

**Analisis Kesuburan Tanah pada Berbagai Kerapatan Tajuk di Jasinga  
Silvikulture Teaching Industry**  
*(Analysis of Soil Fertility at Various Level of Canopy Density in Jasinga Silviculture  
Teaching Industry)*

**Navista Arumtanzia<sup>1\*</sup>, Omo Rusdiana<sup>1</sup>, dan/and Nina Mindawati<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Silviculture Tropika, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Kampus Dramaga, Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat (16680), Telp. (0251) 8621677

<sup>2</sup>Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan Kawasan Sains dan Teknologi Dr. (H.C.) Ir. H. Soekirno  
Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat (16911)

\*E-mail: navista00@gmail.com

Tanggal diterima: 30 Mei 2024; Tanggal disetujui: 27 September 2024; Tanggal direvisi: 1 Oktober 2024

**Abstract**

*Jasinga Silviculture Teaching Industry is a forest area specifically used as a research forest in mixed stands forest plantation. This forest area must pay attention to the soil's sustainability and fertility. This research aims to analyze soil fertility based on the physical and chemical properties of the soil at various canopy densities. Crown density was measured using a spherical densitometer. Soil samples were taken at three points diagonally in plots measuring 20 m × 20 m based on low, medium, and high canopy density. The parameters used to determine soil fertility are soil texture, pH, C-organic, potential P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, potential K<sub>2</sub>O, exchangeable cations, cation exchange capacity, and base saturation. The research results showed that the soil conditions under the tree canopy covers had varying soil textures from dust to sandy loam, acid soil pH, low until very low C-organic, low P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, low exchangeable cations, moderate until high K<sub>2</sub>O, and very low base saturation. The CEC value at low, medium, and high canopy density was very high, with 50.30 me/100 g, 52.96 me/100 g, and 53.93 me/100 g, respectively. The soil fertility status at each canopy density has the same results: soil fertility is classified as low.*

**Keywords:** Forest plantations, fertility, soil nutrients, CEC

**Abstrak**

*Jasinga Silviculture Teaching Industry merupakan kawasan hutan yang dimanfaatkan secara khusus menjadi hutan penelitian di kawasan hutan tanaman tegakan campuran. Kawasan hutan ini harus tetap memperhatikan kelestarian dan kesuburan tanahnya. Tujuan penelitian adalah menganalisis kesuburan tanah berdasarkan sifat fisik dan kimia tanah pada berbagai kerapatan tajuk. Kerapatan tajuk diukur menggunakan *spherical densiometer*. Sampel tanah diambil di tiga titik secara diagonal pada petak berukuran 20 m × 20 m berdasarkan kerapatan tajuk rendah, sedang, dan tinggi. Parameter yang digunakan untuk menentukan kesuburan tanah yaitu tekstur tanah, pH tanah, C-organik, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potensial, K<sub>2</sub>O potensial, kation yang dapat ditukar, kapasitas tukar kation, dan kejenuhan basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi tanah di ketiga tutupan tajuk memiliki tekstur tanah beragam dari debu hingga lempung berpasir, pH tanah masam, C-organik yang rendah hingga sangat rendah, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yang sangat rendah, dan kation dapat ditukar yang rendah, K<sub>2</sub>O yang sedang hingga tinggi, dan kejenuhan basa yang sangat rendah. Nilai KTK pada kerapatan tajuk rendah, sedang, dan tinggi tergolong sangat tinggi dengan nilai berturut-turut 50,30 me/100 g, 52,96 me/100 g, dan 53,93 me/100 g. Status kesuburan tanah di setiap kerapatan tajuk memiliki hasil yang sama, yaitu kesuburan tanah yang tergolong rendah.*

**Kata kunci:** Hutan tanaman, kesuburan, hara tanah, KTK

## 1. Pendahuluan

Tanah sebagai lantai dasar hutan memiliki peranan penting dalam kelangsungan hidup makhluk hidup. Tanah terbentuk dari komponen kompleks yang terdiri dari padatan, cairan, hingga udara yang bercampur dan dipengaruhi faktor lain seperti suhu, kelembaban, angin, dan sinar matahari (Lapadjati et al., 2016). Fungsi tanah selain menjadi tempat tumbuh tanaman juga sebagai media mencengkramnya akar, turut aktif dalam menyediakan dan menyerap air serta hara untuk menutrisi tanaman (Bakri et al., 2016). Baik buruknya tanah dalam menyerap hara akan menentukan kualitas tanah. Kualitas tanah yang baik akan berkorelasi positif terhadap kesuburan tanah. Adapun kesuburan tanah ditentukan oleh sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sebagai tempat hidup akar tanaman (Yang et al., 2024). Tanah yang subur mampu menyediakan unsur hara yang seimbang, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal (Pinatih et al., 2015). Apabila unsur hara dalam tanah tergolong rendah, maka pertumbuhan tanaman juga akan terganggu. Kandungan hara yang terdapat di tanah dapat berubah-ubah oleh faktor lain, seperti musim, jenis tanaman, dan pengolahan tanahnya.

Sifat fisik tanah berpengaruh terhadap keseimbangan udara dan air, penyimpanan air dan unsur hara, penetrasi akar tanaman, tingkat erosi tanah, dan kelimpahan habitat organisme tanah (Wolf et al., 2023). Hal ini dikarenakan sifat fisik tanah dapat menentukan besar air yang mampu disimpan oleh tanah. Parameter yang dapat digunakan untuk menentukan kesuburan tanah berdasarkan sifat fisik tanah, yaitu tekstur tanah. Jenis tekstur tanah memengaruhi banyaknya air yang dapat diikat serta ruang pori yang tersedia sehingga dapat mendorong perkembangan akar tanaman dan membantu pertumbuhan mikroorganisme (Kome et al., 2019). Sifat kimia tanah menjadi indikator kesuburan tanah berdasarkan kandungan hara penyusun tanah. Kelimpahan unsur hara sangat bermanfaat dalam pertumbuhan tanaman. Parameter yang digunakan untuk menentukan kesuburan tanah berdasarkan sifat kimia tanah yaitu pH, C-organik,  $P_2O_5$  potensial,  $K_2O$  potensial, KTK

(Kapasitas Tukar Kation), dan KB (Kejenuhan Basa). Analisis kimia tanah tersebut diperlukan untuk mengetahui kadar unsur hara pada tanah yang diperlukan dan mengetahui status kesuburan tanahnya (Batu et al., 2019).

