

Potensi Karbon Tanah pada Hutan Tanaman Tegakan Campuran *Schima wallichii* dan *Acacia mangium*
(Potential of Soil Carbon in The Mixed Stands Forest Plantation of Schima wallichii and Acacia mangium)

Rayhan Sulthan Nainawa^{1*}, Omo Rusdiana¹, dan/and Nina Mindawati²

¹Program Studi Silvikultur Tropika, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Kampus Darmaga, Jl. Raya Darmaga Kampus IPB Darmaga, Bogor, Jawa Barat 16680, Telp. (0251)8621677

²Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Jl. Ir. H. Juanda No. 13, Paledang, Kota Bogor, Jawa Barat 16122, Telp. (0251)8311362

*E-mail: rayhannainawa@gmail.com

Tanggal diterima: 3 Oktober 2023; Tanggal disetujui: 14 November 2023; Tanggal direvisi: 23 November 2023

Abstract

Forests are vital in maintaining the balance of the Earth's climate. The existence of forests and their components can reduce the amount of carbon dioxide in the atmosphere. The research aims to calculate the concentration of carbon storage and analyze the correlation between stand density and soil characteristics on the amount of carbon in mixed stands forest plantation on Schima wallichii and Acacia mangium. The research carried out a systematic sampling technique in the form of 5 lanes, and five plots were made for each lane measuring 20 m x 20 m so that the total number of observation plots was 25. The parameters observed were soil C-organic, stand density, and soil bulk weight. The results showed variations in soil-specific gravity values in the test plots, ranging from 0.505 to 0.795 g/cm³, and soil C-organic between 0.07 to 0.20%. The average carbon stock in the soil reaches 200.22 tons per hectare. The higher the C-organic value and tree density, the higher the soil's carbon amount. Conversely, the higher bulk density, the lower the amount of organic carbon in the soil.

Keywords: Climate change, forest plantation, stand, bulk density, C-organic, soil carbon

Abstrak

Hutan memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan iklim Bumi. Keberadaan hutan dan komponen-komponen penyusunnya memiliki kemampuan untuk mengurangi jumlah karbon dioksida dalam atmosfer. Penelitian bertujuan untuk menghitung konsentrasi simpanan karbon dan menganalisis korelasi antara kerapatan tegakan dan karakteristik tanah terhadap jumlah karbon dalam tanah pada hutan tanaman tegakan campuran *Schima wallichii* dan *Acacia mangium*. Penelitian dilakukan teknik pengambilan sampel sistematis berupa jalur sebanyak 5 jalur dan setiap jalur dibuat plot pengamatan berukuran 20 m x 20 m sebanyak 5 plot sehingga jumlah plot pengamatan ada 25 plot. Parameter yang diamati adalah C-organik tanah, kerapatan tegakan, dan bobot isi tanah. Hasil penelitian menunjukkan variasi nilai berat jenis tanah di hutan tanaman tegakan campuran *Schima wallichii* dan *Acacia mangium* berkisar antara 0,505 - 0,795 g/cm³, C-organik tanah antara 0,07 - 0,20%. Rata-rata stok karbon dalam tanah mencapai 200,22 ton per hektar. Semakin tinggi nilai C-organik dan kerapatan tingkat pohon, jumlah karbon dalam tanah juga semakin tinggi. Sebaliknya, semakin tinggi bobot isi tanah, jumlah karbon organik dalam tanah cenderung lebih rendah.

Kata kunci: Perubahan iklim, hutan tanaman, tegakan, bobot isi, C-organik, karbon tanah.

1. Pendahuluan

Berbagai aktivitas manusia yang ada di bumi berdampak terhadap perubahan lingkungan. Dampak nyata yang telah terjadi diantaranya, yaitu perubahan iklim global yang disebabkan oleh emisi gas

seperti karbon dioksida (CO₂), karbon fluoro karbon (CFC), karbon monoksida (CO), dan gas lainnya (Dunne et al., 2013). Karbon dioksida (CO₂) suatu gas penyebab terperangkapnya suhu panas di bumi atau dikenal dengan efek rumah kaca. Gas ini bertanggung jawab atas fenomena

pemanasan global yang telah menyebabkan perubahan iklim di berbagai wilayah dunia. Perubahan iklim ini timbul akibat dari efek rumah kaca yang terjadi karena adanya peningkatan konsentrasi gas CO₂ dan gas lainnya di atmosfer. Peningkatan konsentrasi gas CO₂ ini disebabkan oleh kegiatan pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak, batu bara, dan materi organik lainnya, yang melebihi kemampuan tumbuhan dan laut untuk menyerapnya. Efek ini merangsang perubahan cuaca yang signifikan di seluruh dunia (Kweku et al., 2018; Mikhaylov et al., 2020).

Peranan hutan sangat signifikan dalam menjaga keseimbangan iklim bumi. Korelasinya terhadap perubahan iklim yaitu hutan berfungsi sebagai penyerap dan penyimpan gas rumah kaca dan unsur-unsurnya memiliki kapasitas untuk mengurangi kandungan CO₂ di atmosfer. Komponen di dalam hutan yang mampu melakukan penyimpanan karbon tidak hanya tegakan, melainkan juga tanah. Siringoringo (2014) menjelaskan, tanah merupakan salah satu penyimpanan karbon di darat. Penyimpanan lainnya terdapat pada pohon (tegakan), tumbuhan bawah, serasah, dan nekromassa. Tanah mempunyai peranan yang sangat penting dalam dinamika karbon serta memiliki kemampuan besar dalam melakukan penyimpanan karbon dari atmosfer, karena tanah menyimpan sekitar 81% karbon di ekosistem darat (The World Bank, 2012; Siringoringo, 2014).

Setiap wilayah memiliki simpanan karbon yang berbeda-beda. Kondisi ini disebabkan oleh faktor-faktor biotik dan abiotik di lingkungan, termasuk vegetasi, jenis tanah, suhu, curah hujan, dan unsur lainnya. Tipe hutan yang terdapat di *Jasinga Silviculture Teaching Industry (JSTI)* yaitu hutan tanaman. Penelitian terkait konsentrasi simpanan karbon di lokasi tersebut masih sangat terbatas. Karena itu, diperlukan penelitian tentang simpanan karbon di wilayah tersebut dalam kaitannya dengan karakter tegakan.

Penelitian ini bertujuan menganalisis konsentrasi karbon tanah tersimpan pada hutan tanaman tegakan campuran *Schima wallichii* dan *Acacia mangium*. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis korelasi antara karakteristik tegakan dan karakteristik tanah dengan kandungan karbon tanah.

