

PENILAIAN KUALITAS TANAH MENGGUNAKAN METODE VESS DI LAHAN REKLAMASI PT SOLUSI BANGUN INDONESIA TBK

Soil Quality Assessment Using The VESS Method on The Reclamation Land of PT Solusi Bangun Indonesia Tbk

Thanthowi Jauhari Alfansuri^{1*}, Nurheni Wijayanto¹,

¹Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding author, email: (thanthowija@gmail.com)

(Diterima 20 April 2026 /Disetujui 31 Agustus 2026)

ABSTRACT

Open mining activities, particularly limestone, result in forest degradation and soil quality decline. PT Solusi Bangun Indonesia Tbk implements reclamation to restore land. This study aims to analyze VESS soil quality and examine the relationship between VESS scores and physical and chemical soil properties. The measured parameters include VESS scores and physical and chemical soil properties. The data were analyzed using influence tests and Pearson correlation tests. The results showed VESS values ranging from Sq 2,84–4,51. VESS values in monoculture land fall into the medium category, agroforestry land into the low category, and open land into the lowest category. Vegetation type, canopy density, litter moisture content, and litter weight also affect VESS values in reclaimed land. The application of an agroforestry system can accelerate improvements in soil quality. VESS values correlate strongly with soil physical and chemical properties. This indicates that the VESS method can evaluate soil quality in limestone mine reclamation areas.

Keywords: agroforestry, reclamation, soil properties, soil quality, VESS

ABSTRAK

Kegiatan pertambangan terbuka, khususnya batu kapur, berdampak terhadap degradasi hutan dan penurunan kualitas tanah. PT Solusi Bangun Indonesia Tbk menerapkan reklamasi untuk memulihkan lahan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kualitas VESS tanah, menganalisis hubungan skor VESS dengan sifat fisik dan kimia tanah. Parameter yang diukur meliputi skor VESS, sifat fisik dan kimia tanah. Data dianalisis menggunakan uji ANOVA dan uji korelasi Pearson. Hasil penelitian menunjukkan nilai VESS berkisar antara Sq 2,84–4,51. Nilai VESS lahan monokultur termasuk kategori sedang, lahan agroforestri dalam kategori rendah, dan di lahan terbuka yang terendah. Jenis vegetasi, kerapatan tajuk, kadar air serasah, dan bobot serasah turut memengaruhi nilai VESS di lahan reklamasi. Penerapan sistem agroforestri dapat mempercepat perbaikan kualitas tanah. Nilai VESS memiliki korelasi yang tinggi dengan parameter sifat fisik dan kimia tanah. Hal tersebut menunjukkan metode VESS dapat mengevaluasi kualitas tanah di lahan reklamasi tambang kapur.

Kata kunci: agroforestri, kualitas tanah, reklamasi, sifat tanah, VESS

PENDAHULUAN

Hutan secara ekologis, berfungsi sebagai penyeimbang ekosistem, penyedia sumber air, pelindung tanah dari erosi, serta habitat bagi berbagai jenis tumbuhan dan hewan. Selain itu, hutan memiliki nilai ekonomi sebagai penyedia hasil hutan kayu dan nonkayu, serta nilai sosial dan budaya bagi masyarakat sekitar hutan. Namun, semakin bertambahnya tahun hutan di Indonesia semakin terancam akibat aktivitas manusia. Kegiatan pertambangan merupakan salah satu penyebab deforestasi dan degradasi yang mengancam keberadaan hutan (Angi dan Wiati 2017).

Aktivitas penambangan dapat menyebabkan hilangnya lapisan topsoil, perubahan struktur tanah, penurunan kesuburan, dan terganggunya keseimbangan ekosistem (Nursanti 2018). Sebagai bentuk mitigasi terhadap berbagai permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan penambangan, pemerintah telah menetapkan kebijakan reklamasi. Perusahaan tambang diwajibkan untuk melakukan reklamasi pasca kegiatan penambangan sesuai UU No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.

PT Solusi Bangun Indonesia Tbk sebagai perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batu kapur, menyadari pentingnya tanggung jawab lingkungan, sehingga melakukan upaya reklamasi dengan pendekatan agroforestri. Sistem agroforestri dipilih karena mampu mengintegrasikan aspek ekonomi, ekologi, dan sosial (Ariandi dan Mukti 2023). Kegiatan reklamasi tidak hanya mementingkan kesehatan tanaman dan kerapatan tanaman, tetapi juga memastikan tanah yang dikembalikan berkualitas baik. Kualitas tanah yang baik dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Haryadi *et al.* 2015).

