesies, termasuk periodisasi dan waktu berbunga tumbuhan (Khare et al., 2020; Raza et al., 2019).

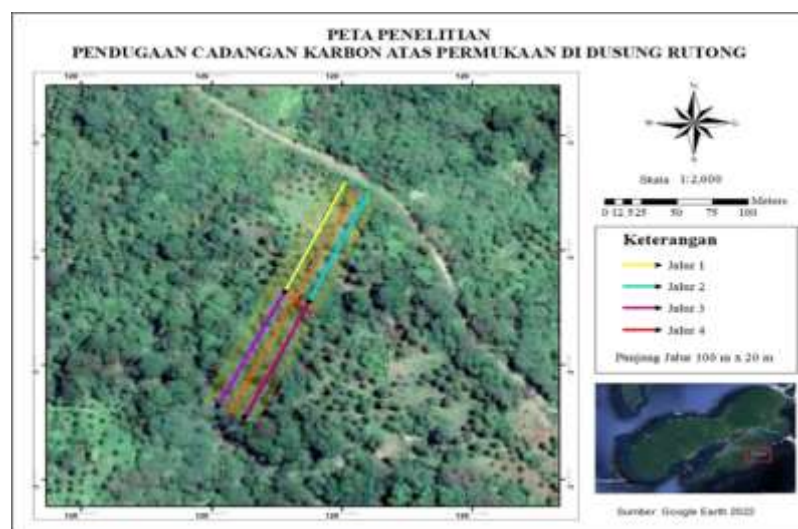
Istilah Dusung digunakan di Maluku pada pola pengelolaan lahan secara tradisional dengan menggabungkan beberapa spesies tanaman pada suatu areal (Irwanto et al., 2022; Wattimena & Makaruku, 2022). Produktivitas dusung dari segi ekonomi dan ekologi tergantung pada beberapa faktor seperti intensif pengelolaan lahan, pemilihan dan kombinasi spesies tanaman, struktur vegetasi, topografi, tanah dan lainnya. Produktivitas secara ekologis memengaruhi kandungan biomassa yang menjadi indikator potensi serapan karbon dalam dusung tersebut (Boreel et al., 2015).

Negeri Rutong merupakan salah satu negeri di Ambon yang masyarakatnya menerapkan sistem pengelolaan Dusung. Selain itu Rutong pernah mendapatkan penghargaan desa Proklim

terbaik karena masyarakat berperan aktif melakukan kegiatan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim terpadu untuk menurunkan emisi gas rumah kaca. Bertolak dari penjelasan di atas maka diperlukan penelitian tentang keanekaragaman spesies dan cadangan karbon atas permukaan serta potensi serapan karbondioksida ekuivalen pada lahan Dusung Negeri Rutong tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan penelitian pendugaan cadangan karbon atas permukaan ini dilakukan pada Dusung Negeri Rutong Kecamatan Teluk Ambon Baguala. Penelitian berlangsung selama 3 bulan dari Agustus 2022 s/d Oktober 2022. Lokasi areal dan arah jalur penelitian pada dusung Negeri Rutong dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Negeri Rutong

Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah GPS, kompas, phi band, roll meter, altimeter, hagameter, kamera digital, Jangka sorong, timbangan analitik, timbangan dacing, tally sheet, buku ekspedisi, spidol, pensil, gergaji kecil, golok, kampak, pisau lipat, palu, gunting pangkas, sapu lidi, garpu tanah dan aplikasi Microsoft Office Excel 2010 untuk penghitungan dan tabulasi data.

Prosedur Penelitian

Prosedur pengukuran dan penghitungan cadangan karbon atas permukaan menggunakan panduan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7724:2019, tentang pengukuran dan penghitungan cadangan karbon - Pengukuran lapangan untuk estimasi cadangan karbon hutan dengan modifikasi pada bagian tertentu (SNI, 2019). Nilai kandungan karbon dalam biomassa yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah 0,47 atau 47% merujuk SNI 7724-2019.

Pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan untuk bagian atas permukaan dilakukan pada 3 (tiga) pool karbon yaitu (Penman et al., 2003):

1. biomassa di atas permukaan tanah (pohon, tumbuhan bawah, rumpun bambu)

2. biomassa serasah
3. biomassa pohon mati dan kayu mati (nekromas)

Bentuk dan Ukuran Petak Sampel

Petak sampel tingkat pohon berbentuk bujur sangkar 20x20 m sebanyak 5 petak yang kontinyu membentuk jalur dengan ukuran 20 x 100 m dan diulang sebanyak 4 kali sehingga luas total 8.000 m². Petak sampel tingkat tiang ukuran 10 x 10 m sebanyak 20 petak dengan total luas 2.000 m², tingkat pancang ukuran 5 x 5 m sebanyak 20 petak dengan total luas 500 m², dan semai 2 x 2 m sebanyak 20 petak dengan total luas 80 m². Bentuk dan ukuran petak sampel di lapangan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. Bentuk dan Ukuran Petak Sampel Vegetasi

Pengambilan sampel serasah dan tumbuhan bawah dilakukan dalam petak 2 x 2 m berjumlah 4 petak dalam jalur-jalur penelitian mewakili beberapa penutupan tajuk pohon. Sedangkan pengambilan nekromas dilakukan dalam 4 jalur penelitian masing-masing seluas 20 x 100 m. Sampel ditimbang di lapangan dan masing-masing diambil 300 gr kemudian dikeringkan dalam tanur sampai suhu 80° C untuk mendapatkan berat kering sampel.

Analisis Vegetasi

Data hasil pengukuran dan pencatatan vegetasi di lapangan kemudian dianalisis untuk mendapatkan nilai kerapatan, dominansi dan frekuensi menggunakan rumus (Mueller-Dombois & Ellenberg, 2016) sebagai berikut:

Kerapatan (K) = (Kerapatan individu)/(Luas Petak Sampel) (1)

Dominansi (D) = (Luas Bidang Dasar (LBD))/(Luas Petak Sampel) (2)

Frekuensi (F)= (Jumlah Petak Penemuan Suatu Spesies)/(Jumlah Seluruh Petak) (3)

LBD = 0,25 π [(DBH)]² (4)

Keterangan :

DBH = Diameter setinggi dada (*Diameter at breast height*)

LBD = Luas Bidang Dasar

π = 3,1428

Pengukuran DBH dilakukan untuk tingkat pohon, tiang dan pancang untuk mengetahui LBD. Sedangkan untuk tingkat semai hanya dilakukan penghitungan jumlah dan identifikasi spesies tiap petak sampel.

