

Variasi Cadangan Karbon Pada Berbagai Tipe Agroforestri Di Kawasan Hutan Pendidikan Senaru Lombok Utara

Karina Puspa Sari¹, Lalu Arifin Ariabhakti², Sukartono³

¹Mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Indonesia

²Dosen Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Indonesia

Article Info

Received: September 6, 2022

Revised: September 14, 2022

Accepted: September 26, 2022

Published: September 30, 2022

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi cadangan karbon pada berbagai tipe agroforestri di hutan pendidikan Senaru Lombok Utara. Penelitian ini dilaksanakan di Hutan Pendidikan Senaru Lombok Utara dan Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah serta Laboratorium Kimia dan Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mataram pada bulan Mei-Juli. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode deskriptif dengan teknik survei. Metode deskriptif dapat dimulai dengan pengumpulan data, analisis data dan interpretasi data. Karbon didalam tanah diperoleh melalui hasil analisis laboratorium C-Organik (Walckey and Black) didukung dengan pengukuran berat volume tanah (BV), berat jenis tanah (BJ), porositas tanah, dan tekstur tanah. Sedangkan pengukuran cadangan karbon diatas permukaan diperoleh melalui pengambilan sampel secara langsung di lapangan melalui pengukuran biomassa pohon serta biomassa seresah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total cadangan karbon pada berbagai tipe agroforestri berbeda-beda. Agroforestri mahoni memiliki potensi cadangan karbon terbesar yaitu 440,64 ton.ha-1, kemudian diikuti oleh agroforestri sengon, kopi, kakao dan terakhir agroforestri porang dengan nilai berturut-turut yaitu 371,54 ton.ha-1, 305,33 ton.ha-1, 166,15 ton.ha-1 dan 153,93 ton.ha-1.

Kata Kunci: Agroforestri; Cadangan karbon; Berat Volume Tanah; Porositas; Tekstur tanah

Abstract: This study aims to determine the variation of carbon stocks in various types of agroforestry in the education forest of Senaru, North Lombok. This research was carried out in the Senaru Educational Forest, North Lombok and the Physics Laboratory and Soil Conservation as well as the Chemistry and Soil Biology Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Mataram in May-July. The method used in this research is descriptive method with survey technique. Descriptive method can be started with data collection, data analysis and data interpretation. Carbon in the soil was obtained through the results of C-Organic laboratory analysis (Walckey and Black) supported by measurements of bulk density (BV), particle density (BJ), soil porosity, and soil texture. While the measurement of carbon stocks above the surface is obtained through direct sampling in the field through measurements of tree biomass and litter biomass. The results showed that the total carbon stocks in various types of agroforestry were different. Mahogany agroforestry has the largest potential carbon stock, namely 440.64 ton.ha-1, then followed by sengon, coffee, cocoa agroforestry and finally porang agroforestry with a successive value of 371.54 tons.ha-1, 305.33 tons. ha-1, 166.15 tons.ha-1 and 153.93 tons.ha-1.

Keywords: agroforestry, carbon stocks; bulk density (BV); Soil Porosity; Soil Texture.

Citation: Sari, K.P., Ariabhakti, L.A., & Sukartono. (2021). Variasi Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Agroforestri di Kawasan Hutan Pendidikan Senaru Lombok Utara. *Journal of Soil Quality and Management (JSQM)*, 1(2), 32-42

* Karina: karinapuspa.sari11@gmail.com
Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Mataram,
Indonesia

INTRODUCTION

Perubahan tata guna lahan dan perubahan penutupan lahan melalui konversi hutan merupakan salah satu penyebab pemanasan global (Maula, et. al, 2015). Pemanasan global adalah suatu fenomena meningkatnya suhu permukaan bumi, baik di daratan maupun di lautan. Pemanasan global dipicu oleh meningkatnya gas-gas rumah kaca (GRK) di atmosfer diantaranya metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), dinitrogen dioksida (N_2O), dan ozon (O_3). *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (2006), menyatakan bahwa dalam kurun waktu 100 tahun terakhir, telah terjadi peningkatan suhu global di permukaan bumi mencapai $0,74 \pm 0,18^\circ\text{C}$ ($1,33 \pm 0,32^\circ\text{F}$). Sedangkan Lal (2004), menyatakan bahwa tingkat kenaikan suhu rata-rata global melebihi tingkat kritis yaitu $0,1^\circ\text{C}/\text{dekade}$.

Dampak global dari pemanasan global ini yaitu terjadinya fenomena perubahan cuaca dan iklim. Adapun salah satu contoh dari perubahan iklim ini yaitu curah hujan yang terus meningkat. Lal (2004), menyatakan bahwa curah hujan meningkat dengan kecepatan $0,5\text{--}1\%/ \text{dekade}$ di sebagian besar belahan bumi utara terutama di garis lintang menengah dan tinggi, dan penurunan di daerah daratan sub-tropis dengan laju $0,3\%/ \text{dekade}$. Perubahan ini tentunya menyebabkan penurunan kumpulan karbon organik tanah (SOC) dan stabilitas struktural, meningkatkan kerentanan tanah terhadap limpasan air dan erosi, serta mengganggu siklus air, karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), sulfur (S) dan elemen lainnya, dan menyebabkan dampak buruk pada produktivitas biomassa, keanekaragaman hayati dan lingkungan.

Salah satu cara untuk mengurangi pemanasan global adalah dengan mengendalikan konsentrasi CO_2 di atmosfer dengan cara melakukan penanaman jenis tanaman berkayu pada areal-areal hutan dan lahan yang terdegradasi (Maula, et. al., 2015). Sedangkan Arief (2005), menyatakan bahwa pengendalian konsentrasi CO_2 di atmosfer dapat dilakukan dengan program peningkatan stok karbon melalui pengembangan program sink, dimana karbon organik sebagai hasil fotosintesa akan disimpan dalam biomassa tegakan hutan atau pohon berkayu. Biomassa hutan memiliki kandungan karbon yang cukup potensial. Hampir 50% dari biomassa vegetasi hutan tersusun atas unsur karbon. Di permukaan bumi ini, kurang lebih terdapat 90% biomassa yang terdapat dalam hutan berbentuk kayu, dahan, daun, akar, dan sampah hutan (seresah), hewan dan jasad renik.