Analisis kualitas tanah di perusahaan pertambangan umumnya masih bergantung pada pengujian laboratorium yang membutuhkan waktu dan biaya relatif besar. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menilai kualitas struktur tanah secara visual adalah Visual Evaluation of Soil Structure (VESS) (Aji *et al.* 2021). Metode VESS telah digunakan untuk mengevaluasi kualitas

struktur tanah pada sistem agroforestri di ekosistem tropis (Briliawan *et al.* 2022; Purnama *et al.* 2022). Selain itu, Leal *et al.* (2025), telah melakukan validasi penerapan VESS pada lahan bekas tambang batubara dan menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk memantau kualitas tanah pada lahan reklamasi. Namun, penerapan VESS pada berbagai tipe tutupan lahan di lahan reklamasi pascatambang, khususnya pada tambang batu kapur, masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengevaluasi kualitas struktur tanah pada berbagai tutupan lahan reklamasi menggunakan metode VESS serta mengetahui hubungannya dengan sifat fisik dan kimia tanah.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September–Desember 2025. Penelitian dilakukan di PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, Bogor. Analisis sifat fisik dan kimia tanah dilaksanakan di Laboratorium Pengaruh Hutan, dan Laboratorium Ekologi Hutan, Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah haka hypsometer, densiometer, sekop, ring sampel, penggaris, kantong plastik, pita ukur, GPS, kamera, ponsel, laptop, alat tulis, golok, kertas label, cawan krusibel, amplop, timbangan, oven, *software* SPSS dan Excel. Bahan yang digunakan yaitu sampel balok tanah, sampel serasah, sampel tanah terganggu, sampel tanah tidak terganggu, dan tegakan dari setiap jenis tutupan lahan.

Prosedur Penelitian

Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan objek penelitian dilakukan pada 3 jenis tutupan lahan, yaitu tutupan lahan agroforestri (jati dan sereh wangi) reklamasi tahun 2021, tutupan lahan monokultur (sengon buto) reklamasi tahun 2010, dan lahan terbuka. Plot sampling dilakukan secara *Purposive Sampling* berdasarkan kriteria lokasi penelitian yang telah ditentukan (Wasis *et al.* 2019).

Tabel 1 Klasifikasi skor kualitas tanah

Nilai VESS	Kualitas Struktur tanah	Perbaikan manajemen lahan
1-2	Baik	Tidak diperlukan pengelolaan lahan
2,1-3	Sedang	Diperlukan perbaikan jangka panjang
3,1-5	Rendah	Diperlukan perbaikan jangka pendek

Sumber : Aji *et al.* (2021); Amanullah *et al.* (2025) Ball *et al.* (2007); Briliawan *et al.* (2022); Suharto *et al.* (2025)

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah terbagi menjadi dua, yaitu sampel tanah terganggu dan tanah utuh. Sampel tanah terganggu diambil menggunakan sekop pada kedalaman 0–20 cm dan digunakan untuk analisis C-organik dan pH tanah. Sampel tanah tidak terganggu diambil menggunakan ring sampel untuk mempertahankan kondisi alami tanah dan digunakan untuk analisis bobot isi serta porositas tanah (Minangkabau *et al.* 2022). Seluruh sampel tanah kemudian dianalisis di Laboratorium Pengaruh Hutan dan Laboratorium Ekologi Hutan, Institut Pertanian Bogor.

Pengambilan Sampel Tanah (Metode VESS)

Berdasarkan Ball *et al.* (2007), metode VESS dilakukan dengan menggali tanah berukuran sekitar $(30 \times 30 \times 30) \text{ cm}^3$. Dari galian tersebut, diambil sampel tanah utuh berukuran $(20 \times 10 \times 15) \text{ cm}^3$. Sampel blok tanah kemudian diamati jumlah lapisannya. Jika terdapat lebih dari satu lapisan, penilaian struktur tanah dilakukan per lapisan. Pengamatan dilakukan dengan menghancurkan agregat tanah terbesar secara manual menggunakan tangan hingga berukuran 1,5–2 cm untuk mengevaluasi bentuk, pori, keberadaan akar, serta kemudahan fragmentasi. Hasil pengamatan dicocokkan dengan VESS chart untuk menentukan skor kualitas struktur tanah (Tabel 1).

Pengambilan Data Vegetasi dan Serasah

Pengambilan data vegetasi dilakukan di petak contoh berukuran 20 m $\times$ 20 m. Dilakukan pencatatan jumlah jenis, diameter dan tinggi pohon. Kerapatan kanopi diukur menggunakan densiometer yang memberikan nilai persentaseutupan 1-100% (Freitas *et al.* 2017). Pengambilan sampel serasah dilakukan di subplot berukuran 1 m $\times$ 1 m. Kadar air serasah ditentukan setelah diperoleh berat kering serasah.

Analisis Data

Skoring VESS Tanah

Sampel tanah yang diambil dilakukan skoring berdasarkan Ball *et al.* (2007).

$$\text{VESS SqScore} = \sum_{i=1}^n \frac{Sq_i T_i}{TT}$$

Keterangan :

Sqscore = Nilai VESS Keseluruhan

Sq_i = Nilai VESS ketebalan ke-i

T_i = Ketebalan sampel tanah ke-i

TT = Ketebalan total seluruh tanah

Nilai skoring VESS diklasifikasikan dengan skor kualitas tanah (Tabel 1).