2. Metodologi

2.1. Lokasi penelitian

Penelitian berlangsung dari bulan Januari-April 2022. Pengambilan sampel data dilakukan di bawah tegakan hutan tanaman tegakan campuran *Schima wallichii* Choisy dan *Acacia mangium* Willd. di *Jasinga Silviculture Teaching Industry (JSTI)*. Analisis dan pengolahan data dilakukan di Laboratorium Pengaruh Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Lokasi *Jasinga Silviculture Teaching Industry (JSTI)* secara geografis memiliki elevasi pada kisaran 250 mdpl. Koordinat lokasi tersebut adalah 106°25'55" BT dan 6°31'52" LS. Secara administratif, *Jasinga Silviculture Teaching Industry (JSTI)* termasuk dalam wilayah Desa Wirajaya, Kecamatan Jasinga, Kabupaten Bogor.

Menurut data daftar bulan basah dan bulan kering klasifikasi Schmidt dan Ferguson, *Jasinga Silviculture Teaching Industry (JSTI)* yang masih satu wilayah administratif desa dengan KHDTK Haurbentes. Kawasan ini memiliki tipe iklim A dan termasuk ke dalam kategori iklim basah dengan curah hujan rata-rata 4.276 mm/tahun. Lokasi tersebut mencakup tiga jenis tanah, yaitu Podsolik Merah Kuning, Regosol, dan Brown Forest Soil. Area penelitian berada di dalam wilayah Podsolik Merah Kuning. Secara umum, ketiga jenis tanah ini memiliki sifat permeabilitas yang lambat dan drainase yang bervariasi dari terbatas hingga baik. Kedalamannya, tanah ini bersifat asam (pH 4,6), memiliki

kandungan bahan organik, nitrogen, P_2O_5 , dan K_2O yang rendah, serta perbandingan C/N yang menurun dari lapisan atas ke lapisan bawah (Suharti et al., 2005).

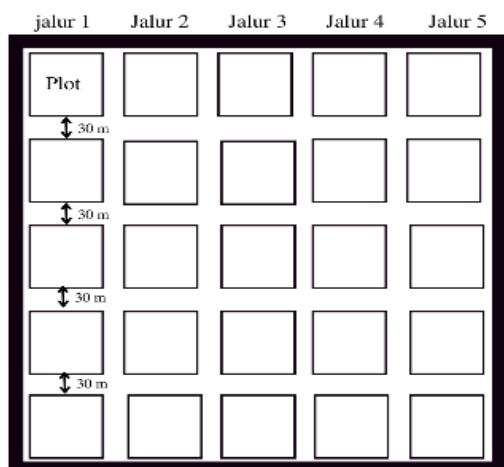
2.2. Prosedur penelitian

2.2.1. Jenis data yang dikumpulkan

Sampel yang diamati meliputi pohon, serasah, dan tanah yang berasal dari Hutan tanaman campuran yang berumur 5 tahun di *Jasinga Silviculture Teaching Industry (JSTI)* dengan tanaman jenis *S. wallichii* dan *A. mangium*. Terdapat dua jenis data yang digunakan dalam penelitian, yaitu data utama serta data pendukung. Data utama mencakup berat kering tanah, kandungan karbon organik, bobot isi tanah, serta berat basah dan kering serasah. Sementara itu, data pendukung melibatkan informasi umum seperti batas wilayah, kemiringan, elevasi, tipe vegetasi, dan iklim di lokasi penelitian.

2.2.2. Teknik pengambilan sampel tanah dan serasah

Lokasi pengamatan dipilih menggunakan teknik pengambilan sampel sistematis (*systematic sampling*), di mana unsur pertama dipilih secara acak, dan unsur-unsur berikutnya dipilih secara teratur berdasarkan pola tertentu dari populasi yang diteliti.



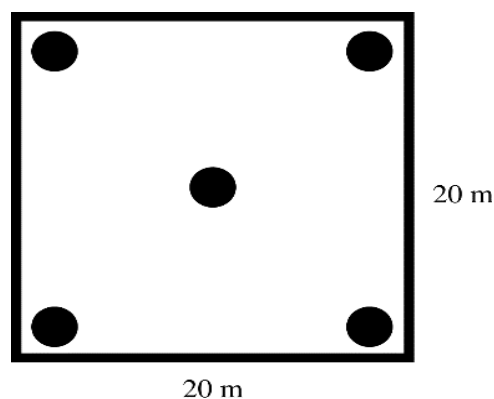
Gambar (Fig) 1 Bentuk plot pengambilan sampel (*Sampling plot shape*)

2.2.3. Pembuatan petak sampel dan analisis vegetasi

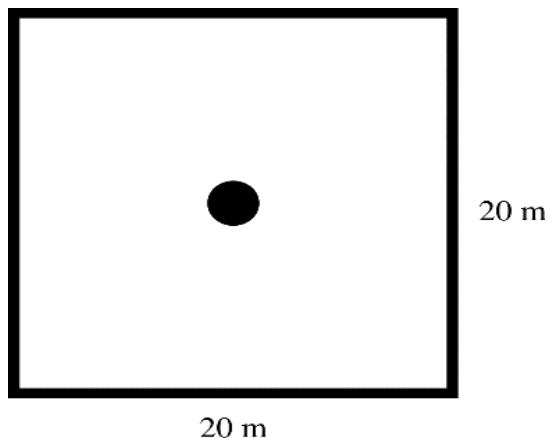
Petak sampel dibuat menggunakan teknik jalur berpetak berukuran 20 m x 20 m sebanyak 5 plot setiap jalur observasi dan jumlah jalur yang dibuat sebanyak 5 jalur sehingga jumlah plot sebanyak 25 plot. Plot tersebut digunakan untuk pengambilan sampel tanah dan serasah serta pengukuran potensi vegetasi yang dilakukan pada tingkat tiang dan pohon dengan mengukur diameter setinggi dada yang digunakan untuk mengetahui kerapatan tegakan.

2.2.4. Pengambilan sampel tanah

Sampel tanah diambil menggunakan dua teknik yaitu sampel tanah dikompositkan (terusik) dan sampel tanah utuh (tidak terusik). Sampel tanah baik utuh maupun terusik diambil pada kedalaman 0 - 20 cm. Pengambilan sampel tanah komposit (terusik) diambil pada 5 titik dengan menggunakan bor tanah pada kedalaman 0 - 20 cm kemudian dikompositkan dan diambil 200 g. Pengambilan sampel tanah utuh (tidak terusik) diambil masing-masing dua ring pada setiap tingkat kedalaman yaitu kedalaman 0 - 10 cm, 10 - 20 cm pada petak sampel.