Kawasan Hutan Pendidikan Senaru merupakan salah satu kawasan hutan produksi yang di kelola oleh Universitas Mataram dengan tujuan pendidikan. Kawasan ini berbatasan langsung dengan kawasan Taman Nasional Gunung Rinjani (TNGR) di bagian selatan dan kawasan pertanian di bagian utara (Idris et al., 2012). Hutan pendidikan Senaru ternyata memiliki toleransi terhadap sistem pertanian wanatani atau agroforestri.

Sistem agroforestri diyakini sebagai salah satu solusi untuk mengatasi kerentanan tanah dan lahan terhadap proses degradasi. Keutamaan sistem tersebut terletak pada penggabungan tanaman tahunan atau tanaman hutan/pohon dan tanaman pertanian atau tanaman semusim (Kusnarta, et. al, 2021). Sistem agroforestri juga memiliki potensi menyimpan karbon sangat beragam tergantung pada kualitas alami tempat tumbuh dan cara pengelolaan agroforestri (teknik budidaya dan tingkat pemanfaatan hasil). Umumnya karbon tumbuhan tersimpan dalam bentuk biomassa yakni sekitar 45-55%, melalui proses fotosintesis. Tanaman atau pohon di hutan berfungsi sebagai tempat penimbunan dan pengendapan karbon. (Pamudji, 2011 dalam Ariani et. al., 2014).

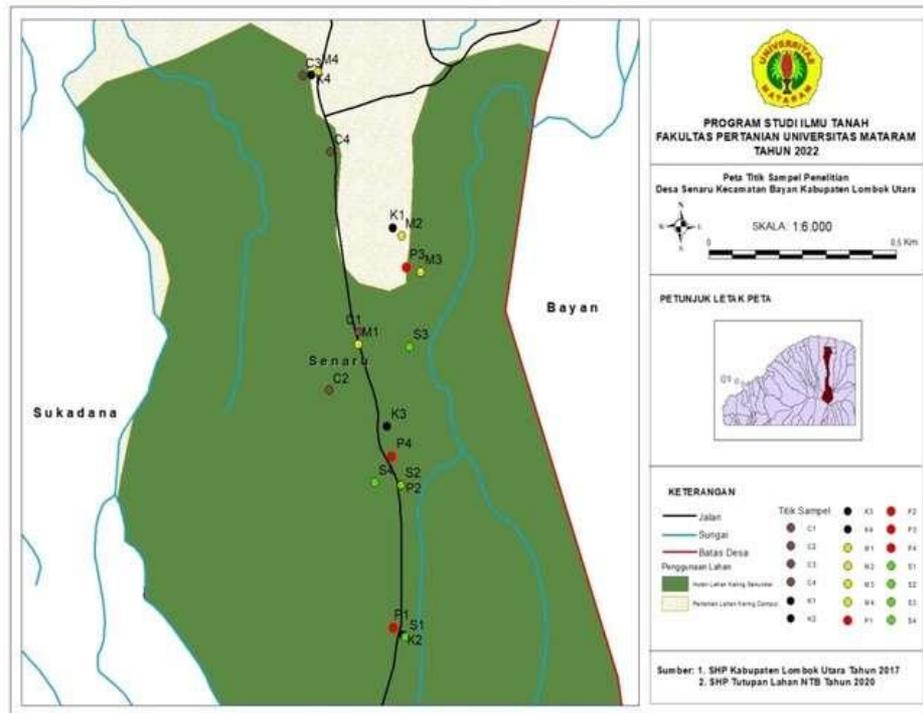
Penyimpanan karbon pada suatu lahan menjadi lebih besar bila kondisi kesuburan tanahnya baik, karena biomassa pohon meningkat, atau dengan kata lain di atas tanah (biomasa tanaman) ditentukan oleh besarnya di dalam tanah (bahan organik tanah) (Safaruddin, et. al., 2018). Berdasarkan berbagai uraian diatas, maka penelitian ini dilaksanakan untuk melakukan pengukuran potensi cadangan karbon yang tersimpan pada lahan areal agroforestri di kawasan hutan pendidikan Senaru, Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat (NTB).

METHOD

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan teknik survei. Metode deskriptif dapat dimulai dengan pengumpulan data, analisis data dan interpretasi data. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei-Juli 2022. Lokasi penelitian berada di areal lahan agroforestri kawasan hutan pendidikan Senaru, Lombok Utara. Analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Fisikda dan Konservasi Tanah dan Laboratorium Kimia dan Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS, pisau, ring sample, meteran, tali rafia, cangkul, kertas label, ayakan, oven, penggaris, cawan, tabung reaksi, alat-alat di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah serta Laboratorium Kimia Tanah. Sedangkan bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sample tanah, aquades, H_2SO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan bahan-bahan di Laboratorium.

Penelitian dilaksanakan melalui tiga tahap, yaitu tahapan survei lapangan, survei utama, serta analisis tanah. Kegiatan survei lapangan dilakukan agar pelaksanaan survei utama dapat berjalan lancar dan efisien. Kegiatan survei lapangan terdiri dua tahap yaitu persiapan dan survei pendahuluan. Persiapan dilakukan untuk menyiapkan segala alat dan bahan yang akan digunakan. Sedangkan survei pendahuluan bertujuan untuk menjajaki kondisi umum lahan di lokasi penelitian. Berdasarkan survei pendahuluan ini maka ditentukan sebaran titik koordinat untuk tempat pengambilan sampel tanah. Adapun lokasi pengambilan sampel tanah sebagai berikut.



Gambar 1. Peta Titik Sampel Tanah di Kawasan Hutan Pendidikan Senaru

Survei utama dilaksanakan untuk melaksanakan seluruh kegiatan survei utama yang meliputi pengambilan sampel dan penanganan sampel. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 4 titik di setiap tipe agroforestri. Sampel tanah pada setiap titik diambil pada kedalaman 0-5 cm dan 5-10 cm pada setiap kluster agroforestri. Sampel tanah untuk analisis C-Organik, Berat Jenis (BJ) tanah, dan Tekstur tanah diambil menggunakan cangkul sesuai kedalaman kemudian dimasukkan ke kantong plastik. Sedangkan sampel tanah untuk analisis Berat Volume (BV) tanah diambil menggunakan ring sampel yang memiliki tinggi 5 cm dan diameter 5 cm. Sampel tanah terusik yang telah dikumpulkan kemudian dikering anginkan. Setelah itu sampel tanah ditumbuk hingga halus dan diayak dengan ayakan ukuran 0,5 mm untuk analisis C-Organik tanah dan ayakan 2 mm untuk analisis BJ tanah dan tekstur tanah. Sedangkan untuk sampel tanah tidak terusik dikeluarkan dari ring sampel kemudian ditaruh di dalam cawan yang sudah disediakan. Setelah itu, tanah tersebut di oven selama 24 jam. Kemudian, ring sampel yang digunakan dibersihkan dan diukur tinggi dan diameternya untuk mengetahui volume ring sampel.