Setiap tipe tegakan dan kerapatan yang berbeda memengaruhi bahan organik tanah sebagai sumber hara yang berperan dalam mempertahankan kondisi kelembaban dan kesuburan tanah yang berbeda (Zubaidah, 2020). Hal ini dipengaruhi dari faktor biotik dan abiotik yang berada di lokasi. Hutan di *Jasinga Silviculture Teaching Industry* (JSTI) termasuk ke dalam tipe hutan tanaman yang memiliki komposisi tegakan campuran dan memiliki kondisi yang kurang terawat, sehingga terdapat lokasi dengan tegakan yang rapat hingga jarang. Sifat fisik dan kimia tanah yang baik sangat dibutuhkan di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* dalam mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik. Berdasarkan hal tersebut, maka tujuan penelitian adalah menganalisis kesuburan tanah pada berbagai kerapatan tajuk terkait sifat fisik dan kimia tanah di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* yang diharapkan memberikan informasi tingkat kesuburan tanah untuk pemanfaatan lahan yang berkelanjutan.

## 2. Metodologi

### 2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai April 2022 di Lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* (JSTI), Kabupaten Bogor. *Jasinga Silviculture Teaching Industry* secara geografis berada di titik koordinat  $6^{\circ}31'52''$  LS dan  $106^{\circ}25'55''$  BT pada ketinggian  $\pm 250$  m di atas permukaan laut. Kondisi topografi di *Jasinga Silviculture Teaching Industry* berbukit-bukit dengan kemiringan lahan sekitar 15-20%. Curah hujan rata-rata yang dimiliki 3.000-4.000 mm/tahun. Jenis tanah yang terdapat di lahan penelitian termasuk tanah podsolik merah kuning. Salah satu sifat yang dimiliki jenis tanah ini, yaitu memiliki pH rendah atau masam (Rusdiana et al., 2024). Mayoritas tanaman yang ditemukan yaitu jenis akasia (*Acacia mangium* Willd.) dengan beberapa campuran tanaman lain

seperti puspa (*Schima Wallichii* DC. Korth), nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), dan palem-paleman seperti rotan (*Calamus* spp.).

## 2.2. Metode

### 2.2.1. Pemilihan lokasi pengamatan

Pemilihan lokasi petak penelitian diambil berdasarkan metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* merupakan pengambilan contoh tanah secara sengaja sesuai dengan tujuan penelitian. Seperti pada penelitian ini ditujukan untuk keterwakilan di setiap jenis kerapatan tajuk (Pryono, 2018). Petak yang diteliti berbentuk persegi dengan ukuran 20 m x 20 m. Pemilihan ketiga petak didasarkan dari jenis kerapatan tajuknya, yaitu kerapatan tajuk tinggi, kerapatan tajuk sedang dan kerapatan tajuk rendah.

### 2.2.2. Pengukuran kerapatan tajuk

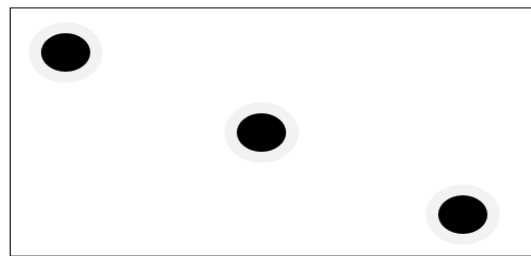
Kerapatan tajuk menjadi keterwakilan dalam menentukan petak di lapang. Kerapatan tajuk diukur menggunakan alat *spherical densiometer* di 5 titik dalam tiap petak. Pengukuran kerapatan tajuk di setiap titik dilakukan dengan menghadap ke empat arah mata angin, yaitu barat, timur, utara dan selatan. Hasil kerapatan tajuk dari empat arah mata angin tersebut selanjutnya dirata-ratakan. Menurut Sartika (2020), kerapatan tajuk dibagi menjadi tiga golongan. Kerapatan tajuk rapat digolongkan apabila tutupan tajuk lebih dari 70%, kerapatan tajuk sedang jika tutupan tajuk dari 40-70%, dan kerapatan tajuk rendah apabila tutupan tajuk kurang dari 40%. Perhitungan kerapatan tajuk menggunakan rumus persen kerapatan tajuk (Sartika, 2020).

$$\text{Kerapatan tajuk (\%)} = \frac{\text{Jumlah persegi dalam jaringan yang tertutup kanopi}}{\text{Jumlah persegi dalam jaringan densiometer}} \times 100\%$$

### 2.2.3. Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel tanah di lapang dibagi berdasarkan kriteria kerapatan tajuk. Sampel tanah yang diambil berupa sampel tanah terganggu yang diambil di tiga titik pengambilan secara diagonal pada petak (Gambar 1). Sampel tanah terganggu diambil

menggunakan bor tanah. Kedalaman sampel tanah diambil di tiap titiknya hingga kedalaman 60 cm. Berdasarkan Pusat Penelitian Tanah (1995), kedalaman tanah yang memungkinkan untuk dievaluasi sifat fisik dan kimia tanah untuk kesuburan tanah yaitu sampai kedalaman 60 cm. Tanah yang diambil kemudian disatukan dan dikompositkan setiap kerapatan tajuknya. Sampel tanah yang sudah dikompositkan kemudian dianalisis sifat fisik dan sifat kimia tanahnya.



Gambar (Fig.) 1. Petak pengambilan sampel tanah (*Soil sampling plot*)

### 2.2.4. Analisis data

Analisis data sifat fisik dan kimia tanah yang dilakukan berupa tekstur tanah, pH tanah, C-organik, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potensial, K<sub>2</sub>O potensial, KTK, kation yang dapat ditukar, dan KB. Analisis tekstur tanah menggunakan *finger assessment method* agar dapat mengetahui tekstur tanah saat kondisi tanahnya lembab atau kelembabannya dapat dimanipulasi (Zubaidah, 2020). Metode ini melekatkan tanah dengan air hingga lembab, kemudian tanah dapat ditekan seperti plastisin dan dapat dibentuk bolus, silinder, dibengkokkan seperti bentuk tapal kuda, hingga dibentuk cincin. Di setiap tahapan ini dilihat bentuk dan kelas tekstur yang dicapai sampel tanah berdasarkan alur diagram dari metode *flowchart* (*Department of Primary Industries*, 2019). Kelas tekstur tanah ditentukan berdasarkan kelas kerikil, pasir kasar, pasir, pasir halus, lanau kasar, lanau halus, dan lempung (Spohn & Stendahl, 2024). Analisis sifat kimia dilakukan pengujian di laboratorium *Indonesian Center of Biodiversity and Biotechnology* (ICBB) (Tabel 1).