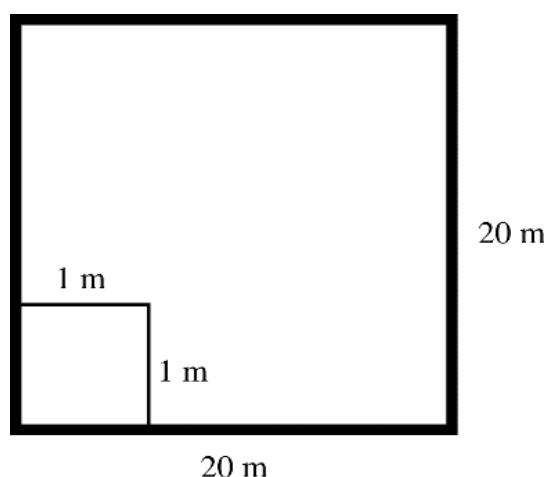
Gambar (Fig) 2 Bentuk plot sampel pengambilan tanah komposit (terusik) (*Composite soil sampling plot shape (disturbed)*)



Gambar (Fig) 3 Bentuk plot sampel pengambilan tanah utuh (tidak terusik) (*The shape of the sample plot for taking intact soil (not disturbed)*)

2.2.5. Pengambilan sampel serasah

Pengambilan contoh serasah dilakukan pada sub plot berukuran 1 m x 1 m. semua serasah yang masuk ke dalam sub plot 1 m x 1 m diambil lalu ditimbang untuk mengetahui berat basah (BB). Keseluruhan serasah yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam kantong kertas kemudian dikeringkan dalam tanur untuk mengetahui kadar air (KA) dan berat kering (BK).



Gambar (Fig.) 4. Bentuk plot sampel pengambilan serasah (*Shape of the litter collection sample plot*)

2.3. Analisis data

2.3.1. Kerapatan tegakan

Perhitungan kerapatan tegakan menurut Soerianegara & Indrawan (2002) dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kerapatan tegakan} = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas total petak sampel}}$$

2.3.2. Biomassa serasah

Sampel serasah dikeringkan pada temperature 105⁰ C selama 24 jam beri perlakuan pengoven selama 24 jam dengan suhu 105⁰C sehingga diperoleh berat keringnya (Hairiah & Rahayu, 2007). Untuk mengetahui kadar air menurut Haygreen & Bowyer (1989) dihitung menggunakan persamaan:

$$\%KA = \frac{BBc - BKc}{BKc} \times 100\%$$

Dimana:

KA : Kadar air

BB : Berat basah (gram)

BK : Berat kering (gram)

Setelah diperoleh nilai persentase kadar air (KA), berat kering tanur atau biomassa serasah dapat dihitung menggunakan rumus (Haygreen & Bowyer, 1989):

$$BKT = \frac{BB}{1 + (\frac{\%KA}{100})}$$

Dimana:

BKT : Berat kering tanur/biomassa (g)

BB : Berat basah (g)

KA : Kadar air

2.3.3. Bobot isi (Bulk density)

Untuk memperoleh nilai bobot isi tanah, dilakukan pengeringan dengan tanur pada temperatur 105⁰ C selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan penimbangan sehingga diperoleh berat kering tanah dengan ring (BK1). Ring tanah ditimbang untuk memperoleh berat ring (BR). Untuk memperoleh berat kering tanah tanpa ring dilakukan perhitungan selisih antara BK1 dengan BR, (BK = BK1 - BR). Volume

tanah dalam ring dapat diketahui dengan rumus:

$$V_t = \frac{1}{4} \pi d^2 t$$

Dimana:

- V_t : Volume tanah (cm^3)
 d : Diameter ring tanah (cm)
 t : Tinggi ring tanah (cm)

Nilai bobot isi tanah dihitung dengan rumus (Hardjowigeno, 2003):

$$BI = \frac{BK}{V_t}$$

Dimana:

- BI : Bobot isi tanah (g/cm^3)
 BK : Berat kering sampel tanpa ring (g)
 V_t : Volume tanah dalam ring (cm^3)

2.3.4. C-organik tanah

Tanah komposit (terusik) merupakan bahan yang digunakan untuk menganalisis C-organik dalam tanah. Analisis tanah dilakukan dengan cara dua kali pengeringan dalam tanur. Sampel tanah komposit (terusik) ditimbang sebanyak 5 g kemudian dikeringtanurkan pada temperatur 105°C selama 24 jam, kemudian ditimbang berat kering tanahnya (BK_1). Setelah itu, sampel tanah kembali dikeringtanurkan selama satu jam pada temperatur 500°C , kemudian ditimbang dan diperoleh berat kering tanah kedua (BK_2). C-organik tanah dihitung dengan rumus (Sulaeman et al., 2009):

$$\text{C-organik} = \frac{BK_1 - BK_2}{BK_1} \times 100\%$$

Dimana:

- BK_1 : Berat kering tanah pada pengovenan yang pertama, pada suhu 105°C
 BK_2 : Berat kering tanah pada pengovenan yang kedua, pada suhu 500°C

2.3.5. Perhitungan cadangan karbon tanah

Rumus berikut digunakan untuk menghitung karbon tanah (Badan Standar Nasional, 2011):

$$C_t = K_t \times BI_t \times C_{ot}$$

Dimana:

- C_t : Kandungan karbon tanah (g/cm^2)
 K_t : Kedalaman sampel tanah (cm)
 BI_t : Bobot isi (*bulk density*) (g/cm^3)
 C_{ot} : Persentase karbon yang diukur dalam pengujian di laboratorium

Cadangan karbon per hektar dihitung menggunakan persamaan (Badan Standar Nasional, 2011):

$$C_{\text{tanah}} = C_t \times 100$$

Dimana:

- C_{tanah} : Kandungan karbon organik/ha (ton/ha)
 C_t : Kandungan karbon tanah (g/cm^3)
 100 : Faktor konversi dari g/cm^3 ke ton/ha

2.3.6. Hubungan antara variabel

Untuk mengetahui sejauhmana hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas dilakukan analisis regresi sederhana. Regresi yang dibuat yaitu hubungan antara C-organik dengan bobot isi tanah, akumulasi karbon tanah dengan kandungan C-organik, akumulasi karbon tanah dengan bobot isi tanah, kerapatan tegakan dengan akumulasi karbon tanah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. C-organik tanah

Berdasarkan Tabel 1 lokasi penelitian memiliki nilai C-organik tanah pada rentang 0,07 - 0,20%, dengan rata-rata nilai C-organik adalah 0,16% dan standar deviasi 0,05%. Kadar C-organik terendah terdapat pada jalur pengamatan keempat sebesar 0,07%, sedangkan

tertinggi terdapat pada jalur pengamatan kelima sebesar 0,20%. Hasil analisis C-organik tanah di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1.