Analisis sampel tanah dilaksanakan di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah dan Laboratorium Kimia dan Biologi Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Adapun parameter yang akan dianalisis yaitu C-Organik dengan menggunakan metode Walkley dan Black, berat volume (BV) Tanah menggunakan metode ring sampel, berat jenis (BJ) Tanah menggunakan metode piknometer, porositas tanah dilakukan dengan pengukuran kerapatan tanah (BV) dan berat jenis tanah (BJ), dan analisis tekstur tanah menggunakan metode pipet.

Pengukuran Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah

Indikator yang dapat digunakan untuk memonitor cadangan karbon atas adalah dengan melakukan pengukuran biomassa seresah dan biomassa pohon.

Pengukuran biomassa seresah dilakukan dengan pengambilan bagian tanaman yang mati, daun-daun yang gugur, ranting gugur atau seresah kayu dan bahan organik lain yang berada dipermukaan tanah yang termasuk dalam plot. Plot untuk pengambilan seresah memiliki ukuran 1 x 1 m yang berada dalam plot utama yang berukuran 20 x 20 m. Semua seresah yang ada di dalam plot tersebut ditimbang berat basahanya kemudian dikering oven untuk memperoleh berat keringnya untuk pengukuran biomassa seresah.

Pengukuran biomassa pohon dilakukan dengan pengukuran semua diameter batang pohon yang terdapat didalam plot permanen dan mengidentifikasi jenis kayunya. Pengukuran biomassa pohon dilakukan dengan mengukur lingkaran batang atau diameter pohon setinggi dada, yakni setinggi 1,3 m diatas permukaan tanah. Pengukuran biomassa pohon ini menggunakan metode alometrik menurut Hairiah, *et. al.*, (2016).

Plot yang dibuat yaitu plot dengan ukuran 20 x 20 m. Kemudian dipasang plat nomor pada setiap pohon yang dijumpai dan dicatat nama lokal pohon yang akan diukur pada blanko pengukuran. Diukur lingkaran batang setinggi dada (setinggi 1,3 m dari permukaan tanah), untuk mempermudah digunakan tongkat kayu ukuran panjang 1,3 m, diletakkan tegak lurus permukaan tanah di dekat pohon yang akan diukur. Dibersihkan semua lumut yang ada di permukaan batang. Dililitkan pita pengukur (meteran) pada batang pohon, dengan posisi pita (meteran) harus

sejajar untuk semua arah. Diukur lingkaran batang semua pohon yang masuk dalam plot dan dicatat semua data yang diperoleh pada lembar blanko yang telah disediakan.

Bila permukaan tanah di lapangan dan bentuk pohon tidak rata, maka penentuan titik pengukuran lingkaran pohon yaitu pohon pada lahan berlereng, diletakkan ujung tongkat 1,3 m pada lereng bagian atas. Pohon bercabang sebelum ketinggian 1,3 m, maka diukur lingkaran semua cabang yang ada. Bila pada ketinggian 1,3 m terdapat benjolan, maka dilakukan pengukuran lingkaran pohon pada 0,5 m setelah benjolan. Bila pada ketinggian 1,3 m terdapat akar-akar tunjang, maka dilakukan pengukuran pada 0,5 m setelah perakaran. Bila pada ketinggian 1,3 m terdapat banir (batas akar papan) maka dilakukan pengukuran lingkaran pohon pada 0,5 m setelah banir.

Perhitungan Biomassa Pohon

Bila pohon yang diukur belum ada dalam daftar BJ kayu, maka tetapkan berat jenis (BJ) kayu dari masing-masing jenis pohon dengan jalan memotong kayu dari salah satu cabang, lalu ukur panjang, diameter dan timbang berat basahnya. Masukkan dalam oven, pada suhu 100°C selama 48 jam dan timbang berat keringnya. Hitung volume dan BJ kayu dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Volume (cm}^3\text{)} = \pi R^2 T$$

Dimana:

R = jari-jari potongan kayu = 1/2 x Diameter (cm)

T = panjang kayu (cm)

π = 3.14

Berat jenis (BJ) kayu dihitung dengan rumus:

$$\text{Berat Jenis Kayu (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Berat Kering (g)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}}$$

Rumus allometrik untuk menaksir biomassa pohon di hutan pendidikan Senaru berdasarkan zona iklimnya yaitu sesuai rumus menurut Chave, *et al.*, (2005) untuk iklim Humid/lembab yaitu :

$$(\text{AGB})_{\text{est}} = \pi * \exp(-1.499+2.148 \ln(D)+0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3)$$

Namun, ada beberapa estimasi biomassa pohon menggunakan persamaan allometrik menurut Hairiah dan Rahayu (2007) yaitu :

Jenis Pohon	Estimasi Biomassa Pohon (kg/pohon)
Kopi	(AGB) _{est} = 0,281 D ^{2,06}
Kakao	(AGB) _{est} = 0,1208 D ^{1,98}

Keterangan :

(AGB)_{est} = biomassa pohon (kg/pohon)

D(DBH) = diameter batang setinggi dada (cm)

π = BJ kayu (g/cm³)

Perhitungan Biomassa Seresah

Perhitungan biomassa seresah yaitu dengan menggunakan rumus :

$$\text{Total BK} = \frac{\text{BK Sub contoh (g)}}{\text{BB Sub contoh (g)}} \times \text{Total BB (g)}$$

Dimana,

BK = berat kering

BB = berat basah

Apabila dalam 1 kuadran berukuran 1 m x 1 m diperoleh berat basah seresah yaitu 500 g maka berat basah sub-contoh yang digunakan yaitu 300 g.