Tabel (Table) 1. Metode analisis sifat kimia tanah (*Soil chemical properties analysis methods*)

No.	Parameter	Metode (Methods)
1.	pH Tanah ( <i>Soil pH</i> )	Potensiometri
2.	C-organik ( <i>C-Organic</i> )	Walkley & Black
3.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Potensial ( <i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Potential</i> )	Ekstrak HCL 25%
4.	K <sub>2</sub> O Potensial ( <i>K<sub>2</sub>O Potential</i> )	Ekstrak HCL 25%
5.	KTK ( <i>CEC</i> )	Ekstrak N NH <sub>4</sub> Oac pH 7
6.	Kation dapat ditukar ( <i>Cations can be exchanged</i> )	Ekstrak N NH <sub>4</sub> Oac pH 7
7.	Kejenuhan basa ( <i>Base saturation</i> )	Perhitungan

Sumber (Source): ICBB (2022)

Hasil analisis sifat kimia tanah dari laboratorium dilakukan pembagian kelas untuk setiap parameter. Pembagian setiap parameter terdiri atas lima kelas, yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan

sangat rendah (Tabel 2). Pembagian kelas tiap parameter dinilai berdasarkan kriteria penilaian status kesuburan tanah (Tabel 3).

Tabel (Table) 2. Kriteria penilaian sifat kimia tanah (*Criteria for assessing the chemical properties of soil*)

Sifat tanah ( <i>Soil properties</i> )	Sangat rendah ( <i>Very low</i> )	Rendah ( <i>Low</i> )	Sedang ( <i>Medium</i> )	Tinggi ( <i>High</i> )	Sangat tinggi ( <i>Very high</i> )
C-organik ( <i>C-organic</i> )	<1,00	1,00-2,00	2,01-3,00	3,01-5,00	>5,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Potensial ( <i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potential</i> )	<10	10-20	21-40	41-60	>60
K <sub>2</sub> O Potensial ( <i>K<sub>2</sub>O potential</i> )	<10	10-20	21-40	41-60	>60
K <sup>+</sup>	<0,1	0,1-0,2	0,3-0,5	0,6-1,0	>1,0
Na <sup>+</sup>	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1,0
Ca <sup>2+</sup>	<0,2	2-5	6-10	11-20	>20
Mg <sup>2+</sup>	<0,4	0,4-1,0	1,1-2,0	2,1-8,0	>8,0
KTK ( <i>CEC</i> )	<5	5-16	17-24	25-40	>40
KB ( <i>Base saturation</i> )	<20	20-35	36-50	51-70	>70
pH Tanah ( <i>Soil pH</i> )	<4,5 (sm)	4,5-5,5 (m)	5,6-6,5 (am)	6,6-7,5 (n)	7,6-8,5 (aa)
					>8,5 (a)

Sumber (Source): Pusat Penelitian Tanah (1995)

Keterangan (Remarks): sm = Sangat masam (*Very sour*), m = Masam (*Sour*), Agak masam (*Slightly sour*), Netral (*Neutral*), aa = Agak alkalis (*Slightly alkaline*), a = Alkalis (*Alkaline*)

Tabel (Table) 3. Kriteria penilaian status kesuburan tanah (*Criteria for assessing soil*)

*fertility status)*

No.	Parameter			Status kesuburan tanah ( <i>Soil fertility status</i> )
	KTK ( <i>CEC</i> )	KB ( <i>Base saturation</i> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, C-Organik ( <i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, C-Organic</i> )	
1	T	T	2T tanpa R	T
2	T	T	2T dengan R	S
3	T	T	2S tanpa R	T
4	T	T	2S dengan R	S
5	T	T	T > S > R	S
6	T	T	2R tanpa T	S
7	T	T	2R dengan S	R
8	T	S	2T tanpa R	T
9	T	S	2T dengan R	S
10	T	S	2S	S
11	T	S	Kombinasi lain	R
12	T	R	2T tanpa R	S
13	T	R	2T dengan R	R
14	T	R	Kombinasi lain	R
15	S	T	2T tanpa R	S
16	S	T	2S tanpa R	S
17	S	T	Kombinasi lain	R
18	S	S	2T tanpa R	S
19	S	S	2S tanpa R	S
20	S	S	Kombinasi lain	R
21	S	R	3T	S
22	S	R	Kombinasi lain	R
23	R	T	2T tanpa R	S
24	R	T	2T dengan R	R
25	R	T	2S tanpa R	S
26	R	T	Kombinasi lain	R
27	R	S	2T tanpa R	S
28	R	S	Kombinasi lain	R
29	R	R	Semua kombinasi	R
30	SR	T,S,R	Semua kombinasi	SR

Sumber (*Source*): Pusat Penelitian Tanah (1995)

Keterangan (*Remarks*): T = Tinggi (*High*), S = Sedang (*Medium*), R = Rendah (*low*), SR = Sangat rendah (*Very low*)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil

##### 3.1.1. Kerapatan tajuk

Banyaknya vegetasi memengaruhi banyaknya ruang yang tertutup pada permukaan tanah, sehingga tajuk lebih tertutup rapat. Kerapatan tajuk rendah di lahan memiliki nilai 33,25%, kerapatan

tajuk sedang di lahan memiliki nilai 55,50%, dan kerapatan tajuk tinggi di lahan memiliki nilai 87,33% (Tabel 4). Tingginya kerapatan tajuk pada luasan lahan berhubungan dengan tingginya produksi daun yang dihasilkan oleh tegakan.

Tabel (*Table*) 4. Persentase tingkat kerapatan tajuk (*Percentage of canopy density level*)

Kerapatan tajuk ( <i>Canopy density</i> )	Titik pengamatan ( <i>Observation point</i> )	Persentase kerapatan tajuk ( <i>Percentage of canopy density</i> )	Rata-rata tiap petak ( <i>Average per plot</i> )
Rendah ( <i>Low</i> )	1	38,50%	33,25%
	2	39,50%	
	3	21,75%	
Sedang ( <i>Medium</i> )	1	47,25%	55,50%
	2	52,50%	
	3	66,75%	
Tinggi ( <i>High</i> )	1	84,25%	87,33%
	2	92,00%	
	3	85,75%	

### 3.1.2. Tekstur tanah

Tekstur tanah merupakan sifat tanah yang dapat diamati secara langsung berdasarkan perbandingan fraksi pasir, debu, dan liat yang memiliki diameter efektif ,yaitu  $\leq 2$  mm. Tekstur tanah di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* di setiap titik untuk masing-masing kerapatan tajuk memiliki tekstur yang berbeda. Fraksi liat banyak terdapat pada tekstur liat berpasir di titik dua

dengan kerapatan tajuk yang tinggi. Selain fraksi liat, pada tekstur liat berpasir juga memiliki sedikit lumpur karena tanah sangat plastis dan dapat dibentuk dengan mudah. Fraksi liat yang paling sedikit terdapat pada tekstur debu yaitu pada titik satu dengan kerapatan yang rendah dan di titik tiga dengan kerapatan yang sedang (Tabel 5).