Uji Pengaruh dan Uji Korelasi Pearson

Uji pengaruh dilakukan untuk mengetahui bagaimana tipeutupan lahan memengaruhi skor VESS tanah. Data hasil skoring VESS tanah

dianalisis menggunakan ANOVA. Jika hasil menunjukkan pengaruh berbeda nyata, akan dilakukan uji Tukey untuk menentukan perbedaan antar perlakuan. Uji korelasi Pearson dilakukan untuk menganalisis hubungan antara sifat fisik dan kimia tanah dengan nilai skoring VESS. Uji tersebut dilakukan menggunakan *software* SPSS dan Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai VESS

Penilaian kualitas struktur tanah menggunakan metode VESS pada tiga jenisutupan lahan menunjukkan adanya perbedaan tingkat kerusakan dan kondisi fisik tanah. Nilai VESS yang diperoleh berkisar antara (Sq 2,84–4,51) yang mengindikasikan bahwa kualitas tanah berada pada kategori sedang hingga rendah. Semakin kecil nilai VESS, kualitas tanah tersebut semakin baik (Ball *et al.* 2016). Berdasarkan nilai VESS pada Gambar 1, pengaruh jenisutupan lahan terhadap nilai VESS menunjukkan bahwa ketiga jenisutupan lahan di lokasi penelitian berbeda nyata. Kondisi ini diduga karena karakteristikutupan lahan yang berbeda.

Perbedaan nilai VESS pada ketigautupan lahan tidak hanya berkaitan dengan jenis vegetasi, tetapi juga dengan lamanya waktu reklamasi. Lahan monokultur sengon telah direklamasi sejak tahun 2010 atau sekitar 15 tahun, sedangkan lahan agroforestri mulai direklamasi pada tahun 2021 atau sekitar 5 tahun. Periode reklamasi yang lebih panjang memberikan waktu yang lebih lama bagi perkembangan sistem perakaran, akumulasi dan dekomposisi serasah, serta pembentukan agregat tanah. Hal tersebut terlihat pada lahan monokultur sengon yang memiliki nilai VESS lebih rendah (Sq 2,84) dibandingkan agroforestri (Sq 3,29), disertai bobot isi lebih rendah dan porositas lebih tinggi. Yasin *et al.* (2006) menyatakan bahwa umur vegetasi dapat memengaruhi perubahan sifat dan kesuburan tanah.

Lahan monokultur sengon yang telah direklamasi sejak tahun 2010 memiliki nilai VESS (Sq 2,84) termasuk kualitas struktur tanah sedang. Nilai ini sejalan dengan kondisi agregat yang berukuran sedang, namun masih memiliki sejumlah pori dan perakaran yang dapat mendukung pembentukan struktur tanah (Gambar 2). Sengonbuto termasuk dalam famili Leguminosae dan umumnya memiliki karakteristik serasah daun berukuran lebih kecil. Tanaman legum memiliki tipe daun majemuk serta relatif mudah terdekomposisi (Suherman *et al.* 2016).

Nilai VESS di lahan agroforestri yang baru direklamasi pada tahun 2021 menunjukkan nilai VESS (Sq 3,29). Nilai tersebut lebih baik

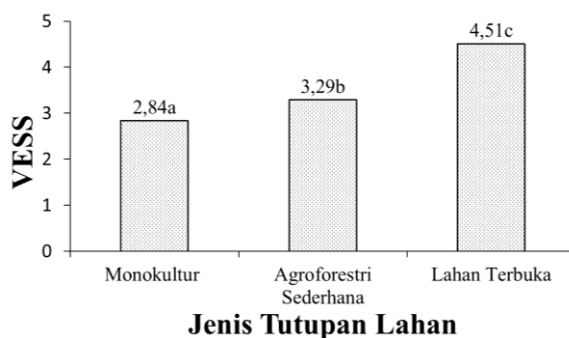
dibandingkan dengan lahan terbuka dan mendekati nilai di lahan monokultur sengon. Fragmen agregat yang lebih dominan berukuran 1,5 cm dengan pori yang terbatas menunjukkan bahwa struktur tanah masih kompak (Gambar 2). Perbaikan yang relatif lebih lambat ini diduga karena umur revegetasi yang masih muda. Sehingga, proses pembentukan agregat, perkembangan akar, dan penambahan bahan organik belum berlangsung lama. Yasin *et al.* (2006) menyatakan bahwa umur tanaman dan kondisi vegetasi berpengaruh terhadap perbedaan sifat fisik maupun kualitas tanah.