Analisis Keanekaragaman Spesies

Keanekaragaman spesies dan kemantapan komunitas setiap tingkat pertumbuhan dijelaskan dengan indeks Shannon-Wiener (Omayio et al., 2019).

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i) \ln p_i \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- H' = Indeks keanekaragaman spesies
- p_i = n_i/N
- n_i = Jumlah spesies ke i
- N = Jumlah semua spesies

Nilai H' yang besar menunjukkan kemantapan suatu komunitas dalam ekosistem. Bila hanya terdapat satu spesies maka Nilai H' = 0 dan Nilai H' menjadi tinggi bila semua spesies memiliki nilai jumlah individu terdistribusi secara merata atau sama banyak dengan spesies yang lain. Dengan demikian H' < 1 menunjukkan keanekaragaman rendah, jika H' > 1 dan < 3 berarti keanekaragaman sedang, dan jika H' > 3 menunjukkan keanekaragaman spesies yang tinggi.

Penghitungan biomassa pohon

Prosedur pengukuran biomassa pohon dilakukan sebagai berikut: identifikasi nama spesies pohon, pengukuran DBH dan menghitung biomassa pohon. Pengukuran biomassa untuk pohon mulai tingkat pancang dengan ukuran Ø ≥ 2 to < 10 cm, tingkat tiang dengan ukuran Ø ≥ 10 to < 20 cm, dan tingkat pohon dengan ukuran Ø ≥ 20 cm (Manuri et al., 2011).

Penghitungan biomassa pohon menggunakan alometrik dengan memperhitungkan DBH dan berat jenis (*wood density*) spesies pohon (Ketterings et al., 2001). Berat jenis diakses lewat situs <http://db.worldagroforestry.org/wd> dan beberapa sumber lainnya. Penggunaan alometrik dengan berat jenis tujuannya untuk memperkecil bias dugaan karena adanya variasi berat jenis setiap spesies pohon (Onrizal et al., 2017).

$$AGB = 0.11 \rho D^{2.62} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

- AGB = Above ground biomass (Biomassa atas permukaan)
- ρ = Berat jenis kayu.
- D = Diameter setinggi dada (DBH)

Penghitungan Biomassa Tumbuhan Bawah, Serasah dan Nekromas

Penghitungan biomassa tumbuhan bawah, serasah dan nekromas dilakukan setelah mendapat data berat kering hasil pengeringan sampel dengan oven di laboratorium Silvikultur Universitas Pattimura.

$$\text{Botb} = (\text{Bks} \times \text{Bbt}) / \text{Bbs} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

Botb = total biomassa tumbuhan bawah /serasah/nekromas (kg);

Bks = berat kering sampel (kg);

Bbt = berat basah total (kg);

Bbs = berat basah sampel (kg).

Penghitungan Biomassa Bambu (*Schizostachyum brachycladum*)

Pengukuran dan penghitungan biomassa dan karbon bambu Sero (*Schizostachyum brachycladum*) menggunakan alometrik yang dibuat oleh (Arinah et al., 2016).

$$W = 44,614 - 14,047 D + 1,26D^2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$C = 20,195 - 6,390 D + 0,585D^2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

W = Biomassa bambu (kg)

C = Karbon bambu (kg)

D = Diameter (cm)

Penghitungan Serapan Karbon

Hasil penghitungan cadangan karbon di atas permukaan dilanjutkan dengan penghitungan potensi penyerapan CO₂ oleh tanaman dengan menggunakan rumus (Tooichi, 2018):

$$\text{Serapan CO}_2 = (\text{Mr CO}_2) / (\text{Ar.C}) \times \text{Kandungan C} \quad \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

Mr CO₂ = Berat molekul senyawa (44)

Ar. C = Berat molekul relatif atom C (12)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur dan Komposisi

Tingkat Pohon

Jumlah tingkat pohon yang ditemukan pada areal sampel dusung Rutong sebanyak 13 spesies pohon dan sebanyak 94 batang pohon. Pohon yang terbanyak adalah Durian (*Durio zibethinus*) dan Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) masing-masing 27 pohon. Spesies pohon yang paling sedikit ditemukan adalah Mangga (*Mangifera indica*), Matoa (*Pometia pinnata*) dan Kelapa (*Cocos nucifera*) masing-masing 1 pohon.

Dominansi terbesar adalah Durian (*D. zibethinus*) adalah 11,30 m²/ha, Cengkeh (*S. aromaticum*) 1,96 m²/ha, Gayang (*Inocarpus fagifer*) 1,39 m²/ha, Kuwini (*Mangifera odorata*) 0,69 m²/ha, Gandaria (*Bouea macrophylla*) 0,57 m²/ha, dan Langsung (*Lansium domesticum*) 0,50 m²/ha. Kerapatan pohon per ha pada dusung Rutong adalah sebanyak 117,5 pohon/ha. Kerapatan pohon tertinggi adalah Durian (*D. zibethinus*) 33,75 pohon/ha, Cengkeh (*S. aromaticum*) 33,75 pohon/ha, Gandaria (*B. macrophylla*) 11,25 pohon/ha, dan Langsung (*L. domesticum*) 8,75 pohon/ha.

