

Karakteristik Tapak pada Berbagai Tutupan Lahan di Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi

Site Characteristics under Various Land Covers in Mount Walat, Sukabumi Regency

Maulana Zaki^{1*}, Basuki Wasis¹, dan/and Diana Prameswari²

¹Program Studi Silviculture Tropika, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Dramaga, Bogor, 16680, Indonesia

²Pusat Riset Botani Terapan, BRIN, Jl. Raya Bogor KM. 46, Cibinong, Bogor, 16991, Indonesia

Info artikel:	ABSTRACT
Keywords: Canopy density, mining land, Mount Walat, puspa plantation forest, soil, vegetation	<i>Land cover changes in the Mount Walat landscape, Sukabumi Regency, from natural shrubland to a man-made education forest of Mount Walat and PT Gunung Walat Perkasa have significantly affected soil quality. This study aimed to analyze the differences in physical, chemical, and biological soil properties across three land cover types: puspa plantation forest, shrubland, and quartz sand mining land. The research applied purposive sampling, including soil collection at a topsoil depth of 0 to 10 centimeters, laboratory analysis, and statistical testing using the Honest Significant Difference test at a five percent significance level. The results showed that the puspa plantation forest had the best soil quality, indicated by the lowest bulk density (0.72 g/cm³), highest porosity (72.82%), high soil moisture content (40.33%), near-neutral pH (5.42), and high organic carbon content (12.16%). In contrast, the mining site exhibited degraded soil quality, with high bulk density (1.49 g/cm³), low porosity (43.92%), very low soil moisture and microbial respiration, and strongly acidic pH (4.34). Vegetation analysis revealed that the puspa plantation forest had a tree density of 300 stems/ha, a sapling density of 2,000 stems/ha, and an undergrowth/seedling density of 237,500 stems/ha. The mining site, however, showed vegetation density only at the undergrowth or seedling level, with 32,500 stems/ha. Canopy cover in the puspa plantation forest reached 81.31 %, whereas the mining area showed no measurable canopy cover.</i>
Kata kunci: Gunung Walat, hutan tanaman puspa, kerapatan tajuk, lahan tambang, tanah, vegetasi	ABSTRAK Perubahan tutupan lahan di kawasan Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi, dari semak belukar menjadi ekosistem hutan buatan Hutan Penelitian Gunung Walat dan PT Gunung Walat Perkasa telah memengaruhi kualitas tanah secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah pada berbagai tutupan lahan, yaitu hutan tanaman puspa, semak belukar, dan lahan tambang pasir kuarsa. Metode yang digunakan adalah <i>purposive sampling</i> , yang meliputi pengambilan sampel tanah pada kedalaman <i>topsoil</i> (0 - 20 cm), analisis laboratorium, dan uji statistik Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hutan tanaman puspa memiliki kualitas tanah terbaik, ditunjukkan oleh nilai <i>bulk density</i> terendah (0,72 g/cm ³), porositas tertinggi (72,82%), kadar air tanah tinggi (40,33%), pH mendekati normal (5,42), dan kandungan C-organik yang tinggi (12,16%). Sebaliknya, lahan tambang menunjukkan degradasi kualitas tanah, dengan <i>bulk density</i> tinggi (1,49 g/cm ³), porositas rendah (43,92%), kadar air dan respirasi mikroba sangat rendah, serta pH tanah sangat masam (4,34). Hasil analisis vegetasi didapatkan nilai kerapatan vegetasi hutan tanaman puspa memiliki 300 batang/ha untuk tingkat pohon, 2000 batang/ha untuk tingkat pancang, dan 237.500 batang/ha untuk tingkat tanaman bawah dan semai. Kerapatan vegetasi lahan tambang hanya pada tingkat tanaman bawah atau semai dengan nilai 32.500 batang/ha. Kerapatan tajuk hutan tanaman puspa memiliki nilai terbesar dengan persentase kerapatan tajuk 81,31%, sedangkan tidak ada kerapatan tajuk di lahan tambang.
Riwayat artikel: Tanggal diterima: 9 Juni 2025; Tanggal disetujui: 30 Desember 2025.	

Korespondensi penulis: Maulana Zaki * (E-mail: zaki_maulana@apps.ipb.ac.id)

Kontribusi penulis: **MZ**: Pengambilan data, analisis data, penulisan dan revisi naskah; **BW**: memberikan masukan dan saran penelitian, mengarahkan pengambilan data, revisi naskah; **DP**: memberikan bimbingan penelitian, analisis data, revisi naskah.

1. Pendahuluan

Persebaran potensi pertambangan bahan galian kuarsa di Kabupaten Sukabumi memiliki potensi yang besar. Data Badan Pusat Statistik Kabupaten Sukabumi (2025) menunjukkan bahwa produksi bahan galian per Izin Usaha Pertambangan (IUP) di Kabupaten Sukabumi untuk kuarsa mencapai 236.694 ton pada tahun 2023 dan 159.759 ton pada tahun 2024. Salah satu pertambangan kuarsa yang berada di Sukabumi adalah PT Gunung Walat Perkasa (GWP), sebuah perusahaan yang berfokus pada produksi pasir kuarsa sebagai bahan baku utama untuk keperluan konstruksi bangunan (Falah dan Muzaki, 2020). PT GWP berlokasi di Desa Karang Tengah, Kecamatan Cibadak, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat.

Wilayah IUP dari PT Gunung Walat Perkasa berada pada satu Kecamatan dengan kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW). Hutan Pendidikan Gunung Walat merupakan Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) yang secara langsung dikelola oleh Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB University (Kosmaryandi, 2014). Tegakan pohon di HPGW yang ditanam pada tahun 1970-an sebagian besar melebihi daur umurnya dan struktur dan komposisi tegakan dipengaruhi oleh suksesi alami (Kusmana dan Susanti, 2015; Nugroho et al. 2017).