Nilai VESS di lahan terbuka memiliki nilai VESS tertinggi, yaitu (Sq 4,51) yang termasuk kategori kualitas tanah rendah. Nilai tersebut menggambarkan struktur tanah yang sangat padat, minim perakaran, dan didominasi fragmen besar dengan sedikit pori (Gambar 2). Lahan pascatambang batu kapur umumnya miskin bahan organik dan memiliki struktur tanah yang rusak akibat aktivitas penambangan. Struktur tanah pada lahan ini didominasi oleh agregat besar >10 cm, keras, sangat kompak, dengan pori makro yang sangat sedikit dan hampir tidak terdapat perakaran. Kondisi ini mencerminkan dampak kompaksi berat akibat aktivitas penambangan batu kapur serta tidak adanya vegetasi penutup. Kondisi lahan tanpa tutupan vegetasi menyebabkan rendahnya aktivitas biologi tanah dan terbentuknya struktur tanah yang buruk (Alfiyah *et al.* 2024).

Sifat Fisik dan Kimia Tanah

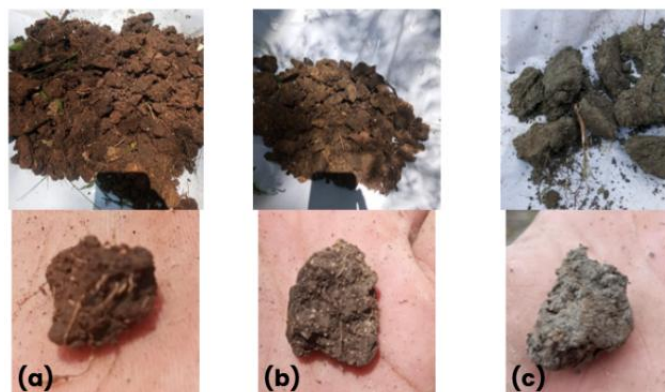
Tanah memiliki peran penting bagi pertumbuhan tanaman karena berfungsi sebagai media tempat akar berkembang, penyedia air dan unsur hara, serta habitat bagi organisme tanah (Anwar *et al.* 2025). Karakteristik tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti bahan induk, kondisi iklim, dan jenis vegetasi penutup lahan. Secara umum, sifat tanah dapat dibedakan menjadi sifat fisik, kimia, dan biologi. Penelitian ini mengkaji sifat fisik dan kimia tanah, meliputi bobot isi, porositas, pH, dan C-organik (Tabel 2).

Bobot isi merupakan petunjuk kepadatan tanah. Semakin padat suatu tanah, makin tinggi bobot isinya, makin sulit meneruskan air atau ditembus akar tanaman (Minangkabau *et al.* 2022). Nilai bobot isi tanah yang tertinggi pada lahan terbuka, yaitu 1,19 g/cm³, dan terendah pada monokultur sengon, 0,79 g/cm³. Rendahnya bobot isi tanah pada monokultur sengon mencerminkan perbaikan struktur tanah yang baik dalam jangka waktu 15 tahun. Hal tersebut akibat akumulasi serasah, aktivitas akar sengon, dan peningkatan input bahan organik dari *litterfall*. Sebaliknya, bobot isi tanah pada lahan terbuka disebabkan oleh kompaksi permukaan akibat pembukaan lahan, tidak adanya vegetasi pelindung, serta paparan langsung terhadap hujan (Silahooy *et al.* 2025).



Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%.

Gambar 1 Grafik rata-rata nilai VESS pada setiap jenis tutupan lahan



Gambar 2 Penampang dan bentuk agregat (1,5 cm) pada setiap jenis tutupan lahan: (a) monokultur sengon; (b) agroforestri sederhana; (c) lahan terbuka

Tabel 2 Hasil analisis sifat tanah pada tiap jenis tutupan lahan

No	Jenis tutupan	Bobot isi (g/cm ³)	Porositas (%)	C-organik (%)	pH
1	Monokultur sengon	0,79	70,19	0,65	7,23
2	Agroforestri	0,93	65,07	0,32	7,36
3	Lahan terbuka	1,19	55,13	0,11	7,61

Porositas tanah adalah persentase ruang kosong atau pori-pori dalam suatu volume tanah yang dapat diisi oleh air maupun udara (Eviani *et al.* 2024). Hasil nilai porositas tanah tertinggi pada monokultur sengon 70,19% dan terendah pada lahan terbuka 55,13%. Porositas tanah memengaruhi ketersediaan udara bagi pernapasan akar, penyediaan air, aktivitas mikroorganisme, serta penyerapan unsur hara oleh tanaman (Bakri *et al.* 2022). Lahan agroforestri memiliki porositas 65,07%, lebih rendah daripada monokultur sengon. Input serasah dan perkembangan sistem perakaran yang masih dalam tahap awal menjadi salah satu faktor penyebab porositasnya rendah. Penerapan sistem agroforestri mampu mengurangi kerusakan tanah dengan meningkatkan kualitas tanah dan mengurangi erosi (Bidadari *et al.* 2025).