Untuk menghitung total biomassa seresah per m², maka menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Total Biomassa (g/m}^2\text{)} = \text{Total BK} \times 3/2$$

Untuk perhitungan biomassa seresah (ton.ha⁻¹), maka terlebih dahulu total biomassa gr/m² di konversi ke dalam kg/m² lalu dikonversikan lagi ke dalam ton.ha⁻¹ (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Estimasi Cadangan Karbon

Jumlah karbon perluasan dapat dihitung dengan mengalikan total biomassa perkomponen dengan 0,46. Karena konsentrasi C dalam bahan organik biasanya adalah 46%. Perhitungan dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Estimasi Jumlah Karbon} = \text{Biomassa (ton.ha}^{-1}\text{)} \times 0,46$$

(Hairiah dan Rahayu, 2007)

Untuk mengetahui total karbon yang tersimpan pada seluruh kawasan penelitian ialah dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Estimasi Total Karbon} = \text{TKt} + \text{TKp} + \text{TKs}$$

Keterangan:

TKt : Total Karbon Tanah (ton.ha⁻¹)

TKp : Total Karbon Pohon (ton.ha⁻¹)

TKs : Total Karbon Seresah (ton.ha⁻¹)

Analisis Statistik

Analisis statistik digunakan untuk menganalisis data yang telah diperoleh. Hasil tersebut dianalisis menggunakan analisis keragaman (*Analysis of Varians (ANOVA)*). Apabila didapatkan nilai hasil signifikan, maka akan dilakukan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%.

RESULT AND DISCUSSION

Kondisi Biofisik Lahan Hutan Pendidikan Senaru

Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Senaru merupakan KHDTK untuk tujuan pendidikan yang diserahkan pengelolaannya kepada Universitas Mataram (Surat Keputusan Menteri Kehutanan No SK 392/Menhut-II/2004). KHDTK Senaru memiliki luas 225,7 ha dan secara administratif masuk wilayah Desa Senaru Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara. Secara geografis wilayah KHDTK Hutan Pendidikan Senaru terletak antara 08°18'08" LS – 08°21'07" LS. dan 116°22'41" BT – 116°25'41" BT.

KHDTK Senaru berada pada ketinggian antara 440 – 850 m dari permukaan laut (d.p.l.). Sekitar 76 % KHDTK Senaru berada pada elevasi 500-700 m d.p.l. Dalam kawasan KHDTK Senaru, terdapat sungai dengan tebing yang cukup curang dan debit aliran yang cukup besar dan mengalir sepanjang tahun. Senaru memiliki ciri topografi sedang sampai berat dengan relief atau formasi bentuk lahan yang bergelombang dan berbukit yang dibatasi oleh 2 (dua) jurangan di sebelah barat dan timur area kelola. Berdasarkan aspek iklim, data curah hujan stasiun terdekat dengan KHDTK Senaru yaitu Sopak dan Santong berada pada ketinggian sekitar 600 m d.p.l., masing-masing sebesar 1896 mm/tahun dan 1794 mm/tahun.

Berdasarkan status, KHDTK Senaru masuk dalam kawasan hutan produksi yang berada diantara kawasan pertanian di bagian utara dan kawasan Taman Nasional Gunung Rinjani di bagian selatan. Hutan pendidikan Senaru juga dijadikan sebagai hutan kemasyarakatan. Berdasarkan survey yang telah dilaksanakan, kawasan hutan pendidikan Senaru merupakan salah satu hutan yang tergolong kawasan agroforestri. Adapun agroforestri yang dominan di kawasan ini yaitu tipe agroforestri porang, agroforestri kopi, agroforestri kakao, agroforestri sengon, dan agroforestri mahoni.

Total Cadangan Karbon per Hektar pada Berbagai Tipe Agroforestri

Data pada tabel 1, menunjukkan bahwa rata-rata cadangan karbon dari sumber tanah pada kelalamanan 0-5 cm dan 5-10 cm tidak berbeda nyata pada kelima tipe agroforestri. Hal ini menunjukkan bahwa proses-proses yang terjadi di dalam lapisan top soil tersebut sama. Hal ini berkaitan erat dengan kondisi biofisik lahan yang relatif seragam baik dari topografi maupun agroklimatnya yang sama. Cadangan karbon yang ada pada suatu lahan ditentukan oleh ragam vegetasi serta faktor lingkungannya (Idris *et. al.*, 2013; Safaruddin *et. al.*, 2018). Selain itu, hal tersebut juga didukung dengan kondisi seresah yang menunjukkan bahwa pada berbagai tipe agroforestri memiliki cadangan karbon tingkat seresah yang sama atau tidak berbeda nyata.

Tabel 1. Total Cadangan Karbon ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) Berdasarkan Komponen Sumber Karbon pada Berbagai Tipe Agroforestri

Tipe Agroforestri	Cadangan Karbon ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
	Tanah		Pohon	Seresah	Total
	0-5 cm	5-10 cm			
Porang	40,33	34,10	70,07a	9,43	153,93
Kopi	49,48	35,28	210,82ab	9,75	305,33
Kakao	44,30	37,54	74,67a	9,64	166,15
Sengon	50,39	39,28	271,70ab	10,17	371,54
Mahoni	40,80	35,67	354,66b	9,51	440,64
BNJ 5%	NS	NS	229,30	NS	-

Keterangan : ns = non-signifikan, angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Tipe agroforestri yang memiliki cadangan karbon tanah tertinggi yaitu tipe agroforestri Sengon pada kedalaman 0-5 cm dan 5-10 cm berturut-turut adalah 50,39 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ dan 39,28 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$. Kemudian, tipe agroforestri kopi yang memiliki nilai 49,48 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ dan 35,28 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, diikuti oleh kakao dengan nilai 44,30 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ dan 37,54 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, diikuti agroforestri mahoni dengan nilai 40,80 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ dan 35,67 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$. Kemudian, agroforestri porang memiliki nilai cadangan karbon yang terendah yaitu 40,33 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ dan 34,10 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$. Perbedaan kandungan cadangan karbon ini karena perbedaan jenis tanamannya. Karuru (2021), menyatakan bahwa keanekaragaman jenis tumbuhan pada berbagai tutupan lahan mempunyai kemampuan menyerap dan menyimpan karbon yang bervariasi karena jenis tumbuhan penyusunnya yang berbeda dan perbedaan aktivitas dalam pengelolaan lahan oleh masyarakat sekitar memunculkan keanekaragaman, kerapatan tumbuhan dan pengelolaan lahan yang berbeda, sehingga mengindikasikan perbedaan nilai cadangan karbon pada masing-masing penutupan lahan.