Perbedaan sistem pengelolaan lahan antara dua lokasi di kawasan Gunung Walat menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap kualitas lingkungan setempat. Kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat yang dikelola sebagai KHDTK, memperlihatkan karakteristik ekosistem yang relatif utuh, ditandai dengan tingginya kerapatan vegetasi serta keberadaan berbagai jenis fauna. Namun, kegiatan eksploitasi mineral yang dilakukan secara berkelanjutan oleh PT Gunung Walat Perkasa (PT GWP), khususnya dalam bentuk penambangan pasir kuarsa, telah berdampak terhadap kualitas air dan tanah dan kondisi iklim mikro. Menurut (Islani et

al., 2025), PT GWP mengandung konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) 25 mg/L yang terklasifikasi ke dalam cemaran air sangat berat pada pointsource aliran Sungai Cimahi. Selain itu, isu krusial lainnya yang timbul dari aktivitas pertambangan adalah degradasi tanah (Pratiwi dan Nurcholis, 2023). Kondisi ini menuntut adanya intervensi dan strategi pengelolaan lingkungan yang adaptif untuk meminimalkan dampak ekologis jangka panjang. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah pada ekosistem hutan tanaman puspa, semak belukar, dan lahan tambang untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan di antara tutupan lahan di Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *global positioning system* (GPS), pita ukur, *tally sheet*, tongkat ukur, golok, kompas, kamera, laptop, bor tanah, botol sampel dan plastik sampel. Alat yang digunakan dalam pengolahan dan analisis data, antara lain seperangkat komputer, perangkat lunak ArcGis 10.8, perangkat lunak *Microsoft word*, dan perangkat lunak *Microsoft excel*. Bahan yang digunakan adalah sampel tanah, air, kertas label, tisu, kantong plastik, kertas aluminium, serta aquades. Obyek yang digunakan adalah vegetasi dan tanah di ekosistem hutan tanaman puspa di KHDTK Hutan Pendidikan Gunung Walat, semak belukar, dan lahan tambang PT Gunung Walat Perkasa, Kabupaten Sukabumi.

2.1. Waktu / Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan dari Desember 2024 hingga Februari 2025. Pengambilan contoh tanah dan analisis vegetasi pada tiga lokasi, yaitu Hutan Pendidikan Gunung Walat, semak belukar, dan lahan pertambangan pasir kuarsa di PT Gunung Walat Perkasa yang telah beroperasi sejak tahun 2008 (Gambar 1), sedangkan persiapan contoh atau sampel

tanah dan tanaman sebelum dianalisis dilakukan di Laboratorium Pengaruh, Hutan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor (FAHUTAN IPB), Kecamatan Dramaga,

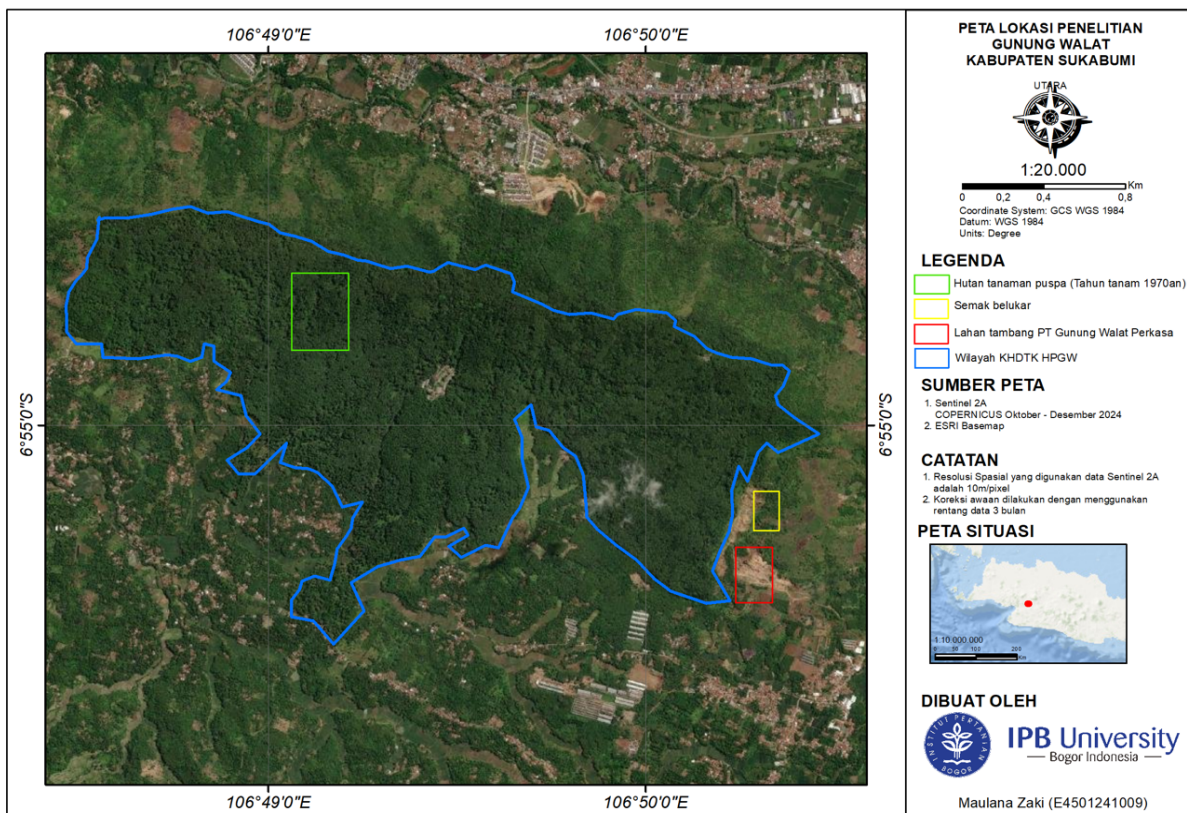
2.2. Metode Penelitian

Pembuatan Plot contoh dan Pengambilan Contoh Data

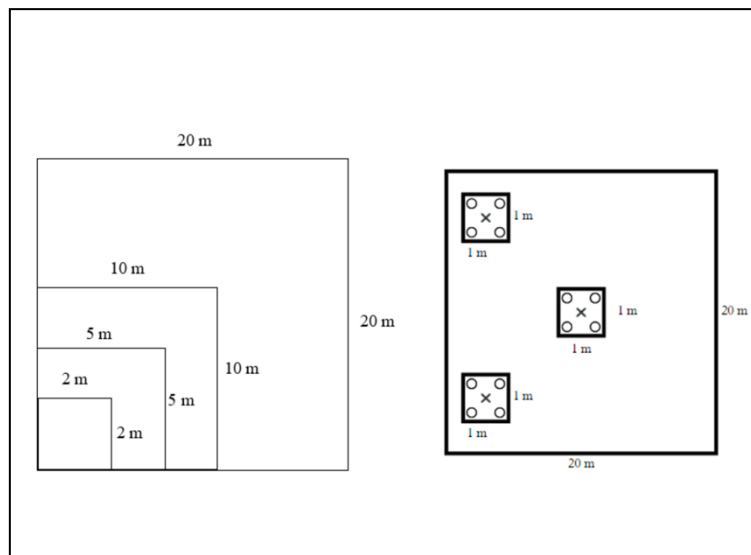
Plot contoh dibuat dengan ukuran $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ dengan metode *purposive sampling* pada masing-masing lokasi untuk menganalisis vegetasi pada lokasi yang telah ditentukan (Wasis et al. 2019). Plot $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ untuk tingkat pohon juga meliputi plot $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ untuk tingkat tiang, plot $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ untuk tingkat pancang, dan $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ untuk tingkat tanaman bawah dan semai (Gambar 2). Pengambilan plot