C-organik tanah merupakan salah satu komponen penting yang memengaruhi tingkat kesuburan tanah pada suatu lahan. Nilai C-organik tertinggi di lahan monokultur sengon sebesar 0,65%. Hal tersebut terjadi karena pohon sengon memiliki serasah yang mudah terurai menjadi bahan organik, sehingga dapat meningkatkan nilai C-organik tanah. Peningkatan bahan organik dipengaruhi oleh akumulasi hasil pelapukan serasah tanaman revegetasi yang terus bertambah dari tahun ke tahun (Fitriani *et al.* 2018). Nilai C-organik pada lahan agroforestri sebesar 0,32% dan pada lahan terbuka sebesar 0,11%. Bahan organik tanah berperan penting dalam memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan aktivitas biologi tanah dan meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman (Kamisah & Kartika 2024).

Nilai pH tanah pada lahan monokultur sengon sebesar 7,23, agroforestri sebesar 7,36, dan lahan terbuka sebesar 7,61. Nilai pH yang lebih tinggi pada lahan terbuka diduga berkaitan dengan dominasi material kapur dan rendahnya input bahan organik. Lamanya reklamasi juga berpotensi memengaruhi pH melalui akumulasi dan dekomposisi serasah serta aktivitas perakaran yang dapat mengubah lingkungan kimia tanah. Lahan monokultur yang telah direklamasi selama sekitar 15 tahun memiliki pH lebih rendah dibandingkan agroforestri yang berumur sekitar 5 tahun dan lahan terbuka. Namun, karena umur reklamasi, jenis

vegetasi, dan kondisi tutupan lahan berbeda secara bersamaan, pengaruh masing-masing faktor terhadap pH tidak dapat dipisahkan sepenuhnya dalam penelitian ini. Nilai pH lahan terbuka yang mencapai 7,61 diduga lebih kuat dipengaruhi oleh kandungan kalsium karbonat (CaCO₃) dari material batuan kapur (Wibowo *et al.* 2020).

Peran Agroforestri Terhadap Kualitas Tanah di Lahan Reklamasi

Aktivitas pertambangan dapat menurunkan kualitas tanah serta mengubah bentang alam. Perubahan yang terjadi dapat bersifat sementara, misalnya munculnya timbunan galian atau tailing, maupun bersifat permanen seperti terbentuknya lubang tambang yang dalam, perubahan profil tanah, serta berkurangnya keanekaragaman hayati (Dariah *et al.* 2010). Konservasi tanah pucuk merupakan langkah awal yang sangat penting dalam kegiatan reklamasi. Lapisan tanah bagian atas harus dipertahankan karena berfungsi sebagai media tumbuh utama bagi tanaman. Agroforestri menjadi salah satu teknik penanaman yang dapat dilakukan dalam reklamasi pascatambang. Agroforestri adalah sistem pengelolaan lahan yang mengintegrasikan pohon dengan tanaman pertanian dan/atau ternak, baik secara bersamaan maupun bergiliran, dengan tetap memperhatikan aspek sosial dan ekologi (Cahyani 2025).

Nilai VESS di lahan agroforestri tergolong mendekati nilai VESS di lahan monokultur sengon, meskipun reklamasi di lahan agroforestri baru berumur 5 tahun. Hal tersebut menggambarkan bahwa kualitas tanah pada lahan agroforestri lebih cepat diperbaiki dibandingkan dengan lahan terbuka. Sifat-sifat tanah di lahan agroforestri, seperti bobot isi tanah, porositas tanah, dan pH tanah, memiliki nilai yang lebih baik daripada di lahan terbuka. Sehingga, penerapan sistem agroforestri di lahan reklamasi mampu memberikan dampak positif bagi kualitas tanah. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Stocker *et al.* (2019), praktik agroforestri mampu memperbaiki berbagai sifat fisik tanah, seperti menurunkan bobot isi, meningkatkan porositas, serta meningkatkan kandungan C-organik, bahkan dalam kurun waktu yang relatif singkat.

Tabel 3 Jenis vegetasi, kerapatan tajuk, kadar air serasah, dan bobot serasah

No	Jenis tutupan	Jenis vegetasi	Kerapatan tajuk (%)	Kadar air serasah (%)	Bobot serasah (g)
1	Monokultur sengon	Sengon buto	75,34	49,99	504,17
2	Agroforestri	Jati & Sereh Wangi	67,6	16,94	203,38
3	Lahan terbuka	-	0	0	0

Komponen jenis tanaman di lahan agroforestri terdiri dari pohon jati dan sereh wangi. Perpaduan antara pohon dan sereh wangi dalam sistem agroforestri dapat meningkatkan penyerapan hara serta pemanfaatan bahan organik tanah, sehingga mampu memperbaiki siklus nutrisi dan meningkatkan produktivitas tanah (Raj *et al.* 2017). Kerapatan tajuk dan kadar air serasah merupakan indikator penting fungsi ekosistem revegetasi dalam melindungi tanah, mengatur hidrologi mikro dan mendukung input bahan organik. Kerapatan tajuk pada lahan agroforestri tidak berbeda jauh dengan lahan monokultur. Hal ini dikarenakan, tajuk pohon jati yang lebar dan cukup rapat. Tajuk yang rapat mampu menahan butiran hujan sebelum mencapai permukaan tanah, sehingga membantu mengurangi hilangnya unsur hara tanah akibat pencucian (Purnama *et al.* 2022).