3.1.2. Kerapatan tegakan

Kerapatan tegakan hutan tanaman tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* pada umur 5 tahun dianalisis hanya pada tingkat tiang dan pohon. Diameter tegakan antara 11,7 - 23,8 cm dengan rata-rata 17,82 cm. Berdasarkan Tabel 2 kerapatan tegakannya berada pada rentang 20 - 45 ind/ha dengan rata-rata 33 ind/ha dan standar deviasi 9,08 ind/ha. Kerapatan tegakan terendah terdapat pada jalur empat sebesar 20 ind/ha, sedangkan tertinggi pada jalur lima sebesar 45 ind/ha. Untuk satuan luas dari kerapatan tegakan menggunakan satuan hektar. Kondisi

kerapatan tegakan campuran *Schima wallichii* dan *Acacia mangium* disajikan pada Tabel 2.

3.1.3. Kandungan biomassa serasah

Kandungan biomassa serasah memiliki hubungan erat dengan kerapatan tegakan seiring dengan meningkatnya jumlah serasah di hutan tanaman tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium*. Berdasarkan Tabel 3 kandungan biomassa serasah di lokasi penelitian berada pada rentang 3,52 - 5,76 ton/ha, dengan rata-rata 4,52 ton/ha dan standar deviasi 0,98 kandungan biomassa serasah tertinggi berada di jalur 5 sebesar 5,76 ton/ha, sedangkan terendah terdapat di jalur 4 sebesar 3,52 ton/ha. Kandungan biomassa serasah di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 3.

Tabel (Table) 1. Kadar C-organik tanah di hutan tanaman tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium*. (*Soil C-organic content at the forest plantation of mixed stands S. wallichii and A. mangium*)

Jalur pengamatan (<i>Observation track</i>)	C-organik (C- <i>organic</i>) (%)	Minimum (<i>Min.</i>) (%)	Maksimum (<i>Max.</i>) (%)	Rata-rata (<i>Average</i>) (%)	Standar deviasi (<i>Standard of deviation</i>) (%)
1	0,19				
2	0,16				
3	0,16	0,07	0,20	0,16	0,05
4	0,07				
5	0,20				

Tabel (Table) 2. Kerapatan tegakan pada hutan tanaman tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* (*Stand density of forest plantation of mixed stands S. wallichii and A. mangium*)

Jalur pengamatan (<i>Observation track</i>)	Kerapatan tegakan (<i>Stand density</i>) (ind/ha)	Minimum (<i>Min.</i>) (ind/ha)	Maksimum (<i>Max.</i>) (ind/ha)	Rata-rata (<i>Average</i>) (ind/ha)	Standar deviasi (<i>Standard of deviation</i>) (ind/ha)
1	30				
2	35				
3	35	20	45	33	9,08
4	20				
5	45				

Tabel (Table) 3. Kandungan biomassa serasah di hutan tanaman tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* (Litter biomass content at the forest plantation of mixed stands *S. wallichii* and *A. mangium*)

Jalur pengamatan (Observation track)	Biomassa serasah (Litter biomass) (ton/ha)	Minimum (Min.) (ton/ha)	Maksimum (Max.) (ton/ha)	Rata-rata (Average) (ton/ha)	Standar deviasi (Standard of deviation) (ton/ha)
1	4,00				
2	5,36				
3	3,94	3,52	5,76	4,52	0,98
4	3,52				
5	5,76				

3.1.4. Bobot isi tanah

Bobot isi tanah, juga disebut sebagai kepadatan tanah, adalah ukuran yang mencerminkan korelasi antara berat kering tanah dan volume totalnya, termasuk ruang pori-pori. Hasil analisis menunjukkan bahwa bobot isi tanah pada di bawah tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* berada pada rentang 0,50 - 0,80 g/cm³ dengan rata-rata 0,67 g/cm³ dan standar deviasi 0,12 g/cm³. Nilai bobot isi tanah tertinggi berada di jalur 4 sebesar 0,80 g/cm³, sedangkan terendah terdapat di jalur 5 sebesar 0,50 g/cm³.

Analisis mengenai bobot isi tanah di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 4.

3.1.5. Akumulasi rata-rata karbon tanah

Berdasarkan Tabel 5 akumulasi rata-rata karbon tanah di hutan tanaman tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* adalah 200,21 ton/ha dengan standar deviasi 60,41 ton/ha. Akumulasi karbon tanah tertinggi terdapat pada jalur 1 sebesar 259,02 ton/ha, sedangkan terendah pada jalur 4 sebesar 106,06 ton/ha.

Tabel (Table) 4. Bobot isi tanah di bawah tegakan tegakan campuran *Schima wallichii* dan *Acacia mangium* tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* (Soil bulk density at the mixed stands *S. wallichii* and *A. mangium*)

Jalur pengamatan (Observation track)	Bobot isi tanah (Soil bulk density) (g/cm ³)	Minimum (Min.) (g/cm ³)	Maksimum (Max.) (g/cm ³)	Rata-rata (Average) (g/cm ³)	Standar deviasi (Standard of deviation) (g/cm ³)
1	0,69				
2	0,58				
3	0,76	0,50	0,80	0,67	0,12
4	0,80				
5	0,50				

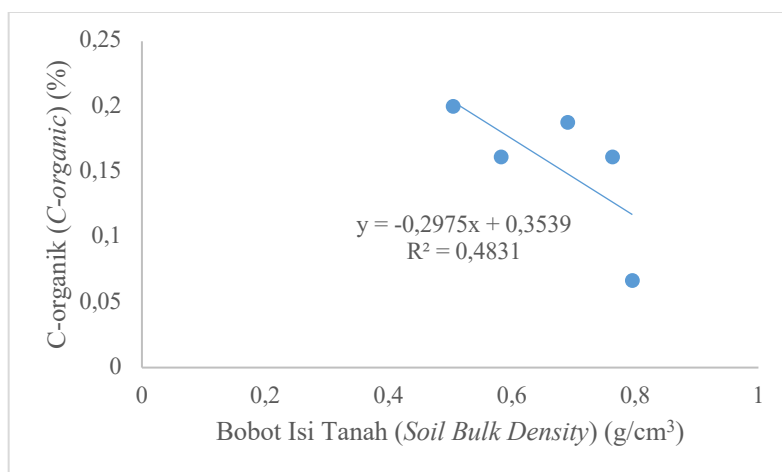
Tabel (Table) 5. Akumulasi rata-rata karbon tanah di hutan tanaman tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* (Average soil carbon store at the forest plantation of mixed stands *S. wallichii* and *A. mangium*)