Frekuensi kehadiran spesies pada petak-petak penelitian menunjukkan Cengkeh (*S. aromaticum*) memiliki nilai tertinggi yaitu 60%, kemudian Durian (*D. zibethinus*) sebesar 45%, Langsung (*L. domesticum*) 25% dan Gandaria (*B. macrophylla*) 20%. Sedangkan spesies yang paling sedikit hadir adalah Gondal (*Ficus variegata*), Mangga (*M. indica*), Matoa (*P. pinnata*) dan Kelapa (*C. nucifera*). Untuk lebih jelas jumlah, dominansi, kerapatan, frekuensi dan indeks keanekaragaman tingkat pohon di dusung Rutong dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah, dominansi, kerapatan, frekuensi dan indeks keanekaragaman tingkat pohon di dusung Rutong

No	Spesies	N	D	K	F	H'
1	Durian (<i>Durio zibethinus</i>)	27	11,30	33,75	45,00	0,36
2	Cengkeh (<i>Syzygium aromaticum</i>)	27	1,96	33,75	60,00	0,36
3	Gandaria (<i>Bouea macrophylla</i>)	9	0,57	11,25	20,00	0,22
4	Langsat (<i>Lansium domesticum</i>)	7	0,50	8,75	25,00	0,19
5	Gayang (<i>Inocarpus fagifer</i>)	4	1,39	5,00	15,00	0,13
6	Kuwini (<i>Mangifera odorata</i>)	3	0,69	3,75	15,00	0,11
7	Pete (<i>Parkia speciosa</i>)	4	0,21	5,00	15,00	0,13
8	Pala (<i>Myristica fragrans</i>)	4	0,20	5,00	15,00	0,13
9	Lenggua (<i>Pterocarpus indicus</i>)	4	0,23	5,00	10,00	0,13
10	Gondal (<i>Ficus variegata</i>)	2	0,32	2,50	5,00	0,08
11	Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	1	0,07	1,25	5,00	0,05
12	Matoa (<i>Pometia pinnata</i>)	1	0,06	1,25	5,00	0,05
13	Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>)	1	0,04	1,25	5,00	0,05
		94	17,54	117,50	240,00	2,01

Keterangan: N = Jumlah Pohon, D = Dominansi (m²/ha), K = Kerapatan (N/ha), F = Frekuensi (%), H' = Indeks Shannon

Tingkat Tiang

Jumlah tingkat tiang yang ditemukan pada areal sampel Dusung Rutong sebanyak 16 spesies dan sebanyak 60 batang. Spesies yang terbanyak adalah Lenggua (*Pterocarpus indicus*) dan Langsung (*L. domesticum*) dengan jumlah 10 dan 9 batang. Sedangkan spesies yang paling sedikit ditemukan adalah Mangostan (*Garcinia mangostana*) dan Pulau (*Alstonia scholaris*) masing-masing 1 batang.

Dominansi terbesar tingkat tiang adalah Lenggua (*P. indicus*) sebesar 0,85 m²/ha, Langsung (*L. domesticum*) 0,67 m²/ha, Pala (*Myristica fragrans*) 0,45 m²/ha, Cengkeh (*S. aromaticum*) 0,39 m²/ha dan Durian (*D. zibethinus*) 0,35 m²/ha. Kerapatan tiang per ha pada Dusun Rutong adalah sebanyak 300 tiang/ha. Kerapatan pohon tertinggi adalah Lenggua (*P. indicus*) 50 tiang/ha, Langsung (*L. domesticum*) 45 tiang/ha, Pala (*M. fragrans*) 35 tiang/ha, dan Durian (*D. zibethinus*) 30 tiang/ha.

Frekuensi kehadiran spesies pada petak-petak penelitian menunjukkan Langsung (*L. domesticum*) memiliki nilai tertinggi yaitu 30%, kemudian Lenggua (*P. indicus*) sebesar 15%, Pala (*M. fragrans*) 15% dan Durian (*D. zibethinus*) 15%. Sedangkan spesies yang paling sedikit hadir adalah Kenanga (*Cananga odorata*), Duku (*Lansium parasiticum*), Mangga (*M. indica*), Rambutan (*Nephelium lappaceum*), Kenari (*Canarium vulgare*), Mangga Berabu (*Cerbera manghas*), Pisang (*Musa acuminata*), Mangostan (*G. mangostana*) dan Pulai (*A. scholaris*) masing-masing 3,33%. Untuk lebih jelas jumlah, dominansi, kerapatan, frekuensi dan indeks keanekaragaman tingkat tiang di dusung Rutong dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel. 2. Jumlah, dominansi, kerapatan, frekuensi dan indeks keanekaragaman tingkat tiang di dusung Rutong.

No	Spesies	N	D	K	F	H'
1	Lenggua (<i>Pterocarpus indicus</i>)	10	0,85	50	15,00	0,30
2	Langsat (<i>Lansium domesticum</i>)	9	0,67	45	30,00	0,28
3	Pala (<i>Myristica fragrans</i>)	7	0,45	35	15,00	0,25
4	Durian (<i>Durio zibethinus</i>)	6	0,35	30	15,00	0,23
5	Cengkeh (<i>Syzygium aromaticum</i>)	5	0,39	25	10,00	0,21
6	Kinar (<i>Kleinhovia hospita</i>)	4	0,22	20	10,00	0,18
7	Pete (<i>Parkia speciosa</i>)	3	0,21	15	10,00	0,15
8	Kenanga (<i>Cananga odorata</i>)	2	0,24	10	5,00	0,11
9	Duku (<i>Lansium parasiticum</i>)	2	0,14	10	5,00	0,11
10	Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	2	0,14	10	5,00	0,11
11	Rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>)	2	0,10	10	5,00	0,11
12	Kenari (<i>Canarium vulgare</i>)	2	0,10	10	5,00	0,11
13	Mangga Berabu (<i>Cerbera manghas</i>)	2	0,10	10	5,00	0,11
14	Pisang (<i>Musa acuminata</i>)	2	0,10	10	5,00	0,11
15	Mangostan (<i>Garcinia mangostana</i>)	1	0,13	5	5,00	0,07
16	Pulai (<i>Alstonia scholaris</i>)	1	0,06	5	5,00	0,07
		60	4,25	300	150,00	2,53

Keterangan: N = Jumlah Pohon, D = Dominansi (m²/ha), K = Kerapatan (N/ha), F = Frekuensi (%), H' = Indeks Shannon.