Selain itu, faktor tersebut juga dipengaruhi oleh kedalaman lapisan tanah. Tanah cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman lapisan tanah. Nilai cadangan karbon pada semua tipe agroforestri pada kedalaman 0-5 cm selalu lebih tinggi dibandingkan dengan kedalaman 5-10 cm. Hal tersebut disebabkan oleh akumulasi bahan organik hasil dekomposisi serasah yang cenderung tinggi pada lapisan tanah atas, sehingga karbon organik tanah pada lapisan tanah 0-5 cm cenderung lebih tinggi. Sari, *et. al.*, (2017) menyatakan bahwa akumulasi bahan organik pada lapisan tanah cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan tanah bawah.

Hal tersebut juga didukung oleh cadangan karbon pada tingkat serasah dimana cadangan karbon tertinggi yaitu pada tipe agroforestri sengon yaitu sebesar 10,17 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, diikuti oleh agroforestri kopi yaitu sebesar 9,75 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, diikuti oleh agroforestri kakao yaitu sebesar 9,64 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, kemudian agroforestri mahoni sebesar 9,51 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ dan terakhir yaitu agroforestri porang yaitu sebesar 9,43 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$. Cadangan karbon tingkat serasah berbanding lurus dengan cadangan karbon tanah. Semakin tinggi cadangan karbon serasah pada tiap agroforestri maka semakin tinggi pula cadangan karbon tanah untuk masing-masing agroforestri. Siringoringo (2014) menjelaskan bahwa bahan organik cenderung terkonsentrasi pada lapisan atas disebabkan karena sebagian besar input karbon berasal dari serasah yang berada pada bagian atas tanah. Sementara itu, penurunan yang terjadi disebabkan karena distribusi bahan organik yang menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah, dan berpengaruh pada menurunnya porositas tanah pada lapisan yang lebih dalam.

Sementara itu, cadangan karbon yang bersumber dari pohon memiliki cadangan karbon yang signifikan atau berbeda nyata pada berbagai tipe agroforestri. Agroforestri porang tidak berbeda nyata dengan agroforestri kakao namun berbeda nyata dengan agroforestri kopi, sengon dan mahoni. Sedangkan agroforestri kopi tidak berbeda nyata dengan agroforestri sengon namun berbeda nyata dengan agroforestri mahoni dan tentunya agroforestri mahoni berbeda nyata dengan keempat tipe agroforestri lainnya. Hal ini terjadi karena pada agroforestri sengon memiliki pohon dengan diameter yang relative besar dibandingkan dengan agroforestri lainnya.

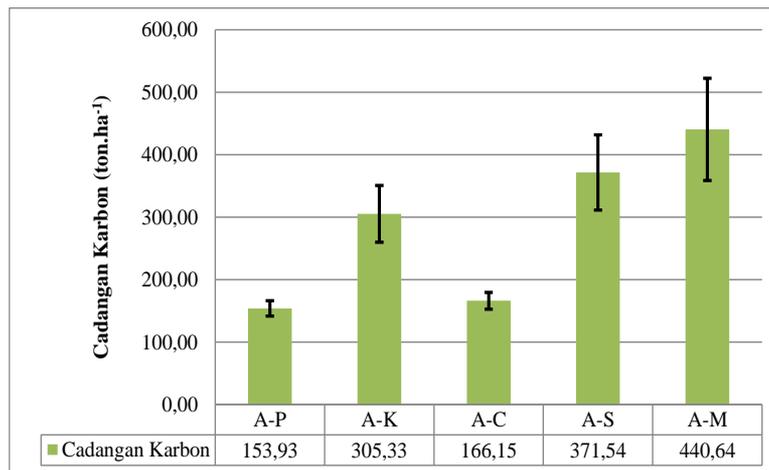
Cadangan karbon atas permukaan tanah untuk tingkat pohon pada berbagai tipe agroforestri memiliki kandungan yang berbeda-beda. Tipe agroforestri yang memiliki cadangan karbon tertinggi yaitu agroforestri mahoni sebesar 341,47 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, kemudian agroforestri sengon sebesar 271,70 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, diikuti agroforestri kopi sebesar 210,82 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, diikuti agroforestri kakao sebesar 74,67 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ dan terakhir agroforestri porang yaitu sebesar 60,62 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$. Tipe agroforestri mahoni memiliki cadangan karbon tertinggi karena plot pada agroforestri mahoni didominasi oleh pohon dengan diameter batang yang besar karena semakin besar diameter suatu pohon maka semakin besar biomassa pohon sehingga cadangan karbon pada pohon tersebut akan semakin besar pula.

Hairiah, *et. al.*, (2007) menyatakan bahwa diameter dan berat jenis pohon adalah salah satu faktor yang mempengaruhi nilai dari biomassa serta cadangan karbon. Tipe dan jenis pohon serta berat jenis dan diameter pohon yang besar cenderung mempunyai potensi cadangan karbon yang lebih tinggi daripada tipe hutan dengan kerapatan tinggi namun jenis pohon dan berat jenis serta diameter yang rendah. Hal tersebut juga didukung oleh

pernyataan dari Maulana (2010) yang menyatakan bahwa tingginya potensi cadangan karbon dipengaruhi oleh besarnya diameter tegakan dan berat jenisnya dibanding kerapatan dari tutupan lahan.

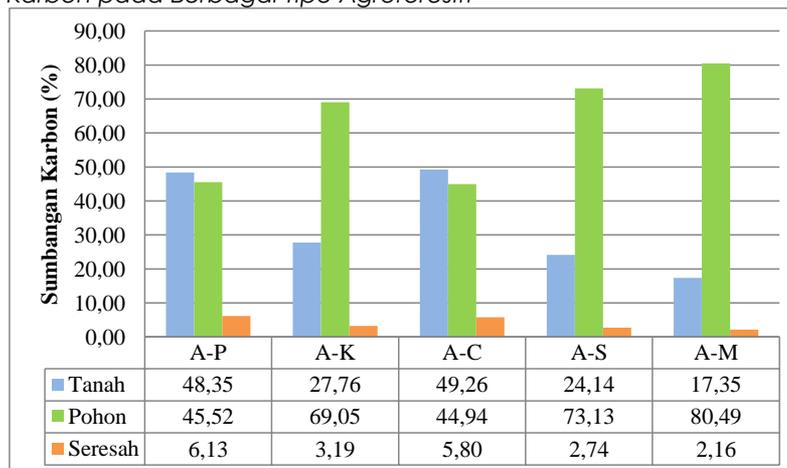
Adinugroho (2013) menyatakan bahwa parameter keanekaragaman jenis vegetasi, diameter, dan kerapatan individu akan secara bersama-sama memberikan kontribusi dalam besarnya nilai karbon tersimpan suatu vegetasi. Semakin besar nilai diameter dan tinggi vegetasi, serta kerapatan vegetasi yang tinggi akan menghasilkan nilai biomassa dan cadangan karbon yang semakin besar. Eka, *et. al.*, (2017) juga menyatakan bahwa besarnya potensi biomassa dan simpanan karbon pada pohon dikarenakan pohon memiliki diameter yang lebih besar dibandingkan dengan tumbuhan bawah dan serasah.