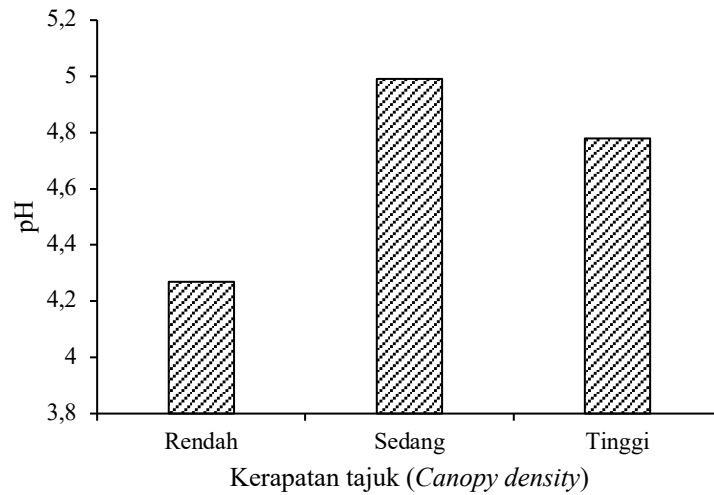
Tabel (Table) 5. Tekstur tanah pada berbagai kerapatan tajuk (*Soil texture at various canopy densities*)

Kerapatan tajuk ( <i>Conopy density</i> )	Titik pengamatan ( <i>Observation point</i> )	Tekstur tanah ( <i>Soil texture</i> )
Rendah ( <i>Low</i> )	1	Debu
	2	Pasir berlempung
	3	Lempung berpasir
Sedang ( <i>Medium</i> )	1	Lempung berdebu
	2	Lempung berpasir
	3	Debu
Tinggi ( <i>High</i> )	1	Lempung berdebu
	2	Liat berpasir
	3	Lempung berdebu

### 3.1.3. Keasaman tanah (pH tanah)

Hasil analisis pH tanah di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* pada berbagai kerapatan tajuk termasuk kategori masam. pH terendah berada di

lahan dengan kerapatan tajuk rendah, sedangkan pH tertinggi berada di lahan dengan kerapatan tajuk yang sedang yaitu 4,99 (Gambar 2).

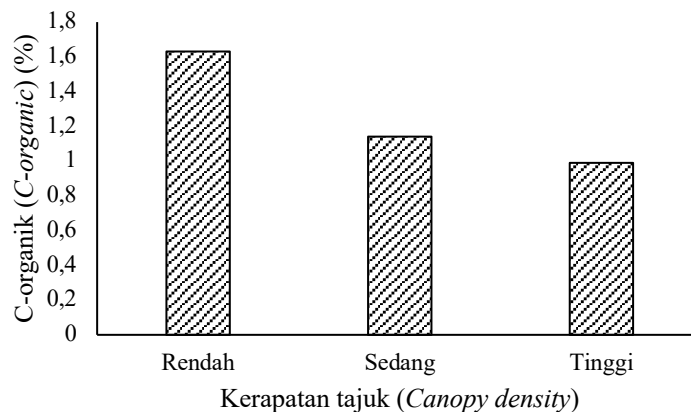


Gambar (Fig.) 2. pH tanah pada berbagai kerapatan tajuk (*Soil pH at various canopy densities*)

#### 3.1.4. C-organik

Hasil nilai C-organik yang terkandung dalam tanah di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* termasuk kategori rendah di setiap kerapatan tajuknya (Gambar 3). Lahan dengan

kerapatan tajuk yang rendah memiliki nilai C-organik lebih tinggi sebesar 1,63%, sedangkan lahan dengan kerapatan tajuk yang tinggi hanya memiliki nilai sebesar 0,99%.

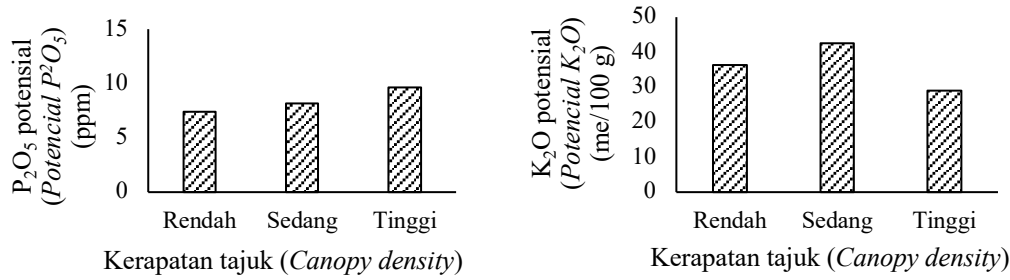


Gambar (Fig.) 3. Kandungan C-organik pada berbagai kerapatan tajuk (*C-organic content at various canopy densities*)

#### 3.1.5. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potensial dan K<sub>2</sub>O potensial

Hasil analisis P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potensial yang terkandung di dalam sampel tanah pada lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* termasuk sangat rendah di ketiga

kerapatan tajuknya (Gambar 4). Pada penelitian ini, rendahnya kerapatan tajuk diikuti rendahnya kandungan fosfor dalam tanahnya.

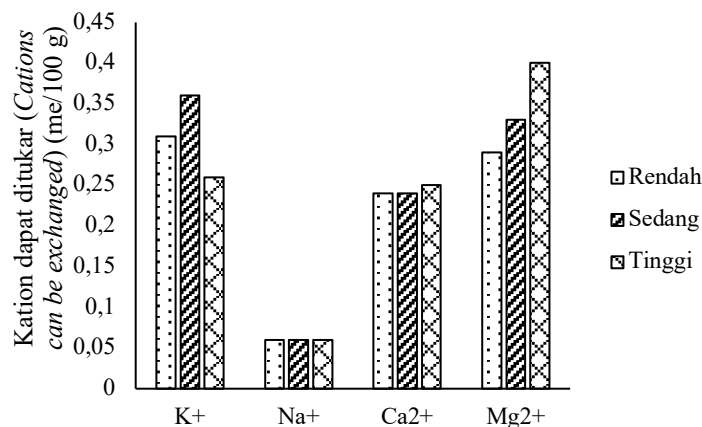


Gambar (Fig.) 4. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kiri) dan K<sub>2</sub>O potensial (kanan) pada berbagai kerapatan tajuk (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (left) and K<sub>2</sub>O potential (right) at various canopy densities)

Kandungan kalium di lokasi penelitian pada berbagai kerapatan tajuk sangat beragam (Gambar 4). Kandungan kalium tertinggi, yaitu pada lahan yang memiliki kerapatan tajuk sedang. Kandungan kalium berkategori sedang berada di lahan yang memiliki kerapatan tajuk rendah dan tinggi.

### 3.1.6. Kation dapat ditukar

Ketersediaan unsur hara di dalam tanah tergantung pada unsur alkali pada tanah, yaitu K, Na, Ca, dan Mg. Unsur ini sangat berperan dalam mengatur metabolisme enzim pada tanaman dengan menukarkan kation yang tersedia.