Tingkat Pancang

Jumlah tingkat pancang yang ditemukan pada areal sampel dusung Rutong sebanyak 19 spesies dan sebanyak 95 pancang. Pancang yang terbanyak adalah Mangga Berabu (*C. manghas*), Durian (*D. zibethinus*) dan Pala (*M. fragrans*) masing-masing 21, 11, 9, dan 9 pancang. Spesies pancang yang paling sedikit ditemukan adalah Cengkeh (*S. aromaticum*), Marsegu (*Nauclea orientalis*), dan Pulai (*A. scholaris*) masing-masing 1 pohon.

Dominansi terbesar tingkat pancang adalah Langsung (*L. domesticum*) sebesar 1,50 m²/ha, Pala (*M. fragrans*) 0,76 m²/ha, Durian (*D. zibethinus*) 0,67 m²/ha, dan Duku (*L. parasiticum*) 0,57 m²/ha. Kerapatan pancang pada dusung Rutong adalah sebanyak 1900 pancang/ha. Kerapatan pancang tertinggi adalah Langsung (*L. domesticum*) 420 pancang/ha, Mangga Berabu (*C. manghas*) 220 pancang/ha, Durian (*D. zibethinus*) 180 pancang/ha, dan Pala (*M. fragrans*) 180 pancang/ha.

Frekuensi kehadiran spesies pada petak-petak penelitian menunjukkan Langsung (*L. domesticum*) memiliki nilai tertinggi yaitu 35%, kemudian Mangga Berabu (*C. manghas*) sebesar 30%, Durian (*D. zibethinus*) 20% dan Pala (*M. fragrans*) 20%. Sedangkan spesies yang paling sedikit hadir adalah Cengkeh (*S. aromaticum*), Marsegu (*N. orientalis*), dan Pulai (*A. scholaris*) masing-masing 2,38%. Untuk lebih jelas dominansi, kerapatan, frekuensi dan Indeks keanekaragaman dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Jumlah, dominansi, kerapatan, frekuensi dan indeks keanekaragaman tingkat pancang di dusung Rutong.

No	Spesies	N	D	K	F	H'
1	Langsat (<i>Lansium domesticum</i>)	21	1,50	420	35	0,33
2	Mangga Berabu (<i>Cerbera manghas</i>)	11	0,43	220	30	0,25
3	Pala (<i>Myristica fragrans</i>)	9	0,76	180	20	0,22
4	Durian (<i>Durio zibethinus</i>)	9	0,67	180	20	0,22
5	Duku (<i>Lansium parasiticum</i>)	8	0,57	160	15	0,21
6	Lenggua (<i>Pterocarpus indicus</i>)	8	0,41	160	15	0,21
7	Kecapi (<i>Sandoricum koetjape</i>)	5	0,32	100	10	0,15
8	Akasia (<i>Acacia mangium</i>)	3	0,08	60	10	0,11
9	Gayang (<i>Inocarpus fagifer</i>)	3	0,23	60	5	0,11
10	Kayu Besi (<i>Intsia bijuga</i>)	3	0,19	60	5	0,11
11	Sagu (<i>Metroxylon sp</i>)	2	0,24	40	5	0,08
12	Sirsak (<i>Annona muricata</i>)	2	0,24	40	5	0,08
13	Matoa (<i>Pometia pinnata</i>)	2	0,17	40	5	0,08
14	Mayang (<i>Arenga pinnata</i>)	2	0,13	40	5	0,08
15	Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	2	0,12	40	5	0,08
16	Lemon (<i>Citrus sinensis</i>)	2	0,08	40	5	0,08
17	Cengkeh (<i>Syzygium aromaticum</i>)	1	0,13	20	5	0,05
18	Pulai (<i>Alstonia scholaris</i>)	1	0,11	20	5	0,05

No	Spesies	N	D	K	F	H'
19	Marsegu (<i>Nauclea orientalis</i>)	1	0,11	20	5	0,05
		95	6,49	1.900	210	2,56

Keterangan: N = Jumlah Pohon, D = Dominansi (m²/ha), K = Kerapatan (N/ha), F= Frekuensi (%), H' = Indeks Shannon.

Tingkat Semai

Jumlah tingkat semai yang ditemukan pada areal sampel dusung Rutong sebanyak 17 spesies semai dengan jumlah total 112 semai. Semai yang terbanyak adalah Durian (*D. zibethinus*), Pala (*M. fragrans*) dan Gandaria (*B. macrophylla*) masing-masing 32, 13, dan 11 semai. Spesies semai yang paling sedikit ditemukan adalah Cengkeh (*S. aromaticum*), dan Jambu Mete (*Anacardium occidentale*) masing-masing 1 semai. Kerapatan semai pada dusung Rutong adalah sebanyak 14.000 semai/ha. Kerapatan semai tertinggi adalah Durian (*D. zibethinus*) 4000 semai/ha, Pala (*M. fragrans*) 1625 semai/ha, dan Gandaria (*B. macrophylla*) 1375 semai/ha.

Frekuensi kehadiran spesies pada petak-petak penelitian menunjukkan Durian (*D. zibethinus*) memiliki nilai tertinggi yaitu 50%, kemudian Pala (*M. fragrans*) sebesar 25%, Gandaria (*B. macrophylla*) 20% dan Langsung (*L. domesticum*) 20%. Sedangkan spesies yang paling sedikit hadir adalah Mangga (*M. indica*), Timon (*Timonius timon*), Lenggua (*P. indicus*), Rambutan (*Nephelium lappaceum*), Cengkeh (*S. aromaticum*) dan Jambu Mete (*Anacardium occidentale*) masing-masing 5 %. Untuk lebih jelas jumlah, kerapatan, frekuensi dan indeks keanekaragaman tingkat semai di dusung Rutong dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel. 4. Jumlah, kerapatan, frekuensi dan indeks keanekaragaman tingkat semai di dusung Rutong.