Berdasarkan gambar 2, terdapat perbedaan total cadangan karbon pada berbagai tipe agroforestri. Agroforestri Mahoni memiliki potensi cadangan karbon terbesar yaitu 440,64 ton.ha⁻¹, kemudian diikuti oleh agroforestri Sengon, kemudian oleh agroforestri Kopi, Kakao dan terakhir agroforestri Porang dengan nilai berturut-turut yaitu 371,54 ton.ha⁻¹, 305,33 ton.ha⁻¹, 166,15 ton.ha⁻¹ dan 153,93 ton.ha⁻¹. Tingginya cadangan karbon pada agroforestri mahoni dibandingkan dengan agroforestri lainnya karena agroforestri mahoni menyimpan cadangan karbon atas permukaan tingkat pohon yang paling tinggi dibandingkan dengan tipe agroforestri lainnya. Hal ini sesuai dengan pendapat Andriani (2021) yang menyatakan bahwa tingginya jumlah karbon yang disimpan tegakan dalam bentuk biomassa pohon relatif lebih besar dibandingkan jumlah karbon yang tersimpan dalam bentuk lain.



Gambar 2. Total Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Agroforestri

Persentase Sumbangan Karbon pada Berbagai Tipe Agroforestri

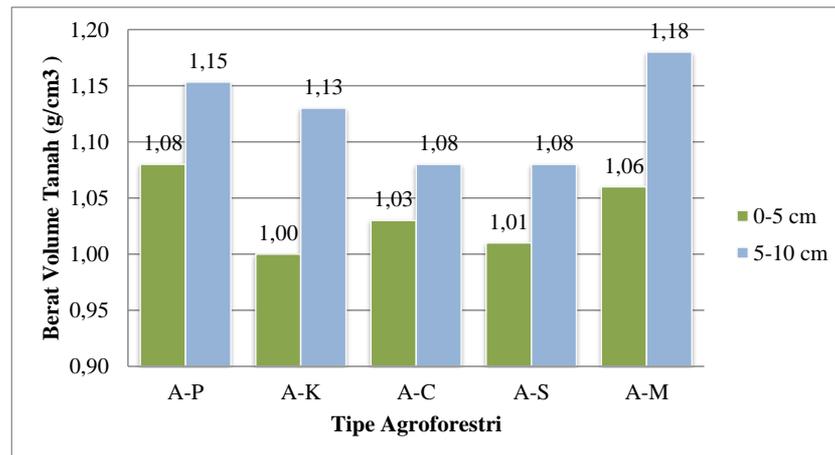


Gambar 3. Persentase Sumbangan Karbon dari Berbagai Sumber Cadangan-C pada Berbagai Tipe Agroforestri

Berdasarkan gambar 3, persentase sumbangan karbon dari berbagai sumber cadangan karbon pada berbagai tipe agroforestri memiliki kontribusi yang berbeda-beda. Namun, hampir semua tipe agroforestri, sumbangan karbon terbesar diperoleh dari kontribusi karbon pohon seperti pada agroforestri kopi, sengon dan mahoni. Agroforestri mahoni memiliki kontribusi karbon dari pohon sebesar 80,49%, dari sumber tanah sebesar 17,35% dan dari serasah sebesar 2,16%. Agroforestri sengon memiliki kontribusi karbon dari pohon sebesar 73,13%, dari sumber tanah sebesar 24,14% dan dari serasah sebesar 2,74%. Sedangkan agroforestri kopi memiliki kontribusi karbon dari pohon sebesar 69,05%, dari sumber tanah sebesar 27,76% dan dari serasah sebesar 3,19%. Namun berbeda halnya dengan agroforestri porang dan kakao, sumbangan terbesar karbon justru dari tanah yaitu sebesar 48,35% dan

49,29%. Pada agroforestri porang hal tersebut bisa saja terjadi karena tanaman porang merupakan tanaman yang tergolong tumbuhan perdu yang memiliki biomassa kecil sehingga kontribusi karbonnya kecil. Sedangkan pada agroforestri kakao, hal tersebut terjadi karena kakao memiliki batang yang kecil-kecil sehingga memungkinkan kontribusi karbon dari pohon juga kecil. Berdasarkan akumulasi tersebut, total cadangan karbon sebagian besar merupakan kontribusi dari sumber pohon, kemudian tanah dan terakhir bersumber dari seresah.

Berat Volume (BV) Tanah



Gambar 3. Berat Volume Tanah pada Berbagai Tipe Agroforestri

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan berat volume tanah pada berbagai tipe agroforestri. Berat volume (BV) tanah terlihat semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman. Tipe agroforestri Porang memiliki BV tanah pada kedalaman 0-5 cm dan 5-10 cm berturut-turut yaitu 1,08 g/cm³ dan 1,15 gr/cm³. Begitupula untuk agroforestri kopi, kakao, sengon, dan mahoni memiliki nilai BV yang semakin tinggi seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah. Siringoringo, (2014) menyatakan bahwa kerapatan tanah (BV) meningkat secara nyata dengan meningkatnya kedalaman tanah. Hal ini terlihat jelas pada data yang ada bahwa semakin bertambahnya kedalaman suatu tanah maka cadangan karbon (C-organik tanah) akan semakin rendah seperti pada agroforestri porang, pada kedalaman 0-5 cm memiliki cadangan karbon 40,33 ton.ha⁻¹ sedangkan pada kedalaman 5-10 cm memiliki cadangan karbon sebesar 34,10 ton.ha⁻¹. Bukan hanya pada agroforestri porang saja, tetapi pada agroforestri kopi, kakao, sengon dan mahoni juga seperti itu.