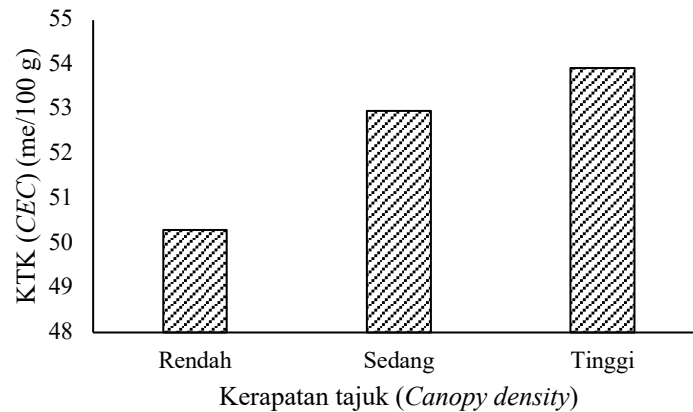


Gambar (Fig.) 5. Kandungan kation pada berbagai tajuk (Cation content in various canopies)

Hasil analisis kation yang dapat ditukar pada Gambar 5 terlihat ion Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, dan Mg<sup>2+</sup> tergolong rendah hingga sangat rendah, sedangkan ion K<sup>+</sup> kategori sedang hingga rendah.

### 3.1.7. Kapasitas tukar kation

Nilai KTK yang dihasilkan di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* berdasarkan kerapatan tajuknya tergolong sangat tinggi. Nilai KTK pada lahan berkerapatan tajuk rendah hingga tinggi berturut-turut sebesar 50,30; 52,96; dan 53,93 me/100 g (Gambar 6).

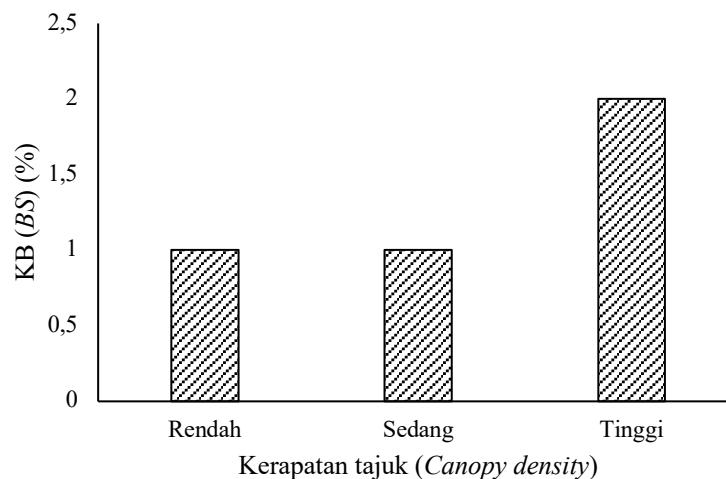


Gambar (Fig.) 6. KTK pada berbagai kerapatan tajuk (*CEC at various canopy densities*)

### 3.1.8 Kejenuhan basa

Hasil analisis kejenuhan basa di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* pada berbagai kerapatan tajuk tergolong sangat rendah. Berdasarkan

Gambar 7, lahan dengan kerapatan tajuk yang tinggi memiliki nilai KB sebesar 2%. Lahan dengan kerapatan tajuk rendah dan sedang memiliki nilai KB sebesar 1%.



Gambar (Fig.) 7. Kejenuhan basa pada berbagai kerapatan tajuk (*Base saturation at various canopy densities*)

### 3.1. Pembahasan

Tingkat kesuburan tiap tanah akan memengaruhi jenis dan kemampuan hidup tanaman yang berlangsung. Tekstur dan pH tanah, dalam menentukan status kesuburan tanah dapat dilihat dari beberapa indikator seperti C-organik, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potensial, K<sub>2</sub>O potensial, Kapasitas Tukat Kation (KTK) dan Kejenuhan Basa (KB) (Pusat Penelitian Tanah, 1995).

Berdasarkan analisis yang ditemukan di lapang, lahan berkerapatan tajuk yang tinggi, rata-rata memiliki tekstur tanah liat atau lempung daripada lahan yang memiliki kerapatan tajuk yang rendah dan sedang yang relatif bertekstur debu atau berpasir. Hal ini dikarenakan

lahan dengan kerapatan tinggi memiliki tanaman yang lebih rapat sehingga akar tanaman mampu menahan air dan menyimpan hara lebih banyak yang mengakibatkan tanah menjadi lebih lempung. Fraksi liat memengaruhi kadar bahan organik yang terkandung karena fraksi liat mempunyai permeabilitas yang tinggi sehingga kapasitas menahan air tergolong besar dan memiliki kondisi drainase yang buruk dikarenakan pori aerasi yang rendah atau kecil (Feng et al., 2024). Pada tanah fraksi pasir memiliki kemampuan menyerap air yang rendah karena pori tanah lebih besar sehingga bahan organik yang terdapat di tanah bertekstur kasar sangat rendah (Spohn &

Stendahl, 2024).

Kemasaman tanah di areal penelitian berdasarkan nilai pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl berada di tingkat masam. Kemasaman tanah ditentukan oleh nilai pH tanah yang memengaruhi ketersediaan unsur hara yang penting pada tanah. Nilai pH dapat dilihat dari banyaknya konsentrasi ion H<sup>+</sup> yang terkandung di dalam tanah. Semakin banyak pelepasan H<sup>+</sup>, maka semakin masam tanah atau pH menjadi rendah. Tanah dengan pH netral umumnya memiliki kemampuan optimal dalam menyerap unsur hara (Azurianti et al., 2022).

Nilai pH H<sub>2</sub>O lebih besar daripada pH KCl. Nilai pH KCl yang lebih rendah daripada pH H<sub>2</sub>O menunjukkan adanya tanah liat dan bermuatan negatif. Keasaman tanah (pH tanah) yang rendah dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman karena ketersediaan mikro dan makro fauna tanah rendah (Amran et al., 2015).

Kandungan C-organik dalam tanah di areal penelitian termasuk rendah di setiap kerapatan tajuknya. Banyaknya C-organik berhubungan dengan banyaknya bahan organik yang diproduksi. Serasah dan sisa tanaman yang ada di sekitar mampu memberikan 50% karbon terhadap akar dalam proses humifikasi (Bakri et al., 2016).

Pada lahan dengan kerapatan tajuk yang rendah ternyata memiliki kandungan fosfor yang paling rendah dan pH yang sangat masam. Kandungan fosfor pada pH netral biasanya tersedia lebih banyak karena terjadi pertukaran kation-kation basa sehingga pH juga memengaruhi banyaknya ketersediaan fosfor dan pertukaran unsur hara menjadi lebih efektif (Mandal et al., 2023). Namun, fosfor dapat terikat menjadi bentuk yang tidak tersedia pada pH yang sangat masam atau sangat basa (Wang et al., 2023).