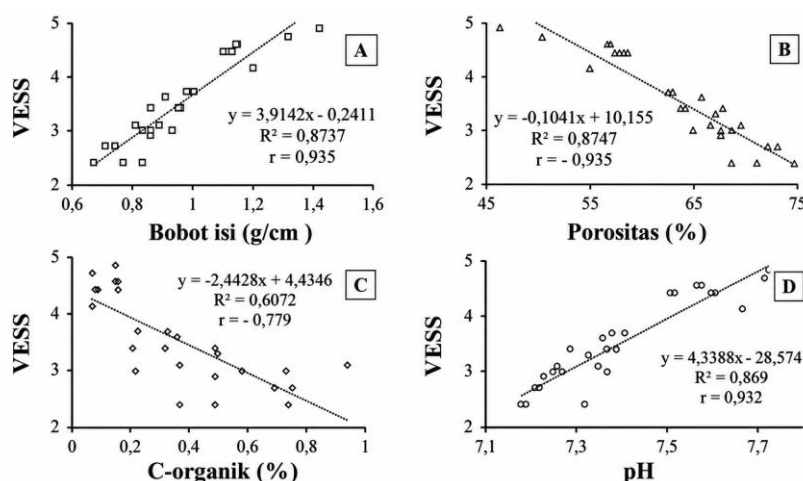
Kadar air dan bobot serasah di lahan monokultur sengon lebih tinggi dibandingkan dengan lahan agroforestri. Hal tersebut dikarenakan umur lahan monokultur yang sudah lama dan kerapatan tajuk yang tinggi. Serasah di lahan agroforestri cenderung kering, sehingga kadar air serasah memiliki nilai lebih rendah. Keberadaan serasah dapat membantu memperbaiki kualitas tanah (Susanti dan Halwany 2017). Kadar air serasah yang tinggi menandakan serasah tetap dalam kondisi lembap sepanjang tahun, sehingga proses dekomposisi berlangsung terus-menerus dan pelepasan hara berjalan lambat. Kelembapan

serasah yang terjaga menciptakan habitat ideal bagi mesofauna dan mikroorganisme tanah, sehingga mempercepat pembentukan agregat dan meningkatkan porositas tanah (Wasis dan Sajadad 2024).

Hubungan Nilai VESS dengan Sifat Tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat fisik dan kimia tanah pada lahan agroforestri dan lahan monokultur cukup baik jika dibandingkan dengan lahan terbuka. Nilai VESS pada lahan terbuka termasuk dalam kategori rendah dan rusak. Hal tersebut disebabkan oleh lahan terbuka yang tidak dilakukan reklamasi melalui revegetasi. Untuk mengetahui efektivitas penerapan metode VESS, dilakukan uji korelasi sehingga dapat diketahui tingkat hubungan antara nilai VESS dengan sifat fisik dan kimia tanah. Nilai VESS yang menunjukkan hubungan yang kuat dengan sifat-sifat tanah menjadi indikator penting dalam menilai kualitas fisik tanah (Ball *et al.* 2017).

Analisis korelasi antara sifat fisik tanah dengan metode VESS menunjukkan bahwa skor VESS memiliki hubungan yang sangat kuat. Nilai VESS dan bobot isi tanah berkorelasi positif dengan nilai $r = 0,935$, sedangkan nilai VESS dan porositas tanah berkorelasi negatif dengan nilai $r = -0,935$. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai bobot isi tanah dan porositas tanah memiliki hubungan yang berbanding terbalik.



Gambar 3 Korelasi antara nilai VESS dengan sifat tanah: (a) bobot isi tanah; (b) porositas tanah ;(c) C-organik tanah dan (d) pH tanah.

Keterkaitan antara porositas tanah dan VESS dapat menentukan kualitas struktur porositas tanah (Aji *et al.* 2021). Tingkat hubungan lainnya memperlihatkan bahwa nilai VESS memiliki korelasi yang sangat kuat dengan pH tanah dengan nilai sebesar 0,932. Selain itu, nilai VESS berkorelasi kuat dengan nilai C-organik negatif dengan nilai $r = -0,777$. Hasil korelasi yang sangat kuat dan kuat tersebut, menunjukkan bahwa metode VESS dapat digunakan untuk mengetahui kualitas tanah di lahan reklamasi tambang kapur. Hal ini diperkuat oleh penelitian Leal *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa metode VESS merupakan metode yang sesuai, semi-kuantitatif, dan berlandaskan sains untuk memantau kualitas tanah di lahan reklamasi.