Jalur pengamatan (Observation track)	Akumulasi rata-rata karbon tanah (Average soil carbon store) (ton/ha)	Minimum (Min.) (ton/ha)	Maksimum (Max.) (ton/ha)	Rata-rata (Average) (ton/ha)	Standar deviasi (Standard of deviation) (ton/ha)
1	259,02				
2	187,81				
3	246,25	106,06	259,02	200,21	60,41
4	106,06				
5	201,93				

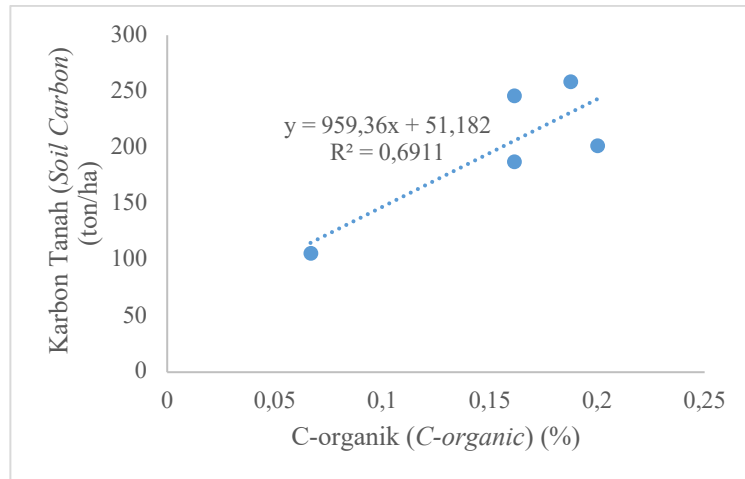
3.1.6. Hubungan beberapa variabel terikat dengan variabel bebas

Beberapa hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas telah dilakukan analisis regresi dengan hasil sebagai berikut:

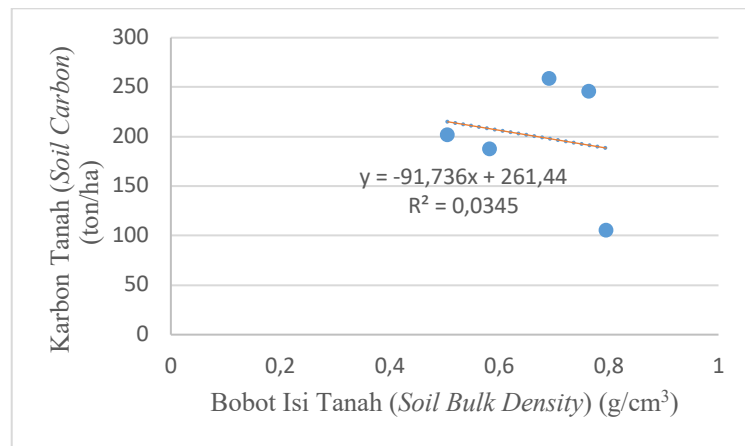
- Hubungan antara antara C-organik dengan bobot isi tanah memiliki korelasi yang negatif terhadap bobot isi tanah dengan koefisien korelasi 0,69 (koefisien determinasi 0,48).
- memiliki korelasi yang positif dengan koefisien korelasi = 0,83 (koefisien determinasi 0,69) (Gambar 7).
- Korelasi antara akumulasi karbon tanah dengan bobot isi tanah sebesar -0,19 (koefisien determinasi 4,0%) (Gambar 8).
- Hubungan antara kerapatan tegakan dengan akumulasi karbon tanah memiliki korelasi yang positif sebesar 0,52 (koefisien determinasi 26,8%).



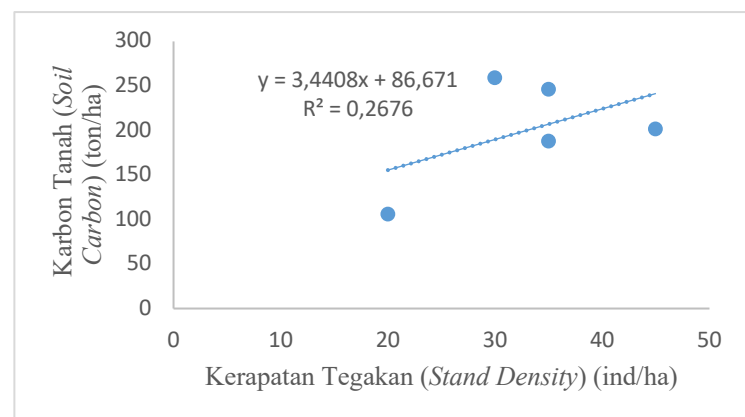
Gambar (Fig.) 6. Korelasi C-organik dengan bobot isi tanah di jalur pengamatan (Correlation of C-organic with soil bulk density in the observation line)



Gambar (Fig.) 7. Keterkaitan antara akumulasi karbon tanah dan kandungan C-organik pada jalur pengamatan (*Relation between soil carbon storage and C-organic in the observation line*)



Gambar (Fig.) 8. Korelasi akumulasi karbon tanah dengan bobot isi tanah di jalur pengamatan (*Relation between soil carbon storage and soil bulk density in the observation track*)



Gambar (Fig.) 9. Korelasi kerapatan tegakan dengan akumulasi karbon tanah di jalur pengamatan (*The connection between the density of trees in a specific area and the storage of carbon in the soil along the observation path*)

3.2. Pembahasan

3.2.1. C-Organik tanah

Salah satu unsur yang memengaruhi kesuburan tanah adalah karbon organik tanah (C-organik). Supriyo et al. (2009) menjelaskan, komponen tanah yang disebut sebagai C-organik adalah bagian dari sistem tanah yang kompleks dan dinamis. C-organik berasal dari sisa-sisa tumbuhan dan/atau hewan di dalam tanah, dan terus-menerus mengalami perubahan bentuk karena berbagai faktor biologi, fisika, dan kimia. C-organik merupakan bagian dari materi organik tanah yang meliputi serasah, fraksi organik ringan, biomassa mikroba, bahan organik terlarut, dan bahan organik stabil atau humus.