Hasil analisis unsur hara fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potensial) di lokasi penelitian tergolong sangat rendah di ketiga kerapatan tajuknya. Rendahnya kerapatan tajuk diikuti rendahnya kandungan fosfor dalam tanahnya. Lahan dengan kerapatan tajuk yang rendah memiliki kandungan fosfor yang paling rendah dan pH yang sangat masam. Kandungan fosfor pada pH

netral biasanya tersedia lebih banyak karena terjadi pertukaran kation-kation basa sehingga pH juga memengaruhi banyaknya ketersediaan fosfor dan pertukaran unsur hara menjadi lebih efektif (Mandal et al., 2023). Namun, fosfor dapat terikat menjadi bentuk yang tidak tersedia pada pH yang sangat masam atau sangat basa (Wang et al., 2023).

Kandungan kalium juga merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman. Semakin besar nilai KTK yang dimiliki tanah, maka semakin besar juga kemampuan tanah dalam menahan kalium dari adanya proses pencucian (Agustian & Simanjuntak, 2018). Kalium yang dihasilkan tergolong sedang hingga tinggi. Kandungan kalium tertinggi, yaitu pada lahan yang memiliki kerapatan tajuk sedang. Kandungan kalium berkategori sedang terdapat pada lahan yang memiliki kerapatan tajuk rendah dan tinggi. Menurut El Bourhrami et al. (2022), kandungan K<sub>2</sub>O pada tanah menentukan kualitas tanah. Semakin banyak kuantitas kalium, maka semakin baik produktivitas tanahnya.

Ketersediaan ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> di lokasi penelitian hampir sama banyak dengan kategori yang rendah. Sedikitnya basa yang tersedia di tanah didukung oleh nilai pH yang masam sehingga akan menurunkan kemampuan tanah dalam menjerap dan menukarkan kation, sehingga memudahkan terjadi adanya pencucian atau *leaching* (Berthrong et al., 2019). Sesuai penelitian Sahbudin et al. (2020), pencucian kation basa akan terganti oleh ion H<sup>+</sup> dan Al<sup>3+</sup> sehingga dapat menurunkan nilai pH. Ketersediaan kation yang dapat ditukar sangat berguna dalam pertumbuhan tanaman, sehingga mampu memengaruhi kesuburan tanah. Tingginya ketersediaan K dan Ca dalam tanah berkaitan dengan kemampuan dalam mengikat K dan kandungan fraksi liat dalam tanah (Qiu et al., 2014). Ketersediaan unsur Ca sangat memengaruhi hara fosfor. Semakin larut unsur Ca pada tanah, maka semakin sedikit hara fosfor yang terkandung dalam tanah (Gerke, 2022). Begitu pula pada ketersediaan unsur Ca yang saling berpengaruh dengan unsur Mg.

Di lokasi penelitian dengan

kerapatan tajuk tinggi menunjukkan nilai KTK tinggi yang dapat disebabkan oleh kadar liat dan muatan koloid tanah yang tinggi. Terlihat pada tanah di lahan berkerapatan tajuk tinggi memiliki tekstur lebih liat dan lempung dibanding lahan berkerapatan tajuk rendah dan sedang. Fraksi liat mampu meningkatkan kemampuan dalam pertukaran ion dan penyerapan air, sehingga sedikit kation yang tercuci. Hal ini juga berhubungan dengan muatan koloid tanah yang dapat dilihat dari pH tanah, dimana pH KCl lebih rendah daripada pH H<sub>2</sub>O di semua kerapatan. Nilai pH yang negatif biasanya lebih liat. Muatan negatif secara tidak langsung memengaruhi besarnya nilai KTK dari kompleksitas pertukaran kation yang terjepit (El Bourhrami et al., 2022). Hal ini sesuai pendapat Feng et al. (2024), yang menyatakan bahwa peningkatan nilai KTK disebabkan oleh tanah berfraksi liat sehingga jumlah muatan negatif menahan kation.

Dengan demikian, nilai KTK berkaitan dengan kemampuan menyerap unsur hara yang diperlukan oleh tanaman. Oleh karena itu, KTK dapat menjadi indikator kesuburan tanah yang dilihat dari serapan air dan jumlah hara nutrisi yang dibutuhkan tanaman (Mandal et al., 2023).

Nilai kejenuhan basa (KB) di lokasi penelitian termasuk sangat rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh rendahnya kation basa dan pH tanah yang ditemukan. Kation basa (seperti K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, dan Mg<sup>2+</sup>) akan memengaruhi nilai KB (Blombäck et al., 2021). Begitu juga nilai pH yang semakin masam akan menurunkan nilai KB. Menurunnya nilai kation basa mampu menunjukkan adanya pencucian (*leaching*) basa di dalam tanah (Trigunasih et al., 2023). Pencucian basa akan menurunkan tingkat kesuburan tanah karena kation basa larut dalam aliran air dari yang seharusnya terjepit oleh tanah. Oleh karena itu, produktivitas lahan menjadi rendah, bila nilai KB yang ditemukan juga rendah. Upaya dalam meningkatkan nilai KB dapat melakukan pemberian kapur yang mengandung basa Ca dan Mg (Sabudu, 2021).

Status kesuburan tanah di ketiga kerapatan tajuk di lahan *Jasinga*

*Silviculture Teaching Industry* tergolong rendah. Pada kerapatan yang rendah menunjukkan pH tanah sangat masam, C-organik rendah, fosfor sangat rendah, kalium sedang, KTK sangat tinggi, dan kejenuhan basa sangat rendah. Rendahnya keragaman vegetasi yang tumbuh akan memengaruhi kandungan bahan organik di sekitar tanaman sebagai hasil dari dekomposisi serasah. Dekomposisi serasah yang dilakukan oleh mikroorganisme dalam tanah akan meningkatkan aktifitas mikroorganisme dan adanya bahan organik sehingga berpengaruh positif pada kesuburan tanah (Mindawati et al., 2006). Adapun, pH yang sangat rendah dikarenakan hara yang sedikit dengan kandungan besi dan aluminium yang tinggi (Hamad-Sheip et al., 2021).

Pada kerapatan sedang memiliki pH tanah masam, C-organik rendah, fosfor sangat rendah, kalium tinggi, KTK sangat tinggi, dan kejenuhan basa sangat rendah. Pada kerapatan tinggi memiliki pH tanah masam, C-organik rendah, fosfor sangat rendah, kalium sedang, KTK sangat tinggi, dan kejenuhan basa sangat rendah. Hasil ketiga kerapatan memiliki kesuburan tanah rendah. Perbedaan yang terlihat, yaitu C-organik sangat rendah pada kerapatan tinggi dan kalium tinggi pada kerapatan sedang. Menurut Sari et al. (2017), kerapatan tanah yang meningkat dapat menyebabkan ruang pori tanah mengecil sehingga menyebabkan kandungan bahan organik rendah. Hampir semua karbon organik dalam tanah terletak di dalam pori tanah, sehingga apabila ruang pori tanah mengecil, maka kandungan karbon organik tanah juga sedikit. Pada kerapatan sedang memiliki kalium tinggi. Tingginya kalium dipengaruhi oleh pH tanah netral ke asam dan kandungan KTK tinggi, namun pH tanah terlalu masam dapat mengurangi ketersediaan kalium (Zainudin & Kesumaningwati, 2021).