Hasil korelasi yang sangat tinggi memvalidasi bahwa VESS dapat melengkapi pengukuran laboratorium dan dapat digunakan pada tahap skrining awal pemantauan reklamasi. Dari segi efisiensi, VESS memiliki keunggulan analisis yang cepat. Waktu penentuan skoring kualitas tanah dengan metode VESS adalah 15–25 menit per titik sampel. Hal ini sangat penting bagi perusahaan tambang yang memerlukan pemantauan rutin dan cepat untuk menilai keberhasilan kegiatan reklamasi. Penerapan yang terus berkembang di berbagai negara dan jenis ekosistem, VESS memiliki potensi besar untuk dijadikan metode standar dalam monitoring pemulihan lahan pascatambang. Metode VESS tidak hanya dapat mengevaluasi degradasi fisik tanah karena aktivitas pemanfaatan lahan, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk menilai kondisi fisik tanah di lahan reklamasi tambang (Aji *et al.* 2021).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kualitas tanah di setiap tipe lahan reklamasi berbeda-beda. Nilai VESS di lahan monokultur termasuk dalam kategori sedang. Lahan agroforestri memiliki nilai VESS yang rendah, namun mendekati kategori sedang. Lahan terbuka memiliki nilai VESS yang terendah di antara yang lainnya. Sifat fisik dan kimia tanah diduga memengaruhi perbedaan nilai VESS. Selain itu, faktor lain seperti jenis vegetasi, kerapatan tajuk, kadar air serasah, dan bobot serasah turut mempengaruhi nilai VESS. Nilai VESS memiliki korelasi yang tinggi dengan parameter sifat fisik dan kimia tanah. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode VESS efisien dan efektif dalam menilai kualitas tanah di lahan reklamasi tambang kapur.

Saran

Penelitian mengenai metode VESS di lahan reklamasi ke depan disarankan untuk memperluas objek penelitian, seperti di tambang batubara, emas, nikel, bauksit, serta jenis pertambangan lainnya. Perusahaan pertambangan disarankan untuk menerapkan sistem agroforestri pada lahan reklamasi pascatambang, mengingat hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem agroforestri mampu mempercepat pemulihan lahan yang mengalami kerusakan akibat kegiatan pertambangan.

KONTRIBUSI PENULIS

TJA: Konseptualisasi, Metodologi, Investigasi, Pengumpulan Data, Kurasi Data, Analisis Formal, Visualisasi, Penulisan – Draf Asli, Penulisan – Tinjauan & Penyuntingan;
NWJ: Konseptualisasi, Metodologi, Supervisi, Validasi, Penulisan – Tinjauan & Penyuntingan, Administrasi Proyek.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI (*Artificial Intelligence*)

Selama penyusunan karya ini, penulis tidak menggunakan AI.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji SBD, Wijayanto N, Wasis B. 2021. Visual evaluation of soil structure (VESS) method to assess soil properties of agroforestry system in Pangalengan, West Java. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 27(1):80-88.
- Alfiyah F, Wijayanto N, Hartoyo APP. 2024. Karakteristik vegetasi pada berbagai tutupan lahan agroforestri dan sifat fisika tanah di Hutan Mandiangin, Kalimantan Selatan. *Journal of Tropical Silviculture* 15(3): 287-292.
- Angi EM, Wiati CB. 2017. Kajian ekonomi politik deforestasi dan degradasi hutan dan lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterocarpa* 3(2):63-80.
- Amanullah FR, Wijayanto N, Wasis B. 2025. Kualitas tanah pada sistem agroforestri di Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. *Journal of Tropical Silviculture* 16(1): 41-48.
- Anwar K, Winarso S, Monde A, Ratnaningsih HR, Kartini NL, Sulistiyowati R, Ristiyana S, Somba BE, Widayarsi NL, Amirudin, Rahman