No	Spesies	N	K	F	H'
1	Durian (<i>Durio zibethinus</i>)	32	4.000	50,00	0,36
2	Pala (<i>Myristica fragrans</i>)	13	1.625	25,00	0,25
3	Gandaria (<i>Bouea macrophylla</i>)	11	1.375	20,00	0,23
4	Langsat (<i>Lansium domesticum</i>)	7	875	20,00	0,17
5	Kecapi (<i>Sandoricum koetjape</i>)	8	1.000	15,00	0,19
6	Gayang (<i>Inocarpus fagifer</i>)	8	1.000	10,00	0,19
7	Kuwini (<i>Mangifera odorata</i>)	8	1.000	10,00	0,19
8	Mangga Berabu (<i>Cerbera manghas</i>)	4	500	15,00	0,12
9	Duku (<i>Lansium parasiticum</i>)	5	625	10,00	0,14
11	Mayang (<i>Arenga pinnata</i>)	4	500	10,00	0,12
12	Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	3	375	5,00	0,10
13	Timon (<i>Timonius timon</i>)	3	375	5,00	0,10
14	Lenggua (<i>Pterocarpus indicus</i>)	2	250	5,00	0,07
15	Rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>)	2	250	5,00	0,07

No	Spesies	N	K	F	H'
16	Cengkeh (<i>Syzygium aromaticum</i>)	1	125	5,00	0,04
17	Jambu Mete (<i>Anacardium occidentale</i>)	1	125	5,00	0,04
		112	14.000	215,00	2,37

Keterangan: N = Jumlah Pohon, K = Kerapatan (N/ha), F= Frekuensi (%), H' = Indeks Shannon.

Pada daerah berlereng masyarakat menanam tanaman cengkeh, akar-akar pohon cengkeh memberikan kekuatan pada struktur tanah sehingga mengurangi aliran permukaan tanah karena infiltrasi lebih tinggi dan mencegah terjadinya erosi dan tanah longsor. Tempat-tempat terbuka ditumbuhi alang-alang (*Imperata cylindrica*) dan tumbuhan paku-pakuan. Lahan-lahan ini perlu dimanfaatkan secara intensif untuk meningkatkan produktivitas lahan. Selain pohon buah-buahan yang ditanam terdapat tanaman sela yaitu nenas (*Ananas comosus*) dan singkong (*Manihot utilissima*) yang merupakan tanaman sumber karbohidrat bagi masyarakat.

Keanekaragaman Spesies Pohon di Dusung Rutong

Indeks keanekaragaman spesies pohon di dusung Rutong seluruh tingkat pertumbuhan menurut Shannon-Wiener berkisar 2,01 s.d 2,56 termasuk kategori sedang. Nilai tingkat pertumbuhan yang paling kecil adalah tingkat pohon hanya 2,01 hampir mendekati nilai indeks yang rendah yaitu < 2,00. Hal ini disebabkan terdapat spesies yang lebih dominan yaitu Durian (*D. zibethinus*) dan Cengkeh (*S. aromaticum*). Indeks keanekaragaman spesies berbagai tingkat pertumbuhan pohon di dusung Rutong dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Indeks keanekaragaman spesies vegetasi dusung Rutong

No	Tingkat	Keanekaragaman Spesies (H')	Keterangan
1	Pohon	2,01	Sedang
2	Tiang	2,53	Sedang
3	Pancang	2,56	Sedang
4	Semai	2,37	Sedang

Indeks Shannon yang “sedang” dari keanekaragaman spesies di dusung Rutong disebabkan masyarakat memilih dan mengontrol spesies-spesies yang tumbuh pada lahan mereka. Masyarakat memilih tanaman-tanaman yang bernilai ekonomis yang dapat meningkatkan pendapatan secara cepat. Masyarakat juga cenderung mengganti vegetasi hutan alami menjadi lebih dominan spesies tanaman MPTS (*Multy Purpose Trees Species*) seperti tanaman buah-buahan (Hartoyo et al., 2019; Markum et al., 2021). Sistem pengelolaan dusung di Maluku telah dilakukan sejak lama dari generasi ke generasi, oleh beberapa peneliti pola dusung diklasifikasikan ke dalam Sistem Agroforestri (Matinahoru, 2014; Sitaniapessy, 2021; Wattimena & Makaruku, 2022). Selain istilah Agroforestri untuk mendefinisikan sistem dusung, ada juga yang mendefinisikan sistem Dusung sebagai Forest Garden karena dominannya tanaman pepohonan (Kaya et al., 2002).

Biomassa Pohon Dusung Rutong

Biomassa pohon menyimpan sekitar 70–90% dari biomassa total di dalam hutan melebihi biomassa di bawah permukaan, sehingga pendugaan cadangan karbon pohon merupakan hal yang penting dilakukan (Cairns et al., 1997; Yusuf et al., 2014). Biomassa pohon, tiang dan pancang yang tertinggi pada dusung Rutong terdapat pada spesies Durian (*D. zibethinus*) 131.325 kg/ha, kemudian diikuti Gayang (*I. fagifer*) 15.837 kg/ha dan Cengkeh (*S. aromaticum*) 15.200 kg/ha. Sedangkan biomassa terendah terdapat pada spesies Akasia (*Acacia mangium*) dengan nilai 154 kg/ha. Biomassa Permukaan pohon, tiang dan pancang dusung Rutong secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Biomassa pohon, tiang dan pancang di dusung Rutong (kg/ha).