Kabupaten Bogor dan Laboratorium Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology (ICBB), Kecamatan Bogor Barat, Kabupaten Bogor.

vegetasi dengan ukuran $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ pada tiap lokasi sebanyak satu kali ulangan untuk melihat identifikasi jenis vegetasi dan kerapatan pada tiap tingkat vegetasi secara umum. Plot $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ juga berisikan sub plot ukuran $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ untuk pengambilan contoh tanah secara *purposive sampling* dengan ulangan tiga kali. Contoh tanah diambil dengan dua metode: (1) tanah terganggu (*disturbed soil*) menggunakan bor tanah hingga kedalaman 20 cm, diberi tanda (○) dan (2) tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*) menggunakan ring tanah hingga kedalaman 7 cm, diberi tanda (×) (Gambar 2).



Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian di Gunung Walat (Research site at Mount Walat)



Gambar (Figure) 2. Plot contoh penelitian untuk analisis vegetasi dan pengambilan contoh tanah (*Research sample plot for vegetation analysis and soil sampling*)

Pengukuran Solum dan Horizon O Tanah

Ketebalan solum dan horizon O tanah menunjukkan berapa tebal tanah diukur dari permukaan sampai ke batuan induk dan mengidentifikasi kondisi ketebalan horizon O tanah. Pengukuran solum tanah dengan metode bor tanah dan diukur dengan pita ukur. Satuan yang digunakan pada ketebalan solum tanah adalah centimeter (cm).

Persentase Tutupan Tajuk

Tutupan tajuk merupakan indikator penting untuk menilai kondisi hutan, yang diukur menggunakan *Spherical Densiometer* (SD). Alat ini memiliki 25 kotak, dan persentase tutupan dihitung berdasarkan jumlah kotak yang tertutup bayangan tajuk. SD diletakkan 30 cm dari tenaga pengukur dengan jarak alat hingga permukaan tanah setinggi 130 cm dan diamati dari empat arah mata angin, lalu dirata-ratakan. Klasifikasi tutupan berkisar dari 0% (tidak tertutup) hingga 100% (tertutup penuh), dan hasilnya dianalisis menggunakan rumus di bawah ini (Supriyanto & Kasno, 2001).

$$\text{Tutupan Tajuk} = \sum \frac{\text{Persegi tertutup kanopi}}{\text{Total Persegi SD}} \times 100\%$$

2.3. Analisis Data

pH Tanah

Pengukuran pH tanah menggunakan pH meter setelah sampel tanah dilarutkan ke dalam akuades selama 5 menit.

Warna Tanah

Identifikasi warna tanah menggunakan metode pengamatan langsung dengan pedoman buku Munsell Soil Color (Munsell, 2009).

Suhu Tanah

Suhu tanah diukur menggunakan termometer dengan cara menancapkan termometer ke dalam tanah. Pengukuran suhu tanah dilakukan 5 titik dalam satu hari dari pukul 8 pagi hingga 12 siang dengan kondisi musim hujan pada tiap plot pengamatan.

Respirasi Tanah

Uji respirasi tanah dilakukan di Laboratorium Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor

dengan metode titrasi setelah tanah dikompositkan dari sampel tanah terusik dengan bobot 100 g dan larutan KOH 0,2 N diinkubasi selama 5 hari. Titrasi menggunakan larutan HCl setelah dilakukan pewarnaan dengan phenolphthalein pada titrasi pertama, lalu dilakukan titrasi kedua dengan larutan HCl setelah pewarnaan dengan metil jingga.

Bulk density dan Porositas

Bulk density dan porositas dianalisis dengan menggunakan sampel tanah tidak terusik dengan *ring* tanah. Perhitungan *Bulk density* menggunakan proses penimbangan dan pengovenan 105 °C selama 24 jam.

C-Organik dan Kadar Air Tanah

Pengukuran kadar C-organik menggunakan metode pengabuan (Sulaeman et al. 2005). Kadar air tanah menggunakan metode pengovenan 105 °C selama 24 jam kemudian dilakukan penimbangan untuk mengetahui persentase kadar air. Tanah yang telah kehilangan kadar air kemudian dilanjutkan dengan pengovenan tanur pada suhu 500 °C selama 3 jam.

Struktur Tanah

Metode dalam menentukan struktur tanah dapat dilihat dari bentuk bongkahan-bongkahan tanah yang terbentuk dari proses pengambilan sampel tanah. Ada berkisar enam jenis struktur tanah yang diklasifikasikan, yaitu prisma, kolom, balok bersudut (*angular blocky*), balok ber sub-sudut (*sub-angular blocky*), lempeng (*platy*), dan butiran (*crumb*) (Fiantis, 2017).

Tekstur Tanah

Penentuan fraksi tiga tekstur tanah menggunakan metode pipet untuk melihat persentase dari liat (*clay*), pasir (*sand*), dan debu (*silt*). Setelah itu, fraksi tekstur tanah dicocokkan dengan segitiga tekstur tanah.

Kapasitas Tukar Kation (KTK)

KTK merupakan jumlah total kation yang dapat dipertukarkan (*cation exchangable*) pada permukaan koloid yang bermuatan negatif. Satuan hasil pengukuran KTK adalah milliequivalen kation dalam 100 g tanah atau me kation 100 g⁻¹ tanah. Penentuan KTK menggunakan metode perkolasi dari sampel tanah yang diambil secara komposit.

Bobot Serasah Kering dan Basah

Kadar air serasah dihitung untuk melihat bobot kering serasah pada ketiga lokasi penelitian. Serasah diambil dari lapang pada plot 1 m × 1 m pada tiga kali ulangan di tiap plot pada waktu sebelum pengambilan sampel tanah di musim hujan, kemudian dipisahkan untuk serasah daun dan serasah batang. Serasah tersebut akan ditimbang sebagai nilai bobot basah serasah. Serasah yang telah diambil dari lapangan akan dikeringkan dengan oven dengan suhu 105°C selama 24 jam (Wulansari et al. 2020). Serasah yang telah dioven langsung ditimbang untuk pengukuran bobot kering.