Nilai C-organik di lokasi penelitian tertinggi terdapat pada jalur 5 dengan nilai 0,20% sedang yang terendah terdapat pada jalur 4 dengan nilai 0,07%. Perbedaan tinggi rendahnya nilai C-organik pada jalur penelitian salah satunya berkaitan dengan nilai biomassa serasah yang berbanding lurus dengan nilai C-organik yang artinya penumpukan serasah yang ada di permukaan tanah memberikan dampak terhadap tinggi rendahnya nilai C-organik tanah. Sipatuhar et al. (2014) menjelaskan, akibat banyaknya serasah yang terdapat di permukaan tanah menyebabkan Kandungan karbon organik di lapisan atas tanah (*top-soil*) lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan tanah yang lebih dalam (*sub-soil*) dan lapisan di dalamnya. Data kerapatan dan biomassa serasah disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Nilai rata-rata C-organik di lokasi penelitian adalah 0,16% lebih rendah dibandingkan dengan nilai C-organik yang terdapat pada hutan tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) 1,23% (Gunadi et al., 2020), hutan tanaman tegakan campuran pinus (*Pinus merkusii*) dan meranti merah (*Shorea leprosula*) dengan nilai 0,58% (Siringoringo, 2007) Namun, faktor yang mempengaruhi tingginya nilai C-organik bukan hanya dari produksi serasahnya saja, faktor lain yang

mempengaruhi yaitu ekosistem tanah yang mencakup flora dan fauna, akar tanaman yang hidup maupun yang telah mati, serta produk-produk baru yang diproduksi oleh tumbuhan dan hewan (Sutanto, 2005).

Berdasarkan Tabel 2 dan 3, kerapatan tegakan hutan tanaman tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* berumur 5 tahun diperoleh rata-rata 33 ind/ha dengan biomassa serasah 4,52 ton/ha. Kerapatan tegakan dan serasah tertinggi terdapat pada jalur 5 yaitu 45 ind/ha dan biomassa serasah sebesar 5,76 ton/ha. Hal ini terjadi karena nilai biomassa yang tinggi disebabkan oleh kerapatan tegakan yang tinggi juga. Istomo dan Farida (2017) juga menyatakan, tinggi rendahnya cadangan biomassa di hutan tergantung kondisi kerapatan vegetasi. Pada jalur 1, 2, 3, dan 4 kerapatan tegakannya berkisar 20 - 35 ind/ha dan biomasanya berkisar 3,52 - 5,36 ton/ha. Kerapatan tegakan maupun tajuk pohon merupakan faktor yang mempengaruhi jatuhnya serasah karena ada persaingan untuk mendapatkan sinar matahari. Semakin rapat suatu tegakan atau tajuk akan menghasilkan jumlah serasah yang lebih banyak karena pohon-pohon yang tumbuh dalam hutan yang agak rapat lekas melepaskan cabang-cabang dan daun-daun mulai dari bawah, sebab cahaya tidak cukup baginya untuk proses fotosintesis (Budiman et al., 2015).

Berdasarkan Tabel 2 dan 3 titik 2 dan 3 memiliki nilai kerapatan tegakan yang sama, namun nilai kandungan biomassa yang diperoleh berbeda. Jalur 2 memiliki nilai kandungan biomassa yang lebih tinggi yaitu 5,36 dibandingkan dengan jalur 3 dengan nilai kandungan biomassa 3,94. Kondisi tersebut terjadi karena pada jalur 2 memiliki produksi serasah lebih tinggi dibandingkan dengan jalur 3, sehingga nilai kandungan biomassa serasah pada jalur 2 juga lebih tinggi. Jumlah serasah yang terdapat di lantai hutan akan meningkatkan kadar

bahan organik dalam tanah, sehingga tingkat karbon organik dalam tanah juga akan meningkat (Safriani et al., 2017; Chen et al., 2021).

3.2.2. Bobot isi tanah

Secara umum, bobot isi tanah (densitas isi tanah) biasanya berada dalam rentang 1,1 - 1,6 g/cm³. Tanah-tanah tertentu, seperti Podsolik Merah Kuning dan Andisol, memiliki berat isi tanah (soil bulk density) sekitar 0,9 g/cm³ (Baskoro & Tarigan, 2007). Hardjowigeno (2003) menjelaskan, berbeda halnya dengan tanah gambut yang hanya memiliki bobot kurang dari 0,1 g/cm³.

Di lokasi penelitian, tercatat bahwa jalur dengan bobot isi tanah tertinggi berada di jalur 4 sebesar 0,80 g/cm³, sementara jalur dengan bobot isi tanah terendah berada di jalur 5 sebesar 0,50 g/cm³. Kandungan bahan organik di tanah memengaruhi bobot isi. Ketika bobot isi semakin tinggi, itu menunjukkan bahwa kandungan bahan organik tanahnya semakin rendah. Ada korelasi terbalik antara nilai bobot isi tanah dan kandungan bahan organiknya. Kondisi tersebut sesuai dengan penelitian (Saputra et al., 2018) bobot isi tanah juga terpengaruh oleh jumlah bahan organik yang ada di dalamnya.

Tingginya bahan organik yang terdapat di dalam tanah menyebabkan bobot isi tanah turut menurun. Kondisi ini disebabkan oleh aktivitas organisme-organisme yang berada di dalam tanah. Bobot isi tanah pada jalur 4 menunjukkan kepadatan yang lebih tinggi dan jumlah pori-pori yang lebih rendah jika dibandingkan dengan lokasi lain. Namun, nilai bobot isi tanah pada jalur 4 tidak termasuk kategori tinggi sehingga tidak mengganggu pertumbuhan tanaman *S. wallichii* dan *A. mangium*. Bobot isi tanah adalah indikator kepadatan tanah. Ketika tanah semakin padat, bobot isinya akan semakin tinggi, menandakan bahwa tanah tersebut lebih sulit untuk melewati air atau menjadi akses bagi akar tanaman

(Haridjaja et al., 2010).

Kerapatan tegakan juga memiliki dampak pada bobot isi tanah. Di lokasi penelitian, nilai bobot isi tanah paling tinggi pada jalur 4, mencapai 0,80 g/cm³ dengan kerapatan tegakan sebesar 20 individu per hektar. Lahan yang memiliki kerapatan tegakan yang rendah menyebabkan nilai bobot isi tanah tinggi, sedangkan lahan dengan kerapatan tegakan yang tinggi menyebabkan bobot isi tanah menjadi lebih rendah (Lubis et al., 2016).

3.2.3. Akumulasi karbon dalam tanah

Beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan akumulasi rata-rata karbon tanah adalah C-organik dan bobot isi tanah. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Edwin (2016) bahwa, nilai stok karbon tanah dipengaruhi oleh C-organik tanah dan bobot isi tanah. Selain itu, curah hujan harian, kemiringan lahan dan pengolahan tanah menjadi faktor lingkungan yang juga memberikan pengaruh.