Gunadi *et al.*, (2020), menyatakan bahwa tanah dengan BV rendah biasanya memiliki kandungan bahan organik tanah tinggi, karena bahan organik akan meningkatkan ruang pori tanah dan membentuk struktur tanah yang remah sehingga menurunkan BV tanah. Sedangkan Fujino *et al.*, (2016) menyatakan bahwa tinggi rendahnya berat volume tanah ditentukan oleh kandungan karbon organik tanah, semakin tinggi kandungan karbon organik tanah maka semakin rendah berat volume tanahnya. Berat volume tanah yang meningkat dapat menyebabkan ruang pori tanah mengecil sehingga menyebabkan kandungan karbon organik tanah menjadi rendah. Sedangkan Krull *et al.*, (2001) menyatakan bahwa hampir semua karbon organik dalam tanah terletak di dalam pori-pori antara partikel tanah, sehingga apabila ruang pori tanah mengecil kandungan karbon organik tanah juga sedikit.

Kandungan karbon organik tanah memiliki korelasi negatif dengan kerapatan tanah. Siringoringo, (2014) menyatakan bahwa tinggi rendahnya kerapatan tanah ditentukan oleh kandungan karbon organik tanah, semakin tinggi kandungan karbon organik tanah maka semakin rendah kerapatannya. Kerapatan tanah yang meningkat dapat menyebabkan ruang pori tanah mengecil sehingga menyebabkan kandungan karbon organik tanah menjadi rendah.

Porositas Tanah

Tabel 2. Porositas Tanah pada Berbagai Tipe Agroforestri

Vegetasi	Porositas (%)	
	0-5 cm	5-10 cm
Porang	48,58	47,51
Kopi	54,19	50,05
Kakao	53,65	53,83
Sengon	51,23	50,33
Mahoni	50,32	48,35
BNJ 5 %	NS	NS

Keterangan : ns = non-signifikan pada taraf 5%

Berdasarkan tabel 2, menunjukkan bahwa nilai porositas tanah tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kelima tipe agroforestri. Nilai porositas cenderung menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Pada agroforestri Porang, nilai porositas tanah pada kedalaman 0-5 cm dan 5-10 cm berturut-turut yaitu 48,58% dan 47,51%. Begitupun dengan agroforestri kopi, kakao, sengon dan mahoni memiliki nilai porositas yang semakin rendah dengan bertambahnya kedalaman tanah. Nilai porositas tanah erat kaitannya dengan cadangan karbon tanah. Krull *et al.*, (2001) menyatakan bahwa hampir semua karbon organik dalam tanah terletak di dalam pori-pori antara partikel tanah, sehingga apabila ruang pori tanah mengecil kandungan karbon organik tanah juga sedikit.

Dilla (2021), menyatakan bahwa bahan organik dalam tanah dapat meningkatkan volume ruang pori tanah, sehingga dengan demikian sedikitnya bahan organik akibat bertambahnya kedalaman, maka ruang pori tanah akan semakin sedikit jumlahnya. Selain itu, semakin bertambah kedalaman, tekanan terhadap lapisan tanah dibawahnya akan semakin bertambah. Hal ini mengakibatkan kerapatan partikel tanah semakin meningkat, dan sebagai konsekuensinya maka ruang pori tanah (porositas) semakin menurun.

Tekstur Tanah

Tekstur tanah memiliki arti peran penting dalam aspek tata air dan aspek pengelolaan lahan. Tekstur tanah secara langsung mempengaruhi mudah tidaknya tanah dapat ditembusi akar tanaman. Tekstur tanah juga dapat menentukan daya cengkaman akar tanaman sehingga tanaman tidak mudah rebah. Secara tidak langsung tekstur tanah menentukan penyediaan air dan respirasi akar.

Tekstur tanah ikut berpengaruh dalam proses terikat maupun terlepasnya bahan organik. Bahan organik tanah cenderung meningkat bila kandungan liat lebih tinggi (Bot dan Benites, 2008). Lebih lanjut Bot dan Benites menjelaskan, peningkatan ini dipengaruhi oleh dua mekanisme. Pertama, ikatan antara permukaan partikel liat dan bahan organik menghambat proses penguraian karbon. Kedua, kandungan liat yang lebih tinggi meningkatkan potensi pembentukan agregat.

Tabel 3. Tekstur Tanah pada Kedalaman 0-5 cm di Berbagai Tipe Agroforestri

Tipe Agroforestri	Persentase Fraksi Tanah (%)			Kelas Tekstur
	Liat	Debu	Pasir	
Porang	11,70	28,97	59,33	Lempung Berpasir
Kopi	13,65	23,02	63,33	Lempung Berpasir
Kakao	13,00	28,33	58,67	Lempung Berpasir
Sengon	12,35	34,98	52,67	Lempung Berpasir
Mahoni	11,05	22,95	66,00	Lempung Berpasir

Tabel 4. Tekstur Tanah pada Kedalaman 5-10 cm di Berbagai Tipe Agroforestri

Tipe Agroforestri	Persentase Fraksi Tanah (%)			Kelas Tekstur
	Liat	Debu	Pasir	
Porang	10,40	30,93	58,67	Lempung Berpasir
Kopi	14,30	24,37	61,33	Lempung Berpasir
Kakao	13,65	32,35	54,00	Lempung Berpasir
Sengon	10,40	35,60	54,00	Lempung Berpasir
Mahoni	14,95	34,38	50,67	Lempung

Tanah yang didominasi oleh fraksi liat mempunyai daya pegang air yang besar dan pori aerasi yang rendah. Keadaan yang pertukaran udara tidak lancar atau semi anaerob akan berpengaruh terhadap dekomposisi bahan organik, yaitu bahan organik akan mengalami proses humifikasi sehingga dihasilkan senyawa-organik yang tahan terhadap pelapukan (Stevenson, 1982).