Kerapatan Jenis dan Relatif

Analisis vegetasi dilakukan dengan menghitung nilai kerapatan pada setiap tingkat pertumbuhan (semai, pancang, tiang, dan pohon). Kerapatan jenis dan relatif merupakan kerapatan vegetasi yang menggambarkan bagaimana kondisi dari lokasi yang diteliti.

Uji Beda Nyata Jujur

Data yang telah dikumpulkan dianalisis dengan uji beda nyata jujur (BNJ). Uji beda nyata jujur (BNJ) atau uji Tukey merupakan jenis uji melihat perbedaan pada data-data yang telah dikumpulkan. Penelitian ini menggunakan uji BNJ untuk melihat signifikansi perbedaan data parameter yang telah dikumpulkan pada masing-masing lokasi. Persentase taraf (α) yang digunakan sebesar 5%.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Tabel (Table) 1. Rekapitulasi jumlah individu, kerapatan individu, dan kerapatan relatif pada tiap lokasi penelitian (*Recapitulation of the number of individuals, individual density, and relative density at each research locations*)

Lokasi (Location)	Plot (Plot)	Nama jenis (Species)	Strata (Stratum)	Jumlah individu (batang)	Kerapatan Individu (Individual density) (Batang/ha) (Stems/ha)	Kerapatan Relatif (Relative density) (%)	
Hutan Pendidikan Gunung Walat (Mount Walat Education Forest)		Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Pohon (Tree)	12	300	0,13	
		Kayu Afrika (<i>Maesopsis eminii</i>)	Pancang (Sapling)	1	400	0,17	
		Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Pancang (Sapling)	4	1600	0,67	
	Hutan Tanaman Puspa (Puspa Plantation Forest)		Teki (<i>Cyprus rotundus</i>)	Tanaman bawah/semai (Undergrowth/seedling)	32	80000	33,36
			Wedellia (<i>Sphagneticola tribolata</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	43	107500	44,83
			Paku rane (<i>Selaginella plana</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	13	32500	13,55
	Harendong (<i>Clidemia hirta</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	3	7500	3,13		
	Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	4	10000	4,17		
PT Gunung Walat Perkasa (Gunung Walat Perkasa, Ltd.)		Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Pohon (Tree)	1	25	0,06	
		Pinus (<i>Pinus merkusii</i>)	Pohon (Tree)	1	25	0,06	
		Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Pancang (Sapling)	7	2800	6,17	
	Semak Belukar (Shrubland)		Puspa (<i>Schima wallichii</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	4	10000	22,05
			Paku terestrial (<i>Polypodium vulgare</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	6	15000	33,08
			Harendong (<i>Clidemia hirta</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	7	17500	38,59
Lahan Tambang (Mining land)		Arthraxon (<i>Arthraxon prionodes</i>)	Tanaman bawah/Semai (Undergrowth/seedling)	23	32500	100	

Tabel (Table) 2. Hasil pengamatan kerapatan tajuk pada tiap lokasi penelitian (*Observation Results of Canopy Density at Each Research Site*)

Tutupan Lahan (Land covers)	Plot (plot)	Arah Mata Angin (Compass Direction)				Rata-rata Kerapatan tajuk (Mean of canopy density) (%)	Rata-rata Keseluruhan (Mean of canopy density within each site) (%)
		Utara (North)	Timur (East)	Selatan (South)	Barat (West)		
Hutan Tanaman Puspa (Puspa Plantation forest)	1	75	82	87	62	76,5	81,31
	2	81	84	93	69	81,75	
	3	76	76	92	94	84,5	
	4	85	82	81	82	82,5	
Semak Belukar (Shrubland)	1	83	77	82	86	82	78,38
	2	73	84	80	64	75,25	
	3	85	90	83	71	82,25	
	4	64	75	74	83	74	
Lahan Tambang (Mining land)	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	

Tabel (Table) 3. Hasil pengamatan profil tanah dan serasah (Observation results on soil profile and litterfall)

Tutupan Lahan (Land Covers)	Solum Tanah (Soil solum) (cm)	Horizon O (Horizon O) (cm)	Warna Tanah (Soil color)	Serasah Basah (Wet litter) (gram)		Serasah Kering (Dry litter) (gram)	
				Daun (Leaf)	Batang (Trunk)	Daun (Leaf)	Batang (Trunk)
Hutan Tanaman Puspa (Puspa Plantation forest)	> 100	10,33 ^a	Very Dark Brown (10YR 2/2)	1350,7 ^a	75,67 ^a	488,33 ^a	23 ^a
Semak Belukar (Shrubland)	> 100	2,67 ^b	Dark Yellowish Brown (10YR 4/6)	414 ^b	60,67 ^a	169,33 ^b	21,33 ^a
Lahan Tambang (Mining land)	33,67	0 ^b	Dark Grayish Brown (10YR 4/2)	0 ^c	0 ^b	0 ^c	0 ^b

Catatan (Notes): Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% menurut Uji BNJ ($\alpha = 0,05$) (Values followed by different letters indicate significant differences at the 5% level according to the HSD test ($\alpha = 0.05$))

Tabel (Table) 4. Sifat fisik tanah pada lokasi penelitian (*Characteristics of soil physics on research site*)

Tutupan Lahan (Land cover)	Berat isi (Bulk density) (g/cm ³)	Porositas (Porosity) (%)	Suhu Tanah (Soil temperature) (°C)	Kadar Air Tanah (Water soil content) (%)	Struktur Tanah (Soil structure)	Tekstur Tanah (Soil texture) (%)			Kelas Tekstur (Texture class)
						Pasir (Sand)	Debu (Silt)	Liat (Clay)	
Hutan Tanaman Puspa (Plantation forest)	0,72 ^a	72,82 ^a	23,92 ^a	40,33 ^a	Remah (Crumb)	27,8	19,6	52,6	Liat (Clay)
Semak Belukar (Shrubs)	1,04 ^b	60,56 ^b	24,80 ^b	27,67 ^b	Gumpal membulat (Sub- angular Blocky)	45,5	17,3	37,2	Liat Berpasir (Sandy clay)
Lahan Tambang (Mining land)	1,49 ^c	43,92 ^c	26,33 ^c	13,67 ^c	Prismatik (Prismatic)	45,9	36,3	17,8	Lempung (Loamy)

Catatan (Notes): Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% menurut Uji BNJ ($\alpha = 0,05$) (Values followed by different letters indicate significant differences at the 5% level according to the HSD test ($\alpha = 0.05$))