C-organik tanah turut berperan dalam keberadaan akumulasi karbon tanah. Nilai C-organik dalam tanah berasal dari jumlah serasah yang ada di suatu wilayah. Sisa-sisa serasah ini mengalami dekomposisi dan berubah menjadi materi organik tanah. Bahan organik tanah adalah bahan terus-menerus mengalami perubahan, yang bersumber dari hewan dan tumbuhan yang terus mengalami proses dekomposisi (Saidy, 2018).

Akumulasi karbon tanah pada hutan tanaman tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* umur 5 tahun diperoleh rata-rata 200,21 ton/ha. Akumulasi karbon tanah di hutan tanaman sengon (*F. molucana*) sebesar 99 ton/ha (Siregar, 2007), pinus (*P. merkusii*) sebesar 167,82 ton/ha (Siringoringo, 2007), karet (*H. brasiliensis*) sebesar 181,19 ton/ha (Sahuri, 2019) lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Sari et al. (2017) yang dilakukan di agroforestri dengan akumulasi karbon

tanah sebesar 805,81 ton/ha. Perbedaan akumulasi karbon yang terjadi diduga disebabkan oleh beberapa hal seperti kondisi lingkungan, karakteristik vegetasi, dan perbedaan tipe tanah. Hal tersebut dijelaskan oleh Edwin (2016) bahwa, akumulasi karbon dalam tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor: curah hujan, bentuk lahan, jenis tanaman, pengolahan tanah, dan pemupukan. Pengaruh ini dapat berdampak langsung maupun tidak langsung pada karakteristik tanah, termasuk kandungan C-organik dan bobot isi tanah.

Kerapatan tegakan dan sifat tanah merupakan faktor kunci yang memengaruhi tingkat akumulasi karbon di tanah. Sifat-sifat tanah seperti bobot isi tanah dan kandungan C-organik memainkan peran penting dalam penimbunan karbon di tanah, seperti halnya kerapatan tegakan. Kerapatan tegakan memberikan kontribusi terhadap serasah yang ada di lantai hutan.

Berdasarkan Gambar 6, kandungan C-organik tanah atau kandungan bahan organik tanah memiliki korelasi yang negatif terhadap bobot isi tanah dengan koefisien korelasi 0,69 (koefisien determinasi 0,48). Koefisien korelasi berada dalam kisaran antara 0,60 - 0,80. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara variabel tersebut dapat dikategorikan korelasi yang kuat (Soegiyono, 2013). Saputra et al. (2018) menjelaskan, adanya peningkatan jumlah C-organik tanah akan menurunkan nilai bobot isi tanah, begitu juga pada kondisi sebaliknya. Nilai koefisien determinasi menunjukkan bahwa bobot isi tanah memberikan pengaruh sebesar 48% terhadap kandungan C-organik, sedangkan sisa 52% dipengaruhi oleh variabel lain.

Hubungan antara akumulasi karbon tanah dengan C-organik memiliki korelasi yang positif ($r = 0,83$). Hal ini menunjukkan akumulasi karbon tanah dipengaruhi kandungan C-organik tanah sebesar 69% dan 31% dipengaruhi faktor

lainnya. Semakin tinggi kandungan C-organik dalam tanah, maka semakin tinggi akumulasi karbon dalam tanah.

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan bahwa antara berat isi tanah dengan akumulasi karbon tanah memiliki koefisien korelasi sebesar -0,19 (koefisien determinasi 0,04). Kondisi ini berarti bahwa 4% akumulasi karbon tanah dapat dijelaskan oleh berat isi tanah, sementara 96% dipengaruhi oleh faktor lainnya. Korelasi negatif pada situasi ini menyiratkan bahwa semakin padat tanah, semakin rendah akumulasi karbon tanah. Sesuai dengan pendapat Sugirahayu & Rusdiana (2011) bahwa, peningkatan nilai kerapatan tanah akan mengurangi akumulasi karbon.

Kerapatan tegakan di hutan tanaman tegakan campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* memiliki korelasi yang positif dengan akumulasi karbon tanah ($r = 0,52$). Ini berarti bahwa 26,8% dari variasi dalam akumulasi karbon tanah dapat dijelaskan oleh kerapatan tegakannya, sedangkan 73,2% dipengaruhi oleh faktor lainnya. Dharmawan & Siregar (2008) menjelaskan, kerapatan tegakan meningkat maka akumulasi karbon yang disimpan di tanah bertambah.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Variasi bobot isi tanah di hutan tanaman campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* berkisar antara 0,505 - 0,795 g/cm³, C-organik tanah antara 0,07 - 0,20%. Rata-rata stok karbon dalam tanah mencapai 200,22 ton per hektar. Karakteristik tanah dan kerapatan tegakan pada hutan tanaman campuran *S. wallichii* dan *A. mangium* berumur 5 tahun menunjukkan bahwa ketika nilai kerapatan tanah meningkat, maka akumulasi karbon cenderung menurun. Ketika kerapatan tegakan dan kandungan C-organik dalam tanah meningkat, maka akumulasi karbon dalam tanah meningkat juga.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan C-organik tanah dan kandungan karbon tanah yang ada di *Jasinga Silviculture Teaching Industry (JSTI)*, yaitu penggunaan metode konservasi dalam pengolahan tanah, manajemen nutrisi tanaman yang terintegrasi, penanaman pohon pada daerah yang jarang tegakan dan aplikasi pupuk organik.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pengelola *Jasinga Silviculture Teaching Industry (JSTI)* serta Ibu Hana Ghaida selaku laboran ekologi hutan yang membantu memfasilitasi selama penelitian berlangsung.