No	Spesies	WD	Pohon	Tiang	Pancang	Total
1	Durian (<i>Durio zibethinus</i>)	0,56	128.163	1.315	1.847	131.325
2	Gayang (<i>Inocarpus fagifer</i>)	0,57	15.216		621	15.837
3	Cengkeh (<i>Syzygium aromaticum</i>)	0,60	13.093	1.689	418	15.200
4	Langsat (<i>Lansium domesticum</i>)	0,68	3.788	3.395	4.843	12.026
5	Pala (<i>Myristica fragrans</i>)	0,89	1.768	2.770	3.349	7.887
6	Lenggua (<i>Pterocarpus indicus</i>)	0,52	1.230	3.331	914	5.476
7	Kuwini (<i>Mangifera odorata</i>)	0,49	5.475			5.475
8	Gandaria (<i>Bouea macrophylla</i>)	0,69	4.102			4.102
9	Duku (<i>Lansium parasiticum</i>)	0,82		847	2.194	3.041
10	Gondal (<i>Ficus variegata</i>)	0,47	2,104			2.104
11	Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	0,60	464	620	331	1.415
12	Pete (<i>Parkia speciosa</i>)	0,43	723	506		1.229
13	Mangga Berabu (<i>Cerbera manghas</i>)	0,44		264	720	984
14	Mangostan (<i>Garcinia mangostana</i>)	0,78		834		834
15	Matoa (<i>Pometia pinnata</i>)	0,58	330		459	789
16	Kayu Besi (<i>Intsia bijuga</i>)	0,84			752	752
17	Kecapi (<i>Sandoricum koetjape</i>)	0,50			707	707
18	Sagu (<i>Metroxylon sp</i>)	0,48			631	631
19	Rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>)	0,91		604		604
20	Kenanga (<i>Cananga odorata</i>)	0,29		577		577
21	Mayang (<i>Arenga pinnata</i>)	0,94			526	526
22	Kinar (<i>Kleinhovia hospita</i>)	0,36		513		513
23	Sirsak (<i>Annona muricata</i>)	0,40			510	510
24	Pulai (<i>Alstonia scholaris</i>)	0,34		126	204	329
25	Marsegu (<i>Nauclea orientalis</i>)	0,52			284	284
26	Kenari (<i>Canarium vulgare</i>)	0,44		264		264

No	Spesies	WD	Pohon	Tiang	Pancang	Total
27	Lemon (<i>Citrus sinensis</i>)	0,78			252	252
28	Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>)	0,50	200			200
29	Pisang (<i>Musa acuminata</i>)	0,29		174		174
30	Akasia (<i>Acacia mangium</i>)	0,53			154	154
Total			176.655	17.829	19.715	214.199

Keterangan : WD = Wood Density (g/cm³)

Biomassa tertinggi terdapat pada tingkat pohon 176.655 kg/ha, kemudian diikuti tingkat pancang sebesar 19.715 kg/ha dan terkecil pada tingkat tiang 17.829 kg/ha. Biomassa tingkat pancang lebih tinggi dibandingkan dengan biomassa tingkat tiang, karena jumlah dan spesiesnya lebih banyak walaupun diameternya lebih kecil daripada tingkat tiang. Total biomassa berbagai tingkat pertumbuhan pohon di lahan dusung Rutong adalah sebesar 214.199 kg/ha lebih tinggi bila dibandingkan dengan biomassa pohon sistem agroforestri di Toraja Sulawesi Selatan sebesar 114.430 kg/ha (Paembonan et al., 2022). Namun biomassa pohon di dusung Rutong lebih rendah bila dibandingkan dengan biomassa tegakan pohon Cempaka (*Elmerillia tsiampacca*) yang berumur 22 tahun yaitu sebesar 355.929 kg/ha (Paembonan & Millang, 2020)

Biomassa Tumbuhan Bawah, Serasah dan Nekromas

Spesies tumbuhan bawah yang ditemukan dalam petak sampel adalah *Imperata cylindrica*, *Eupatorium cordatum*, *Paspalum conjugatum*, *Mimosa pudica*, *Ischaemum timorense*, *Davallia denticulata*, dan *Nephrolepis biserrata*. Sampel tumbuhan bawah dan serasah yang diambil mewakili areal yang terbuka, areal dengan sedikit naungan, dan naungan berat di bawah tajuk pepohonan. Sedangkan nekromas diambil sepanjang jalur penelitian namun jumlah sangat terbatas karena dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kayu bakar. Untuk lebih jelas jumlah biomassa tumbuhan bawah, serasah dan nekromas dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel. 7. Biomassa tumbuhan bawah, serasah dan nekromas di dusung Rutong

No	Uraian	Biomassa (kg)				Jumlah (kg)	Petak Sampel (ha)	Biomassa (kg/ha)
		P1	P2	P3	P4			
1	Tumbuhan Bawah	1,199	1,455	1,557	1,604	5,815	0,0016	3.634
2	Serasah	0,117	0,571	1,702	1,437	3,827	0,0016	2.392
3	Nekromas	4,440	18,146	3,863	44,777	71,227	0,8000	89

Biomassa tumbuhan bawah pada dusung Rutong sebesar 3.634 kg/ha lebih tinggi dari biomassa serasah yang hanya sebesar 2.392 kg/ha, sedangkan biomassa nekromas yang paling kecil hanya 89 kg/ha. Biomassa tumbuhan bawah di dusung Rutong lebih tinggi bila dibandingkan dengan biomassa tumbuhan pada sistem agroforestri di Toraja Sulawesi Selatan hanya sebesar 1.040

kg/ha, namun serasah sistem agroforestri di Toraja Sulawesi Selatan memiliki nilai yang lebih tinggi yaitu 3.980 kg/ha dibanding sistem pengelolaan dusung Rutong (Paembonan et al., 2022).

Biomassa Bambu Sero (*Schizostachyum brachycladum*).

Pada areal penelitian seluas 0,8 ha ditemukan 4 (empat) rumpun Bambu Sero (*Schizostachyum brachycladum*) dengan diameter rumpun 1,3 s.d. 2,9 meter. Luas Bidang Dasar (LBD) Bambu Sero adalah 16,65 m²/ha. Diameter batang bambu yang diukur berkisar 3.80 - 10.10 cm berjumlah 319 batang. Hasil pengukuran dan perhitungan diameter, jumlah batang, biomassa dan karbon bambu Sero (*S. brachycladum*) dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Diameter, jumlah batang, biomassa dan karbon bambu Sero (*S. brachycladum*) di dusung Rutong

No.	Diameter Rumpun (m)	Jumlah Batang	Diameter Batang (cm)	Rata-Rata Diameter (cm)	Biomassa (kg)	Karbon (kg)	Biomassa (ton/ha)	Karbon (ton/ha)
1	1,3	46	4,11 - 9,80	7,26 ±1,50	544	273	0,680	0,341
2	2,9	102	3,80 - 10,10	7,97 ±1,55	1.605	799	2,006	0,999
3	2,2	81	5,10 - 10,00	7,76 ±1,25	1.090	547	1,363	0,684
4	2,5	90	5,20 - 9,78	8,05 ±1,25	1.364	682	1,705	0,853
Total		319	3,80 - 10,10	7,76 ±1,41	4.603	2.301	5,753	2,877