Tabel (Table) 5. Sifat kimia dan biologi tanah pada lokasi penelitian (*Chemistry and biology soil characteristics at research sites*)

Tutupan Lahan (<i>land cover</i>)	pH	Kapasitas tukar kation (<i>Cation exvhang capacity</i>) (cmol(+)/Kg)	C-organik (<i>C-organic</i>) (%)	Respirasi Tanah (<i>Soil respiration</i>) (g CO ₂ /m ² /hari) (g CO ₂ /m ² /day)
Hutan Tanaman (<i>Plantationforest</i>)	5,42 ^a	15,51 ^a	7,05 ^a	8,37 ^a
Semak Belukar (<i>Shrubs</i>)	5,03 ^b	9,35 ^b	3,18 ^b	3,68 ^b
Lahan Tambang (<i>Mining land</i>)	4,34 ^c	5,85 ^c	1,36 ^c	1,49 ^c

Catatan (Notes): Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% menurut Uji BNJ ($\alpha = 0,05$) (Values followed by different letters indicate significant differences at the 5% level according to the HSD test ($\alpha = 0.05$))

3.2 Pembahasan

Analisis vegetasi pada ketiga lokasi menunjukkan adanya perbedaan jumlah individu, kerapatan individu, dan kerapatan relatif (Tabel 1). Vegetasi pada hutan tanaman puspa yang ditemukan terdiri atas tingkat pohon sebanyak 1 jenis, tingkat pancang sebanyak 2 jenis, dan tingkat semai/tanaman bawah sebanyak 5 jenis (Tabel 1). Vegetasi semak belukar terdiri atas tingkat pohon sebanyak 2 jenis, tingkat pancang sebanyak 1 jenis, dan tingkat semai atau tanaman bawah sebanyak 3 jenis (Tabel 1). Vegetasi lahan tambang hanya ditemukan 1 jenis tingkat semai atau tanaman bawah. Hasil analisis vegetasi terkait jumlah individu, kerapatan individu, dan jumlah jenis disajikan pada Tabel 1. Vegetasi tingkat pohon pada hutan tanaman puspa ditemukan jenis puspa yang ditanam bersamaan dengan jenis pinus dan kayu afrika pada periode penanaman 1969-1971 (Kosmaryandi, 2014).

Wilayah semak belukar yang berada di kawasan IUP PT Gunung Walat Perkasa merupakan ekosistem yang belum ada pengelolaan pertambangan. Hasil analisis vegetasi pada ekosistem semak belukar ditemukan dua jenis pohon yaitu pinus dan puspa. Kondisi lahan tambang pasir kuarsa yang telah dibuka hanya ditemukan satu jenis tanaman bawah yang tumbuh secara sporadis/bergerombol, yaitu *Arthraxon prionodes*. Lahan tambang pasir kuarsa PT Gunung Walat Perkasa di Kecamatan Cicantayan, Kabupaten Sukabumi berada pada kondisi non aktif sejak 2024. Salah

satu dampak pertambangan PT Gunung Walat Perkasa adalah konsentrasi cemaran air yang diindikasikan dari *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang sangat tinggi (Islani et al. 2025).

Kondisi vegetasi pada tutupan lahan sangat berkaitan dengan kondisi tutupan tajuk yang berperan penting dalam ekosistem. Tajuk pohon merupakan bagian pohon yang memiliki fungsi fisiologis dan erat kaitannya dengan produksi biomassa. Kerapatan tajuk (*crown density/Cden*) merupakan persentase cahaya matahari yang tertahan oleh tajuk sehingga tidak mencapai permukaan tanah (Putra et al. 2023). Hasil pengamatan kerapatan tajuk pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengukuran kerapatan tajuk pada ketiga lokasi menunjukkan bahwa lokasi hutan tanaman puspa memiliki persentase terbesar, yaitu 81,31% (Tabel 2). Ada beberapa faktor yang memengaruhi persentase dari kerapatan tajuk, yaitu jenis tanaman, arsitektural pohon, kondisi lingkungan, dan jarak antar pohon. Puspa sebagai jenis tanaman pohon yang mendominasi termasuk ke dalam jenis pohon berdaun lebar, sehingga kerapatan tajuk yang dihasilkan sangat lebat. Selain itu, pada hutan tanaman diketahui jarak antar pohon memiliki ukuran 3 m × 3 m. Jarak antar pohon ini juga berpengaruh terhadap arsitektur pohon dan tajuk hutan. Model arsitektur pohon adalah salah satu ciri morfologi tumbuhan yang penting artinya dalam pencarian masing-masing pohon. Hal ini didasari bahwa setiap pohon

memiliki ciri genetik yang berbeda tiap jenisnya. Jenis puspa dan pinus memiliki arsitektural pohon yang berbentuk rauh. Pohon model rauh memiliki ciri-ciri batang monopodial ortotropik adalah ciri yang dimiliki arsitektur pohon model rauh. Pertumbuhan ritmik mengakibatkan cabang tersusun dalam karangan, cabang juga bersifat ortotrop sumbu dapat tumbuh tidak terbatas (Rahmawati et al. 2022). Model arsitektur ini memungkinkan tebal dan lebarnya tajuk pada jenis pohon tersebut, sehingga intersepsi cahaya sangat kecil hingga ke lantai hutan.

Notasi huruf pada hasil uji Tukey menandakan perbedaan jika notasi kedua hasil berbeda satu sama lainnya. Hal ini menandakan pada lokasi penelitian memiliki nilai parameter yang berbeda pada satu sama lainnya. Hasil uji Tukey menunjukkan bahwa ketebalan horizon O pada hutan tanaman puspa memiliki ketebalan yang berbeda nyata dibandingkan dengan semak belukar dan lahan tambang (Tabel 3). Keberadaan tajuk vegetasi memiliki peranan dalam meredam tumbukan air hujan serta aktivitas mikrobial dalam dekomposisi bahan organik (Sarminah et al. 2018). Wilayah kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat memiliki ketebalan tanah hingga 15 cm (Supriyanto dan Sayid, 2022). Sebaliknya, horizon O pada semak belukar tidak berbeda signifikan dengan lahan tambang. Hal ini ditandai dengan notasi uji Tukey dengan huruf yang sama. Selain itu, solum tanah di hutan tanaman dan semak belukar memiliki ketebalan dalam rentang yang sama (>100 cm), sedangkan lahan tambang memiliki solum yang jauh lebih tipis (33,67 cm) akibat aktivitas manusia dan penggunaan alat berat yang mengikis lapisan tanah hingga batuan induk. Aktivitas penambangan menyebabkan kerusakan berat pada tanah, hilangnya unsur hara, kerusakan infrastruktur, dan polusi udara (Yudhiman et al. 2023).