Berdasarkan analisis yang telah dilaksanakan, keberadaan karbon tanah hubungannya dengan tekstur tanah bila dikorelasikan pada data ini tidak terlalu memiliki keterkaitan satu sama lain karena ketika persentase liat lebih tinggi pada kedalaman 5-10 cm, tidak menghasilkan cadangan karbon yang lebih tinggi pada kedalaman tersebut. Padahal Foth dan Clime (1998) mengatakan bahwa terdapat kecenderungan suatu korelasi antara kandungan liat tanah dengan kandungan bahan organik. Semakin besar kandungan liat maka semakin tinggi kandungan bahan organik, karena molekul-molekul organik yang diadsorpsi oleh liat dilindungi secara parsial dari perombakan oleh mikroorganisme. Hal yang hampir sama juga dikemukakan oleh (Darmawijaya, 1990) bahwa fraksi liat paling berpengaruh terhadap kadar bahan organik tanah karena fraksi liat mempunyai luas permukaan jenis paling besar yaitu mencapai 800 m²/g (Luas permukaan jenis yang besar sangat aktif dalam adsorpsi air)

CONCLUSION

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa cadangan karbon pada berbagai tipeutupan agroforestri memiliki cadangan karbon yang bervariasi. Agroforestri mahoni (A-M) memiliki potensi cadangan karbon terbesar yaitu 440,64 ton.ha⁻¹, kemudian diikuti oleh agroforestri sengon (A-S), kemudian oleh agroforestri kopi (A-K), kakao (A-C) dan terakhir agroforestri porang (A-P) dengan nilai berturut-turut yaitu 371,54 ton.ha⁻¹, 305,33 ton.ha⁻¹, 166,15 ton.ha⁻¹ dan 153,93 ton.ha⁻¹. Tingginya cadangan karbon pada agroforestri mahoni dibandingkan dengan tipe agroforestri lainnya mencerminkan potensi penyimpanan karbon pada tipe agroforestri mahoni lebih besar dibandingkan dengan tipe agroforestri lainnya.

REFERENCES

- Adinugroho WC, Indrawan A, Supriyanto, Arifin HS. 2013. Kontribusi Sistem Agroforestri terhadap Cadangan Karbon di Hulu DAS Bekasi. *Jurnal Hutan Tropis*
- Andriani, F. 2021. Kajian Sifat Kimia dan Cadangan Karbon di Bawah Tegakan Tanaman Pulai (*Alstonia scholaris* L.) pada Arboretum USU di Kwala Bekala. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Ariani, Sudhartono A, Wahid A. 2014. Biomassa Karbon Tumbuhan Bawah Sekitar Danau Tambing Pada Kawasan Taman Nasional Lore Lindu,. *Jurnal Warta Rimba* 2 (1) :164-170.
- Arief, A. 2005. *Hutan dan Kehutanan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Bot, A., Benites, J., 2008. the importance of soil organic matter Key to drought-resistant soil and sustained food and production. food and agriculture of the united nations, rome, italy.
- Darmawijaya, M.I., 1990. Klasifikasi Tanah: dasar teori bagi peneliti tanah dan pelaksana pertanian di Indonesia. Gadjah Mada University Press.
- Dilla, F. 2021. Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan. *Skripsi*. Universitas Mataram. Mataram.
- Foth, D., Cline, J.M., 1998. Effects of mammalian and plant estrogens on mammary glands and uteri of macaques. *Am. J. Clin. Nutr.* 68, 1413S1417S.
- Fujino, Y., Siringoringo, D.M., Abe, M., 2016. Japan\'s experience on longspan bridges monitoring. *Struct. Monit. Maint.* 3, 233.
- Gunadi, Juniarti, dan Gusnidar. 2020. Hubungan Stok Karbon Tanah Dan Suhu Permukaan Pada Beberapa Penggunaan Lahan Di Nagari Padang Laweh Kabupaten Sijunjung. *J. Solum Vol. XVII No. 1, Januari 2020: 1-11*
- Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Indonesia. 77p.
- Idris, M.H., S. Latifah, I.M.L. Aji, E. Wahyuningsih, Indriyatno, R.V. Ningsih. 2013. *Studi vegetasi dan Cadangan Karbon di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Senaru, Bayan, Lombok Utara*. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. Vol. 7 (1): 25-36
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. In H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. ngara, and K. tanabe (Eds.). Japan.
- Karuru, S. S. 2021. Estimasi Cadangan Karbon pada Berbagai Tutupan Lahan di Kabupaten Luwu Tinur. *Thesis*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Krull, E, Baldock, J, & Skjemstad, J, 2001. *Soil Texture Effect on decomposition and Soil Carbon Storage*, NEE Workshop Proceeding, CRC for Greenhouse Accounting, CSIRO Land and Water Australia
- Kusnarta, I.G.M., B.D. Kertonegoro, B.H. Sunarminto, dan D. Indradewa, 2011. Beberapa Faktor yang berpengaruh Dominan terhadap Struktur Vertisol Tadah Hujan Lombok. *Agroteksos Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, Vol. 21, No. 2-3, pp:120-128.
- Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. *Geoderma (123)* 1 – 22.
- Lubis, V. N., Abdul, R., Bintang. 2016. Karakteristik Fisika Tanah pada Beberapa Tegakan di Subdas Petani Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara. *Jurnal Agroekoteknologi*. Vol.4. No.3, Juni 2016. (601) Hal: 2048 – 2054.
- Maula, Y.D.W., Rahmawaty, dan Riswan. 2015. *Pendugaan Cadangan Karbon Above Ground Biomass (AGB) pada Tegakan Agroforestri di Kabupaten Langkat*. Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Maulana, S.I., 2010. Pendugaan Densitas Karbon Tegakan Hutan Alam Di Kabupaten Jayapura, Papua. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. Vol. 7. No. 4. Hal. 261-274.

- Ritung, S., Wahyunto, F. Agus, H. Hidayat. 2007. Evaluasi Kesesuaian Lahan dengan Contoh Peta Arahana Penggunaan Lahan Kabupaten Aceh Barat. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Center. Bogor.
- Safaruddin, A., Wardah, dan Zulkaidhah. 2018. *Cadangan Karbon di Permukaan Tanah pada Lahan Agroforestri di Desa Bakubakulu*. Fakultas Kehutanan, Universitas Tadulako.
- Sahuri. 2019. Potensi Cadangan Karbon Pada Sistem Agroforestri Berbasis Karet. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan* Vol. 16 No.2, November 2019 : 105-115.
- Sari T., Fardinal, R. Linda,. 2017. *Hubungan Kerapatan Tanah, Karbon Organik Tanah dan Cadangan Karbon Organik Tanah Di Kawasan Agroforestri Tembawang Nanga Pemubuh Sekadau Hulu Kalimantan Barat*. *Jurnal Protobion*. Vol. 6 (3) : 263 – 269
- Siringoringo, H.H. 2014. *Peranan Penting Pengelolaan Penyerapan Karbon dalam Tanah*. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*. Vol. 11(2): 23-33.
- Stevenson, F.J., 1982. Organic forms of soil nitrogen. *Nitrogen Agric. soils* 22, 67–122
- Yunita, L. 2016. Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Meranti (*Shorea leprosula*) di Hutan Alam pada Area Silin PT Inhutani II Pulau Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis* Volume 4 No. 2, Hal: 487-532.