Biomassa dan cadangan karbon bambu *S. brachycladum* pada lahan dusung Rutong adalah sebesar 5,75 ton/ha dan 2,88 ton/ha. Jumlah ini tidak jauh berbeda dengan biomassa dan cadangan karbon bambu *S. brachycladum* yang terdapat pada hutan rakyat desa Pertumbukan Kecamatan Wampu, Langkat, Sumatera Utara yaitu sebesar 5,85 ton/ha untuk biomassa dan 2,82 ton/ha untuk cadangan karbon (Arinah et al., 2016). Biomassa dan cadangan karbon bambu juga dilaporkan (Al-Reza et al., 2017) pada Tahura Pancoran Mas Depok namun spesies yang berbeda yaitu Bambu *Gigantochloa apus* sebesar 2,87 ton/ha dan 1,35 ton/ha.

Bambu Sero (*S. brachycladum*) pada daerah Rutong tidak dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat, bahkan dianggap sebagai tanaman pengganggu sehingga dimusnahkan (ditebang dan dibakar). Padahal manfaat bambu Sero (*S. brachycladum*) dapat dijadikan bahan bangunan, bahan kerajinan tangan, sumber pangan, pengendalian erosi tanah, sumber bahan bakar, pelestarian lingkungan, penyerap CO₂, dan habitat satwa liar serta memiliki potensi besar dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dan peningkatan ekonomi masyarakat (Riswan et al., 2022; Wahyuni et al., 2022).

Biomassa dan Cadangan Karbon Atas Permukaan Pada Sistem Dusung Rutong

Biomassa tertinggi sistem pengelolaan lahan dusung Rutong terdapat pada biomassa pohon sebesar 214,199 ton/ha, sedangkan spesies yang berkontribusi terbesar adalah Durian (*D. zibethinus*)

sebesar 131,325 ton/ha. Total biomassa atas permukaan yang terdiri biomassa pohon, tumbuhan bawah, serasah, nekromas dan bambu pada lahan dusung Rutong adalah sebesar 226,067 ton/ha. Biomassa dan cadangan karbon atas permukaan dusung Rutong secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Cadangan karbon atas permukaan, serapan CO₂ dan persentase di dusung Rutong

No	Bagian	Biomassa (ton/ha)	Cadangan Karbon (ton/ha)	Serapan CO ₂ (ton/ha)	Persentase (%)
1	Pohon	214,199	100,673	369,135	94,60
2	Tumbuhan Bawah	3,634	1,708	6,263	1,60
3	Serasah	2,392	1,124	4,122	1,06
4	Nekromas	0,089	0,042	0,153	0,04
5	Bambu	5,753	2,877	10,547	2,70
Total		226,067	106,424	390,221	100,00

Total cadangan karbon bagian atas permukaan sistem pengelolaan lahan dusung Rutong adalah 106,424 ton/ha, dengan potensi serapan karbondioksida (CO₂) equivalen sebesar 390,221 ton/ha. Kontribusi terbesar cadangan karbon bagian atas permukaan adalah biomassa pohon berbagai tingkat pertumbuhan sebesar 94,60% dibandingkan pool karbon yang lain.

Hasil penelitian cadangan karbon atas permukaan di dusung Rutong ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan cadangan karbon atas permukaan dusung Hative Besar dan Dusung Soya Pulau Ambon yaitu sebesar 43,998 ton/ha dan 40,664 ton/ha (Boreel et al., 2015). Demikian juga lebih tinggi bila dibandingkan cadangan karbon atas permukaan dusung Rutong dengan sistem Agroforestri di Toraja Sulawesi Selatan hanya sebesar 56,14 ton/ha (Paembonan et al., 2022). Tetapi cadangan karbon atas permukaan di dusung Rutong lebih rendah bila dibandingkan dengan cadangan karbon atas permukaan tegakan pohon Cempaka (*Elmerillia tsiampacca*) yang berumur 22 tahun yaitu sebesar 167,29 ton/ha (Paembonan & Millang, 2020). Nilai cadangan karbon atas permukaan yang berbeda-beda di berbagai tempat disebabkan faktor-faktor seperti: perbedaan alometrik yang digunakan, spesies vegetasi, sistem pengelolaan lahan, metode pengukuran dan panduan yang digunakan serta faktor-faktor tertentu pada lokasi penelitian

KESIMPULAN

Indeks keanekaragaman spesies sistem pengelolaan dusung di Negeri Rutong termasuk kategori sedang cenderung menjadi rendah karena dominasi spesies tanaman buah-buahan seperti Durian (*Durio zibethinus*). Total cadangan karbon atas permukaan di dusung Rutong sebesar 106,424 ton/ha yang terdiri atas pohon 100,673 ton/ha, tumbuhan bawah 1,708 ton/ha, serasah 1,124