Warna tanah merupakan indikator penting dalam menilai kondisi tanah, yang dipengaruhi oleh kadar bahan organik,

batuan induk, dan faktor lingkungan. Di kawasan HPGW, tanah didominasi oleh jenis latosol dan podsolik merah kuning (Kosmaryandi, 2014), namun tiap lahan menunjukkan warna tanah yang berbeda. Hutan tanaman puspa memiliki warna tanah paling gelap (Tabel 3), menandakan kandungan organik tinggi (Widiastuti dan Rajamudin, 2016). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa nilai kandungan C-Organik pada hutan tanaman puspa memiliki persentase terbesar dibandingkan semak belukar dan lahan tambang. Tanah pada lokasi semak belukar memiliki warna gelap cokelat dan kekuningan. Sementara itu, tanah di lahan tambang berwarna keabu-abuan, menunjukkan kedangkalan tanah yang sudah mendekati batuan induk, serta minim bahan organik.

Lapisan serasah adalah lapisan permukaan tanah yang berasal dari guguran organik seperti daun, ranting, dan batang, yang mengalami dekomposisi dan berperan penting dalam menjaga kesuburan serta ketersediaan hara tanah, terutama di ekosistem hutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat serasah daun basah dan kering bervariasi signifikan antar lokasi, sedangkan serasah batang hanya berbeda signifikan di lahan tambang (Tabel 3). Hutan tanaman puspa memiliki jumlah serasah tertinggi, didominasi oleh dedaunan (70%) dan sisanya dari batang, bunga, atau buah. Banyaknya individu pohon di hutan tanaman puspa, terutama jenis berdaun lebar seperti puspa, meningkatkan volume dan kandungan air serasah karena daun lebar lebih efektif menyimpan air dibanding daun jarum. Meskipun serasah batang lebih sedikit, kandungannya penting sebagai penyimpan unsur hara, terutama karbon (Bhalawe et al., 2023).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hutan tanaman puspa memiliki nilai *Bulk Density* (BD) terendah dibandingkan semak belukar dan lahan kosong (Tabel 4), yang mengindikasikan kemampuan penyerapan air dan porositas yang lebih baik. Rendahnya BD pada hutan tanaman puspa disebabkan oleh struktur tanah yang remah

dan tekstur tanah berliat, yang keduanya meningkatkan porositas (Afrianti dan Purba, 2019). BD juga berhubungan erat dengan kandungan bahan organik tanah. Bahan organik tanah yang rendah akan memungkinkan nilai BD yang rendah juga.

Porositas merupakan ruang antar partikel tanah yang diisi oleh air dan udara, dan sangat berkaitan dengan nilai *Bulk density* (BD), karena porositas dihitung berdasarkan BD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hutan tanaman puspa memiliki porositas tertinggi dibandingkan lokasi lain (Tabel 4). Vegetasi pohon dan serasah meningkatkan porositas melalui interaksi tanah dan dekomposisi bahan organik (Robinson et al. 2022). Alih fungsi lahan seperti pertanian atau penambangan dapat menurunkan porositas, namun pada awal pembukaan lahan tambang dari semak belukar, porositas bisa meningkat. Penanaman kembali vegetasi pohon, seperti di hutan tanaman puspa Gunung Walat, terbukti efektif dalam memperbaiki porositas tanah.

Vegetasi berperan besar dalam mengatur suhu tanah dan permukaan, di mana tutupan vegetasi yang rapat, seperti pada hutan tanaman puspa yang cenderung menurunkan suhu tanah dibandingkan lahan terbuka seperti lahan tambang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konversi hutan menjadi lahan tambang dapat meningkatkan suhu tanah secara nyata (Tabel 4). Hal ini disebabkan oleh vegetasi yang menyerap sebagian panas untuk transpirasi dan memantulkan sisanya (Assolihat et al. 2019). Jenis dan kerapatan vegetasi juga memengaruhi kemampuan tanah dalam menyerap panas, sehingga penurunan kerapatan vegetasi dapat meningkatkan suhu tanah dan lingkungan (Tabel 4).

Struktur tanah merupakan parameter fisik tanah yang menggambarkan kondisi tanah secara kualitatif maupun secara semi-kualitatif (Briiliawan et al. 2022). Penelitian menunjukkan bahwa tiap tutupan lahan memiliki karakteristik struktur dan tekstur tanah yang berbeda. Hutan tanaman puspa

memiliki struktur remah dan tekstur liat (Tabel 4). Semak belukar memiliki struktur tanah berbentuk gumpal membulat dengan tekstur liat berpasir (Tabel 4). Tidak adanya pengelolaan tanah memberikan dampak terhadap bahan organik dan KTK-nya rendah, namun masih potensial untuk pertanian (Tahir dan Marschner, 2016). Lahan tambang memiliki struktur prismatic yang terbentuk akibat aktivitas alat berat dan berada dekat batuan induk. Teksturnya berupa tanah lempung hasil sisa pertambangan (Tabel 4), yang cenderung padat dan kurang subur akibat minimnya vegetasi dan terpapar hujan secara langsung (Kostenko et al. 2023).

Kadar air tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti iklim, jenis tanah, dan vegetasi. Berdasarkan hasil penelitian, hutan tanaman puspa memiliki kadar air tanah tertinggi dibandingkan dengan tutupan lahan lainnya (Tabel 4). Hal ini disebabkan oleh keberadaan vegetasi yang mendukung proses transpirasi dan evapotranspirasi, serta meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air. Kadar air tanah mampu membantu penyerapan unsur hara pada tanah yang mengalami stress (Gadermaier et al. 2024; Guo, 2021). Semak belukar memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan hutan tanaman puspa karena kerapatan tajuk lebih kecil dibandingkan hutan tanaman puspa. Lahan tambang memiliki kadar air paling rendah karena minimnya tutupan vegetasi (Tabel 4). Oleh karena itu, upaya konservasi air dan pengelolaan hidrologi melalui penanaman vegetasi sangat penting untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam mempertahankan kadar air.