- F. 2025. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Padang: Azzia Karya Bersama.
- Ariandi R, Mukti J. 2023. Strategi keberlanjutan agroforestri di Desa Ulusaddang Kabupaten Pinrang. *Gorontalo Journal Forestry Research* 6(2):73-88.
- Bakri A, Pagiu S, Rahman A. 2022. Analisis sifat fisika tanah pada beberapa penggunaan lahan di Desa Maku, Kecamatan Dolo, Kabupaten Sigi. *Agrotekbis* 10(1):1-8.
- Ball BC, Batey T, Munkholm LJ. 2007. Field assessment of soil structural quality - a development of the Peerlkamp test. *Soil Use and Management* 23:329-337.
- Ball BC, Guimaraes RML, Cloy JM, Hargreaves PR, Shepherd G, McKenzie BM. 2016. Visual soil evaluation: A Summary of some applications and potential developments for agriculture. *Soil and Tillage Research* 11:1-11.
- Ball BC, Guimarães RML, Cloy JM, Hargreaves PR, Shepherd G, McKenzie BM. 2017. Visual soil evaluation: A summary of some applications and potential developments for agriculture. *Soil and Tillage Research* 173:114-124.
- Bidadari SG, Fauzi MT, Sudharmawan AA. 2025. The effectiveness of implementing agroforestry systems in improving soil quality. *Jurnal Biologi Tropis* 25(4):111-118.
- Briliawan BD, 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* 23(4):1894-1903.
- Cahyani S. 2025. Pemetaan konseptual peran agroforestri dalam pertanian berkelanjutan dan ekonomi sirkular. *Journal of Economics Research and Policy Studies* 5(2):415-428.
- Dariah A, Abdurachman A, Subardja DD. 2010. Reclamation of ex-mining land for agricultural extensification. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 4(1):1-12.
- Eviani S, Suwardji S, Priyono J. 2024. Karakteristik tanah pada lahan agroforestri tanaman rajumas (*duabanga moluccana*), klokos (*eugenia* sp.) dan jukut (*eugenia polyantha*) di Kawasan Rarung Lombok Tengah. *Journal of Soil Quality and Management* 3(1):32-43.
- Fitriani DA, Nurcholis M, Mulyanto D. 2018. Beberapa sifat fisika dan kimia tanah pada areal revegetasi tanaman sengon di waste dump tambang batubara di Kalimantan Selatan. *Jurnal Tanah dan Air* 15(2): 55-60.
- Freitas AM, Masseli SG, Marques S, Costa F. 2017. *Protocol for using the forest densiometer in RAPELD plots*. Brasil (BR): PPBio.
- Haryadi D, Yetti H, Yoseva S. 2015. Pengaruh pemberian jenis pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kailan (*Brassica alboglabra* L.) *Jurnal Online Mahasiswa Faperta* 2(2).
- Kamisah K, Kartika T. 2024. Analisis penentuan C-organik pada sampel tanah secara spektrofotometer UV-Vis. *Indobiosains* 6(2):74-80.
- Leal O dos A, Miguel P, Rodrigues MF, Guimarães RML, Pinto LFS, Silva TP, Pinto MAB, Nachtigal SD, Stumpf L. 2025. First validation of the method Visual Evaluation of Soil Structure in coal mining area using a long-term field revegetation experiment as testbed. *Soil and Tillage Research* 246:106347.
- Minangkabau AF, Supit JM, Kamagi YE. 2022. Kajian permeabilitas, bobot isi dan porositas pada tanah yang diolah dan diberi pupuk kompos di Desa Talikuran, Kecamatan Remboken, Kabupaten Minahasa. *Soil and Environment Journal* 1(2):1-5.
- Nursanti I. 2018. Karakteristik tanah area pasca penambangan Di Desa Tanjung Pauh. *Jurnal Media Pertanian* 3(2):54-60.
- Purnama TJ, Wijayanto N, Wasis B. 2022. Assessing soil properties in various agroforestry lands in Kuningan District, West Java, Indonesia using Visual Evaluation of Soil Structure (VESS). *Biodiversitas* 23(6):3012-3021.
- Raj A, Jhariya MK, Toppo P, Oraton PR. 2017. Role of agroforestry in nutrient cycling. *Journal of Agriculture and Rural Development* 44(7):38-40.
- Silahooy C, Akbar H, Rompon MS, Mulyadi M, Hasibuan I, Kunu PJ, Ilahude Z. 2025. *Degradasi dan Rehabilitasi Tanah*. Bandung: Widina Media Utama.
- Stocker CM, Bamberg AL, Stumpf L, Monteiro AB, Cardoso JH, Lima ACR. 2019. Short-term soil physical quality improvements promoted by an agroforestry system. *Agroforestry Systems Journals* 94(5):2053-2064.
- Suharto FF, Wijayanto N, Wasis B. 2025. Agroforestry for soil health in a tropical national park of Gunung Halimun Salak, Indonesia. *Asian Journal of Forestry* 9(2):346-360.
- Suherman, Millang S, Asrul L. 2016. Respon morfofisiologi, fenologi, dan produksi tanaman kopi terhadap berbagai naungan dalam sistem agroforestri di Kabupaten Enrekang. *Sains & Teknologi* 16(2):197-202.
- Susanti PD, Halwany W. 2017. Dekomposisi serasah dan keanekaragaman makrofauna tanah pada hutan tanaman industri Nyawai (*Ficus variegata*. Blume). *Jurnal Ilmu*

- Kehutanan* 11(2):212-223.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. 2020.
- Wasis B, Saharjo BH, Putra EI. 2019. Impacts of peat fire on soil flora and fauna, soil properties, and environmental damage in Riau Province, Indonesia. *Biodiversitas*. 20(6):1770-1775.
- Wasis B, Sajadah DH. 2024. Kelimpahan Makrofauna Tanah pada Beberapa Tutupan Lahan di Kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan. *Journal of Tropical Silviculture* 15(2):162-168.
- Wibowo C, Mulyana D, Wildasari W. 2020. Komposisi jenis tumbuhan bawah dan sifat tanah di lahan bekas tambang kapur dan silika PT Holcim Indonesia Tbk. *Journal of Tropical Silviculture* 11(2): 82-88.
- Yasin S, Darfis I, Candra A. 2006. Pengaruh tanaman penutup tanah dan berbagai umur tanaman sawit terhadap kesuburan tanah Ultisol di Kabupaten Dharmasraya. *Jurnal Solum* III(1):34-39.