Daftar Pustaka

- Badan Standar Nasional. (2011). *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon - Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Baskoro, D.P.T., & Tarigan, S.D. (2007). Karakteristik kelembaban tanah pada beberapa jenis tanah. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 9(2), 77-81.
- Budiman, M., Hardiyandiah, G., & Darwati, H. (2015). Estimasi biomassa karbon serasah dan tanah pada basal area tegakan meranti merah (*Shorea macrophylla*) di areal arboretum Universitas Tanjung Pura Pontianak. *J. Hutan Lestari*, 3(1), 98-107.
- Chen, Z., Shen, Y., Tan, B., Li, H., You, C., Xu, Z., Wei, X., Ni, X., Yang, Y., & Zhang, L. (2021). Decreased soil organic carbon under litter input in three subalpine forests. *Forests*, 2(11). doi:10.3390/f12111479.
- Dharmawan, I.W.S., & Siregar, C.A. (2008). Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di Ciasem Purwakarta. *J. Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(4), 317-328. doi:10.20886/jphka.2008.5.4.317-328.
- Dunne, J.A., & Jackson, S.C., & Harte, J. (2013). Greenhouse Effect. *didalam: Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition*, 18-32.
- Edwin, M. (2016). Penilaian stok karbon tanah organik pada beberapa tipe penggunaan lahan di Kutai Timur, Kalimantan Timur. *J. Agrifor.*, 15(2), 279-288.
- Gunadi, Juniarti, Gusnidar. (2020). Hubungan stok karbon dan suhu permukaan pada beberapa penggunaan lahan di Nagari Padang Laweh Kabupaten Sijunjung. *Jurnal Solum*, 17(1), 1-11.
- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre. Bogor.
- Hardjowigeno, S. (2003). *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Haridjaja, O., Hidayat, Y., & Maryamah, L.S. (2010). Pengaruh bobot isi tanah terhadap sifat fisik tanah dan perkecambahan benih kacang tanah dan kedelai. *J. Ilmu Pertan Indones*, 15(3), 147-152.
- Haygreen, J.G., & Bowyer, J.L. (1989). *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Husin, M., Ahmad, H., & Novita, E. (2014). Analisis kerapatan tegakan di kawasan taman nasional baluran berbasis quantum-gis. *TeknoL Pertanian*, 1, 1-5.
- Istomo, & Farida, N.E. (2017). Potensi simpanan karbon di atas permukaan tanah tegakan *Acacia mangium nilotica* L. (Willd) ex. Del. di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur. *J. Pengelolaan Sumberd Alam dan Lingkungan*, 7(2), 155-162. doi:10.29244/jpsl.7.2.155-162.
- Kweku, D., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K., Danso, K., Oti-Mensah,

- E., Quachie, A., & Adormaa, B. (2018). Greenhouse effect: Greenhouse gases and their impact on global warming. *J. Sci Res Reports*, 17(6), 1-9. doi:10.9734/jsrr/2017/39630.
- Lubis, V.N., Rauf, A., & Bintang. (2016). Karakteristik fisika tanah pada beberapa tegakan di Sub Das petani Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara. *Angew Chemie Int Ed.*, 6(11), 951-952. 4(3), 2048-2054.
- Mikhaylov, A., Moiseev, N., Aleshin, K., & Burkhardt, T. (2020). Global climate change and greenhouse effect. *Entrep Sustain Issues*, 7(4), 2897-2913. doi:10.9770/jesi.2020.7.4(21).
- Safriani, H., Fajriah, R., Sapnaranda, S., Mirfa, S., & Hidayat, M. (2017). Estimasi biomassa serasah daun di Gunung Berapi Seulawah Agam Kecamatan Seulimuem Kabupaten Aceh Besar. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 79-84.
- Sahuri. (2019). Potensi cadangan karbon pada sistem agroforestri berbasis karet. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 16(2), 105-115.
- Saidy, A.R. (2018). *Bahan Organik Tanah: Klasifikasi, Fungsi dan Metode Studi*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Saputra, D.D., Putrantyo, A.R., & Kusuma, Z. (2018). Hubungan kandungan bahan organik tanah dengan berat isi, porositas, dan laju infiltrasi pada perkebunan salak, Kecamatan Purwosari, Kabupaten Pasuruan. *J. Tanah dan Sumberd Lahan*, 5(1), 2549-9793. http://jtsl.ub.ac.id.
- Sari, T., Rafdinal, & Linda, R. (2017). Hubungan kerapatan tanah, karbon organik tanah dan cadangan karbon organik tanah di kawasan agroforestri Tembawang Nanga Pemubuh, Kabupaten Sekadau Hulu, Kalimantan Barat. *J. Protobiont*. 6(3), 263-269. doi:http://dx.doi.org/10.26418/protobiont.v6i3.22492.
- Sipahutar, A.H., Marbun, P., & Fauzi. (2014). Kajian C-organik, N dan P *Humitropepts* pada ketinggian tempat yang berbeda di Kecamatan Lintong Nihuta. *J. Online Agroteknologi*, 2(4), 1332-1338. doi:https://dx.doi.org/10.32734/jaet.v2i4.8423.
- Seregar, C.A. (2007). Formulasi allometri biomassa dan konservasi karbon tanah hutan tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) di Kediri. *J. Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 4(2), 169-181.
- Siregar, B. (2017). Analisa kadar C-organik dan perbandingan C/N tanah di lahan tambak, Kelurahan Sicanang, Kecamatan Medan-Belawan. *J. War Ed.*, 53(1), 1-14.
- Siringoringo, H.H. (2007). keragaman simpanan karbon dalam tipe tanah nitisols dan ferrasols di kawasan hutan tanaman *Pinus merkusii* Jungh et. de Vriest dan *Shorea leprosula* Miq. di Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 4(5): 441-456.
- Siringoringo, H.H. (2014). Penurunan simpanan karbon organik tanah pada hutan tanaman *Shorea leprosula* Miq. muda di Ngasuh, Kabupaten Bogor. *J. Penelit Hutan Tanam*, 12(2), 105-121. doi:10.20886/jpht.2014.11.2.105-121.
- Soegiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Soerianegara, I., & Indrawan, A. (2002). *Ekologi Hutan Indonesia*. Laboratorium Ekologi Hutan Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Sugirahayu, L., & Rusdiana, O. (2011). Perbandingan simpanan karbon pada beberapa penutupan lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur berdasarkan sifat fisik dan sifat kimia tanahnya. *J. Trop Silv.*, 2(3), 149-155. https://journal.ipb.ac.id/index.php/jsi

- lvik/article/view/5379.
- Suharti, S., Rostiwati, T., & Mindawati, N. (2005). Pola kolaboratif dalam pengelolaan Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Haurbentes. *J. Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 2(5), 527-537.
- Sulaeman, Suparto, & Eviati. (2009). *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Supriyo, H., Faridah, E., Atmanto, W.D., Figyantika, A., & Fajri, A.K. (2009). Kandungan C-organik dan N-total pada serasah dan tanah dan 3 tipe fisiognomi (Studi kasus di Wanagama I, Gunung Kidul, DIY), 9(1), 49-57.
- Sutanto, R. (2005). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah: Konsep dan Kenyataan*. Kanisius. Yogyakarta.
- The World Bank. (2012). *Carbon Sequestration in Agricultural Soils. Agriculture and Rural Development*. The World Bank. Washington.