Tingkat keasaman tanah memengaruhi berpengaruh terhadap kondisi lahan. Hutan tanaman puspa memiliki pH yang masih tergolong masam, sama seperti semak belukar, yang dipengaruhi oleh tipe tanah. (Tabel 5) Tipe tanah pada Hutan Pendidikan Gunung Walat sangat kompleks, yaitu latosol merah kuning, latosol coklat, litosol, dan podsolik

merah kuning (Kosmaryandi, 2014). Tipe tanah hutan tanaman puspa adalah latosol merah kuning yang memiliki rentang pH tanah 5,4 – 5,9 (Supriyanto dan Sayid, 2022). Tanah masam luas tersebar di Indonesia, namun hanya sebagian yang potensial untuk pertanian karena tingginya kandungan Al dan Fe yang mengikat hara (Núñez-Delgado, 2024). Tanah masam umum di daerah tropis dengan curah hujan tinggi dan juga wilayah terdampak aktivitas manusia. Lokasi tambang memiliki pH paling rendah akibat tailing pasir kuarsa yang miskin hara dan bahan organik, sehingga tanahnya sangat tidak subur (Hilwan, 2015).

Kapasitas tukar kation (KTK) adalah sifat fisik-kimia tanah yang penting karena menunjukkan kemampuan tanah menahan dan menyediakan unsur hara, serta menjadi indikator kesuburan tanah (Yunan et al. 2018). Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa hutan tanaman puspa memiliki KTK tertinggi, diikuti semak belukar, dan lahan tambang (Tabel 5). Tingginya KTK pada hutan tanaman puspa dipengaruhi oleh tekstur tanah liat, kandungan mineral, dan bahan organik yang mendukung reaksi pertukaran kation seperti K^+ , Mg^{2+} , dan Ca^{2+} (Ciric et al. 2023).

Vegetasi memegang peran penting dalam meningkatkan kadar bahan organik tanah karena semakin rapat dan beragam vegetasi, semakin banyak serasah yang dihasilkan. Hutan tanaman puspa memiliki kandungan C-organik tanah tertinggi (Tabel 5), didukung oleh kerapatan vegetasi dan biomassa serasah yang besar (Nainawa et al. 2023). Semak belukar memiliki kandungan C-organik tanah lebih rendah karena vegetasi tingkat pohonnya lebih sedikit (Tabel 5). Lahan tambang menunjukkan C-organik terendah akibat minim vegetasi dan kerusakan struktur tanah, termasuk agregat tanah yang rusak selama proses pembukaan lahan (Tabel 5).

Mikroorganisme tanah berperan sebagai dekomposer yang menghasilkan CO_2 melalui respirasi tanah. Proses ini dipengaruhi oleh mikroba, sifat tanah,

iklim, dan vegetasi (Irving et al. 2024). Hutan tanaman puspa menunjukkan respirasi tanah tertinggi karena vegetasi yang rapat (Tabel 5). Semak belukar memiliki respirasi sedang, sedangkan lahan tambang paling rendah akibat minimnya bahan organik, tutupan tajuk, kerapatan vegetasi, suhu, dan sifat fisik (Tabel 5). Meskipun tambang bisa membentuk lapisan tanah baru, kurangnya vegetasi membatasi sumber karbon bagi mikroba (Moreno et al. 2019). Selain itu, suhu tanah yang terlalu tinggi menurunkan aktivitas mikroba.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Terdapat adanya perbedaan nyata kualitas tanah pada berbagai ekosistem di kawasan Gunung Walat. Hutan tanaman puspa memiliki kondisi lahan yang paling baik, ditunjukkan oleh nilai *bulk density* terendah ($0,72 \text{ g/cm}^3$), porositas tertinggi (72,82%), kadar air tertinggi (40,33%), pH tanah masam (5,42), kapasitas tukar kation ($15,51 \text{ me/100g}$), dan kandungan C-organik tinggi (12,16%). Sebaliknya, lahan tambang menunjukkan degradasi tanah paling parah dengan solum tanah yang dangkal ($33,67 \text{ cm}$), tidak memiliki horizon O, *bulk density* tinggi ($1,49 \text{ g/cm}^3$), porositas rendah (43,92%), kadar air rendah (13,67%) dan respirasi mikroba sangat rendah (1,69), serta pH tanah sangat masam (4,34). Semak belukar berada di posisi antara kedua ekosistem tersebut. Perbedaan kondisi tanah ini berbanding lurus dengan kondisi vegetasi, di mana hutan tanaman puspa memiliki jumlah individu dan kerapatan tajuk tertinggi (81,31%), sementara lahan tambang sangat minim vegetasi dan tanpa tutupan tajuk.

4.2 Saran

Penelitian ini berfokus pada parameter-parameter umum pada sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga tidak mencakup analisis unsur hara. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan penambahan parameter unsur hara dan parameter lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya untuk Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB University yang telah memberikan kesempatan mengikuti Program Sinergi/Fast Track S1-S2 kepada penulis. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih juga terhadap pihak PT Gunung Walat Perkasa dan Gunung Walat University Forest yang telah memberikan perizinan untuk penulis dalam melakukan penelitian pada lokasi tersebut.

Daftar Pustaka

- Afrianti, S., & Purba, M. P. (2019). Karakteristik sifat fisika tanah pada berbagai kelas umur tegakan kelapa sawit di PT. PP. London Sumatera Indonesia, Tbk unit Sei Merah Estate. *Agroprimatech*, 2(2), 86–91.
- Assolihat, N. K., Karyati, K., & Syafrudin, M. (2019). Suhu dan kelembaban tanah pada tiga penggunaan lahan di Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 3(1), 41–49.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sukabumi. (2025). *Kabupaten Sukabumi Dalam Angka 2025*. Badan Pusat Statistik.
- Bhalawe, S., Bisen, U., Pandre, B. P., & Ahirwar, R. (2023). An overview of leaf litter decomposition and nutrient dynamics of multipurpose tree species. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 41(12), 68–74. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2023/v41i122305>
- Briliawan, B. D., Wijayanto, N., & Wasis, B. (2022). Visual soil structure quality and its correlation to quantitative soil physical properties of upland rice site in *Falcataria moluccana* agroforestry system. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(4), 1894–1903. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230423>
- Ciric, V., Prekop, N., Seremesic, S., Vojnov, B., Pejic, B., Radovanovic, D., & Marinkovic, D. (2023). The implication of cation exchange capacity (CEC) assessment for soil quality management and improvement. *Agriculture and Forestry*, 69(4), 113–133. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.69.4.08>
- Falah, M. D., & Muzaki, M. (2020). Sumber daya mineral pasir kuarsa sebagai alternative pengembangan usaha pertambangan di daerah Kading Kabupaten Barru. *UNM Environmental Journals*, 3(2), 69–77. <https://doi.org/10.26858/uej.v3i2.15034>
- Fiantis, D. (2017). *Morfologi Dan Klasifikasi Tanah*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas. <https://doi.org/10.25077/car.4.2>
- Gadermaier, J., Vospernik, S., Grabner, M., Wächter, E., Keßler, D., Kessler, M., Lehner, F., Klebinder, K., & Katzensteiner, K. (2024). Soil water storage capacity and soil nutrients drive tree ring growth of six European tree species across a steep environmental gradient. *Forest Ecology and Management*, 554, 121599. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121599>
- Guo, Z. (2021). Soil water carrying capacity for vegetation. *Land Degradation & Development*, 32(14), 3801–3811. <https://doi.org/10.1002/ldr.3950>
- Hilwan, I. (2015). Respon pertumbuhan tiga jenis tanaman pada media tailing bekas penambangan pasir kuarsa di Kabupaten Belitung Timur. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 06(02), 126–131.
- Irving, D., Bakhshandeh, S., Tran, T. K. A., & McBratney, Alex. B. (2024). A cost-effective method for quantifying soil respiration. *Soil Security*, 16(1), 1–6.