Rendahnya status kesuburan tanah didukung oleh rendahnya pH dan tekstur tanah yang sedikit liat. Tanah yang sedikit liat akan mudah meloloskan air dan unsur hara karena pori-pori tanah lebih besar. Kondisi pH tanah masam diakibatkan banyaknya ion H<sup>+</sup>, pH tanah

rendah dapat meningkatkan kelarutan unsur Al dan Fe sehingga dapat menyebabkan keracunan unsur Al dan Fe serta menurunkan kesuburan tanah (Siciliano et al., 2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa C-organik, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potensial dan Kejenuhan basa tergolong rendah hingga sangat rendah, sedangkan K<sub>2</sub>O potensial dan KTK tergolong sedang sampai sangat tinggi. Sedikitnya jumlah kation yang dapat ditukar akan menurunkan KTK dan nilai KB. Namun dalam penelitian ini, kation yang dapat ditukar berkorelasi negatif dengan nilai KTK yang tinggi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya faktor dari muatan koloid tanah dan tekstur tanah. Tekstur tanah yang liat dan nilai perubahan pH tanah yang negatif akan memengaruhi tinggi KTK tanah karena banyak jumlah kation yang terperap oleh adanya pertukaran (El Bourhrami et al., 2022).

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1. Kesimpulan

Status kesuburan tanah di lokasi *Jasinga Silviculture Teaching Industry* (JSTI) tergolong rendah di berbagai kerapatan tajuk. Sifat fisik tekstur tanah di lokasi penelitian beragam dari debu hingga lempung berdebu. Sifat kimia tanahnya, yaitu pH masam, C-organik rendah, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sangat rendah, K<sub>2</sub>O sedang hingga tinggi, kation dapat ditukar rendah, KTK sangat tinggi dan KB sangat rendah.

##### 4.2. Saran

Perlu adanya perbaikan kualitas tanah di areal *Jasinga Silviculture Teaching Industry* dengan cara pemupukan, penyiapan bibit bermikoriza, dan menanam jenis tanaman yang beragam. Hal tersebut dimaksudkan agar kesuburan tanah dan kelimpahan bahan organik meningkat sehingga produktivitas tanaman lebih terjaga dan lestari.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pengelola *Jasinga Silviculture Teaching Industry* serta Laboratorium Pengaruh Hutan dan ICBB yang membantu memfasilitasi selama penelitian berlangsung.

#### Daftar Pustaka

- Agustian, I., & Simanjuntak, B.H. (2018). Penilaian status kesuburan tanah dan pengelolaannya, di Kecamatan Karanggede, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. *Konser Karya Ilmiah Tingkat Nasional Tahun 2018*, 255–264.
- Aji, H.B., & Teapon, A. (2019). Pengaruh batuan induk dan kimia tanah terhadap potensi kesuburan tanah di Kabupaten Kepulauan Sula, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 22(3), 342. <https://doi.org/10.21082/jpftp.v22n3.2019.p342-352>.
- Akhbar, M.S., & Arianingsih, I. (2016). Cadangan karbon tanah pada berbagai tingkat kerapatan tajuk di Hutan Lindung Kebun Kopi Desa Nupabomba Kecamatan Tanantovea Kabupaten Donggala. *Warta Rimba*, 125-131.
- Amran, B.M., Sari, E.K.N., Setyorini, A.D., Wahyu, Y., Widiani, D., & Irnamera, D. (2015). Analisis kualitas tanah Pantai Sawarna Kabupaten Lebak Provinsi Banten. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains, 2015*(Snips), 649–652.
- Azurianti, Wulansari R., Athallah, F.N.F., & Prijono S. (2022). Kajian hubungan hara tanah terhadap produktivitas tanaman teh produktif di Perkebunan Teh Pagar Alam, Sumatera Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(1),153-161.<https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.17>.
- Bakri, I., Thaha, A.R., & Isrun. (2016). Status beberapa sifat kimia tanah pada macam-macam penggunaan lahan di DAS Poboya Kabupaten Palu Selatan. *Jurnal Agrotekbis*, 4(5), 512–520.
- Batu, H.M.R.P., Talakua, S.M., Siregar, A., & Osok, R. (2019). Status kesuburan tanah berdasarkan aspek kimia dan fisik tanah di DAS Wai Ela, Negeri Lima, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 15(1),1858-4322. <https://doi.org/10.30598/>

- jbdp.2019.15.1.1.
- Berthrong, S.T., Jobbágy, E.G., & Jackson, R.B. (2019). A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation. *Ecological Applications*, 19(8), 2228–2241. <https://doi.org/10.1890/08-1730.1>.
- Blombäck, K., Bolster, C.H., Lindsjö, A., Hesse, K., Linefur, H., & Parvage, M.M. (2021). Comparing measures for determination of phosphorus saturation as a method to estimate dissolved P in soil solution. *Geoderma*, 383(November 2019), 114708. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114708>.
- Department of Primary Industries. (2019, January 14). *Quick Reference Guide: Assessing Soil Texture*. Retrieved from [http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/soilhealth\\_textur\\_e\\_qrg](http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/soilhealth_textur_e_qrg).
- El Bourhrami, B., Namr, K.I., Et-Tayeb, H., & Duraisamy, V. (2022). Application of Ssoil quality index to assess the status of soils submitted to intensive agriculture in the irrigated plain of Doukkala, Moroccan Semiarid Region. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 23(2), 129–143. <https://doi.org/10.12912/27197050/145754>.
- Fadin, S.M.F. (2017). Pengaruh aplikasi bahan organik, tanaman pionir dan mulsa terhadap kation basa dapat ditukar pada tanah terdampak letusan Gunung Kelud [skripsi]. Universitas Brawijaya, Malang.
- Feng, L., Khalil, U., Aslam, B., Ghaffar, B., Tariq, A., Jamil, A., Farhan, M., Aslam, M., & Soufan, W. (2024). Evaluation of soil texture classification from orthodox interpolation and machine learning techniques. *Environmental Research*, 246(December), 118075. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.118075>.
- Gerke, J. (2022). The central role of soil organic matter in soil fertility and carbon storage. *Soil Systems*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/soilsystems6020033>.
- Gruba, P., & Mulder, J. (2015). Tree species affect cation exchange capacity (CEC) and cation binding properties of organic matter in acid forest soils. *Science of the Total Environment*, 511, 655–662. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.013>.
- Hamad-Sheip, Y., Abdul-Hamid, H., Abiri, R., Saleh, M.N., Mohamed, J., Jalil, A.M., & Naji, H.R. (2021). Effect of *Acacia mangium* canopy on physicochemical characteristics and nutrient concentrations of the soil at ayer hitam forest reserve, malaysia. *Forests*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/f12091259>.
- Indonesian Center of Biodiversity and Biotechnology (ICBB). (2022). Bogor: PT. Biodiversitas Bioteknologi Indonesia.
- Khaledian, Y., Brevik, E.C., Pereira, P., Cerdà, A., Fattah, M.A., & Tazikeh, H. (2017). Modeling soil cation exchange capacity in multiple countries. *Catena*, 158(July), 194–200. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.07.002>.
- Kome, G.K., Enang, R.K., Tabi, F.O., & Yerima, B.P.K. (2019). Influence of clay minerals on some soil fertility attributes: A review. *Open Journal of Soil Science*, 09(09), 155–188. <https://doi.org/10.4236/ojss.2019.99010>.
- Lapadjati, K.K., Wardah, & Rahmawati. (2016). Sifat fisik tanah pada hutan tanaman kemiri, lahan agroforestri dan lahan hutan sekunder di Desa Labuan Kungguma Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah. *Warta Rimba*, 4(2), 40-46.
- Mandal, H.R., Shah, S.K., Oli, B., Katel, S., Yadav, S.P.S., Pant, K.R., Lamshal, B.S., Kattel, S., Sah, S., & Yadav, B. (2023). Assessment of soil fertility status in Rupani Rural Municipality, Saptari, Nepal. *AgroEnvironmental Sustainability*, 1(2), 111–121. <https://doi.org/10.59983/s2023010204>.