ton/ha, nekromas 0,042 ton/ha dan bambu *Schizostachyum brachycladum* 2,877 ton/ha sedangkan potensi serapan karbondioksida (CO₂) equivalen sebesar 390,221 ton/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Reza, D.D., Hermawan, R., Prasetyo, L.B. 2017. Potensi cadangan karbon di atas permukaan tanah di Taman Hutan Raya Pancoran Mas Depok. *Media Konservasi*, **22**(1), 71-78.
- Anwar, S., Asaad, I., Budiharto, Ratnasari, Wibowo, H., Gunawan, W., Novitri, F., Rosehan, A., A.Y, M., Oktavia, E.R., Carolyn, R.D., Precylia, V., Lathif, S., Asmani, R., Purnomo, H., Utomo, P., Utama, K., L, R. 2021. *Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV)*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim. Direktorat Inventarisasi GRK DAN MPV. Jakarta.
- Arinah, H., Muhdi, M., Azhar, I. 2016. Pendugaan cadangan karbon pada tanaman bambu talang (*Schizostachyum brachycladum* kurz.) di hutan rakyat bambu desa pertumbukan Kecamatan Wampu Kabupaten Langkat. *Peronema Forestry Science Journal*, **5**(2), 34-48.
- Boreel, A., Loppies, R.L.R., Tetelay, F.T.F. 2015. Pendugaan Cadangan Karbon Atas Permukaan Tanah Pada Tipe Penggunaan Lahan Dusung Di Pulau Ambon. *Jurnal Hutan Tropis*, **3**(3), 214-221.
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H., Baumgardner, G.A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, **111**, 1-11.
- Hartoyo, A.P.P., Wijayanto, N., Olivita, E., Rahmah, H., Nurlatifah, A. 2019. Keanekaragaman Hayati Vegetasi pada Sistem Agroforest di Desa Sungai Sekonyer, Kabupaten Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah. *Journal of Tropical Silviculture*, **10**(2), 100-107.
- Irwanto, I., Hatulesila, J.W., Talaohu, M., Ely, A.S. 2022. Kombinasi Jenis Tanaman Pola Dusung Pada Berbagai Ketinggian Tempat Di Negeri Luhu Seram Barat. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, **6**(1), 94-108.
- Kaya, M., Kammesheidt, L., Weidelt, H.-J. 2002. The forest garden system of Saparua island Central Maluku, Indonesia, and its role in maintaining tree species diversity. *Agroforestry Systems*, **54**, 225-234.
- Ketterings, Q.M., Coe, R., van Noordwijk, M., Palm, C.A. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and management*, **146**(1-3), 199-209.
- Khare, N., Singh, D., Kant, R., Khare, P. 2020. Global warming and biodiversity. in: *Current state and future impacts of climate change on biodiversity*, IGI Global, pp. 1-10.
- Malhi, Y., Franklin, J., Seddon, N., Solan, M., Turner, M.G., Field, C.B., Knowlton, N. 2020. *Climate change and ecosystems: Threats, opportunities and solutions*, Vol. 375, The Royal Society, pp. 20190104.
- Manuri, S., Putra, C.A.S., Saputra, A.D. 2011. Teknik pendugaan cadangan karbon hutan. *Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation-GIZ*. Palembang.
- Markum, M., Andi, C.I., Syaputra, M., Mudhofir, M.R.T. 2021. Penerapan Ragam Pola Agroforestri Terhadap Pendapatan dan Cadangan Karbon di Kawasan Hutan Sesaot Lombok Barat. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 67-83.
- Matinahoru, J.M. 2014. A Review on Dusun as an indigenous agroforestry system practiced in small islands. *Occasional papers*, **54**, 53-60.

- Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H. 2016. *Ekologi vegetasi: tujuan dan metode. Terjemahan ed.* LIPI Press & Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Omayio, D., Mzungu, E., Kakamega, K. 2019. Modification of shannon-wiener diversity index towards quantitative estimation of environmental wellness and biodiversity levels under a non-comparative Scenario. *Journal of Environment and Earth Science*, **9**(9), 46-57.
- Onrizal, O., Ismail, I., Perbatakusuma, E.A., Sudjito, H., Supriatna, J., Wijayanto, I.H. 2017. Struktur Vegetasi dan Simpanan Karbon Hutan Hujan Tropika Primer DI Batang Toru, Sumatra Utara. *Jurnal Biologi Indonesia*, **5**(2).
- Paembonan, S., Soma, A., Rampisela, D. 2022. The carbon storage capacity of plantation forests and agroforestry pattern in South Sulawesi in the context of mitigating climate change. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. pp. 012028.
- Paembonan, S.A., Millang, S. 2020. Potensi Cadangan Karbon Pada Hutan Rakyat Cempaka (*Elmerillia tsiampacca*) Pada Zona Dataran Tinggi Tana Toraja: Potential Carbon Stocks in Community Forest of Cempaka (*Elmerillia tsiampacca*) in the Tana Toraja Highland. *Hutan Tropika*, **15**(2), 62-69.
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*.
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S.S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., Xu, J. 2019. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants*, **8**(2), 34.
- Riswan, R.R., Wardenaar, E., Yanti, H. 2022. Pemanfaatan Bambu Oleh Masyarakat Desa Mobui Kecamatan Kembayan Kabupaten Sanggau. *Jurnal Lingkungan Hutan Tropis*, **1**(3), 691-697.
- Schädel, C., Bader, M.K.-F., Schuur, E.A., Biasi, C., Bracho, R., Čapek, P., De Baets, S., Diáková, K., Ernakovich, J., Estop-Aragones, C. 2016. Potential carbon emissions dominated by carbon dioxide from thawed permafrost soils. *Nature climate change*, **6**(10), 950-953.
- Sitaniapessy, F.J. 2021. Pengelolaan Sistem Dusung Di Negeri Laha Kecamatan Telutih Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Penelitian Agrisamudra*, **8**(1), 1-9.
- SNI. 2019. *Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon–Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)*.
- Toochi, E.C. 2018. Carbon sequestration: how much can forestry sequester CO₂. *Forestry Research and Engineering: International Journal*, **2**(3), 148-150.
- Wahyuni, D., Nurhanisa, M., Bahtiar, A., Rutdiyanti, R. 2022. Optimasi Sintesis Karbon Aktif dari Bambu Buluh (*Schizostachyum brachycladum*) dengan Variasi Suhu Karbonisasi untuk Penyerapan Besi pada Air Sumur Gambut. *Jurnal Fisika Unand*, **11**(3), 292-298.
- Wattimena, A.Y., Makaruku, M.H. 2022. Karakteristik Budidaya Tanaman Pala (*Myristica fragran Houtt*) Pola Dusung di Kecamatan Leihitu dan Leihitu Barat Kabupaten Maluku Tengah. *Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman*, **10**(1), 38-44.
- Yusuf, M., Sulistyawati, E., Suhaya, Y. 2014. Distribusi Biomassa di Atas dan Bawah Permukaan dari Surian (*Toona Sinensis Roem.*). *Jurnal Matematika dan Sains*, **19**(2), 69-75.