- <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100162>
- Islani, R. R., Muharam, S., & Yuningsih, L. M. (2025). Penentuan kelas Sungai Cimahi Kabupaten Sukabumi dengan menggunakan software QUAL2KW. *SANTIKA: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 15(1), 32–46.
- Kosmaryandi, N. (2014). *Keanekaragaman Hayati Hutan Penelitian Gunung Walat*. Bogor: IPB Press.
- Kostenko, V., Bohomaz, O., Hlushko, I., Liashok, N., & Kostenko, T. (2023). Use of solid mining waste to improve water retention capacity of loamy soils. *Mining of Mineral Deposits*, 17(4), 29–34. <https://doi.org/10.33271/mining17.04.029>
- Kusmana, C., & Susanti, S. (2015). Komposisi dan struktur tegakan hutan alam di Hutan Pendidikan Gunung Walat, Sukabumi. *Jurnal Silviculture Tropika*, 5(3), 210–217.
- Liu, Z., Zhou, W., Shen, J., Li, S., & Ai, C. (2014). Soil quality assessment of yellow clayey paddy soils with different productivity. *Biology and Fertility of Soils*, 50(3), 537–548. <https://doi.org/10.1007/s00374-013-0864-9>
- Moreno, G. R., Quinto, H., Porrás, L. V., & Ch, J. O. R. (2019). Temporary effect of mining on breathing and on the physicochemical conditions of soil. *Modern Environmental Science and Engineering*, 5(9), 837–848.
- Munsell, A. (2009). *Munsell Soil Color Book*. X-Rite.
- Nainawa, R. S., Rusdiana, O., & Mindawati, N. (2023). Potensi karbon tanah pada hutan tanaman tegakan campuran *Schima wallichii* dan *Acacia mangium*. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 20(2), 115–129.
- Nugroho, A. F., Ichwandi, I., & Kosmaryandi, N. (2017). Analisis Pengelolaan Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (studi kasus Hutan Pendidikan dan Latihan Gunung Walat). *Journal of Env. Engineering & Waste Management*, 2(2), 51–59.
- Núñez-Delgado, A. (Ed.). (2024). *Planet Earth: Scientific Proposals to Solve Urgent Issues* (1st ed. 2024). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-53208-5>
- Pratiwi, D. I., & Nurcholis, M. (2023). Sifat kimia tanah pada tambang pasir kuarsa dalam kegiatan pra reklamasi Kepulauan Riau. *Intan: Jurnal Penelitian Tambang*, 6(1), 29–37.
- Putra, E. I., Nugraha, L. R., Helmanto, H., Rachmadiyah, A. N., Usman, U., Rusniarsyah, L., & Sukendro, A. (2023). Analisis kesehatan tajuk pohon pada Famili Fabaceae di Kebun Raya Bogor. *Journal of Tropical Silviculture*, 14(01), 9–14. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.14.01.9-14>
- Rahmawati, I., Adi Hendarso, S., Sulistiono, S., & Cintamulya, I. (2022). Arsitektur percabangan pohon Di Taman Kota Kediri. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya (JB&P)*, 9(2), 113–122. <https://doi.org/10.29407/jbp.v9i2.18857>
- Robinson, D. A., Thomas, A., Reinsch, S., Lebron, I., Feeney, C. J., Maskell, L. C., Wood, C. M., Seaton, F. M., Emmett, B. A., & Cosby, B. J. (2022). Analytical modelling of soil porosity and bulk density across the soil organic matter and land-use continuum. *Scientific Reports*, 12(1), 7085–7097. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11099-7>
- Sarminah, S., Prititania, F. S., & Karyati. (2018). Pengaruh keragaman vegetasi terhadap laju erosi. *Jurnal AGRIFOR*, 17(2), 355–368.
- Sulaeman, Suparto, & Eviati. (2005). *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah.

- Supriyanto, & Kasno. (2001). *Spherical Densimeter Manual*. Bogor : Seameo Biotrop.
- Supriyanto, S., & Sayid, M. H. (2022). Kesesuaian lahan jenis tanaman kehutanan pada areal lahan terbuka di Kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW) Sukabumi Jawa Barat. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 13(02), 103–110.
- Tahir, S., & Marschner, P. (2016). Clay addition to sandy soil: Effect of clay concentration and ped size on microbial biomass and nutrient dynamics after addition of low C/N ratio residue. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(4), 864–875. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162016005000061>
- Wasis, B., Saharjo, B. H., & Putra, E. I. (2019). Impacts of peat fire on soil flora and fauna, soil properties and environmental damage in Riau Province, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(6), 1770–1775. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200639>
- Widiastuti, W., & Rajamudin, U. A. (2016). Studi kualitas tanah pada toposequen Sub DAS Poboya, Kota Palu. *J. Agrotekbis*, 4(5), 544–522.
- Wulansari, M., Rachmawati, N., & Susilawati, S. (2020). Analisis kadar air serasah kelakai (*Stenochlaena palustris* Burm. Bedd) terhadap peluang terjadinya kebakaran di kawasan ekowisata bekantan PT. Antang Gunung Meratus Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 3(4), 699–708. <https://doi.org/10.20527/jss.v3i4.2353>
- Yudhiman, E., Susanto, A., & Corsita, L. (2023). Analisis risiko dampak pembukaan lahan pada kegiatan pertambangan emas PT Meares Sopotan Mining. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 7(1), 96. <https://doi.org/10.32522/ujht.v7i1.9905>
- Yunan, D., Xianliang, Q., & Xiaochen, W. (2018). Study on cation exchange capacity of agricultural soils. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 392(2), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/392/4/042039>