- Mindawati, N., Kosasih, A.S., & Heryati, Y. (2006). Pengaruh penanaman beberapa jenis pohon hutan terhadap kondisi kesuburan tanah andosol. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 3(3), 155–164. <https://doi.org/10.20886/jpht.2006.3.155-164>.
- Mujiyo, M., Naaifah, M.I., Suntoro, S., & Maro'ah, S. (2024). A comparative study of soil fertility in organic, semi-organic, and conventional rice field farming systems (Case study: Nguntoronadi District, Wonogiri, Indonesia). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(1), 44–61. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1357044>.
- Napitupulu, A.P.Z. (2022). Perubahan status kesuburan tanah pasca tambang pasir yang ditanami tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* L.) di Balerante, Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah [skripsi]. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”.
- Pinatih, I.D.A.S.P., Kusmiyarti, T.B., & Susila, K.D. (2015). Evaluasi status kesuburan tanah pada lahan pertanian di kecamatan denpasar selatan. *E-Jurnal Agroteknologi Tropika*, 4(4), 282–292. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>.
- Prestzsch, H. (2001). *Modelling des Waldwachstums*. Parey Buchverlag Berlin.
- Pryono, A.O. (2018). Kajian habitat binturong (*Arctictis binturong*) di Hutan Lindung Blok Kondang Merak RPH Sumbermanjing Kulon Kabupaten Malang [skripsi]. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Pusat Penelitian Tanah. (1995). *Petunjuk Teknis Evaluasi Kesuburan Tanah*. Bogor: Laporan Teknis No. 14 Versi 1,01.REP II Project.
- Rusdiana, O., Rizki, T.A., Winata, B. (2024). Assesing Infiltration Rate and Soil Physical Properties at Different Vegetation Densities in the Jasinga Silviculture Teaching Industry (JSTI) Area. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1315 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1315/1/012036>.
- Sabudu, R.S. (2021). Soil fertility status and land suitability evaluation for rice crops on former shrimp ponds. *CELEBES Agricultural*, 2(1), 10–36. <https://doi.org/10.52045/jca.v2i1.184>.
- Sahbudin, Khairullah, & Sufardi. (2020). Kemasaman tanah dan sifat-sifat pertukaran kation pada *mollisols* dan *ultisols* di lahan kering Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 5(3), 25–34. [www.jim.unsyiah.ac.id/JFP](http://www.jim.unsyiah.ac.id/JFP)
- Sari, T., Rafdinal, Linda, R. (2017). Hubungan kerapatan tanah, karbon organik tanah dan cadangan karbon organik tanah di Kawasan Agroforestri Tembawang Nanga Pemubuh Sekadau Hulu Kalimantan Barat. *Protobiont*, 6 (3), 263 – 269.
- Sartika, D. (2020). Kesuburan tanah pada Hutan Organik Megamendung Bogor [skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Siciliano, S.D., Palmer, A.S., Winsley, T., Lamb, E., Bissett, A., Brown, M.V., van Dorst, J., Ji, M., Ferrari, B.C., Grogan, P., Chu, H., & Snape, I. (2014). Soil fertility is associated with fungal and bacterial richness, whereas pH is associated with community composition in polar soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 78, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.07.005>.
- Solberg, S., & Strand, L. (1999). Crown density assessments, control surveys and reproducibility. *Environmental Monitoring and Assessment*, 56(1), 75–86. <https://doi.org/10.1023/A:1005980326079>.
- Spohn, M., & Stendahl, J. (2024). Soil carbon and nitrogen contents in forest soils are related to soil texture in interaction with pH and metal cations. *Geoderma*, 441(November 2023), 116746. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116746>.
- Trigunasih, N.M., Narka, I.W., &

- Saifulloh, M. (2023). Measurement of soil chemical properties for mapping soil fertility status. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 18(6), 1381–1390.  
<https://doi.org/10.18280/ijdne.180611>.
- Wang, P., Wang, Y., Shu, B., Liu, J.F., & Xia, R.X. (2015). Relationships between arbuscular mycorrhizal symbiosis and soil fertility factors in citrus orchards along an altitudinal gradient. *Pedosphere*, 25(1), 160–168. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(14\)60086-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(14)60086-2).
- Wang, Y., Cui, Y., Wang, K., He, X., Dong, Y., Li, S., Wang, Y., Yang, H., Chen, X., & Zhang, W. (2023). The agronomic and environmental assessment of soil phosphorus levels for crop production: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 43:35.
- Wolf, M.K., Wiesmeier, M., & Macholdt, J. (2023). Importance of soil fertility for climate-resilient cropping systems: The farmer's perspective. *Soil Security*, 13(November), 100119. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2023.100119>.
- Yang, F., He, B., Dong, B., & Zhang, G. (2024). Film mulched ridge–furrow tillage improves the quality and fertility of dryland agricultural soil by enhancing soil organic carbon and nutrient stratification. *Agricultural Water Management*, 292(July 2023), 108686. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108686>.
- Zainudin, Kesumaningwati, R. (2021). Penilaian status kesuburan tanah pada beberapa penggunaan lahan di Samarinda. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 3(2), 106-111.
- Zubaidah, S. (2020). Kesuburan tanah pada berbagai tingkat kerapatan tajuk di Gunung Cibodas Ciampea, Bogor [skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.